

**STRATEGI OPERASI PENGENDALIAN MUKA AIR
UNTUK PERTANIAN DAERAH RAWA PASANG SURUT
SUMATERA SELATAN INDONESIA**

DISERTASI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Doktor (Dr.)
pada
Program Studi Ilmu-Ilmu Pertanian
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:
Momon Sodik Imanudin
NIM 20063001008**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
SEPTEMBER 2010**

**STRATEGI OPERASI PENGENDALIAN MUKA AIR
UNTUK PERTANIAN DAERAH RAWA PASANG SURUT
SUMATERA SELATAN INDONESIA**

DISERTASI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Doktor (Dr.)
pada
Program Studi Ilmu-ilmu Pertanian
Universitas Sriwijaya

Oleh:
Momon Sodik Imanudin
NIM 20063001008



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
SEPTEMBER 2010**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Disertasi : Strategi Operasi Pengendalian Muka Air Untuk
Pertanian Daerah Rawa Pasang Surut Sumatera
Selatan

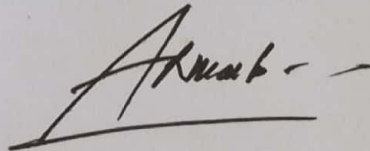
Nama Mahasiswa : Momon Sodik Imanudin

NIM : 20063001008


Program Studi : Doktor Ilmu-ilmu Pertanian

Bidang Kajian Utama : Pengelolaan Lahan

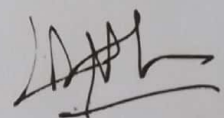
Menyetujui:



Prof. Dr. Ir. H. M. Edi Armanto
Promotor

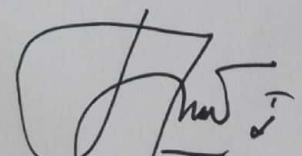


Dr. Ir. Robiyanto Hendro Susanto, M.AgrSc.
Ko. Promotor I



Dr. Ir. Siti Masreah Bernas, M.Sc.
Ko. Promotor II

Pengelola Program Doktor Ilmu Pertanian
Koordinator



Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M.Sc.
NIP. 19601202 198603 1 003

Direktur Program Pasca Sarjana
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. dr. H. M. T. Kamaluddin, M.Sc., Sp.FK.
NIP. 195209301982011001

Tanggal Lulus: 20 September 2010



**BUKTI TELAH MEMPERBAIKI DISERTASI HASIL UJIAN
MAHASISWA PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

No	Nama	Jabatan Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Prof. Dr. Ir. H. M. Edi Armanto	Promotor		
2.	Dr. Ir. Robiyanto H. Susanto, M.Agr.Sc	Ko. Promotor I		
3.	Dr. Ir. Siti Masreah Bernas, M.Sc	Ko. Promotor II		
4.	Dr. Ir. A. Napoleon, M.S	Penguji		
5.	Prof. Dr.Ir. Dedik Budianta, M.S	Penguji		
6.	Dr. Ir. FX. Suryadi	Penguji		
7.	Dr. Ir. Munandar, M.Agr.	Penguji		
8.	Dr. Ir. Rachmad Jayadi, M.Eng	Penguji		

Menerangkan Bahwa :

Nama : Momon Sodik Imanudin
NIM : 20063001008
Program Studi : Ilmu-ilmu Pertanian
Judul Disertasi : Strategi Operasi Pengendalian Muka Air Untuk Pertanian Daerah Rawa Pasang Surut Sumatera Selatan

Benar telah memperbaiki hasil ujian.

Palembang, September 2010
Mengetahui,
Ketua Program Studi
Ilmu-ilmu Pertanian

Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M.Sc
NIP.19601202 198603 1 003

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Momon Sodik Imanudin
Tempat dan tanggal lahir : Kuningan, 31 Oktober 1971
Program Studi : Doktor Ilmu-ilmu Pertanian
NIM : 20063001008

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Seluruh data, informasi, interpretasi serta pernyataan dalam pembahasan dan kesimpulan yang disajikan dalam karya ilmiah ini, kecuali yang disebutkan sumbernya adalah merupakan hasil pengamatan, penelitian, pengelolaan, serta pemikiran saya dengan pengarahan dari pada pembimbing yang ditetapkan.
2. Karya ilmiah yang saya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik, baik di Universitas Sriwijaya maupun di perguruan tinggi lainnya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan apabila dikemudian hari ditemukan adanya bukti ketidakbenaran dalam pernyataan tersebut diatas, maka saya bersedia menerima sanksi akademis berupa pembatalan gelar yang saya peroleh melalui pengajuan karya ilmiah ini.

Palembang, Oktober 2010
Yang membuat pernyataan



Momon Sodik Imanudin
NIM. 20063001008

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya Disertasi dengan judul Strategi Operasi Pengendalian Muka Air Untuk Pertanian Daerah Rawa Pasang Surut Sumatera Selatan dapat diselesaikan.

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Edi Armanto selaku promotor, dan Bapak Dr. Ir. Robiyanto Hendro Susanto., M.AgrSc; serta Ibu Dr. Ir. Siti Masreah Bernas., M.Sc selaku ko-promotor yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan kepada penulis mulai dari penulisan proposal, pelaksanaan penelitian, pengambilan data, analisis data, dan penulisan laporan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Mulyana, M.Sc.
2. Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S.
3. Prof. Dr. Ir. Dedik Budianta
4. Dr. Ir. Munandar, M.AgrSc.
5. Dr. Ir. Adipati Napoleon
6. Dr. Ir. Dwi Setyawan, M.Sc.
7. Dr. Ir. M. Umar Harun
8. Dr. Ir. Dwi Putro, MSc.
9. Dr. Ir. FX Surjadi (IHE Delft The Netherlands)
10. Dr. Ir. Rachmad Jayadi (UGM),
11. Dr. Ir. Sabarudin Kadir, M.Sc.
12. Ir. Rislani A Gafar, Dipl.HE (Kepala Dinas Pengairan Kabupaten Banyuasin), dan

13. Ir. Bakri, M.P (Kepala Pusat Penelitian Manajemen Air dan Lahan Unsri).

Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu saran dan kritik dari semua pihak yang sifatnya membangun akan penulis terima dengan senang hati demi penulisan yang lebih baik di masa yang akan datang.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat, khususnya bagi pengembangan pertanian di lahan rawa pasang surut, dan dalam upaya menaikkan Indeks Pertanaman (IP) untuk mendukung ketahanan pangan di Sumatera Selatan.

Palembang, September 2010

Penulis,

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

MOMON SODIK IMANUDIN, dilahirkan di Kuningan (Jawa Barat) pada tanggal 31 Oktober 1971. Merupakan anak pertama dari tujuh bersaudara, dari pasangan Sardi dan Aijah. Menikah dengan Uci Damayuni pada tahun 1997 dan telah dikaruniai tiga orang anak yaitu: Muhammad Luthfi Assidiq, Huriyah Sumayah Sazidah, dan Ahmad Faras Ibrahim.

Riwayat pendidikan meliputi Sekolah Dasar diselesaikan pada tahun 1984 di SD Negeri II Japara. Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun 1987 di SMP Negeri Jalaksana, Kecamatan Jalaksana dan Sekolah Menengah Atas (SMA) pada tahun 1990 di SMA Negeri 2 Kuningan Kabupaten Kuningan. Pendidikan Sarjana Ilmu Tanah (S1) diperoleh pada tahun 1995 di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Pada tahun 1997 diangkat menjadi tenaga tetap sebagai dosen. Pendidikan Master (S2) diperoleh pada tahun 2001 dari jurusan Teknik Sumber Daya Air (*Water Resources Engineering*) pada program internasional dua Universitas yaitu Katholike Leuven Universiteit dan Vrije Universiteit Brussel Belgium. Terdaftar mahasiswa program Doktor tahun 2006 pada BKU Pengelolaan Lahan Program Studi Doktor Ilmu-ilmu Pertanian. Pada bulan Desember 2008 sampai Februari 2009 mengikuti program Sandwich di Departement Soil And Water Engineering Faculty of Engineering Universitas Putera Malaysia. Dan pada tanggal 14 Juli 2010 telah dinyatakan lulus dalam ujian tertutup program doktor ilmu-ilmu pertanian. di Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya.

Selama menjadi mahasiswa program doktor penulis aktif menyampaikan makalah pada seminar tingkat internasional. Seminar internasional yang pernah

diikuti adalah International Seminar on Wetland and Sustainability, Kota Kinabalu Sabah Malaysia pada tanggal 26-28 Juni 2009, dengan judul makalah **The Use of Drainmod Model for Developing Strategic Operation of Water Management in The Tidal Lowland Agriculture Areas of South Sumatera Indonesia.** Mengikuti International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment in Developing Countries, Sabuga ITB, Bandung-Indonesia, 2-3 November 2009 dengan judul makalah **Water Status Evaluation in Tertiary Block of Tidal Lowland Reclamation Areas for Developing Sustainable Agriculture.** Dan terakhir pada tanggal 1-3 Agustus 2010 mengikuti International Conference on Environmental and Agricultural Engineering (ICEAE 2010). di Kyoto Japan. Pada kegiatan tersebut saya membawakan makalah dengan Judul : **The Study Water Table Fluctuation in Tidal Lowland for Developing Agricultural Water Management Strategis (A Case Study for Corn Cultivation after Rice).**

Dalam pelaksanaan penelitian Disertasi, penulis mendapatkan bantuan dana dari penelitian HIBAH Bersaing melalui Direktorat Pendidikan Tinggi (DIKTI), dengan Di danai oleh DIPA No 0200.0/23-04.2/V1/2009 tanggal 31 Desember 2008 yang dalam daftar Isian Pelaksanaan Anggaran Universitas Sriwijaya sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Hibah Bersaing Univerasitas Sriwijaya No 554/H9/PL/09 Tanggal 1 Mei 2009.

Beberapa pendidikan non gelar yang pernah diikuti adalah Workshop Technical Guidelines on Lowland Water Management. Hydraulic Engineering. Branch Environmental Engineering Department Utrecht. The Netherland. 13 – 17 Oktober 2003. Regional Training Course on Remote Sensing Technique for Determining Coastal Water Quality Parameter and Coastal Zone Mapping. Bogor,

Indonesia. 13 – 22 januari 2004; dan Kursus Computer Modelling Duflow for Water Management on Tidal Lowland. IHE Delft. The Netherland. 14 – 21 Desember 2005

Selain sebagai dosen Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unsri, penulis juga aktif sebagai peneliti di Pusat Penelitian Manajemen Air dan Lahan (PPMAL Unsri), dan Pusat Data dan Informasi Rawa dan Pesisir Sumatera Selatan.

Organisasi profesi yang diikuti adalah Young Professional Forum Komisi Indonesia Irigasi dan Drainase (INACID), sebagai Ketua Bidang Pengelolaan Lahan dan Air, dan Himpunan Ahli Teknik Hidroulik (HATHI) Sumatera Selatan sebagai Ketua Bidang Penelitian dan Pengembangan Daerah Rawa.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
RIWAYAT HIDUP	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan	12
D. Manfaat Penelitian.....	13
E. Kebaruan Penelitian	14
F. Skenario Pendekatan Pemecahan Masalah	16
G. Kerangka Pikir Penelitian	17
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Konsep Hidrolika Sungai dan Muara	21
B. Sistem Jaringan Reklamasi Rawa Pasang Surut	28
C. Proses Oksidasi Reduksi Lapisan Pirit Pada Tanah Sulfat Masam dalam Hubungannya Dengan Status Air di Lahan	37
D. Komputer Model dalam Mengevaluasi Kinerja Jaringan Tata Air dan Merancang Sistem Operasi Pengendalian Muka Air	41
E. Kebutuhan Air Untuk Tanaman	53
F. Beberapa Studi yang Relevan.....	61
 BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu	72
B. Bahan dan Peralatan Penelitian	72
C. Metode	73

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Fisik dan Usahatani Areal Studi Penelitian	106
B. Analisis Potensi Pasang Surut Sebagai Suplai Air (Suplesi) dan Pembuangan.....	121
C. Evaluasi Komputer Model Drainmod dalam Pendugaan Fluktuasi Muka Air Tanah Dangkal	128
D. Integrasi Komputer Model DUFLOW-DRAINMOD dalam Menyusun Strategi Pengendalian Muka Air di Petak Tersier	131
E. Adaptasi Model DRAINMOD dalam Penyusunan Operasi Pengelolaan Air di Petak Tersier	146
F. Evaluasi Kontribusi Muka Air Tanah terhadap Kadar Kelembaban Tanah di Zona Perakaran Tanaman	170
G. Efek Perbaikan Sistem Pengelolaan Air terhadap Perubahan Beberapa Parameter Kualitas Tanah dan Produksi Tanaman	175
H. Strategi pengambilan Keputusan dalam penyusunan rencana operasi pengelolaan air.....	182

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	186
B. Saran.....	190

DAFTAR PUSTAKA	192
-----------------------------	------------

LAMPIRAN	200
-----------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
	<u>Teks</u>	
1.	Hasil Percobaan Kebutuhan Air dan Lama Pencucian untuk Menurunkan Kelarutan Alumunium.....	66
2.	Pengumpulan Data dan Pengamatan Lapangan	75
3.	Pengumpulan data dan Pekerjaan Laboratorium/Studio.....	75
4.	Rancangan Strategi Operasi Pengelolaan Air di Petak Tersier pada Dua Kondisi Lahan Basah dan kering di daerah Reklamasi rawa pasang surut.....	95
5.	Input Data DRAINMOD.....	97
6.	Tujuan Pengelolaan Air untuk Budidaya Padi dan Jagung di Rawa Pasang Surut untuk Masing-Masing Fase Pertumbuhan Tanaman	99
7.	Rancangan Perbaikan Sistem Pengelolaan Air	101
8.	Jarak Vertikal dari Laju Kefilaritas (CR) dalam Hubungannya dengan Potensial Matrik dari Tanah Bertekstur Liat Berat pada Tanah Sawah.....	105
9.	Karakteristik Fisik dan Hidrologi Areal Studi Delta Saleh.....	109
10.	Karakteristik Sistem Jaringan Tata Air di Delta Saleh.....	111
11.	Karakteristik Sistem Usaha Tani di Delta Saleh.....	112
12.	Potensi Pola Tanam di Lahan Pertanian Rawa Pasang Surut Tipologi C.....	112
13.	Karakteristik Fisik dan Hidrologi Areal Studi Delta Telang I ...	117
14.	Karakteristik Sistem Jaringan Tata Air di Delta Telang I.....	119
15.	Potensi Pola Tanam di Lahan Pertanian Rawa Pasang Surut Tipologi A Telang I.....	120
16.	Karakteristik Sistem Usaha Tani di Delta Telang I.....	121
17.	Input Beberapa Parameter dalam Simulasi DRAINMOD	129
18.	Skenario Simulasi Program DUFLOW untuk Lahan Tipe C/D	132

19. Data Jaringan di Saluran Tersier Primer 10-2 S	132
20. Data Jaringan di Saluran Sekunder Primer 10-2S	132
21. Kondisi Bangunan Pintu Air di Tersier Arah SPD.....	133
22. Skenario Simulasi Program DUFLOW untuk Lahan Tipe A/B (Telang).....	140
23. Data Jaringan di Saluran Tersier Primer P8-2S	140
24. Kondisi Bangunan Pintu Air di Tersier Arah SPD.....	141
25. Adapatasi Model DRAINMOD dalam Penyusunan Arah Pola Pemanfaatan Lahan di Lahan Tipologi C (kering).....	150
26. Operasi Pintu Tersier di Lapangan Untuk Musim Tanam 1 Padi Periode Desember- Februari 2009) di Lokasi P10-2S Delta Saleh	153
27. Strategi Operasional Pengelolaan Air untuk Tanaman Jagung di Lahan Tipologi C (kering) Delta Saleh.....	156
28. Adapatasi Model DRAINMOD dalam Penyusunan Arah Pola Pemanfaatan Lahan di Lahan Tipologi A (Basah)	160
29. Operasi Pintu Tersier di Lapangan Untuk Musim Tanam 1 (periode November-Februari) di P8-12S Telang I	162
30. Operasi Pintu Tersier di Lapangan untuk Musim Tanam 2 (periode Februari-Juni 2009) di P8-12 S Delta Telang I.....	163
31. Rekomendasi Operasi Bulanan Pengelolaan Air di Level Tersier untuk Tanaman Padi pada Kondisi Lahan Basah (Tipologi A/B) Telang I	164
32. Operasi Pintu Tersier di Lapangan untuk Musim Tanam 3 Jagung (periode juni- september 2009) P8-12 S Telang I	165
33. Strategi Operasi Pengelolaan Air di Level Tersier untuk Tanaman Jagung di Lahan Tipologi A/B P8-12S Telang I	166
34. Kondisi Status Hara Tanah pada Musim Kemarau (Sebelum Pengolahan Tanah Musim Tanam) di Lahan Tipologi C Delta Saleh.....	176
35. Kondisi Status Hara pada Musim Kemarau (Sebelum Pengolahan Tanah MT 1) di Lahan Tipologi A Delta Telang 1	177
36. Kondisi Status Hara Tanah pada Musim Hujan (Setelah	

Panen Musim Tanam 1) di Lahan Tipologi C Delta Saleh	178
37. Kondisi Status Hara Tanah pada Musim Hujan (Setelah Panen Musim Tanam 1) di Lahan Tipologi A Delta Telang 1..	179
38. Kriteria Penilaian Komponen Karakteristik Lahan untuk Menyusun Skenario Pemanfaatan Lahan.....	184

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
	Teks	
1.	Citra Landsat Jaringan Reklamasi Rawa Surut di Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan	3
2.	Bagan Alir Penyusunan Strategi Operasional Pengendalian Muka Air di Daerah Rawa Pasang Surut untuk Budidaya Pertanian	20
3.	Pembagian Ruas Sungai Akibat Pengaruh Pasang Surut	22
4.	Kategori Hidrotopografi Rawa Pasang Surut	27
5.	Jaringan Tata Air pada Rawa Pasang Surut.....	33
6.	Skematisasi Jaringan Tata Air di Delta Telang I	36
7.	Perbandingan Kecepatan Reaksi Oksidasi (Reaksi 1), Oksidasi Fe^{2+} Oleh Oksigen (Reaksi 2) dan Oksidasi Pirit oleh Fe^{3+} (Reaksi 5).....	39
8.	Definisi Ruas dan Simpul pada Program DUFLOW.....	43
9.	Komponene Skema Tata Letak Jaringan Irigasi	46
10.	Skematis Sistem Pengendalian Muka Air Tanah Saluran.....	52
11.	Jenis Pengelolaan Air di Petak Tersier	56
12.	Peta Situasi Areal Penelitian.....	72
13.	Skematisasi Sistem Monitoring Hidrologi di Lapangan	77
14.	Profil Muka Air Tanah pada Kondisi Pembuangan (Drainase Kenvensional) Tanpa Operasi Pintu	82
15.	Air Tanah Dapat Ditahan Sebagai Akibat dari Penahan Pintu Air di Level Tersier	83
16.	Profil Muka Air Tanah pada Kondisi Sub-Irigasi (Penahan Air)	83
17.	Penggenangan Lahan Memanfaatkan Air Pasang (<i>Tidal Irigation</i>).....	84

18.	Contoh Rancangan Skematisasi Satu Unit Blok Sekunder dalam DUFLOW.....	86
19.	Skematisasi Rancangan Drainase Lahan	89
20.	Komponen Input dan Output dalam Stimulasi Komputer Model DRAINMOD.....	91
21.	Diagram Alir Penusunan Operasi Pengendalian Muka Air Dalam DRAINMOD	98
22.	Profil Muka Air tanah diantara 2 Saluran Tersier Akibat Pengaruh Operasi Pintu Air	100
23.	Peta Jaringan Reklamasi Rawa Delta Saleh.....	107
24.	Distribusi Hujan Bulanan di Delta Saleh	108
25.	Peta jaringan Reklamasi Rawa Pasang Surut Delta Telang 1	115
26.	Distribusi Hujan Bulanan di Delta Telang 1	116
27.	Fluktuasi Muka Air di Saluran Sekunder tahun 2005 Sebagai Perbandingan	122
28.	Dinamika Muka Air di Saluran Sekunder Periode Nopember 2008-Juni 2009	123
29.	Fluktuasi Muka Air di Saluran Sekunder Hasil Simulasi Komputer Model Duflow.....	124
30.	Fluktuasi Muka Air di Saluran Sekunder pada Lahan Tipologi A.....	126
31.	Fluktuasi Muka Air di Saluran Sekunder hasil Simulasi DUFLOW	127
32.	Fluktuasi Muka Air Tanah di Saluran Sekunder pada Periode November 2008-September 2009.....	128
33.	Dinamika Muka Tanah Selama Setahu Hasil Pengamatan Lapangan dan Simulsi Komputer DRAINMOD.....	130
34.	Hasil Uji Korelasi Air Tanah Hasil Simulasi DRAINMOD dan Pengukuran Lapangan.....	130
35.	Dinamika Muka Air di Saluran Sekunder dan Tersier pada Kondisi Hujan tetapi Tidak Ada Penahanan Air di Saluran Tersier.....	134

36. Pengaruh Operasi Suplai KombinaI dengan Penahanan Air di Saluran Tersier, pada Kondisi Curah Hujan Minimal.....	135
37. Bangunan Pendali Muka Air di Saluran Tersier Lahan Tipe C di P10-2S Delta Saleh Tipe Kelep Fieber dan Stoplog Sederhana karung tanah	136
38. Kondisi DAM di Saluran Sekunder Drainase SDU dan Kondisi Muka Air di Saluran Sekunder Drainase SDU di Delta Saleh Primer 10-2S	136
39. Pengaruh Pembuatan DAM di Saluran Sekunder Drainase (SDU), Terhadap Kenaikan Muka Air di Saluran Tersier, pada Kondisi Musim Hujan di P10-2S Delta Saleh	138
40. Muka Air Tanah di Petak Tersier pada Musim Tanam Pertama pada Tahun 2005 Sebelum dan Sesudah Pembuatan DAM Tahun 2008-2009 di P10-2S Delta Saleh ...	139
41. Dinamika Muka Air di Saluran Sekunder dan Tersier pada Kondisi Kering Ada Hujan Lahan Belum Dipasang Pintu Air di P8-12S Delta Telang 1	142
42. Dinamika Muka Air di Saluran Sekunder dan Tersier pada Kondisi Curah Hujan Basah 100 mm di P8-12S Delta Telang 1	143
43. Dinamika Muka Air di Saluran Sekunder dan Tersier pada Kondisi Curah Hujan Basah 50 mm di P8-12S Delta Telang 1	143
44. Operasi Bangunan Pengendali Muka Air Sebagai Pembuangan dan Penahanan Air Pasang di Saluran Tersier Lahan Tipe A Telang.....	144
45. Dinamika Muka Air di Saluran Tersier Akibat Suplai Air dari Arah SDU pada Kondisi Akhir Musim Penghujan di P8-12S...	145
46. Dinamika Muka Air di Saluran Tersier Akibat Suplai Air dari Arah SDU dan SPD (operasi aliran dua arah) di P8-12S Delta Telang 1	146
47. Pola Dinamika Muka Air Tanah Hasil Simulasi Komputer Model DRAINMOD dengan Pengukuran Lapangan di P10-2S Delta Saleh	148
48. Dinamika Air Harian Pengendalian Muka Air dalam Simulasi Komputer Model DRAINMOD di Lokasi P10-2S Delta Saleh..	152

49.	Hasil Simulasi DRAINMOD Pengaruh Operasi Pintu Air dalam Pengendalian Muka Air Tanaman Jagung di P10-2S...	154
50.	Hasil Simulasi DRAINMOD pada Berbagai Sistem Operasi Pintu Air di P8-12S Delta Telang 1	158
51.	Dinamika Air di Petak Tersier Pengaruh Operasi Pintu Air Hasil Simulasi Komputer Model DRAINMOD di P8-12S Telang 1	161
52.	Dinamika Air Tanah pada Musim Tanam Ke-3 Budidaya Tanaman Jagung Periode Juni-Agustus 2008	166
53.	Kondisi Muka Air Tanah pada tahun 2004 Tidak Ada Pintu dan Tahun 2009 Ada Operasi Pintu Air	169
54.	Dinamika Air Tanah Selama 3 Periode Musim Tanam, Tahun 2008-2009 di Daerah Basah Tipologi A	171
55.	Kontribusi Muka Air Tanah terhadap Status Air Tanah di Zona Akar Tanaman	172
56.	Dinamika Air Tanah terhadap Perubahan Kadar Air Tanah di perakaran tanaman Delta Saleh	174
57.	Peta Produksi dari Tahun 2005 Tidak Ada Operasi Tata Air dan 2008-2009 Ada Operasi Tata Air di Telang 1	180
58.	Produksi pada Musim Tanam Kedua di Telang 1	180
59.	Peningkatan Produksi Padi di Delta Saleh.....	181

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
<u>Teks</u>	
1. Data Jaringan Sistem Tata Air Delta Telang I	200
2. Data Jaringan Sistem Tata Air Delta Saleh	202
3. Hasil Pengukuran Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah di Delta Saleh.....	203
4. Hasil Pengukuran Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah di Delta Telang.....	205
5. Hasil Pengukuran Nilai Bobot Isi Tanah dan Ruang Pori Total.....	207
6. Data Karakteristik Sifat Fisik Tanah Delta Telang I Primer 8.....	209
7. Data Karakteristik Sifat Fisik Tanah Delta Saleh Primer 10.....	210
8. Data Sifat Kimia Tanah Delta Saleh Musim Kemarau Menjelang Pengolahan Tanah	211
9. Data Sifat Kimia Tanah Telang I Musim Kemarau Menjelang Pengolahan Tanah	211
10 Data Tanah SaLeh Musim Hujan Sesudah Panen MT1 2009.....	212
11 Data Tanah Telang Musim Hujan Sesudah Panen MT1 2009.....	212
12 Perubahan Kualitas Tanah Akibat Pengaruh Musim di Delta Saleh	213
13 Perubahan Kualitas Tanah Akibat Pengaruh Musim di Delta Telang I	213
14 Pengamatan Muka Air Setiap Jam (selama 24 Jam)	214
15 Data Pengamatan Curah Hujan di P8 Delta Telang I Tc 2 Bulan September-Desember 2008.....	215
16 Data Pengamatan Curah Hujan di P8 Delta Telang I Tc 2 Bulan Januari-Juni 2009.....	216
17 Data Pengamatan Curah Hujan di P8 Delta Telang I Tc 2 Bulan Juli-Desember 2009.....	217
18 Data pengamatan Curah Hujan di Delta Saleh P10 Tc 4 Bulan	

November-Desember 2008 sd Januari-April 2009.....	218
19 Data pengamatan Curah Hujan di Delta Saleh P10 Tc 4 Bulan Mei-Oktober 2009.....	219
20 Rata-rata produksi gabah kering panen (GKP) MT I di Blok Sekunder P8-12s Delta Telang I.....	220
21 Rata-rata produksi gabah kering panen (GKP) MT I di Blok Sekunder P10-2S Delta Saleh.....	220
22 Data pengamatan Muka Air Tanah pada Wells dan Pielscall di Tirsier 4 pada Bulan Oktober 2008 Delta Telang I.....	221
23 Pengamatan Muka Air Tanah Pada Wells dan Pielscall Tc 6 Bulan November 2008 di Delta Telang I.....	223
24 Pengamatan Muka Air Tanah Pada Wells Dan Pielscall Tc 4 Bulan November 2008 di Delta Telang I.....	225

DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN DAN LAMBANG

GIS	:	Sistem Informasi Geografis (Geografis Information System)
WMZ	:	Water Management Zoning
ZP 1	:	Zona Pusat pertama (satu)
ZP 1a	:	Zona Pusat 1a
ZP 1b	:	Zona Pusat 1b
ZP 1c	:	Zona Pusat 1c
ZP 2	:	Zona Pusat kedua (2)
ZP 3	:	Zona Pusat ketiga (3)
DHL	:	Daya Hantar Listrik
Salin	:	Intrusi air asin
P4S	:	Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut
Sistem GAMA	:	Sistem Garpu
Run Off	:	Aliran permukaan
SPD	:	Saluran Pengairan Desa (Saluran Pedesaan)
SDU	:	Saluran Drainase Utama (saluran pembuangan)
H	:	Tinggi muka air
Q	:	Debit
ΔVa	:	Perubahan volume udara tanah
ΔS	:	Perubahan simpanan permukaan air tanah
D_s	:	Aliran samping <i>seepage</i>
ET	:	Evapotranspirasi
Evaporasi	:	Penguapan air yang keluar melalui permukaan tanah.
Transpirasi	:	Penguapan air yang keluar melalui jaringan tanaman.

Evapotrasnpirasi	:	Penguapan air yang keluar melalui permukaan tanah dan jaringan tanaman.
Perkolasi	:	Air yang mengalir ke dalam tanah baik dari aliran permukaan, air hujan, atau aliran air dari perakaran tanaman yang mengalir lebih dalam dari infiltrasi sehingga menjadi air tanah.
Infiltrasi	:	Proses masuknya air ke dalam tanah baik melalui aliran permukaan maupun melalui perakaran.
IRRI	:	International Rice Research Institute
Pelindihan	:	Pencucian tanah
MT 1	:	Masa Tanam pertama
MT 2	:	Masa Tanam kedua
MT 3	:	Masa Tanam ketiga
GPS	:	Global Positioning System
RMSE	:	Root Mean Square Error
CRM	:	Coefficient of Residual Mass
WT 1	:	Muka air tanah opsi 1
WT 2	:	Muka air tanah opsi 2
WT 3	:	Muka air tanah opsi 3
ZPA	:	Zona Pengelolaan Air
P10-2S	:	Primer 10 – 2 Selatan
P8-12S	:	Primer 8 – 12 Sekunder
LSZ	:	Land Suitability Zones
P3A	:	Perkumpulan Petani Pegelola Air

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Alih fungsi lahan di Pulau Jawa, Bali dan Madura, dari penggunaan lahan untuk pertanian ke penggunaan non-pertanian (industri, pemukiman, sarana prasarana, rekreasi) dapat mencapai 40.000 ha per tahun (Susanto, 2004). Selain itu terjadi juga degradasi lahan, penurunan jumlah dan mutu air untuk kehidupan, disamping terjadinya banjir dan kekeringan. Hal-hal tersebut tentu saja akan mengancam ketahanan pangan nasional mengingat jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat. Pada sisi lain, di pulau Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya dijumpai lahan rawa seluas 33.3 juta ha, yang merupakan lahan rawa konservasi, lahan suaka alam, dan sebagian kecil dikembangkan untuk transmigrasi, pemukiman, dan produksi pangan. Lahan rawa yang sudah dikembangkan untuk produksi tanaman pangan tapi belum optimal adalah seluas 1,3 juta ha yang tersebar di pulau Sumatera dan Kalimantan.

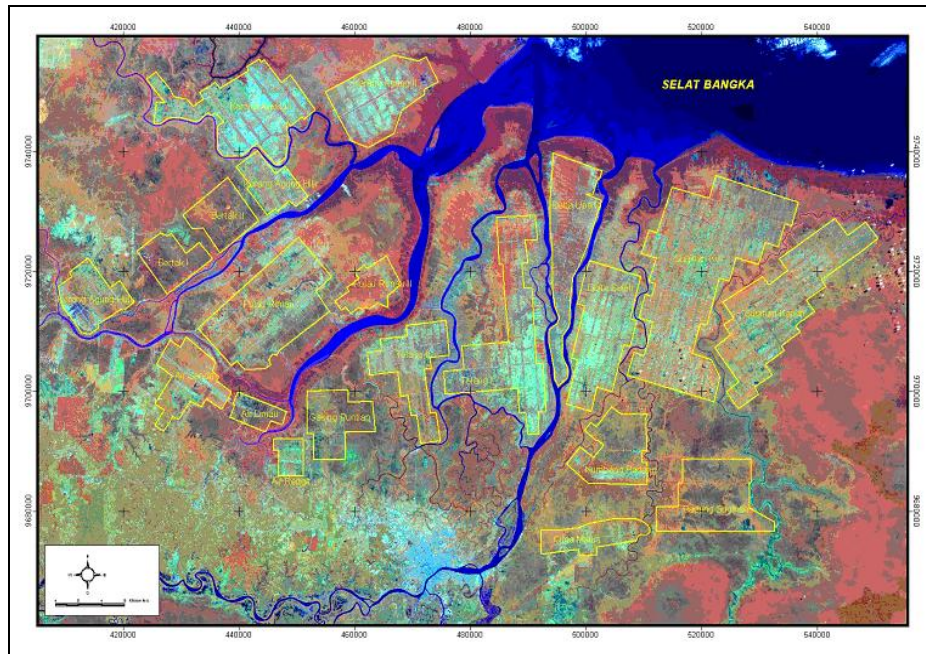
Reklamasi lahan rawa pasang surut di Sumatera Selatan (Gambar 1) telah dimulai sejak tahun 1969. Total luas areal yang telah direklamasi sampai tahun 2004 ini adalah 373.000 ha (PIRA Sumsel, 2004), diantaranya di: Delta Upang (8.423 ha), Cinta Manis (6.084 ha), Delta Telang I (26.680 ha), Delta Telang II (13.800 ha), Delta Saleh (19.090 ha), Air Sugihan Kiri (50.470 ha), Air Sugihan Kanan (31.140 ha), Pulau Rimau (40.263 ha), Karang Agung Hulu (9.000 ha), Karang Agung Tengah (30.000 ha) dan Karang Agung Hilir (20.317 ha). Kontribusi lahan tersebut terhadap produksi beras di Sumatera Selatan cukup nyata. Saat ini 40% produksi beras di Sumsel didapat dari daerah rawa. Dan

60% produksi beras daerah rawa tersebut disuplai dari daerah reklamasi rawa pasang surut (Rice Estate, 2003; PIRA 2004).

Walaupun lahan pasang surut yang sudah direklamasi di Sumatera Selatan termasuk luas namun pemanfaatannya terutama untuk lahan pertanian masih belum maksimal. Saat ini sebagian besar lahan baru bisa satu kali tanam dengan produksi rata-rata 5-6 ton, dan dari 373.000 ha total yang direklamasi ternyata masih kurang dari 10% saja yang sudah dua kali tanam (Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Sumsel, 2006). Keragaman produksi ini berkaitan dengan terbatasnya informasi tentang karakteristik lahan yang dipengaruhi oleh pasang surut dan intrusi air laut serta besarnya kendala agrofisik dan kimia lahan tersebut (Widjaja-Adhi *et al.*, 1992). Pengaruh pasang surut dan intrusi air laut terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman timbul karena tingkat salinitas dan kandungan pirit yang tinggi. Selain kondisi di atas beberapa hal menyebabkan terhambatnya pembangunan pertanian di daerah rawa adalah modal petani yang rendah, kelembagaan pedesaan kurang berkembang, jaringan infrastruktur tata air yang terbatas, dan kurangnya perhatian pemerintah dalam pemeliharaan dan rehabilitasi tata air makro (Suriadikarta, 2005). Selain kondisi di atas ditambahkan oleh Imanudin dan Susanto (2003a) adalah karakter fisik dan lingkungan masing-masing daerah reklamasi adalah berbeda, sehingga penanganan pengelolaan lahan dan pembangunan jaringan tata air memerlukan pendekatan yang tidak sama.

Hampir seluruh daerah reklamasi rawa pasang surut di Sumatera Selatan berada di daerah pantai timur. Karakter lahan di kawasan tersebut dicirikan dengan adanya lapisan sulfat masam baik potensial maupun aktual. Dari identifikasi lapangan menunjukkan lapisan sulfat masam ini juga dipengaruhi oleh

dekat jauhnya areal dari muara dan kondisi ini juga identik dengan seberapa jauh menerima pengaruh pasang surut air laut dan kelas hidrotografi lahan yang bersangkutan (LWMTL, 2006).



Gambar 1. Citra Landsat Jaringan Reklamasi Rawa Pasang Surut di Kabupaten Banyuwasin Provinsi Sumatera Selatan (LWMTL, 2006).

Salah satu faktor pembatas utama dalam pengelolaan lahan rawa pasang surut adalah keberadaan lapisan pirit. Menurut Imanudin dan Susanto (2004, 2005), pada kondisi alami yaitu tanpa operasi pengelolaan air, hasil kajian lapangan menunjukkan bahwa pada lahan kategori luapan A, kedalaman lapisan pirit selalu berada di bawah muka air tanah baik pada musim hujan maupun pada saat musim kemarau. Untuk kategori lahan tipe luapan B lapisan pirit pada musim hujan tetap berada di bawah air tanah dan kadang-kadang berada di atas air tanah pada musim kemarau tergantung tofografi lahan. Sementara untuk

kategori lahan tipe luapan C, lapisan pirit hanya pada musim hujan saja berada di bawah air tanah, selanjutnya pada musim kemarau muka air turun sampai dibawah lapisan pirit. Pada kondisi dimana muka air tanah turun sampai dibawah lapisan pirit maka akan terjadi proses oksidasi. Proses inilah yang berbahaya karena dari proses tersebut akan dihasilkan asam sulfat yang diikuti dengan peningkatan kelarutan besi dan aluminium yang berbahaya bagi tanaman. Bila lahan sudah mengalami oksidasi lapisan pirit maka diperlukan waktu yang lama untuk meremidiasi lahan tersebut agar bebas asam dan unsur-unsur yang membahayakan tanaman. Kondisi tersebut sudah banyak dijumpai di lapangan dimana lahan tidur daerah reklamasi rawa pasang surut jumlahnya semakin meningkat baik di Sumatera Selatan maupun di Kalimantan. Ditambahkan oleh Bronswijk *et al* (1995a; b) manajemen lahan di daerah reklamasi rawa pasang surut di Indonesia dengan pengelolaan yang kurang tepat seperti yang dilakukan saat ini diduga hanya akan mampu bertahan sampai 10 tahun lagi. Dan oleh karenanya harus segera ditemukan teknologi yang mampu memberikan petunjuk praktis bagi petani maupun pada pemerintah dalam pengendalian muka air di level tersier.

Penurunan muka air tanah yang terlalu dalam terutama pada musim kemarau ini dipicu akibat sistem jaringan yang terlalu dalam. Kesalahan desain awal dengan menyeragamkan dimensi untuk lahan tipe basah dan kering menyebabkan beberapa area khususnya daerah tipe C menjadi kering (*overdrain*). Susanto (2002), LWMTL, (2006). Oleh karena itu perlu dilakukan pemantapan desain khususnya di level tersier untuk memperbaiki sistem drainase yang ada.

Pengendalian muka air dalam proses reklamasi rawa merupakan suatu proses kunci yang harus dilakukan dengan baik dan benar. Dalam kaitan ini reklamasi rawa hendaknya menggunakan konsep '*shallow-intensive drainage*' (Chesccheit *et al*, 1992; skaggs, 1982; Skaggs, 1991, Susanto 1996) dan bukanlah '*intensive deep-drainage*'. Kedua konsep ini seyogyanya dikombinasikan dengan pengendalian pembuangan dan penahanan air (Susanto, 2002). Namun demikian menurut Surjadi (1998), reklamasi rawa pasang surut bila dikaitkan dengan pengelolaan air dan kriteria desain dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu minimum reklamasi (*minimum disturbance*), dan total reklamasi (*maximum disturbance*). Untuk kondisi di Indonesia pendekatan minimum disturbance masih yang terbaik (Imanudin dan Susanto, 2005).

Menurut Susanto (2002), kondisi dinamika muka air tanah terhadap kedalaman lapisan pirit menjadi faktor kunci dalam penyusunan strategi pengelolaan air dan penentuan pola tanam pada masing-masing unit pengembangan daerah rawa. Hal ini terjadi terutama pada lahan pasang surut dengan tipe luapan C. Lahan ini seringkali mengalami kekurangan suplai air segar, akibat air pasang tidak bisa masuk ke lahan. Selain itu kondisi tanah yang porus menyebabkan tingginya nilai keterhantaran hidrolis tanah sehingga kehilangan air akibat perkolasi sangat tinggi dan akibatnya air hujan sulit ditahan (Suryadi, 1996). Kondisi ini menyebabkan penurunan muka air tanah yang cepat terutama pada saat musim kemarau dimana muka air tanah turun melebihi batas lapisan pirit sehingga terjadi proses oksidasi. Proses oksidasi ini menghasilkan asam sulfat yang diikuti dengan peningkatan kelarutan besi dan aluminium yang berbahaya bagi tanaman. Oleh karena itu bila lahan sudah mengalami oksidasi

lapisan pirit maka akan berbahaya bagi tanaman. Tanaman pangan secara umum akan tumbuh dengan normal bila pirit tidak teroksidasi. Apabila pirit telah teroksidasi maka pertumbuhan tanaman akan terganggu karena pH tanah, Ca, Mg dan P tersedia yang sangat rendah, serta ion Fe, Al, Mn tersedia berlebihan (Marsi, 1998). Untuk memperbaiki kualitas lahan yang sudah mengalami oksidasi pirit diperlukan waktu yang lama (Minh, *et al.*, 1998; Hussona, *et al.*, 2000). Terlebih proses pencucian lahan tidak berlangsung dengan baik akibat ketersediaan air yang terbatas dan sistem jaringan yang belum memadai (Bronswijk, *et al.*, 1995; Suryadi, 1996; Suryadi dan Schultz, 2001).

Pengelolaan air merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam pengelolaan lahan pertanian di lahan pasang surut. Pengelolaan air ini bukan hanya untuk mengurangi atau menambah ketersediaan air permukaan, melainkan juga untuk mengurangi kemasaman tanah, mencegah pemasaman tanah akibat teroksidasinya lapisan pirit, mencegah bahaya salinitas dan bahaya banjir serta mencuci zat toksik yang terakumulasi di zona perakaran tanaman (Suryadi *et al.*, 2010; Hartoyo *et al.*, 2009). Untuk mencapai kondisi dimana muka air berada pada ketinggian yang diinginkan tanaman maka operasi pengelolaan air harus dilakukan dengan tepat dan benar. Strategi pengendalian muka air hendaknya ditujukan kepada aspek upaya penahanan muka air tanah agar selalu di atas lapisan pirit dan pencucian lahan melalui sistem drainase terkendali (Johnstona, *et al.* 2005; Imanudin dan Susanto 2007). Oleh sebab itu upaya pengendalian muka air, merupakan hal penting didalam usaha pengelolaan lahan rawa pasang surut. Kondisi muka air yang diinginkan sangat tergantung kepada jenis tanaman, tanah dan kondisi hidrologis wilayah setempat (Ale *et al.*, 2008; Imanudin dan Susanto, 2008).

Dinamika muka air di daerah rawa baik di di petak tersier maupu di saluran sangat dipengaruhi oleh beberapa kondisi yaitu jumlah curah hujan, hidrotografi lahan, potensi luapan air pasang, potensi drainase, kondisi jaringan tata air, dan operasi bangunan tata air. Untuk itu seluruh kompenen tersebut harus dievaluasi dan di analisis untuk mendukung upaya pemenuhan kebutuhan air tanaman. Namun demikian dalam pelaksanaannya di tingkat lapangan masih ditemui beberapa kendala, terutama dalam hal penyusunan strategi pengelolaan air untuk pengendalian muka air tanah di petak tersier yang dilakukan berdasarkan atas data pengamatan muka air tanah secara langsung di petak lahan. Cara seperti ini memang memiliki akurasi yang tinggi dalam melihat fluktuasi muka air tanah. Akan tetapi metode ini memiliki beberapa kelemahan, yaitu memerlukan waktu, tenaga, dan biaya yang besar. Selain itu, pengamatan muka air tanah secara langsung di petak lahan hanya mampu melihat tinggi muka air tanah pada titik pengamatan dan selama waktu pengamatan tertentu. Oleh karena itu, penggunaan model komputer untuk dapat menduga tinggi muka air tanah di petak lahan, dan juga untuk mengevaluasi kinerja jaringan merupakan suatu solusi yang tepat. Penggunaan teknologi GIS juga akan membantu menyampaikan informasi secara spasial pada skala yang lebih luas.

Untuk menguji efektivitas sistim drainase di tingkat mikro telah di buat dan dikembangkan sebuah model komputer. Model tersebut dikenal dengan nama DRAINMOD (Skaggs, 1982; Susanto, 2009). Model ini diciptakan untuk mengevaluasi keseimbangan air pada kondisi muka air tanah dangkal, sehingga akan sangat cocok digunakan di lahan rawa pasang surut. Model ini juga mampu beradaptasi pada berbagai kondisi lahan sesuai dengan karakteristik agroklimat wilayah. Hal ini telah berhasil diuji diberbagai negara seperti Amerika (Ale., *et al.*,

2008); Australia (Xihua Yang, 2006); Eropa (Borin, *et al.*, 2000), Cina (Zhonghua and Wan Luo, 2006); dan Indonesia (Susanto, 1996; Imanudin, *et al.*; 2009).

Sementara itu untuk evaluasi kondisi jaringan tata air dalam kapasitas sebagai suplai dan pembuangan telah dikembangkan komputer model DUFLOW. (Suryadi, 1996). Hasil simulasi model DUFLOW, mampu memberikan rekomendasi praktis dalam hal upaya peningkatan jaringan dan sistem operasi pengelolaan air (Suryadi and Schultz, 2001; Imanudin and Susanto, 2003, Suryadi *et al.*, 2010). Integrasi kedua model DUFLOW-DRAINMOD diharapkan mampu menjawab permasalahan pengendalian muka air mulai dari petak tersier sampai tingkat jaringan. Sehingga rancangan operasi pengendalian muka air dapat disusun untuk terciptanya kondisi status air tanah yang diinginkan tanaman.

Berkaitan dengan permasalahan diatas maka perlu adanya suatu penelitian untuk mengevaluasi kinerja sistim drainase yang ada dalam mengendalikan muka air di daerah rawa pasang surut. Penggunaan model komputer perlu di uji dan dikembangkan karena dapat menghemat waktu, tenaga dan biaya. Namun demikian proses kalibrasi beberapa parameter perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang baik. Hasil yang baik adalah hasil dari pemodelan hampir menyamai dengan hasil pengukuran dilapangan.

B. Rumusan Masalah

Menurut Susanto (2002), kondisi dinamika muka air tanah terhadap kedalaman lapisan pirit menjadi faktor kunci dalam penyusunan strategi pengelolaan air dan penentuan pola tanam pada masing-masing unit pengembangan daerah rawa. Hal ini terjadi terutama pada lahan pasang surut dengan tipe luapan C. Lahan ini seringkali mengalami kekurangan suplai air

segar, akibat air pasang tidak bisa masuk ke lahan. Selain itu kondisi tanah yang porus menyebabkan tingginya nilai keterhantaran hidroulik tanah sehingga kehilangan air akibat perkolasi sangat tinggi dan akibatnya air hujan sulit ditahan (Suryadi, 1996). Kondisi ini menyebabkan penurunan muka air tanah yang cepat terutama pada saat musim kemarau dimana muka air tanah turun melebihi batas lapisan pirit sehingga terjadi proses oksidasi. Proses oksidasi ini menghasilkan asam sulfat yang diikuti dengan peningkatan kelarutan besi dan alumunium yang berbahaya bagi tanaman. Oleh karena itu bila lahan sudah mengalami oksidasi lapisan pirit maka akan berbahaya bagi tanaman. Tanaman pangan secara umum akan tumbuh dengan normal bila pirit tidak teroksidasi. Apabila pirit telah teroksidasi maka pertumbuhan tanaman akan terganggu karena pH tanah, Ca, Mg dan P tersedia yang sangat rendah, serta ion Fe, Al, Mn tersedia berlebihan (Marsi, 1998). Untuk memperbaiki kualitas lahan yang sudah mengalami oksidasi pirit diperlukan waktu yang lama (Minh, *et al.*, 1998; Hussona, *et al.*, 2000). Terlebih proses pencucian lahan tidak berlangsung dengan baik akibat ketersediaan air yang terbatas dan sistem jaringan yang belum memadai (Bronswijk, *et al.*, 1995; Imanudin, *et al.*, 2009).

Hanya ada salah satu cara yang efektif untuk mengelola lahan sulfat masam yaitu melalui pengelolaan air yang tepat. Perbaikan kesuburan tanah akan berlaku bila pengendalian muka air sudah dilakukan sesuai dengan tujuan dan fungsi lahan tersebut. Remediasi secara kimiawi masih terlalu mahal dan juga dapat memperburuk kondisi lingkungan. Disisi lain pengetahuan petani untuk mengatur dan mengendalikan muka air tanah masih rendah disamping kondisi sistem jaringan yang belum optimum mendukung sistem usaha tani daerah rawa. Bila kondisi pengelolaan air ini dibiarkan tidak ada perbaikan maka kualitas tanah

akan terus menurun dan diikuti produksi setidaknya sampai kurun waktu 10 tahun. Namun bila ada perbaikan tata air maka remediasi pirit bisa dipercepat menjadi 3-5 tahun (Bronswijk *et al.*, 1994.)

Oleh karena itu jelas bahwa pendekatan pengelolaan air adalah masih merupakan alternatif yang paling baik dalam memperbaiki kualitas lahan rawa pasang surut. Tujuan utama dari pengelolaan air adalah membuang kelebihan air, menjaga muka air tanah yang diinginkan tanaman, pencucian dan pengelontoran bahan-bahan beracun, dan menghindari lahan dari bahaya banjir. Kondisi agrofisik lahan yang berbeda jelas akan mendapat respon status air yang berbeda sehingga telah berdampak pada produksi pangan masing-masing daerah tidak sama. Studi khusus untuk meneliti faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keragaman status air dan pembuatan rekayasa lahan pada masing-masing daerah untuk menentukan pengelolaan air yang tepat dan benar sampai saat ini belum ada. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan unit petak percontohan berdasarkan karakter agro-hidrologi yang selanjutnya akan ditentukan model pengelolaan air berdasarkan karakter tersebut. Dengan demikian teknologi yang dihasilkan akan berbasis masyarakat tani dan agrofisik wilayah (spesifik lokasi).

Pengelolaan air secara hati-hati sangatlah diperlukan agar kegiatan pertanian di lahan rawa pasang surut dapat berhasil dengan baik. Hal ini tidak mungkin bisa dicapai secara langsung dan juga tidak mungkin dapat dilakukan segera setelah lahan rawa direklamasi, dikarenakan pada pengembangan tahap awal umumnya jaringan salurannya masih berupa sistem terbuka, belum dilengkapi bangunan pintu pengatur air. Namun demikian, banyak diantara jaringan reklamasi yang ada saat ini sudah berada pada tahap pengembangan

kedua. Pada jaringan reklamasi yang sudah berada tahap pengembangan kedua ini, biasanya sudah dilengkapi bangunan pintu pengatur air baik di jaringan saluran sekunder maupun saluran tersier, sehingga memungkinkan dapat mengatur muka air sesuai yang dikehendaki, termasuk pemasokan air irigasi dan pembuangan air drainase, asalkan jaringan saluran dan bangunan pengatur air dipelihara dan dioperasikan dengan benar

Mengingat pertimbangan waktu dan biaya, maka dalam konsep penyusunan sistem operasi pengelolaan air ini tidak menganut paham reklamasi total (***maximum disturbance***) akan tetapi menganut paham reklamasi rawa dengan seminimum mungkin mencegah terjadinya degradasi lahan (***minimum disturbance***). Tujuan utama sistem ini adalah pengelolaan air di level tersier untuk mencegah drainase berlebih, dan mengendalikan air agar sesuai dengan kebutuhan tanaman dan mencegah oksidasi lapisan firit. Konsep ini diharapkan dapat menekan pengaruh oksidasi lapisan sulfat masam. Dari potensi dan kendala yang ada maka dapat disusun beberapa pokok masalah yang akan diselesaikan dalam studi ini adalah:

- Bagaimana memformulasikan berbagai karakteristik fisik lingkungan lahan daerah rawa pasang surut untuk menyusun berbagai alternatif skenario pengelolaan air di petak tersier?
- Bagaimana menguji berbagai alternatif skenario pengelolaan air di petak tersier tersebut untuk masing-masing kelas hidrotografi lahan (kondisi basah A/B, dan kondisi kering C/D) agar bisa diaplikasikan di lapangan oleh petani dengan meminimalkan potensi oksidasi lapisan sulfat masam?
- Apakah komputer model DUFLOW dan DRAINMOD dapat digunakan sebagai alat bantu (*tools*) untuk mengevaluasi sistem jaringan tata air dan

dinamika muka air tanah, serta menyusun berbagai alternatif skenario pengelolaan air di petak tersier ?

- Bagaimana menterjemahkan model rencana operasional yang telah dievaluasi oleh komputer model DRAINMOD agar dapat diadaptasikan dilapangan, dan selanjutnya dapat disusun buku panduan praktis untuk dapat digunakan oleh petani (P3A) dan
- Bagaimana menyusun strategi pengelolaan air yang lebih luas, dari data operasi lapangan di level tersier, sehingga rekomendasi ini dapat dijadikan dasar penyusunan kebijakan pemerintah untuk menyusun rencana pembagunan pengarian di daerah rawa pasang surut.

C. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk menyusun Strategi Operasi Pengendalian Muka Air Di Daerah Reklamasi Rawa Pasang Surut Untuk Budidaya Tanaman Pangan. Sebagai tanaman indikator digunakan tanaman padi dan jagung. Untuk mencapai tujuan diatas maka ada beberapa tujuan khusus yang perlu dilakukan yaitu sebagai berikut:

- Merancang berbagai alternatif skenario pengelolaan air di petak tersier pada kondisi lahan basah dan kering untuk tanaman padi dan jagung berdasarkan karakteristik sifat tanah, status air, curah hujan, dan tanaman.
- Mengevaluasi berbagai alternatif skenario pengelolaan air di petak tersier tersebut .
- Mengevaluasi kinerja model DRAINMOD dan DUFLOW dalam mengevaluasi dinamika muka air di petak tersier dan saluran.

- Melakukan pengkajian lapangan dari alternatif skenario terpilih sehingga didapat skenario terbaik dari berbagai alternatif skenario pengelolaan air yang telah disusun.
- Menyusun rekomendasi pengelolaan air secara operasional untuk daerah kering dan basah.
- Menyusun strategi pengendalian muka air untuk tingkat makro berdasarkan rekomendasi operasional di tingkat mikro (tersier).

D. Manfaat Penelitian

Pengelolaan air merupakan kunci keberhasilan dalam pengelolaan lahan pasang surut Bengston *et al.*, (1993). Pengelolaan air merupakan alat (tools) dalam upaya peningkatan produktivitas lahan rawa pasang (Imanudin dan Susanto, 2005). Tujuan utama dari kegiatan ini adalah membuang kelebihan air pada daerah-daerah dengan tipologi lahan rendah dan menjaga muka air tanah yang diinginkan tanaman untuk daerah-darah dengan tipologi lahan yang lebih tinggi (Imanudin *et al*, 2002; Imanudin dan Susanto 2004). Selain itu pengelolaan air bertujuan untuk pencucian unsur beracun, pengendalian subsiden, percepatan pematangan tanah, pengendalian banjir dan upaya pemenuhan muka air pada batas yang diinginkan tanaman. Oleh karena itu pengetahuan teknis pengelolaan air di tingkat usaha tani akan sangat besar pengaruhnya terhadap peningkatan produktivitas lahan.

Penelitian ini diharapkan memberikan masukan tidak hanya kepada petani namun juga kepada pemerintah yang dalam hal ini Dinas Pertanian dan Dinas Pekerjaan Umum. Untuk petani akan dibuatkan petunjuk praktis tentang

pengelolaan air di tingkat mikro (usaha tani) dalam satu unit blok tersier dan sekunder. Petunjuk praktis ini memuat tentang pengoperasian pintu-pintu saluran, pemeliharaan saluran, dimensi saluran kuarter, tipe pintu air, potensi dan pengaturan pola dan waktu tanam berdasarkan status air di lahan.

Sementara itu manfaat untuk pemerintah adalah akan didapat informasi penting tentang sistim drainase lahan di tingkat mikro. Sistim drainase ini menyangkut dimensi saluran, bentuk tata air, tipe pintu air, tata letak pintu, dan arahan sistem penataan lahan. Biaya operasional operasi dan pemeliharaan di level tersier juga bisa diestimasi, sehingga data tersebut juga membantu strategi operasi dan pemeliharaan di masa mendatang. Misalnya melalui kegiatan ini kedalaman pengerukan saluran tidak boleh sama, harus berbeda sesuai dengan perbedan sistim drainase dan tipologi lahan. Kemudian kebutuhan bangunan air (hidroulik infrastruktur) pada masing-masing wilayah (zone) pengelolaan juga berbeda.

Melalui sistim drainase yang baik dan rekomendasi pengelolaan air yang tepat maka diharapkan intensitas tanam di daerah ini bisa meningkat dan dapat meningkatkan pendapatan petani tanpa harus mengeksploitasi sumberdaya alam, sehingga pertanian di daerah rawa pasang surut dapat berkelanjutan.

D. Kebaruan Penelitian

Pada tahap awal pembukaan lahan rawa pasang surut, konsep pendekatan pengelolaan air adalah dengan pendekatan hidrotografi lahan. Namun seiring dengan perkembangan pengusaha lahan, ternyata konsep ini tidak berjalan efektif karena seringkali pada zona lahan yang sama, ternyata memiliki tingkat keragaman status air yang berbeda. Kondisi ini seringkali berdampak kepada kesalahan dalam pola pemanfaatan lahan, sistem

penjadwalan tanam, dan rancangan sistem drainase serta peningkatan jaringan. Konsep baru yang sesuai pada kondisi sekarang adalah melakukan evaluasi status air pada zona akar (*Surplus Excess Water -30 cm*) melalui pengembangan sistem monitoring data harian. Sehingga pada setiap delta pengembangan rawa diperlukan sistem monitoring hidrologi. Minimal tersedia data harian selama setahun.

Sistem monitoring data muka air di petak tersier merupakan bagian yang penting dan oleh karenanya pada penelitian ini data muka air harian merupakan data utama. Namun demikian pengukuran dalam waktu lama seringkali sulit dilakukan karena biaya dan oleh karena itu dikembangkan model komputer. DRAINMOD terbukti mampu menduga dinamika muka air tanah dipetak tersier, dengan hanya menggunakan data hujan, sifat fisik tanah dan sistem drainase. Untuk penggunaan aplikasi lapangan, model ini memerlukan informasi tambahan. Potensi air sebagai suplai di saluran akan sangat menentukan asumsi pengendalian muka air dalam DRAINMOD melalui aplikasi kontrol muka air (*water retention*); dan potensi air surut untuk memaksimalkan potensi drainase (*control drainage*). Oleh karena itu pengamatan dinamika muka air di saluran juga dilakukan.

Keterbatasan pengukuran data muka air di saluran juga merupakan kendala, dan oleh karena itu digunakan komputer model DUFLOW. Sejauh ini model hanya digunakan untuk analisis kinerja jaringan. Berdasarkan kendala diatas maka dalam penelitian ini telah diuji penggabungan kedua model DUFLOW-DRAINMOD dalam penyusunan operasi bulanan pengelolaan air di petak tersier dan strategi peningkatan jaringan.

Integrasi model DRAINMOD-DUFLOW ini juga mampu menjawab kondisi ekstrim bila petani atau pemerintah melakukan kebijakan yang salah. Misalnya peningkatan jaringan yang salah dengan pembangunan saluran drainase yang berlebih, sehingga lahan menjadi kelebihan pembuangan (*over drainage*), atau juga terlalu lama menahan air sehingga kualitas air buruk dan terjadi keracunan besi, dll. Fenomena-fenomena ini tentu bisa di prediksi pengaruhnya terhadap dinamika muka air tanah dan perubahan pola tanam.

Kebijakan pengelolaan air yang telah diuji dan di kaji pada tingkat lapangan untuk level percontohan tersier harus ditingkatkan pada skala yang lebih luas. Tujuannya untuk bisa membantu pemerintah dalam menyusun kebijakan pengairan, terutama dalam penentuan rencana pengelolaan air, dan peningkatan jaringan yang diperlukan untuk masing-masing wilayah. Pada penelitian ini melalui pendekatan GIS berbasis karakteristik lahan akan mampu menyajikan informasi strategi pengelolaan air ke tingkat yang lebih luas. Analisis evaluasi lahan untuk penentuan strategi pengendalian air ini merupakan hal baru karena tidak mengacu kepada standar evaluasi lahan yang dikeleuarkan oleh FAO, (1976). Model penilaian lahan adalah dengan teknik kuantifikasi karakteristik lahan berdasarkan sistem geo-spasial untuk beberapa nilai atribut lahan yaitu sifat tanah yaitu tekstur dan bahan organik, kemampuan lahan menerima suplai air pasang, kemampuan drainase lahan, pengaruh salinitas, kedalaman firit, dan kondisi penggunaan lahan saat ini (*existing land use*). Hasil penilaian kemampuan lahan ini merupakan dasar bagi penyusunan rencana zona pengelolaan air (*water management zoning*).

Konsep Water Management Zoning (WMZ), berbeda dengan pemetaan kelas kesesuaian lahan untuk pertanian. Pada konsep kesesuaian lahan untuk

komoditi pertanian lahan bisa diklasifikasikan berdasarkan pengelompokan satuan lahan (*land unit*) dengan pertimbangan faktor pembatas utama yang tidak bisa di perbaiki. Kondisi ini memungkinkan satuan peta lahan tergambar semua pada peta secara spasial. Namun pada WMZ tidak mengenal satuan peta lahan, tetapi distribusi spasial dari masing-masing atribut lahan. Nilai sebaran atribut lahan yang paling dominan akan dijadikan sebagai perwakilan dari penciri unit lahan tersebut untuk dijadikan dasar pertimbangan penyusunan zona pengelolaan air. Batasan unit lahan dalam WMZ ini adalah satu petak sekunder, karena dalam satu unit ini akan memudahkan operasi pengendalian muka air di lapangan.

E. Kerangka Pikir Penelitian

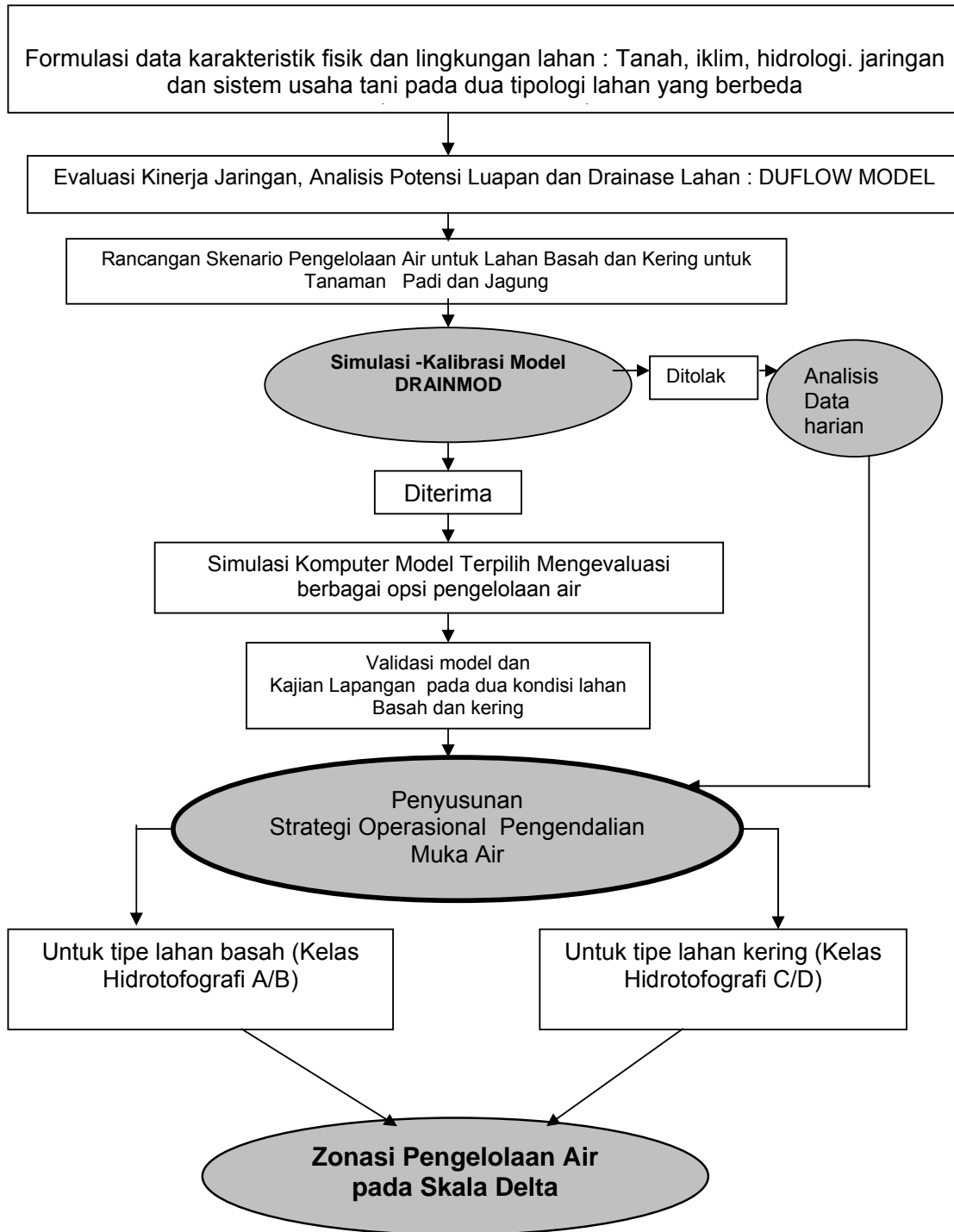
Untuk membangun suatu sistem operasi pengelolaan air pada pertanian daerah reklamasi rawa pasang surut diperlukan beberapa tahapan kegiatan (Gambar 1). Tahap-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

- **Tahap 1:** Pengumpulan data karakteristik tanah, jaringan tata air, usaha tani, iklim dan hidrologi. Informasi awal monitoring data harian iklim dan hidrologi dapat membantu menyusun pola tanam yang akan diusulkan. Data sistem jaringan akan digunakan untuk melihat kinerja jaringan dalam mengalirkan air baik sebagai suplai maupun pembuangan. Untuk melihat kinerja jaringan ini maka komputer Model DUFLOW digunakan sebagai alat bantu. Analisis data harian muka air di saluran relatif terhadap ketinggian lahan merupakan dasar untuk melihat potensi pasang sebagai suplai dan surut sebagai pembuangan. Hasil dari tahap I ini sebagai dasar untuk pekerjaan simulasi komputer dan kajian lapangan.

- **Tahap 2:** Tahap kalibrasi Model DRAINMOD dan evaluasi berbagai skenario terpilih melalui sistem simulasi komputer. Sebelum dilakukan evaluasi melalui proses simulasi komputer terlebih dahulu dilakukan kalibrasi input data DRAINMOD untuk menghasilkan hasil simulasi terbaik. Kinerja model dinyatakan baik bila r^2 mendekati 0,9; akar rata-rata kuadrat kesalahan (Root Mean Square Error) kurang dari 2 cm, dan model efisiensi mendekati 1 (satu). Sementara itu bila kinerja Model DRAINMOD tidak bisa diterima maka proses evaluasi dilakukan dengan langsung menganalisis data harian dari pengamatan langsung di lapangan. Selain itu analisis dinamika air di petak tersier dilakukan dengan pendekatan kelebihan air 30 cm dari permukaan tanah untuk dapat menduga lahan mengalami kelebihan atau kekurangan air. Tahap selanjutnya dilakukan simulasi untuk mengevaluasi kinerja jaringan tata air pada kondisi saat ini (*existing*) dan berdasarkan beberapa skenario terpilih. Dari simulasi komputer tersebut maka skenario terbaik akan dipilih dan dapat dijadikan sebagai dasar bagi pekerjaan pengkajian di lapangan.
- **Tahap 3.** Tahap simulasi model DRAINMOD. Pada tahap ini beberapa skenario pemanfaatan lahan untuk masing-masing tipologi lahan akan diuji. Adapun rancangan skenario pemanfaatan lahan untuk lahan tipe kering (tipologi C/D) adalah: padi-bera; dan padi-jagung, dan jagung-jagung. Sementara untuk tipe lahan bawah (tipologi A/B) adalah padi-padi-jagung. Masing-masing skenario menghasilkan opsi pengelolaan air yang berbeda-beda.
- **Tahap 4.** Tahap adaptasi model melalui pengkajian lapangan. Tahap ini adalah merupakan proses kaji terapan di lapangan sekaligus validasi data

simulasi untuk dibandingkan dengan data pengamatan lapangan. Rekomendasi dari skenario terpilih yang telah disusun akan dikaji dilapangan bersama petani. Tujuannya agar skenario terpilih secara teknis dan sosial diterima oleh petani. Rekomendasi yang disusun akan sangat terkait dengan perbaikan operasi pintu air, pembuatan tata air mikro, perbaikan waktu tanam, pengaturan waktu tanam dan pola tanam. Untuk mengukur keberhasilan model maka akan dibandingkan dengan data muka air harian, data kualitas tanah, dan data produksi tanaman.

- **Tahap 5.** Penyusunan Rekomendasi Pengelolaan Air. Dalam tahap ini akan disusun strategi operasional pengelolaan air pada masing-masing tipologi lahan untuk padi dan jagung. Sistem operasional ini disusun berdasarkan beberapa skenario terpilih dan hasil kajian lapangan. Skenario terpilih adalah perbaikan sistem pengelolaan air yang dilakukan mampu menciptakan kondisi status air di petakan lahan sesuai dengan kebutuhan perakaran tanaman. Rekomendasi ini diharapkan dapat membantu program pemerintah dalam menyusun rencana pembangunan pengairan dan pertanian di daerah rawa pasang surut. Melalui teknologi GIS maka rekomendasi pengendalian muka air yang disusun ini akan di sajikan secara spasial, sehingga mampu diterapkan di daerah lain.



Gambar 2. Bagan alir penyusunan strategi operasional pengendalian muka air di daerah rawa pasang surut untuk budidaya pertanian

II. TINJAUAN PUSTAKA

- **Konsep Hidrolika Sungai dan Muara**

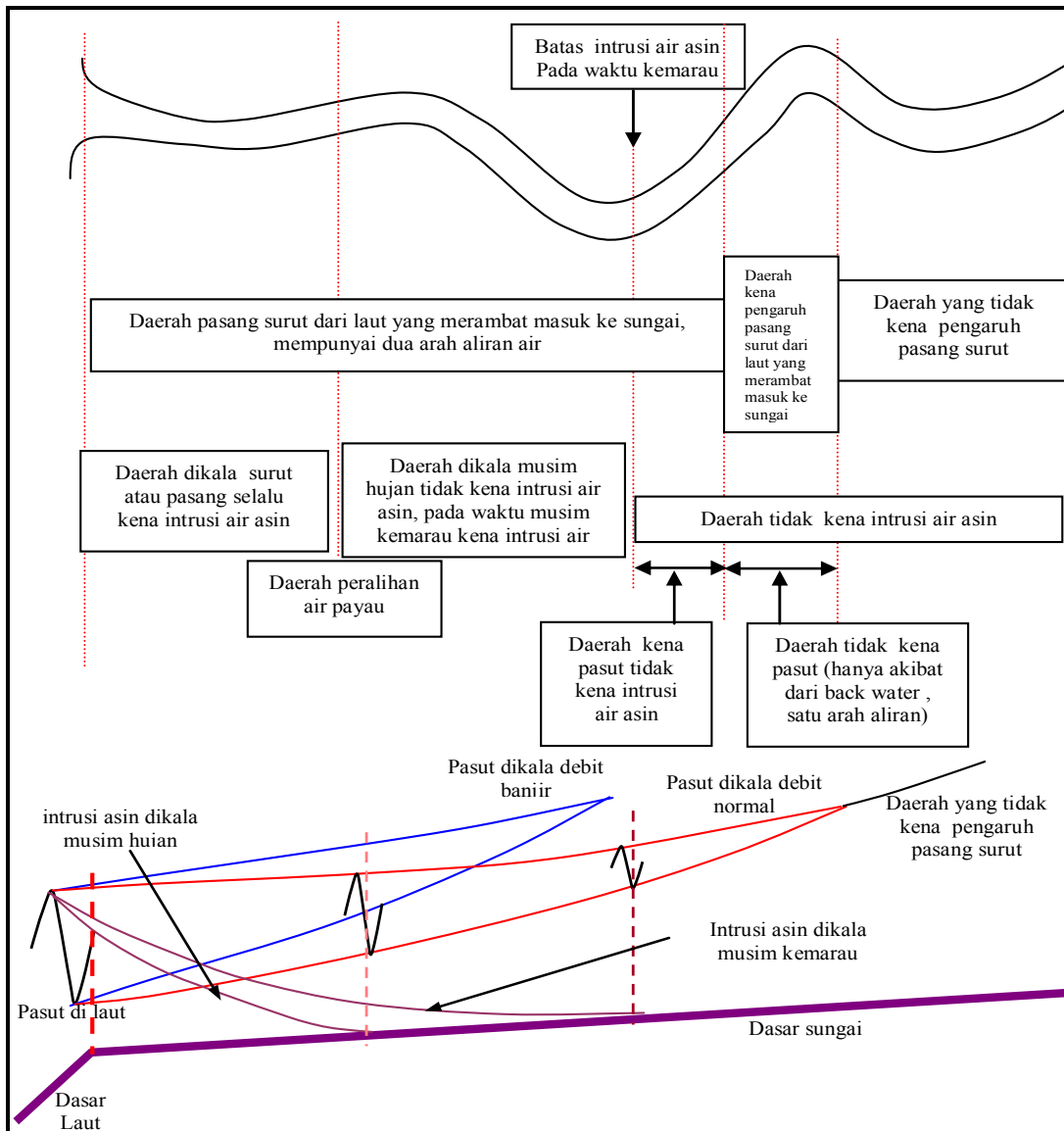
Rambatan pasut dari laut ke sungai merupakan faktor yang menentukan dalam penatagunaan sumber daya air di lahan rawa pasang surut. Adanya pasang surut menimbulkan pengaruh terhadap aliran sungai.

1. . Hidrologi Sungai

Rambatan pasang surut dari laut ke sungai merupakan parameter yang menentukan dalam penatagunaan sumber daya air di lahan rawa dan tambak. Untuk sungai yang masih terpengaruh dengan pasang surut dari laut maka terdapat pembagian zone pasang surut di sungai seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Uraian singkat untuk masing-masing ruas sungai adalah sebagai berikut:

1. Zone pasang surut dari laut yang merambat masuk ke sungai, yang mempunyai dua arah aliran air (ZP 1), terbagi menjadi:
 - a. Zone Pasut (ZP 1a) dikala musim kemarau ataupun musim hujan selalu kena intrusi air asin.
 - b. Zone Pasut (ZP 1b) dikala musim hujan tidak kena intrusi air asin, pada waktu musim kemarau kena intrusi air.
 - c. Zone Pasut (ZP 1c) kena pengaruh pasut (dua arah aliran) tidak kena intrusi air asin.

2. Zone pasut (ZP 2) kena pengaruh pasang surut dari laut yang merambat masuk ke sungai. Zone ini mempunyai satu arah aliran, perubahan muka air karena pengaruh back water dari pasang surut laut.
3. Zone pasut (ZP 3), yang tidak kena pengaruh pasang surut, air turun naik karena perubahan debit dan arah aliran satu arah.



Gambar 3. Pembagian Ruas Sungai Akibat Pengaruh Pasang Surut

2. Sedimentasi Muara

Sedimentasi pada sungai pasang surut sering terjadi di bagian dekat muara sungai, di mana penampang sungai menjadi lebih besar yang mengakibatkan menurunnya kecepatan aliran air dan pencampuran dengan air laut menyebabkan terjadinya fluktuasi partikel liat. Kedalaman sungai dapat mencapai 10 m atau lebih, namun pada bagian muara sungai mungkin kedalamannya tidak lebih dari 2 atau 3 m, atau bahkan kurang.

3. Muka Air Banjir Maksimum

Muka air banjir maksimum dari satu tempat ke tempat lain di sepanjang sungai menentukan kebutuhan pengamanan banjir. Pada ruas sungai yang dipengaruhi pasang surut, muka banjir maksimum sangat ditentukan oleh besarnya air pasang. Pada ruas sungai yang tidak dipengaruhi pasang surut (dataran banjir sungai), banjir ditentukan oleh aliran sungai dan muka air sungai. Walaupun dengan tanggul pengaman banjir yang memadai, banjir sungai tersebut dapat menghambat aliran air drainasi dari lahan, dan di areal tertentu dapat diklasifikasikan sebagai lahan yang tidak cocok untuk dikembangkan sebagai akibat dari banjir sungai tersebut.

4. Peluang Drainase

Dengan memperhatikan elevasi lahan rawa pasang surut yang pada umumnya sekitar elevasi muka air pasang purnama, kisaran pasang surut pada pasang purnama memberikan indikasi kedalaman muka air surut di bawah muka lahan dan peluang maksimum kedalaman drainase. Semakin ke arah hulu dari mulut sungai, fluktuasi pasang surut semakin dipengaruhi oleh aliran sungai, walaupun di beberapa sungai berdasarkan pengamatan pada awalnya terjadi

sedikit penambahan kisaran pasang surut yang diakibatkan oleh adanya penyempitan penampang sungai baik secara vertikal maupun horizontal. Setelah air memasuki saluran, fluktuasi pasang surut menjadi berkurang.

5. Intrusi Air Asin di Muara

Adanya pengaruh intrusi air asin (salin) merupakan pembatas untuk pengusahaan pertanian di daerah pasang-surut, terutama di musim kemarau. Nilai kritikal salinitas dalam bentuk daya hantar listrik (DHL) untuk tanaman padi adalah 5 mS/cm. Pengaruh akibat salinitas terhadap penurunan hasil pada tanaman umumnya terjadi berangsur/bertahap, tergantung dari toleransi tanaman, tipe tanah, metoda irigasi, iklim, dan faktor ketergantungan waktu (seperti lama suplai air, tingkat pertumbuhan). Batas toleransi salinitas pada musim hujan relatif lebih tinggi, mengingat adanya pengaruh penetralan dari air hujan.

Parameter ini memperlihatkan periode intrusi salin ($DHL \geq 5$ mS/cm) yang diperhitungkan dalam sistem tata saluran. Pengaruh intrusi salin ini digolongkan atas dua kategori, yakni:

- a. Salin, intrusi air asin ($DHL \geq 5$ mS/cm) di saluran utama berlangsung >1 bulan.
- b. Tidak salin, intrusi air asin ($DHL \leq 5$ mS/cm) di saluran berlangsung ≤ 1 bulan.

Daerah rawa yang mempunyai zone pasang surut ZP 1a dan ZP 1b dan dimanfaatkan untuk budidaya tanaman pangan, maka harus di blok dari intrusi air asin, pengairannya dari hujan kalau ada dari sebelah udik daerah rawa, misalkan

dari konservasi rawa atau mengambil air tawar dari sungai di bagian udik (irigasi gravitasi) tapi dengan cara pengairan zone akar dan sistem pertanian SRI.

6. Topografi dan Hidrotopografi Lahan Rawa Pasang Surut

Kawasan rawa pasang surut ditandai keberadaannya oleh genangan dangkal pada musim penghujan terutama diakibatkan oleh air hujan yang terakumulasi karena drainasenya terhambat. Setiap harinya pada saat muka air sungai dalam keadaan surut pada umumnya memberikan peluang bagi berlangsungnya proses drainase air yang berlebihan mengalir keluar.

7. Topografi

Elevasi lahan rawa pasang surut pada umumnya di sekitar elevasi muka air pasang purnama rata-rata sungai terdekat pada musim hujan, yaitu antara 1 sampai 3 m MDPL (*Mean Sea Level*). Perbedaan elevasi lahan yang kecil umum ditemukan di lapangan, dan hal ini sangat berperan dalam menentukan sistem pengelolaan air pada lahan yang bersangkutan. Perbedaan elevasi hanya beberapa desimeter sudah dapat menentukan apakah suatu areal dapat diairi dengan irigasi pasang surut atau tidak, dan hal tersebut berpengaruh besar terhadap potensi lahan untuk pengembangan pertanian. Di kawasan-kawasan tertentu, muka air sungai pada saat pasang memberikan peluang bagi berlangsungnya irigasi pasang surut.

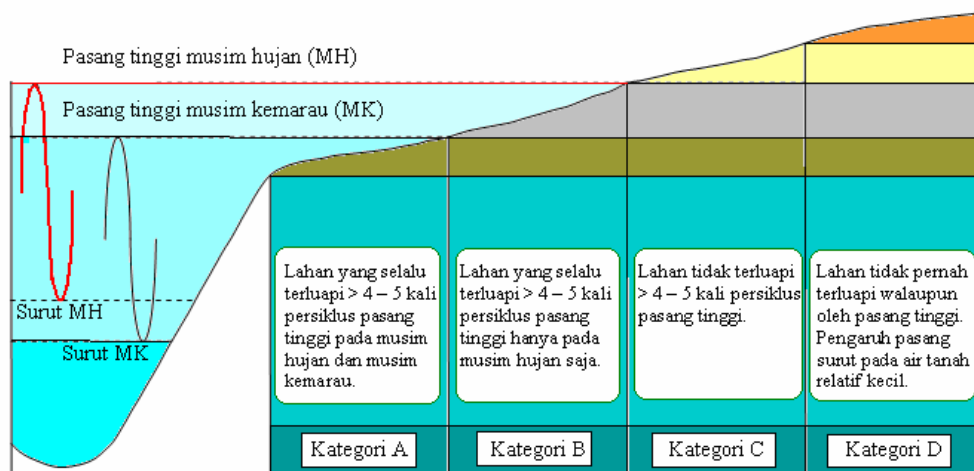
Setelah reklamasi, akan terjadi penurunan muka tanah (*subsidence*) dan elevasi awal lahan akan turun. Sangat penting untuk mengetahui elevasi muka lahan langsung setelah reklamasi dan sesudah terjadinya penurunan muka lahan. Untuk tanah gambut perlu diketahui juga elevasi muka lahan tanah

mineral di bawah lapisan gambut karena lapisan gambut tersebut akhirnya akan habis.

8. Hidrotopografi

Hidrotopografi lahan menunjukkan keterkaitan antara elevasi muka lahan, muka air pasang dan efek samping muka air pasang dalam sistem jaringan saluran antara sungai dan lahan yang bersangkutan. Kategori hidrotopografi lahan dapat dijadikan sebagai petunjuk sejauh mana kemungkinan luapan air dapat menggenangi lahan, dan sebaliknya genangan yang ada dapat didrainase. Hidrotopografi lahan diperlukan untuk pengamanan banjir dan sangat penting dalam menentukan potensi lahan untuk pengembangan pertanian.

Berdasarkan hidrotopografinya, wilayah lahan rawa pasang-surut (Zona I dan II) dikelompokkan atas empat kategori hidrotopografi lahan rawa pasang surut sebagai berikut (Gambar 4).



Keterangan : + Pasang tinggi adalah pasang yang terjadi pada bulan purnama / mati (Spring Tide)
 + Surut rendah adalah surut yang terjadi pada bulan purnama / mati (Neap Tide)

Gambar 4. Kategori Hidrotopografi Rawa Pasang Surut

1. **Kategori A** : Merupakan areal lahan rawa yang dapat terluapi air pasang, baik di musim hujan maupun di musim kemarau. Lahan dapat diluapi oleh air pasang paling sedikit 4 atau 5 kali selama 14 hari siklus pasang purnama, baik musim hujan maupun musim kemarau. Permukaan lahan umumnya masih lebih rendah jika dibandingkan elevasi air pasang tinggi rata-rata. Umumnya areal ini terletak di lahan cekungan atau dekat dengan muara sungai.
2. **Kategori B** : Merupakan areal lahan rawa yang hanya dapat terluapi air pasang di musim hujan. Permukaan lahan umumnya masih lebih tinggi dari elevasi air pasang tinggi rata-rata di musim kemarau, namun masih lebih rendah jika dibandingkan elevasi air pasang tinggi rata-rata di musim hujan. Lahan dapat diluapi oleh air pasang paling sedikit 4 atau 5 kali selama 14 hari siklus pasang purnama hanya pada musim hujan saja.
3. **Kategori C** : Merupakan lahan rawa yang tidak dapat terluapi oleh air pasang sepanjang waktu (atau hanya kadang-kadang saja). Permukaan lahan umumnya relatif lebih tinggi jika dibandingkan kategori A dan B, sehingga air pasang hanya berpengaruh pada muka air tanah dengan kedalaman kurang dari 50 cm dari permukaan lahan. Karena lahan tidak dapat terluapi air pasang secara reguler, akan tetapi air pasang masih mempengaruhi muka air tanah. Elevasi lahan yang relatif tinggi dapat mengakibatkan banyaknya kehilangan air lewat rembesan.
4. **Kategori D** : Merupakan lahan rawa yang cukup tinggi sehingga sama sekali tidak dapat terjangkau oleh luapan air pasang (lebih menyerupai lahan kering). Permukaan air tanah umumnya lebih dalam dari 50 cm dari

permukaan lahan. Variasi kapasitas drainase tergantung perbedaan antara muka tanah di lahan dan muka air di sungai terdekat dengan lahan.

- **Sistem Jaringan Reklamasi Rawa Pasang Surut**

Pembukaan awal daerah rawa pasang surut adalah berupa reklamasi dengan teknologi sederhana dengan dukungan dana yang relatif rendah. Meskipun masih dalam proses reklamasi, umumnya lahan sudah mulai ditanami, tetapi hasil produksi yang dicapai masih rendah. Jaringan saluran primer, sekunder dan saluran tersier yang mengalirkan air secara gravitasi dirancang agar dapat berfungsi memadai untuk kepentingan pemasokan air, disamping untuk melayani drainase dan pengamanan banjir.

Reklamasi pasang surut dimulai dengan penggalian saluran primer yang menghubungkan dua sungai yang berdekatan. Saluran primer dibangun secara paralel satu dengan lainnya dan dapat digunakan untuk pelayaran pengangkutan lokal (Schophuys, 1986). Pada tahap awal setelah reklamasi, sistem jaringan bersifat terbuka, yaitu tanpa bangunan pengatur air. Sebagian besar sistem jaringan yang ada saat ini masih dalam tahap ini. Dalam keadaan demikian, operasi dari bangunan kecil seperti stoplog seluruhnya dilakukan pada tingkat lahan usaha. Pengelolaan air pada tingkat jaringan utama tidak memungkinkan dan muka air dalam saluran ditentukan oleh fukuasi muka air pasang surut.

Sistem reklamasi secara tradisional dikenal dengan istilah sistem handil, sedangkan yang dikembangkan dengan lebih terencana dan kawasan yang lebih luas antara lain dengan sistem anjir, sistem garpu, dan atau sistem sisir. Berdasarkan bentuk dari sistem jaringan tata air yang telah dikembangkan dalam

reklamasi rawa pasang surut yang telah diterapkan di Indonesia, terdapat empat sistem jaringan pengelolaan air yaitu sistem handil (tradisionil), sistem anjir (semi teknis), sistem garpu, dan sistem sisir (Gambar 5).

1. Sistem Handil

Sistem handil merupakan sistem tata air tradisional yang rancangannya sangat sederhana berupa saluran yang menjorok masuk dari muara sungai (**5a**). Kata handil diambil dari kata *anndeel* dalam bahasa Belanda yang artinya kerja sama, gotong royong. Di Sumatra dikenal dengan istilah parit kongsi. Handil dalam masyarakat suku Banjar diartikan sebagai suatu luasan lahan atau areal yang dibuka dengan sekaligus pembuatan saluran yang menjorok masuk ke pedalaman dari pinggiran sungai besar. Sistem ini hanya cocok dikembangkan untuk skala pengembangan yang relatif kecil. Sebuah handil umumnya digali dan dimanfaatkan secara gotong royong sekitar 7 -10 orang.

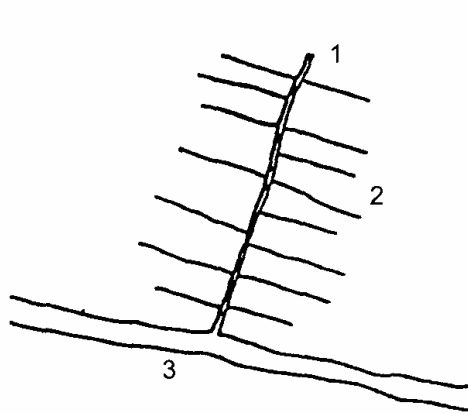
Sistem handil ini mengandalkan apa yang telah diberikan alam berupa tenaga pasang surut untuk mengalirkan air sungai ke saluran-saluran handil dan parit kongsi, kemudian mengeluarkannya ke arah sungai jika surut. Selain sebagai saluran pengairan, handil juga sekaligus berfungsi sebagai saluran pengatusan. Adakalanya, dari pinggir handil dibuat saluran-saluran yang tegak lurus sehingga suatu handil dengan jaringan saluran-salurannya menyerupai bangunan sirip ikan atau daun tulang nangka. Handil, selain sebagai jaringan pengairan/pembuangan, dimanfaatkan juga sebagai alur transportasi untuk dilewati sejenis sampan atau perahu kecil.

2. Sistem Anjir

Sistem anjir disebut juga dengan sistem kanal yaitu sistem tata air makro dengan pembuatan saluran besar yang dibuat untuk menghubungkan antara dua sungai besar (**Gambar b**). Saluran yang dibuat dimaksudkan untuk dapat mengalirkan dan membagikan air yang masuk dari sungai untuk pengairan jika terjadi pasang dan sekaligus menampung air limbah (pengatusan) jika surut melalui handil-handil yang dibuat sepanjang anjir. Dengan demikian, air sungai dapat dimanfaatkan untuk pertanian secara lebih luas dan leluasa.

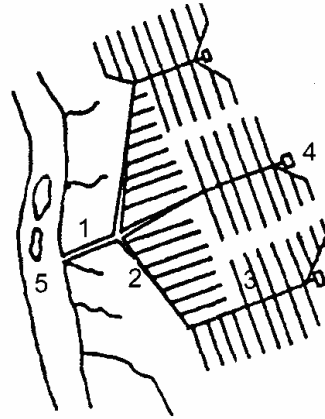
Perbedaan waktu pasang dari dua sungai yang dihubungkan oleh sistem anjir ini diharapkan akan diikuti oleh perbedaan muka air sehingga dapat tercipta suatu aliran dari sungai yang muka airnya lebih tinggi ke sungai yang rendah. Kelemahan dari sistem anjir ini adalah ternyata harapan di atas tidak dapat sepenuhnya tercapai. Bahkan, terjadi aliran balik dari air yang semestinya dibuang mengalir masuk kembali akibat didorong oleh gerakan pasang akumulasi asam di saluran sehingga menimbulkan keracunan pada tanaman dan biota air lainnya.

Dengan dibuatnya anjir, maka daerah yang berada di kiri dan kanan saluran dapat diairi dengan membangun handil-handil (saluran tersier) tegak lurus kanal. Adanya anjir ini menimbulkan lalu lintas transportasi air antara dua kota menjadi lebih ramai sehingga mendorong pembangunan daerah karena terjadinya peningkatan arus pertukaran barang dan jasa.



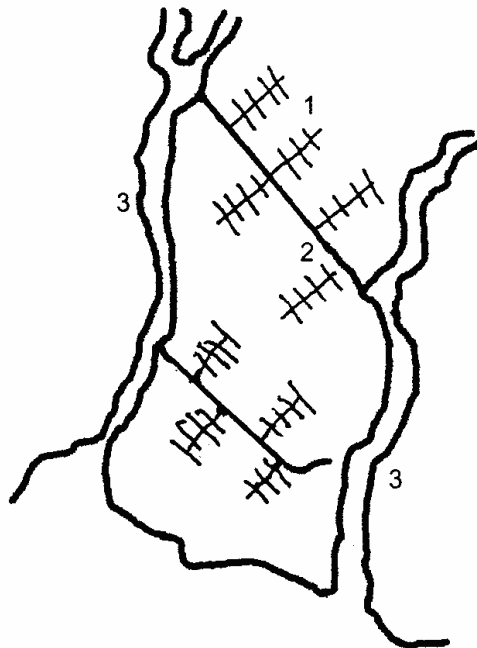
1. Handil Utama (2–3 km);
2. Handil kecil;
3. Sungai

(a). Sistem Handil



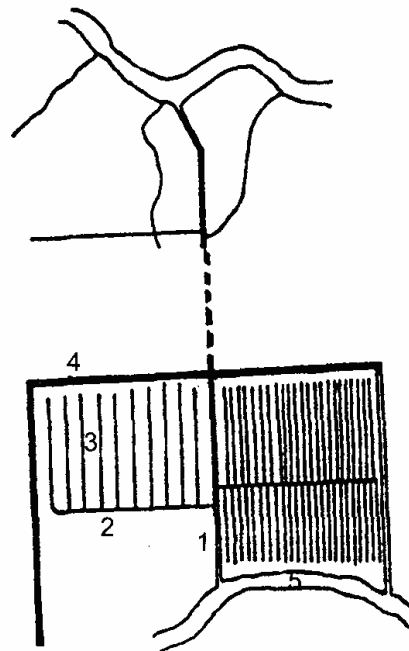
1. S. Primer;
2. S. Sekunder;
3. S. Tersier;
4. Kolam;
5. Sungai

(c). Sistem Garpu



1. Handil-handil;
2. Anjir (28 km);
3. Sungai

(b). Sistem Anjir



1. S. Primer;
2. S. Sekunder;
3. S. Tersier;
4. S. Pelindung;
5. Sungai

(d). Sistem Sisir

Gambar 5 : Jaringan Tata Air Pada Rawa Pasang Surut

3. Sistem Garpu

Sistem garpu adalah sistem tata air yang dirancang dengan saluran-saluran yang dibuat dari pinggir sungai masuk menjorok ke pedalaman berupa saluran navigasi dan saluran primer, kemudian disusul dengan saluran sekunder yang dapat terdiri atas dua saluran bercabang sehingga jaringan berbentuk menyerupai garpu (**Gambar c**). Ukuran lebar saluran primer antara 10 m - 20 m dan dalam sebatas di bawah batas pasang minimal. Ukuran lebar saluran sekunder antara 5 m -10 m. Kolam berfungsi untuk menampung sementara unsur dan senyawa beracun pada saat pasang, kemudian diharapkan keluar mengikuti surutnya air. Pada setiap jarak 200 m - 300 m sepanjang saluran primer/sekunder dibuat saluran tersier. Sistem garpu ini dikembangkan oleh Tim Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) yang di Universitas Gadjah Mada (1969 -1982) untuk wilayah provinsi Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah. Wilayah yang menerapkan sistem garpu, khususnya Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah, mencapai sekitar 150 ribu hektar.

4. Sistem Sisir

Sistem sisir merupakan pengembangan sistem anjir yang dialihkan menjadi satu saluran utama atau dua saluran primer yang membentuk sejajar sungai (**Gambar d**). Pada sistem sisir ini panjang saluran sekunder dapat mencapai 10 km, sedangkan pada sistem garpu hanya 1 - 2 km. Perbedaan lain, pada sistem sisir tidak dibuat kolam penampung pada ujung-ujung saluran sekunder sebagaimana pada sistem garpu. Sistem saluran dipisahkan antara saluran pemberi air dan pengatusan.

Pada setiap saluran tersier dipasang pintu air yang bersifat otomatis (*aeroflapegate*). Pintu bekerja secara otomatis mengatur bentuk muka air sesuai dengan pasang dan surut. Sistem garpu ini dikembangkan oleh Tim Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) di Institut Teknologi Bandung (1969 -1982) untuk wilayah Lampung, Sumatera Selatan, Jambi, Riau dan Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur. Wilayah yang menerapkan system sisir, mencapai sekitar 600 ribu hektar.

5. Jaringan Reklamasi Rawa Pasang Surut Teknis

Sistem Garpu dan Sisir adalah dua contoh jaringan reklamasi rawa yang sejak awal direncanakan menjadi jaringan rawa teknis (lihat **Gambar d**) walaupun bangunan pengatur air belum sepenuhnya dibangun). Salah satu prinsip dalam perencanaan jaringan teknis adalah adanya jaringan primer dan sekunder yang direncanakan dan dibangun oleh pemerintah, serta adanya pemisahan antara saluran pembawa dan pembuang yang menyebabkan terjadinya aliran satu arah yang sangat membantu proses pencucian tanah.

Adanya pemisahan ini berarti bahwa baik saluran pembawa maupun pembuang bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing, dari pangkal hingga ujung. Saluran pembawa rawa mengalirkan air sungai ke sawah-sawah dan saluran pembuang mengalirkan air lebih dari sawah-sawah ke saluran sekunder pembuang yang kemudian akan membuangnya ke saluran primer. Pada tingkat saluran primer, fungsi saluran sebagai pembawa dan pembuang tidak dipisahkan.

Sistim jaringan tata air (drainase) di daerah rawa pasang surut terdiri dari tiga sistem drainase, yaitu sistim GAMA atau sistem garpu, sistim rakyat atau sistem parit, sistim kanalisasi atau sistim anjir (Susanto, 2001).

Saluran sekunder merupakan cabang tegak lurus dari saluran primer, membentuk petak sekunder dengan luas 1,50 x 4,0 km. Saluran tersier merupakan cabang dari saluran sekunder membentuk petak tersier dengan luas 230 x 850 m². Petak-petak usaha pertanian petani terletak di dalam petak tersier yaitu 16 ha untuk 8 keluarga petani. Satu petak sekunder terdiri dari 16 petak tersier dengan luas satu petak tersier yaitu 16 ha. Satu petak sekunder atau tersier tersebut dapat dianggap sebagai satu unit pengelolaan air (Susanto, 1998).

Pada sistim drainase model GAMA (sistim garpu), saluran sekunder dan tersier berbentuk garpu dan langsung bermuara ke sungai. Pada ujung-ujung garpu terdapat kolam-kolam pasang yang berfungsi mempercepat air surut dan tempat penampungan air limpasan. Sistim ini banyak digunakan di Kalimantan Tengah.

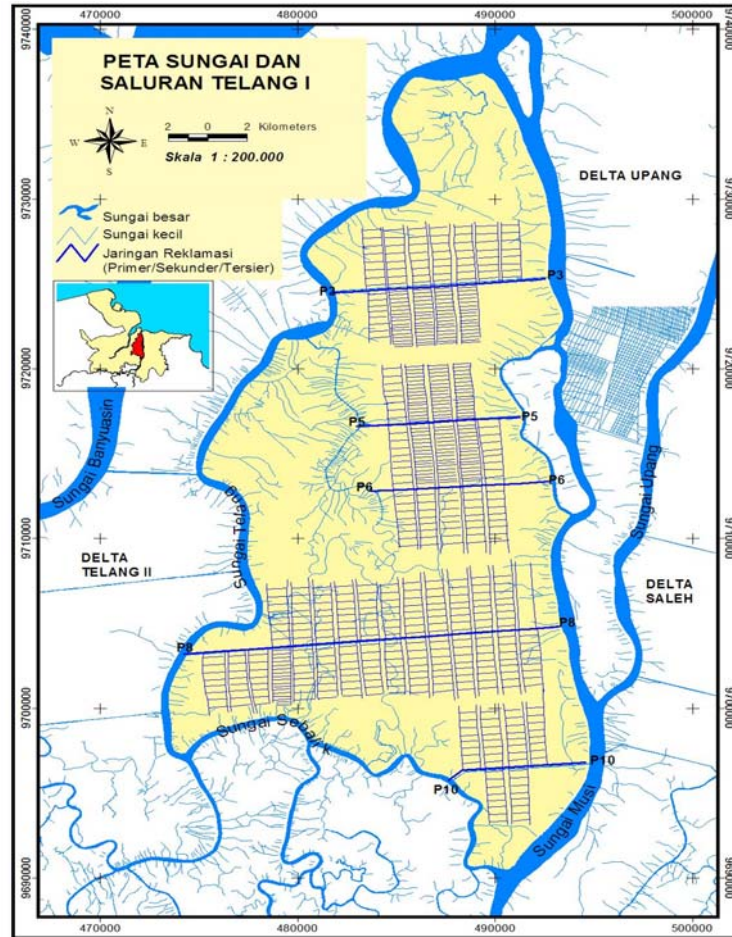
Untuk daerah reklamasi rawa pasang surut di Sumatera Selatan lebih banyak menggunakan sistim drainase sisir yang dikembangkan oleh ITB-IPB. Ciri khas dari sistim ini adalah saluran suplai dan drainase terpisah. Air masuk dan air keluar waktu surut diatur oleh pintu klep otomatis. Sistim ini merupakan peningkatan dari sistim rakyat atau sistim parit dan sistim kanal (Gambar 6). Pada sistim ini, saluran pemberi dan pembuang dibuat spesifik bahkan saluran untuk transportasi air juga mulai dipisahkan.

Sistim drainase model rakyat (sistim parit), telah lama dikembangkan oleh petani Bugis. Saluran drainase dibuat secara sederhana dan manual dengan menggali parit-parit sebelah kiri kanan lahan tegak lurus dengan sungai besar atau anjir (saluran primer) sepanjang 3-5 km. Kearah pedalaman, sehingga sungai dan parit itu terbentuk seperti ikan atau daun nangka. Sistim ini

merupakan cara tradisional pengelolaan air di lahan rawa pasang surut, memiliki dua fungsi yaitu sebagai saluran drainase pada saat air surut dan sebagai saluran irigasi pada saat air pasang.

Pada pengembangan tahap lanjut, bangunan pengatur air mulai dipasang pada saluran sekunder dan tersier. Pengoperasian bangunan ini akan dapat mengatur pengelolaan air pada muka air tertentu dalam saluran. Aturan pengoperasian secara umum telah diuraikan dalam Volume II: Pengelolaan Air. Aturan pengoperasian secara umum ini penting dan dapat diterapkan untuk

Jaringan tata air (sistem drainase) yang diterapkan di Delta Telang adalah sistem grid ganda (double-grid system), yang direncanakan oleh LAPI-ITB (1976). Sistem ini berdasarkan kepada sistem drainase saluran terbuka (open systems), dengan menggunakan saluran primer sebagai saluran navigasi yang berhubungan langsung ke sungai. Jarak antar saluran primer ini adalah 4000 m. Setelah saluran primer terdapat saluran sekunder yang langsung berhubungan dengan saluran primer, jarak antar sekunder ini adalah 1.150 m. Saluran sekunder dibagi menjadi dua yaitu saluran pemberi yang melintasi perkampungan dinamakan SPD dan saluran pembuangan (SDU) ini berada di batas lahan usaha II. Saluran tersier di bangun untuk mengalirkan atau membuang air dari dan ke saluran sekunder. Gambar 6, merupakan contoh sistem jaringan tata air di Delta Telang I.



Sumber: Ngudiantoro *et al.*, 2009

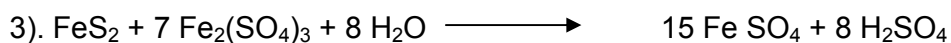
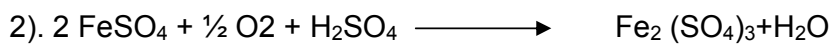
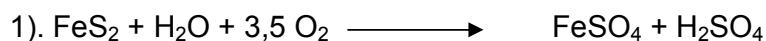
Gambar 6. Skematisasi jaringan tata air di Delta Telang I

Sistem ini bekerja berdasarkan konsep aliran satu arah (*one way flow sistem*) dimana air pasang masuk melalui saluran Primer dan terus ke Sekunder pemberi (SPD), dan masuk ke tersier pemberi yang akhirnya mengairi lahan usaha tani. Pada kondisi air berlebih (musim hujan) air dari lahan akan keluar melalui tersier pembuangan dan terus menuju sekunder pembuang (SDU) yang selanjutnya menuju ke saluran primer. Konsep ini akan berjalan dengan baik bila sistem tata air dilengkapi dengan pintu pengendali (Bakri, 1999; Imanudin *et al.*, 2002)

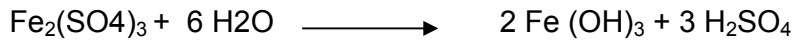
C. Proses Oksidasi Reduksi Lapisan Pirit pada Tanah Sulfat Masam dalam hubungannya dengan Status Air di Lahan

Tanah sulfat masam potensial mengandung pirit yang bila terbuka ke udara akan mengalami peruses oksidasi, membentuk asam sulfat dan oksidasi besi sehingga tanah dapat digunakan untuk kegiatan pertanian. Tanah sulfat masam mempunyai pH rendah, kandungan yang bersifat toksis seperti H⁺, Al, Fe (III) dan Mn yang tinggi. Keadaan ini diikuti dengan P tersedia dan kejenuhan basa yang rendah serta kekahatan hara lainnya (Andriessa, dan Sukardi, 1990, dalam Marsi *et al.*, 2002).

Mineral pirit (FeS₂) terbentuk dalam jumlah yang relatif banyak di dalam lumpur-lumpur daerah yang dipengaruhi pasang surut dan intrusi air laut. Terbentuknya mineral pirit ini dimungkinkan karena vegetasi mangrove menyediakan dan menghasilkan bahan organik dan air laut menyediakan sulfat dan kation-kation. Reaksi oksidasi pirit menurut Boyd, (1982) adalah sebagai berikut:



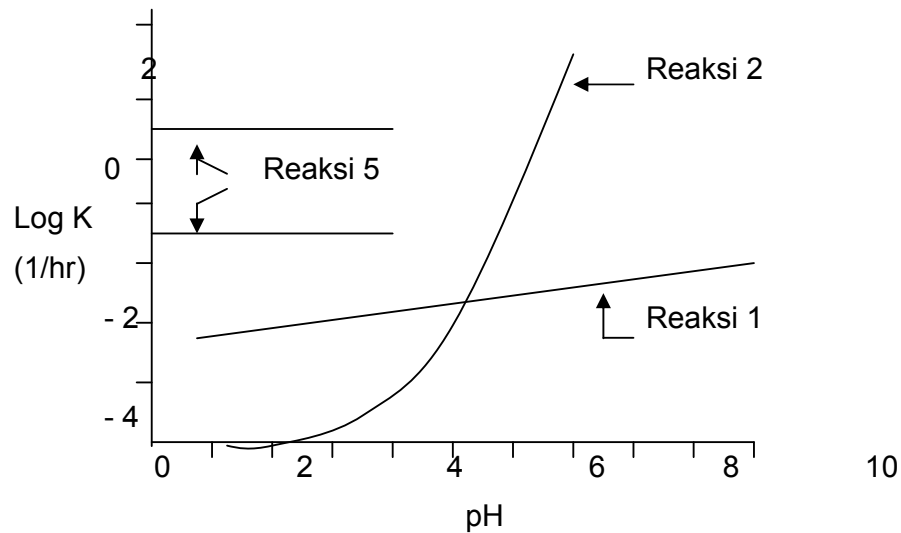
Produksi Ferri Sulfat dari fero sulfat sangat besar karena proses pembentukannya dipercepat oleh aktivitas bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* (No2) dan pada kondisi yang masam reaksi pirit dengan ferri sulfat (No 3) berlangsung sangat cepat. Ferri sulfat juga dapat terhidrolisis sehingga menambah kemasaman seperti diperlihatkan reaksi sebagai berikut:



Asam sulfat akan melarutkan sejumlah besar logam-logam berat antara lain Al, Mn, Zn, dan Cu. Dengan demikian aliran permukaan (run off) atau air rembesan (seepage) dari galian tanah berpirit mencapai kemasaman yang sangat tinggi dan berisi ion-ion yang berpotensi dengan racun.

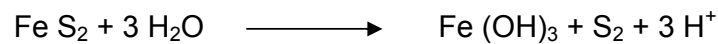
Tanaman pangan secara umum akan tumbuh dengan normal bila pirit tidak teroksidasi. Apabila pirit telah teroksidasi maka pertumbuhan tanaman akan terganggu karena pH tanah, Ca, Mg dan P tersedia yang sangat rendah, serta ion Fe, Al, Mn tersedia berlebihan (Marsi, 2002)

Oksidasi pirit dapat dihindari dengan menekan jumlah oksigen tersedia dalam tanah dan populasi mikroorganisma pengoksidasi pirit (Ivarson *et al.*, 1982). Kandungan oksigen dalam tanah dapat ditekan dengan mengatur tinggi muka air tanah karena kecepatan difusi oksigen dalam tanah yang tergenang 10.000 kali lebih lambat dari kecepatan difusi oksigen dalam tanah dengan kadar air kapasitas lapang. Pada tanah-tanah yang mengandung oksigen sangat rendah maka populasi *T. ferrooxidans* akan sangat tertekan. Sedangkan pada kondisi ini populasi bakteri *Desulfovibrio desulfuricans* (bakteri pereduksi sulfat) akan meningkat dengan pesat (Ivarson *et al.*, 1982). Dengan demikian pada suasana tanah tereduksi, pirit akan tetap stabil.



Gambar 7. Perbandingan kecepatan reaksi oksidasi pirit oleh oksigen (reaksi 1), oksidasi Fe^{2+} oleh oksigen (reaksi 2) dan Oksidasi pirit oleh Fe^{3+} (reaksi 5) (Nordstrom, 1982)

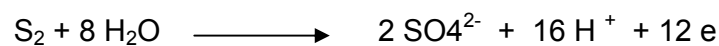
Menurut Widjaja-Adhi (1986), di dalam Lumpur yang anaerob, pirit tidak membahayakan karena stabil, tetapi bila Lumpur itu mengering, maka potensial redok (Eh) dan pirit tidak lagi stabil. Pirit diubah menjadi asam sulfat oleh bakteri *Thiobacillus thiooxidans*. Pada keadaan agak masam sampai netral terjadi reaksi:



Ferri hidroksida yang terjadi dicirikan oleh warna coklat dan terlihat pada bahan galian baru dari lapisan yang mengandung pirit. Dalam keadaan masam (pH kurang dari 3) pirit berdisosiasi menjadi ion ferro dan sulfur.



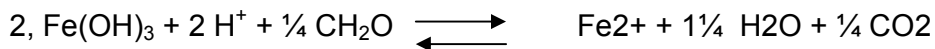
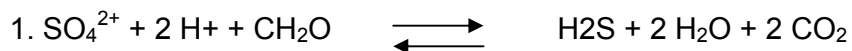
Sulfur yang dilepas dari reaksi diatas oleh bakteri *T.Thiooxidans* dirubah menjadi asam sulfat.



Ion H^+ yang terbentuk cukup banyak ketika pirit terkena udara. Penurunan pH dihalangi oleh tanah itu sendiri melalui beberapa cara yaitu : 1) pembentukan jarosit, 2) penetralan oleh hasio disosiasi beberapa mineral hijau seperti khlorit, chamosit dan glauconit, 3) reaksi pertukaran dengan kation pada kompleks adsorpsi dan 4) penetralan bahan kapur seperti kulit kering.

Selanjutnya ion Fe^{2+} , H^+ dan SO_4^{2-} yang dihasilkan selama oksidasi pirit biasanya mengalami berbagai reaksi lanjut didalam tanah. Fe^{2+} dioksidasi menjadi Fe^{3+} yang akan mengendap sebagai jarosit, goethite atau amorphus feri oksida. Sejumlah besar sulfat dihasilkan selama pembentukan pirit tetapi tetap tinggal dalam larutan tanah melalui pencucian dan difusi kepermukaan air. Sulfat yang tersisa sebagian mengandung jarosit atau sebagai Al-sulfat ($AlOHSO_4$) dan sebagian diadosorpsi terutama oleh ferri oksida.

Penggenangan akan mengurangi kemasaman, membuat tanah menjadi anaerob, serta memudahkan penguraian ulang bahan organik, reduksi besi III, sulfat dan oksidasi lainnya oleh bakteri anaerob.



Dalam kondisi anaerob (tergenang) asam sulfat dapat direduksi lagi menjadi sulfida oleh bakteri *Desulfobirio Sp*, yang mungkin sementara terikat sebagai FeS . Pada tanah sulfat masam yang sangat muda dimana masih mendapat pengaruh pasang surut air laut, sulfida mungkin kembali membentuk pirit.

Dalam dinamika reaksi oksidasi firit di lahan sulfat masam khususnya daerah yang mengalami penurunan muka air tanah sampai batas lapisan firit adalah dibagi tiga fase. Fase pertama adalah oksidasi firit selama periode kering (musim kemarau), Fase ke dua adalah kondisi dimana sebagian oksidasi dan kadang-kadang tereduksi. Kondisi ini terjadi awal musim penghujan. Dan fase ke tiga adalah kondisi reduksi terjadi selama musim penghujan dimana lahan tergenang. Pada fase pertama terjadi di musim kemarau, muka air tanah turun sampai batas lapisan firit, dan pH menurun sampai dibawah 4. Pada akhir musim kemarau pH biasanya turun dibawah 4 dan pada kondisi ini kelarutan Aluminium paling tinggi (mencapai puncak). Fase kedua adalah di awal musim hujan. Hujan pertama biasanya membuat tanah berada pada kondisi jenuh dan unsur-unsur beracun bergerak ke permukaan tanah. Kondisi ini membuat proses reduksi mulai berjalan meskipun masih sementara, karena hujan yang masih jarang bisa membuat kondisi tanah kembali kering dan proses oksidasi kembali terjadi. Oleh karena itu pada periode ini petani tidak boleh melakukan penanaman. Untuk di kasus di Indonesia periode pancaroba ini terjadi pada bulan (September-Oktober). pada saat hujan kembali datang maka tanah menjadi jenuh dan tergenang, melalui aliran permukaan proses pencucian kemasaman dan senyawa beracun mulai berlangsung. Dengan demikian konsentrasi Al, Fe terus menurun. Fase ke tiga adalah permenan reduksi ini terjadi pada saat lahan mulai tergenang dan curah hujan relatif stabil. Kualitas lahan mulai membaik, biasanya pH tanah mendekati netral, konsentrasi Al dan Fe menurun dan sudah berada pada kondisi dibawah ambang toleransi tanaman, Pada masa ini kegiatan penanaman mulai bisa dilakukan.

D. Komputer Model dalam Mengevaluasi Kinerja Jaringan Tata Air dan Merancang Sistem Operasi Pengendalian Muka Air.

1. Duflow Model

Pengolahan data dinamika air di saluran untuk melihat kinerja sistem tata air dilakukan dengan bantuan komputer model DUFLOW (IHE, 2002). DUFLOW adalah model hidrologi yaitu suatu model hidrodinamik satu dimensi dengan menggunakan persamaan dasar momentum [1] dan kontinuitas [2].

$$\frac{\partial A_t}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - qt = 0 \quad [1]$$

$$\frac{\partial O}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \frac{(\partial z + sf)}{\partial x} = 0 \quad [2]$$

dimana A_t adalah luas penampang aliran (m^2), S adalah kapasitas tampung saluran, $Q(x,t)$ adalah debit saluran (m^3/det); qt adalah lateral inflow per unit panjang (m^2/det), v adalah kecepatan ($m/detik$), sf adalah hambatan kemiringan permukaan air, x adalah jarak, dan t adalah waktu.

Aliran pada saluran di daerah rawa pasang surut adalah aliran berubah lambat laun (unsteady gradually varied flow), dimana debit, kecepatan dan elevasi muka air berubah-ubah menurut waktu dan ruang. Sebenarnya aliran yang terjadi dari aliran tiga dimensi dan kadang-kadang berlapis (stratified flow) sebagai percampuran yang tidak merata ataupun akibat pengaruh konsentrasi sedimen layang. Namun demikian aliran yang terjadi umumnya lebih dominan dalam arah saluran, kecuali di daerah dekat tungkungan, dimana pengaruh aliran sekunder yang lurus saluran cukup dominan. dalam kajian ini aliran dianggap dominan dalam satu arah yaitu dalam arah saluran, sehingga kajian tentang perilaku aliran di saluran dengan menggunakan model satu dimensi masih dapat dibenarkan. Beberapa faktor yang harus diketahui dalam model DUFLOW disajikan sebagai berikut:

- **Persamaan Pengatur**

Persamaan pengatur yang digunakan adalah persamaan aliran satu dimensi pada sungai atau sering dikenal sebagai persamaan St Vennat, yang terdiri dari :

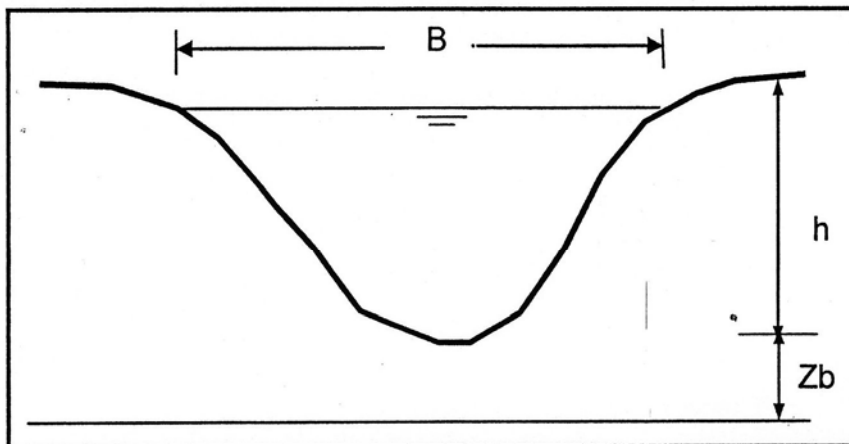
Persamaan St Vennat, yang terdiri dari :

Persamaan Konstinuitas :

$$B \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (3)$$

dimana :

- B = Lebar atas penampang basah (lihat gambar)
- η = elevasi muka air terhadap bidang acuan
- Q = debit aliran
- q = aliran limpasan permukaan (overland flow)



Gambar Penampang Saluran

Persamaan momentum :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\beta \frac{Q^2}{A} \right] + gA \frac{\partial \pi}{\partial x} + gA \frac{QQ}{AC^2R} = (2)$$

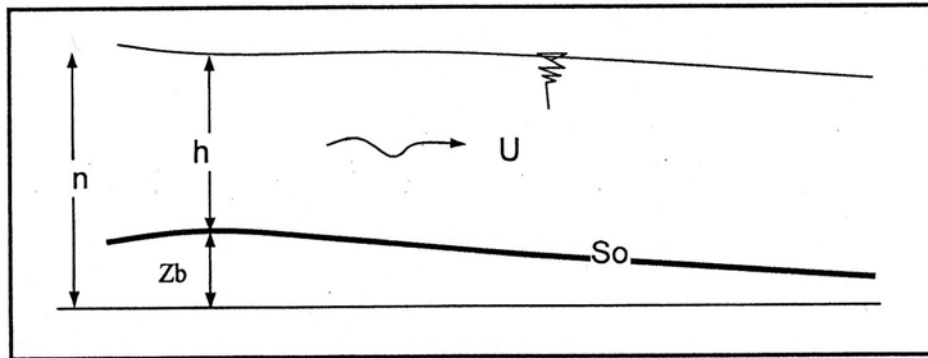
dimana :

- β = koefisien momentum
- A = luas penampang basah
- G = percepatan gravitasi

R = jari-jari hidraulik aliran

C = koefisien Chezy

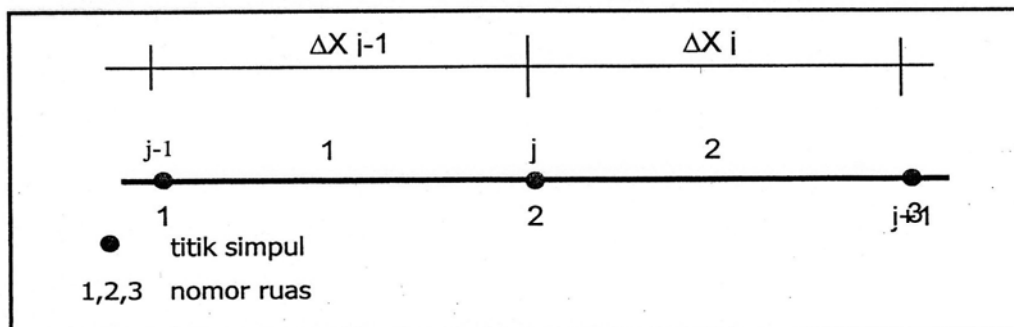
Hubungan antara elevasi muka air dan kedalaman air diberikan pada gambar . di bawah ini :



Gambar Hubungan antara kedalaman air dan elevasi muka air terhadap bidang acuan

- **Model Numerik dan Pengepungan Persamaan Pengatur**

Paket program DUFLOW adalah suatu model numerik yang memecahkan persamaan kontinuitas dan momentum dengan menggunakan cara selisih hingga menurut pembangunan Preissman Perhitungan dengan model DUFLOW ini dilakukan dengan membagi panjang saluran L kedalam beberapa ruas (section) dengan panjang ruas bisa tidak sama) dan ruas – ruas ini dibatasi oleh titik simpul (node), seperti dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Selanjutnya harga parameter muka air , π dan debit Q, dihitung pada tiap titik node. Namun, dalam program DUFLOW, hasil perhitungan muka air diberikan pada titik simpul, sedang perhitungan muka air diberikan pada titik simpul, sedang perhitungan debit diberikan di tengah ruas.



Gambar Definisi ruas (section) dan simpul (node) pada program DUFLOW

Perhitungan parameter η dan Q dilakukan dengan melakukan pengepungan persamaan kontinuitas dan momentum pada titik node. Pengepungan persamaan kontinuitas memberikan persamaan selisih hingga sebagai berikut :

$$B_{j+1/2}^{n+1} \frac{n_j^{n+1} - n_j^n}{\Delta t} + \frac{Q_{j+1}^n - Q_j^n}{\Delta x_j} = q_j^{(n+\theta)} \quad (4)$$

dan pengepungan persamaan momentum memberikan persamaan selisih hingga berikut :

$$\frac{B_{j+1/2}^{n+1} - Q_{j+1/2}^{n+1}}{\Delta t} + \frac{\beta \left(\frac{Q_{j+1/2}^{n+1}}{A_{j+1}^*} Q_{j+1}^{n+1} - \frac{Q_j^n}{A_j^*} Q_j^{n+1} \right)}{2 \Delta x_j} \quad (4)$$

dimana :

- Δt = selang waktu
- Δx = jarak antara titik kisi
- θ = koefisien pemberat yang harganya antara 0,5 dan 1
- n = superscript untuk menunjukkan harga parameter η dan Q pada waktu $t = n \Delta t$
- $n+1$ = superscript untuk menunjukkan harga parameter η dan Q waktu $t = (n+1) \Delta t$
- j = subscript untuk lokasi titik kisi

Tanda bintang * (seperti A_j^*) pada persamaan diatas menyatakan bahwa nilai ini didekati pada saat waktu $t^{n+\theta}$ dan harganya ditentukan dengan cara iterasi. Misalnya pendekatan awal dari A adalah :

$$A^* = n^n \text{ yang kemudian disesuaikan pada iterasi berikutnya :}$$

$$A^* = (A^n + A^{n+1,*}) / 2$$

dimana $A^{n+1,*}$ adalah harga baru untuk B^{n+1} . Akhirnya dengan menyusun kembali persamaan (3) dan (4) untuk setiap node akan memberikan sistem persamaan dalam Q dan η sebagai berikut :

$$Q_j^{n+1} - N_{11}r_j^{n+1} + N_{12}Q_{j+1}^{n+1} = N_{13} \quad (5)$$

$$Q_{j+1}^{n+1} - N_{12}r_j^{n+1} + N_{22}Q_{j+1}^{n+1} = N_{23} \quad (6)$$

Tata Persamaan kedua diatas adalah nonlinear, karena koefisien N_{1j} . Bergantung pada nilai parameter Q dan η pada waktu $(n+\theta)\Delta t$.

Penyelesaian non-linear ini dapat dilakukan dengan cara iterasi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada tahap pertama, penyelesaian (5) dan (6) dilakukan dengan menghitung koefisien N_j berdasarkan nilai kisaran pada tahap pertama ini dipakai untuk menghitung kisaran pada tahap waktu Δt .

Kisaran yang didapat dari hasil penyelesaian tahap pertama ini dipakai untuk menghitung kisaran pada tahap waktu $(n+\theta)\Delta t$ dengan cara interpolasi linear. Selanjutnya kita selesaikan (5) dan (6) lagi dengan menghitung koefisien N_j berdasarkan harga kisaran hasil interpolasi. Perhitungan diakhiri jika telah konvergen.

Sistem persamaan (5) dan (6) dapat diselesaikan secara efisien dan akurat dengan menggunakan cara sapuan ganda (double sweep method), asalkan syarat-syarat batas dan kondisi awal di berikan. Syarat-syarat batas yang diperlukan adalah harga parameter η atau Q diujung-ujung saluran, misalnya ayunan pasang surut atau curva debit. Untuk saluran bercabang, pengepungan seperti pada persamaan (3) dan (4) masih berlaku, namun dengan sedikit trik agar diperoleh sistem persamaan yang diperoleh dapat diselesaikan dengan cara sapuan ganda.

Pengepungan dengan cara Preissmann adalah implisit, sehingga tidak ada batasan selang waktu, $n\Delta t$, yang diperlukan untuk kemantapan perhitungan. Namun, untuk mendapatkan hasil yang akurat, pemilihan besarnya selang waktu perhitungan Δt tidak boleh terlalu besar.

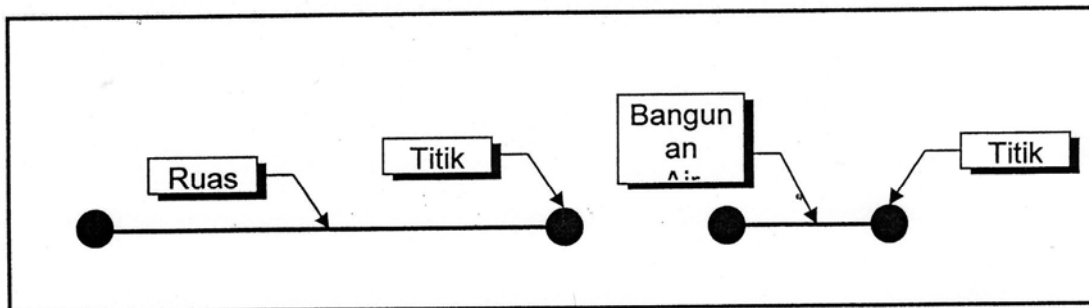
Dengan diketahuinya dimensi penampang, kemiringan saluran, kondisi awal dan syarat batas di ujung-ujung saluran, maka harga parameter-parameter aliran η , Q , V , A dan h pada lokasi dan waktu tertentu dapat dihitung.

- **Data Masukan**

Program DUFLOW digunakan untuk mendapatkan perilaku hidrolis aliran tak langgeng. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi dengan program DUFLOW akan diuraikan berikut ini.

- **Skema Model Jaringan**

Pada DUFLOW, skema jaringan saluran (*network*) berikut komponennya ditunjukkan dalam skema yang terdiri dari titik nodal (*node*), ruas (*section*), dan bangunan (*structure*). Di tempat yang telah disediakan dimasukkan data ruas yang menghubungkan dua titik.



Gambar Komponen skema tataletak jaringan irigasi

Prosedur penentuan titik pada skema model adalah sebagai berikut:

- **Titik**

Data-data untuk masing-masing titik (*node*) dimasukkan berupa koordinat dan luas daerah tangkapan air. Untuk main Sytem luas daerah tangkapan air disatu titik dianggap sama dengan nol, sedang untuk saluran kolektor dan saluran sekunder luas tangkapan area dihitung dengan mengetahui luas area yang mungkin mengalirkan air hujan ke titik tersebut.

- **Ruas**

Untuk masing-masing ruas (*section*) diperlukan informasi mengenai elevasi di bagian awal (*begin*) dan akhir (*end*) ruas serta koefisien kekasaran (*manning* atau *Chezy*). Koefisien kekasaran yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah koefisien kekasaran *manning*.

Untuk main system, koefisien kekasaran didapat dari kalibrasi sedang untuk saluran kolektor dan sekunder, koefisien kekasaran bekisar antara 35 samapai 40, tergantung dari jenis saluran yang digunakan.

- **Penampang**

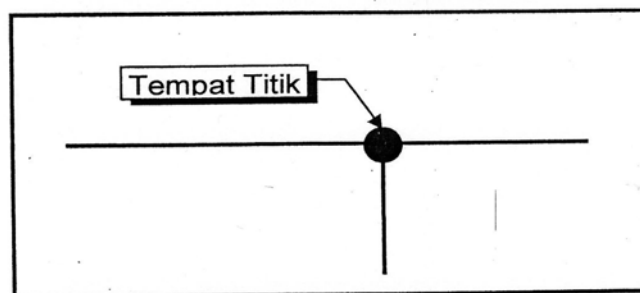
Berisi informasi mengenai penampang saluran (Cross section) di bagian awal dan akhir ruas berupa flow width dan storage width untuk setiap kedalaman yang dianggap perlu Penampang saluran yang digunakan sebagai masukan adalah penampang saluran di setiap titik yang ada di dalam sistem perhitungan.

- **Bangunan**

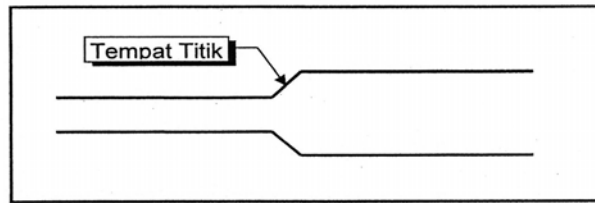
Tipe bangunan air (*Structure*) yang dapat disimulasi DUFLOW adalah :

1. Overflow
Dapat digunakan sebagai bangunan pelimpah atau pintu skot balok
2. Underflow
Dapat digunakan sebagai pintu sorong
3. Culvert
Dapat digunakan saluran penyeberangan air
4. Siphon
Dapat digunakan sebagai sebuah pipa untuk penyeberangan air
5. Pump Dapat digunakan sebagai pompa air

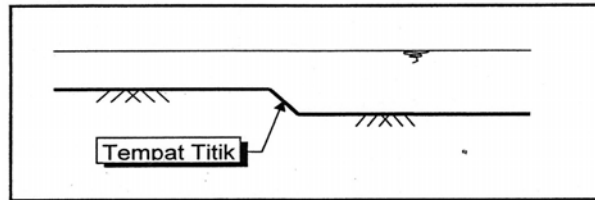
1. Titik ditempatkan pada setiap pertemuan saluran



2. Titik ditempatkan pada perubahan penampang saluran



3. Titik ditempatkan pada perubahan elevasi dasar saluran yang besar.



Pada pekerjaan ini struktur yang digunakan adalah pintu sorong (*underflow*) dan pellmpah (*overflow*). Salah satu tujuan pekerjaan simulasi dengan DUFLOW ini adalah untuk mengetahui apakah struktur-struktur yang terdapat pada setiap blok dapat membuang genangan air akibat hujan selama tiga hari di blok tersebut.

Informasi yang dibutuhkan untuk masing-masing jenis struktur ini dapat dengan mudah diketahui pada waktu menjalankan program.

- **Kondisi batas**

Kondisi batas (*Boundary Condition*) berguna untuk mengontrol perhitungan sehingga dapat lebih mendekati keadaan yang sebenarnya. Kondisi batas tersebut dapat dianggap mewakili keadaan alam yang sebenarnya, sehingga apabila ada pengaruh-pengaruh luar yang luput dari perhitungan dapat diwakili oleh kondisi tersebut. Kondisi batas yang digunakan dapat berupa kecepatan, debit, atau level muka air. Untuk pekerjaan ini, kondisi batas digunakan hanya level muka air yang didapat dari pengukuran pasang surut yang dilakukan di lokasi pengamatan seperti ditunjukkan pada level muka air tersebut dibuat membentuk deret Fourier.

Lama pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 hari. Pengamatan pasang surut dilakukan pada saat Neap dan Spring (masing-masing selama 24 jam). Untuk masukan DUFLOW dilakukan ekstrapolasi terhadap data-data

pengamatan tersebut, kemudian data tersebut dirata-ratakan sehingga diperoleh data pengamatan untuk 3 hari.

Data akhir yang dimasukkan sebagai syarat batas didalam model matematik tersebut adalah data pengamatan selama 15 (lima belas) hari tersebut.

Untuk perhitungan masing-masing blok ditambahkan kondisi batas yaitu berupa debit yang didapat dan debit akibat curah hujan di masing-masing blok kemudian dibagi jumlah titik di dalam satu blok.

Kondisi batas tersebut dibuat untuk masing-masing titik di blok tersebut. Jadi jumlah kondisi batas untuk satu blok adalah sebanyak jumlah titik (node) di dalam blok tersebut ditambah dengan beberapa titik dan main system. Debit tambahan tersebut juga dibuat membentuk deret Fourier.

- **Kondisi Awal**

Untuk memulai perhitungan pada model matematik tersebut dibutuhkan kondisi awal (initial condition), dimana nilainya dapat berupa data H (tinggi muka air) dan Q (debit). Didalam pemodelan, kondisi awal yang digunakan adalah nilai H yang diambil sejajar lahan rata-rata pada masing-masing blok. Elevasi lahan rata-rata diperoleh dan “Grafik Elevasi vs. Frekuensi Kumulatif” dengan menarik garis pada nilai frekuensi kumulatif sebesar 50 %. Kondisi awal tersebut dimasukkan untuk semua titik dalam sistem yang akan dihitung.

- **Analisis Keandalan Jaringan**

Dari *Out Put* Pemodelan akan diperoleh parameter-parameter seperti luas penampang (area), kecepatan (velocity), ketinggian muka air, sebagai *bank full* atau kapasitas saluran saat ini yang akan dianalisis lebih lanjut untuk keandalan jaringan sebagai suplai dan drainase.

Analisis ini dilakukan untuk menilai kemampuan kapasitas alur saluran kondisi saat ini sebagai tahanan (*resistance*) yang akan di uji keandalannya

terhadap beban (*load*) yang diterima dalam hal ini adalah muka air pasang dan aliran permukaan dari curah hujan sesuai dengan periode ulang tertentu

2. Model DRAINMOD

Simulasi komputer untuk mengevaluasi status air di petak tersier akibat rancangan tata air mikro dilakukan dengan menggunakan model DRAINMOD. DRAINMOD adalah model simulasi komputer yang dikembangkan di North Carolina State University pada pertengahan tahun 1970-an (Skaggs, 1978, 1980). Model DRAINMOD didasarkan pada konsep keseimbangan air di dalam profil tanah dan menggunakan data klimatologi untuk simulasi kinerja drainase dan sistem pengendalian muka air tanah. Model tersebut dikembangkan secara khusus untuk muka air tanah pada lapisan tanah dangkal. Metode prakiraan digunakan untuk mengukur komponen-komponen hidrologi seperti drainase bawah permukaan, subirigasi, infiltrasi, evapotranspirasi, dan limpasan permukaan. Sebagai contoh, persamaan yang dikembangkan oleh Hooghoudt (Luthin, 1978), Kirkham (1957), dan Ernst (1975) digunakan untuk menghitung laju drainase dan subirigasi, sedangkan laju infiltrasi diprediksi dengan persamaan Green dan Ampt (1911). Metode numerik yang kompleks dihindari dengan menganggap bahwa saluran dalam keadaan kesetimbangan selama distribusi air tanah di atas muka air tanah.

Input model DRAINMOD meliputi sifat-sifat tanah, data cuaca, peubah hasil panen, dan parameter tempat. Input sifat tanah meliputi konduktivitas hidrolik jenuh (karena lapisan), hubungan antara volume drainase dan kedalaman muka air tanah, serta informasi mengenai perubahan naiknya muka

air tanah. Kedalaman efektif zona perakaran sebagai fungsi waktu juga merupakan input model DRAINMOD.

Curah hujan tiap jam serta suhu maksimum dan minimum harian dibaca dari data cuaca dan keseimbangan air yang dikonduksikan pada setiap jam. Ringkasan prediksi model untuk komponen-komponen hidrologi seperti curah hujan, infiltrasi, drainase, ET, dan lain-lain diperoleh secara harian, bulanan, atau setiap tahun. Kinerja dari rancangan sistem yang diberikan atau alternatif pengelolaan memungkinkan untuk disimulasikan dari data klimatologi pada periode yang panjang, katakanlah 20 sampai 40 tahun untuk memperhatikan pengaruh dari tahun ke tahun dan variabilitas menurut musim. Pengaruh dari rancangan sistem pengelolaan air terhadap hasil juga dievaluasi. Metode indeks stress (Hiler, 1969) digunakan untuk menghitung respon hasil pada kondisi berlebihan dan kekurangan air tanah (Hardjoamidjojo dan Skaggs, 1982). Menggunakan komponen-komponen hasil adalah sebuah pilihan dan dapat dihilangkan jika diinginkan.

Simulasi komputer model DRAINMOD terdiri dari model simulasi DRAINMOD dan sejumlah program pendukung. Direktori DRAINMOD dibagi ke dalam beberapa subdirektori, yaitu:

1. *Models* - subdirektori yang berisi file yang dapat dieksekusi dan program-program pendukung yang lain;
2. *Inputs* - subdirektori yang berisi file input umum untuk simulasi;
3. *Outputs* - subdirektori yang berisi file output;
4. *Weather* - subdirektori yang berisi file input cuaca;
5. *Crops* - subdirektori yang berisi file input tanaman; dan

6. *Soils* - subdirektori yang berisi file input tanah.

E. Kebutuhan Air untuk Tanaman

1. Kebutuhan Air Tanaman Padi

Kebutuhan air tanaman adalah jumlah air yang diperlukan oleh tanaman untuk keperluan evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah kebutuhan air untuk penguapan dari permukaan tanaman, sementara transpirasi adalah air yang keluar melalui jaringan tanaman. Kedua proses ini berjalan bersamaan dan dikenal dengan evapotranspirasi. Analisis kebutuhan air dipengaruhi oleh jenis tanaman, kondisi tanah dan iklim setempat. Faktor-faktor ini dikenal dengan agropedoklimatik (Imanudin, dan Tambas, 2002)

Kebutuhan air tanaman umumnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan keseimbangan air sbb (Surjadi, 1996) adalah:

$$CWR = k * ET + \text{Pengolahan tanah} + \text{Perkolasi/pencucian} \quad [11]$$

Dimana :

CWR = kebutuhan air tanaman

k = faktor tanaman, tergantung jenis dan tahap pertumbuhan tanaman

ET = referensi evapotranspirasi

Pengolahan tanah = jumlah air yang dibutuhkan pada awal musim tanam untuk pengolahan tanah, biasanya sekitar 150 mm untuk padi musim hujan dan 50 mm untuk palawija

Perkolasi/pencucian = perkolasi dibawah zona perakaran untuk tanaman padi ditaksir sebesar 3 mm/hari. Bilamana ada keperluan

untuk pencucian asam dan racun tanah, the International Rice Research Institute (IRRI) merekomendasikan sebesar 8 mm/hari .

Kebutuhan air irigasi netto dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$IRR_{net} = CWR - R_{eff} \quad [12]$$

Dimana :

IRR_{net} = kebutuhan air irigasi netto

R_{eff} = curah hujan efektif

Untuk penentuan kebutuhan air total bagi keseluruhan areal, maka penguapan dari tanah yang tidak ditanami juga harus diperhitungkan.

2. Pengelolaan air di Petak Tersier

Pengelolaan air yang tepat untuk lahan – lahan sumber daya alam pasang surut sangat dianjurkan untuk itu hendaklah para petani membangun saluran – saluran kuarter tambahan di antara saluran – saluran tersier, dengan jarak antara 50 sampai 100 m, tergantung pada kondisi setempat dan tanaman yang akan ditanam. Oleh karena itu pengelolaan air dapat dilakukan pada dua tingkat yaitu :

- (i) Ditingkat tersier dengan cara membuka atau menutup pintu tersier
- (ii) Ditingkat sawah dengan cara mengatur aliran air antara sawah dan saluran kuarter atau saluran tersier.

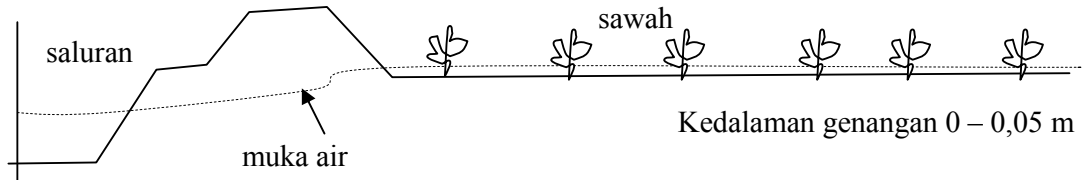
Pada umumnya, jenis – jenis pengelolaan air berikut ini dapat diterapkan untuk budidaya padi di daerah pasang surut.

- (a) Penahan air

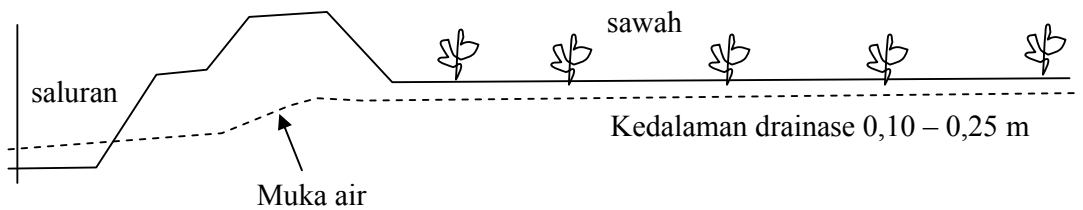
- (b) Drainase dan pelindihan (pencucian tanah)
- (c) Irigasi pasang surut
- (d) Irigasi pompa.

Agar lebih jelas hal hal tersebut akan diuraikan lebih lanjut sebagai berikut :
 Jenis – jenis Pengelolaan Air

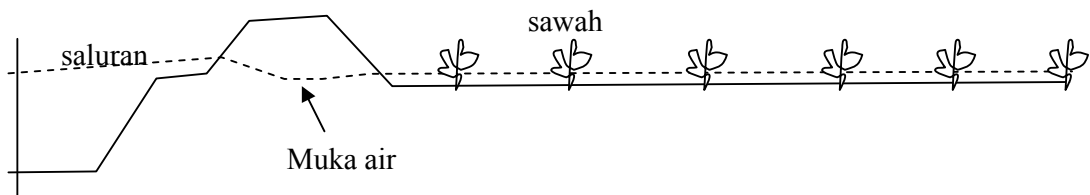
a. Penahanan air



b. Drainase biasa / pelindihan



c. Irigasi Pasang Surut



Gambar 8. Jenis pengelolaan air di Petak tersier

Biasanya, lapisan air di persawahan baik untuk menekan tumbuhnya rumput liar, dan untuk memastikan bahwa tanaman padi selalu cukup airnya adalah irigasi. Tanpa irigasi satu – satunya sumber air hanyalah air hujan. Penampungan air hujan membutuhkan sawah yang datar, pematang sawah tertutup, dan muka air yang tinggi pada saluran tersier (pintu – pintu air ditutup) unuk mencegah banyaknya air rembesan yang hilang dari sawah.

Masalah – masalah yang dapat timbul pada acara penampungan air di beberapa daerah rawa pasang surut adalah antara lain timbulnya zat – zat beracun di dalam tanah pada air yang tergenang tanpa adanya udara (anaerobic), serta keasaman akibat dari oksidasi tanah pirit yang tidak dapat dihilangkan. Dalam keadaan ini, penampungan air mungkin bukan merupakan pilihan yang terbaik, drainase dan pelindihan (pencucian tanah) harus dilakukan.

- **Pelindihan/Pencucuan**

Drainase diperlukan pada saat (1) setelah turun lebat, (2) sebelum dilakukan pemupukan, (3) saat kualitas tanah dan air memburuk. Drainase memerlukan saluran – saluran kuarter (kedalaman 70 cm, dengan jarak antara 50 – 100 m), pipa – pipa kecil melalui pematang sawah, dan muka air yang rendah di saluran. Pelindihan (pencucian tanah) dilakukan dengan merembeskan air hujan melalui tanah menuju ke saluran saluran.

Untuk mencegah akumulasi zat zat beracun pada tanah di daerah rawa pasang surut dengan memberi bahan – bahan yang mengandung bahan organik tinggi. Masalah drainase menjadi lebih penting dari pada penampungan air. Ini berarti bahwa pertumbuhan padi di musim tanam pada sawah kering dengan menggunakan air tanah memerlukan elevasi muka air tanah yang berada beberapa m di bawah permukaan tanah. Penelitian yang mendalam di Sumatera Selatan menunjukkan bahwa cara tersebut merupakan alternatif yang sesuai, kalau tidak hasil panen akan berkurang karena kondisi tanah/air disawah kurang baik (Eelart, 1997).

Drainase yang terlalu dalam harus dihindari, hal tersebut bukan hanya berpengaruh terhadap tanaman , namun juga membawa resiko akan terjadinya

oksidasi pirit dibawah tanah. Oleh karena itu, muka air pada saluran harus dijaga pada tingkat tertentu dibawah permukaan tanah, tergantung pada curah hujan dan kedalaman pirit, (dangkal, atau pengaturan drainase).

- **Irigasi Pasang Surut.**

Penyaluran air dengan kualitas yang baik secara teratur bukan hanya baik bagi tanaman padi, namun juga dapat meningkatkan kondisi tanah/ air. Oksidasi pirit, sebagaimana air yang tergenang, sebaiknya dicegah, dan unsur – unsur racun yang sudah ada pada dilindih dari tanah pada waktu air surut. Karena daya tembus air yang tinggi pada kebanyakan daerah pasang surut, maka kerugian – kerugian akibat terlalu banyaknya curah hujan selama beberapa jam per hari, maka kebutuhan air yang banyang berakibat kelebihan genangan air harus dibuang dari sawah dalam waktu singkat. Hal ini memerlukan saluran – saluran primer dan sekunder yang besar, serta sistem saluran tersier dan kuarter yang rapat. Saluran – saluran dangkal di dalam sawah akan membantu menyebarkan air dengan cepat.

- **Irigasi Pompa**

Bila irigasi pasang surut tidak memungkinkan, maka irigasi pompa dapat membantu mengatasinya pada waktu musim kemarau. Namun kwantitas air tentu saja lebih kecil dibandingkan dengan air yang masuk dan keluar pada irigasi pasang surut.

Dikarenakan hal tersebut dan kecenderungan para petani untuk menghemat biaya pemakaian pompa dengan menahan sebanyak mungkin air sawah, maka resikonya akan sama saja dengan membuat kondisi air tergenang seperti disebutkan pada bagian (a) diatas. Sekali lagi, tergantung pada kondisi tanah

dan air setempat, drainase dangkal mungkin sama pentingnya atau bahkan lebih penting dari pada penyaluran air.

Penyaluran air ke sawah yang jauh dari saluran tersier juga tidak mudah karena memerlukan aliran air baik dari salah satu sawah ke sawah lain (sulit, karena kurang curam), atau pemompaan dari saluran kuarter tidak selalu dapat, karena persediaan air di saluran kuarter mungkin tidak mencukupi, atau pembangunan saluran irigasi khusus (mahal, sering bertentangan dengan syarat – syarat untuk drainase dan transpor). Oleh karena itu akan lebih bijaksana apabila membatasi irigasi pompa ke sawah yang dekat dengan saluran tersier saja.

2. Pengelolaan Air untuk Palawija dan tanaman Perkebunan

Pengelolaan air untuk palawija dan tanaman perkebunan sebagian besar terfokus pada drainase. Lagi, saluran saluran kuarter yang berada diantara saluran tersier diperlukan untuk menurunkan muka air tanah. Untuk palawija, yang biasanya ditanam di musim kemarau setelah panen padi, sistem yang sama pada saluran kuarter untuk padi dapat digunakan (berjarak 100m). Untuk tanaman perkebunan, sistem yang penuh pada saluran kuarter mungkin dibutuhkan (berjarak 50 – 100 m), tergantung pada kondisi tanah.

Muka air pada saluran tersier/ kuarter harus tetap rendah, namun hal ini sendiri tidak dapat menjamin cukupnya drainase di daerah akar. Palawija, dalam beberapa kasus dapat tumbuh di tanah bedengan (sorjan) setinggi 30 – 50 cm berjarak sekitar 50 - 70 cm. Tanaman perkebunan memerlukan drainase yang lebih dalam daripada palawija, mungkin harus tumbuh dan berkembang di atas surjan atau gundukan keterbatasan pada areal dengan tanah asam sulfat

potensial adalah kedalaman pirit. Hal ini akan mengurangi kedalaman saluran yang diperkenankan, karena drainase di bawah kedalaman ini beresiko terjadinya oksidasi pirit dan berkembangnya zat-zat beracun di sawah. Pengaturan drainase diperlukan, sedangkan periode penahanan air hujan sedikit atau bahkan penyaluran air menjadi penting. Dengan tumbuhnya tanaman pada daerah surjan, maka kelebihan air hujan harus dimanfaatkan untuk mencuci perbukitan dan sorjan secara teratur. Pada kasus yang ekstrim, dibutuhkan penggunaan kapur.

3. Periode Bera

Selama periode bera saat tidak ada tanaman tumbuh, pembebasan unsur – unsur beracun dari tanah dapat dilakukan dengan cara drainase yang terus menerus (tetapi tidak dibawah lapisan pirit) dan akan lebih baik bila diikuti dengan pelindihan menggunakan air hujan atau air irigasi pasang surut. Periode bera sering bertepatan dengan musim kemarau, dan kemudian harus diikuti dengan pelindihan pada awal musim hujan.

Hal ini secara berangsur-angsur akan meningkatkan kedalaman lapisan asam sulfat potensial, yang mengakibatkan peningkatan kecocokan pertanian dalam jangka panjang. Drainase akan merangsang proses pematangan tanah. Hal ini meningkatkan kapasitas tanah dimana sangat penting untuk persiapan pengelolaan tanah secara mekanis ataupun pembajakan secara tradisional. Drainase juga meningkatkan oksidasi bahan-bahan organik yang diakibatkan oleh genangan air.

Di daerah gambut, masa-masa bera asing mengakibatkan terlalu banyak drainase (over drainase). Sebagaimana umumnya masa bera yang bertepatan

dengan masa puncak musim kemarau, maka mungkin sekali berakibat terjadinya oksidasi gambut dan turunnya muka tanah. Selama musim bera, Pengelolaan air sangat diperlukan untuk mempertahankan muka air tanah yang tinggi secara leluasa, serta untuk menghindari hilangnya bahan organik di lapisan atas tanah secara cepat.

4. Surjan

Pembangunan surjan melibatkan bagian bawah permukaan tanah untuk meningkatkan kemungkinan irigasi pasang surut bagi tanaman padi. Palawija atau tanaman perkebunan tumbuhan diatas sorjan. Penghambat utama dari sorjan adalah tingginya persyaratan tenaga kerja untuk pekerjaan konstruksinya. Pembangunan 1 (satu) ha sorjan memerlukan paling sedikit 650 hari kerja. Penghambat lainnya termasuk penurunan kedalaman drainase yang memungkinkan terjadinya lapisan lapisan asam sulfat potensial pada bagian bawah sorjan. Setelah beberapa tahun, bagian bawah sorjan akan sulit dikelola karena penurunan muka tanah dan kemudian akan ditinggalkan. Oleh karena itu disarankan untuk menggunakan sistem sorjan hanya setelah dipertimbangkan secara masak masak.

F. Konsep Zona Pengelolaan Air (ZPA)

Zona pengelolaan air ialah suatu rencana pemanfaatan unit lahan di daerah rawa pasang surut. Setiap zona/kawasan pengelolaan air meliputi suatu kawasan yang terletak dalam kendali suatu bangunan air pengendali dan letaknya di unit unit tersier, namun tidak menutup kemungkinan dapat direncanakan pada unit unit Sekunder (Suryadi, 1996)

Zona pengelolaan air sangat erat hubungannya dengan perencanaan tata guna lahan untuk persawahan atau perkebunan. Dalam setiap zona pengelolaan air hanya boleh ada satu saja rencana pengelolaan airnya. Rencana pengelolaan air terdiri dari instruksi untuk pengoperasian lahan rawa yang bersangkutan. Dengan demikian zona pengelolaan air dibuat dengan cara menggabungkan informasi unit lahan dengan pemilihan tanaman yang dikehendaki di kawasan tersebut.

Ada empat tipe pemanfaatan lahan yang sangat berpengaruh terhadap kesesuaian lahan untuk setiap lahan serta mempunyai pengaruh yang menentukan terhadap pengendalian air dan lahan/tanah yang dapat dipakai untuk menetapkan kesesuaian unit lahan ialah :

- Persawahan yang menggunakan pompa
- Tanaman keras, tanaman kebun (pohon pohon pekarangan)
- Padi atau palawija yang memanfaatkan tadah hujan.
- Padi yang memanfaatkan air suplesi pasang (berpotensi seperti lahan irigasi).

Untuk keperluan evaluasi lahan yaitu menentukan nilai potensial suatu lahan untuk tujuan tertentu dengan pemahaman tentang :

- Kemampuan lahan, yaitu potensi lahan atau kecocokan lahan -> untuk pertanian, tambak atau ternak.
- Kesesuaian lahan,sesuai peruntukan misalnya untuk padi sawah, palawija, tanaman keras.
- Kesesuaian lahan kuantitatif, ditentukan berdasarkan penilaian karakteristik kualitas lahan secara kuantitatif.

- Kesesuaian lahan kuantitatif, ditentukan berdasarkan kesesuaian pada tingkat kelas

Namun untuk penyusunan zona pengelolaan air pada penelitian ini akan ditentukan berdasarkan kesesuaian lahan secara kuantitatif, berdasarkan penilaian karakteristik kualitas lahan dan pengaruh luar seperti air pasang dan salinitas.

Untuk setiap zona pengelolaan air di buat bangunan air, saluran, dengan prosedur operasi dari bangunan airnya yang ditetapkan. Prosedur operasi ini disebut Rencana pengelolaan air. Jadi desain bangunan air dan saluran harus sedemikian hingga selalu dapat memenuhi rencana pengelolaan air tersebut.

Operasi harian dari jaringan reklamasi rawa ini untuk setiap zona pengelolaan air bagi padi akan tergantung kepada hal hal sebagai berikut :

- Zona pengelolaan air yang ditetapkan yang memperhitungkan perbedaan – perbedaan lokal.
- Tahap pertumbuhan dari tanaman padi
- Tahap dalam siklus pasang surut 14 hari
- Intrusi salinitas

Sedang operasi harian dari jaringan reklamasi rawa ini untuk setiap zona pengelolaan air bagi perkebunan akan tergantung kepada hal hal sebagai berikut

- Zona pengelolaan air yang ditetapkan yang memperhitungkan perbedaan – perbedaan lokal.
- Tahap dalam siklus pasang surut 14 hari
- Curah hujan yang terjadi dalam beberapa hari terakhir.

Tabel 1. Daftar operasi bangunan air dan saran pengelolaan tanah untuk tiap zona pengelolaan air sebagai berikut :

ZPA	Uraian Zona Pengelolaan Air	Tujuan utama dari operasi bangunan air dan saran pengelolaan tanahnya.
I	Tanah gambut perkebunan, kandungan abu total < 25%	Memelihara muka air tanah pada level 70 cm dibawah muka tanah dengan pengendalian drainase. Pengulangan pemberian air selama periode kering sering dimungkinkan dengan irigasi pasang surut. Penutupan tanah permanen.
II	Whitish, tanah dengan kesuburan rendah perkebunan KTK < 5 me/100 gr kejenuhan aluminium 50%	Mempertahankan level muka air minimum 100 cm dibawah level muka tanah dengan penendalian drainase. Perkebunan dibuat dengan meninggikan muka tanahnya dalam keadaan apapun.
III	Irigasi pasang surut, padi sawah, > 4 x terluapi per siklus pasang surut	Ketersediaan air maksimum pada saat air pasang maksimum. Untuk mendapatkan potensi ketersediaan air optimal diperlukan sistem saluran yang rapat dengan lebarnya yang besar.
IV	Irigasi pompa tanah piritik dan muck, padi sawah.	Ketersediaan air maksimum pada saat pasang maksimum dan saat pasang perbani selama pemompaan. Drainase yang terkendali sesudah tahap tumbuh tanaman yaitu dengan mempertahankan muka air tanah pada kedalaman 20 a 30 cm dibawah level muka tanah, yang berulang – ulang pada saat pengelolaan tanah untuk menghilangkan racun / asam
V	Irigasi pompa tanah non piritik padi sawah	Ketersediaan air maksimum pada saat pasang maksimum dan saat pasang perbani selama pemompaan, penahanan air dengan maksimum.
VI	Tanah – tanah piritik non piritik, much ³⁾ kedalaman drainase > 60 cm, perkebunan.	Mempertahankan muka air tanah pada level 60 cm dibawah muka tanah dengan pengendalian drainase.
VII	Tanah non piritik , padi tadah hujan KTK < 5 me/100 gr	Penahan air maksimum ; pembuangan kelebihan air hujan selama masa curah hujan tinggi. Puddling pada saat pengelolaan tanah.
VIII	Tanah – tanah piritik, muck, padi tadah hujan	Pengendalian drainase sesudah tahapan tumbuh tanaman dan/ atau ketika padi memperlihatkan keadaan stres fisiologik, ditandai warna kuning. Pembajakan dan puddling pada saat pengolahan tanah. Pembuangan maksimum selama pasang maksimum KTK > 15 m ~ cm ²⁾

Sumber : Eelart, (1997)

G. Beberapa studi yang relevan

Potensi irigasi pasang didaerah rawa pasang surut hanya bisa dijangkau pada batas 3 km dari sungai dan memiliki tofografi yang rendah. Pada daerah ini bisa cocok untuk tanaman padi sawah. Pada daerah di luar itu dimana irigasi pasang tidak bisa menjangkau maka padi sawah tidak cocok., kemungkinan lahan cocok untuk padi gogo, palawija dan bahkan tanaman keras.

Secara teknis ada tiga tingkatan pengelolaan air di daerah reklamasi ini yaitu tingkat makro (sungai, batas luar, yang sudah ada), tingkat mikro (lahan yang ingin direklamasi merupakan kriteria rancangan, dan tingkat meso (struktur hidraulik yang akan menghubungkan tingkat makro dan mikro (Heun, 1993). Direktorat rawa pada umumnya hanya terlibat pada tingkat meso Sementara itu rancang bangun struktur hidraulik dapat dilakukan dengan baik kalau dua tingkatan tata air makro dan mikro dimengerti dengan baik (Susanto, 1998).

Status air di petak tersier daerah reklamasi rawa pasang surut sangat beragam, kondisi ini dipengaruhi oleh tofografi lahan dan jarak petak tersier terhadap saluran sekunder (Imanudin, *et al* 2004). Ditambahkan oleh Bakri *et al* (1997), hasil kajian nyata antara muka air di saluran dengan muka air dipetak tersier. Kajian penelitian pada musim ke dua (tanam setelah padi) perlu dilihat pengaruhnya terutama untuk budidaya tanaman jagung. Muka air di petak tersier pada kondisi musim tanam ke dua dipengaruhi oleh tingkat operasi pintu sekunder, tersier, curah hujan dan karakteristik fisik tanah (Imanudin, 2002).

Konsep pengembangan sistem drainase di daeah rawa adalah pembuangan secara terkendali (control drainage). Konsep ini berjalan dengan sistem pembuangan air bilamana diperlukan saja. Pembuangan air diperlukan

untuk proses pencucian, dan penurunan muka air tanah sampai kedalam yang diinginkan tanaman. Proses drainase tersebut akan berjalan dengan baik bila kondisi lahan dilengkapai dengan sarana bangunan air (Imanudin *et al*, 2000).

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi system disain drainase adalah kedalaman akar, sifat fisik tanah seperti retensi air tanah, keterhantaran hidraulik tanah, lapisan-lapisan tanah, sitem tata air, serta kondisi agro klimat. Ditambahkan menurut dalam sistem drainase modern disain drainase harus meminimalkan simpanan (storage), dan memaksimalkan sistem pengaliran (conveyance). Simpanan dalam kontek ini berarti air ditampung sementara dan ini menyebabkan kualitas air menjadi buruk, dan sangat tergantung kepada luas areal. Sementara sistem pengaliran sangat tergantung kepada kapasitas sistem tata air yang ada. Konsep yang kedua ini sebaiknya dikembangkan di daerah reklamasi rawa pasang surut Sumatera Selatan (Imanudin dan Susanto, 2000).

Permasalahan utama budidaya tanaman setelah padi di lahan basah (rawa pasang surut) adalah kelebihan tingkat kelembaban tanah, yang akan sangat mengganggu pertumbuhan awal tanaman. Sementara itu kalau penanaman ditunda maka akan mengganggu sistem pola tanam, dan akan terjadi kekurangan air pada fase generatif yang ada pada akhirnya dapat menurunkan produksi sampai 22%. Permasalahan status air ini dapat diatasi dengan membangun sistem drainase yang tepat (Prabowo *et al* 1998; Imanudin *et al* 2002).

Hasil penelitian Prabowo *et al* (1998), menunjukkan bahwa tanaman jagung berpotensi di tanam di lahan rawa lebak melalui pembuatan sistem drainase. Penelitian dilakukan pada lahan rawa lebak dengan tekstur liat berlempung dapat menggunakan sistem drainase dengan jarak antar saluran 11

meter, lebar 50 cm dan kedalaman 80-90 cm. Namun menurut Imanudin *et al.*, (2000). Dimensi tersebut kurang tepat bila diterapkan di lahan rawa pasang surut yang memiliki nilai porositas tanah yang besar. Saluran yang terlalu dalam dikhawatirkan dapat menurunkan air tanah terlalu dalam. Sementara konsep drainase rawa pasang surut adalah drainase dangkal dengan intensitas yang tinggi (*intensif shallow drainage*). Pembuatan jarak antar saluran setiap 8 meter dengan kedalaman 20 cm perlu diuji coba. Dengan kedalaman 20 cm ini kondisi muka air tanah diharapkan dapat dijaga di atas kedalaman lapisan pirit.

Produksi padi di Vietnam sebelum ada inovasi teknologi produksinya lebih rendah 30-35% bila dibandingkan dengan tanah alluvial beririgasi. Sebelum aplikasi teknologi subsurface drainase produksi padi hanya 6 ton/ha namun setelah diterapkan teknologi subsurface drainase produksi meningkat menjadi 8,5 ton/ha. Selain itu efek dari aplikasi subsurface drainase dapat mempercepat penurunan muka air tanah setelah panen. Sehingga penanaman jagung (MT2) dapat di percepat. Saat ini produksi jagung mencapai 3 ton/ha. Dari kondisi di atas jelas inovasi ini berpengaruh positif terhadap produksi dan indeks pertanian namun demikian kendalanya adalah biaya instalasi cukup mahal. (Nguyen, 1999).

Hasil penelitian di Vietnam inovasi pengelolaan air lahan sulfat masam dengan teknik drainase bawah tanah mampu meningkatkan produksi padi dan mempercepat tanam musim ke dua. Namun dari segi pencucian senyawa beracun dan kemasaman di lahan, teknologi ini kurang optimal. Terbukti kelarutan unsur beracun seperti Aluminium, Besi, dan Sulfur masih lebih tinggi ketimbang drainase terbuka. Untuk itu teknologi ini harus dikombinasikan dengan drainase terbuka. Drainase terbuka diaplikasikan pada awal dan musim penghujan, untuk

mencuci dan membilas kemasaman dan senyawa racun di zone perakaran. Nguyen The Truyen, (1999)

Pengelolaan tanah yang mengandung sulfat masam pada kawasan pasang surut seyogyanya dilakukan dengan meningkatkan status air tanah. Tanah alami kawasan pasang surut cukup subur dan dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman khususnya yang suka air. Penggalan tanah untuk bangunan, sluran, kolam, sumur dapat mengangkat lapisan potensi sulfat masam yang ada di bagian bawah. Hal ini telah terjadi di beberapa lokasi. Pada daerah yang mengalami pembilasan periodik air pasang, keasaman tanah yang terbentuk dapat dicuci dan dikurangi. Pada daerah yang tidak terjangkau oleh air pasang dan bermuka air tanah dalam, maka permasalahan kemasaman tanah akan menjadi salah satu faktor pembatas produksi (Susanto, 1997).

Penambahan kapur dan pembilasan kemasaman tanah bukan merupakan saran yang baik untuk dilakukan pada program pengembangan kawasan pasang surut. Biaya pengapuran dan pembilasan yang dibayar oleh petani akan menjadi sangat mahal disamping harga saran produksi lainnya. Konsep drainase dangkal dan peningkatan status muka air untuk kawasan pasang surut merupakan hal yang disarankan. Hal ini sejalan dengan tujuan pengembangan yang pada awalnya dibuat untuk persawahan. Drainase tanah yang berlebihan akan menurunkan muka air tanah sampai jauh di bawah lapisan potensi sulfat masam. Penurunan pH dari 5,5 menjadi 2,5 telah terjadi di beberapa lokasi yang mengalami penurunan muka air tanah yang berlebihan. Oksidasi bahan organik yang berada di lapisan tanah atas juga akan dipercepat oleh rendahnya muka air tanah (Imanudin dan Susanto, 2002).

Pencucian bahan beracun dengan mekanisme pengaliran air satu arah hanya dapat dilaksanakan pada tempat tertentu yang cukup memperoleh pengaliran air, misalnya lahan tipe A/B. Kehilangan unsur hara yang lain bersama-sama dengan bahan beracun yang tercuci hendaknya menjadi perhatian dalam penerapan pencucian atau pembilasan ini. Pada lahan tipe C pengaliran satu arah akan bersifat membuang saja karena tidak adanya jaminan pemberian air baru. Pencucian di petak tersier lahan tipologi C sering mengalami kendala karena kecukupan air. Meskipun secara jumlah curah hujan total curah cukup tetapi kenyataan di lapangan distribusinya tidak merata. Selain itu kapasitas pencucian lahan dipengaruhi oleh kondisi sifat tanah, terutama fisika tanah yaitu ruang pori total, keterhantaran hidroulik tanah dan tekstur tanah. Pencucian asam dan unsur beracun biasanya berjalan lambat terlebih pada lahan-lahan dengan tekstur berat. Untuk terjadinya proses pencucian yang baik setidaknya diperlukan nilai perkolasi tanah 8 mm/hari. Permasalahan lain adalah sering tidak tersedianya air dengan kualitas baik untuk dilakukan pencucian. Prasarana drainase yang kurang memadai sering kali menjadi penghambat. Air kualitas jelek yang keluar melalui air surut belum semua keluar sementara air pasang sudah datang, sehingga terjadi pencampuran kualitas air buruk dan baik (Imanudin dan Susanto, 2003).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencucian menunjukkan efek positif terhadap kualitas lahan. Meskipun demikian pada satu kali pencucian hanya mampu mengurangi kira-kira 1,3% dari total kemasaman tanah di zone akar 65 cm. Sementara hasil percobaan dan simulasi pemodelan di petak tersier Kalimantan dilaporkan oleh Bronswijk *et al.*, (2000) menunjukkan bahwa pada kondisi sistem jaringan saat ini dan tindakan pengelolaan minimal (alamiah)

dibutuhkan waktu setidaknya 80 tahun untuk netralisir keasaman tanah dan unsure-unsur beracun.

Beberapa hasil penelitian upaya pencucian lahan telah dilakukan oleh beberapa peneliti dapat dilihat pada Tabel 2. Penelitian dilakukan dalam satu petak percobaan lahan sulfat masam untuk melihat pengaruh pencucian Alumunium dalam larutan pada kedalaman 25-30 cm (Tabe 2)

Tabel 2. Hasil Percobaan Kebutuhan air dan lama pencucian untuk menurunkan kelarutan Alumunium

Penulis/peneliti	Lama Pencucian (cm)	Hari	Kebutuhan Air Lahan (cm)	Al ³⁺ dalam tanah 20-25 cm	
				Sebelum Pencucian mmol ⁽⁺⁾⁻¹	Sesudah Pencucian mmol ⁽⁺⁾⁻¹
Sen 1988	30		400-450	33	6-18
Tuong et al., 1994	15		500	10	4,5
SIWRR	63		450	9,3	2,5
Kansteu et al 1991	200		>1000	>20	2

Sumber : Tuong, *et al.*,1994.

Proses pencucian lahan dapat dipercepat dengan intensif pengelolaan tanah dalam tingkat persiapan lahan (Tuaong *et al.*, 1993). Pengolahan tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah yaitu dengan merubah struktur menjadi lebih remah sehingga pori makro menjadi lebih banyak. Melalui fase pengeringan setidaknya dua minggu maka senyawa racun dapat bergerak ke arah luar dari partikel tanah, dan akan mudah terlepas melalui pencucian. Pembuangan kemasaman tanah dan unsure beracun menjadi lebih cepat dan penggunaan air menjadi lebih efektif. Hasil penelitian menunjukkan pengolahan tanah selama 4 minggu dengan penggunaan air sebesar 1300 mm adalah yang paling efektif, dimana unsur beracun dapat turun sampai batas toleransi tanaman..

Penambahan air lebih dari 1300 mm tidak nyata menurunkan konsentrasi unsur-unsur beracun.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan air di daerah rawa adalah pergerakan air di zone perakaran tanaman. Air tidak hanya sebagai agen pembawa unsur hara tetapi juga pembawa senyawa beracun. Terlebih pada daerah dengan periode kemarau panjang sehingga muka air tanah turun jauh sampai batas kedalaman lapisan firit. Penahanan air dalam waktu lama juga tidak efektif selain dapat memperburuk kualitas air juga akan menghambat pencucian. Menjaga muka air tanah pada kedalaman 30-50 cm akan sangat baik dan dapat membantu mencegah pergerakan senyawa beracun ke permukaan tanah. Namun kondisi ini secara praktik sulit dilakukan (Tuong, T.P. 1993).

Tata Air Mikro meliputi pembuatan saluran kuarter. Saluran ini tegak lurus ke saluran tersier. Idealnya dibuat dua buah, yaitu satu untuk pemasukan dan satu untuk pengeluaran. Saluran kuarter ini memiliki dimensi lebar 1 m, dalam 0,7 m dan panjang 200m. Didalam petakan lahan di buat saluran keliling dengan ukuran lebar 0,4 m dan dalam 0,4 m. Selanjutnya dibuat saluran cacing tegak lurus ke saluran kuarter. Aluran cacing ini berukuran lebar 0,2 m, dalam 0,2 m dengan jarak antar saluran 12 m. Pedoman pengaturan air di saluran adalah kondisi air pasang, yaitu satu hari sebelum dan sesudah bulan purnama dan satu hari sesudah dan sebelum bulan mati. Pada lahan tipe B melalui operasi pintu air untuk memanfaatkan air pasang maka ketinggian muka air tanah bisa dijaga diatas lapisan firit. Hasil penelitian di Daerah Pasang Surut Jambi, tinggi muka air tanah selama pertumbuhan tanaman jagung di musim ke dua dapat dijaga pada level 20-42 cm, dimana lapisan firit berada pada kedalaman 75 cm. Melalui pengendalian tersebut menunjuka bahwa kelarutan besi dalam air tanah dan

saluran hanya berkisar 5-25 ppm sementara sebelum adanya TAM menjunkan angka 25-50 ppm. Akibat TAM maka proses pencucian menjadi lebih baik sehingga kualitas air baik di saluran maupun air tanah cenderung meningkat. Ini ditandai dengan kenaikan pH dan menurunnya konsentrasi Fe.

Menurut Suriadikarta *et al.* (1999), saluran kuarter biasanya dibuat di setiap batas pemilikan lahan, sedangkan saluran cacing di dalam petakan dengan jarak 3-12 m serta di sekeliling petakan, bergantung pada kondisi lahan. Semakin tinggi tingkat keracunan, semakin rapat pula jarak saluran cacing tersebut. Subagyono *et al.* (1999) menyatakan, pencucian bahan beracun dari petakan dilakukan dengan memasukkan air ke petakan sebelum tanah dibajak, kemudian air tersebut dikeluarkan setelah pengolahan tanah selesai. Pencucian akan berjalan baik bila air cukup tersedia, baik dari hujan maupun air pasang. Oleh karena itu, air di dalam petakan lahan perlu diganti setiap dua minggu pada saat pasang besar Suriadikarta (2005).

Pengelolaan air pada saluran tersier bertujuan untuk: 1) memasukkan air irigasi, 2) mengatur tinggi muka air pada saluran dan petakan, dan 3) mengatur kualitas air dengan membuang bahan beracun yang terbentuk di petakan serta mencegah masuknya air asin ke petakan lahan. Sistem pengelolaan air di tingkat tersier dan mikro bergantung pada tipe luapan air pasang dan tingkat keracunan. Pada tanah sulfat masam actual, system pengairan harus di tanabat (water retention), tidak dilakukan system surjan. Kondisi ini untuk menghindari oksidasi firit berlebih dan keracunan besi.

Melalui budidaya tanaman di musim kemarau maka muka air tanah bisa dikendalikan sehingga tidak terjadi oksidasi firit. Lainnya halnya dengan tanah dibiarkan terbuka sehigga tidak operasi pintu. Petani sering membuka pintunya

akibanya tidak ada penahanan air sehingga muka air tanah mengalami penurunan tanam, dan dikhawatirkan turun sampai batas dibawah lapisan firit (Imanudin dan Susanto, 2007).

Hasil penelitian Konsten dan Sarwani (1990) di Pulau Petak menunjukkan bahwa oksidasi pirit setelah reklamasi membuat tanah di daerah tersebut sangat masam, dijenuhi oleh Al dengan pH 3,4. Adanya garam-garam besi bebas dan Al menyebabkan keracunan tanaman dan defisiensi K dan Ca sangat sering terjadi. Kemasaman tanah aktual dari tanah sulfat masam di Pulau Petak diduga dengan titrasi cepat pada pH 5,50, jumlah Al³⁺ sampai 60 mmol/g. Kemasaman tanah aktual untuk tanah dengan pH kurang dari 4 adalah 20 mmol/100 g yang setara dengan keperluan kapur 15 t/ha. Potensi kemasaman sangat tinggi dengan kandungan pirit mencapai 8%. Selanjutnya Konsten dan Sarwani (1990) mengemukakan bahwa untuk mengatasi kemasaman aktual yang tinggi dapat dilakukan dengan drainase dangkal, pencucian intensif tanah lapisan atas, yang dikombinasikan dengan pemberian kapur dan pupuk K.

Dalam pengelolaan lahan sulfat masam faktor penting yang harus diperhatikan adalah mikrotopografi. Variasi ketinggian lahan relative terhadap permukaan laut meskipun tidak terlalu tinggi tapi memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap status air. Keragaman status air ini pula yang menyebabkan lahan memiliki perbedaan tingkat kesuburan, yang ditandai dengan perbedaan ketersediaan hara, kemasaman dan konsentrasi senyawa toksik. Perbedaan inilah yang menyebabkan perbedaan pengelolaan air. Pengalaman di Vietnam elavadi lahan dibagi tiga kategori, lahan yang tinggi, sedang dan rendah. Pada lahan yang tinggi masalah utama oksidasi firit, proses kemasaman tanah, dan stress air. Oleh karena pengelolaan air pada daerah ini adalah upaya meneka laju

turunnya muka air agar pengaruh oksidasi firit dapat ditekan, bisa dengan sesekali menggunakan irigasi pompa, dan pada musim hujan dilakukan pembuangan air secara berkala dimana jangan terlalu lama air di tahan di petakan lahan. Ketergenangan dalam waktu lama akan menurunkan kualitas air dan tanah. Untuk lahan dengan ketinggian sedang secara prinsip sama dengan yang tinggi hanya saja proses oksidasi firit tidak sekuat lahan yang tinggi. Sementara untuk lahan yang lebih rendah adalah masalah ketergenangan. Pengelolaan air harus hati-hati karena seringkali tanah masing tinggi bahan organik. Drainase maksimum yang berlebihan bisa menyebabkan lahan turun (subsidence). Imanudin dan Susanto 2006, menambahkan untuk lahan ini diperlukan bangunan air untuk menahan air pasang, sehingga proses pengeringan di musim kemarau bisa dilakukan dengan sistem drainase dangkal.

Montoroi *et al* (1994) mengemukakan bahwa dalam rehabilitasi dan peningkatan produktivitas lahan sulfat masam harus dilakukan dengan pendekatan terpadu baik teknis pengairan, agronomi dan kelembagaan. Teknis pengairan bertujuan menyediakan sarana pengairan untuk mempercepat proses pencucian dan penggelontoran yaitu meliputi peningkatan jaringan melalui pemabangunan pintu air dan rehab saluran; pendekatan agronomi meliputi perbaikan varietas yang toleran, perbaikan tanah meliputi penabahan kapur dan fosfat.

Salah satu tanaman yang toleran terhadap kemasaman tanah adalah tebu. Tanaman ini cocok ditanam di lahan sulfat masam dengan kemasaman 3,5 – 5. Pengalaman di Vietnam produksi bisa mencapai 60-80 ton/ha. Muka air tanah pada musim kemarau turun mencapai angka 80-100 cm dibawah permukaan tanah menyebabkan tanaman mengalami stress, terutama bila

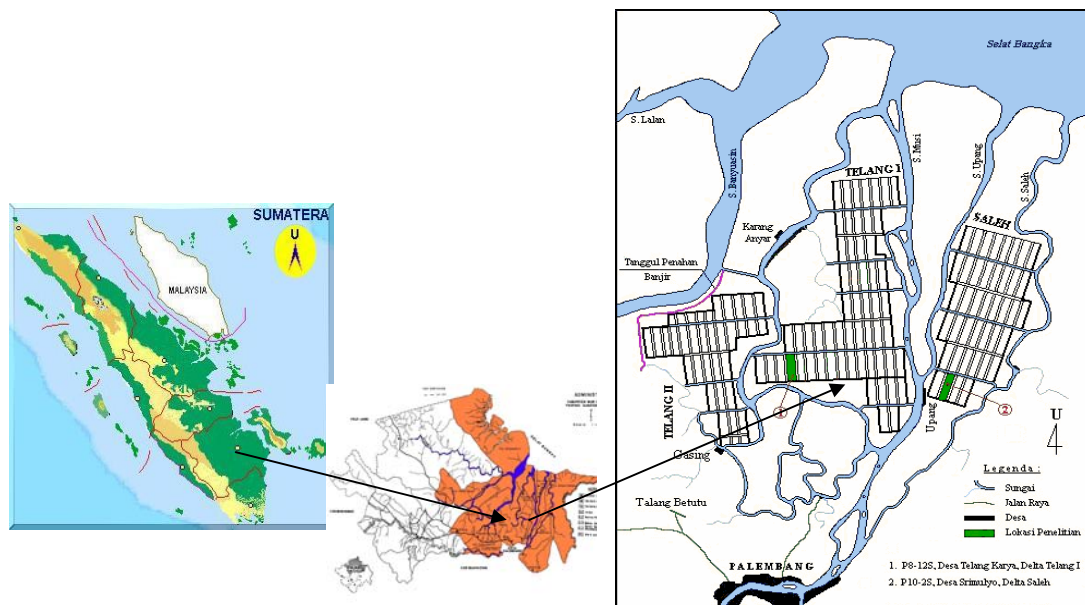
tanaman masih dalam fase awal pertumbuhan. Untuk menghindari kegagalan pertumbuhan vegetatif maka penanaman harus dilakukan pada musim hujan Desember –Februari dan memasuki musim kemarau bisa dibantu dengan irigasi pompa diperlukan.

Kemasaman aktual di dalam tanah sulfat masam merupakan hasil dari keseimbangan antara influx dari kandungan unsure racun dari aliran air yang lebih tinggi (interflow) dan air keluar dari permukaan dan air tanah ke saluran pembuangan. Kemasaman akibat aliran air dari daerah yang lebih tinggi akan lebih mudah di bersihkan melalui pencucian dan penggelontoran, namun kemasaman akibat oksidasi lapisan firit (in situ) akan lebih sulit dan memakan waktu yang lama. Di lapangan sulit membedakan sumber kemasaman apakah dari luar atau dalam, yang pasti bisa saja terjadi bersamaan (Eelaart and Boissevain, 1986).

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian telah dilaksanakan di daerah reklamasi pasang surut delta Telang I dan delta Saleh provinsi Sumatera Selatan. Sebagai areal perwakilan dipilih 2 petak tersier (1 di ujung dan 1 di tengah) dalam satu blok sekunder untuk masing-masing lokasi percontohan. Adapun lokasi percontohan adaptasi model terletak di primer 8 delta Telang I sebagai perwakilan daerah basah dan primer 10 delta Saleh untuk daerah kering (Gambar 9)



Gambar 9. Peta situasi areal penelitian

B. Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah contoh tanah, bibit jagung, benih padi, pupuk, pestisida, plastik pelindung tanaman dan bahan kimia untuk

analisis tanah di laboratorium. Sedangkan peralatan yang digunakan yaitu piezometer, wells (paralon berlubang), papan duga, water pass, meteran, bor tanah, tabung pembuang (*bailer*), stopwatch, GPS (*Global Positioning System*), kamera digital dan peralatan pertanian. Untuk evaluasi status air di petak tersier dilakukan simulasi computer dengan menggunakan software Drainmod 5.1 (Skags, 1992). Untuk analisis kinerja jaringan digunakan software DUFLOW (IHE, 2002)

C. Metode

Untuk membangun rancangan rekomendasi pengendalian muka air pada masing-masing kelas hidrotografi lahan A/B, dan C ini diperlukan beberapa tahap. Tahap pertama adalah pengumpulan data primer untuk melakukan identifikasi karakteristik fisik lingkungan lahan, dan penyusunan skenario pengelolaan air. Tahap ke dua adalah pengujian rancangan (model simulasi) dan kajian lapangan (validasi model). Tahap ke tiga adalah tahap penyusunan rekomendasi pengelolaan untuk masing-masing areal contoh, dan terakhir adalah penyajian informasi pengelolaan air secara spasial untuk tingkat delta.

1. Pengumpulan Data

Kegiatan penelitian ini meliputi pekerjaan di lapangan (survei dan monitoring) dan pekerjaan di laboratorium (analisis laboratorium dan simulasi komputer). Metode yang digunakan untuk pekerjaan survei di lapangan yaitu metode survei dengan skala detail. Pekerjaan survei dan monitoring dilakukan untuk mengukur muka air tanah harian di petak tersier dan saluran. Data ini akan digunakan sebagai dasar dalam merancang sistem pengelolaan air.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari Pusat Data Daerah Rawa dan Pesisir Sumatera Selatan.

Data lapangan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data iklim dan hidrologi serta sistem jaringan tata air yang meliputi dimensi saluran, kondisi saluran, kondisi infrastruktur pengendali air, kedalaman muka air tanah di petak tersier, ketinggian muka air di saluran sekunder dan tersier, pasang surut air laut, curah hujan, suhu, pola tanam, tata guna lahan, dan konduktivitas hidrolik tanah.

Pengamatan tinggi muka air pada saluran dilakukan dengan menggunakan papan duga. Pengamatan dilakukan setiap hari, yaitu pada pukul 06.00 - 08.00 wib di saluran sekunder dan tersier. Skematisasi sistem pengamatan muka air dapat dilihat pada Gambar 3.

Pengukuran konduktivitas hidrolik tanah dilakukan secara langsung di petak lahan dengan cara pengeboran. Pengukuran konduktivitas hidrolik tanah dilakukan dengan menggunakan metode *Auger Hole*. Pengamatan morfologis tanah di lapangan meliputi kedalaman muka air, tekstur, warna tanah, dan kedalaman pirit.

Contoh tanah utuh dan terganggu juga diambil untuk analisis laboratorium. Analisis tanah di laboratorium meliputi tekstur tanah, bobot isi tanah, ruang pori total, kandungan besi, Aluminium, C-organik, Nitrogen, Posfor dan Kalium. Untuk melihat karakteristik retensi air akan dihitung dengan pendekatan Kurfa pF sesuai dengan kelas tekstur tanah. Contoh tanah terganggu dilakukan pengambilan untuk kondisi musim kemarau dan musim hujan.

Untuk lebih rinci jenis dan sumber data serta metode yang digunakan dalam pengambilan data dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

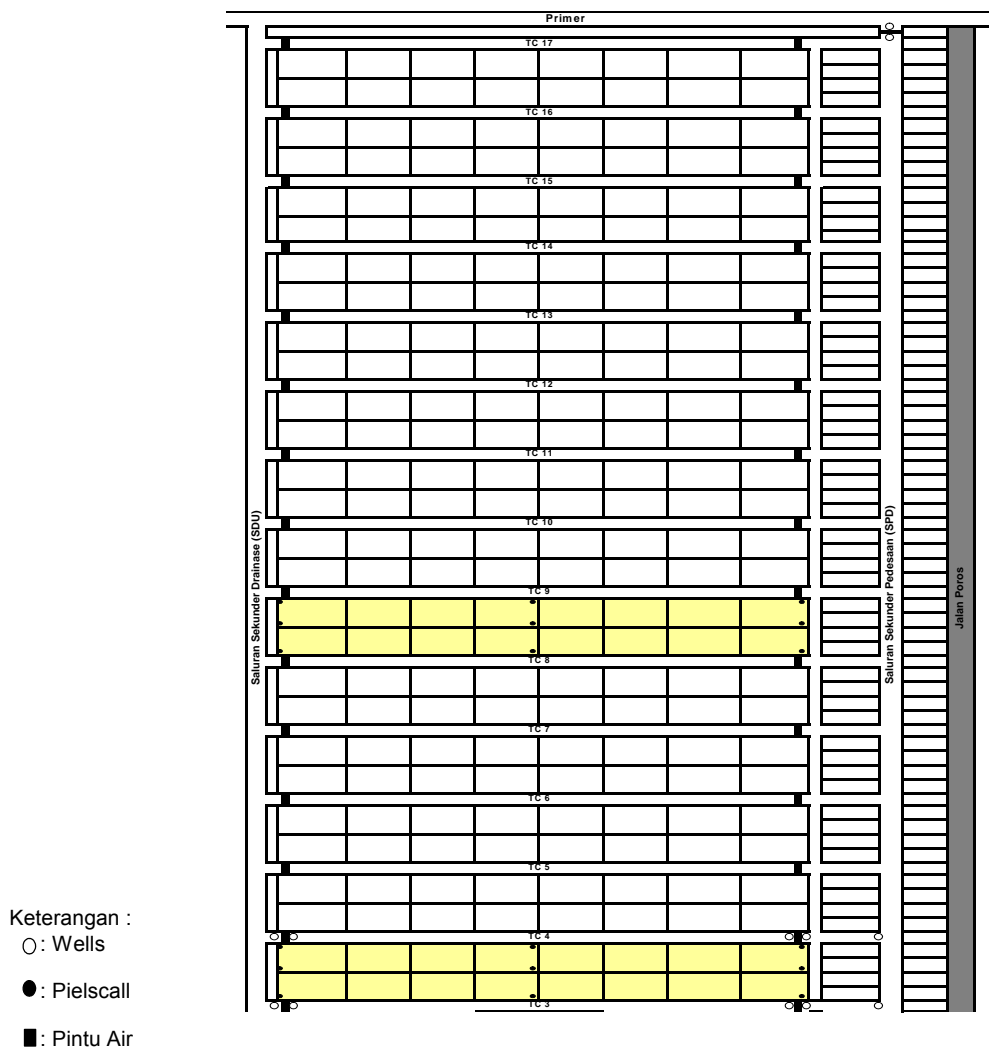
Tabel 3. Pengumpulan Data dan Pengamatan Lapangan

No.	Jenis Pengamatan/Pengukuran	Alat dan Bahan	Metode
1.	Pengamatan morfologis tanah (Warna, tekstur, lapisan firit, dll)	Bor belgi, Feroksida, Munsell	Visual, perasa,
2	Pengukuran keterhantaran hidroulik	Bor, pelampung, meteran, stopwatch	Lubang auger pengamatan langsung
3	Pengukuran muka air tanah (shallow water table)	Paralon (wells)	Manual
4	Potensial Air Tanah	Parallon (Piezometer)	Manual
6	Muka air di saluran tersier dan sekunder	Pielschal	Manual
7	Curah hujan	Penakar hujan	Manual
8	Temperatur udara	Termometer	Manual
9	Data operasi pintu dan pola tanam	Kuisisioner	Wawancara Focus Group
10	Profil muka air tanah diantara dua tersier, jarak pengamatan setiap 10 meter	Bor, meteran	Manual
11	Sebaran muka air tanah di 4 petak tersier dalam 2 blok sekunder	Bor, meteran	Manual

Tabel 4. Pengumpulan Data dan Pekerjaan Laboratorium/Studio

No.	Jenis Pengamatan/Pengukuran	Alat dan Bahan	Metode
1.	Tekstur	Gelas ukur, hydrometer	Hydrometer
2.	Bobot isi, ruang pori total	Ring, oven, timbangan	Gravimetrik
3.	Analisis korelasi muka air tanah dan muka air di saluran dan hujan	Komputer	Regresi
4.	Evaluasi kelebihan muka air	Komputer model DRAINMOD atau model komputer lain	SEW-30 kelebihan dibawah 30 cm
5.	Evapotraspirasi potensial	Termometer udara dan Komputer	Thronwithe data suhu maksimum dan minimum
6.	Analisis Kinerja Jaringan di tingkat tersier	Komputer model DRAINMOD atau model komputer lain	Satu dimensi, konsep keseimbangan air tanah aliran tetap

Untuk Pengukuran fluktuasi muka air tanah di petak lahan, dilakukan dengan menggunakan sumur pengamatan (*wells*) yang dibuat dari pipa paralon dengan panjang 3 m dan diameter 2,5 inci. Pipa tersebut dilubangi pada bagian sisi-sisinya dan ditanam dengan kedalaman 2 - 2,5 m dari permukaan tanah. Lubang pipa bagian atas ditutup dan hanya dibuka pada saat melakukan pengukuran. Skematisasi tata letak sistem monitoring muka air di petak tersier dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 10. Skematisasi sistem monitoring hidrologi di lapangan

Banyaknya sumur pengamatan pada ketiga blok sekunder adalah sama, masing-masing ada 9 titik pengamatan yang mencakup areal seluas 16 ha dalam satu petak tersier. Untuk satu blok sekunder diambil areal perwakilan dua contoh yaitu dua di ujung dekat saluran primer dan satu petak terletak di tengah. Sementara sebaran titik pengamatan untuk satu petak tersier adalah sebagai berikut:

- i) 3 titik di petak lahan dekat saluran tersier sebelah kanan;
- ii) 3 titik di petak lahan dekat saluran tersier sebelah kiri;
- iii) 3 titik berada di tengah lahan di antara saluran sebelah kanan dan kiri

Monitoring muka air tanah di petak tersier ini akan dilakukan di dua tempat yaitu dua tempat terletak di petak yang dekat dengan saluran primer yaitu petak 1 atau 4 dan petak 6-7 untuk lokasi bagian tengah dari petak sekunder.

Selain itu juga diamati curah hujan harian dengan pengukuran langsung dari penakar hujan setiap jam 07.00 pagi.

2. Analisis Data Tanah

Untuk melihat pengaruh musim dan perbaikan tata air terhadap sifat tanah maka contoh tanah dianalisis di laboratorium. Parameter kualitas tanah yang dijadikan sebagai indikator untuk daerah lahan rawa pasang surut adalah kandungan besi, aluminium, pH, bahan Organik, Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Kriteria penilaian kesuburan tanahnya mengikuti Kriteria Tingkat Kesuburan Tanah dari Puslittanak, Bogor (1983).

Untuk keperluan simulasi komputer model DRAINMOD sifat fisik tanah akan dianalisis seperti tekstur, bobot isi tanah dan ruang pori total. Sementara untuk mendapatkan karakteristik retensi air tanah akan dilakukan dengan pendekatan Kurva pF. Metode ini menghitung secara empiris dari data tekstur, dan bahan organik tanah. Adapun kondisi retensi air tanah yang akan dilihat adalah kondisi kadar air tanah jenuh, kapasitas lapang dan titik layu permanen.

Perhitungan parameter retensi air tanah dilakukan dengan pendekatan data tekstur, dan bahan organik tanah. Perhitungan dilakukan dengan metode *Pedotransfer function* (Imanudin, dan Susanto, 2005; Raes, 2000; Saxton, *et al.*, 1985; 1982). Pendugaan Retensi Air Tanah dibagi kedalam beberapa tingkatan yaitu kandungan air tanah jenuh, kapasitas lapang dan titik layu permanen. Model perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Status air tanah jenuh

$$\theta_{sat} = 0.332 - 7.251 * 10^{-4} (\% sand) + 0.1276 \log_{10} (\% clay) \quad [1]$$

dimana: θ_{sat} : kandungan air tanah jenuh (m^3/m^3); % pasir: persentasi fraksi pasir (mass%); % persentasi liat dari praksi liat (mass%).

2. Status air tanah kapasitas lapang

$$\theta_{\sigma=-10kPa} = 0.4118 - 0.0030(\%sand) + 0.0023(\%clay) + 0.0317(\%OM) \quad [2]$$

$$\theta_{\sigma=-33kPa} = 0.2576 - 0.0020(\%sand) + 0.0036(\%clay) + 0.0299(\%OM) \quad [9]$$

dimana: $\theta_{\sigma=-10kPa}$: kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tarikan matrik potensial -10 kPa; $\theta_{\sigma=-33kPa}$: kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tarikan matrik potensial -33 kPa and %OM; persentasi kandungan bahan organik (%mass).

3. Status air pada kondisi titik layu permanen

$$\theta_{wp} = 0.0260 + 0.0050 (\% \text{ clay}) + 0.0158 (\% \text{ OM}) \quad [3]$$

dimana (% liat) adalah presentasi fraksi liat dan (%OM) adalah persentasi kandungan bahan organik (%mass).

3. Analisa Data Iklim dan Hidrologi

Pengolahan data Iklim terutama data curah hujan harian. Pengamatan lapangan dilakukan selama dua musim tanam. Sementara untuk keperluan analisis juga digunakan data sebelumnya. Saat ini tersedia data hujan harian dari tahun 2002-2007 untuk areal studi. Untuk keperluan simulasi komputer model DRAINMOD akan dikonversi dari data hujan harian menjadi data hujan bulanan.

Monitoring muka air tanah dan saluran akan dilakukan secara harian dan jam-jaman. Pengukuran setiap jam dilakukan selama 24 jam, dimaksud untuk melihat hubungan kenaikan muka air di saluran dengan di petak tersier. Beberapa parameter kualitas air juga akan dianalisis untuk melihat kondisi awal pertumbuhan dan sesudah musim tanam. Parameter yang dianalisis meliputi pH, salinitas, kelarutan besi, alumunium dan Mangan. Selain itu juga fluktuasi muka air tanah harian akan di analisis relatif terhadap permukaan tanah dan kedalaman lapisan firit.

Data hasil pengamatan hidrologi akan ditabulasikan secara deskriptif dan analisis statistik akan dilihat untuk menentukan nilai rata-rata, nilai maksimum dan minimum, serta tingkat keragaman.

Metode analisis status air tanah dilakukan dengan menggunakan konsep SEW-30. Perhitungan SEW-30 ini berdasarkan (Sieben, 1964 *dalam* Skaggs, 1991). Konsep Ini digunakan untuk menunjukkan kondisi kelebihan air tanah (cm-

hari) selama masa pertumbuhan. Konsep kelebihan air diatas zona akar 30 cm dari bawah tanah adalah sudah dikemukakan oleh Wesseling (1974) dan Bower (1974). Kondisi tersebut sebelumnya telah dibahas oleh Sieben (1964) untuk mengevaluasi tinginya fluktuasi muka air tanah selama musim dingin dalam area pertanian. Nilai kelebihan air diatas 30 cm ini bisa dihitung untuk memprediksi kelebihan air tanah selama periode pertumbuhan tanaman. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$SEW - 30 = \sum_{i=1}^n (30 - x_i) \quad [4]$$

dimana x_i adalah muka air tanah pada hari ke i , dengan i adalah hari pertama dan n adalah jumlah hari selama pertumbuhan tanaman. Model Drainmod sebetulnya menghitung nilai SEW-30 cm setiap jam, daripada menghitung nilai harian, oleh karena itu perhitungan nilai SEW-30 lebih akurat dan dirumuskan dengan persamaan berikut ini:

$$SEW - 30 = \sum_{j=1}^m (30 - x_j) / 24 \quad [5]$$

dimana x_j adalah muka air tanah pada ahir masing-masing jam dan m adalah total jam selama periode pertumbuhan tanaman. Posisi muka air dengan batas kritis 30 cm dilakukan dengan pertimbangan angka 30 cm dibawah permukaan tanah adalah diambil karena kebanyakan tanaman pangan akan mengalami gangguan fisiologis bila muka air tanah turun pada titik 30 cm atau sebaliknya naik dari angka 30 cm dari permukaan tanah. Ini artinya bila air tanah semakin menjauh dari batas angka 30 cm atau mendekati permukaan tanah maka akan terjadi kelebihan air (excess water). Kondisi ini berlaku untuk

tanaman pangan non padi. Khusus untuk padi berlaku sebaliknya karena tanaman padi tahan terhadap kondisi genangan dan akan mengalami stress air bila air tanah berada dibawah jona 30 cm bahkan dibawah jona 20 cm.

4. Rancangan Skenario Pengelolaan Air di Petak Tersier

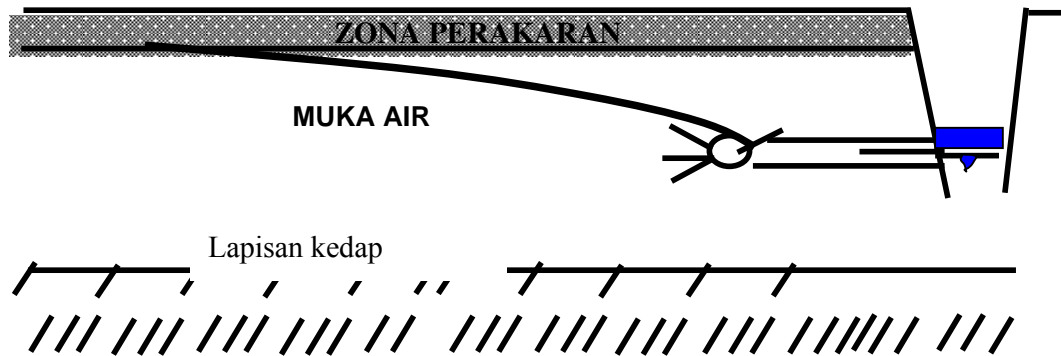
Adapun Strategi pengelolaan air yang akan dibangun dalam adaptasi model pengelolaan air di petak tersier adalah sebagai berikut:

- Konsep pembuangan air (*drainage*) dan pencucian tanah
- Konsep drainase terkendali (*control drainage*) dan
- Konsep air rembesan saluran (*sub irrigation*), dan
- Konsep irigasi pasang (*tidal irrigation*),

Strategi pertama konsep drainase dan Pencucian Tanah: Pada tahap awal reklamasi rawa kegiatan yang paling awal dilakukan adalah membuat saluran drainase untuk membuang air berlebih. Pembuangan air (drainase) selanjutnya lebih disesuaikan dengan kebutuhan. Pada saat musim hujan atau air pasang berlimpah sehingga lahan tergenang air maka diperlukan drainase. Pembuangan air (drainase) ini sering juga dikaitkan dengan tujuan pencucian tanah. Karena akibat oksidasi pirit dan lahan yang banyak mengandung senyawa racun maka daerah perakaran tanaman harus dibersihkan. Profil muka air pada saat kondisi pembuangan (drainase) adalah dapat dilihat pada Gambar 6.

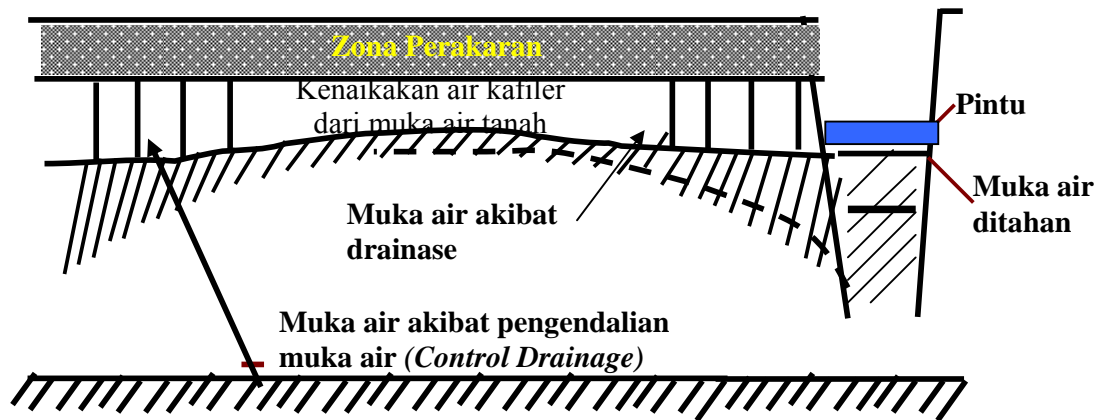
Strategi kedua Konsep Drainase Terkendali dan Penahanan Muka air (Control Drainage dan Water retention): Konsep ini bertujuan untuk mempertahankan muka air tanah sesuai dengan kebutuhan perakaran tanaman dan agar lapisan pirit tidak teroksidasi. Untuk konsep penahan air (water retention) lahan biasanya tidak memiliki potensi irigasi pasang, satu-satunya

sumber air berasal dari curah hujan. Konsep ini harus dikombinasikan dengan pembuangan air secara periodik untuk menjaga kualitas air. Konsep ini bisa dilakukan bila struktur bangunan air di level tersier sudah tersedia. Profil muka air dari sistem penahan air dan drainase terkendali dapat dilihat pada Gambar 11



Sumber: Drainage National Engineering Handbook, (2001).

Gambar 11. Profil muka air tanah pada kondisi pembuangan (drainase konvensional) tanpa operasi pintu.

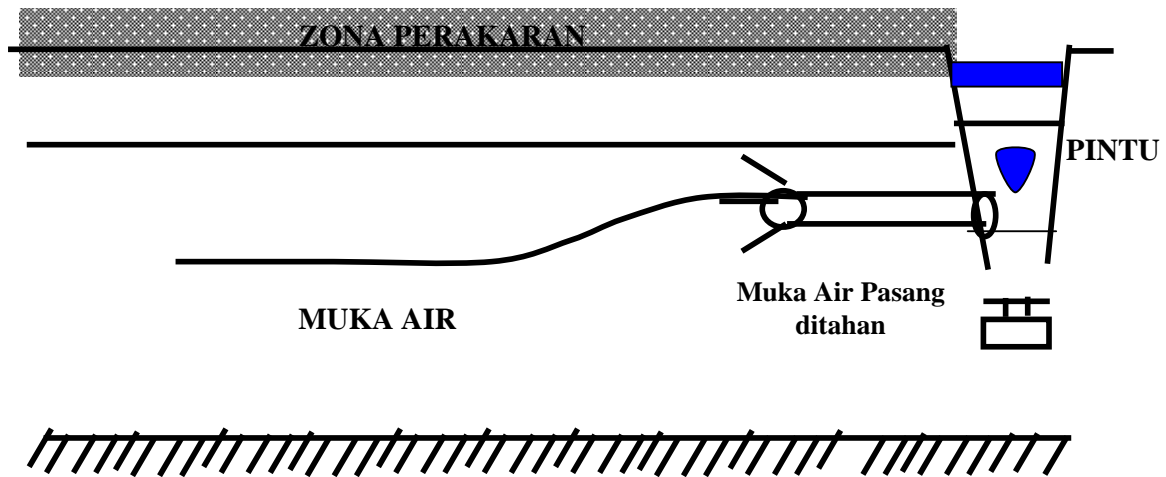


Sumber: Drainage National Engineering Handbook, (2001).

Gambar 12. Air tanah dapat ditahan sebagai akibat dari penahanan pintu air di level tersier

Strategi ke tiga adalah konsep irigasi bawah permukaan (*Sub irrigation*). Konsep ini bertujuan menaikkan kedalaman muka air tanah melalui pemasangan air pasang. Setelah saluran tersier penuh maka pintu ditutup. Kondisi ini diterapkan pada daerah tipe C kering dimana air pasang tidak bisa masuk. Secara skematis

profil muka air bisa dilihat pada Gambar 8. Kalau dilihat dari kenaikan muka air, sistem ini hampir sama dengan sistem drainase terkendali.

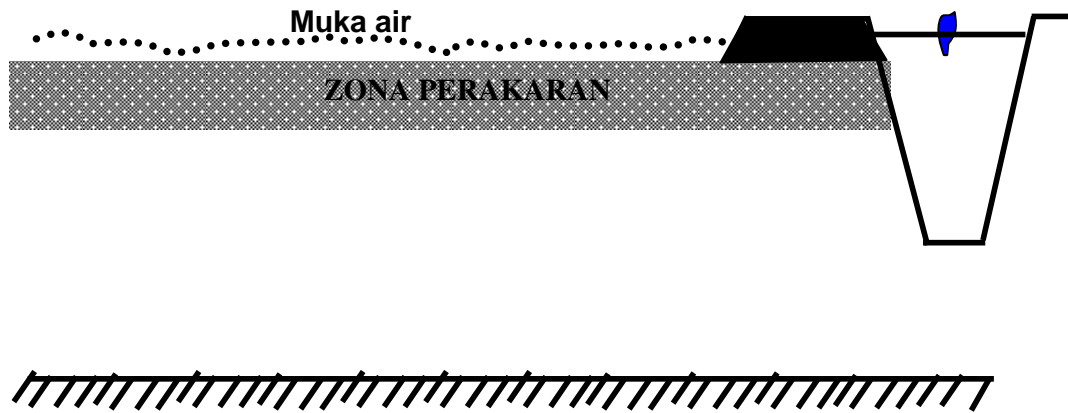


Sumber: Drainage National Engineering Handbook, (2001).

Gambar 13. Profil muka air tanah pada kondisi sub-irigasi (penahanan air)

Strategi keempat adalah Irigasi Pasang Surut (*Tidal Irrigation*): Konsep ini dikenal dengan suplai air (suplesi) memanfaatkan air pasang, dilakukan untuk tujuan pemenuhan air untuk tanaman padi. Kondisi ini hanya bisa dikerjakan bila air pasang mampu memasuki lahan. Oleh karena itu hanya bisa dilakukan pada lahan tipologi A dan B. Air tergenang yang bertahan lama harus dicegah, dan unsur racun yang sudah ada dan terbentuk selama masa bera (tidak ada kegiatan pertanian) harus bisa dibilas dari tanah pada periode-periode air surut. Bilamana memungkinkan, oksidasi pirit harus bisa dicegah. Kelebihan lain bilamana irigasi pasang surut memang memungkinkan adalah dimungkinkannya menanam padi jenis unggul sebagai pengganti padi jenis lokal, dan pertanian bisa dimulai lebih awal. Dengan begitu, sangat terbuka peluang bertanam padi

dua kali setahun. Profil muka air pada konsep irigasi pasang dapat dilihat pada Gambar 14.



Sumber: Drainage National Engineering Handbook, (2001).

Gambar 14. Penggenangan Lahan memanfaatkan air pasang (tidal irrigations)

5. Komputer Model DUFLOW dalam Mengevaluasi Kinerja Jaringan Tata Air di Level Tersier dan Sekunder

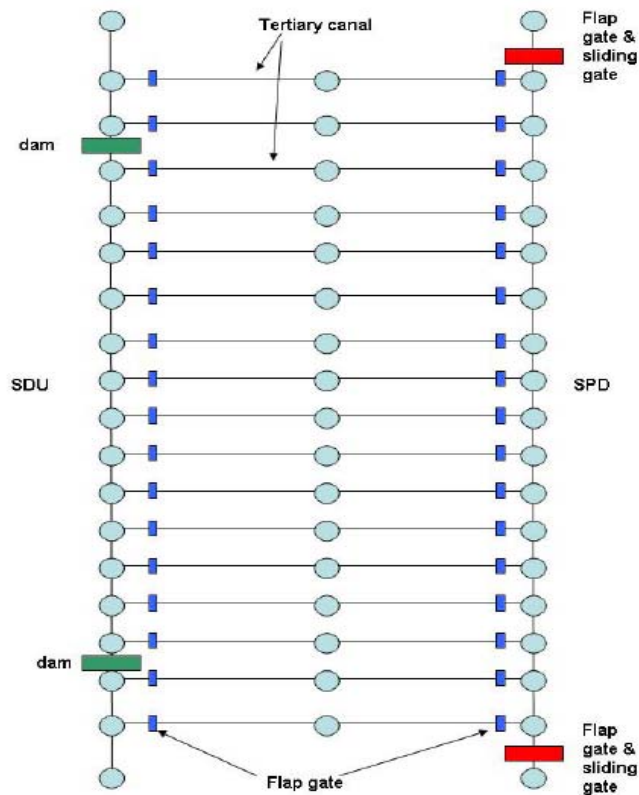
Pengolahan data dinamika air di saluran untuk melihat kinerja sistem tata air dilakukan dengan bantuan komputer model DUFLOW. DUFLOW adalah model hydro-dynamic, khususnya cocok untuk mensimulasikan perubahan dari sistem jaringan saluran yang ada. Hasil simulasi dari sistem jaringan saluran yang sudah ada dapat diverifikasi. Tidak demikian halnya untuk mensimulasikan saluran baru. Perlu hati-hati apakah data yang digunakan dan telah diverifikasi pada kondisi hidraulik saluran yang ada juga berlaku untuk saluran baru. Model DUFLOW adalah model hidrodinamik satu dimensi dengan menggunakan persamaan dasar momentum [2] dan kontinuitas [3].

$$\frac{\partial A_r}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - qt = 0 \quad [2]$$

$$\frac{\partial O}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \frac{(\partial z + sf)}{\partial x} = 0 \quad [3]$$

dimana A adalah luas penampang aliran (m^2), S adalah kapasitas tampung saluran, $Q(x,t)$ adalah debit saluran (m^3/det); q_t adalah debit aliran per unit panjang (m^3/det), v adalah kecepatan ($m/detik$), sf adalah hambatan kemiringan permukaan air, x adalah jarak, dan t adalah waktu.

Gambaran skematisasi simulasi DUFLOW dalam satu unit blok sekunder dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Contoh rancangan skematisasi satu unit blok sekunder dalam DUFLOW

Untuk simulasi model komputer maka akan diambil satu unit sistem pengelolaan air sebagai batas kerja (*bondary condition*) yaitu satu blok sekunder yang terdiri dari 17 saluran tersier di P10-2 S dan P8-12 S. Titik-titik ikat untuk batas wilayah pemodelan adalah muara saluran sekunder suplay dan drainase pada bagian hulu dan hilir. Sebagai blok monitoring untuk validasi data adalah digunakan petak tersier.

Adapun skenario peningkatan jaringan yang akan disusun untuk Daerah Delta Saleh tipologi lahan C/D (kering)

Skenario 1: Jaringan tersier sistem grid, terhubung dua arah baik ke sekunder pedesaan (SPD) dan sekunder drainase (SDU), saluran dilengkapi dengan pintu kelep dan pintu sekunder hanya ada di level SPD,

Skenario 2 : Jaringan tersier sistem grid, terhubung dua arah baik ke sekunder pedesaan (SPD) dan sekunder drainase (SDU), saluran dilengkapi dengan pintu stoplog, dan pintu sekunder ada di level SPD dan dibuat DAM di Saluran Sekunder Drainase (SDU).

Dua skenario ini akan dikombinasikan dengan tujuan tanam padi, dan jagung, dengan variasi kondisi hujan kering, normal, basah (20, 50 dan 100%) probabilitas.

Sementara skenario yang disusun untuk lahan tipologi A/B di delta Telang I adalah sebagai berikut:

Skenario 1: Jaringan tersier sistem grid, terhubung dua arah baik ke sekunder pedesaan (SPD) dan sekunder drainase (SDU), saluran tidak dilengkapi dengan pintu kelep. Ditingkat sekunder air dibiarkan bebas karena tidak ada pintu sekunder.

Skenario 2 : Jaringan tersier sistem grid, terhubung dua arah baik ke sekunder pedesaan (SPD) dan sekunder drainase (SDU), saluran tersier dilengkapi dengan pintu kelep. Ditingkat sekunder air dibiarkan bebas karena tidak ada pintu sekunder.

Simulasi dilakukan untuk tujuan tanam padi, dan jagung, dengan variasi kondisi hujan kering, normal, basah (20, 50 dan 100%) probabilitas.

6. Komputer Model DRAINMOD dalam Mengevaluasi Kinerja Jaringan Tata Air Mikro dan penyusunan Rencana Operasi Pengendalian Muka Air

DRAINMOD adalah model simulasi komputer yang dikembangkan di North Carolina State University pada pertengahan tahun 1970-an (Skaggs, 1978, 1980). Model DRAINMOD didasarkan pada konsep keseimbangan air di dalam profil tanah dan menggunakan data tanah dan klimatologi untuk simulasi kinerja drainase dan sistem pengendalian muka air tanah. Model tersebut dikembangkan secara khusus untuk muka air tanah pada lapisan tanah dangkal. Metode prakiraan digunakan untuk mengukur komponen-komponen hidrologi seperti drainase bawah permukaan, subirigasi, infiltrasi, evapotranspirasi, dan limpasan permukaan. Sebagai ilustrasi konsep keseimbangan air dilapangan dapat dilihat pada Gambar 9 Sebagai contoh, persamaan yang dikembangkan oleh Hooghoudt (Luthin, 1978), Kirkham (1957), dan Ernst (1975) digunakan untuk menghitung laju drainase dan subirigasi, sedangkan laju infiltrasi diprediksi dengan persamaan Green dan Ampt (1911). Metode numerik yang kompleks dihindari dengan menganggap bahwa saluran dalam keadaan kesetimbangan selama distribusi air tanah di atas muka air tanah (*stade state conditions*). Model

ini dapat dijadikan untuk mengevaluasi status air di petak tersier akibat rancangan tata air mikro yang diterapkan di lapangan. (Susanto, 2005).

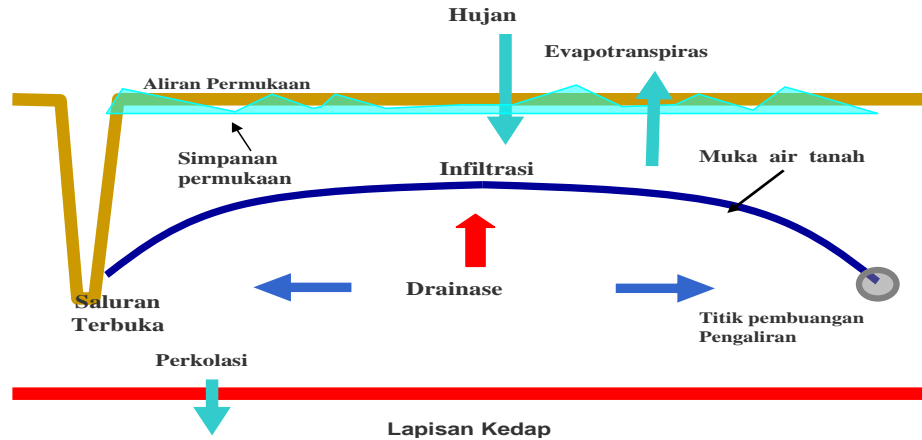
- **Struktur Model**

DRAINMOD telah digunakan sebagai alat untuk membuat optimasi dan evaluasi sistem pengelolaan air baik kondisi drainase permukaan ataupun bawah permukaan. Model DRAINMOD (Skaggs, 1978) adalah model hidrologi untuk mensimulasi fluktuasi muka air tanah. Dasar perhitungan dalam model adalah analisis keseimbangan air dalam suatu unit kolom tanah vertikal per unit luas permukaan, dimulai dari lapisan kedap sampai ke permukaan tanah, dan berada di antara saluran drainase. Secara matematik perhitungan keseimbangan air dalam profil tanah pada periode waktu Δt bisa ditulis sebagai berikut:

$$\Delta Va = F - D - Ds \quad [6]$$

$$P = F + RO + \Delta S \quad [7]$$

dimana ΔVa adalah perubahan volume udara tanah (atau perubahan simpanan) (cm), F adalah infiltrasi (cm), ET adalah evapotranspirasi (cm), D adalah aliran lateral (tanda negative artinya pada aliran drainase dan positif bila dalam kondisi irigasi bawah tanah (cm), Ds adalah aliran samping seepage (tanda positif adalah bila terjadi kenaikan kafiliter ke atas) (cm), P adalah presipitasi (hujan) (cm), RO adalah aliran permukaan (cm) dan ΔS adalah perubahan simpanan permukaan air tanah. Sebagai ilustrasi profil sistem drainase dalam DRAINMOD dapat dilihat pada Gambar 16.



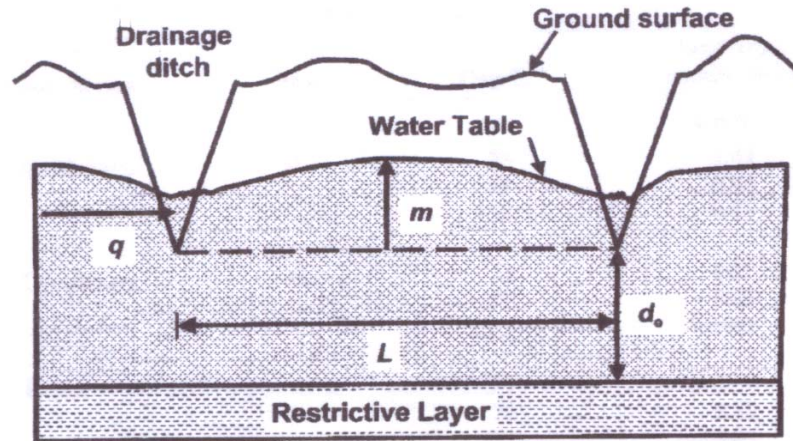
Gambar 16. Skematis sistem pengendalian muka air tanah saluran terbuka dan bawah tanah

Analisis rancangan drainase dalam DRAINMOD didasarkan pada beberapa pertimbangan. Menurut the Dupuit–Forchheimer (D–F) membuat asumsi dimana pertimbangan utama adalah aliran pada kondisi jenuh, dan aliran air menuju saluran drainase dihitung dengan persamaan Hooghoudt's dengan asumsi aliran tetap di sekitar saluran (*steady state conditions*) (Van Schilfgaarde, 1974). Persamaan Hooghoudt's dapat dituliskan sebagai berikut

$$q = \frac{4K_e m (2d_e + m)}{L^2} \quad [8]$$

dimana q aliran air buangan menuju saluran drainase (cm/hari), K_e adalah keterhantaran hidroulik lateral tanah (cm/hari) dibawah permukaan air tanah, m adalah kedalaman muka air tanah diatas dasar saluran namun berada dibawah permukaan tanah (kedalaman yang diinginkan) (cm), d_e adalah kedalaman duga antara dasar saluran sampai ke permukaan kedalaman lapisan kedap (cm), dan

L adalah Jarak antar saluran (cm). Skematis profil muka air diantara dua saluran dapat dilihat pada Gambar 17.



Sumber: Vepraskas *et al* (2002)

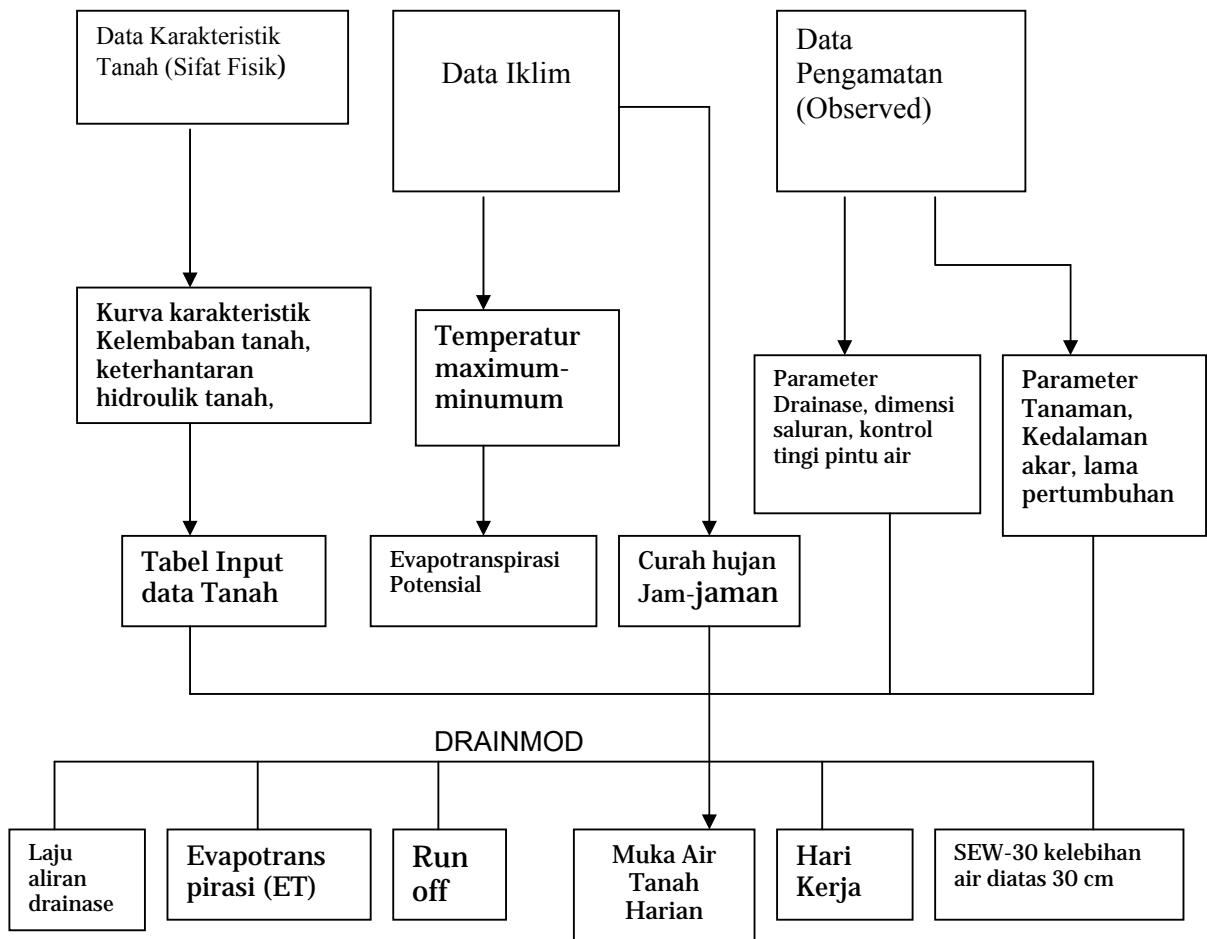
Gambar 17. Skematis rancangan drainase lahan

Dalam model DRAINMOD input curah hujan adalah curah hujan tiap jam serta suhu maksimum dan minimum harian dibaca dari data cuaca dan keseimbangan air yang dikonduksikan pada setiap jam. Ringkasan prediksi model untuk komponen-komponen hidrologi seperti curah hujan, infiltrasi, drainase, ET, dan lain-lain diperoleh secara harian, bulanan, atau setiap tahun. Kinerja dari rancangan sistem yang diberikan atau alternatif pengelolaan memungkinkan untuk disimulasikan dari data klimatologi pada periode yang panjang, katakanlah 20 sampai 40 tahun untuk memperhatikan pengaruh dari tahun ke tahun dan variabilitas menurut musim. Skematisasi sistem input dan output data dalam simulasi model Drainmod dapat dilihat pada Gambar 18

Simulasi komputer model DRAINMOD terdiri dari model simulasi DRAINMOD dan sejumlah program pendukung. Secara skematis seperti terlihat

pada Gambar 14. Direktori DRAINMOD dibagi ke dalam beberapa subdirektori, yaitu:

- *Models* - subdirektori yang berisi file yang dapat dieksekusi dan program-program pendukung yang lain;
- *Inputs* - subdirektori yang berisi file input umum untuk simulasi;
- *Outputs* - subdirektori yang berisi file output;
- *Weather* - subdirektori yang berisi file input cuaca;
- *Crops* - subdirektori yang berisi file input tanaman; dan
- *Soils* - subdirektori yang berisi file input tanah.



Gambar 18 . Komponen input dan output dalam simulasi computer model DRAINMOD (Yang, 2007)

- **Analisis kehandalan Model Drainmod**

Untuk menilai sebuah computer model adalah baik sangat subyektif (Anderson dan Woessner 1992). Oleh karena itu kriteria statistik diperlukan untuk menilai secara kuantitatif (Vàzquez et al., 1999). Oleh karena itu untuk melihat kehandalan model DRAINMOD digunakan analisis statistik dengan tujuan utama adalah membandingkan data simulasi komputer model dengan data pengukuran lapangan. Model dikatakan handal bila hasil simulasi mendekati data pengukuran lapangan. Sebagai alat uji adalah dilakukan perhitungan, nilai

kesalahan mutlak (*absolute error*), RMSE (*root mean square error*), efisiensi model, dan uji korelasi (r^2).

Rata-rata kesalahan mutlak (*Mean Absolute Error*) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n \{(O_i - P_i)\}}{n} \quad [9]$$

dimana O_i adalah data pengamatan lapangan (*observed*) dan P_i adalah data hasil simulasi komputer (*predicted*) dan ND adalah jumlah data.

Untuk perhitungan nilai rata-rata dari akar kesalahan (*Root Mean Square Error /RMSE*) digunakan persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad [10]$$

Dimana \bar{O} adalah nilai rata-rata dari akar kesalahan selama periode waktu (1 sampai n). Nilai RMSE memiliki nilai minimum 0,0, dimana model terbaik akan menghasilkan nilai mendekati 0.

Perhitungan efisiensi model (*Model Efficiency/EF*) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \hat{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \hat{O})^2} \quad [10]$$

Nilai EF (efisiensi model) berada pada kisaran negative tak terhingga sampai 1 (satu), nilai positif mendekati angka 1 menunjukkan model memiliki kehandalan

yang tinggi. Sebaliknya jika model memiliki nilai negative maka model tersebut tidak bias diterima (buruk). Kondisi ini terjadi karena hasil simulasi sangat jauh berbeda dengan hasil pengukuran lapangan.

Sementara itu untuk melihat apakah model menghasilkan angka yang lebih tinggi overestimates atau sebaliknya digunakan uji statistic Koefisien Nilai Residu (*Coefficient of Residual Mass/CRM*). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n O_i \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad [11]$$

Nilai CRM memiliki nilai maximum 1.0. jika nilai CRM adalah negative maka model menunjukkan hasil lebih tinggi (overestimates).

Faktor yang paling penting adalah uji korelasi atau keterikatan, antara data hasil simulasi model dengan pengamatan lapangan. Jika nilainya hampir sama maka model akan handal. Untuk itu digunakan analisis korelasi (*Goodness of Fit* (R^2))

$$R^2 = CC^2$$

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \hat{O})(P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \hat{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - P)^2}} \quad [12]$$

dimana CC adalah perhitungan dari hubungan antara dua set data ($-1.0 < CC < 1.0$, $0.0 < CC^2 < 1.0$) dimana P adalah rata-rata nilai prediksi (simulasi) selama periode waktu (1 to n). R^2 memiliki nilai dari 0,0 to 1.0 menunjukkan kekuatan

hubungan bila halinya mendekati nilai 1 berdasarkan teoril regresi linier.kondisi ini dikenal dengan (keerantan yang kuat) goodness of fit (Shahin et al., 1993; Legates & McCabe, 1999; Vázquez et al., 1999)

Selanjutnya Untuk melihat berbagai skenario tersebut di atas dalam hubungannya dengan muka air tanah yang diinginkan tanaman maka dilanjutkan dengan simulasi komputer. Dari simulasi komputer juga dihasilkan sistem jaringan drainase yang paling baik untuk di level tersier. Operasi buka tutup pintu juga akan dilihat pengaruhnya dalam simulasi komputer model.

- **Perancangan Skenario Pengelolaan Air, Simulasi Komputer dan Adaptasi Model DRAINMOD**

Adapun rancangan skenario yang mungkin dapat disusun adalah sebagai berikut (Tabel 5). Untuk lahan tipe basah (A) hanya ada dua kemungkinan skenario pengelolaan air yaitu pembuangan maksimum (*conventional drainage*). Struktur hidroulik akan berfungsi menahan air pasang sehingga input utama dari curah hujan. Hanya saja karena muka air tanah awal (*initial water level*) sangat dangkal dan zone perakaran tanah sudah jenuh maka penambahan air hujan akan membuat lahan tergenang.

Pengendalian muka air terjadi bila memasuki musim tanam kedua dan menanam palawija (MT3). Dimana selain dari hujan ada suplai air dari irigasi pasang. Sementara untuk lahan tipe C kering lebih ada tiga rencana skenario pengelolaan yaitu drainase terkendali yaitu dengan menahan air dan kombinasi dengan pencucian lahan, pembuangan air maksimum selama tidak ada tanaman untuk membuang seluruh zat berbahaya. Dan potensi ketiga adalah peluang irigasi pompa untuk tanaman berumur pendek.

Tabel 5. Rancangan strategi operasi pengelolaan air di petak tersier pada dua kondisi lahan basah dan kering di daerah reklamasi rawa pasang surut

Rancangan skenario	Tujuan Pengelolaan Air (<i>Water Management Objective</i>)		Komputer Simulasi DRAINMOD
	Lahan basah (tipe A)	Lahan Kering (tipe C)	
Skenario A	Pembuangan air berlebih (<i>Maximum drainage</i>)	Pengendalian muka air tanah (<i>Control drainage</i>) <ul style="list-style-type: none"> • Penahanan air • Pencucian dan pengelontoran saluran 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungsi sifat tanah (soil retention) • Fungsi keterhantaran hidroulik tanah • Fungsi dari curah hujan • Fungsi dari Waktu dan pola tanam • Tanaman padi dan jagung
Skenario B	Pengendalian muka air tanah pada musim kemarau (<i>Control drainage</i>)	Pembuangan air (drainase maksimum) di masa tidak ada tanaman sampai masa pengolahan tanah	<ul style="list-style-type: none"> • Fungsi sifat tanah (soil retention) • Fungsi keterhantaran hidroulik tanah • Fungsi dari curah hujan • Fungsi dari Waktu dan pola tanam • Tanaman padi dan jagung

Kondisi air pasang dan curah hujan harian juga akan dianalisis untuk mendapatkan peluang pola tanam yang mungkin dilaksanakan di dua tipe lahan. Sementara itu nilai status muka air akan dikaitkan dengan keberadaa lapisan sulfat masam untuk melihat potensi berapa lama lahan mengalami oksidasi dan mula kapan lahan bisa dilakukan pencucian. Kombinasi-kombinasi inilah yang akan dijadikan dasar penyusunan skenario pengeloaan air.

Sebelum melakukan evaluasi dari beberapa skenario pengelolaan air terpilih maka terlebih dahulu dilakukan kalibrasi penggunaan komputer model

DRAINMOD. Beberapa input data terutama data tanah dan parameter sistem drainase akan disimulasikan sehingga didapat data hasil simulasi mendekati data pengukuran lapangan. Bila kondisi ini tercapai maka komputer model DRAINMOD bisa dijadikan sebagai alat (*tools*) untuk mengevaluasi kinerja dari masing-masing skenario terpilih.

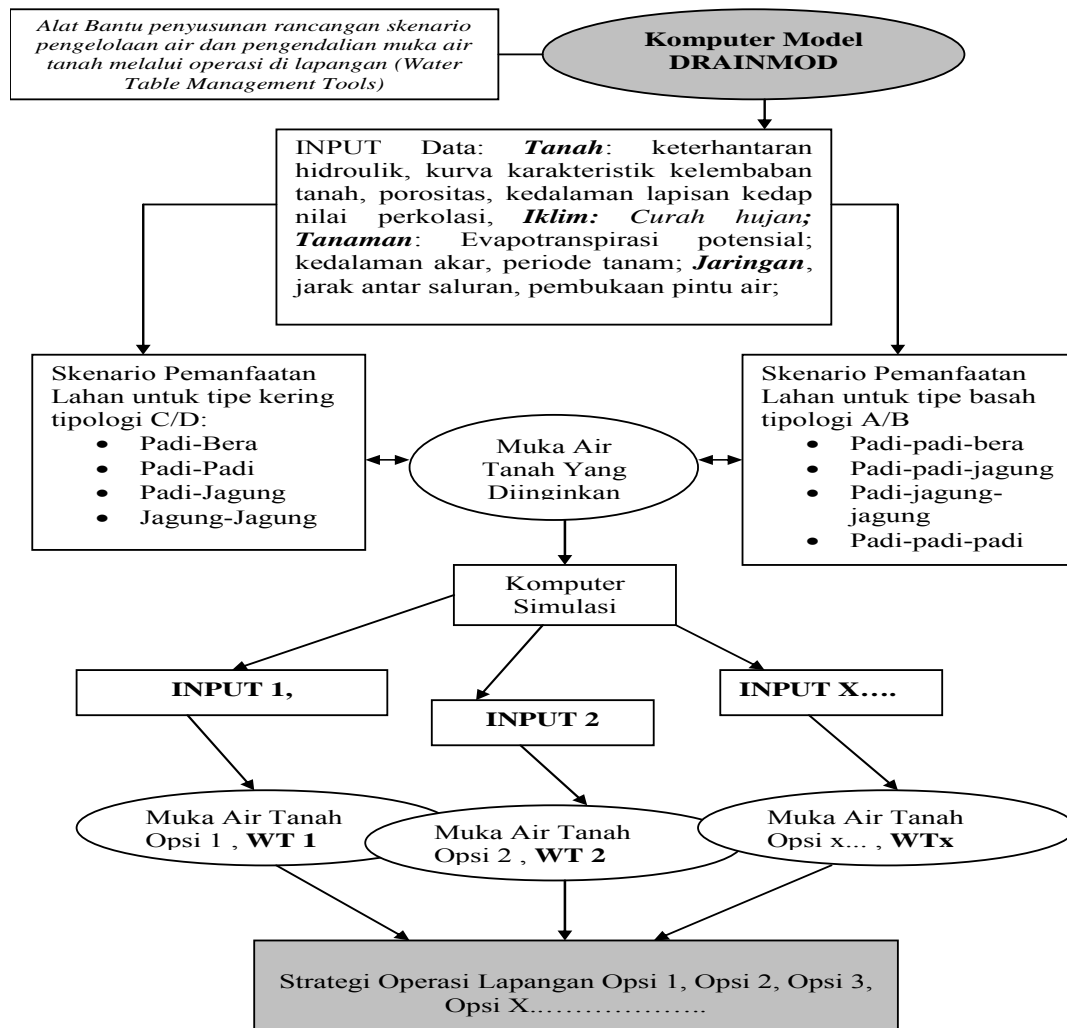
Input data yang harus tersedia untuk keperluan kalibrasi dan simulasi komputer model DRAINMOD dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Input Data DRAINMOD

No	Input Data	Unit (dimensi)
1	Karakteristik Tanah <ul style="list-style-type: none"> • Kadar air tanah jenuh • Kadar air titik layu • Bobot isi tanah • Kandungan Bahan Organik • Keterhantaran hidrolis tanah (lateral) 	$\text{Cm}^3 \text{ Cm}^{-3}$ $\text{Cm}^3 \text{ Cm}^{-3}$ gr cm^{-3} % m hari^{-1}
2	Parameter sistem drainase <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman drainase • Jarak antar saluran • Kedalaman lapisan kedap • Radius drainase efektif • Simpanan permukaan 	m m m m mm
3	Parameter Kontrol Drainase <ul style="list-style-type: none"> • Musim hujan : set bukaan pintu air 40 cm • Musim kemarau: set bukaan pintu air 50 cm 	Cm Cm
4	Parameter Tanaman <ul style="list-style-type: none"> • Rencana waktu tanam • Lama waktu tanam • Lama masa pertumbuhan tanaman • Maksimum kedalaman efektif akar • Input pemupukan • Waktu aplikasi pupuk • Kedalaman efektif pengaruh serapan pupuk 	Juni 7 hari 90 hari 130 cm 150 kg/ha 20 cm

Bagan alir dalam proses pengujian beberapa skenario pengelolaan air dalam simulasi komputer DRAINMOD dapat dilihat pada Gambar 19 Untuk

analisis kebutuhan air tanaman sangat dipengaruhi oleh fase pertumbuhan tanaman. Kondisi ini menyebabkan rencana pengelolaan air pada masing-masing fase tersebut berbeda (Tabel 2). Sementara itu untuk tanaman palawija seperti jagung, perhatian utama dalam pengelolaan air di lahan usaha tani adalah drainase dan pengendalian muka air tanah.



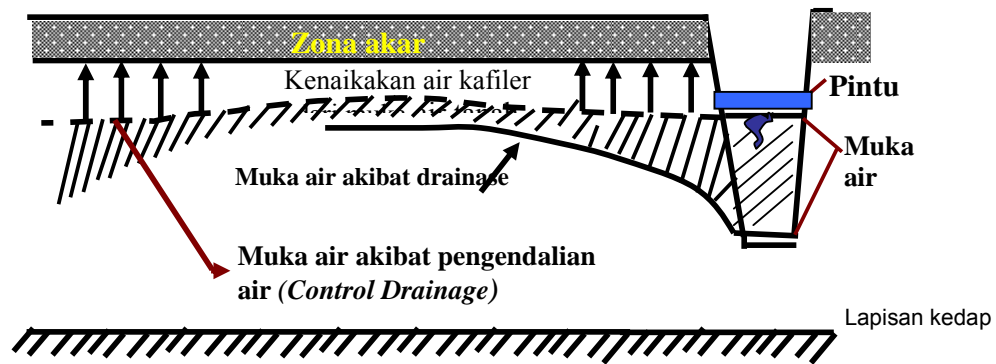
Gambar 19. Diagram alir penyusunan operasi pengendalian muka air dalam DRAINMOD

Tabel 7. Tujuan pengelolaan air untuk budidaya padi dan jagung di rawa pasang surut untuk masing-masing fase pertumbuhan tanaman.

Fase Pertumbuhan Tanaman	Tujuan pengelolaan air Tanaman Padi	Tujuan pengelolaan air Tanaman Jagung
Pengolahan tanah	Pembajakan: tanah dibawah kapasitas jenuh lapang Penjenuhan : genangan 0 – 5 cm Perataan : genangan 5 cm	Muka air tanah diturunkan sampai kedalaman 40-50 cm agar tanah berada pada kapasitas lapangan untuk lahan bisa di olah
Pembibitan	Tanah jenuh air / tidak ada penggenangan	Pengendalian muka air tanah pada kedalaman 30-40 cm. Tanah harus berada pada kapasitas lapang tdak boleh jenuh
Pertumbuhan vegetatif	genangan 5 – 10 cm, pergantian air, keluarkan air pada waktu pemupukan	Muka air tanah diturunkan sampai kedalaman 40-50 cm, kecuali pada areal dimana lapisan pirit berada dibawah 50 cm
Pertumbuhan reproduktif	genangan 5 – 10 cm, pergantian air, keluarkan air pada waktu pemupukan	Muka air tanah diturunkan sampai kedalaman 40-50 cm
Tahap pematangan	Tanah dalam kondisi jenuh sampai kapasitas lapang	Tidak perlu pengendalian muka air, muka air tanah dibiarkan turun secara alami

Sumber: Suryadi (1996).

Untuk melihat skenario pengelolaan air di masing-masing areal contoh (tipe areal basah A/B dan kering C/D) yang telah disusun maka akan dilakukan kajian lapangan bersama-sama petani. Salah satu indikator pengamatan adalah monitoring fluktuasi muka air tanah harian dan pertumbuhan tanaman. Model operasional pengelolaan air meliputi aspek operasi pintu air, peningkatan jaringan tata air mikro. Ilustrasi pola pengendalian air di lapangan melalui operasi pintu air dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Profil muka air tanah diantara dua saluran tersier akibat pengaruh operasi pintu air.

Pengujian lapangan dilakukan pada lahan dengan melibatkan petani setempat untuk operasi pintu dan perbaikan tata air. Percobaan lapangan dilakukan pada Musim Tanam I, (padi) dan atau Musim Tanam II (padi atau jagung) dan Musim Tanam III untuk tanaman jagung di lahan tipologi A. Luasan areal uji lapangan adalah minimal 0,5 ha (satu petak) dalam satu blok tersier.

Parameter yang diamati adalah kedalaman muka air tanah pada petak tersier, dan saluran tersier. Jadwal operasi pintu air, dan produksi tanaman. Tanaman jagung akan ditanam di petak tersier dengan terlebih dahulu membuat saluran.

Operasi pintu air juga diamati dan akan dihubungkan dengan perubahan muka air tanah dan saluran. Operasi pintu akan dilakukan sesuai fase pertumbuhan tanaman.

Aplikasi tata air mikro di petak tersier adalah lebih berfungsi sebagai pendukung upaya proses pencucian. Pembuatan tata air mikro dilakukan pada musim kemarau (Agustus). Dan proses pencucian dilakukan dari sejak awal musim penghujan. Monitoring kualitas tanah (pH dan kadar besi) dilakukan setiap hari. Bila kadar besi dan nilai pH telah mencapai angka toleransi tanaman maka

proses pencucian lahan dihentikan. Jumlah hari dan volume air yang digunakan dalam proses pencucian bisa dihitung untuk masing-masing areal contoh.

Didalam penyusunan rekomendasi pengelolaan air untuk masing-masing tipologi lahan A/B dan C/D dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor yaitu baik teknis maupun non-teknis. Adapun rancangan rekomendasi perbaikan tata air di daerah reklamasi rawa pasang surut adalah dapat disusun sebagai berikut (Tabel 8). Sementara itu rencana operasional pengelolaan air untuk tanaman padi akan dilakukan berdasarkan perbedaan tipologi lahan, ketersediaan bangunan air (prasarana jaringan) dan fase pertumbuhan tanaman.

Tabel 8. Rancangan Perbaikan Sistem Pengelolaan Air

Tipe Lahan	Potensi Lahan	Tujuan Utama Pengelolaan Air	Rekomendasi Perbaikan
Tipe A	Potensi Air Pasang sangat baik untuk irigasi	Pembuangan (Drainase)	<ul style="list-style-type: none"> • Pola Tanam: ...? • Waktu Tanam: .?
Tipe C/D	Potensi Air Pasang kurang, hanya untuk mempertahankan muka air, status air sangat tergantung pada curah hujan	Penahan air dan Drainase Terkendali	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe Bangunan Air: ..? • Peningkatan Jaringan Mikro? • Perbaikan kualitas Tanah? • Jadwal Operasi Pintu? • Jadwal pencucian?., • Arah Pemanfaatan Lahan?

7. Evaluasi Kontribusi Air Tanah Dalam Hubungannya Dengan Dinamika Kadar Air Tanah Di Zona Perakaran Tanaman

Analisis perhitungan kontribusi air tanah terhadap perubahan kadar air tanah dilakukan dengan pendekatan keseimbangan air tanah di daerah perakaran tanaman (Ghasemi *et al.*, 2003)

Berdasarkan Konsep keseimbangan Air Tanah maka laju perubahan kadar kelembaban tanah di daerah perakaran tanaman dapat digambarkan melalui persamaan sederhana keseimbangan air sebagai berikut:

$$\frac{\Delta MC}{\Delta t} = I + S - ET \quad [14]$$

dimana $\frac{\Delta MC}{\Delta t}$ adalah perubahan kadar air tanah (cm/d), I adalah laju perubahan infiltrasi tanah di bagian batas atas dari zona perakaran tanaman (cm/d), S adalah laju kenaikan dari bagian bawah (cm/d), dan ET adalah laju evapotranspirasi tanaman (cm/d)

Pada kondisi dimana muka air tanah dangkal

$$S = CR - D \quad [15]$$

dimana CR adalah laju kenaikan kafilir dari lapisan phreatik (cm/h) dan D adalah penurunan aliran dari zone perakaran tanaman (cm/h)

Pada kondisi lingkungan pertanian padi sawah, selama musim kering maka nilai D mungkin tidak perlu penekanan sebab parameter tersebut memiliki nilai yang kecil, ketika jumlah curah hujan umumnya sangat kecil. Selama musim kemarau, ketika tanaman palawija umumnya tumbuh, kondisi tanah dilapangan

berada dalam kondisi tidak jenuh. Dibawah kondisi tersebut, kenaikan kafiler lebih berperan dan oleh karenanya nilai S dapat dipertimbangkan sama nilainya dengan nilai CR, terutama untuk kebanyakan kasus.

Jumlah air terinfiltrasi kedalam perakaran tanaman I dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$I = R + IRR + DS - SR \quad [16]$$

dimana R adalah laju curah hujan (cm/h), IRR adalah laju irigasi (cm/h), DS adalah laju simpanan permukaan, dan SR aliran permukaan.

Nilai masing-masing parameter dalam persamaan (3), (4), and (5) dapat dicari dari literature kecuali nilai CR and SR. Nilai CR yang tergantung kepada jarak dari aliran kafiler dan tarikan matrik tanah dapat diestimasi menggunakan hukum Darcy dan dapat disajikan dalam persamaan (5)

$$CR = -k(h) \left(\frac{dh}{dz} + 1 \right) \quad [17]$$

dimana CR adalah kenaikan kafiler, $k(h)$ adalah keterhantaran hidroulik tanah tidak jenuh, h adalah tinggi tekanan, dan z adalah nilai kordinate secara vertical dari batas standar (datum).

Integrasi persamaan (6) menghasilkan persamaan

$$\int_{z_2}^{z_1} dz = \int_{h_1}^{h_2} \frac{-dh}{1 + \frac{CR}{k(h)}} \quad [18]$$

Dimulai pada kondisi muka air tanah pada level ($h=0$), ini memungkinkan dapat dihitung profil tekanan dengan kedalaman untuk berbagai nilai kenaikan kafil, CR. Hubungan antara parameter-parameter untuk jenis tanah liat berat di tanah sawah dapat dilihat pada Tabel 9.

Pada studi ini, nilai DS dan SR dapat diabaikan sebab dalam prakteknya memiliki nilai yang terbatas terutama pada periode musim kemarau. Nilai efektif curah hujan berdasarkan berbagai factor diantaranya lama dan intensitas curah hujan, penutupan tanaman, status kadar kelembaban tanah, dan kapasitas infiltrasi tanah.

Dengan mengetahui beberapameter fisik dalam persamaan (3) dan (4), keseimbangan air dari persamaan (5) dapat diselesaikan. Dan akan menghasilkan laju perubahan MC di daerah perakaran tanaman. Secara matematik, MC di ahir waktu dapat ditulis sebagai berikut:

$$MC_{(t+\Delta t)} = MC_{(t)} + \frac{\Delta MC}{\Delta t} \Delta t \quad [19]$$

dimana $MC_{(t+\Delta t)}$ adalah kelembaban tanah pada waktu $(t + \Delta t)$, $MC_{(t)}$ adalah kadar kelembaban tanah pada waktu t , $\Delta MC / \Delta t$ adalah laju perubahan kelembaban tanah, dan Δt adalah perubahan interval waktu.

Pada kondisi system drainase terbuka, Δz persamaan (7) akan tergantung tidak hanya pada kenaikan aliran tidak jenuh ke atas. (CR-D), akan tetapi terhadap perubahan pembuangan dari MC melalui proses drainase internal, q. Oleh karena itu persamaa (8) dapat ditambah menjadi,

$$\Delta z = \frac{2\Delta t \{q + (CR - d)\}}{MC_0 - MC_i} \quad [20]$$

Ahirnya, mka air tanah pada ahir waktu interval dapat dihitung sebagai berikut:

$$z_{(t+\Delta t)} = z_{(t)} + \Delta z \quad [21]$$

dimana $z_{(t+\Delta t)}$ adalah muka air tanah pada waktu $(t + \Delta t)$ dan $z(i)$ adalah kedalaman muka air tanah pada waktu t

Tabel 9. Jarak vertikal dari laju kafilartitas (CR) dalam hubungannya dengan potensial matrik dari tanah bertekstur liat berat pada tanah sawah.

Potensial matrik (cm)	Kenaikan kafilartitas (cm/h)							
	0.50	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.06	0.02
	Jarak vertical aliran, z (cm)							
20	4.7	5.5	6.7	8.6	10.0	12.0	14.3	17.6
50	7.9	9.5	11.7	15.5	18.5	23.1	29.0	39.8
100	9.4	11.3	14.1	19.0	23.0	29.5	38.7	60.1
250	10.4	12.6	15.5	21.6	26.5	34.6	47.0	82.2
500	11.0	13.3	16.8	23.0	28.4	37.5	51.7	95.9
1000	11.4	13.8	17.6	24.1	29.9	39.7	55.4	106.8
2500	11.8	14.3	18.2	25.1	31.1	42.5	58.5	116.1
5000	12.0	14.6	18.5	25.6	31.8	42.6	60.3	121.5
10000	12.2	14.8	18.8	26.0	32.4	43.5	61.8	125.6
16000	12.3	14.6	19.0	26.3	32.7	44.0	62.6	128.3

8. Membangun Informasi Spasial Zona Pengelolaan Air (ZPA)

- **Penentuan Unit Lahan**

Zona pengelolaan air ialah suatu rencana pemanfaatan unit lahan di daerah rawa pasang surut. Setiap zona/kawasan pengelolaan air meliputi suatu kawasan yang terletak dalam kendali suatu bangunan air pengendali dan letaknya di unit unit tersier, namun tidak menutup kemungkinan dapat direncanakan pada unit unit Sekunder.

Zona pengelolaan air sangat erat hubungannya dengan perencanaan tata guna lahan untuk persawahan atau perkebunan. Zona pengelolaan air dapat dinilai dengan menggunakan model keputusan seperti gambar dibawah ini.

Dalam setiap zona pengelolaan air hanya boleh ada satu saja rencana pengelolaan airnya. Rencana pengelolaan air terdiri dari instruksi untuk

pengoperasian lahan rawa yang bersangkutan. Dengan demikian zona pengelolaan air dibuat dengan cara menggabungkan informasi unit lahan dengan pemilihan tanaman yang dikehendaki di kawasan tersebut. Sabagai langkah awal dalam pemelitian ini adalah mengkuantifikasikan beberapa karakteristik lahan.

"Karakteristik lahan" merupakan atribut lahan yang dapat diukur atau diestimasi. Misalnya kemiringan, curah hujan, tekstur tanah, kapasitas air tersedia, biomasa vegetasi, dll. Sedangkan **"Kualitas lahan"** adalah kompleks atribut lahan yang mempunyai peranan spesifik dalam menentukan tingkat kesesuaian lahan untuk suatu penggunaan tertentu. Contohnya ketersediaan air, resistensi erosi, bahaya banjir, dan aksesibilitas. **"Kriteria diagnostik"** adalah suatu peubah yang mempunyai pengaruh tertentu terhadap hasil (atau input yang diperlukan) pada penggunaan tertentu, dan peubah ini juga berfungsi sebagai dasar untuk menilai kesesuaian suatu bidang lahan bagi penggunaan tersebut. Peubah ini bisa berupa kualitas lahan, karakteristik lahan, atau fungsi dari beberapa karakteristik lahan.

Ada lima tipe pemanfaatan lahan yang sangat berpengaruh terhadap kesesuaian lahan untuk setiap lahan serta mempunyai pengaruh yang menentukan terhadap pengendalian air dan lahan/tanah yang dapat dipakai untuk menetapkan kesesuaian unit lahan dalam kasus penelitian di delta Telang dan Saleh ialah :

- Persawahan yang membuang air hujan berlebih dan menahan air pasang
- Persawahan yang menggunakan irigasi pasang dan kombinasi dengan pembuangan hujan berlebih
- Persawahan yang menggunakan curah hujan dan dan penahanan air

- Tanaman palawija yang memanfaatkan sistem tadah hujan, rembesan air pasang,
- Tanaman palawija yang memanfaatkan air luapan pasang sebagai pengairan kombinasi dengan pembuangan (penahanan air pasang)

Untuk keperluan evaluasi lahan yaitu menentukan nilai potensial suatu lahan untuk tujuan tertentu dengan pemahaman tentang :

- Kemampuan lahan, yaitu potensi lahan atau kecocokan lahan -> untuk pertanian, tambak atau ternak.
- Kesesuaian lahan, sesuai peruntukan misalnya untuk padi sawah, palawija, tanaman keras.
- Kesesuaian lahan kuantitatif, ditentukan berdasarkan penilaian karakteristik kualitas lahan secara kuantitatif.
- Kesesuaian lahan kuantitatif, ditentukan berdasarkan kesesuaian pada tingkat kelas

Sebagai langkah awal dalam menyusun Zona Pengelolaan Air adalah dengan terlebih dahulu membuat Unit Lahan. Unit lahan adalah unit yang ditetapkan sesuai potensinya untuk pengembangan lahan pasang surut. Unit unit ini hanya khusus untuk lahan pasang surut saja dan untuk penelitian ini hanya dimasukkan Unit lahan yang berpotensi ada di daerah studi.

Tabel 10. Klasifikasi tingkat kesesuaian Lahan dalam Penentuan Zona Pengelolaan Air

Kode	Kelas	Keterangan
S1	Sesuai	Lahan sangat sesuai untuk penggunaan tertentu, & tidak mempunyai faktor pembatas yg berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan & produktifitas tanaman.
S2	Hampir sesuai	Lahan cukup sesuai untuk tipe penggunaan tetentu, faktor pembatas yang ada dapat berpengaruh terhadap produksi tanaman sehingga diperlukan tambahan masukan yang relatif rendah/ sederhana.
S3	Sesuai Marjinal	Lahan sesuai secara marjinal. Lahan mempunyai pembatas serius yang mempengaruhi produksi tanaman, sehingga diperlukan upaya perbaikan dengan teknologi rendah-tinggi.
NS	Tidak sesuai	Lahan mempunyai faktor pembatas yang sangat berat. Lahan termasuk tidak sesuai untuk penggunaan tertentu dan upaya perbaikan memerlukan teknologi/investasi tinggi
NA	Tidak dapat dikembangkan	Lahan yang tidak bisa dikembangkan untuk pertanian, biasanya lahan ini digunakan untuk tempat tinggal.

Cara penetapan pemanfaatan unit lahan dan zona pengelolaan air dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria penetapan satuan unit lahan

Unit Lahan	Padi sawah, irigasi pasang surut	Padi tadah hujan, irigasi pasang surut	Tanaman palwija	Kebun & tanaman pekarangan	Padi sawah irigasi pompa
	(TPL)	(TPL)	(TPL)	(TPL)	(TPL)
Unit Lahan I (Daerah irigasi pasang surut)	S1/N	NA	S3 ^{x)}	S3	NA
Unit Lahan II (Pirit, muck, salinitas, kedalaman drainase 30-60 cm)	S2/N	S3	S2	S3	S3/N
Unit Lahan III (Pirit, muck, salinitas, kedalaman drainase > 60 cm)	S3/N	S3	S2	S1	S3/N
Unit Lahan IV (Pirit, muck, salinitas, kedalaman drainase 30-60 cm)	NA	S2	S2	S3	S2
Unit Lahan V (Pirit, muck, salinitas, kedalaman drainase > 60 cm)	NA	S2	S2	S3	S2

nase > 60 cm)					
Unit Lahan VI (Tanah gambut, abu, total $\leq 25\%$)	N	N	S3/N	S2/S3	N
Unit Lahan VII (whitish, tanah kesuburan rendah, CEC ≤ 5 me/100gr)	N	N	S3/N	S3	N
Unit Lahan VIII (Tanah non Pirit, non salinitas, kedalaman drai- nase 30-60cm)	NA	S1	S3	S3	S1
Unit Lahan IX (Tanah non Pirit, non salinitas, kedalaman drainase > 60cm)	NA	S1	S3	S2	S1

-
- Dianggap bahwa palawija selalu ditanam dalam kombinasi dengan padi dalam unit perencanaan pemanfaatan lahan (ZPA)
 - Padi sawah dengan nilai S, hasilnya min. 2 ton/ha lebih tinggi daripada padi tadah hujan.

- **Rancang zona pengelolaan air.**

Zona pengelolaan air adalah unit unit perencanaan pemanfaatan lahan. Hal ini berarti bahwa definisi tersebut merupakan suatu kombinasi dari sifat sifat fisik lahan dan usul pemanfatan lahan seperti pada sawah irigasi pasang surut, padi tadah hujan, tanaman palawija, perkebunan atau pada irigasi pompa.

Kalau dipandang dari aspek kesesuaian lahannya saja, maka dapat saja terjadi bahwa untuk suatu unit lahan (umumnya petak tertier) sebagai berikut ;

- Sebagian dipakai untuk tanaman padi tadah hujan
- Sebagian lagi dipakai untuk perkebunan.

Untuk memudahkan pengelolaan air, maka harus dipilih salah satu saja dari kedua hal tersebut.

Dari beberapa komponen unit lahan dan tipe pemanfaatan lahan, maka ditetapkanlah 8 kelompok zona pengelolaan air di daerah rawa pasang surut sebagai mana disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 : Kelompok Zona Pengelolaan Air.¹

No.	Kelompok Zona Pengelolaan Air	Peruntukan/Penggunaannya
1	Kelompok I (Tanah gambut, Perkebunan)	Untuk perkebunan di lahan kelompok unit lahan VI padi bukan pilihan yang disarankan.
2	Kelompok II (Whitish, tanah kesuburan rendah, perkebunan)	Untuk perkebunan dilahan kelompok untuk lahan VII. Padi bukan pilihan yang diusulkan.
3	Kelompok III (Irigasi pasang surut, padi sawah)	Untuk padi sawah dilahan kelompok unit lahan I
4	Kelompok IV (irigasi pompa, tanah piritik, padi sawah)	Untuk padi sawah dilahan kelompok unit lahan IV dan V.*)
5	Kelompok V (irigasi pompa, tanah non piritik, padi sawah).	Untuk perkebunan dilahan kelompok unit lahan VIII, IX*)
6	Kelompok VI (kedalaman drainase > 60 cm perkebunan).	Untuk perkebunan dilahan kelompok unit lahan III,V, IX
7	Kelompok VII (tanah non piritik, padi tadah hujan)	untuk padi tadah hujan dilahan kelompok unit lahan VIII, IX, X*)
8	Kelompok VIII (tanah piritik, tanah muck, padi tadah hujan)	Untuk padi tadah hujan dilahan kelompok unit lahan II,III,IV,V *)

Ket :*) Untuk perkebunan dapat dibuat zona zona pengelolaan air (ZPA) ini, tetapi ditempat yang ditinggikan / dibuat sorjan, hal tersebut tak akan mempengaruhi operasi bangunan air di zona tersebut.

Untuk setiap zona pengelolaan air di buat bangunan air, saluran, dengan prosedur operasi dari bangunan airnya yang ditetapkan. Prosedur operasi ini

¹ Adrian L.J. van den Eclaart, land Units and Water Management Zones in Tidal Lands of Indonesia, tahun 1997.

disebut Rencana pengelolaan air. Jadi desain bangunan air dan saluran harus sedemikian hingga selalu dapat memenuhi rencana pengelolaan air tersebut.

Operasi harian dari jaringan reklamasi rawa ini untuk setiap zona pengelolaan air bagi padi akan tergantung kepada hal hal sebagai berikut :

- Zona pengelolaan air yang ditetapkan yang memperhitungkan perbedaan – perbedaan lokal.
- Tahap pertumbuhan dari tanaman padi
- Tahap dalam siklus pasang surut 14 hari
- Intrusi salinitas

Sedang operasi harian dari jaringan reklamasi rawa ini untuk setiap zona pengelolaan air bagi perkebunan akan tergantung kepada hal hal sebagai berikut:

- Zona pengelolaan air yang ditetapkan yang memperhitungkan perbedaan – perbedaan lokal.
- Tahap dalam siklus pasang surut 14 hari
- Curah hujan yang terjadi dalam beberapa hari terakhir.

Dalam merancang zona pengelolaan air tujuan utama dari operasi bangunan air dan saran pengelolaan tanahnya. Zona pengelolaan air adalah unit unit perencanaan pemanfaatan lahan. Hal ini berarti bahwa definisi tersebut merupakan suatu kombinasi dari sifat sifat fisik lahan dan usul pemanfaatan lahan seperti pada sawah irigasi pasang surut, padi tadah hujan, dan palawija.

Kalau dipandang dari aspek kesesuaian lahannya saja, maka dapat saja terjadi bahwa untuk suatu unit lahan (umumnya petak tertier) sebagai berikut ;

- Sebagian dipakai untuk tanaman padi tadah hujan
- Sebagian lagi dipakai untuk perkebunan.

Oleh karena dalam pembuatan zona pengelolaan air tidak bisa hanya berdasarkan konsep kesesuaian lahan saja. Untuk memudahkan pengelolaan air, maka harus dipilih salah satu saja dari kedua hal tersebut.

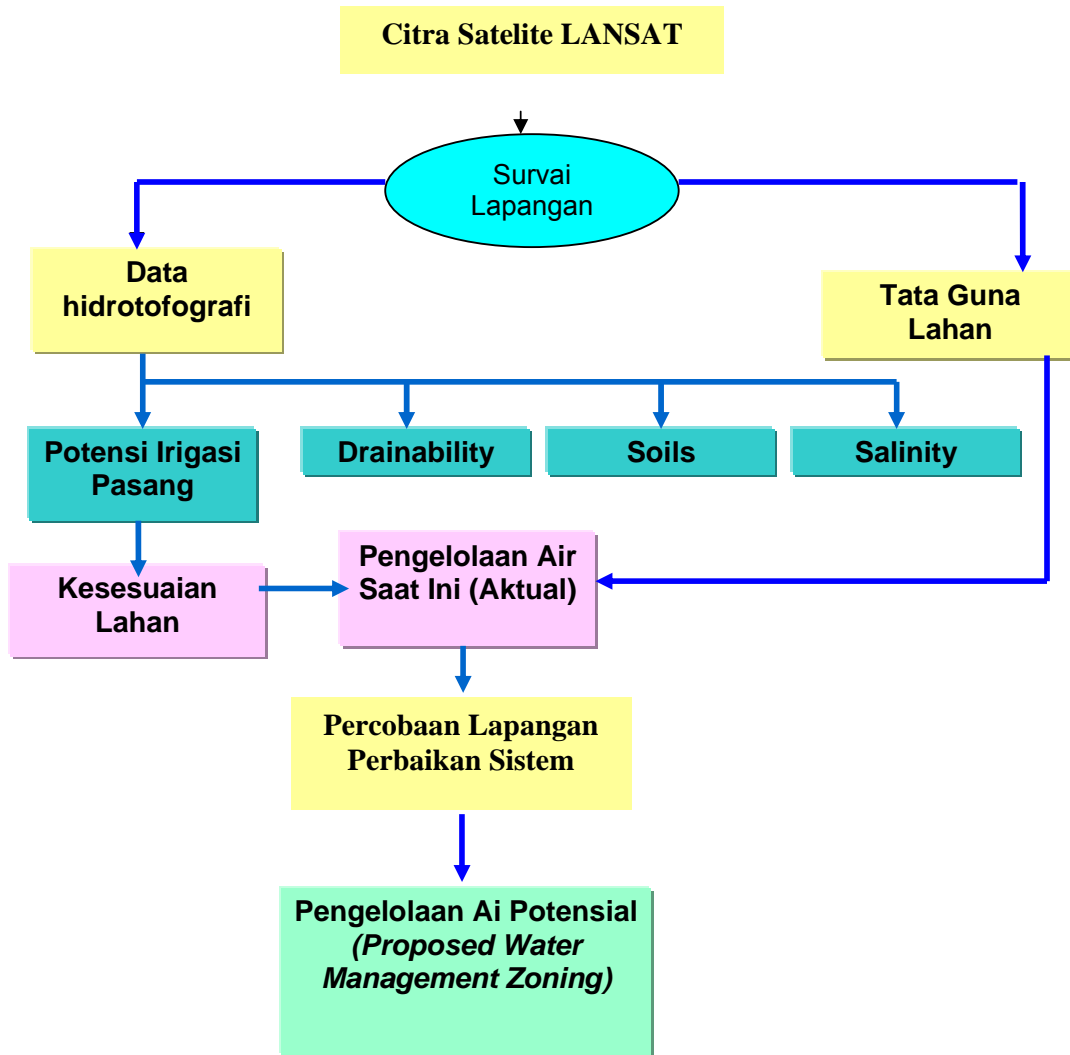
Adapun sifat dan operasi bangunan air dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 13 : Tipe dan sifat operasi bangunan air dilahan rawa pasang surut

No	Deskripsi	Sifat	Keterangan
1	Jika bangunan airnya terbuka		Pengaruh pasang surut maksimum
2	Jika hanya pintu klep yang dipakai		Drainase maksimum
3	Jika pintu klep dibalik atau bangunan air dibuka pada saat pasang besar.		Ketersediaan air maksimum
4	Jika stoplog dipakai dan ada pengaliran tetap diatas stoplog ini dengan pintu atau tanpa pintu kelep dan pintu2 sorong.	Maka Sifat operasinya disebut	Drainase terkendali (leaching)
5	Jika pintu sorong ditutup atau mercu balok penutup lebih tinggi letaknya dari muka air dihilir bangunan air.		Penahanan air maksimum
6	Jika bangunan air dioperasikan guna mendapatkan drainase maksimum untuk 2 hari sebelum pasang maksimum dan di operasikan guna mendapatkan ketersediaan air maksimum satu hari pada saat pasang maksimum.		Pembilasan maksimum

Teknologi GIS digunakan untuk menganalisis beberapa karakteristik lahan, dengan teknik tumpang tindih satu sama lain (*overlay*). Sehingga didapatkan satuan unit lahan untuk kemudian disesuaikan dengan rencana pemanfaatan lahan. Dari rencana pemanfaatan lahan ini maka akan dihasilkan rekomendasi pengelolaan air pada masing-masing blok sekunder. Rancangan pengelolaan air ini didapat dari hasil adaptasi model DUFLOW-DRAINMOD di lapangan. Penggunaan citra satelit LANSAT TM7 adalah untuk memperbaharui

data penggunaan lahan (*landuse*). Untuk itu pemutakhiran data dilakukan dengan penggunaan CITRA LANSAT tahun 2008. vagan alir proses penyusunan zona pengelolaan air (ZPA) dengan teknologi GIS dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 21 . Bagan alir proses penyusunan Zona Pengelolaan Air

Selain itu karena dipengaruhi oleh status air pada musim hujan dan kemarau maka zona pengelolaan air harus ditentukan juga untuk setiap musim tanam. Berikut gambaran strategi pengelolaan air berdasarkan zona pengelolaan air.

Tabel 14 : Rancangan Kelompok Zona Pengelolaan Air di Areal Studi Telang dan Saleh

No.	Kelompok Zona Pengelolaan Air	Peruntukan/Penggunaannya
1	Kelompok III (Irigasi pasang-retensi air)	Untuk padi sawah irigasi pasang surut dilahan kelompok unit lahan I, kedalaman air tanah dibawah 30 cm
2	Kelompok VIII (irigasi pasang kombinasi dengan Pembuangan)	Untuk padi sawah tadah hujan-palawija drainase 30-60 cm
3	Kelompok VIII (retensi air hujan, dan air pasang)	Untuk padi-pawija/tanaman keras drainase > 60 cm

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

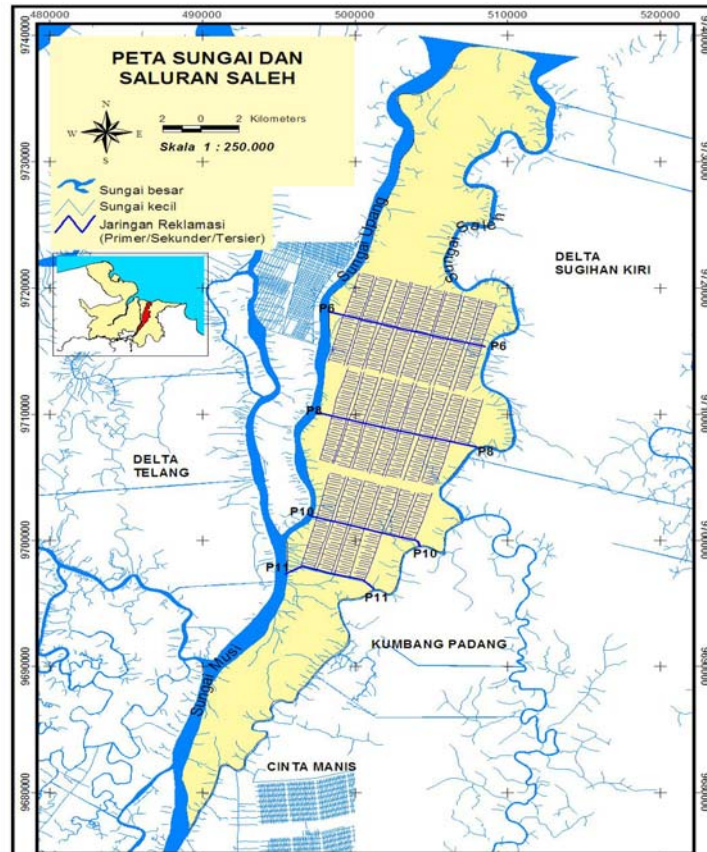
A. Karakteristik Fisik dan Usahatani Areal Studi Penelitian

1. *Delta Saleh*

Delta Saleh adalah daerah pasang surut yang memiliki potensi pertanian. Luas total Delta Saleh sebesar 19.780 hektar, luas lahan sawah sebesar 11.077 hektar dan lahan lain-lain sebesar 8.703 hektar Gambar 22. Lahan desa merupakan lahan pasang surut yang sudah direklamasi.

Areal Reklamasi Delta Saleh termasuk ke dalam kelas Iklim Agroklimat C1 menurut klasifikasi Oldeman dengan suhu rata-rata bulanan 32 °C dan rata-rata curah hujan tahunan sebesar 2500-2800 mm. Musim hujan terjadi dari bulan Oktober sampai dengan bulan April, sedangkan musim kemarau dari bulan Mei sampai September. Pada musim kemarau, curah hujan relatif rendah dan kurang efektif untuk memenuhi kebutuhan air tanaman (Gambar 23). Masalah kekurangan air segar ini bertambah dengan masuknya air laut/asin saat pasang terjadi.

Karakteristik tanah di lahan dengan kelas hidrotografi C dicirikan oleh kondisi sifat fisik tanah yang belum matang, ruang pori total tinggi, porositas tinggi, serta tekstur tanah ringan dibagian atas (0-30) cm dan sedang untuk kedalaman (30-60) cm. Daya hantar hidrolis tanah berkisar 6-9 cm/jam. Kondisi ini menyebabkan kehilangan air di lahan ini sangat tinggi. Pada lahan ini juga belum terbentuk lapisan kedap karena intensitas pengolahan tanah masih rendah.



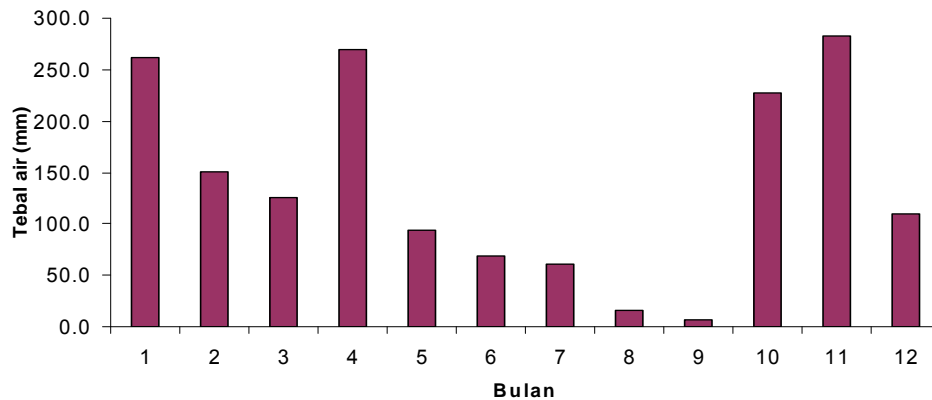
Gambar 22. Peta jaringan reklamasi rawa delta Saleh.

Area studi ini secara hidrologis berada pada kawasan estuari Sungai Sugihan, Sungai Kumbang dan Sungai Saleh. Pasang surut harian lebih disebabkan akibat dari pengaruh pasang surut laut dibandingkan akibat dari fluktuasi debit sungai dan curah hujan.

Berdasarkan kemampuan air pasang meluapi daratan, lahan pasang surut Delta Saleh pada umumnya termasuk kedalam tipe luapan C, yaitu tidak terluapi baik pada saat pasang besar maupun pada saat pasang kecil. Kondisi ini berarti lahan tidak dapat terluapi air pasang secara reguler, akan tetapi air pasang masih mempengaruhi muka air tanah. Air yang ada lebih banyak bersumber dari

curah hujan, karena air pasang tidak bisa masuk ke lahan sehingga lahan bersifat tadah hujan.

Secara rinci karakteristik fisik lingkungan lahan di Delta Saleh dapat dilihat belum matang, pada Tabel 15. Secara umum kondisi tanah tegolong belum matang, tekstur ringan dicirikan dengan bobot isi tanah kurang dari 1 gr/cm³. Akibatnya tanah memiliki keterhantaran hidroulik yang cukup cepat sehingga kehilangan air cukup tinggi. Dilihat dari potensi pengairan adalah rata-rata muka air pasang di saluran sekunder masih dibawah 2 MDPL, ini artinya potensi suplai untuk pemenuhan air di petak tersier tidak bisa dilakukan melalui air pasang, karena ketinggian rata-rata permukaan tanah (2,1) MDPL. berada diatas muka air pasang.



Gambar 23. Distribusi hujan bulanan di Delta Saleh

Tabel 15. Karakteristik fisik dan hidologi Areal Studi Delta Saleh

No	Karakteristik Lahan	Nilai
1	Ketinggian Permukaan Tanah Rata-rata di Petak Tersier	2,1 MDPL
2.	Sifat Fisik Tanah	
	• Tekstur lapisan atas (0-30)	Lempung; pasir 32,9%; debu 42,5% dan liat 24,5%
	• Tekstur lapisan bawah (30-60)	Liat berlempung: pasir 23,3; debu 43,18%, dan 33,5 % liat
	• Retensi Air Tanah (0-30)	
	Kadar air jenuh	50,7 %
	Kapasitas lapang	39,4 %
	Titik layu permanen	23,4 %
	• Retensi Air Tanah (30-60) cm	
	Kadar air jenuh	50,8 %
	Kapasitas lapang	39,6 %
	Titik layu permanen	23,6 %
	• Bobot isi (0-30)	
	(30-60)	0,85 gr/cm ³
	• Ruang pori total (0-30)	0,94 gr/cm ³
	(30-60)	67,1%
	• Nilai keterhantaran hidroulik tanah	64,5%
	Lapisan 1 (0-30) cm	8,63 cm/jam
	Lapisan 2 (30-60) cm	6,29 cm.jam
3.	Muka Air Tanah di Petak Tersier	
	• Rata-rata musim hujan	-3,7 cm <permukaan tanah
	• Maksimum musim hujan	tanah
	• Minimum musim hujan	11 cm >permukaan tanah
	• Rata-rata musim kemarau	-29 cm < permukaan tanah
	• Maksimum musim kemarau	tanah
		-62,8 cm <permukaan tanah
		-104 cm <permukaan tanah
4.	Muka Air Tanah di Saluran Tersier Luar	
	• Maksimum musim hujan	1,8 mdpl
	• Minimum musim hujan	1,2 mdpl
	• Maksimum musim kemarau	1,4 mdpl
	• Minimum musim hujan	1,1 mdpl
	Muka Air Tanah di Saluran Tersier Dalam	
	• Maksimum musim hujan	1,9 mdpl

	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum musim hujan • Maksimum musim kemarau • Minimum musim hujan 	1,2 mdpl 1,3 mdpl 1,1 mdpl
5.	Muka Air Tanah di Saluran Sekunder <ul style="list-style-type: none"> • Maksimum musim hujan • Minimum musim hujan • Maksimum musim kemarau • Minimum musim hujan 	2,1 mdpl 0,6 mdpl 1,7 mdpl 0,5 mdpl
6	Kedalaman Lapisan Firit	55-70 cm < permukaan tanah
7	Curah hujan <ul style="list-style-type: none"> • Curah hujan maksimum harian • Curah hujan maksimum bulanan • Curah hujan tahunan 	86-90 mm/hari 348 mm/bulan 1.538 mm/tahun

Prasarana jaringan reklamasi yang ada di Desa Srimulyo meliputi Saluran Primer (2.000 m), saluran Sekunder (32.000 m), saluran Tersier (54.400 m). Jaringan reklamasi ini di buat oleh Pemerintah pada saat pembukaan daerah pasang surut (Delta Saleh) menjadi pemukiman transmigrasi pada tahun 1981. Data informasi jaringan tata air dapat dilihat pada Tabel 16. Di Desa Sri Mulyo Blok sekunder (P10-2S), SPD dilengkapi dengan pintu ulir yang masih berfungsi dengan baik, sedangkan di SDU juga dilengkapi dengan chek dam, sehingga pengaturan air bisa berjalan dengan baik. Kondisi SPD dan SDU sudah mengalami rehabilitasi sehingga fungsi pengaliran sudah optimal.

Saluran tersier di (P10-2S) berjumlah 17 pada masing-masing blok sekunder, baik di saluran ini telah dilengkapi dengan pintu fiber glas. Operasi tata air di tingkat tersier masih menemui kendala karena pintu air banyak tidak berfungsi dikarenakan masih banyak yang bocor dan ukuran pintu terlalu besar sehingga sulit digerakan oleh energi aliran air.

Tabel 16. Karakteristik sistem jaringan tata air di delta Saleh

No	Tingkat Jaringan	Karakteristik sistem jaringan	Keterangan
1	Level Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • Saluran Tersier dengan Panjang 800 m, rata-rata lebar atas 2,3 m, lebar bawah 0,6 m dan ketinggian dasar saluran 1,1 mdpl. • Saluran kuarter banyak yang belum dibuat • Pintu air kelep, kurang berfungsi 	Fungsi pengaliran terhambat, banyak ditumbuhi rumput
2	Level Sekunder	<ul style="list-style-type: none"> • Saluran Sekunder panjang 3800 m, memiliki lebar atas rata-rata 21,1 m; lebar bawah 3,9 m, dan ketinggian dasar saluran 0,32 mdpl. • Pintu air tipe ulir kombinasi pintu kelep, masih berfungsi 	Fungsi pengaliran baik

Secara umum bertanam padi pada Musim Tanam I dilakukan pada bulan Oktober dan panen pada bulan Februari/Maret, sedangkan Untuk Musim Tanam II sampai sejauh ini belum banyak dilakukan. Karakteristik sistem usaha tani di Delta Saleh dapat dilihat pada Tabel 17.

Usahatani yang dilakukan di areal studi yang semula masih berorientasi pada tanaman padi, sekarang sebagian petani mencoba beralih ke budidaya tanaman keras (karet). Kondisi ini disebabkan karena produksi padi masih belum optimal disamping itu juga indeks pertanaman baru bisa dilakukan satu kali. Sehingga petani merasa belum cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup bila hanya mengandalkan dari tanaman padi. Potensi Pola yang bisa dilakukan adalah padi dengan waktu tanam bulan November dan panen Januari/Februari (Tabel 18). Pengolahan tanah bisa dimulai pada bulan Oktober, waktu sebulan untuk persiapan lahan diharapkan juga cukup untuk pencucian lahan.

Tabel 17 . Karakteristik sistem usaha tani di Delta Saleh

No	Komponen Usaha tani	Delta Saleh
1.	Potensi pola Tanam	Padi-jagung (IP 200)
2	Teknologi Penyiapan lahan	Semi-mekanis
3	Periode Tanam	
	• Musim Tanam Pertama	November-Februari
	• Musim Tanam Kedua	Maret-Mei
4	Aplikasi pemupukan dan ameliorasi	
	• pengapuran	1,5-2,0 ton/ha
	• Pupuk nitrogen	100 kg/ha
	• Pupuk fosfor	50 kg/ha
	• Pupuk Kalium	0
6	Tujuan utama pengelolaan air	Penahanan air

Tabel 18. Potensi Pola Tanam di lahan pertanian rawa pasang surut tipologi C

Jenis tanaman	Bulan												
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Padi	/											/	
Jagung						/							
							/						

Sementara itu untuk tanaman palawija seperti Jagung waktu tanam bisa dimulai pada bulan April atau Mei. Waktu tanam terbaik sebetulnya bulan April. Namun kendalanya adalah pada bulan April kondisi tanah masih jenuh air sehingga di petak tersier diperlukan saluran drainase. Agar tidak terjadi kelebihan pembuangan maka konsep saluran adalah rapat dan dangkal. Namun kadang-kadang kondisi ini tidak disukai petani. Seringkali dilapangan petani lebih memilih

menggeser waktu tanam menjadi bulan Mei, mendugu muka air tanah turun. Akibatnya seringkali tanaman mengalami stress air memasuki fase pertumbuhan generatif.

2. Delta Telang I

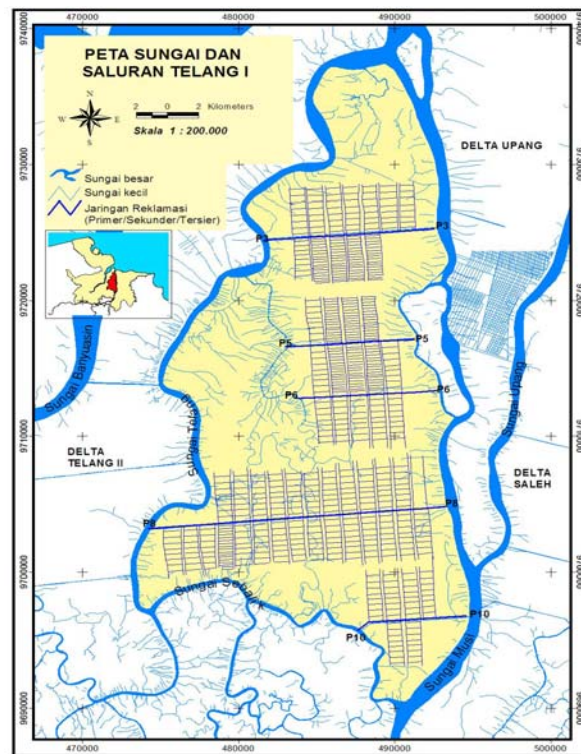
Secara Geografis Daerah Telang I terletak pada 02°29' sampai 02° 48' LS dan 104° 30' sampai 104°52' BT. Secara umum Telang I terletak di sebelah Utara berbatasan dengan Selat Bangka, sebelah Selatan berbatasan dengan Sungai Sebalik, sebelah Timur dengan Sungai Musi dan sebelah Barat berbatasan dengan Sungai Telang I (Gambar 24).

Secara hidrologis daerah Telang I merupakan daerah pasang surut yang dikelilingi oleh sungai-sungai. Wilayah sebelah timur berbatasan dengan Sungai Musi, sebelah barat berbatasan dengan sungai Telang, sebelah Selatan dengan Selat Bangka dan sebelah Utara berbatasan dengan Sungai Sebalik.

Tanah di daerah Telang I umumnya tergolong tanah liat rawa pasang surut dengan tanah organik pada bagian atas dan kedalaman agak dangkal, sampai agak dalam. Kedalaman lapisan pirit berada pada 80-100 cm dibawah permukaan tanah.. Pada tempat-tempat tertentu ditemukan juga tanah dengan kadar bahan organik yang masih tinggi. Kondisi terjadi akibat proses drainase lahan sebelumnya belum berjalan dengan baik. Tanah selalu tergenang akibatnya proses mineralisasi tanah terhambat.

Daerah penelitian Telang I, termasuk dalam iklim hujan tropis, yaitu kondisi panas dan lembab terjadi sepanjang tahun. Analisis data curah hujan menunjukkan bahwa daerah areal studi menurut Oldeman, terletak pada zone iklim pertanian C1, dengan 5 – 6 bulan berturut-turut musim hujan (>200 mm per

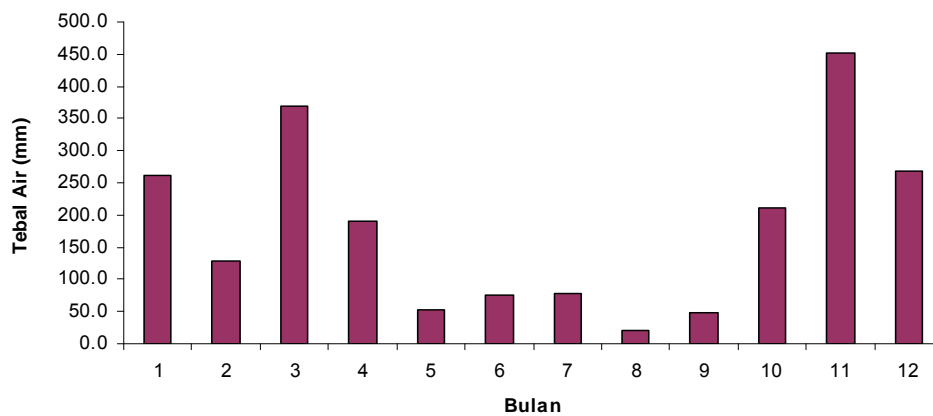
bulan) dan 1-2 bulan kering (<100 mm per bulan). Rata-rata curah hujan setiap tahunnya adalah 2.400 mm. Distribusi curah hujan sangat tidak beraturan dalam arti kadang-kadang hujan terkonsentrasi pada waktu tertentu, sementara diwaktu lain jarang terjadi hujan. Kondisi kering biasanya berlangsung beberapa minggu dan dapat terjadi baik pada musim hujan atau musim kemarau. Curah hujan terendah pada bulan Juni–Agustus dan tertinggi pada bulan Desember. Pola distribusi curah hujan dapat dilihat pada Gambar 14, menunjukkan bahwa curah hujan bulanan tertinggi juga terjadi pada bulan November yaitu sebesar 452 mm, sementara bulan kering terjadi dari mulai bulan Mei sampai dengan bulan September, dimana curah hujan berada kurang dari 100 mm. Ini artinya kebutuhan evapotranspirasi tanaman pada periode tersebut tidak bisa disuplai oleh curah hujan.



Gambar 24. Peta Jaringan reklamasi rawa pasang surut delta Telang I.

Secara umum tanah di areal studi Telang I pada lapisan pertama memiliki bobot isi antara 0,9-1,0 gr/cm³, dan 1,1-1,2 gr/cm³ untuk lapisan kedua. Hal ini menunjukkan bahwa tanah di areal studi ini cukup matang. Hasil analisis tekstur tanah menunjukkan bahwa pola distribusi kandungan liat meningkat dengan meningkatnya kedalaman. Secara umum lapisan pertama ditunjukkan dengan tekstur liat berdebu dan lapisan kedua adalah tekstur liat. Hal ini ditunjukkan juga dengan bobot isi lapisan 2 yang rata-rata lebih besar dari lapisan 1.

Dilihat dari sifat fisik tanah, kondisi tanah daerah telang relatif lebih baik, hal ini dicirikan dari tekstur tanah lapisan atas liat berlempung dan lapisan bawah liat. Kondisi ini berdampak pada lahan memiliki kapasitas menahan air yang lebih baik, sehingga air tanah bisa lebih lama tertahan. Peningkatan kualitas sifat fisik tanah ini terjadi karena pengolahan lahan di Delta Telang dilakukan lebih insentif sehingga proses pematangan tanah lebih cepat. Karakteristik sifat fisik dan kondisi hidrologis areal studi delta Telang I bisa dilihat pada Tabel 19.



Gambar 25. Distribusi hujan bulanan di Delta Telang I

Tabel 19. Karakteristik Fisik dan hidrologi Areal Studi Delta Telang I

No	Karakteristik Lahan	Nilai
1	Ketinggian Permukaan Tanah Rata-rata di Petak Tersier	1,2 MDPL
2.	<p>Sifat Fisik Tanah</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tekstur lapisan atas (0-30) • Tekstur lapisan bawah (30-60) • Kandungan C-organik (0-30) • Kandungan C-organik (30-60) • Retensi Air Tanah (0-30) Kadar air jenuh Kapasitas lapang Titik layu permanen • Retensi Air Tanah (30-60) cm Kadar air jenuh Kapasitas lapang Titik layu permanen • Bobot isi (0-30) (30-60) • Ruang pori total (0-30) (30-60) • Nilai keterhantaran hidroulik tanah Lapisan 1 (0-30) cm Lapisan 2 (30-60) cm 	<p>Liat berlempung , pasir 40,9%; debu, 31,08% dan liat 28,01%</p> <p>Liat: pasir 26, 73%; debu 25,57% dan liat 47,7%</p> <p>5,54%</p> <p>4,05%</p> <p>58,6%</p> <p>40,1%</p> <p>22,4%</p> <p>51,5%</p> <p>45,6%</p> <p>32,8%</p> <p>0,89 gr/cm³</p> <p>1,1-1,2 gr/cm³</p> <p>58,6%</p> <p>51,5%</p> <p>3,73 cm/jam</p> <p>2,58 cm/jam</p>
3.	<p>Muka Air Tanah di Petak Tersier</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rata-rata • Nilai maksimum musim hujan • Nilai minimum musim hujan • Nilai maksimum musim kemarau • Nilai minimum musim kemarau 	<p>1,2 cm > permukaan tanah</p> <p>24 cm > permukaan tanah</p> <p>-26 cm < permukaan tanah</p> <p>+15 cm</p> <p>- 51 cm</p> <p>-14 cm</p>
4.	<p>Muka Air Tanah di Saluran Tersier luar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maksimum musim hujan • Minimum musim hujan • Maksimum musim kemarau • Minimum musim kemarau • 	<p>1,7 mdpl</p> <p>0,6 mdpl</p> <p>1,4 mdpl</p> <p>0,5 mdpl</p>

	Muka Air Tanah di Saluran Tersier dalam <ul style="list-style-type: none"> • Maksimum musim hujan • Minimum musim hujan • Maksimum musim kemarau • Minimum musim kemarau 	1,6 mdpl 0,6 mdpl 1,3 mdpl 0,5 mdpl
5.	Muka Air Tanah di Saluran Sekunder <ul style="list-style-type: none"> • Maksimum musim hujan • Minimum musim hujan • Maksimum musim kemarau • Minimum musim kemarau 	1,68 mdpl 0,2 mdpl 1,48 mdpl -0.5 mdpl
6	Kedalaman Lapisan Firit	80-90 <permukaan tanah
7	Curah hujan <ul style="list-style-type: none"> • Curah hujan maksimum bulanan • Curah hujan minmum bulanan • Curah hujan tahunan 	452,5 mm 19,7 mm 2.011-2.157 mm

Hidrotopografi di areal penelitian didominasi oleh tipe A, dimana daerah itu memiliki kelebihan air dan muka air tanah yang tinggi. Drainase di daerah tipe A ini seimbang dengan air pasang yang masuk. Pada tipe A, muka air akan melebihi permukaan tanah khususnya pada musim penghujan. Air relatif tersedia sepanjang musim. Sehingga potensi tanam bisa dua kali padi.

Reklamasi delta Telang dimulai dengan pembuatan saluran primer yang menghubungkan dua sungai yaitu Sungai Musi dan Sungai Telang. Saluran primer berfungsi sebagai saluran utama pemberi air dari sungai juga difungsikan sebagai sarana transportasi air.

Tegak lurus dengan saluran primer terdapat saluran sekunder yang langsung berhubungan dengan saluran primer. Saluran sekunder dibagi menjadi dua macam yaitu Saluran Pengairan Desa (SPD) yang melintas pemukiman penduduk dan Saluran Drainase Utama (SDU) yang berada di perbatasan Lahan Usaha II. SPD berfungsi memasukkan air dari saluran primer kemudian diteruskan ke tersier pemberi kemudian ke lahan usaha tani, sedangkan SDU

berfungsi untuk membuang air yang berlebih dari lahan diteruskan ke tersier pembuang menuju SDU kemudian ke saluran Primer.

Untuk membawa air ke petakan lahan maka dibuatkan saluran tersier. Saluran tersier adalah saluran tegak lurus dengan saluran SPD atau SDU, pada desain awal saluran ini ada dua macam yaitu : Tersier yang disambungkan dengan SPD berfungsi sebagai saluran pemberi, kemudian tersier yang disambungkan dengan SDU yang berfungsi sebagai tersier pembuang air yang berlebihan di lahan usaha tani. Pada satu blok sekunder terdapat lebih kurang 17 saluran tersier. Secara umum karakteristik sistem jaringan di areal studi Delta Telang I dapat dilihat di Tabel 21.

Tabel 20. Karakteristik sistem jaringan tata air di delta Telang I

No	Tingkat Jaringan	Karakteristik sistem jaringan	Keterangan
1	Level Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • Saluran Tersier dengan Panjang rata-rata 850 m, rata-rata lebar atas 3,1 m, lebar bawah 1,5 m dan ketinggian dasar saluran 0,26 mdpl. • Saluran kuarter sudah dibangun panjang 100 m, lebar atas 80 cm, lebar bawah 50-60 cm, kedalaman 60-80 cm • Pintu air kelep, kurang berfungsi 	Fungsi pengaliran terhambat, banyak ditumbuhi rumput
2	Level Sekunder	<ul style="list-style-type: none"> • Saluran Sekunder panjang 3850 m, memiliki lebar atas rata-rata 19,3 m; lebar bawah 349 m, dan ketinggian dasar saluran -0,55 mdpl. • Pintu air tipe ulir kombinasi pintu kelep, masih berfungsi 	Fungsi pengaliran baik

Dari kajian lapangan dan evaluasi status air di lahan maka rancangan pola tanam yang mungkin dilakukan yaitu padi-padi-jagung. Namun saat ini yang paling bisa dilakukan adalah padi padi dengan waktu tanam bulan November dan panen Januari/Februari (Tabel 22). Pengolahan tanah bisa dimulai pada bulan Oktober, waktu sebulan untuk persiapan lahan diharapkan juga cukup untuk pencucian lahan.

Kondisi usaha tani petani di daerah Telang I dicirikan dengan memiliki lahan usaha tani seluas rata-rata 2,25 hektar, yang terdiri dari lahan pekarangan dan perumahan seluas 0,25 hektar, dan lahan usaha I seluas 1,0 hektar serta lahan usaha II seluas 1,0 hektar. Tanaman pangan utama yang diterapkan di lahan usaha tani adalah padi (pada musim hujan dimulai pada bulan September atau Oktober, panen bulan Februari atau Maret). Didaerah ini musim tanam kedua sudah biasa dilakukan. MT 2 dimulai pada bulan Maret. Bahkan melalui perbaikan sistem tata air potensi tanam MT 3 bisa dilakukan. Tabel 23. menunjukkan karakteristik kondisi usaha tani di Areal Studi Telang I.

Tabel 21. Potensi Pola Tanam di lahan pertanian rawa pasang surut tipologi A Telang I

Jenis tanaman	Bulan												
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Padi (MT1)	/			/								/	
Padi (MT2)			/										
Jagung (MT3)						/							

Sementara itu untuk tanaman palawija seperti Jagung waktu tanam bisa dimulai pada bulan Mei paling lambat bulan Juni. Keterlambatan waktu tanam biasanya bermasalah karena pada bulan Agustus biasanya sudah masuk air

asin. Praktis irigasi pasang tidak bisa dilakukan dan suplai air tanaman hanya mengandalkan dari air tanah.

Tabel 22. Karakteristik sistem usaha tani di Delta Telang I

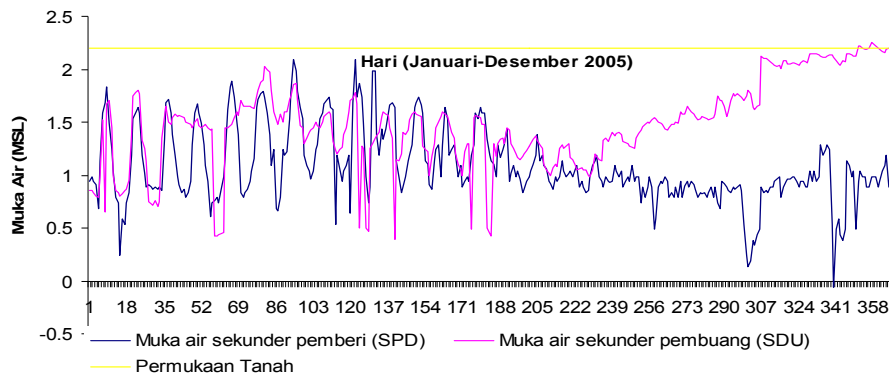
No	Komponen Usaha tani	Karakteristik
1.	Potensi pola Tanam	Padi-padi-jagung (IP 300)
2	Teknologi Penyiapan lahan	Semi-mekanis
3	Periode Tanam	
	• Musim Tanam Pertama	November-Februari
	• Musim Tanam Kedua	Maret-Mei
	• Musim Tanam Ketiga	Juni-Juli
No	Komponen Usaha tani	Karakteristik
4	Aplikasi pemupukan dan ameliorasi	
	• pengapuran	Tidak ada
	• Pupuk nitrogen	150 kg/ha
	• Pupuk fosfor	100 kg/ha
	• Pupuk kalium	50
5	Produksi	
	• Padi (MT1)	5,0-6,0 ton/ha
	• Padi (MT2)	2,0-3,0 ton/ha
	• Jagung (MT3)	3,1 ton/ha
6	Tujuan utama pengelolaan air	Pembuangan/Drainase

B. Analisis Potensi Pasang Surut sebagai Suplai Air (Suplesi) dan Pembuangan

1. Daerah Tipologi Lahan C/D (2-3m dpl) di Daerah Perwakilan Tipe Kering Kasus Delta Saleh

Hasil kajian lapangan dan analisis hidrotografi lahan menunjukkan bahwa lahan di daerah Delta Seleh tergolong kedalam kelas tipologi lahan C. Kategori C (*arealnya diatas elevasi muka air pasang tinggi*). Lahannya tidak bisa diluapi air pasang secara teratur walaupun pada saat air pasang tinggi. Muka air tanah bisa saja masih dipengaruhi oleh fluktuasi pasang surut. Karena elevasinya relatif tinggi, maka kemungkinan terjadinya kehilangan air akibat perkolasi cukup tinggi, sehingga sulit mempertahankan genangan air diatas permukaan lahan sawah untuk keperluan bercocok tanam padi.

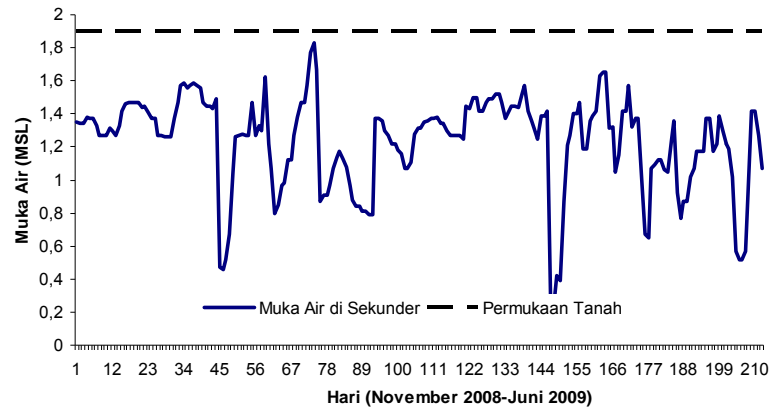
Dari hasil pengamatan muka air harian disaluran sekunder Gambar 26. menunjukkan bahwa muka air di saluran masih berada dibawah permukaan tanah, meskipun pada kondisi pasang. Ini menunjukkan bahwa potensi irigasi pasang di daerah ini tidak bisa dilakukan. Muka air pasang maksimum berada pada ketinggian 1,9 m dpl, sementara ketinggian permukaan tanah berada pada 2,0-2,2 m dpl. Namun demikian air di saluran sekunder pada saat pasang masih bisa masuk ke saluran tersier.



Gambar 26. Fluktuasi muka air di saluran sekunder tahun 2005 sebagai pembanding

Kondisi yang sama tergambar dari hasil pengamatan harian periode November 2008 sampai dengan Juni 2009 (Gambar 27). Ini berarti bahwa

potensi muka air pasang masih belum bisa untuk digunakan sebagai irigasi pasang. Karena air tidak bisa meluapi lahan.



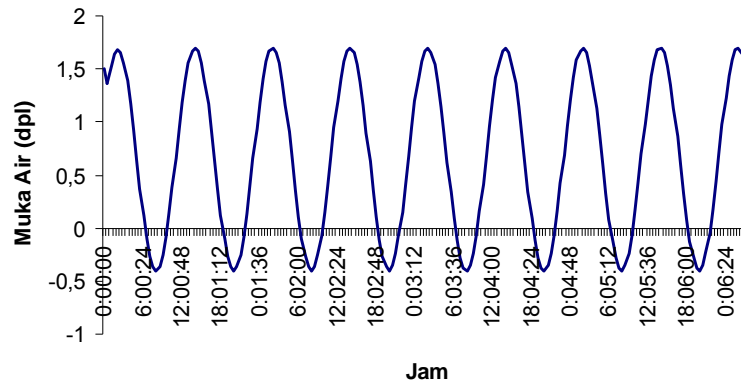
Gambar 27. Dinamika muka air di saluran sekunder periode November 2008-Juni 2009

Kondisi yang ditunjukkan pada Gambar 9, sesuai dengan penelitian Suryadi (1996), bahwa lahan tidak dapat terluapi air pasang secara reguler, akan tetapi air pasang masih mempengaruhi muka air tanah. Elevasi lahan yang relatif tinggi dapat mengakibatkan banyaknya kehilangan air lewat rembesan yang akan menyebabkan sulitnya atau tidak mungkinnya upaya menahan lapisan air di lahan persawahan. Oleh karena itu, tanaman palawija dan tanaman keras lebih cocok dari pada tanaman padi.

Dari hasil pengamatan terlihat jelas bahwa terjadi perbedaan yang tajam antara kondisi muka air pada saat pasang dan surut (1,8-0,7) mdpl, ini menunjukkan bahwa peluang drainase lahan atau penggelontoran sangat tinggi. Sehingga kinerja jaringan di tingkat meso-makro sangat baik dalam hal pembuangan (drainase). Namun bila tidak didukung oleh bangunan air maka akan terjadi kelebihan pembuangan (*over drainage*). Kelebihan pembuangan air

mengakibatkan muka air tanah turun dibawah lapisan sulfat masam dan berbahaya karena akan terjadi oksidasi pirit (Johnstona, *et al.*, 2005).

Kondisi muka air saluran sekunder hasil pengamatan juga tergambar dari hasil simulasi komputer model Duflow (Gambar 28). Simulasi dilakukan dengan menggunakan batasan area (boundry condition) satu blok sekunder dimana muka air pertama (*initial condition*) diambil angka 1,5 MDPL, menunjukkan pola pasang surut yang sama dengan data pengamatan. Muka air maksimum masih berada dibawah permukaan tanah, sehingga jelas menggambarkan bahwa lahan tidak bisa di luapi air pasang. Air pasang hanya berfungsi untuk menjaga kedalaman muka air tanah lebih stabil, sehingga muka air tanah tidak cepat turun.



Gambar 28. Fluktuasi muka air di saluran sekunder hasil simulasi komputer model Duflow

Oleh karena itu perhatian utama dalam pengelolaan air selama musim hujan di Delta Saleh adalah semaksimal mungkin menahan air di saluran tersier. Keberadaan air di saluran tersier akan menjaga tanah di petak tersier tetap dalam kondisi jenuh, sehingga bila hujan turun lahan bisa tergenang. Namun demikian bila saluran tersier tidak ada pintu air maka air akan sulit ditahan di

saluran. Oleh karena itu keberadaan pintu air di saluran tersier untuk tipe lahan ini mutlak diperlukan.

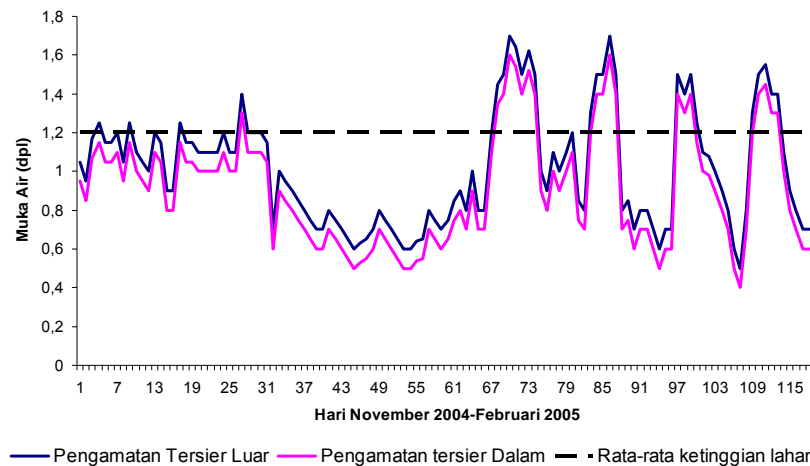
2. Daerah Tipologi Lahan A/B Daerah Perwakilan Tipe Basah Kasus Delta Telang I

Secara hidrotografi daerah Delta Telang I tergolong kedalam kelas tipologi lahan A (areal yang terluapi air pasang). Secara teori lahan ini terluapi air pasang sekurangnya 4 atau 5 kali selama 14 hari yaitu pada siklus pasang surut baik dimusim hujan maupun dimusim kemarau. Areal kebanyakan berada di kawasan rendah atau berdekatan dengan muara sungai.

Kebanyakan dari lahan yang masuk dalam kategori A ini adalah lahan rendah yang berada disepanjang sungai dan dekat dengan saluran utama, atau secara alamiah sebelumnya merupakan lahan cekungan. Bagian yang rendah dari sistem surjan juga bisa dimasukkan dalam kategori ini. Tambahan air dari irigasi pasang sudah mencukupi untuk mengimbangi kehilangan air akibat perkolasi dan juga untuk keperluan pencucian tanah di lahan sawah. Besarnya diperkirakan 3mm per-hari (Suryadi, 1996), dan pada musim kemarau air dari curah hujan akan mengalami defisit. Pada lahan kategori ini sangat dimungkinkan tanam padi dua kali setahun.

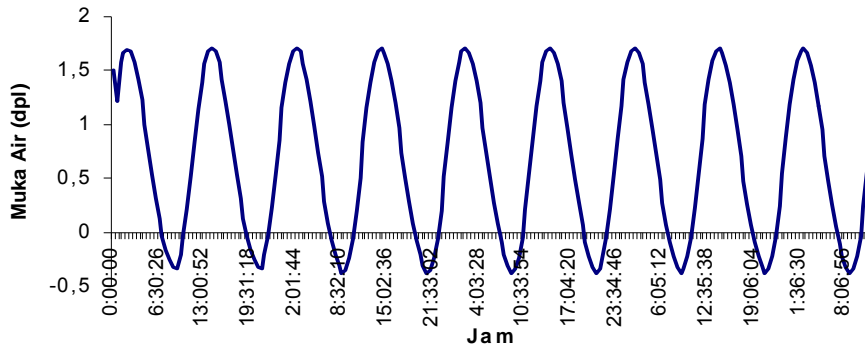
Faktor drainase yang buruk juga berpengaruh pada kecepatan pematangan tanah. Umumnya tanah-tanah di daerah rawa dengan tipologi A, masih belum matang karena lahan lebih banyak tergenang (Gambar 29). Fluktuasi muka air di saluran sekunder pada saat pasang selalu berada diatas permukaan tanah, sehingga air pasang bisa menggenangi lahan. Kondisi ini sesuai dengan teori bahwa lahan didaerah ini punya potensi untuk diusahakan

sepanjang tahun. Namun untuk budidaya tanaman palawija perlu adanya perbaikan tata air dimana dalam kegiatan penelitian ini adalah dengan pemasangan pintu air sehingga air pasang dapat dikendalikan. Akibatnya saluran tersier dapat dikosongkan dan air di petak tersier dapat mengalir ke saluran tersier. Dalam waktu satu minggu lahan di petak tersier dapat dikeringkan, asalkan tidak turun hujan.



Gambar 29. Fluktuasi muka air di saluran sekunder pada lahan tipologi A

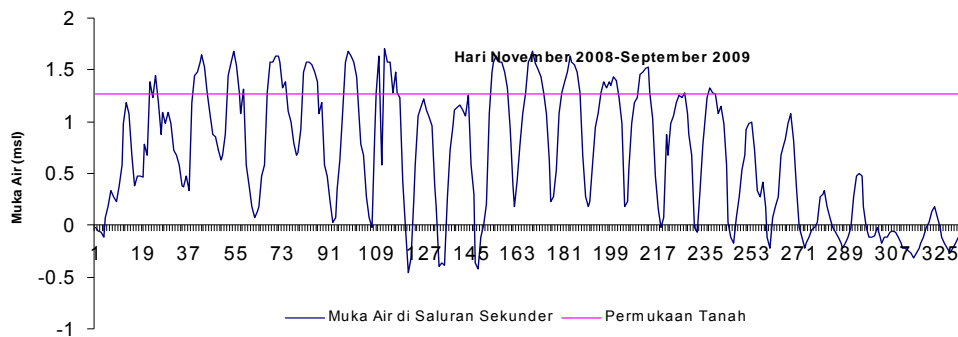
Simulasi komputer model DUFLOW (Gambar 30), juga menunjukkan bahwa ketinggian lahan rata-rata berada dibawah muka air pasang. Ini menunjukkan bahwa lahan punya potensi pengairan irigasi pasang. Selain dari air pasang lahan ini juga mendapat suplai dari curah hujan, oleh karena itu dari segi kecukupan air lahan ini tidak ada masalah baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Hal ini senada dengan penelitian Suryadi and Schultz, (2001), bahwa potensi pangairan daerahini sangat cukup dan proses pembilasan dan pencucian lahan di areal ini dapat berjalan dengan baik.



Gambar 30. Fluktuasi muka air di saluran sekunder hasil simulasi DufLOW

Selama irigasi pasang, pintu air harus dibuka agar air pasang bisa masuk ke dalam saluran dan mengalir ke sawah. Namun demikian, di beberapa areal, pintu air sebagiannya perlu ditutup untuk mencegah agar lahan yang elevasinya rendah tidak terluapi air terlampau banyak, demikian pula untuk lahan permukiman/pekarangan. Penutupan pintu air kadang-kadang juga diperlukan untuk mencegah intrusi air asin, kondisi ini terjadi pada bulan Juni-Agustus-September.

Kondisi dilapangan untuk lahan tipologi A, menunjukkan bahwa potensi drainase kurang baik terutama pada musim penghujan. Pengaruh air surut tidak cukup waktunya untuk membuang air di lahan, sehingga ketika air di petak tersier belum terbangun, air di saluran sudah penuh akibat pasang dan curah hujan. Potensi drainase dapat dikerjakan dengan baik bila dilakukan di musim kemarau. Pada kondisi ini air hanya berasal dari pola pasang surut, suplai air dari hujan tidak ada. Potensi drainase dan irigasi dapat dilihat dari hasil pengamatan muka harian tahun 2008-2009 (Gambar 31).



Catatan : Pengamatan pada pagi hari

Gambar 31 . Fluktuasi muka air tanah di saluran sekunder pada periode November 2008 sampai September 2009.

C. Evaluasi Komputer Model Drainmod dalam Pendugaan Fluktuasi Muka Air Tanah Dangkal

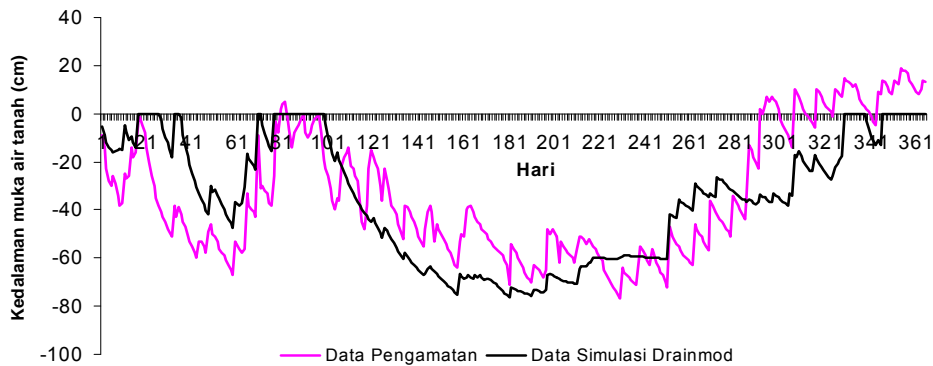
DRAINMOD telah digunakan sebagai alat untuk membuat optimasi dan evaluasi sistem pengelolaan air baik kondisi drainase permukaan ataupun bawah permukaan. Input model DRAINMOD meliputi sifat-sifat tanah, data cuaca, peubah hasil panen, dan parameter tempat. Input sifat tanah meliputi konduktivitas hidrolis jenuh (karena lapisan), dan perubahan naiknya muka air tanah. Kedalaman efektif zona perakaran sebagai fungsi waktu juga merupakan input model DRAINMOD. Selain itu karakteristik retensi air tanah merupakan input utama dalam DRAINMOD (Salazar, *et al.*, 2008). Input data karakteristik sifat fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 10. Sebagai tahap awal pengujian adaptasi model dilakukan di Delta Saleh. Simulasi dilakukan pada satu blok tersier (*boundary condition*), dengan jarak antar saluran adalah 200 m. Keterhantaran hidraulik tanah adalah 8-9 cm/hari. Sementara parameter input Drainmod dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 23. Input beberapa parameter dalam simulasi DRAINMOD

No	Input Data	Unit (dimensi)
1	Karakteristik Tanah	
	• Kadar air tanah jenuh	58 Cm ³ Cm ⁻³
	• Kadar air titik layu	32Cm ³ Cm ⁻³
	• Bobot isi tanah	0.89gr cm ⁻³
	• Kandungan Bahan Organik	4,5%
	• Keterhantaran hidrolik tanah (lateral)	
	Kedalaman (30-100) cm	0,09 m hari ⁻¹
	Kedalaman (100-200) cm	0,05 m hari ⁻¹
2	Parameter sistem drainase	
	• Kedalaman drainase	1,50m
	• Jarak antar saluran	200m
	• Kedalaman lapisan kedap	3 m
	• Radius drainase efektif	0,5 m
	• Simpanan permukaan	100 mm
3	Parameter Kontrol Drainase	
	• Musim hujan : set bukaan pintu air 40 cm	0 Cm
	• Musim kemarau: set penahanan air 50 cm	50 Cm
4	Parameter Tanaman	
	• Kedalaman efektif serapan akar	30 cm

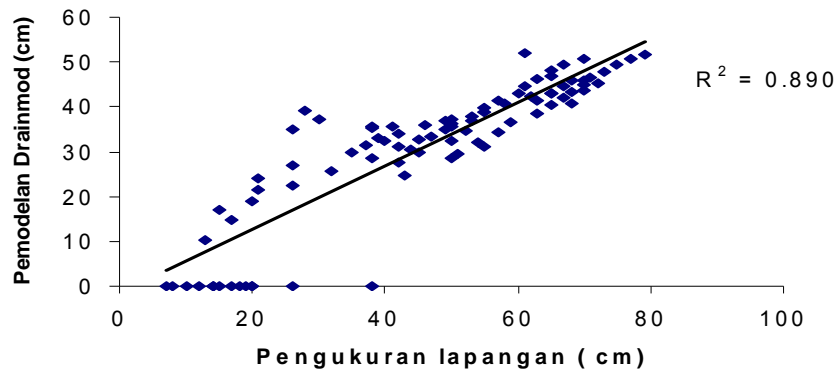
Hasil analisis statistik terhadap hasil simulasi DRAINMOD dengan menggunakan data satu tahun (kondisi hujan dan kemarau) menunjukkan kinerja yang baik dimana hasil pemodelan dan pengamatan memiliki kecenderungan pola fluktuasi muka air yang sama (Gambar 32). Ini berarti model dapat diterima, dengan kehandalan yang tinggi. Kondisi ini diperkuat dari hasil analisis statistik dimana nilai koefisien korelasi mencapai angka 0,89 (Gambar 16); model efisiensi memiliki nilai positif dan mendekati satu yaitu 0,97, serta nilai

rata-rata akar kesalahan (*Root Mean Square Error*) adalah 1,45 cm. Dengan hasil ini maka dapat disimpulkan kinerja model dikatakan sangat baik, dan Model DRAINMOD bisa digunakan untuk evaluasi status muka air tanah dangkal. ditambahkan menurut (Singh, *et al.*, 2006) bahwa hasil simulasi DRAINMOD menunjukkan nilai cumulative aliran pada system drainase bawah tanah hasil pendugaan memiliki 2% lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran lapangan. Sementara hasil uji adaptasi model di Amerika menunjukkan nilai korelasi antara 0,80-0,90 (Vepraskas, *et al.*, 2002).



Catatan: Garis pada sumber $y=0$ cm. Diasumsikan sebagai tinggi permukaan tanah

Gambar 32. Dinamika muka air tanah harian selama setahun hasil pengamatan lapangan dan simulasi komputer DRAINMOD.



Gambar 33. Hasil uji korelasi muka air tanah hasil simulasi DRAINMOD dan pengukuran lapangan

D. Integrasi Komputer Model DUFLOW-DRAINMOD dalam Menyusun Strategi Pengendalian Muka Air di Petak Tersier

1. *Adaptasi Model DUFLOW dalam Menyusun Operasi dan Peningkatan Jaringan Tata Air di daerah rawa pasang surut tipologi lahan kering (Tipe C/D)*

Analisis kinerja jaringan juga dilakukan untuk daerah kering yaitu pada tipologi lahan C/D. Sebagai daerah batas di dalam simulasi komputer model digunakan satu blok sekunder sebagai pembatas simulasi (boundary conditions). Beberapa data dasar dalam pengukuran digunakan dalam simulasi ini yaitu tinggi permukaan tanah rata-rata adalah 2,07 m dpl, kondisi awal ketinggian muka air diambil dari rata-rata muka air pasang yaitu 1,7 m dpl. Evapotranspirasi tanaman dibuat konstan dengan mengambil rata-rata 4 mm/hari, dan kondisi curah hujan dibagi menjadi tiga kondisi yaitu kondisi keringa (0 mm), normal (50 mm) dan ekstrim basah (100 mm).

Skenario yang disusun dalam simulasi duflow pada area ini dapat dilihat pada Tabel 25. Pada lahan dengan tipologi kering ini adalah dengan melihat variasi kondisi curah hujan pada kondisi lahan tanpa dan dengan pemasangan bangunan air di level tersier. Juga pembangunan pintu air untuk menahan muka air di saluran SDU. Sementara untuk di tingkat tersier pemilihan bangunan air adalah dengan tipe pintu air stoplog, kontrol muka air dengan mengatur tinggi pintu air. Penahan air setinggi 50-60 cm diduga mampu untuk mempertahankan muka air tanah di saluran tersier.

Tabel 24. Skenario simulasi program DUFLOW untuk lahan Tipe C/D

Skenario Pengelolaan Air	Perlakuan Simulasi
Evaluasi kondisi saat ini, tidak ada pintu di saluran sekunder	• Curah hujan Kering (0) mm
Evaluasi peningkatan jaringan dengan penahan air di saluran sekunder drainase (SDU) melalui pemasangan pintu	• Curah hujan Normal (50) mm • Curah hujan Basah (100) mm

Beberapa parameter dasar kondisi jaringan dalam INPUT model DUFLOW dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 25. Data jaringan di saluran tersier Primer 10-2 S

NO	Lokasi	Lebar Atas m	Lebar Bawah m	Ketinggian	Kedalaman Saluran (mdpl)
				Dasar saluran m dpl	
1	Depan pintu SPD Belakang pintu	2,4	0,8	0,91	1,12
2	SPD	2,3	0,6	1,04	1,01
3	Tengah	2,2	0,6	1,28	0,8
4	Depan pintu SDU Belakang pintu	2,2	0,6	1,08	0,9
5	SDU	2,3	0,7	1,09	1,02

Tabel 26. Data jaringan di saluran sekunder Primer 10-2S

NO	Lokasi	Lebar		Ketinggian	Kedalaman Saluran (mdpl)
		Atas	Bawah	Dasar saluran	
		m	m	m dpl	
1	Bagian Hulu	24,3	6,0	0,47	2,03
	Bagian				
2	Tengah	19,5	4,0	0,41	2,09
3	Bagian Hilir	20,2	4,3	0,36	2,34

Karakteristik kondisi bangunan air dapat dilihat pada 28.

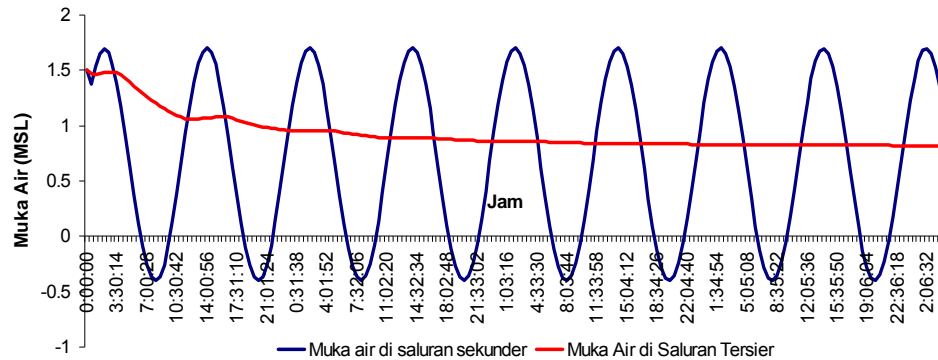
Tabel 27. Kondisi bangunan pintu air di tersier arah SPD

Karakteristik	Tersier SPD	Tersier SDU	Unit
Ketinggian dasar pintu	1,04	1,09	m dpl
Ketinggian dasar pintu sebelah dalam	1,14	1,19	m dpl
Lebar pintu	0.5	0.5	meter

Simulasi awal adalah melihat kapasitas tampung air di saluran tersier dan sekunder. plukstuasi muka air dibandingkan dengan ketinggian rata-rata permukaan tanah di petak tersier. Satu petak tersier adalah berjumlah 16 ha, yang masing-masing dibagi kedalam dua sistem pengaliran, 8 ha pertama mengalir ke saluran tersier kiri dan 8 ha kedua mengalir ke saluran tersier sebelah kanan. Luas tampung air dilahan adalah 8 ha, atau setara dengan $8 \times 10.000 \text{ m}^2 = 80.000 \text{ m}^2$.

Skenario pertama dalam simulasi DufLOW adalah lahan tidak mendapatkan operasi pintu air. Pada kondisi hujan sekalipun, bila tidak ada penahanan air di

tersier maka saluran tersier tidak berair. Gambar 34. menunjukkan pola dinamika air disaluran sekunder dan tersier. Meskipun kondisi lahan hujan, tetapi karena tidak ada upaya penahanan air maka air di saluran tersier langsung terbuang dan akibatnya saluran tersier kosong. Kondisi ini menyebabkan lahan sulit mempertahankan ketinggian muka air tanah.

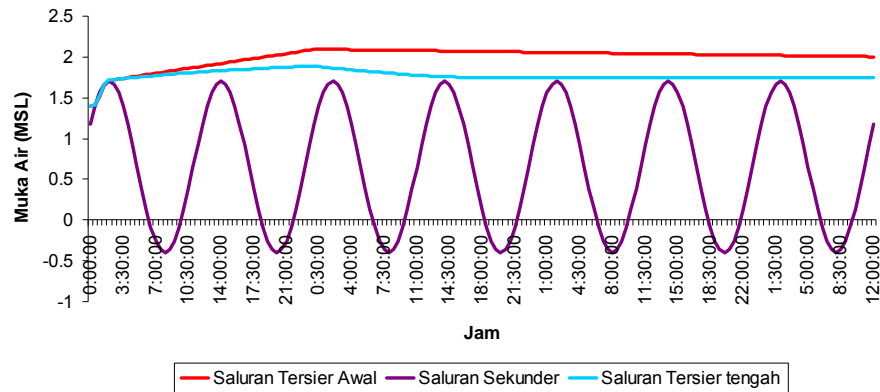


Gambar 34. Dinamika muka air di saluran sekunder dan tersier pada kondisi hujan tetapi tidak ada penahanan air di saluran tersier.

Selanjutnya skenario kedua adalah upaya menjaga muka air tanah agar tetap setidaknya tidak cepat hilang menuju saluran tersier, yang pada akhirnya terbuang ke sekunder. Upaya yang dilakukan adalah dengan memasang pintu air tipe stoplog sederhana dan juga membendung saluran sekunder drainase (SDU). Tujuan membendung saluran SDU adalah agar ketinggian air di saluran sekunder SDU tetap, dan akhirnya dapat menjaga muka air di saluran tersier. Sebagai tahap awal disajikan hasil simulasi komputer model pada kondisi dinama Saluran Sekunder sudah di bendung, pada kondisi lahan hujan normal (50) mm. Duflow memberikan gambaran bahwa dengan penahanan air disaluran sekunder mampu meningkatkan muka air di saluran tersier (Gambar 35). Pada awal pemasukan air di saluran tersier muka air cukup tinggi, mendekati angka 2 m dpl,

namun setelah itu berangsur turun dan dibagian tengah saluran muka air turun mendekati angka 1,5 m dpl. Tingginya porositas tanah, membuat aplikasi penahan air di tersier sulit terutama bila kondisi ini diterapkan di akhir musim penghujan atau musim kemarau.

Untuk itu model DUFLOW belum bisa menjawab pengaruh kehilangan air melalui perkolasi dan pengaruh tingginya keterhantaran hidraulik tanah di lapangan. DUFLOW hanya mengevaluasi kapasitas tampung aliran, sebagai suplai dan pembuangan.



Gambar 35. Pengaruh operasi suplai kombinasi dengan penahanan air di saluran tersier, pada kondisi curah hujan minimum.

Tipe pintu air kelep tidak sesuai digunakan untuk daerah tipologi C. Saat ini petani lebih memilih menahan air dengan menggunakan karung. Kondisi ini dapat menggambarkan bahwa untuk daerah yang tinggi tipe pintu yang sesuai adalah tipe stoplog. Petani bisa menahan air sesuai dengan ketinggian yang dikehendaki. Tipe stoplog tidak disarankan bahan dari kayu, karena akar dimanfaatkan petani untuk penggunaan lain. Stoplog dibuat bahan fiber atau ferosemen. Model pengendalian muka air di saluran tersier dapat dilihat pada Gambar 36.



Gambar 36. Bangunan pengendali muka air di saluran tersier lahan tipe C/d di P10-2S Delta Saleh tipe kelep fieber dan stoplog sederhana karung tanah.

Kondisi muka air di petak tersier dan saluran tersier hanya mampu dipertahan apabila muka air di saluran sekunder dalam posisi penuh. Untuk itu efek membendung dengan jalan membuat DAM di saluran Sekunder Drainase (SDU) sangat baik. Oleh karena itu keberadaan bangunan air baik di SPD dan SDU untuk daerah tipologi C (kering) mutlak diperlukan bila ingin menanam tanaman pangan. Kondisi DAM yang dibangun saat penelitian dapat dilihat pada Gambar 37.

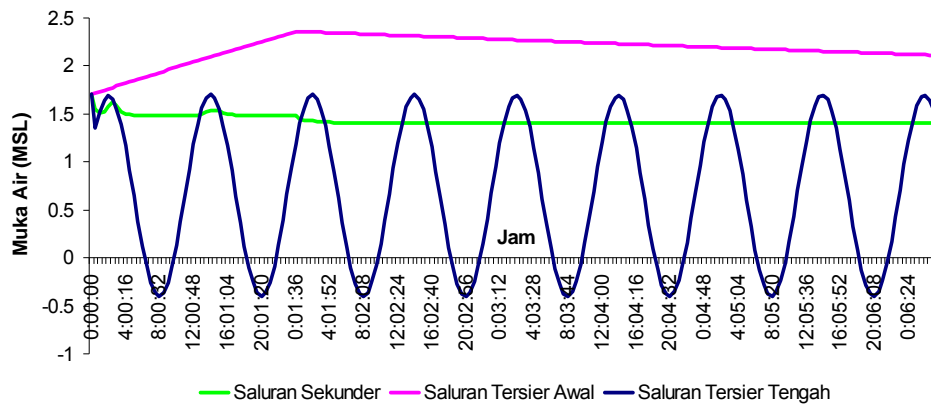


Gambar 37. Kondisi DAM di Saluran Sekunder Drainase SDU, dan kondisi muka air di saluran Sekunder Drainase SDU di Delta Saleh Primer 10-2S.

Kenaikan muka air di saluran tersier akibat pengaruh pembangunan DAM di SDU dapat dilihat pada Gambar 21. Kondisi ini terjadi karena terjadi kenaikan

muka air di saluran sekunder sehingga mampu sebagai suplai air untuk saluran tersier. Muka air di saluran tersier mengalami peningkatan dan akhirnya bisa dikendalikan pada ketinggian 1,5 m dpl. Kondisi ini berarti saluran tersier mendapat suplai air tetap pada ketinggian 50-60 cm dari permukaan tanah. Namun yang lebih penting adanya muka air di saluran sekunder ini adalah untuk menjaga keseimbangan air tanah di petak tersier agar tidak cepat turun. Bila kedalaman air di saluran tersier dipertahankan pada ketinggian 50-60 cm, maka muka air tanah di petak tersier akan tetap berada dibatas aman tanaman padi, artinya berada diatas zona 20 cm. Kondisi ini sesuai dengan penelitian Tuong, *et al.*, (1993) bahwa tanaman padi akan mengalami stres air bila kedalaman air tanah turun dibawah zona 30 cm. Ditambahkan menurut (Zwart dan Bastiaansen WGM. 2004), bahwa untuk memproduksi padi 1 kg padi diperlukan 1.432 liter air untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi tanaman.

Menurut Suryadi *et al.*, (2010), DufLOW computer model sangat baik digunakan untuk mengevaluasi potensi pengaliran dan pembuangan pada sistem jaringan rawa pasang surut. Kondisi sesuai dengan hasil penelitian dimana komputer model DUFLOW mampu memberikan gambaran kenaikan muka air akibat adanya operasi bangunan air. Salah satu operasi yang penting dilakukan adalah penggelontoran saluran untuk membuang kualitas air buruk akibat penahanan air yang lama di saluran sekunder dan tersier. Pada saat muka air di SDU meningkat maka bisa dialirkan ke saluran tersier dan membuang air dari saluran tersier ke SPD untuk selanjutnya menuju saluran primer.

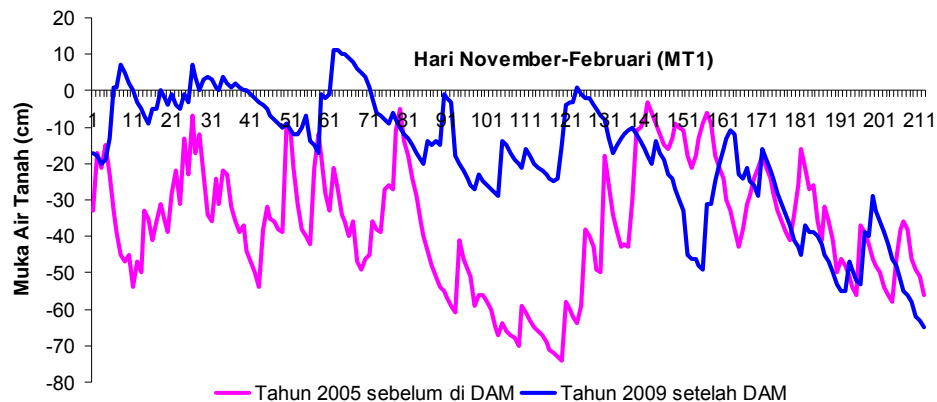


Gambar 38. Pengaruh Pembuatan DAM di saluran Sekunder Drainase (SDU), terhadap kenaikan muka air di saluran tersier, pada kondisi musim hujan di P10-2S delta Saleh.

Kegiatan pencucian dan penggelontoran hanya bisa dilakukan pada akhir musim pengujian setelah tanam padi. Air di di saluran tersier bisa dibuang menuju sekunder yang selanjutnya menuju saluran primer. Pengamatan muka air tanah di petak tersier sebelum dan sesudah ada bangunan air di saluran Sekunder SDU dapat dilihat pada Gambar 22.

Dari Gambar 21 diatas maka jelas terlihat bahwa terjadi kenaikan muka air tanah selama periode tumbuh (MT1) tanaman padi. Muka air tanah tidak pernah turun melampaui angka -30 cm, sehingga status air tanah tetap dalam kondisi jenuh. Sementara sebelumnya air tanah turun mencapai angka -60 cm sehingga tanaman padi mengalami stress air terutama memasuki fase pembuangan.

Kelemahan bangunan DAM di SDU adalah kesulitan dalam operasi sistem tata air, karena tidak dilengkapi pintu air yang bisa diperasikan. Setidaknya diperlukan gorong-gorong dan kombinasi dengan pintu fiber kelep. Sehingga pada saat air pasang, air secara otomatis bisa dimasukan ke lahan.



Gambar 39. Muka air tanah di petak tersier pada musim tanam pertama pada tahun 2005 sebelum dan sesudah pembuatan DAM tahun 2008-2009 di P10-2S delta Saleh.

2. Adaptasi Model DufLOW dalam Menyusun Operasi dan Peningkatan Jaringan Tata Air di daerah rawa pasang surut tipologi lahan Basah (Tipe A/B) Telang I

Didalam simulasi komputer digunakan satu blok sekunder sebagai pembatas simulasi (boundary conditions). Beberapa asumsi digunakan dalam simulasi ini yaitu tinggi permukaan tanah rata-rata adalah 1,2 m dpl, kondisi awal ketinggian muka air diambil dari rata-rata muka air pasang yaitu 1,5 m dpl. Evapotranspirasi tanaman dibuat konstan dengan mengambil rata-rata 4 mm/hari, dan kondisi curah hujan dibagi menjadi tiga kondisi yaitu kondisi keringa (0 mm), normal (50 mm) dan ekstrim basah (100 mm). Skenario komputer simulasi DUFLOW untuk lahan tipe A/B Telang dapat dilihat pada Tabel 29.

Skenario yang disusun dalam simulasi dufLOW di lahan dengan tipologi basah ini adalah dengan melihat variasi kondisi curah hujan pada kondisi lahan tanpa dan dengan pemasangan bangunan air di level tersier. Pemilihan

bangunan air adalah dengan tipe gorong-gorong melalui kontrol muka air dengan pintu kelep otomatis. Pintu ini dapat menutup dan membuka akibat langsung dari dorongan air. Tekanan air yang deras pada saat pasang maupun surut menyebabkan air bisa keluar masuk melalui pintu kelep tersebut. Kajian dilapangan menunjukkan hanya dengan perbedaan ketinggian 10 cm antara muka air hulu dan hilir sudah mampu membuka pintu air.

Tabel 28. Skenario simulasi program DUFLOW untuk lahan Tipe A/B (Telang)

Skenario Pengelolaan Air	Perlakuan Simulasi
Evaluasi kondisi saat ini, tidak ada pintu di saluran sekunder dan tersier Evaluasi peningkatan jaringan dengan pemasangan pintu air tipe kelep dan gorong-gorong di saluran tersier	<ul style="list-style-type: none"> • Curah hujan Kering (0) mm • Curah hujan Normal (50) mm • Curah hujan Basah (100) mm

Berikut adalah data input sistem jaringan tata air untuk simulasi komputer model DUFLOW, Tabel 30 dan 31.

Tabel 29. Data jaringan di saluran tersier Primer P8-2S

NO	Lokasi	L atas m	L.bawah m	Ketinggian Dasar saluran m dpl	Kedalaman Saluran (mdpl)
1	Depan pintu SPD	3,0	1,8	0,20	1,21
2	Belakang pintu SPD	2,7	1,4	0,45	1,19
3	Tengah	2,8	1,6	0,72	1,03
4	Depan pintu SDU	2,8	1,4	0,57	1,06
5	Belakang pintu SDU	2,5	1,4	0,31	1,47

Catatan: Untuk saluran kuarter diambil lebar atas rata-rata 1 meter dan kedalaman 0,4 m.

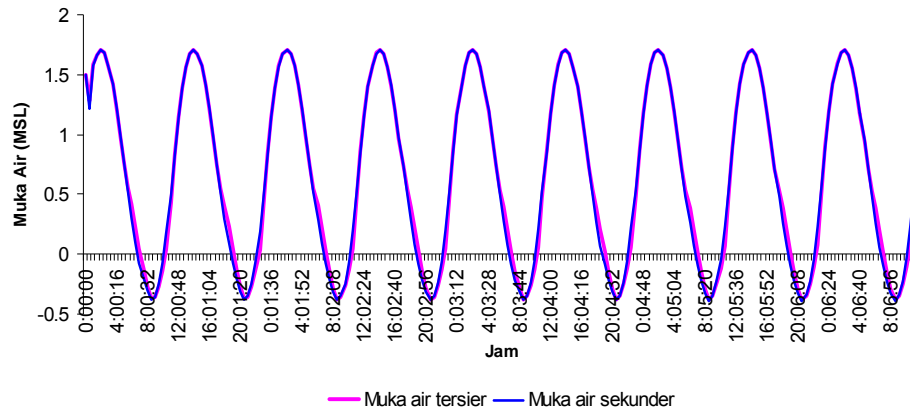
Karakteristik kondisi bangunan air dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 30. Kondisi Bangunan pintu air di tersier arah SPD

Karakteristik	Tersier SPD	Tersier SDU	Unit
Ketinggian dasar pintu	0,45	0,50	m dpl
maksimum pintu dapat dibuka	0.5	0.5	Meter
Lebar pintu	0.5	0.5	Meter

Simulasi awal adalah melihat kapasitas tampung air di saluran tersier dan sekunder. Fluktuasi muka air dibandingkan dengan ketinggian rata-rata permukaan tanah di petak tersier. Satu petak tersier adalah berjumlah 16 ha, yang masing-masing dibagi kedalam dua sistem pengaliran, 8 ha pertama mengalir ke saluran tersier kiri dan 8 ha kedua mengalir ke saluran tersier sebelah kanan. Luas tampung air dilahan adalah 8 ha, atau setara dengan $8 \times 10.000 \text{ m}^2 = 80.000 \text{ m}^2$. Dinamika muka air di saluran tersier dan sekunder pada tahap awal dapat dilihat pada Gambar 22. Kondisi ini menunjukkan bahwa muka air berlebih pada saat lahan belum dilakukan pemasangan pintu air.

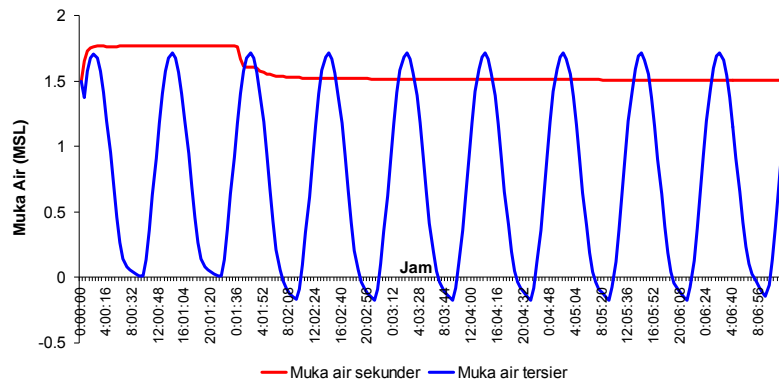
Skenario pertama dalam simulasi DufLOW adalah lahan tidak mendapatkan operasi pintu air. Kondisi ini terjadi hampir 80% lahan di area tipologi A (Gambar 23). Pada kondisi tidak hujan menunjukkan pola dinamika air di saluran sekunder dan tersier sama, sehingga potensi irigasi dan drainase lebih kurang sama. Namun karena waktu surut hanya berkisar 4-6 jam maka tidak cukup untuk membuang air di petak tersier. Dapat dilihat bahwa saluran tersier masih mendapatkan suplai air maksimum pada saat pasang mencapai angka 1,5-1,6 m dpl. Oleh karena itu muka air tanah di lahan masih tinggi. Akibatnya seringkali tanam terlambat karena menunggu air surut.



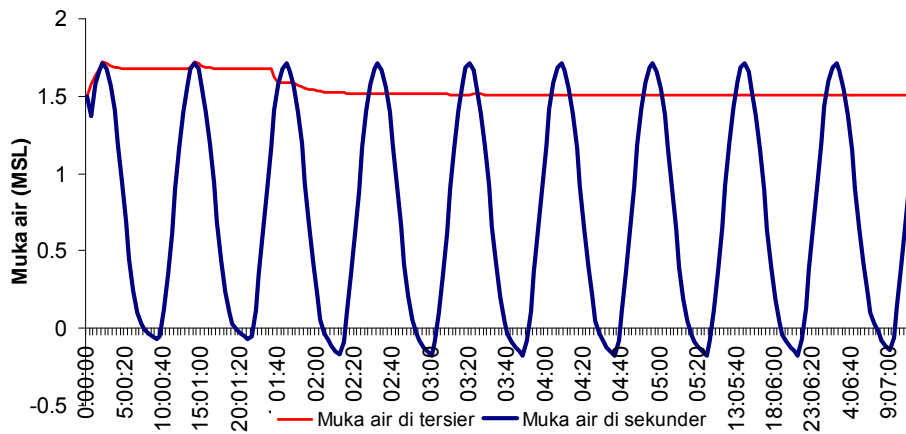
Gambar 40. Dinamika muka air di saluran sekunder dan tersier pada kondisi kering tidak ada hujan lahan belum dipasang pintu air di P8-12S Delta Telang I.

Pada saat hujan turun baik kondisi normal maupun basah (Gambar 24) menunjukkan kondisi kenaikan air di saluran tersier. Kenaikan air di tersier menyebabkan drainase semakin terhambat, dan saluran tidak cukup waktu untuk membuang air dari lahan, terlebih lahan terluapi akibat digenangi air hujan.

Dari Gambar 24, dan 25, terlihat bahwa meskipun pintu air dioperasikan sebagai drainase dimana air pasang tidak bisa masuk kelahan, namun karena curah hujan masih tinggi maka saluran tersier masih tetap penuh air/ Oleh karena itu lahan selalu dalam kondisi tergenang. Hanya saja genangan di lahan tidak terakumulasi secara dalam, genangan masih berkisar antara 15-20 cm. Dan pada saat tidak ada hujan sebanyak tiga hari genangan di lahan bisa berkurang dan lahan bisa dikondisikan macak-macam sehingga bisa untuk tabur benih. Bangunan pengendali muka air di saluran tersier dapat dilihat pada Gambar 25. Pada saat ini (Maret-April) operasi pintu dibiarkan sebagai drainase (pembuangan), dimana posisi pintu kelep di letakkan di depan.



Gambar 41. Dinamika muka air di saluran sekunder dan tersier pada kondisi curah hujan basah 100 mm di P8-12S Delta Telang I



Gambar. 42. Dinamika muka air di saluran sekunder dan tersier pada kondisi curah hujan basah 50 mm di P8-12S Delta Telang I

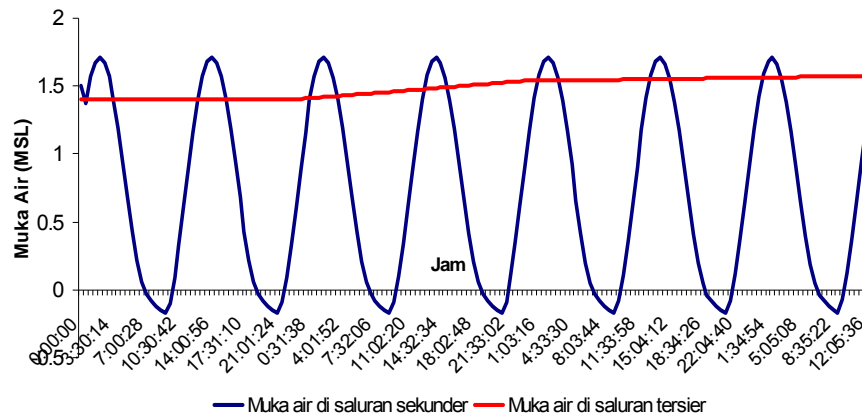


Gambar 43. Operasi Bangunan pengendali muka air sebagai pembuangan dan penahan air pasang di saluran tersier lahan tipe A Telang

Skenario kedua adalah untuk melihat pengaruh pemasangan pintu kelep di saluran tersier terhadap dinamika air di saluran tersier. Simulasi dilakukan pada kondisi hujan dan tidak ada hujan. Pintu kelep dioperasikan sebagai suplai dan drainase maksimum, yaitu semua pintu baik arah SPD maupun SDU dioperasikan sebagai pembuangan atau drainase.

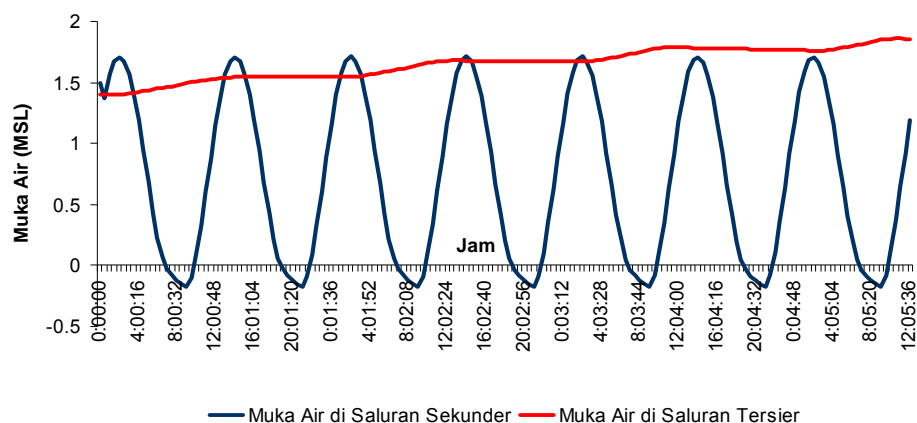
Operasi pintu kelep sebagai retensi menahan air pasang tidak masuk, ini dilakukan pada saat hujan mulai jarang, yaitu periode Mei-Juni. Fungsi saluran menjadi lebih maksimal sebagai drainase, terlihat jelas muka air tanah di saluran tersier hanya berada pada 10-15 cm dari dasar saluran (0,6 m dpl). Dengan kosongnya air di saluran tersier maka muka air tanah di petak tersier berangsur turun. Kondisi ini berpotensi lahan dapat ditanami tanaman palawija, seperti jagung.

Skenario ke tiga adalah dengan mencoba memfungsikan saluran sebagai aliran satu arah (*one way flow*). Tujuan operasi ini adalah mempertahankan muka air di petak tersier agar tidak terlalu turun. Untuk itu air di saluran tersier harus dipertahankan lebih tinggi dari rata-rata ketinggian permukaan tanah. Kondisi ini dibutuhkan pada saat periode pertumbuhan padi memasuki fase generatif. Simulasi DUFLOW (Gambar 27) menunjukkan bahwa dengan memasukan air dari arah SDU dan mengalir ke arah SPD, sudah cukup untuk mengisi air di saluran tersier dan mampu mengairi lahan. Operasi ini dilakukan pada bulan April di mana padi pada musim tanam ke dua memasuki fase generatif. Operasi ini sangat jarang, petani lebih memilih membuka pintu baik arah SPD dan SDU dimana air dibiarkan keluar masuk secara bebas. Dan hasilnya juga mampu membuat muka air tanah di petak tersier stabil pada ketinggian 10-15 cm.



Gambar 44. Dinamika muka air di saluran tersier akibat suplai air dari arah SDU (operasi aliran satu arah). pada kondisi ahir musim penghujan di P8-12S Delta Telang I.

Rekomendasi pengelolaan air khususnya operasi pintu tersier adalah drainase. Kondisi lahan yang rendah, air pasang tinggi ditambah hujan, menyebabkan lahan tergenang. Dan untuk menghindari bahaya banjir maka jangan sekali-kali operasi pintu kelep pada musim penghujan sebagai suplai. Petani jangan sampai salah meletakkan pintu, bila pintu tersier arah SPD dan SDU diletakan dibelakang gorong-gorong maka air bisa masuk kesaluran dan tidak bisa keluar akibatnya air melimpah dan melebihi ketinggian tanggul (Gambar 28). Kondisi ini menyebabkan areal lahan kebanjiran bahkan sampai ke pekarangan petani.



Gambar 45. Dinamika muka air di saluran tersier akibat suplai air dari arah SDU dan SPD (operasi aliran dua arah) di P8-12S Delta Telang I.

3. Adaptasi Model DRAINMOD dalam Penyusunan Operasi Pengelolaan Air di Petak Tersier

E. Adaptasi Model DRAINMOD dalam Penyusunan Operasi Pengelolaan Air di Petak Tersier

Evaluasi kinerja jaringan secara umum telah dilakukan dengan bantuan computer model. Drainmod . Simulasi computer menunjukkan model bekerja dengan baik dan hasil pendugaan dinamika muka air tanah di petak terseir menunjukkan pola yang sama dengan hasil simuasi. Perubahan dinamika air yang ditunjukkan dalam DRAINMOD lebih nyata dipengeruhi oleh kondisi tanah yang dalam hal ini nilai keterhantaran hidroulik tanah. Selain itu juga oleh rancangan drainase lahan yang dibuat terutama jarak antar saluran. Sementara parameter tanah lainnya seperti nilai retensi air tanah tidak begitu nyata, baik menggunakan data lapangan ataupun data pemodelan (pedotrasfer function).

Simulasi DRAINMOD dilakukan untuk dua kondisi lahan yang berbeda, yaitu tipe basah (Telang I) dan tipe kering (Saleh). Simulasi dikedua lokasi ini

menggunakan asumsi yang sama dimana kondisi aliran dianggap stabil (*steady state condition*), kebutuhan air tanaman menggunakan pendekatan empiris, dimana evapotranspirasi potensial menggunakan persamaan Thornthwaite (Skaggs, 1982; Vepraskas, *et al.*, 2002). Sistem drainase digunakan adalah dengan jarak antar saluran 200 m, yang membedakan adalah dimensi saluran, dan kedalaman muka air tanah pada tahap awal simulasi.

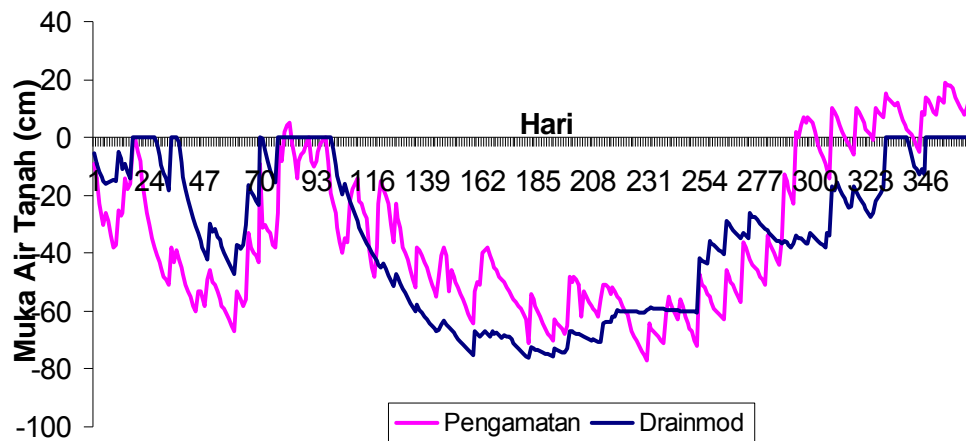
Skenario pengelolaan air didasarkan kepada potensi pola pemanfaatan lahan yaitu untuk daerah tipe basah Telang I, peruntukan lahan untuk padi-padi-jagung, sementara untuk daerah tipe kering (Saleh) peruntukan lahan untuk padi-bera dan padi jagung. Sementara itu tujuan pengelolaan pada dua kondisi lahan juga berbeda dimana untuk daerah Saleh adalah penahanan air dan untuk lahan di Telang I adalah dengan tujuan pembuangan (*drainage*).

Simulasi DRAINMOD telah dilakukan pada lahan tipe kering (Saleh). Simulasi menggunakan asumsi dimana kondisi aliran dianggap stabil (*steady state condition*), kebutuhan air tanaman menggunakan pendekatan empiris, dimana evapotranspirasi potensial menggunakan persamaan Thornthwaite (Skaggs, 1982; Vepraskas, *et al.*, 2002). Sistem drainase digunakan adalah dengan jarak antar saluran 200 m, dan kedalaman lapisan kedap diasumsikan berada pada 1,5 m dibawah permukaan tanah.

1. Adaptasi model dalam Menyusun Operasi Pengendalian Air untuk Tanaman Padi dan Jagung lahan tipologi C/D (kondisi kering)

Konsep pengelolaan air pada lahan dengan tipologi C, adalah dengan semaksimal mungkin memanfaatkan air hujan sebagai sumber air irigasi. Air hujan dimanfaatkan selain sebagai irigasi juga diperlukan untuk sarana

pencucian dan penggelontoran. Pengelolaan pada lahan ini adalah dengan konsep drainase terkendali sehingga tidak akan terjadi kelebihan drainase (over drain) seperti halnya yang dikhawatirkan petani (Imanudin *et al.*, 2009). Kondisi ini beralasan karena di areal studi memiliki rata-rata kedalaman lapisan sulfat masalm 60 cm dibawah permukaan tanah, sementara itu muka air tanah turun sampai kedalaman 70-80 cm dibawah permukaan tanah (Gambar 29). Bila muka air turun dibawah lapisan sulfat masam ini maka akan terjadi oksidasi, sehingga akan menurunkan pH tanah dan meningkatkan kelarutan besi dan alumunium. Kondisi berbahaya bagi tanaman dimana produksi bisu turun melebihi angka 50% (Minh, 1998).



Gambar 46. Pola dinamika muka air tanah hasil simulasi komputer model DRAINMOD dengan Pengukuran Lapangan di P10-2S Delta Saleh.

Dari Gambar 29, bisa kita analisis variasi kedalaman muka air tanah baik dari hasil simulasi DRAINMOD maupun dari pengamatan data lapangan. Secara umum pola fluktuasi muka air tanah menunjukkan pola yang sama. Pada musim hujan air tanah berada diatas lapisan pirit, sementara pada musim kemarau turun

dibawah lapisan pirit. Untuk itu dapat dirancang skenario pola pemanfaatan lahan (Tabel 32), yaitu pola pemanfaatan lahan padi-jagung. Target utama bila petani mampu melakukan skenario ini adalah penggunaan lahan dapat dinaikan menjadi dua kali tanam (IP 200).

Hasil evaluasi status air tanah yang disajikan dalam Tabel 32. adalah menunjukkan bahwa pada kondisi kontrol muka air minimum (*conventional*) lahan masih mengalami penurunan air tanah yang nyata, meskipun masih dalam periode bulan basah. Kondisi terlihat bahwa pada fase reproduktif tanaman padi (bulan Februari) lahan mengalami penurunan muka air dibawah zona 30cm, sehingga seringkali tanaman mengalami stress air dan mengakibatkan produksi turun. Pengalaman di Vietnam dalam mengelola lahan arwa pasang surut adalah sangat tergantung kepada pengendalian muka air, ketika muka air turun pada zona 60-90 cm dibawah permukaan tanaman maka timbul efek negatif dengan meningkatnya akumulasi aluminium dan kemasaman tanah dibandingkan dengan muka air tanah bila dikendalikan pada zona 30 cm dibawah permukaan tanah. (Minh, *et al.*, 1998).

Sementara itu tujuan pengelolaan air (*water management objectives*) yang mungkin bisa dilakukan adalah penahanan air (pintu ditutup permanen) dan pengendalian muka air (*control drainage*) artinya pintu dibuka sebagian dimana air di saluran tidak dibuang semua, dan masih memungkinkan air pasang masuk. Di lapangan petani sering menahan air dengan karung tanah pada ketinggian 40-50 cm. Pada ketinggian ini air pasang masih bisa masuk melewati bendung karung, dan pada surut sebageian air masih bisa tertahan disaluran tersier.

Tabel 31. Adapatasi model DRAINMOD dalam penyusunan arahan pola pemanfaatan lahan di lahan tipologi C (kering).

No	Bulan	Kondisi Status Air Dilahan		Rekomendasi Pemanfaatan Lahan
		Pengamatan	Simulasi Drainmod	
1	Januari	Jenuh	Jenuh	Padi
2	Februari	Jenuh	Jenuh	Padi
3	Maret	Turun di bawah permukaan tanah dibawa zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Padi.
4	April	Jenuh	Jenuh	Bera
5	Mei	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Persipan lahan jagung
6	Juni	Turun di bawah permukaan tanah dibawa zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Budidaya Jagung
7	Juli	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Budidaya Jagung
8	Agustus	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Bera
9	September	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Persiapan lahan padi
10	Oktober	Jenuh	Jenuh	Persiapan Budidaya padi MT1
11	November	Tergenang	Jenuh	Budidaya padi MT1
12	Desember	Tergenang	Jenuh	Budidaya padi MT1

Catatan: Model Drainmod sensitif terhadap muka air tanah diatas 0 cm, lahan tergenang akan diterjemahkan dalam kondisi tanah jenuh air (status air berlebih)

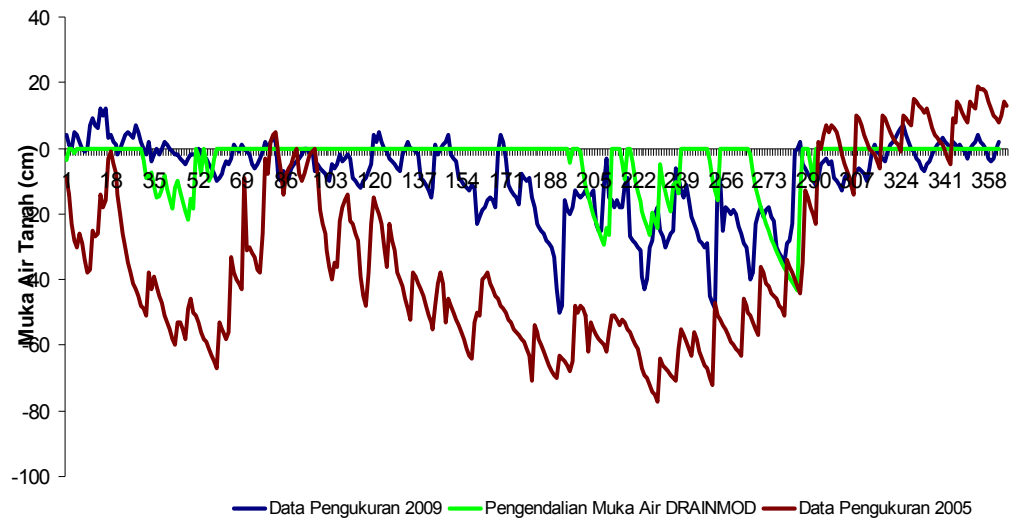
Skenario pengelolaan air yang direkomendasikan adalah untuk mengusahakan lahan dengan sistem pola tanam padi-jagung, dimana padi diusahakan pada musim tanam pertama yaitu November-Januari/Februari, dan jagung ditanam bulan April sampai Juni/Juli. Untuk budidaya tanaman jagung,

permasalahannya adalah tanah masih dalam kondisi jenuh air pada bulan Februari, Maret dan April, sehingga diperlukan pembuangan drainase. Disisi lain memasuki bulan Mei muka air tanah turun dibawah 30 cm sehingga tanaman jagung mengalami stress air. Pada kondisi ini diperlukan penahan air di saluran, dan bila memungkinkan diberi pengairan. Dinamika muka air hasil simulasi DRAINMOD dapat dilihat pada Gambar 30.

Dengan hanya menggunakan data curah hujan, dan sifat fisik tanah ternyata DRAINMOD mampu menduga fluktuasi muka air tanah untuk menyusun rencana pengelolaan air untuk aplikasi di tahun 2009 (Gambar 30). Data muka air hasil pengamatan tahun menunjukkan kondisi defisit (kurang), dimana pada kondisi musim hujan sekalipun air tanah di lahan lebih banyak berada dibawah zona 30 cm. Kondisi ini menyebabkan tanaman padi stress air. Melalui simulasi komputer model DRAINMOD menyarankan untuk melakukan operasi pintu air di tersier dengan jalan penahanan air. Hasilnya terjadi kenaikan muka air tanah dimana air tanah berada pada zona 30 cm, dan lahan pada kondisi jenuh air. Kondisi ini sudah cukup bagi tanaman padi untuk dapat tumbuh dengan baik.

Adaptasi model dilapangan dilakukan pada musim tanam 2009, telah menunjukkan hasil yang baik dimana efek dari penahan pintu air dan penahan pintu di Sekunder menunjukkan telah terjadi kenaikan muka air tanah yang signifikan (Gambar 30). Dengan keberadaan air di saluran tersier maka air tanah dapat dijaga dan bila hujan turun, air bisa ditampung dilahan. Kondisi ini menyebabkan lahan bisa tergenang. Dampaknya terhadap produksi mengalami peningkatan. Produksi tahun 2005 hanya mencapai rata-rata 2,5 ton/ha, sementara pada 2009, produksi meningkat menjadi rata-rata 4 ton/ha.

Operasi pintu air bulanan di tingkat tersier sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman adalah dapat dilihat pada Tabel 16. Untuk tanaman padi dimulai pengolahan tanah sejak bulan November. Pada tahap awal pengolahan tanah tujuan utama pengelolaan air adalah pembuangan. Proses drainase ini sudah dimulai sejak bulan September, Oktober. Tujuannya adalah untuk mencuci zat-zat beracun serta keasaman tanah keluar dari zona perakaran tanaman. Proses penahanan air mula dilakukan sejak pelumpuran tanah sampai masa penebaran benih. Pada tahap sebar benih dilakukan pembuangan air, dimana pintu kuarter dibuka, agar air dilahan bisa terbangun melalui saluran kuarter ke saluran tersier.



Gambar 47. Dinamika air harian hasil pengendalian muka air dalam simulasi komputer model DRAINMOD di lokasi P10-2S Delta Saleh.

Tabel 32. Operasi Pintu Tersier di Lapangan Untuk Musim Tanam 1 Padi periode Desember- Februari 2009) di lokasi P10-2S Delta Saleh.

Fase Pertumbuhan Tanaman	Waktu Kegiatan	Operasi Pintu	
		Simulasi Drainmod	Adaptasi Lapangan
Persiapan lahan	September- Oktober	Buka	Buka
Pengolahan tanah	Oktober- November	Tutup/penahanan air	Tutup/penahanan air 50 cm
Penanaman, tabur benih langsung (Tabela)	November	Tutup/penahanan air	Tutup/penahanan air 50 cm
Pertumbuhan vegetatif	Desember-Januari	Tutup/penahanan air 50 cm	Tutup/penahanan air 50 cm
Pertumbuhan reproduktif	Januari-Februasi	Tutup/penahanan air 50 cm	Tutup/penahanan air 50 cm
Tahap pematangan	Februari	Tutup/penahanan air 50 cm	Tutup/penahanan air 50 cm

Dari Gambar 30, jelas bahwan tanpa operasi pengendalian muka air jelas terlihat bahwa akan terjadi defisit air di Delta Saleh. Muka air turun sampai jauh dibawah lapisan sulfat masam, dan praktis selama setahun tidak bisa ditanami. Simulasi komputer menunjukkan bahwa tanpa adanya penahanan air (*water retention*) di saluran tersier maka muka air terlihat turun dibawah zona akar 0 cm, meskipun pada kondisi musim hujan. Oleh karena itu petani dilapangan sangat setuju bahwa penahanan air dilakukan selama musim hujan terutama pada saat budidaya padi.

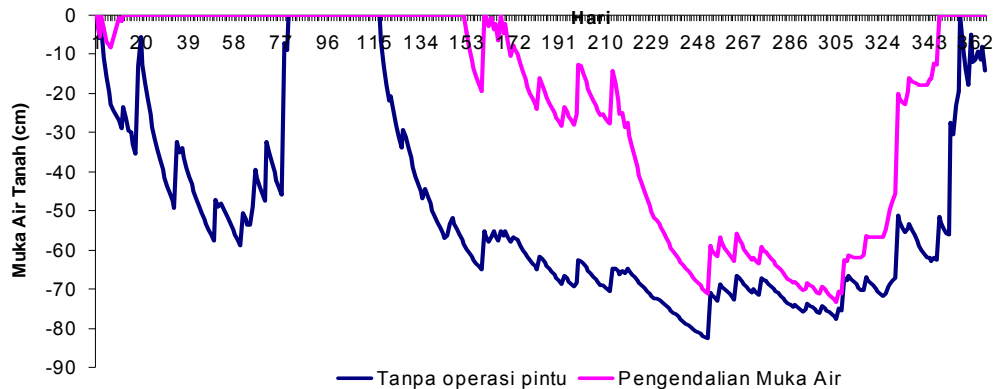
Selama pertumbuhan tanaman padi dari mulai bulan Desember sampai bulan Februari pintu air di saluran tersier ditutup. Penutupan dilakukan tidak penuh hanya berkisar antara 40-50 cm. Pada kondisi ini diharapkan pada saat air

pasang masih bisa masuk dan pada saat surut air di tersier tidak terbuang semua karena tertahan pintu dengan ketinggian 40-50 cm.

Melalui kajian lapangan dan masukan dari petani maka pola tanam yang ditawarkan adalah padi-jagung. Selama pengusahaan tanaman padi operasi pintu tetap lebih banyak ditahan, yaitu dimulai pada bulan Oktober-Desember, dan Januari-Februari. Penahanan dilakukan pada ketinggian 50 cm. Sistem kerja pintu adalah dengan menahan air pada kedalaman 50 cm. Dengan ketinggian ini diharapkan air di saluran tersier bisa tertahan setinggi 50 cm, dan sementara pada saat air pasang muka air dimuara saluran tersier dapat naik menjadi 60 cm, sehingga air pasang masih bisa masuk, untuk mengisi saluran tersier. Masuknya air pasang ini juga untuk mempertahankan kualitas air.

2. Adaptasi model dalam Menyusun Operasi Pengendalian Air untuk Tanaman Padi dan Jagung lahan tipologi C/D (kondisi kering)

Budidaya jagung bisa dimulai bila air tanah turun dibawah zona akar 30 cm. Kegiatan ini tidak bisa dilakukan langsung setelah panen padi. Hal ini disebabkan karena muka air tanah masih tinggi sehingga lapisan tanah di zona akar masih jenuh air. Untuk itu pada periode bulan Maret pintu air dibuka total, sekaligus membilas zat asam yang terkumulasi selama periode penahanan air di masa pertanaman padi. Komputer simulasi DRAINMOD telah berhasil menyusun rencana operasi bulanan pengendalian muka air. Hasil muka air yang diinginkan untuk tanaman jagung sebagai dampak dari pengendalian muka air dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar 48. Hasil simulasi DRAINMOD pengaruh operasi pintu air dalam pengendalian muka air untuk tanaman jagung di P10-2S Delta Saleh.

Dari Gambar 31. Jelas meskipun sudah ada penahanan air bila tanaman memasuki fase generatif (Agustus) muka air turun mendekati angka 60-70 cm dibawah permukaan tanah. Kondisi ini berbahaya karena tanaman akan mengalami stress air (Kent and Andrew, 1990). Kondisi ini diperlukan suplai air. Setelah padi di panen pada bulan Maret operasi pintu adalah dengan pembuangan penuh untuk membilas zat asam, dan untuk menurunkan muka air tanah guna persiapan tanam jagung.

Operasi pengendalian muka air untuk tanaman Jagung dapat dilihat pada Tabel 34. Pada saat awal penanaman jagung pintu di buka dan petak tersier masih perlu dibuatkan saluran cacing untuk menurunkan muka air. Pada saat tanaman jagung memasuki fase generatif maka diperlukan penahan air dan memasukan air pasang, Kondisi ini terjadi pada bulan Mei-Juni. Ujicoba selama ini bersama petani dalam upaya pengendalian muka air tanah untuk jagung masih menemui kendala. Akibat saluran tersier yang dangkal karena sedimentasi menyebabkan air dari kuarter dan petakan sawah tidak bisa

terbuang, sehingga pada bulan April lahan masih jenuh air. Petani baru bisa tanam pada ahir bulan Mei. Akibatnya memasuki fase generatif tanaman mengalami stres air, karena pada bulan Juni-Juli muka air tanah turun dibawah 60 cm. Pada kondisi lapangan untuk mempertahankan kedalaman muka air tanah berada pada 40-50 cm dibawah permukaan tanah pada musim kemarau sangat sulit. Rekomendasi DRAINMOD kondisi ini bisa dicapai bila air di saluran tersier bisa ditahan 50 cm dari dasar saluran. Namun kenyataannya di lapangan saluran tersier selalu kosong, karena air pasang pada musim kemarau tidak sepenuhnya masuk ke saluran tersier. Tidak ada jalan lain untuk mempertahankan kondisi muka air tanah tidak cepat hilang maka saluran sekunder drainase harus di DAM.

Tabel 33. Strategi operasional pengelolaan air untuk tanaman jagung di lahan tipologi C (kering) delta Saleh

Pertumbuhan Tanaman	Bulan	Kondisi Status Air Yang diinginkan	Tujuan Pengelolaan Air	Operasi Pintu Tersier
Pengolahan tanah	Mei	Kapasitas lapang, kedalaman air tanah -30-50 cm	Drainase maksimum-pencucian lahan	Buka maksimum
Penanaman	Mei	Kapasitas lapang,	Drainase maksimum-pencucian lahan	Buka maksimum
Pertumbuhan vegetatif	Juni-Juli	Kapasitas lapang	Penahanan air (water retention)	Tutup Penahanan 50 cm
Pertumbuhan reproduktif	Juni-Juli	Kapasitas lapang	Penahanan air (water retention)	Tutup Penahanan 50 cm
Tahap pematangan-panen	Juli	Kapasitas lapang	Penahanan air (water retention)	Tutup Penahanan 50 cm

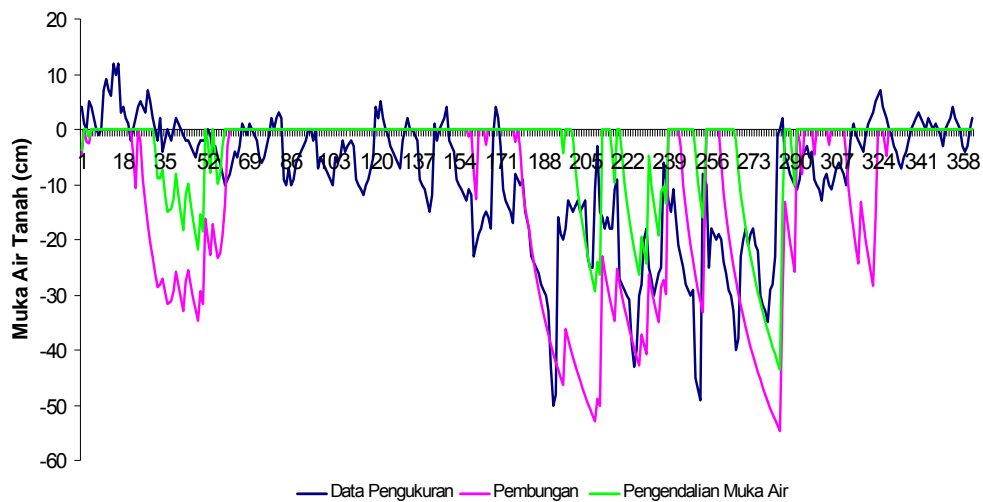
Untuk itu strategi pengusahaan tanaman jagung adalah harus mempercepat masa tanam agar jagung tidak mengalami stress air pada masa periode reproduktif. Pengolahan tanah harus dimulai pada bulan April sehingga bulan Mei tanaman sudah bisa ditanam. Namun demikian kondisi bulan April curah hujan masih ada, tanah masih jenuh air sehingga diperlukan saluran pembuangan di petak tersier. Dari kondisi diatas maka strategi peningkatan jaringan untuk meningkatkan ketersediaan air dalam budidaya jagung adalah dengan mempercepat tanam di bulan April, dan upaya mengendalikan muka air tanah agar tidak cepat turun pada musim kemarau.

3.1. Adaptasi model dalam Menyusun Operasi Pengendalian Air untuk Tanaman Padi dan Jagung lahan tipologi A/B (kondisi basah)

Lahan di daerah primer 8 tergolong kedalam tipologi A/B (tipe basah). Lahan ini berada sangat rendah terhadap permukaan laut sehingga masalah genangan menjadi kendala utama. Oleh karena itu tujuan utama pengelolaan air adalah pembuangan. Efek drainase ini diharapkan dapat menurunkan air tanah sehingga waktu tanam padi lebih cepat, karena sistem pertanaman padi adalah dengan tabur benih. Penaburan menghendaki tanah dalam kondisi macak-macam, bila lahan masih tergenang petani tidak bisa melakukan penaburan benih. Selain itu dengan drainase yang baik maka pada musim kemarau lahan bisa dikeringkan untuk dapat ditanami tanaman palawija. Kondisi ini memungkinkan lahan bisa ditanami tiga kali (IP 300). Sistem operasi pengelolaan air akan dibuat sesuai dengan rencana peruntukan lahan, yaitu budidaya padi pada periode musim tanam pertama (MT1), musim tanam kedua (MT2) dan budidaya tanaman jagung (MT3). Tabel 35. menunjukkan tujuan pengelolaan air

untuk padi pada periode Musim Tanam ke satu (MT1) yaitu bulan November-Februari, dan Musim Tanam ke dua (MT2) pada bulan Februari-April. Sementara untuk tujuan pengelolaan air pada Musim Ke Tiga (MT 3) untuk budidaya tanaman Jagung adalah drainase (pembuangan). karena jagung menghendaki muka air tanah berada pada kedalaman 40-50 cm. Angka 30 cm merupakan angka kritis, sehingga muka air tidak boleh naik melewati batas 30 cm dari permukaan tanah. Kondisi tanah harus berada pada kapasitas lapang.

Operasi dalam Drainmod hanya bisa dilakukan dalam sistem bulanan (*seasonal operation*). Untuk itu rekomendasi yang disusun harus diverifikasi di tingkat lapangan sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman. Namun demikian umumnya fase pertumbuhan tanaman juga sesuai dengan kondisi bulan. Misalnya pengolahan tanah MT 1 terjadi pada bulan November, periode vegetatif adalah pada bulan Desember-Januari, dan Reproduksi bulan Februari. Operasi pengendalian muka air dalam DRAINMOD juga mempertimbangkan kejadian yang terjadi di lapangan. Hasil simulasi DRAINMOD dapat dilihat pada Gambar 32. Bila kita bandingkan antara hasil pengukuran dan hasil prediksi model, maka dapat disimpulkan bahwa Drainmod mampu menduga trend perubahan muka air tanah dengan baik. Ini berarti hasil simulasi mengandung makna yang sama dengan hasil pengukuran lapangan. Sehingga kebijakan pengelolaan air di lapangan dapat disusun dengan hanya melihat dari hasil simulasi Drainmod.



Gambar 49 . Hasil Simulasi DRAINMOD pada berbagai sistem operasi pintu air di P8-12 S delta Telang I.

Oleh karena itu penggunaan komputer model DRAINMOD selain mampu mengevaluasi kinerja jaringan yang ada sekarang juga mampu digunakan untuk merancang pola pemanfaatan lahan dan rencana operasi bulanan di saluran tersier.

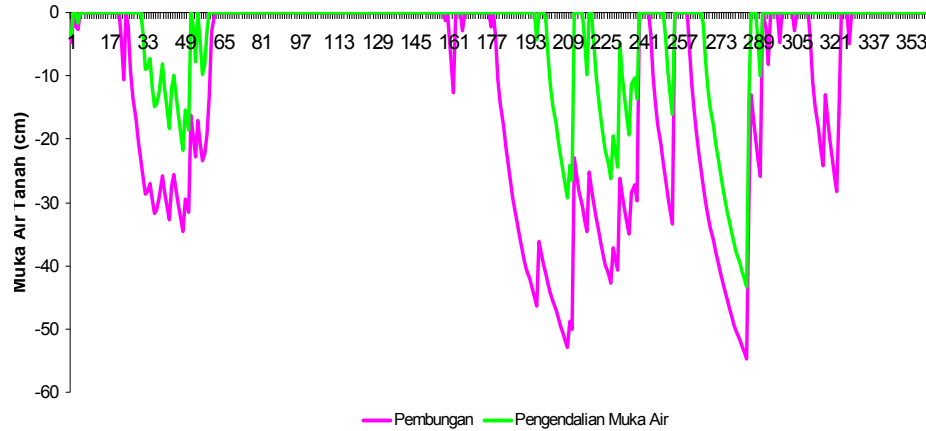
Hasil simulasi DRAINMOD (Gambar 32) dapat diterjemahkan kedalam Tabel 35. Kondisi ini menunjukkan bahwa rancangan strategi pengelolaan air dan pola pemanfaatan lahan sebagai dampak dari adaptasi model Drainmod terhadap hasil pengukuran muka air tanah dilapangan. Kondisi air bulanan selama setahun baik dari hasil simulasi maupun hasil simulasi DRAINMOD menunjukkan lahan di Telang I berpotensi untuk ditanami padi dua kali, dan satu kali palawija. Hanya saja kelemahan DRAINMOD adalah bahwa pada saat muka air tanah tergenang model membacanya dengan angka 0. Tapi secara makna pengelolaan air ini sama karena angka 0 cm, adalah sesuai untuk padi namun tidak sesuai untuk tanaman jagung Operasi pengelolaan air bulanan dalam

DRAINMOD untuk rancangan skenario pemanfaatan lahan padi-padi-jagung dapat dilihat pada Gambar 33. Dari gambar tersebut terlihat jelas pengaruh oprasi pintu terhadap kenaikan muka air tanah. Pembukaan pintu air sebagai suplai mampu menaikkan muka tanah 10-15 cm, sehingga kebutuhan air tanaman melalui kenaikan kafiler tanah dapat terpenuhi.. Untuk menciptakan kondisi muka air tanah sesuai dengan pola padi-padi-jagung, maka operasi pintu air adalah lebih banyak pembuangan. Suplai air hanya diberikan satu kali yaitu pasa masa pembungaan tanaman di masa pertumbuhan MT 1. Tabel 35, menunjukkan rancangan operasi pengelolaan air pada tingkat saluran tersier hasil simulasi DRAINMOD dan adaptasi model di lapangan.

Dalam Drainmod variasi ketinggian muka air di saluran tersier bisa dikendalikan dengan memberikan input tinggi bukaan pintu (*weir setting*). Namun karena kondisi di Delta Telang adalah bangunan pintu air goron-gorong dengan kombinasi pintu kelep maka opsi pengaturan air hanya ada dua yaitu pembuangan maksimum dan suplai maksimum. Simulasi DRAINMOD mengasumsikan bahwa kondisi tinggi muka air di tersier adalah penuh karena lahan rendah dan curah hujan tinggi. Masukan angka 0 cm dalam operasi pintu menunjukkan saluran dalam kondisi menerima suplai air artinya tidak pada periode tersebut tidak ada upaya pembuangan. Sementara perubahan tinggi bukaan pintu menjadi 50-60 cm adalah menunjukkan lahan dalam keadaan menerima perlakuan operasi pembuangan air. Ini berarti pintu dibuka setinggi 50 cm. Angka ini diasumsikan bahwa kondisi saluran bekerja sebagai pembuangan secara maksimal.

Tabel 34. Adapatasi model DRAINMOD dalam penyusunan arahan pola pemanfaatan lahan di lahan tipologi A (Basah).

No	Bulan	Kondisi Status Air Dilahan		Rekomendasi Pemanfaatan Lahan
		Pengamatan	Simulasi Drainmod	
1	Januari	Tergenang	Tergenang	Padi
2	Februari	Tergenang	Tergenang	Padi
3	Maret	Tergenang	Tergenang	Padi
4	April	Tergenang	Tergenang	Padi
5	Mei	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Persipan lahan jagung
6	Juni	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Budidaya Jagung
7	Juli	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Budidaya Jagung
8	Agustus	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah dibawah zone 30 cm	Bera
9	September	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Turun di bawah permukaan tanah diatas zone 30 cm	Persiapan lahan padi
10	Oktober	Tergenang	Tergenang	Budidaya padi MT1
11	November	Tergenang	Tergenang	Budidaya padi MT1
12	Desember	Tergenang	Tergenang	Budidaya padi MT1



Gambar 50. Dinamika Air di Petak Tersier Pengaruh Operasi Pintu Air Hasil simulasi komputer model Drainmod di P8-12S Telang I.

Prinsip operasi pengelolaan air melalui pengoperasian pintu di tingkat tersier adalah dibuat sesederhana mungkin, bukan merupakan operasi harian tetapi lebih disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman. Saat ini dilokasi percontohan hanya tersedia pintu tersier tipe ayun, dengan bahan fiber glass. Pintu ini bekerja hanya dengan dua sistem yaitu suplai maksimum dan drainase maksimum. Simulasi komputer model DRAINMOD mampu diterjemahkan kedalam operasi lapangan. DRAINMOD merekomendasikan untuk melakukan sistem pembuangan penuh setiap bulan terutama untuk menurunkan muka air tanah sampai batas yang diinginkan tanaman. Rancangan operasi bulanan untuk tanaman padi pada Musim Tanam I dan II adalah seperti pada Tabel 36 dan 37.

Tabel 35. Operasi Pintu Tersier di Lapangan Untuk Musim Tanam 1 (periode November-Februari) di P8-12S Telang I.

Pertumbuhan Tanaman	Bulan	Operasi Pintu Tersier Pintu Kelep	
		Simulasi Drainmod	Adaptasi Model Lapangan
Pengolahan tanah	Oktober	Drainase	Drainase
Tabur benih	November	Drainase	Drainase
Pertumbuhan vegetatif	Desember-Januari	Drainase	Drainase
Pertumbuhan reproduktif	Januari-Februari	Drainase	Drainase
Tahap pematangan-panen	Februari	Drainase	Drainase

Secara umum operasi pintu air untuk budidaya padi di musim tanam kedua adalah drainase. Hanya saja pada periode reproduktif dimana padi memasuki fase pengisian malai petani berupaya menggenangi lahan. Suplai diberikan dengan sistem satu arah (*one way flow*) yaitu pemasukan air hanya dilakukan dari arah SDU. Kalau air diberikan dua arah (SPD dan SDU) maka lahan terlalu banyak menerima air sehingga proses drainase menjadi lambat, karena memasuki fase pematangan sampai panen air tanah harus turun, dan kondisi tanah diupayakan dalam kondisi kapasitas lapang. Dari analisis Tabel 37, maka dapat disusun rekomendasi operasi pengelolaan air bulanan

Demikian halnya untuk budidaya tanaman jagung (MT3), operasi pengelolaan air didominasi oleh Drainase (pembuangan). Drainmod merekomendasikan untuk melalukukan pembuangan, namun adaptasi

dilapangan masih diperlukan suplai air, yaitu pada tahap awal pertumbuhan, dan pembunggaan. Sumpai diberikan dua arah baik dari SPD dan SDU (Tabel 39).

Tabel 36. Operasi pintu tersier di lapangan untuk Musim Tanam 2 (periode Februari-Juni 2009) di P8-12 S delta Telang I.

Pertumbuhan Tanaman	Bulan	Operasi Pintu Tersier Pintu Kelep	
		Simulasi Drainmod	Adaptasi Model Lapangan
Pengolahan tanah	Februari-Maret	Drainase	Drainase
Tabur benih	Maret	Drainase	Drainase
Pertumbuhan vegetatif	Maret-April	Suplai	Drainase
Pertumbuhan reproduktif	April-Mei	Drainase terkendali	Tidak Ada Operasi Air bebas keluar masuk
Tahap pematangan-panen	Mei-Juni	Drainase	Drainase

Untuk terciptanya upaya budidaya tanaman pangan lahan kering seperti Jagung perlu operasi pintu air di saluran terseir. Tabel 40, menunjukkan rancangan operasi pengendalian muka air di petak tersier. Air dilahan harus dibuang dan air pasang harus ditahan agar tidak masuk. Dari pengamatan di lapangan pintu berfungsi sangat baik sebagai bangunan air. Ini terbukti dimana pintu telah berfungsi sebagai penahan air pada saat pasang masuk, dan juga dapat berfungsi sebagai saluran drainase pada saat surut. Kajian lapangan pada periode Juni-September, kondisi air di petak tersier berada di dasar saluran, sehingga di petak tersier lahan dapat dikeringkan dan bahkan di beberapa tempat tanahnya telah merekah. Menurut petani kondisi ini tidak pernah terjadi sebelumnya. Tahun lalu dengan waktu yang sama (Agustus), lahan masih

sangat basah, hal ini dikarenakan air pasang masih bisa masuk. Dari kondisi tersebut maka lahan potensial untuk ditanami tanaman palawija. Dari Gambar 34 terlihat bahwa muka air tanah mulai turun sejak akhir bulan Juli atau memasuki bulan Agustus. Kondisi ini disebabkan karena curah hujan mulai berkurang dan operasi pintu tersier dilakukan dengan membuang air (drainase maksimum).

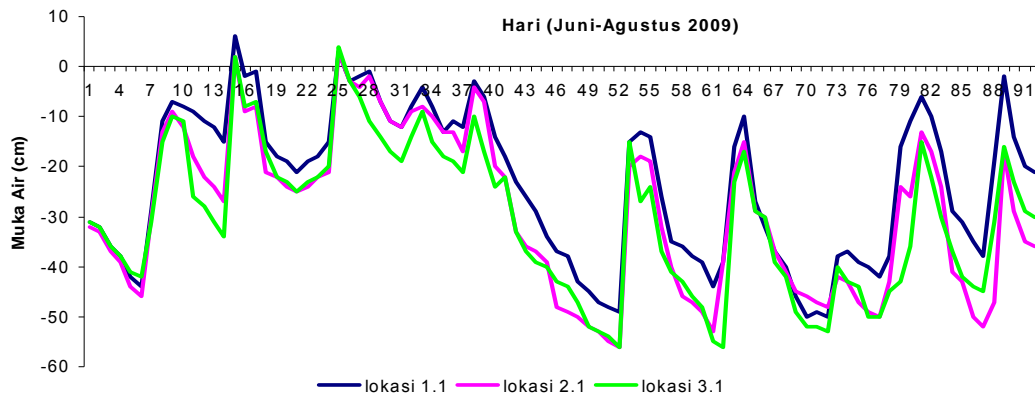
Tabel 37. Rekomendasi Operasi bulanan pengelolaan air di level tersier untuk tanaman padi pada kondisi lahan basah (Tipologi A/B) Telang I.

Fase Pertumbuhan Tanaman	Tujuan Pengelolaan Air	Operasi Pintu Tersier	
		Musim Tanam I	Musim Tanam II
Pengolahan tanah	Pembajakan: tanah dibawah kapasitas jenuh lapang Penjenuhan : genangan 0 – 5 cm Perataan : genangan 5 cm	Tutup/Drainase Maksimum	Tutup/Drainase Maksimum
Pembibitan	Tanah jenuh air / tidak ada penggenangan	Tutup/Drainase Maksimum	Tutup/Drainase Maksimum
Pertumbuhan vegetatif	genangan 5 – 10 cm, pergantian air, keluarkan air pada waktu pemupukan	Tutup/Drainase Maksimum	Tutup/Drainase Maksimum
Pertumbuhan reproduktif	genangan 5 – 10 cm, pergantian air, keluarkan air pada waktu pemupukan	Tutup/Drainase Maksimum	Dibuka/Suplai satu arah, atau tidak ada operasi pintu, air bebas keluar masuk
Tahap pematangan	Kondisi jenuh lapang/	Tutup/Drainase Maksimum	Tutup/Drainase Maksimum

Tabel 38. Operasi pintu tersier di lapangan untuk Musim Tanam 3 jagung (periode juni- september 2009) p8-12 S Telang I.

Fase	Waktu Kegiatan	Operasi Pintu	
		Simulasi Drainmod	Adaptasi Lapangan
Pertumbuhan Tanaman			
Pengolahan tanah	Juni minggu ke 3,	Tutup/Drainase Maksimum	Tutup/Drainase Maksimum
Penanaman	Juni minggu ke 4 dan Juli minggu ke 1	Tutup/Suplai Maksimum	Buka/Suplai Maksimum 1x , selebihnya drainase
Pertumbuhan vegetatif	Juli-Agustus	Tutup/Drainase Maksimum	Tutup/Drainase Maksimum
Pertumbuhan reproduktif	Agustus minggu ke 4-September minggu ke 2	Tutup-buka suplai Maksimum	Buka/Suplai Maksimum hanya 1x sebelum air asin masuk, selebihnya drainase
Tahap pematangan	September minggu ke 2-3	Tutup/Drainase Maksimum	Tutup/Drainase Maksimum

Tidak ada lagi suplai air irigasi pasang, dimana air pasang selalu di tahan, oleh karena praktis sumber air hanya dari hujan yang mulai jarang turun. Kondisi air yang kosong di saluran tersier telah berdampak kepada penurunan muka air tanah di petak tersier. Melalui operasi pembuangan tersebut maka terbukti efektif dalam menurunkan muka air tanah, dimana pada minggu ke satu bulan Agustus air tanah turun sampai 40-50 cm. Kondisi ini sangat cocok untuk dimulai budidaya tanaman jagung. Gambar 33, menunjukkan variasi muka air tanah pada uji coba budidaya tanaman jagung periode Juli-September 2009. Muka air berada pada 30-40 cm. dan periode tertentu turun sampai 50-60 cm. Pada saat mencapai angka 60 cm dibawah permukaan tanah maka tanaman sudah harus mendapat suplai air.



Gambar 51. Dinamika Air Tanah pada Musim Tanam Ke-3 Budidaya Tanaman Jagung periode Juni-Agustus 2008.

Tabel 39. Strategi operasi pengelolaan air di level tersier untuk tanaman Jagung di lahan Tipologi A/B P8-12S Telang I.

Fase	Tujuan	Operasi Pintu	
		Tersier Pintu kelep	Kuarter Stop log
Pertumbuhan Tanaman	Pengelolaan Air		
Pengolahan tanah	Tanah kering, kapasitas lapang	Tutup/Drainase Maksimum	Buka/Drainase Maksimum
Penanaman	Tanah kering kapasitas lapang	Buka/Suplai Maksimum	Buka/Suplai, dan Tutup ditahan
Pertumbuhan vegetatif	Tanah kering, kapasitas lapang	Tutup/Drainase Maksimum	Buka/Drainase Maksimum
Pertumbuhan reproduktif	Tanah kering kapasitas lapang	Buka/Suplai Maksimum	Buka/Suplai, dan Tutup ditahan
Tahap pematangan	Tanah kering, kapasitas lapang	Tutup/Drainase Maksimum	Buka/Drainase Maksimum

Perlakuan jaran antar saluran di lahan usaha tani adalah dengan membuat kisaran antara 6 m; 8 m dan 14 m. Keragaman muka air tanah melalui pengeboran, menunjukkan tidak begitu nyata pada masing-masing perlakuan. Kisaran muka air tanah berada antara 57-63 cm di bawah muka air

tanah. Saluran cacing di lahan hanya berfungsi untuk membuang kelebihan air bila datang hujan di awal pertumbuhan tanaman. Dari pengamatan lapangan menunjukkan efektifitas drainase berada pada jarak antar saluran 8m. Saluran 6 m cukup baik namun terlalu rapat sehingga tenaga kerja diperlukan lebih banyak. Sementara jarak antar saluran 14 m. menyebabkan genangan lebih lama tertahan bila hujan turun di awal musim. Genangan lebih tiga hari menyebabkan tanaman jagung menguning, sehingga masa pertumbuhan awal masih harus disulam.

Air asin telah masuk ke saluran sejak pertengahan bulan Agustus (setelah 17 Agustus), beruntung saluran tersier sudah dilengkapi pintu tersier, sehingga air pasang yang membawa air asin dapat ditahan. Dari pengamatan morfologis dilapangan terhadap tanaman jagung ternyata keragaman muka air tanah tidak terlalu berbeda, namun kalau dilihat dari pertumbuhan tanaman dapat dilihat bahwa pertumbuhan tanaman jagung di petak tersier 6 dengan jarak antar saluran 8 m, menunjukkan pertumbuhan yang sama baiknya dengan jarak 6m.

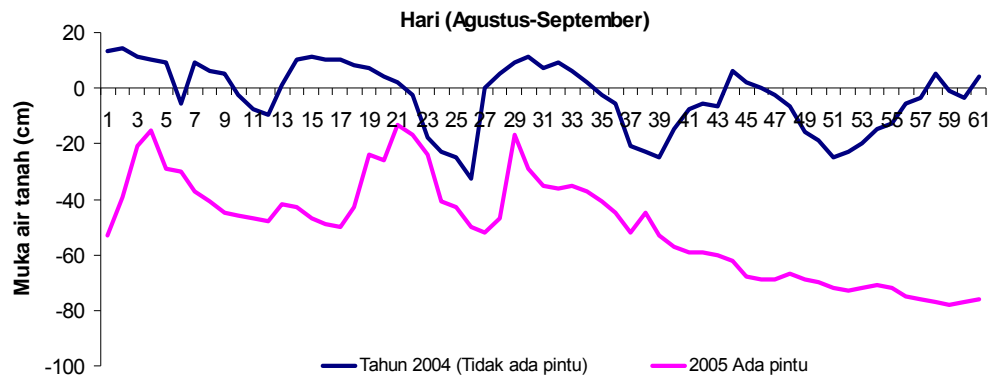
Percobaan budidaya tanaman jagung di lahan tipologi A telah berhasil dilaksanakan. Ini ditunjukkan dengan produksi yang dicapai masing-masing perlakuan. Perlakuan terbaik yaitu pada jarak antar saluran 3 m, disusul pada perlakuan 4m dan 6 m. Dari kondisi diatas maka lahan tipologi A ini punya potensi yang sangat baik untuk dikembangkan menjadi IP 300 dengan pola tanam padi-padi. Tanaman jagung merupakan tanaman MT 3 yang akan sangat baik di tanam pada periode Juli-September. Namun demikian tanpa keberadaan struktur hidroulik (bangunan air) yang lengkap tidak akan bisa jalan. Pintu terseier sangat penting untuk menahan air pasang di awal pertumbuhan dan menahan air asin di masa pertumbuhan memasuki fase generatif.

Dari pengamatan lapangan (Gambar 35), terbukti bahwa kondisi status air di petak tersier antara yang dipasang pintu gorong-gorong dan tidak sangat berbeda nyata. Petak tersier dengan adanya pintu tahun 2009, kondisi lahan kering karena muka air tanah turun dibawah jona 30 cm, sementara pada tahun 2004 yang dimana lahan tidak memiliki pintu kondisi tanah masih lembab dan pada periode tertentu muka air berada diatas permukaan tanah (tergenang).

Effek dari berfungsinya pintu tipe gorong-gorong ini kondisi air di lahan akan menjadi mudah di atur. Terutama pada kondisi dimana lahan memerlukan fase pengeringan, seperti misalnya untuk aplikasi pupuk atau padi menjelang panen. Adanya periode kering pada lapisan tanah juga akan memperbaiki kesuburan tanah, ini dikarenakan senyawa-senyawa toxic akan mengalami volatilisasi dan tanah berada pada proses aerobik sehingga dekomposisi bahan organik menjadi lebih cepat. Sehingga tanah akan menjadi cepat matang. Pengelolaan selanjutnya adalah bila air hujan datang maka semua unsur-unsur beracun yang tersisa didalam tanah akan dicuci dan dibilas, dengan megoparesikan pintu di tersier. Dengan kondisi diatas maka sudah barang tentu produktivitas akan meningkat pada musim tanam berikutnya

Pintu gorong-gorong yang terpasang masih ada sedikit kelemahan dimana masih terdapat celah pada rangka pintu sehingga memungkinkan air masuk. Air pada saat pasang diama posisi pintu menutup secara otomatis, air masih bisa masuk. Namun demikian masuknya air tidak nyata, karena hanya sampai ke petak tersier 3 dan kedalaman air di saluran hanya berkisar 20 cm. Dari kondisi diatas masuknya air tidak akan mempengaruhi kondisi air di petak tersier. Sehingga lahan di petak tersier tetap menjadi kering. Sementara untuk kebutuhan suplai air tanaman jagung diperlukan hanya pada periode tertentu

pertumbuhan. Suplai hanya diberikan pada saat air pasang besar. Air pasang kecil tidak bisa meluapi lahan. Pemasukan air dari air pasang dilakukan hanya beberapa kali yaitu pada awal pertumbuhan tanaman umur 20 hari selama dua hari. Kemudian umur 30 hari pada saat kondisi kering dan pada saat muka air tanah mendekati angka 50 cm dari permukaan tanah. Suplai air terakhir diberikan adalah menjelang fase pembungaan. Selanjutnya tidak perlu diairi. Pada periode selanjutnya (Agustus) air pasang tidak boleh masuk karena mengandung air asin.



Gambar 52. Kondisi muka air tanah pada tahun 2004 tidak ada pintu dan tahun 2009 ada operasi pintu air.

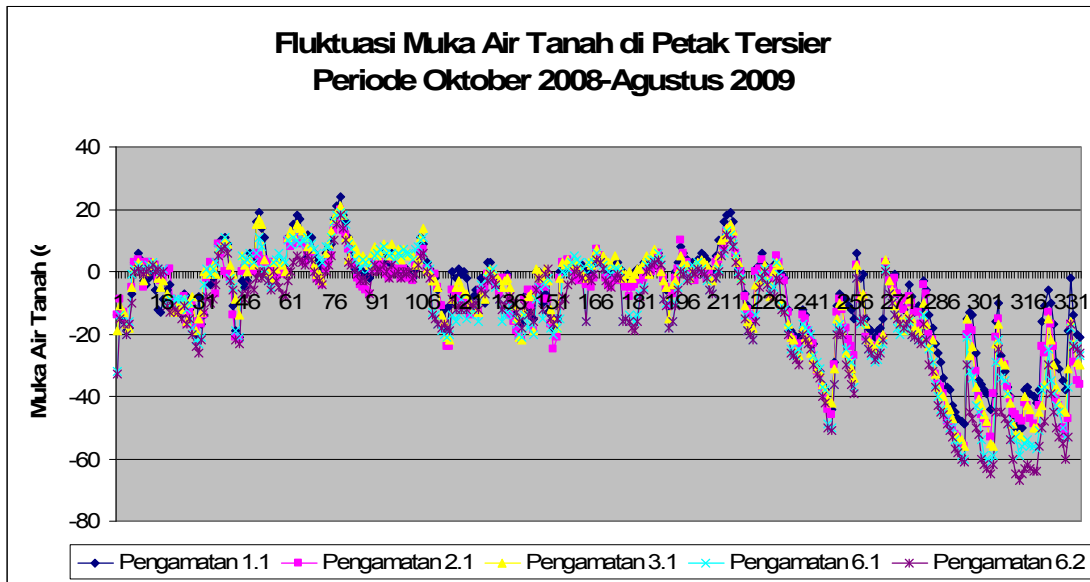
Untuk menghindari dari kekeringan (stres air) maka budidaya tanaman jagung harus dilakukan pada akhir bulan Juni atau awal bulan Juli. Penanaman di pertengahan bulan Juli sangat beresiko karena dikhawatirkan memasuki pertengahan bulan Agustus terjadi puncak musim kemarau. Disisilain irigasi pasang tidak bisa dilakukan karena pada saat tersebut air asin sudah masuk. Analisis hidrologi menunjukkan bahwa penurunan muka air diatas 60 cm menyebabkan air kafilir tanah tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi. Kedalaman air tanah 60 cm lebih dari 2-3 hari akan menyebabkan status air tanah di zona akar mencapai titik layu permanen.

F. Evaluasi Kontribusi Muka Air Tanah Terhadap Kadar Kelembaban Tanah Di Zona Perakaran Tanaman

Kontribusi air tanah di daerah rawa pasang surut akan terasa besar manfaatnya bila suplai air dari hujan atau irigasi pasang tidak ada lagi. Ini terjadi biasanya pada musim kemarau. Untuk daerah rawa pasang surut kontribusi air tanah sangat pentingnya khususnya untuk tipologi C seperti delta Saleh (daerah tinggi). Pada daerah ini suplai air irigasi dari air pasang tidak mungkin maka air tanah sangat berperan sekali meskipun pada kondisi musim hujan. Air tanah berfungsi untuk menjaga kelembaban tanah pada kondisi air tersedia bagi perakaran tanaman. Sementara untuk lahan seperti di Telang I (tipologi A), Air tanah sudah relatif dangkal, ditambah suplai air permukaan baik dari hujan maupun pasang cukup tinggi, sehingga tidak ada proses kenaikan kafiliter selama periode musim hujan bahkan selama musim kemarau bila saja pintu air tidak difungsikan. Berikut analisis dinamika air tanah dan pengaruhnya terhadap status air di zona akar. Variasi laju kenaikan air secara kafiliter juga sangat dipengaruhi oleh sifat fisik tanah terutama tekstur tanah.

1. Daerah Tipologi rendah A Delta Telang I Primer 8

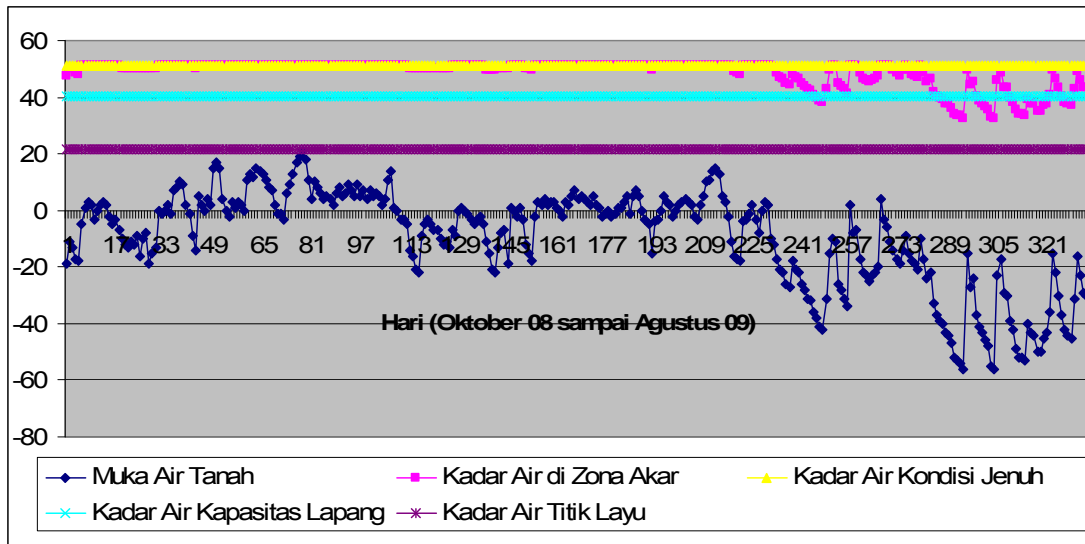
Dinamika muka air tanah di petak tersier dapat dilihat pada Gambar 36. Nilai tertinggi muka air di atas permukaan tanah adalah berada pada kisaran 20-25 cm, sementara nilai terendah adalah berada pada kisaran 50-65 cm. Bila kondisi air masih tergenang atau turun hanya pada kisaran 10-20 cm dari permukaan tanah maka zone akar tanaman masih jenuh air. Pada kondisi ini belum ada pengaruh signifikan kontribusi air tanah karena belum terjadi proses kenaikan kafiliter.



Gambar 53. Dinamika air tanah selama tiga periode musim tanam, tahun 2008-2009 di daerah basah tipologi A

Untuk tanaman padi, secara fisiologis menghendaki tanah dalam kondisi macak-macak atau jenuh air. Kondisi ini tentu bisa dipenehi bila atanaman padi ditanam pada musim penghujan. Gambar 36, menunjukan bahwa variasi muka air tanah berada pada kisaran 20 cm diatas atau dibawah permukaan tanah merupakan nilai yang ideal untuk tanaman padi. Karena pada periode ini kadar air tanah di zona perakaran adalah berada pada kondisi jenuh air.

Memasuki musim kemarau dimana hujan sudah tidak ada, dan air pasang ditahan maka akan terjadi drainase air melalui perkolasi ke saluran tersier dan muka air tanah berangsur turun melampaui batas kritis 20 cm. Kondisi ini diinginkan untuk budidaya tanaman pangan lahan kering seperti jagung. Dari hasil analisis kontribusi air tanah menunjukan bahwa angka kapasitas lapang dicapai bila muka air tanah berada pada kedalaman 40 cm. Oleh karena itu variasi muka air tanah pada kedalaman 40-50 cm merupakan kondisi optimum bagi akar tanaman untuk menyerap air. Kondisi ini berada pada kandungan air tanah tersedia bagi tanaman. (Gambar 37).



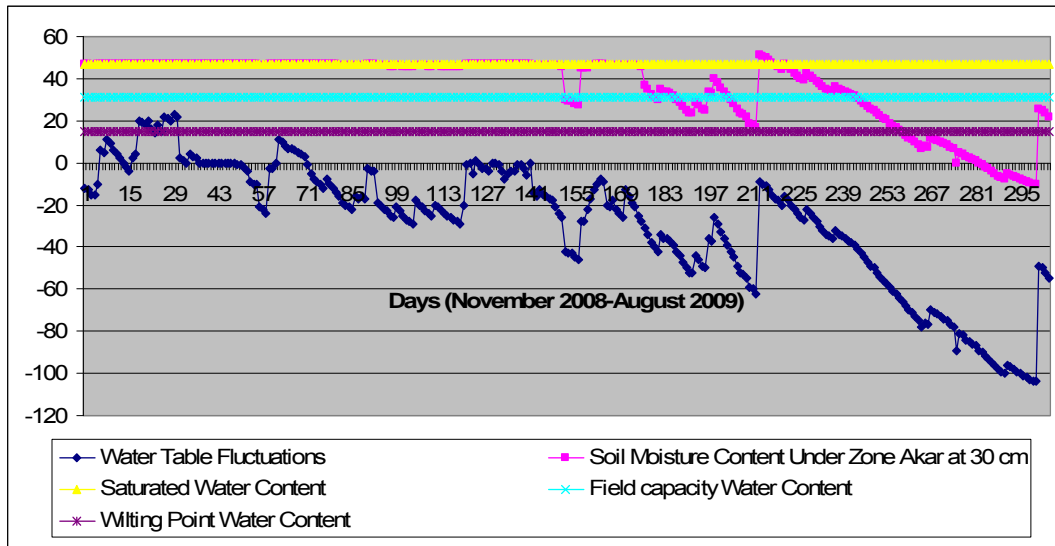
Gambar 54. Kontribusi muka air tanah terhadap status air tanah di zone akar tanaman.

Dari Gambar 37, terlihat jelas bahwa retensi air tanah tidak pernah mencapai angka titik layunpermanen. Ada beberapa hari dimana air tanah mencapai angka 60 cm dibawah permukaan tanah menunjukkan kadar air tana mendekati angka titik layu. Pada kondisi tersebut air tersedia sudah habis 70% dan pada kondisi ini perlu segera pengairan. Petani telah mengerti dan memasukan air pasang sehingga air tanah kembali naik dan status air tanah kembali ke titik jenuh. Dari analisis ini maka dapat disimpulkan bahwa dinamika air tanah dilahan tipologi A, adalah cukup mendukung untuk menciptakan kondisi air tersedia bagi perakaran tanaman. Kekeringan masih bisa diatasi dengan memasukan air pasang, sebelum pertengahan bulan Agustus. Periode ahir agustus tidak bisa lagi air pasang untuk pengairan karena air mengandung kadar garam.

2. Daerah Tipologi C (kering) di Delta Saleh Primer 10

Penurunan muka air tanah yang cepat ini bila tidak diikuti dengan suplai air maka menyebabkan penurunan kadar air tanah di zona perakaran tanaman. Bila kondisi ini berlangsung lama maka kelembaban tanah di daerah perakaran dapat melebihi kondisi titik layu. Sehingga tanaman akan mengalami stress air. Gambaran perubahan dinamika air tanah terhadap perubahan kadar air tanah di zone perakaran tanaman dapat dilihat pada Gambar 38.

Dari Gambar 38, maka dapat dilihat bahwa muka air tanah pada kedalaman 10-20 cm di bawah permukaan tanah menunjukkan bahwa kondisi kadar air tanah masih jenuh. Penurunan status air terjadi bila kedalaman muka air tanah turun ke level 30-40 cm. Pada kondisi ini kadar air tanah mendekati kondisi kapasitas lapang. Variasi kedalaman air tanah pada level 20-30 cm menunjukkan lahan dalam kondisi lembab (basah), sehingga pada masa tersebut lebih cocok untuk tanaman padi. Periode ini terjadi pada musim penghujan (November-Maret). Memasuki periode awal musim kemarau dimana muka air berada pada level 40-50 cm. Dan kondisi ini cocok untuk bertanam palawija seperti jagung. Namun masih ditemui hujan sehingga pada waktu tertentu kadar air kembali naik menjadi jenuh. Dan karena sistem drainase lahan yang buruk maka periode jenuh air ini terjadi melebihi 3-4 hari. Bila jagung akan ditanam maka harus dilakukan perbaikan sistem tata air mikro untuk membuang kelebihan air, dari hujan yang masih ada pada periode Maret-April.



Gambar 55. Dinamika Air Tanah Terhadap Perubahan Kadar Air Tanah di Perakaran Tanaman di Delta Saleh

Kajian di lapangan petani seringkali menunda masa tanam dibanding dengan membuat sistem drainase untuk mengatasi masalah genangan. Mereka tanam mulai bulan ahir bulan Juni. Kondisi ini seringkali terlambat karena memasuki periode pembungaan adalah bulan Agustus. Bulan Agustus adalah puncak musim kemarau dimana muka air tanah turun bisa mencapai angka 80-90cm. Dari analisis kontribusi air tanah terhadap kadar air tanah menunjukkan bahwa nilai kritis dicapai pada angka 60 cm. Bila muka air tanah menyentuh di level 60 cm lebih dari 3 hari maka kadar air tanah di zona akar mencapai kondisi titik layu. Kondisi ini menyebabkan tanaman mengalami stress air. Sementara itu idealnya irigasi harus diberikan pada kondisi muka air tanah sebelum mencapai titik layu (70 % air tersedia habis). Untuk itu muka air tanah untuk budidaya tanaman jagung harus dijaga pada level 40-50 cm dibawah permukaan tanah.

G. Evaluasi Perubahan Kualitas Tanah

Dinamika status hara tanah sering kali dipengaruhi oleh status air tanah di daerah perakaran tanaman. Kondisi ini terjadi terutama di daerah reklamasi rawa pasang surut. Pengujian terhadap beberapa sifat kimia tanah pada Musim kemarau dan musim hujan menunjukkan adanya perbedaan nilai. Hasil analisis beberapa parameter kimia tanah dapat dilihat pada Tabel 41.

Tabel 40. Kondisi status hara tanah pada musim kemarau (sebelum pengolahan tanah Musim Tanam 1) di Lahan Tipologi C Delta Saleh

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	3,82	4,20	0,31	31,50	0,26	4,88	79,17
T2	3,83	3,07	0,21	39,30	0,19	4,92	54,60
T3	3,86	1,90	0,15	16,95	0,13	5,26	68,25
T4	3,80	2,06	0,17	16,05	0,19	7,17	88,53
T5	3,76	2,63	0,19	15,00	0,19	5,69	83,85
T6	3,94	4,79	0,34	52,65	0,26	4,69	86,97
T7	3,60	4,87	0,36	34,65	0,32	4,83	85,80
T8	3,70	1,54	0,12	30,00	0,19	5,16	82,29
Rerata	3,83	3,13	0,24	26,14	0,22	5,33	78,66

Analisis status hara tanah dilakukan di dua musim yaitu kondisi kemarau dan penghujan. Hasil analisis pada musim kemarau (Tabel 42), menunjukkan bahwa nilai C-organik bervariasi dari status rendah sampai tinggi. Nilai N-total berada pada kisaran rendah sampai sedang, nilai posfor berada pada kisaran sedang sampai tinggi. Begitu juga kalium tanah berada pada status hara rendah, sehingga secara umum kesuburan tanah relatif rendah. Permasalahan kualitas tanah lebih pada tingkat kejenuhan Alumunium yang relatif tinggi yaitu rata-rata diatas 5 me/100g. Sehingga untuk menetralkan diperlukan setidaknya 3-5 ton kapur/ha. Kadar besi masih berada pada batas toleransi dimana hasil analisa

menunjukkan nilai besi pada kisaran 70-80 ppm. Nilai besi yang masih dibawah ambang ini dimungkinkan karena lahan sudah mengalami perbaikan pengelolaan air. Namun demikian pada kondisi pH dibawah 4, konsentrasi besi masih akan mengganggu fisiologis tanaman.

Tanaman padi yang keracunan besi disebabkan tingginya serapan besi (>300 ppm) pada tanaman padi, penyebabnya beragam bisa disebabkan oleh faktor-faktor tanah seperti kandungan Fe tinggi, pH rendah (van Bremen dan Moorman, 1978), kahat hara dan keseimbangan hara (Tanaka dan Tadano, 1972; Benckiser *et al.*, 1982). Konsentrasi besi di dalam tanah yang dapat menyebabkan keracunan besi di dalam tanah menurut beberapa hasil penelitian tergantung dengan pH tanah. Dalam tanah pada konsentrasi Fe 100 ppm dengan pH 3.7 dan konsentrasi Fe 300 ppm dengan pH 5.0 dapat meracun bagi tanaman (Tadano dan Yoshida, 1978). Hasil penelitian Sulaiman *et al.*, 1997) menunjukkan batas kritis konsentrasi Fe (ekstraksi 1N NH₄OAC pH 4,8) di dalam tanah yang dapat menyebabkan keracunan besi pada tanaman di lahan pasang surut adalah 260 ppm Fe, sedangkan batas kritis keracunan Fe jaringan tanaman padi IR-64 adalah sebesar 200 ppm Fe.

Selanjutnya analisis tanah dilakukan juga pada lahan Tipolgi A delta Telang Primer 8. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 15. Dilihat dari hasil analisis tanah, ternyata untuk lokasi delta Telang I sedikit ada perbedaan. Meskipun secara kesuburan relatif sama dimana status Nitrogen, Fosfor, Kalium dan Besi relatif sama dengan di Delta Saleh. Perbedaan terletak pada kejenuhan Aluminium. Kadur aluminium lebih rendah dimana hanya berada pada kisaran 1-2 me/100g. Begitu pula dengan reaksi tanah yang relatif lebih tinggi diatas 4.

Dari kondisi ini tentu bahaya besi pada tanah di Telang I tidak begitu berpengaruh terhadap fisiologis tanaman.

Tabel 41. Kondisi status hara tanah pada musim kemarau (sebelum pengolahan tanah MT 1) di Lahan Tipologi A Delta Telang I

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	3,89	5,04	0,38	13,80	0,19	2,87	89,70
T2	4,06	8,37	0,63	55,05	0,19	2,68	83,27
T3	4,25	5,11	0,43	39,45	0,13	1,34	83,66
T4	4,23	3,18	0,28	24,15	0,19	2,92	37,05
T5	4,18	1,74	0,15	15,15	0,13	3,35	78,20
T6	4,34	4,09	0,38	55,05	0,26	1,20	77,03
T7	4,31	5,38	0,49	15,30	0,19	1,20	79,37
T8	4,42	3,11	0,28	16,35	0,19	1,20	100,43
Rerata	4,21	4,50	0,37	29,29	0,18	2,10	78,59

Untuk melihat perubahan status hara tanah akibat perbaikan pengelolaan air dan proses pencucian lahan maka dilakukan analisis tanah setelah musim tanam I (kondisi musim hujan) Tabel 43. Kondisi status hara tanah tidak mengalami perubahan yang nyata namun perubahan terjadi dari pH tanah dan kelarutan besi. Terjadi penurunan kadar besi dari rata-rata 78 ppm menjadi 41 ppm. Sementara kejenuhan Alumunium tidak begitu mengalami perubahan dimana dari rata-rata 5 me/100g turun menjadi sekitar 4 me/100g. Dari angka tersebut maka pertumbuhan tanaman padi tidak mengalami gangguan fisiologis. Namun demikian peningkatan kualitas tanah masih harus dilakukan terutama dengan pemberian kapur untuk menurunkan kejenuhan Alumunium. Tingginya alumunium ini akan menghambat serapan hara oleh tanaman.

Tabel 42. Kondisi status hara tanah pada musim hujan (Setelah Panen Musim Tanam I di Lahan Tipologi C Delta Saleh

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	3,97	3,47	0,27	36,15	0,13	4,66	37,83
T2	4,23	2,71	0,21	35,25	0,13	3,68	42,51
T3	4,07	2,50	0,19	11,40	0,19	5,36	40,79
T4	4,34	3,07	0,23	24,00	0,13	3,76	42,32
T5	4,05	3,68	0,28	12,75	0,13	4,00	42,32
T6	4,07	5,86	0,39	14,25	0,10	3,56	40,95
T7	3,77	3,77	0,16	8,85	0,13	5,68	42,32
T8	3,79	3,79	0,25	22,50	0,19	4,92	41,42
Rerata	4,04	3,73	0,25	20,64	0,14	4,45	41,31

Tabel 43. Kondisi status hara tanah pada musim hujan (Setelah Panen Musim Tanam I di Lahan Tipologi A. Delta Telang I

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	4,89	6,44	0,45	31,50	0,15	1,60	39,86
T2	4,58	5,81	0,43	16,95	0,12	1,96	40,95
T3	4,61	5,53	0,39	23,70	0,14	1,64	41,34
T4	4,41	3,27	0,27	32,40	0,13	2,76	35,18
T5	4,47	3,79	0,27	33,15	0,26	2,56	39,94
T6	4,80	4,73	0,36	43,50	0,13	1,00	40,79
T7	4,74	5,53	0,39	19,20	0,13	1,20	40,56
T8	5,25	5,04	0,40	38,40	0,32	0,20	35,26
Rerata	4,72	5,02	0,37	29,85	0,17	1,61	39,24

Tabel 44, menunjukkan hasil analisis hara tanah pada kondisi musim penghujan di delta Telang I (setelah MT1). Kandungan C-organik relatif tinggi, diikuti dengan nilai N-total berada pada kisaran sedang, nilai fosfor tanah relatif tinggi, dan kalium tanah berada pada status rendah. Secara umum kesuburan tanah dikatakan sedang. Perubahan nyata terjadi pada kandungan besi dimana efek dari pengelolaan air melalui pencucian lahan cukup baik mampu menurunkan kadar besi dari rata-rata 79 ppm menjadi 39 ppm. Penurunan

kandungan besi ini juga diikuti dengan penurunan kadar aluminium dari rata-rata 2 me/100g menjadi sekitar 1,5 me/100g. Kondisi ini berdampak baik terhadap perbaikan kualitas lahan sehingga pertumbuhan tanaman berjalan normal tanpa mengalami gangguan fisiologis akibat keracunan besi. Begitupula dengan kejenuhan aluminium yang tergolong rendah, sehingga untuk di delta Telang I tidak diperlukan pengapuran.

H. Penyusunan Zona Pengelolaan Air

Zona pengelolaan air adalah unit unit perencanaan pemanfaatan lahan. Hal ini berarti bahwa definisi tersebut merupakan suatu kombinasi dari sifat sifat fisik lahan dan usul pemanfaatan lahan seperti pada sawah irigasi pasang surut, padi tadah hujan, perkebunan atau pada irigasi pompa.

Menurut Surjadi (1996), Opsi pengelolaan air dilahan rawa pada dasarnya ditentukan oleh kondisi hidrotografi . Bila dikombinasikan dengan strategi pengelolaan air maka akan memungkinkan kita dapat membagi suatu area kedalam zona-zona kesesuaian lahan yang berbeda atas dasar kondisi pengelolaan air yang kurang lebih identik . Hal itu disebut sebagai Land Suitability Zones (LSZ), yang akan menjadi suatu indikator untuk membuat deliniasi lahan berdasarkan kesamaan dalam hal pengelolaan airnya . Untuk mendapatkan zona kesesuaian lahan pada daerah rawa pasang surut, kita bisa menggunakan sistem informasi geografis (GIS) .

Zonasi kesesuaian lahan harus bisa sekurang-kurangnya membedakan antara kategori hidrotopografi (A sampai D) dan karakteristik tanah yang paling utama adalah kedalaman lapisan firit dan sifat fisik tanah seperti keterhantaran

hidroulik tanah. Nilai keterhantaran hidraulik tanah (K) ini sangat menentukan kemampuan drainability tanah.

Kalau dipandang dari aspek kesesuaian lahannya saja, maka dapat saja terjadi bahwa untuk suatu unit lahan (umumnya petak tertier) sebagai berikut ;

- Sebagian dipakai untuk tanaman padi tadah hujan
- Sebagian lagi dipakai untuk perkebunan.

Untuk memudahkan pengelolaan air, maka harus dipilih salah satu saja dari kedua hal tersebut.

Zona pengelolaan air harus ditentukan juga untuk setiap musim tanam. Untuk setiap zona pengelolaan air di buat bangunan air, saluran, dengan prosedur operasi dari bangunan airnya yang ditetapkan. Prosedur operasi ini disebut Rencana pengelolaan air. Jadi desain bangunan air dan saluran harus sedemikian hingga selalu dapat memenuhi rencana pengelolaan air tersebut.

Operasi harian dari jaringan reklamasi rawa ini untuk setiap zona pengelolaan air bagi padi akan tergantung kepada hal hal sebagai berikut :

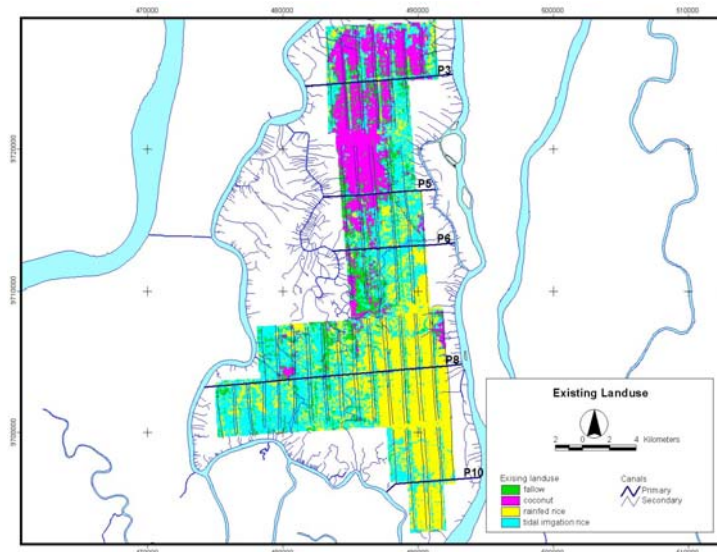
- Zona pengelolaan air yang ditetapkan yang memperhitungkan perbedaan – perbedaan lokal.
- Tahap pertumbuhan dari tanaman padi
- Tahap dalam siklus pasang surut 14 hari
- Intrusi salinitas

Sedang operasi harian dari jaringan reklamasi rawa ini untuk setiap zona pengelolaan air bagi perkebunan akan tergantung kepada hal hal sebagai berikut

- Zona pengelolaan air yang ditetapkan yang memperhitungkan perbedaan – perbedaan lokal.
- Tahap dalam siklus pasang surut 14 hari
- Curah hujan yang terjadi dalam beberapa hari terakhir.

1. Penyusunan Zona Pengelolaan Air untuk Daerah Telang I

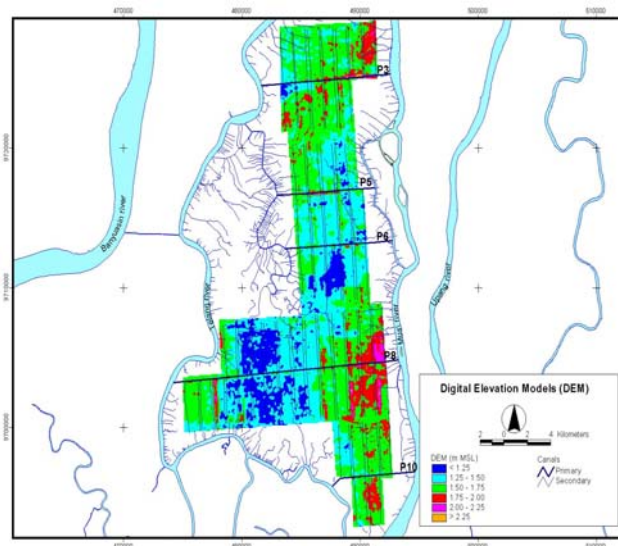
Dalam tahap awal persiapan penyusunan zona pengelolaan air adalah diperlukan beberapa data pendukung. Data awal adalah dengan menyiapkan data penggunaan lahan terbaru (*existing landuse*). Untuk memudahkan penyusunan sebaran penggunaan lahan dalam skala kawasan (Telang) maka digunakan teknologi GIS dan Penginderaan Jauh. Citra Satelit Lansat 2002 dan 2008 telah digunakan untuk melakukan pemutahiran data dan melalui koreksi geometrik dan kalibrasi dilapangan maka dapat disusun sebaran penggunaan lahan (Gambar 55).



Gambar 56. Peta sebaran penggunaan lahan di delta Telang I

Distribusi penggunaan lahan terbesar adalah padi terutama di primer 6, 8 dan 10. Sementara untuk primer 3 dan 5 sebagian lahan sudah dimanfaatkan penduduk untuk kelapa. Diharapkan perbaikan pengelolaan air yang dilakukan di Primer 8 akan mendorong penduduk kembali beralih fungsi ke tanaman padi. Kecenderungan sudah dirasakan beberapa penduduk di primer 5 dan 3, sudah mulai menebang kelapa.

Untuk melihat potensi pengairan dan pembuangan maka diperlukan peta sebaran ketinggian lahan. Gambar 40, menunjukkan peta sebara ketinggian lahan. Dari peta tersebut terlihat bahwa sebaran lahan yang paling rendah berada pada kisaran 1,25-1,50 dpl berada di primer 8. Kondisi lahan seperti ini berpotensi tanam dua kali padi dan hasil kajian lapangan menunjukkan lahan cenderung lebih basah.



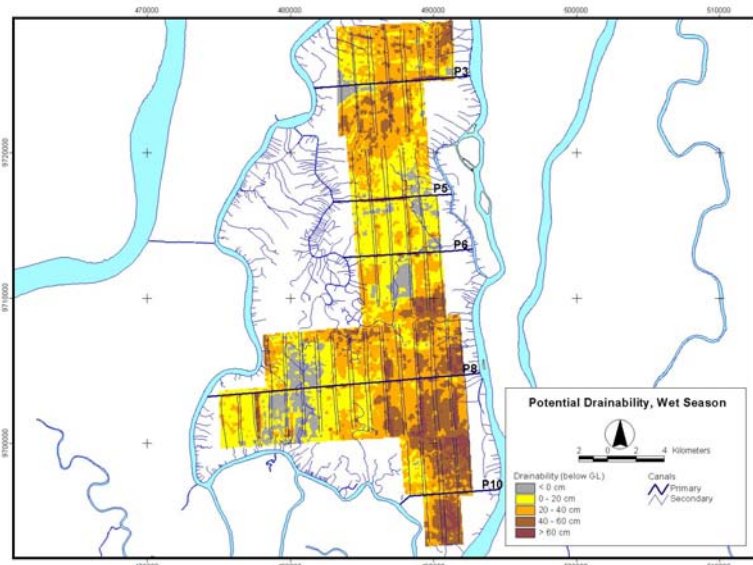
Gambar 57. Peta sebaran ketinggian lahan di delta Telang I

Sementara untuk daerah yang sedang berada pada ketinggian lebih tinggi berada pada ketinggian 1,5-1,7 dpl berada di Primer 8 sebelah barat, dan di primer 5 sebelah utara. Daerah ini hanya berpotensi tanam satu kali padi sawah dan padi tadah hujan. sementara untuk daerah yang memiliki ketinggian antara 1,75-2 m dpl hanya berpotensi padi tadah hujan.

Selain peta ketinggian lahan juga didukung oleh peta potensi pembuangan air dari lahan (*drainability*). Peta ini menunjukkan sebaran lahan dimana areal yang berpotensi agar muka air tanah bisa diturunkan untuk kepentingan pengelolaan air maupun pengelolaan lahan untuk budidaya tanaman. Menurut

Surjadi (1996), drainase diperlukan pada saat (1) setelah turun lebat, (2) sebelum dilakukan pemupukan, (3) saat kualitas tanah dan air memburuk. Drainase memerlukan saluran – saluran kuarter (kedalaman 70 cm, dengan jarak antara 50 – 100 m), pipa – pipa kecil melalui pematang sawah, dan muka air yang rendah di saluran. Pelindihan (pencucian tanah) dilakukan dengan merembeskan air hujan melalui tanah menuju ke saluran saluran. Gambaran potensi sebaran kemampuan lahan melakukan pembuangan air pada kondisi musim hujan dapat dilihat pada Gambar 41. Potensi pembuangan air secara alami sampai lebih dari 60 cm dibawah permukaan tanah ditunjukkan di areal sebelah barat dari Primer 8 dan 10. Kondisi ini jelas berpengaruh bila lahan akan di tanami tanaman padi. Lahan harus mendapat perlakuan konservasi air agar air tidak cepat hilang.

Drainase yang terlalu dalam harus dihindari, hal tersebut bukan hanya berpengaruh terhadap tanaman , namun juga membawa resiko akan terjadinya oksidasi pirit dibawah tanah. Oleh karena itu, muka air pada saluran harus dijaga pada tingkat tertentu dibawah permukaan tanah, tergantung pada curah hujan dan kedalaman pirit, (dangkal, atau pengaturan drainase).

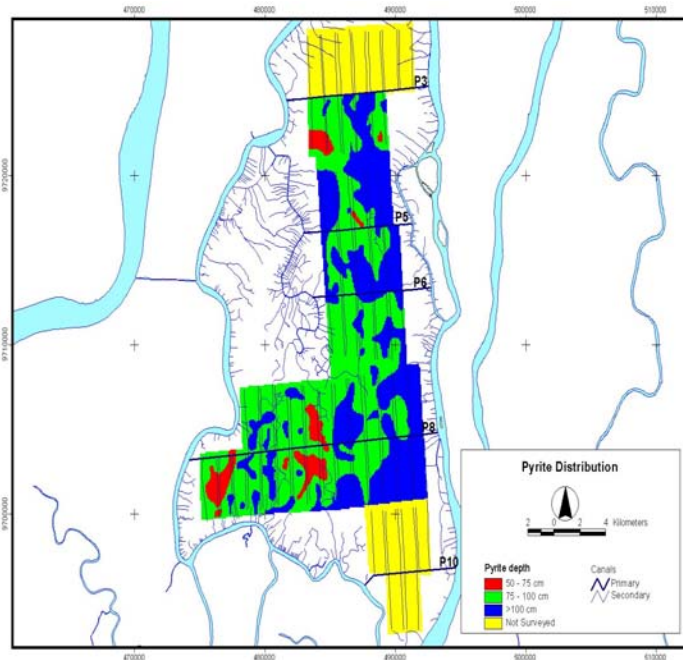


Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

Gambar 58. Peta sebaran kemampuan pembuangan air di lahan

Drainase juga diperlukan untuk mencegah akumulasi zat-zat beracun pada tanah di daerah rawa pasang surut dengan memberi bahan – bahan yang mengandung bahan organik tinggi. Masalah drainase menjadi lebih penting dari pada penampungan air. Ini berarti bahwa pertumbuhan padi di musim tanam pada sawah kering dengan menggunakan air tanah memerlukan elevasi muka air tanah yang berada beberapa m di bawah permukaan tanah. Hasil kajian lapangan yang mendalam menunjukkan bahwa pencucian merupakan alternatif yang sesuai, karena aplikasi pencucian telah menunjukkan peningkatan produksi baik di percobaan Telang I maupun di Delta Saleh.

Sebaran kedalaman firit juga merupakan bagian penting dalam mempelajari karakteristik lahan. Sebaran kedalaman Pirit dapat dilihat pada Gambar 42.

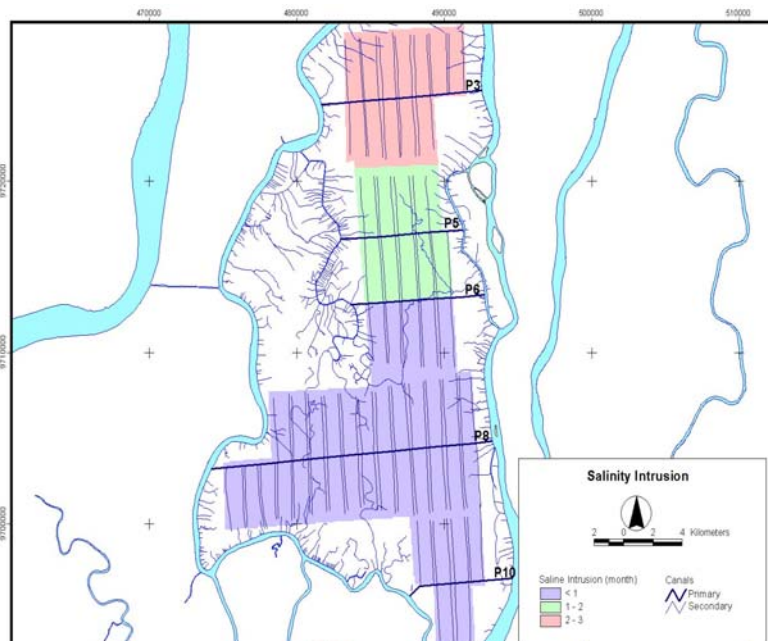


Sumber: Rahmadi, (2009) moifikasi

Gambar 59. Sebaran kedalaman lapisan pirit di areal studi Telang I

Kedalaman firit juga menentukan rencana pengelolaan air karena pirit yang dangkal mengharuskan pengendalian air yang hati-hati agar air tanah tidak terlalu lama berada dibawah lapisan pirit. Sebaliknya bila kondisi pirit aman yaitu cukup dalam dan berada pada kedalaman dibawah air tanah maka lahan bisa dilakukan drainase maksimum. Kondisi ini penting terutama untuk pengelolaan air tanaman palawija di musim kemarau.

Intrusi air asin juga merupakan pertimbangan penting dalam penyusunan zona pengelolaan air. Dalam penyusunan kelas intrusi air asin di areal studi dikelompokkan menjadi kelas pertama adalah < 1 bulan; kedua adalah 1-2 bulan dan kelas ke tiga adalah 2-3 bulan. Sebaran intrusi air asin dapat dilihat pada Gambar 60.



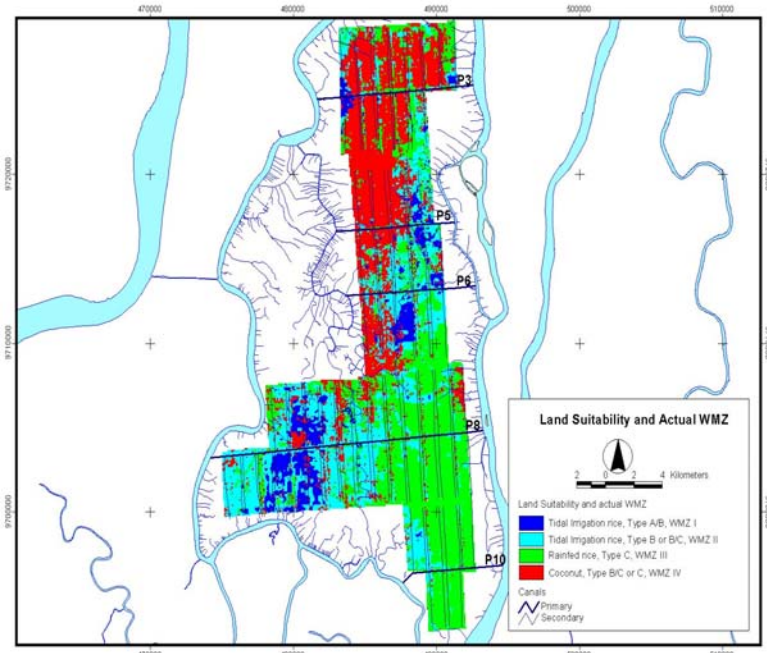
Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

Gambar 60. Peta sebaran intrusi air asin di Delta Telang I

Dari kajian di lapangan menunjukkan bahwa dengan operasi bangunan air bahaya salinitas bisa diminimalkan. Kondisi ini dibuktikan dari kajian dilapangan di Primer 8 Telang Karya. Air asin masuk pada ahir bulan Agustus dan September. Operasi pintu air mampu menahan air pasang yang membawa air asin. Namun demikian lamanya waktu intrusi air asin lebih dari sebulan menyebabkan lahan tidak bisa menerima suplai air. Akibatnya air tanah akan turun sampai batas kritis tanaman. Dari kondisi tersebut maka komponen karakteristik lahan ini menjadi bagian penting dalam penyusunan rencana zona pengelolaan air.

Dari beberapa informasi karakteristik lahan dan penggunaan lahan aktual saat ini maka dapat disusun pola kesesuaian lahan di areal studi untuk padi sawah irigasi pasang surut tipe A (dua kali), padi sawah pasang surut tipe B (satu

kali); padi tadah hujan (retensi air) dan tanaman kelapa. Adapun sebaran peta kesesuaian lahan saat ini dapat dilihat pada Gambar 61.

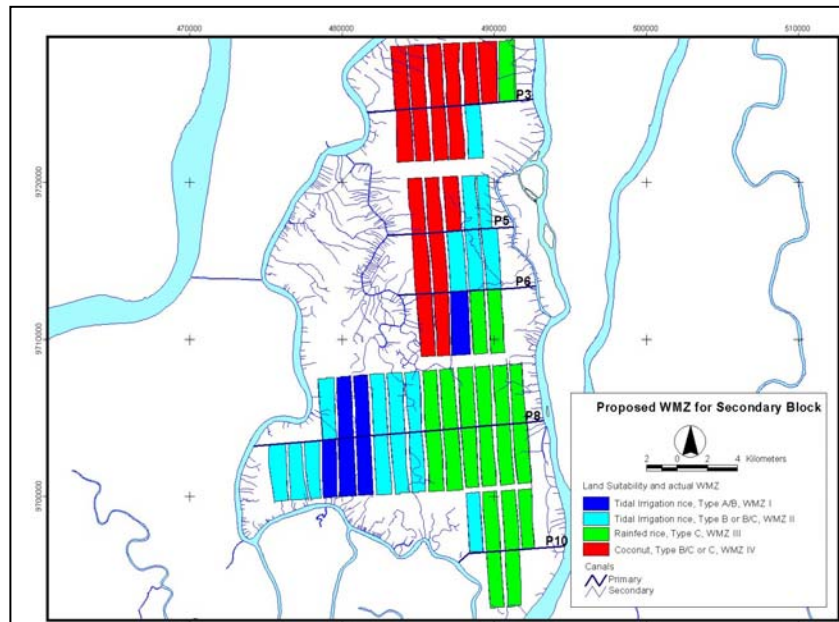


Sumber: Rahmadi, (2009) moifikasi

Gambar 61. Peta sebaran kesesuaian lahan untuk padi di areal studi Telang I

Dari potensi kesesuaian lahan (Gambar 40) tersebut maka dapat disusun rencana pengelolaan air. Rencana pengelolaan air ini disusun berdasarkan komponen potensi penggunaan lahan yang paling dominan didlam satu blok sekunder, sehingga rencana pengelolaan air dapat disusun untuk masing-masing blok sekunder. Pertimbangannya adalah tidak mungkin dalam satu blok sekunder terdapat lebih dari dua penggunaan lahan. Misalnya petani ada yang mau tanam padi dan jagung. Kondisi hal yang berbeda dimana padi membutuhkan air banyak sementara jagung memerlukan air sedikit. Oleh karena itu strategi pengendalian muka air untuk padi adalah suplai sementara untuk jagung adalah pembuangan. Dari pertimbangan tersebut maka pengendalian muka air dilakukan untuk satu blok sekunder yang dikenal dengan zona

pengelolaan air (ZPA). Hasil pewilayahan rencana pengendalian air pada masing-masing blok sekunder dapat dilihat pada Gambar 62.



Gambar 62. Peta sebaran zona pengelolaan air (ZPA) di delta Telang I

Pada masing-masing blok sekunder dari Gambar 46 menunjukkan rekomendasi teknis pengelolaan air juga rekomendasi pemanfaatan lahan. Rencana operasi sistem pengendalian muka air dari masing-masing blok sekunder ini juga berbeda sehingga merupakan satu kesatuan unit pengelolaan dari masing-masing unit petak sekunder. Oleh karena itu dalam satu petak sekunder harus ada satu orang juru pengairan yang mengoperasikan jaringan, dan bekerjasama dengan satu Perkumpulan Petani Pengelola Air (P3A).

Rekomendasi operasi dari masing-masing petak sekunder ini perlu dikaji terapan dilapangan, penelitian yang dilakukan pada dua kondisi ekstrim lahan basah dan kering (Telang P8 dan Saleh P 10) dapat dijadikan dasar untuk memformulasikan rencana operasi pada masing-masing petak sekunder di

daerah lain. Adapun hasil rekomendasi pada masing-masing blok sekunder berdasarkan kajian lapangan dan pemodelan dapat dilihat pada Tabel 45.

Tabel 44. Rekomendasi pada masing-masing Zona Pengelolaan Air di Delta Telang I

Zona Pengelolaan Air (ZPA)	Penciri dalam unit sekunder	Peta satu petak	Rekomendasi Penmafaatan Lahan	Tujuan pengelolaan air	Rekomendasi Peningkatan Jaringan
ZPA I	Biru		Padi-padi-jagung	Fokus drainase	Pintu air tersier
ZPA II	Hijau muda		Padi-jagung	Kontrol drainase	Pintu air sekunder-tercier
ZPA III	Hijau tua		Padi tadah hujan-jagung	Retensi Air	Pintu air sekunder SPD-SDU dan terciar
ZPA IV	Merah		Tanaman keras	Drainase	Pintu air sekunder SPD

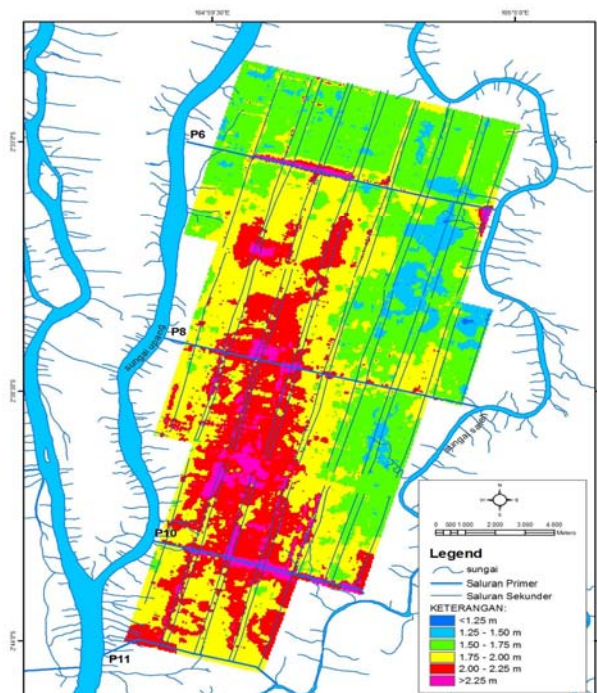
Untuk rencana operasi teknis dilapangan harus disesuaikan dengan rancana tanam, dan fase pertumbuhan tanaman. Rekomendasi untuk masing-masing pola pemanfaatan lahan telah diuraikan dengan jelas pada sub-BAB Adapatasi model DRAINMOD dan DUFLOW.

2. Penyusunan Zona Pengelolaan Air Delta Saleh

Langkah awal dalam penyusunan zonasi pengelolaan air (ZPA) adalah pengelompokan lahan ke dalam satuan unit lahan. Satuan lahan didaerah rawa pasang surut merupakan kombinasi dari dua kualitas lahan hidrologis dengan kualitas lahan berdasarkan tipe luapannya, kualitas lahan berdasarkan potensi drainasenya dan kualitas lahan berdasarkan tipe tanahnya. Sejauh ini pengalaman yang ada sangat terbatas untuk mendefinisikan satuan lahan berdasarkan kualitas lahan saja bahkan masih bersifat kualitatif. Untuk itu dalam

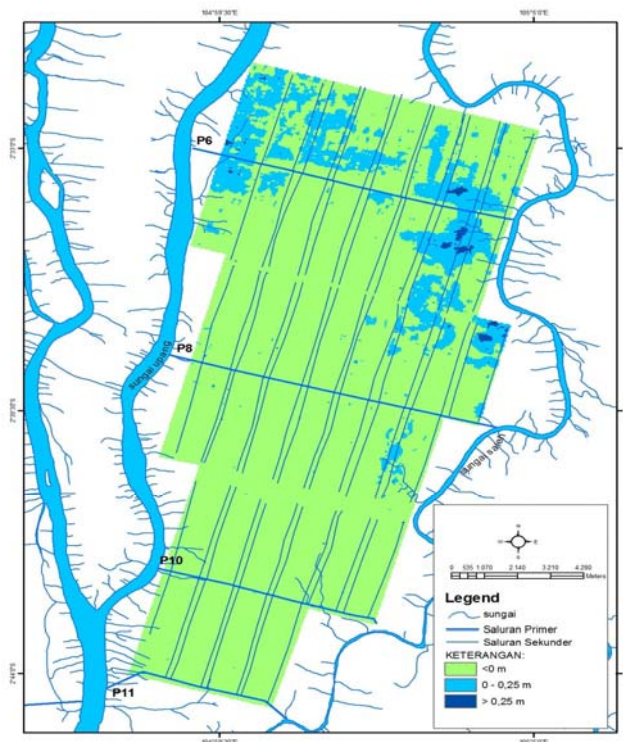
penelitian ini telah melibatkan karakteristik lahan yang terukur misalnya sebaran kedalaman lapisan firit, lamanya waktu intrusi air laut, ketinggian permukaan lahan relatif terhadap muka air laut dan potensi masing-masing lahan menerima luapan air. Nilai kuantitatif dari masing-masing parameter kualitas lahan tersebut telah dikelompokkan menjadi beberapa kelas sehingga memudahkan untuk melakukan pemodelan spasial dalam penyusunan tingkat kesesuaian lahan.

Untuk daerah Saleh secara tofografi daerah ini lebih tinggi. Kondisi sebaran tofografi lahan dapat dilihat pada Gambar 46. Daerah yang tinggi yaitu berada pada ketinggian 2-2,25 m dpl tersebar di primer 10 baik arah utara dan selatan, dan berada di primer 8 sebelah utara bagian barat. Sementara daerah yang agak rendah berada di primer 8 arah timur dan seluruh areal di primer 6 bagian utara dan sebagian primer 6 arah selatan ke bagian timur. Kondisi daerah ini pada musim hujan menerima air luapan pasang.



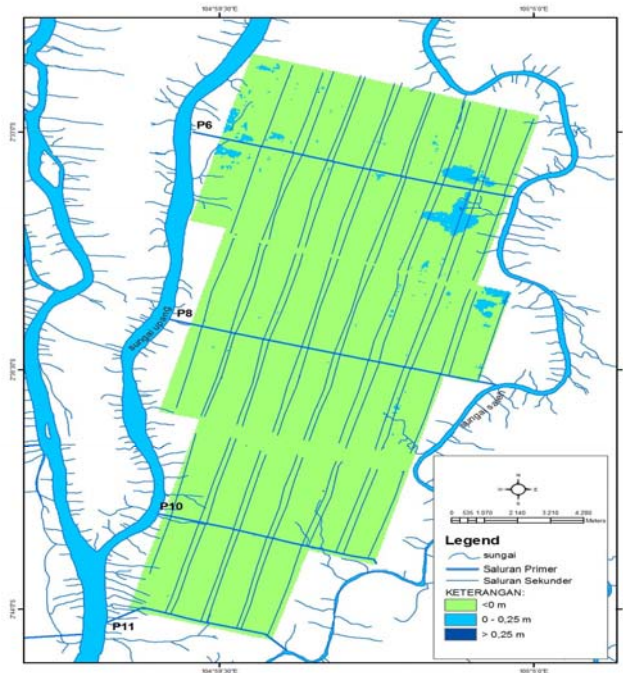
Gambar 63. Peta sebaran tofografi lahan

Potensi luapan air pasang pada musim hujan dan kemarau dapat dilihat pada Gambar 47, dan 48 Potensi luapan ini sangat erat kaitanya dengan ketinggian permukaan lahan. Lahan yang rendah seperti di daerah Primer 6 dan 8 sebelah timur menerima potensi luapan air pasang, sehingga pada musim hujan lahan ini bisa dibudidayakan padi sawah irigasi. Namun demikian sebagian besar daerah saleh terutama di primer 10 tidak mendapatkan luapan air pasang, sehingga sistem pertanaman padi adalah sistem tadah hujan. Kajian terhadap kondisi tanah dilapangan. Sementara itu untuk kondisi musim kemarau seluruh areal di delta Saleh tidak mendapat suplai air pasang (Gambar 48). Ini berarti daerah Saleh tidak bisa dua kali tanam padi-padi. Budidaya yang paling memungkinkan adalah padi-palawija.



Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

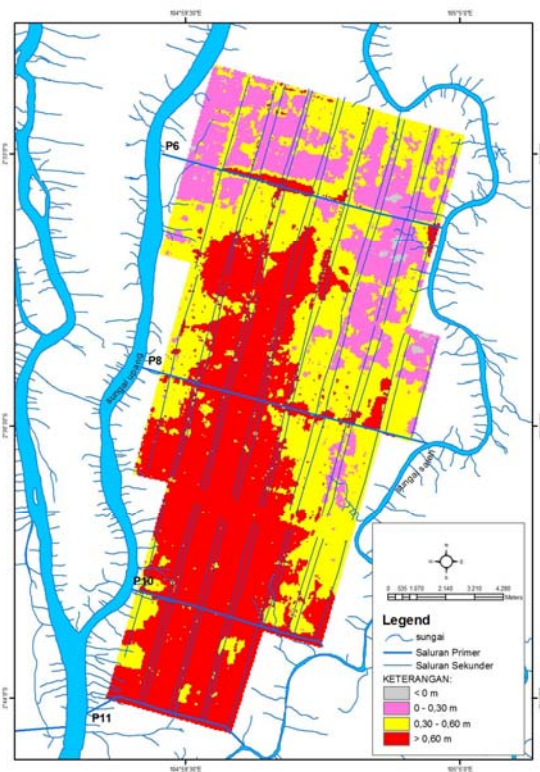
Gambar 64. Peta sebaran potensi luapan air pasang pada musim hujan



Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

Gambar 65. Peta sebaran potensi luapan air pasang musim kemarau

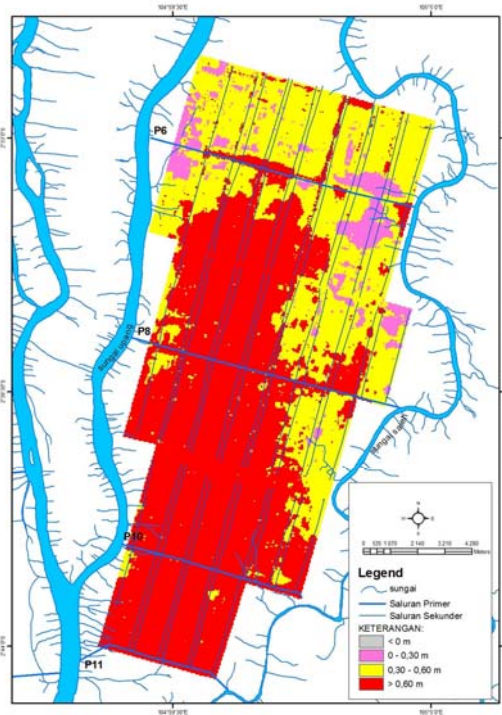
Sementara untuk melihat potensi areal lahan dapat ditanami palawija atau tanaman keras adalah dilihat dari potensi pembuangan air (drainability). Potensi ini menunjukkan kemampuan lahan dalam menurunkan muka air tanah akibat pengaruh surutnya air di saluran. Peta sebaran kemampuan drainase lahan dapat dilihat pada Gambar 49. Terlihat jelas bahwa potensi drainase lahan ditunjukkan sangat besar di areal Primer 10 dan sebagian primer 8., meskipun kondisi musim hujan tetapi potensi surut melebihi 60 cm dibawah permukaan tanah. Kondisi ini jelas berpengaruh kepada ketersediaan air untuk tanaman padi MT1. Air harus dijaga agar tidak cepat hilang, sehingga pada areal ini harus ada upaya penahanan air di saluran tersier dan sekunder.



Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

Gambar 66. Peta potensi drainase lahan di delta Saleh musim hujan

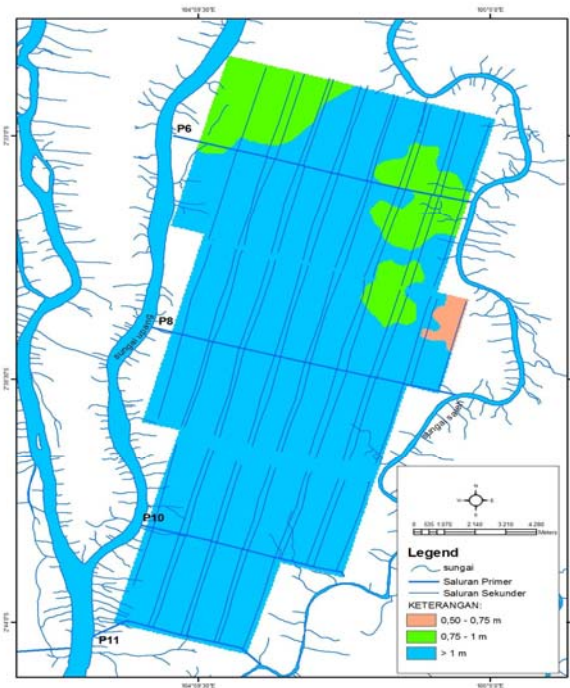
Potensi drainase lahan pada musim kemarau dapat dilihat pada Gambar 50. Untuk areal saleh menunjukkan bahwa pada musim kemarau lahan tidak ada yang tergenang, dan hampir semua berada dibawah jone 30 cm. Untuk areal Primer 10, kedalaman air tanah di musim kemarau mencapai angka diatas 60 cm dari permukaan tanah, ini artinya tanaman palawija akan mengalami stress air bila tidak adap upaya pengairan.



Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

Gambar 67. Potensi sebaran drainase lahan pada kondisi musim kemarau di delta Saleh.

Faktor pembatas utama lainnya dalam budidaya pertanian di lahan rawa pasang surut adalah kedalaman lapisan pirit dan salinitas. Dari hasil identifikasi lapangan dan hasil pengolahan beberapa data penelitian sebelumnya maka didapat peta sebaran kedalaman lapisan pirit seperti terlihat pada Gambar 51. Dari peta sebaran pirit terlihat bahwa sebagian besar lahan memiliki kedalaman pirit yang relatif dalam $>1\text{m}$, dan beberapa lokasi di primer 6 kedalaman pirit masih berada pada kisaran $0,75\text{-}1,0\text{ m}$. Ini artinya kedalaman pirit tidak menjadi masalah bila budidaya tanaman padi dilakukan di musim hujan.

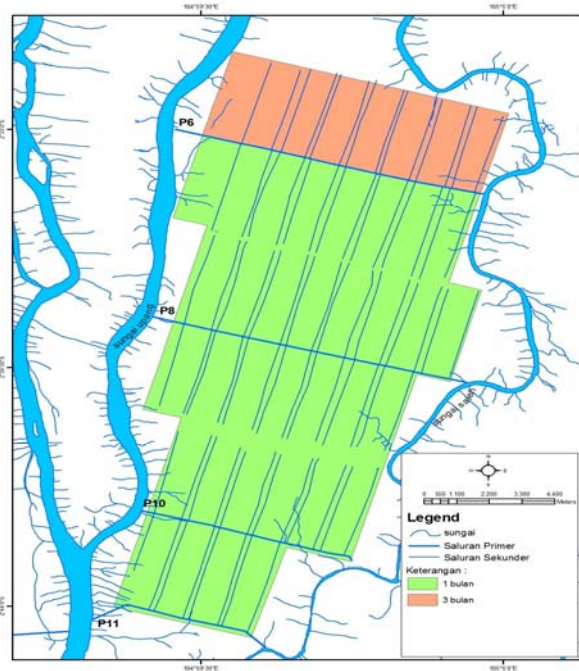


Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

Gambar 68. Peta sebaran kedalaman lapisan pirit di delta Saleh

Faktor pembatas lain dalam penegelolaan lahan rawa pasang surut adalah pengaruh salinitas lahan. Areal studi delta Saleh di bedakan dengan dua kelas lahan yaitu lahan yang menerima intrusi air asin lebih dari satu bulan dan kurang dari satu bulan. Intrusi air asin ini sangat terasa bila terjadi kemarau panjang, melebihi dari waktu tiga bulan dan pengaruh salinitas biasa terjadi pada bulan Agustus-September. Kondisi lamanya instrusi air asin dipengaruhi oleh letak lahan dari muara (laut). Areal yang dekat ke laut seperti primer 6 sebelah utara biasanya menerima pengaruh air asin lebih dari 3 bulan. Gambar 52. menunjukkan peta sebaran lamanya intrusi air asin. Oleh karena itu daerah ini memerlukan pengelolaan air yang cermat untuk menahan air asin agar tidak bisa

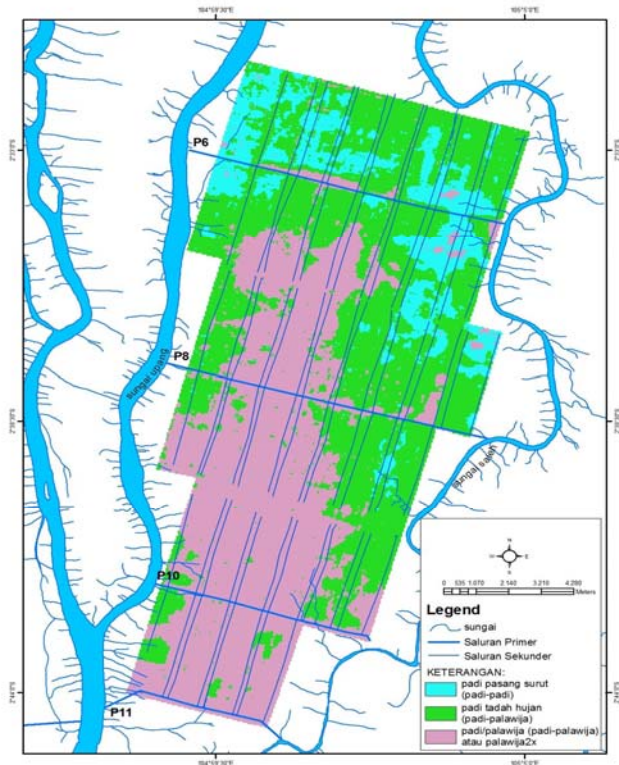
masuk. Dengan demikian pintu tersier sangat diperlukan untuk menahan air pasang tidak masuk ke lahan.



Sumber: Rahmadi, (2009) modifikasi

Gambar 69. Peta sebaran jangka waktu intrusi air asin pada musim kemarau

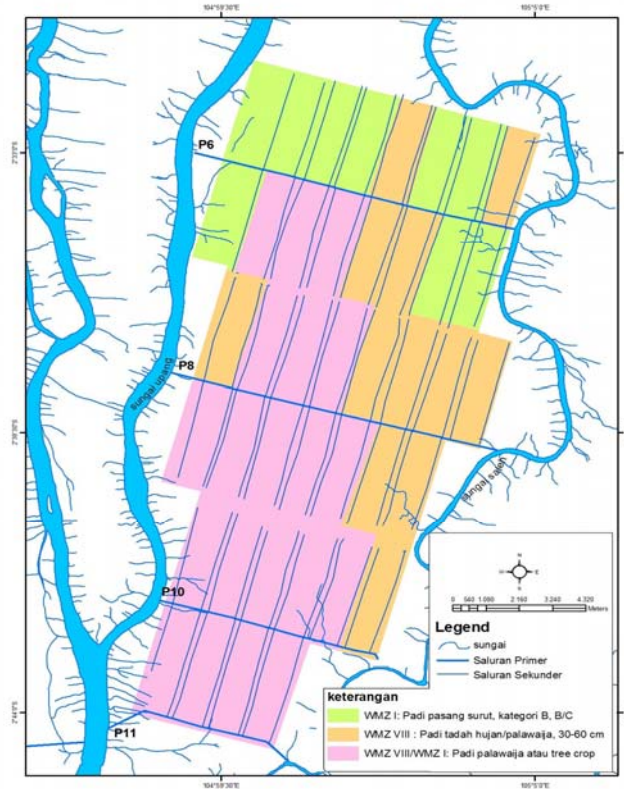
Melalui analisis GIS dengan teknik tumpang tindih beberapa peta karakteristik lahan maka dapat disusun rencana pemanfaatan lahan (pewilayahan komoditi). Hasil analisis GIS menunjukkan pemanfaatan lahan lebih didominasi untuk padi tadah hujan (retensi air) kombinasi dengan palawija (Gambar 53). Tanaman padi dengan sistem sawah hanya berada di daerah Primer 6 dan Primer 8 sebelah timur. Kondisi ini lebih dipengaruhi oleh potensi luapan air pasang. Delta Saleh sebagian besar lahan tidak menerima luapan air pasang sehingga pengelolaan airnya lebih difokuskan kepada penahanan air.



Gambar 70. Peta sebaran kesesuaian pola pemanfaatan lahan

Dari sebaran peta kesesuaian pola pemanfaatan lahan (Gambar 10) menunjukkan bahwa penggunaan lahan di daerah rawa tidak bisa dilaksanakan sesuai arahan peta pewilayahan komoditi, karena tidak mungkin dalam satu blok sekunder atau tersier petani mengusahakan lahan dengan komoditi yang sama. Ini berkaitan dengan operasi jaringan untuk menyediakan kebutuhan air tanaman. Operasi jaringan tata air dilakukan sejak mulai tingkat sekunder, sehingga rencana pola tanam dan budidaya tanaman harus disepakati oleh petani melalui P3A. Oleh karena itu perkumpulan petani pengelola air di lahan rawa pasang surut adalah dalam satu unit pengelolaan petak sekunder. Dari satu petak sekunder ini ada beberapa petak tersier yang dikelola oleh kelompok tani. Melalui analisis GIS maka dominasi penggunaan lahan dalam satu unit petak

sekunder diterjemahkan kedalam satu unit pengelolaan air. Dengan demikian strategi pengendalian muka air lebih mudah disusun. Gambar 54, menunjukkan peta zona pengelolaan air (ZPA).



Gambar 71. Peta Zona Pengelolaan Air (ZPA) di daerah Saleh

Analisis terhadap Gambar 11, peta zona pengelolaan air menunjukkan bahwa sebagian besar zona pengelolaan air (ZPA) di areal studi masuk kedalam ketogori kelas VIII yaitu lahan relati tinggi dan tidak mendapatkan potensi luapan air pasang. Areal yang termasuk ke dalam kelas ini terdistribusi di daerah primer 10 dan primer 8 sebelah barat. Oleh karena itu pola pemanfaatan lahan adalah padi tadah hujan dan tanam palawija di musim kedua. Tujuan pengelolaan air pada kelas lahan ini adalah retensi air yaitu dengan semaksimal mungkin

menahan air hujan. Air pasang dimasukan hanya untuk menjaga keseimbangan air tanah di petak tersier.

Potensi penggunaan lahan dengan sistem pengelolaan air irigasi pasang hanya terjadi pada ZPA 1 yaitu berada disebagian besar wilayah primer 6 sebelah utara dan sebagian berada sebelah selatan kearah timur. Pada daerah ini tujuan utama pengelolaan air adalah pengairan gravitasi dengan memanfaatkan irigasi pasang (suplesi). Untuk menjaga kualitas air juga diperlukan pencucian secara teratur minimal seminggu sekali. Namun demikian karena daerah ini dekat ke muara maka pintu air tersier untuk menahan air pasang harus dalam kondisi baik dan operasi. Rekomendasi zona pengelolaan air dapat dilihat pada Tabel 46.

Tabel 45. Rekomendasi zona pengelolaan air di delta Saleh

Zona Pengelolaan Air (ZPA)	Penciri dalam unit sekunder	Peta satu petak	Rekomendasi Penmafaatan Lahan	Tujuan pengelolaan air	Rekomendasi Peningkatan Jaringan
ZPA I	Hijau muda		Padi-padi/padi jagung	Suplai dan kontrol drainase	Pintu air tersier, Sekunder di SPD
ZPA VIII	Orange		Padi-jagung	Kontrol drainase	Pintu air tersier, SPD dam SDU
ZPA VIIIb	Merah muda		Padi tadah hujan-jagung.	Retensi Air	Pintu Air Tersier, skunder SPD dan SDU

Untuk penjabaran operasi pengelolaan air di tingkat tiersier sesuai dengan budidaya tanaman maka dapat dilihat kembali pada sub Bab adaptasi model DRAINMOD.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

1. Kajian terhadap kondisi hidrologi lahan menunjukkan bahwa daerah Telang I tergolong kelas tipologi A (basah). Lahan ini memiliki potensi pengairan sepanjang musim, dimana air pasang mampu mengairi lahan baik musim hujan maupun musim kemarau. Lahan ini mengalami kelebihan air selama lebih dari 10 bulan, karena air bersumber tidak hanya dari air hujan tetapi juga dari air pasang. Sehingga tujuan utama pengelolaan air adalah pembuangan (*drainage*) dan kombinasi dengan menahan air pasang. Sementara untuk areal studi di delta Saleh, lahan termasuk ke dalam kelas tipologi C (kering) dimana kondisi air pasang tidak bisa masuk ke lahan sehingga curah hujan merupakan sumber air utama. Oleh karena itu tujuan utama pengelolaan air adalah sistem penahan air (*water retention*). Namun demikian pengaruh penahanan air yang terlalu lama dapat berdampak kepada penurunan kualitas air dan berpengaruh terhadap kualitas tanah. Untuk itu penahanan harus dikombinasikan dengan pencucian lahan secara rutin.
2. Berdasarkan ketersediaan air dilahan maka potensi pola tanam pada lahan tipologi A adalah padi-padi-palawija, sementara untuk lahan tipologi C adalah padi-bera, atau padi-jagung. Pada lahan tipologi A mempunyai potensi yang sangat baik untuk dikembangkan menjadi IP 300 dengan pola tanam padi-padi-jagung. Tanaman jagung merupakan tanaman MT 3 yang akan sangat baik di tanam pada periode Juli-September. Namun demikian tanpa keberadaan struktur hidroulik (bangunan air) yang lengkap tidak akan bisa

jalan. Pintu tersier sangat penting untuk menahan air pasang di awal pertumbuhan dan menahan air asin di masa pertumbuhan vegetatif dan generatif.

3. Evaluasi terhadap Komputer model menunjukkan bahwa program DUFLOW sangat baik digunakan untuk melihat potensi air di saluran untuk pengairan atau pembuangan. Dan untuk melihat dinamika air tanah di petak tersier digunakan program DRAINMOD. Hasil evaluasi terhadap komputer model DRAINMOD menunjukkan bahwa model dapat digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi status air di petak tersier. Simulasi komputer menunjukkan hasil yang baik dimana pola dinamika muka air tanah hasil simulasi cenderung sama dengan hasil pengukuran di lapangan. Analisis statistik menunjukkan bahwa nilai rata-rata akar kuadrat kesalahan adalah 1,45 cm, nilai efisiensi model adalah 0,97 dan nilai korelasi adalah 0,84. Dari data tersebut maka model DRAINMOD dapat diterima untuk digunakan dalam simulasi muka air tanah dangkal dan dapat digunakan untuk menguji berbagai skenario pengelolaan air dalam rangka penyusunan rancangan operasional pengelolaan air di lapangan.
4. Melalui adaptasi model DUFLOW maka dapat disusun upaya peningkatan Jaringan untuk lahan tipologi A (basah) adalah rehabilitasi saluran di tingkat sekunder dan tersier, dan pemasangan pintu air tipe ayun (*flave gate*) kombinasi gorong-gorong di level tersier. Sementara untuk lahan tipologi C (kering) peningkatan jaringan adalah dengan jalan menembuskan saluran tersier SPD dan SDU, pemasangan pintu air tipe stop log, dan pembuatan DAM di saluran Sekunder Drainase (SDU).

5. Analisis terhadap software komputer model DUFLOW-DRAINMOD, menunjukkan hasil yang saling mendukung, dimana hasil simulasi DUFLOW dapat memberikan informasi potensi air di saluran untuk kepentingan suplai (irigasi). Kondisi muka air yang diinginkan ini merupakan bagian penting dalam model DRAINMOD karena berpengaruh terhadap dinamika muka air tanah yang ditargetkan dipetak tersier. Serta terhadap kapasitas sistem drainase yang diaplikasikan. Sementara itu komputer model DUFLOW tidak mampu menggambarkan dinamika air tanah di petak tersier dan menjelaskan pengaruh kehilangan air dalam zona perakaran tanah dan juga rembesan saluran. Fenomena ini mampu digambarkan dalam model DRAINMOD.
6. Adaptasi model DRAINMOD di lapangan dapat disusun rancangan operasi pengelolaan air bulanan yaitu sebagai berikut: Untuk lahan basah (tipe A), pengusahaan tanaman padi pada MT 1 (November-Februari) sistem operasi pintu tersier untuk setiap fase pertumbuhan adalah sebagai drainase (pembuangan) dan menahan air pasang masuk. Pada periode MT 2 (Februari-Mei) operasi pintu juga sebagai drainase, hanya saja sejak padi memasuki fase primordia operasi pintu sebagai kontrol drainase (*control drainage*) dimana pintu arah SPD dioperasikan sebagai drainase dan arah SDU dioperasikan sebagai suplai. Untuk pengusahaan tanaman jagung (MT3) diusahakan mulai bulan Juni-September. Operasi pintu air juga lebih banyak sebagai drainase baik arah SPD dan SDU. Operasi sebagai suplai dilakukan hanya pada awal pertumbuhan dan memasuki fase pembungaan. Aplikasi suplai air hanya dilakukan 2 kali di awal pertumbuhan dan satu kali di awal pembungaan. Pada tahap pematangan (Akhir-Agustus-September) suplai air tidak diberikan, dan pintu difungsikan sebagai penahan air asin masuk.

7. Adaptasi model terhadap kondisi lahan kering (tipologi C), menunjukkan skenario terbaik adalah pola pemanfaatan lahan padi-bera. Rancangan operasi air bulanan untuk tanaman padi (MT1) adalah sebagai berikut: Pada fase awal pengolahan tanah (pembajakan), pintu dioperasikan terbuka (drainase maksimum); dan memasuki ahir pengolahan tanah maka diperlukan pengendalian air yaitu pintu dioperasikan sebagai suplai kombinasi dengan menahan air di saluran tersier (water retensi 50 cm). Sementara memasuki fase penaburan benih pintu dioperasikan terbuka (*drainase maksimum*), dan selanjutnya operasi pintu adalah sebagai suplai dan menahan air (*water retention*) sampai tahap pematangan (*ripening stage*). Melalui kajian lapangan sistem operasi ini telah berhasil dan mampu menciptakan kondisi muka air tanah berada pada zona diatas 20 cm dari permukaan tanah. Rekomendasi operasi untuk tanaman jagung didominasi oleh sistem pengendalian muka air di saluran tersier (control drainage) yaitu semua operasi pintu air pada semua fase pertumbuhan tanaman jagung adalah menahan air dan suplai air pada bulan dimana air asin belum masuk (Juni-Juli). Drainase maksimum hanya dilakukan setelah selesai pertanaman padi dan pengolahan lahan untuk persiapan tanam.
8. Analisis pengeruh kedalaman muka air tanah terhadap status air tanah (kadar air tanah di zona perakaran tanaman, menunjukkan bahwa kondisi status air tanah di delta Telang I selalu berada pada kondisi jenuh dan kapasitas lapangan. Ini disebabkan karena air tanah lebih sering tergenang dan penurunan musim kemarau jarang berada lebih dari 60 cm dalam jangka lama. Sementara untuk di delta Saleh status air tanah pada musim kemarau turun sampai batas kritis (titik layu permanen), kondisi ini terjadi pada bulan

Juni-Agustus, karena muka air tanah turun melebihi angka 70 cm dibawah permukaan tanah. Perbaikan tata air dengan menahan air di musim hujan di delta Saleh pada Musim Tanam I meningkatkan muka air tanah pada kedalaman 10-20 cm di bawah permukaan tanah, sehingga kadar air tanah selalau berada pada kondisi jenuh air, akibatnya produksi padi mengalami peningkatan menjadi rata-rata 4,5 ton/ha.

9. Pengaruh perbaikan pengelolaan air berdampak positif terhadap peningkatan kualitas tanah. Analisis menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan kadar besi dan alumunium, baik pada lokasi delta Saleh dan Telang I. Untuk areal delta Sleh telah terjadi penurunan kadar besi dari rata-rata 78 ppm menjadi 41 ppm. Sementara kejenuhan Alumunium tidak begitu mengalami perubahan dimana dari rata-rata 5 me/100g turun menjadi sekitar 4 me/100g. Untuk areal percontohan di delta Telang I perubahan nyata juga terjadi pada kandungan besi dimana efek dari pengelolaan air melalui pencucian lahan cukup baik mampu menurunkan kadar besi dari rata-rata 79 ppm menjadi 39 ppm. Penurunan kandungan besi ini juga diikuti dengan penurunan kadar alumunium dari rata-rata 2 me/100g menjadi sekitar 1,5 me/100g..
10. Hasil pendataan karakteristik kualitas lahan di areal studi delta Telang I dan Saleh yang telah dikuantifikasikan dan selanjutnya di analisis secara spasial dalam bentuk beberapa informasi georafis yaitu informasi sebaran tofografi lahan, potensi luapan air pasang, potensi drainase lahan, kelaman firit, salinitas dan tata guna lahan, maka dapat disusun peta arahan pemanfaatan lahan (land suitability). Dari peta arahan pemanfaatan lahan ini maka disusun rekmomendasi pengelolaan air, yang dikenal denga peta zona pengelolaan air. Rekomendasi yang disusun pada masing-masing zona pengelolaan air ini

berdasarkan kepada hasil kaji terap dan adaptasi model di lapangan. Untuk daerah Telang I dapat disusun 4 (empat) zona pengelolaan air yaitu zona padi sawah dua kali dan palawija (pola padi-padi-jagung); zona pengelolaan air padi sawah-palawija (padi-palawija); zona pengelolaan air padi tadah hujan-palawija; dan zona palawija-tanaman keras. Sementara untuk areal delta Saleh adalah zona pengelolaan air padi pasang surut-palawija; padi tadah hujan-palawija; dan palawija-palawija/tanaman keras.

11. Dari zona arahan pemanfaatan lahan dan pengelolaan air juga dapat disusun tujuan utama dari pengendalian muka air di masing-masing zona tersebut. Untuk zona basah (Tipe A) tujuan utama adalah pembuangan air, rekomendasi peningkatan jaringan adalah pembuatan pintu terseir; Areal ini terdistribusi di Telang I primer 8, zona semi basah (tipe B) tujuan utama adalah pengendalian muka air, areal terdistribusi di Telang Primer 6; dan Saleh Primer 6 dan 8. Rekomendasi peningkatan jaringan adalah pintu tersier dan sekunder; dan untuk zona kering adalah areal tipe C terdistribusi di sebagian kecil Telang I di Primer 8 bagian timur dan sebagian besar berada di delta Saleh Primer 10, dan primer 8 arah sebelah barat. Rekomendasi pengelolaan air adalah penahan air, dan pencucian lahan. Upaya peningkatan jaringan adalah pembuatan pintu tersier, dan sekunder baik SPD dan SDU. Sedangkan untuk zona ekstrim yaitu pada lahan yang tinggi (tipe D), untuk tanaman palawija atau tanaman tahunan. Zona pengelolaan air ini disusun untuk pengelolaan dalam satu unit blok sekunder.

B. Saran

1. Untuk dapat mengaplikasikan pengelolaan air di lapangan tentu harus didukung sarana infrastur jaringan tata air yang lengkap, terutama keberadaan pintu air. Khusus untuk Musim Tanam kedua pintu air harus tersedia. Sementara operasi pada musim hujan lebih banyak bersifat penahanan sehingga di saluran tersier cukup ditutup dengan karung tanah.
2. Konsep pengelolaan air untuk lahan tipe A, adalah didominasi dengan pembuangan (drainase), dan penahanan air pasang untuk menghindari banjir. Oleh karena itu kebutuhan utama adalah pemasangan pintu air di saluran tersier tipe kelep.
3. Konsep pengelolaan air dengan sistem penahanan air (*water retention*), pada lahan tipe kering (tipologi C) bila terlalu lama diaplikasikan akan menimbulkan penurunan kualitas air. Oleh karena itu harus dilakukan penggelontoran air disaluran secara rutin.
4. Untuk lahan tipologi C, dari kajian lapangan pintu air yang tepat adalah tipe sorong (stop-log), pintu kelep kurang efektif karena daya alir air pasang ke saluran tersier tidak cukup kuat untuk membuka pintu kelep, selain itu karena sistem operasi yang lebih banyak sebagai penahanan air.
5. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan rancangan operasional pengelolaan air di lapangan adalah model operasi yang dibuat harus sederhana, tidak rumit sehingga secara sosial dapat diterima oleh petani.

6. Untuk meminimalisasi kondisi kerusakan lingkungan dan mempercepat proses remediasi lahan, maka meskipun lahan tidak diusahakan tetapi operasi pengelolaan air harus tetap dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ale, S., L.C. Bowling S.M. Brouder J.R. Frankenberger M.A. and Youssef. 2008. Simulated effect of drainage water management operational strategy on hydrology and crop yield for drummer soil in The Midwestern United States. *Agricultural Water Management Journal* 96 (4) : 653 – 665
- Bakri 1999. Korelasi Air di Pintu tersier dan Lahan Usaha pada Lahan Pasang Surut Primer 2 Sumber Mukti Pulau Rimau Sumatera Selatan. Prosiding Semiloka Manajemen Daerah Rawa dan Kawasan Pesisir, Palembang, 4-6 Maret 2000.
- Bengston, R. L., Garzon, R.S. Fouss, J.L. 1993. A Fluctuating Water Table Model for the Management of A Controlled-Drainage/Sub irrigations System. *Transaction of the ASAE*. 36(2): 437-443.
- Borin M., Morari, F., Bonaiti G, Paasch, M, Skaggs. W. R. 2000. Analysis of AINMOD performances with different detail of soil input data in the Veneto region of Italy. *Agricultural Water Management Journal*. *Agricultural Water Management* 42 (2000) 259±272
- Bronswijk, J.J.B., Groenenberg, J.E., Ritsema, C.J., Wijk van, A.L.M, Nugroho, K. 1995. Evaluation of water management strategies for acid sulphate soils using a simulation model: A case study in Indonesia. *Journal of Agricultural Water Management* 27 (1995a): 125-142.
- Davis, CA. (2001). Hidrologic Engineering Centre (Version 3). River Analysis System. User's Manual, US Army Corps of Engineering.
- Dinas tanaman Pangan Dan Hortikultura Provinsi Sumatera Selatan, 2006. Data Base Pengelolaan Lahan Dan Air Mendukung pembangunan tanaman pangan dan hortikultura Provinsi Sumatera Selatan. Laporan tahunan. Palembang.
- Direktorat Rawa, 1984. Kebijakan Departemen Pekerjaan Umum. Dalam Rangka Pengembangan Rawa. Diskusi Pola Pengembangan Pertanian Tanaman Pangan di Lahan Pasang Surut/Lebak. Palembang, 30 Juli-2 Agustus 1984.
- Eddrisea, F., R. H. Susanto dan Meryana Amin. 2000. Penggunaan Konsep SEW-30 dan DRAINMOD untuk Evaluasi Status Air di Petak Sekunder dan Tersier Di Daerah Reklamasi Rawa Pasang Surut, Telang I dan Saleh Sumatera Selatan. Prosiding Seminar - Lokakarya Nasional Manajemen Daerah Rawa dan Kawasan Pesisir.
- Eelaart, den van A.L.J. and Boissevain, W. 1986. Evaluation and Improvement of Water management for Potential Acid Sulphate Soils in Tidal Lands of South Kalimantan. Supporting Papers Lowland Development In Indonesia Seminar, Jakarta August, 1986.
- Euroconsult, 1994. Summary of water management approach: IISP Telang-Saleh. Paper for Coordination Meeting IISP-I.

- Hadi, R. 2004. Teknik Pencegahan Oksidasi Pirit Dengan Tata Air Mikro Pada Usaha Tani Jagung I Lahan Pasang Surut. Buletin Teknik Pertanian .2004, 9(2)
- Hamming, A.F.J., and Eelaart, van., A.L.J. 1994. Soil Permeability, Interflow, and Actual Acidity in Acid Sulphate Soils, South Kalimantan. Selected papers of the Ho Chi Minh City Symposium, 281-287. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 53., Wageningen. Hanhart, K. Van Ni, D. 1994. Water Management on Rice Fields at Hoa An, Mekong Delta, Vietnam. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 53., Wageningen.
- Hardjoamidjojo, S., R.W. Skaggs and G.O. Schwab. 1982. Corn Response to excessive soil water conditions. Transactions of the ASAE. 25(4):922-927, 934.
- Hartoyo, Susanto, R.H., Suryadi, FX, Baart Schultz, and Eelart A. V. 2009. Land and water management of tidal lowlands: Experiences in Telang and Saleh, South Sumatera (Irrigation and drainage Jurnal 2009 – on line, Wiley InterScience (www.interscience .wiley.com)).
- Heun J.C. 1986. Development in Stages; Design Hydraulic Infrastructure. Proceeding Seminar Lowland Development in Indonesia. Department of Public Work, Jakarta.
- Heun, J.C. 1993. Water Management in Tidal Lowland Areas In Indonesia Volume I, Main Text Institute for Infrastructure, Hydraulic and Environment, Delft. The Netherland, 52 Pp.
- Hiler, E.A. 1969. Quantitative evaluation of crop requirements. Transactions of the ASAE, 12(3):499
- Hussona, O, Mai Thanh Phungb, M.E.F. Van Mensvoort. 2000. Soil and water indicators for optimal practices when reclaiming acid sulphate soils in the Plain of Reeds, Viet Nam. Agricultural Water Management 45 (2000) 127±143
- Husson, O, Hanhartb,K., Phungc.M.T. 2000. Johan Bouma Water management for rice cultivation on acid sulphate soils in the Plain of Reeds, Vietnam. Agricultural Water Management 46 (2000) 91±109
- Hussona, O, Mai Thanh Phungb, and Van Mensvoort. M.E.F. 2000a. Soil and water indicators for optimal practices when reclaiming acid sulphate soils in the Plain of Reeds, Viet Nam. Agricultural Water Management 45 (2000) 127±143
- Hussona, O, Hanhartb,K., Phungc.M.T. and Johan Bouma. 2000b. Water management for rice cultivation on acid sulphate soils in the Plain of Reeds, Vietnam. Agricultural Water Management 46 (2000) 91±109

- Houghoudt, S.B. 1940. in Ritzema 1994. Subsurface flow to drains. Drainage Principles ad Applications; ILRI Publication 16. Netherlands: 265-271.
- Houghoudt, S.B. 1940. in Ritzema 1994. Subsurface flow to drains. Drainage Principles ad Applications; ILRI Publication 16. Netherlands: 265-271.
- Imanudin, M.S., Tambas. D. 2002. Penentuan jumlah dan waktu pemberian air irigasi tanaman cabai melalui informasi data iklim, tanaman dan tanah. Jurnal Agrista Nomor Akreditasi: 53/DIKTI/Kep/1999. ISBN: 1410-3389.
- Imanudin, M.S. dan Bakri, 2003. Perubahan Kualitas Lingkungan Lahan Pada Areal Reklamasi Rawa Pasang Surut Sumatera Selatan (Kasus Pulau Rimau). Makalah pada Seminar dan Lokakarya Nasional Ketahanan Pangan dalam Era Otonomi Daerah. Palembang, Maret 2003.
- Imanudin, M.S., Susanto, R.H. 2003a. Kaji Terap Pengelolaan Air Daerah Reklamasi Rawa Pasang Surut Delta Telang I Sumatera Selatan dalam Mendukung Indeks Pertanaman 200%. Makalah disampaikan pada Seminar Lokakarya Nasional Pembangunan Pertanian Berkelanjutan dalam Era Otonomi Daerah dan Globalisasi. Diselenggarakan oleh Fakultas Pertanian Universitas Tridnanti bekerjasama dengan Ousat Penelitian manajemen Air dan Lahan Universitas Sriwijaya. Palembang, 2-3 Mei 2003. Prosiding Volume dari II. ISBN : 979-95580-4-2.
- Imanudin, M.S., RH Susanto, 2003b. An applications of DufLOW computer model for developing water management strategies on tidal lowland agriculture. Paper presented in International Seminar And Exhibition On Prospectives Of Lowland Development In Indonesia Palembang, December 7 - 10, 2003.
- Imanudin, M.S., Susanto, R.H, Diha, M.A., Guntur, M.A., Bakri., Hermawan, A., Priatna, S.J., Ibrahim., Halimi, E., Suwignyo.A. 2002. Bimbingan Teknis Perbaikan Tata Air Mikro di Lahan Usaha Tani Rawa Pasang Surut Delta Upang. Laporan Pengabdian Masyarakat Universitas Sriwijaya. Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat. LPM Universitas Sriwijaya.
- Imanudin, M.S., Susanto, R.H, Armanto, E, and Bernas, S.M. 2009. The use of drainmod model for developinf strategic operation of water management in the tidal lowland agriculture areas of South Sumatera Indonesia. Proceeding of International Seminar on Wetland and Sustainability, Kota Kinabalu Sabah Malaysia. 26-28 Juni 2009. ISBN 478-983-3142-11-8
- Imanudin, M.S., and Susanto, R.H. 2008. Perbaikan Sarana Infrastruktur Jaringan Tata Air pada Berbagai Tipologi Lahan Rawa Pasang Surut Sumatera Selatan (Prosiding Seminar Nasional Rawa (Banjarmasin, 4 Agustus 2008) Tema : Teknik Pengembangan Sumber Daya Rawa. ISBN : 979985718-7).
- Imanudin, M.S., and Susanto, R.H. 2007. Potensi peningkatan produktivitas lahan pada beberapa kelas hidrotografi lahan rawa pasang surut Sumatera Selatan. Prosiding Kongres Ilmu Pengetahuan Wilayah

Indonesia Bagian Barat. Universitas Sriwijaya dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Palembang, 3-5 Juni 2007. ISBN: 978-979-587-001-2.

Imanudin, M.S. Nova T. Rahardjo. 2004. Evaluasi status air di petak tersier dengan konsep sew-30 (surplus excess water) untuk pengembangan tanaman pangan di lahan rawa pasang surut. Makalah disampaikan pada seminar dan lokakarya nasional hasil penelitian dan pengkajian teknologi pertanian spesifik lokasi” Peran teknologi pertanian dalam Meningkatkan Nilai Tambah Lahan Rawa Mendukung Pembangunan Daerah”, Palembang 28 Juni 2004.

Imanudin, M.S., RH Susanto, 2004. Evaluasi fungsi struktur dan jaringan tata air dengan komputer model “duflow” daerah reklamasi rawa pasang surut dalam mendukung budidaya perikanan. Makalah Pendukung Dalam Forum Perairan Umum Indonesia Ke-1. Pemanfaatan Dan Pengelolaan Perairan Umum Secara Terpadu Bagi Generasi Sekarang Dan Mendatang. Palembang, 27-29 Juli 2004.

Imanudin M.S., RH Susanto,, 2003. Application of DUFLOW Computer Model on Tidal Lowland Water Management Strategy : A Case Tidal Pilot Monitoring Area in South Sumatra (Paper presented at International Seminar And Exhibition On Prospectives Of Lowland Development In Indonesia, Palembang, 8-9 Desember 2003) ISBN: 979-97066-1-0.

Imanudin M.S., RH Susanto,, 2003. Perbaikan Sarana Infrastruktur Jaringan Tata Air pada Berbagai Tipologi Lahan Rawa Pasang Surut Sumatera Selatan (Prosiding Seminar Nasional Rawa (Banjarmasin, 4 Agustus 2008) Tema : Teknik Pengembangan Sumber Daya Rawa. ISBN : 979985718-7).

Ivarson, K. C., G. J. Ross, and N. M. Miles. 1982. Microbiological Transformations of Iron and Sulfate and Their Applications to Acid Sulfate Soils and Tidal Marshes. In J. A. Katrnick *et al.* (Eds). Acid Sulfate Weathering. SSSA Special Publication No. 10. Madison, Wisconsin, USA.

Johnston S.G.,, P.G. Slavich, P.G., Hirst, P. 2004. The effects of a weir on reducing acid flux from a drained coastal acid sulphate soil backswamp. *Agricultural Water Management* 69 (2004) 43–67.

Johnstona, S.G., Slavichb, P.G, Hirst. P. 2005. The impact of controlled tidal exchange on drainage water quality in acid sulphate soil backswamps. *Agricultural Water Management* 73 (2005) 87–111.

Kent F. McCue and Andrew D. Hanson. 1990. Drought and salt tolerance: towards understanding and application. *Journal Trends in Biotechnology*, (8) : 358 - 362

Kirkham, D. 1957. Theory of land drainage, In , *Drainage of Agricultural Lands*, Agronomy Monograph No. 7, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

- Leda, A. 2005. Kajian Debit Banjir dan Tinjauan Terhadap Kehandalan Kapasitas Alur Alami Sungai Aesesa Kabupaten Ngada Provinsi Nusa Tenggara Timur. Tesis. Program Magister Profesional Pengembangan Sumber Daya Air. Institute Teknologi Bandung.
- Luthin, J.N. 1978. *Drainage Engineering*. John Wiley and Sons, Inc., New York. 250 pp.
- LWMTL. 2006. Program Manajemen Air dan Lahan Pasang Surut (*Land and Water Management Tidal Lowlands – LWMTL*) di Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Juni 2004-Agustus 2006.
- Marsi. 1998. Pola Pengembangan Lahan Rawa Pasang Surut dalam Menunjang Tanaman Pangan Sumatera Selatan: Pengelolaan Salinitas dan Pirit Tanah. Prosiding Seminar-Lokakarya Penjabaran Rencana Aksi Untuk Revitalisasi Sumatera Selatan. ISBN 979-95580-0-x.
- Marsi, 2002. Karakteristik Kimia Dan Kesuburan Tanah Serta Kualitas Air daerah Rawa Pasang Surut. Bahan Pelatihan Nasional Manajemen Daerah Rawa, Palembang April 2002. Kerjasama Universitas Sriwijaya Pusat Penelitian Manajemen Air dan Lahan dan DIKTI Jakarta.
- McMahon, P.C., S. Mostaghimi and F.S. Wright. 1988. Simulation of corn yield by a water management model for a coastal plains soil. Transactions of the ASAE. 31:734-742.
- Minh, L.Q., Tuong, T.P, van Mensvoort, Bouma J. 1997. Contamination of surface water as affected by land use in acid sulfate soils in the Mekong River Delta, Vietnam. Agriculture, Ecosystems and Environment Journal 61 (1997) 19-27.
- Minh, L.Q., Tuong, T.P, van Mensvoort.M.E.F. and Bouma, J. 1998. Soil and water table management effects on aluminum dynamics in an acid sulphate soil in Vietnam. Agriculture, Ecosystems & Environment. 68(3) : (255 – 262)
- Montoroi, J.P., Albergel, J., Dobos, A. Fall, M., Sall, S., Bernard, A., Brunet, D., Dubee, G., and Zante., P. 1994. Rehabilitation of rice fields in the acid sulphate soils of lower Casamance, Senegal. Selected papers of the Ho Chi Minh City Symposium, 281-287. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 53., Wageningen.
- Muktamar, Z. dan T. Adiprastyo. 1993. Studi Potensi Lahan gambut di Propinsi Bengkulu untuk Tanaman Semusim. Prosiding: Seminar Nasional Gambut II.
- Nugroho, K., Alkasuma, Paidi, W. Wahdini, Abdulrochman, H. Suhardjo dan I.P.G. Widjaja-Adhi. 1992. Peta Areal Potensial untuk Pengembangan Pertanian lahan Pasang Surut, rawa dan Pantai. Proyek Penelitian Sumberdaya lahan. Pusat penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Nga Truong, T. van Ni, D., and Xuan Tong, V. 1994. Cultivation of Sugarcane on Acid Sulphate Soils in the Mekong Delta. Selected papers of the Ho Chi Minh City Symposium, 281-287. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 53., Wageningen.
- Nguyen The Truyen, Tran Vu Tu and Van Huy Hai., (1998). Technical Report of Soil and Soil Solution Research Programme on Acid Sulphate Soils in Cau Qui Ninh Pilot Polder. Project Technical Report, 10/1994.
- Nguyen The Truyen, 1999. Deep drainage on Acid Sulphate Soils in Project Technical Report, 10/1994. Cau Qui Ninh-Quynh Phu-Thai Binn Province-Red River Delta. Vietnam Government/FAO/UNDP publication.
- Prabowo, A. B. Prastowo, U.I. Firmansyah, M. Ramli, and R.H. Anasiru. Land Drainage Design for Corn Planted After Rice on Rainfed Lowland Paddy Paddy in South Sulawesi, Indonesia. Proceedings of The Young Professional Forum – International Commission on Irrigation and Drainage Seminar. Bali, July 23, 1998.
- Proyek Irigasi dan Rawa Andalan (PIRA). 2004. Data Pengembangan Rawa di Sumatera Selatan.
- Rahmadi, 2009. Effect Of Climate Change and Land Subsidence On Water Management Zoning Tidal Lowland. Case Study in Telang I. South Sumatera, Mse Thesis. UNESCO – IHE, Delft The Netherland and Sriwijaya – University Palembang, Indonesia.
- Rice Estate, 2003. Studi Kelayakan Agroekosistem Lahar Rawa Pasang Surut Delta Telang I untuk Pengembangan Tanaman Padi. Pusat Penelitian Manajemen Air dan Lahan Unsir, DRD Sumatera Selatan dan Dolog Sumatera Selatan.
- Rogers, J.S. 1985. Water management model evaluation for shallow sandy soils. Transactions of the ASAE. 28(3):785-790.
- Schophuys. H.J. Lowland Development in Kalimantan and Sumatra as Stepping Stone for Land and Water Resources Development Project. Proceeding Seminar Lowland Development in Indonesia. Department of Public Work, Jakarta Aguts, 1986.
- Sieben, 1964 in Bouwer, 1974. Developing drainage design criteria, in Jan Van Schilfgrade (Ed.). Drainage for agriculture, number 17 in the series agronomy, American Society of Agronomy Inc., Medison, Wilconsin USA,: 70-71.
- Singh. R. Helmers, M.J. Zhiming Qi. 2006. Calibration and validation of DRAINMOD to design subsurface drainage systems for Iowa's tile landscapes. agricultural water management 85 (2 0 0 6) 2 2 1 – 2 3 2.

- Skaggs, R.W. 1991. Drainage (*in* Hanks, J and J.T. Ritchie, 1991. Modelling Plant and Soil System. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin)
- Skaggs, R.W. 1982. Field Evaluation of Water Management Simulation Model. Transaction of the ASAE 25 (3):666-674
- Subagyo, H., I.W. Suatika, dan E.E. Ananto. 1999. Penataan Lahan dan Tata Air Mikro: Pengembangan SUP Lahan Pasang Surut, Sumatera Selatan. Proyek Pengembangan Sistem Usaha Pertanian (SUP) Lahan Pasang Surut Sumatera Selatan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Suriadikarta, D.A., H. Supriadi, H. Malian, Z. Desmiyati, Suwarno, M. Januwati, dan H.K. Anang. 1999. Kesiapan teknologi dan kendala pengembangan usaha tani lahan rawa. Prosiding Temu Pakar dan Lokakarya Nasional Diseminasi dan Optimasi Pengembangan lahan pasang surut; Potensi, prospek, dan kendala serta teknologi pengelolaannya untuk pertanian. Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan. Komda HITI, 16–17 Desember 1998.
- Suriadikarta, D.A. 2005. Pengelolaan Lahan Sulfat Masam untuk Usaha Pertanian. Jurnal Litbang Pertanian, 24(10).2005.
- Suryadi, F.X., 1996. Soil and water management strategies for tidal lowlands in Indonesia. PhD thesis, Delft University of Technology- IHE Delft. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Suryadi, F.X, Hollanders P.H.J., and Susanto. R.H. 2010. Mathematical modeling on the operation of water control structures in a secondary block case study: Delta Saleh, South Sumatra. Hosted by the Canadian Society for Bioengineering (CSBE/SCGAB). Québec City, Canada June 13-17, 2010.
- Suryadi, F.X. and E. Schultz, 2001. *Effects of operation rules on water management in tidal lowlands*. In: proceedings workshop on the Agricultural based development of tidal swamps and estuaries and environmental considerations, Seoul, Korea.
- Sunyoto, Rb., Wahyu., W., dan Wahyunto. Identifikasi Lahan Tidur Sulfat Masam melalui Analisis Citra Satelit di Daerah Pulau Rimau Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Reorientasi Pendayagunaan Sumberdaya Tanah Iklim, dan Pupuk, Cipayung Bogor, November 2000. ISBN 979-9474-10-8.
- Susanto., R.H. 2002. Regional Collaboration on Wetland-Lowland Management for a Sustainable development: A Case Study during the Autonomy Era in South Sumatera. Invited Paper for the International Workshop on *Sentarum Lake Conservation and Management*, Kapuas Hotel, Pontianak, West Kalimantan, June 17-18, 2002

- Susanto, R.H. 2000. Manajemen Air Daerah Reklamasi Rawa Dalam Kompleksitas Sistem Usaha Tani. Prosiding Seminar KNI-ICID, Bogor. November 2000.
- Susanto, R.H. 1998. Water Status Evaluation in Tertiary and Secondary Blocks of South Sumatera Reclaimed Tidal Lowlands Using the Hydrotopography and SEW-30 Concepts. Proceedings, Young Professional Forum - International Commission on Irrigation and Drainage Seminar. Bali, Indonesia.
- Susanto, R.H., Yazid, M. Eelaart, V. and Imanudin, M.S. 2002. On Farm Water Management in the Tidal Lowland (A Case in a Pilot Project Monitoring Scheme of Telang Reclaimed Area). Paper Presented in the meeting of preparation in developing guidelines standards in operating and maintaining of water management on the micro level. Palembang, November 2002.
- Susanto, R.H. 2004 . Optimalisasi Lahan Rawa Sebagai Stimulus Pembangunan Pertanian Nasional Berkelanjutan. Makalah disampaikan pada..
- Susanto, R.H. 1996. Potensi, Kendala Dan Kepekaan Pengembangan Dan Pengelolaan Rawa Pasang Surut Untuk Pembangunan Yang Berkelanjutan. Makalah Utama Pada Pelatihan Air Tingkat Usaha Tani Bagi PPL/KCL, Lokasi IISP I Telang-Saleh, Karang Agung Sumatera Selatan, Mei 1996.
- Susanto., R.H. 2009. Agricultural Development in the Lowlands : Dynamics, perspective and time frame – lesson Learnt from STLD and the way forward (Makalah disampaikan pada “Workshop on Sustainable Lowland Development in Indonesia), Jakarta 21 Januari 2009.
- Susanto., R.H. 2007. Water Table Fluctuation Under Various Hydrotopographical Condition for Determining the Cropping Calendar (Jurnal Pengelolaan Lingkungan dan Sumberdaya Alam, 6(2, 2007) : (1693 – 0391)
- Susanto, R.H. 2001. Management of deltaic areas for a sustainable development. a case study in South-Eastern Sumatera Region. Invites Paper For The International Workshop Otimizing Development And Environmental Issues At Coastal Area. Ancol. Jakarta. April 2001.
- Tuong, T.P., L, V. Du and N.N. Luon 1993. Effect of Land Preparation on Leaching of an Acid Sulphate Soil at Cu Chi, Vietnam. In: D.L. Dent and M.E.F. van Mencvoort (editor): Selected papers of the Ho Chi Minh City Symposium, 281-287. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 53., Wageningen.Vepraskas, X. He, M. J. Skaggs, R. W and Lindbo, D. L. 2002. Adapting a Drainage Model to Simulate Water Table Levels in Coastal Plain Soils. in Soil Sci. Soc. Am. Journal. 66:1722–1731.

- Tuong, T.P., L, V. Du and N.N. Luon 1993. Effect of Land Preparation on Leaching of an Acid Sulphate Soil at Cu Chi, Vietnam. In: D.L. Dent and M.E.F. van Mencvoort (editor): Selected papers of the Ho Chi Minh City Symposium, 281-287. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 53., Wageningen.
- Tuong, T.P. 1993. An overview of water management of Acid Sulphate Soils. IRRI, P.O Box 933, Manila, The Philippines. Selected papers of the Ho Chi Minh City Symposium, 281-287. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 53., Wageningen.
- Van Breeman, N. 1982. Genesis, Morphology, and Classification of Acid Sulfate Soils in Coastal Plains. *In* J. A. Kattrick *et al.* (eds.). Acid Sulfate Weathering. SSSA Special Publication No. 10. Madison, Wisconsin, USA.
- Widjaja-Adhi, I. P. G., K. Nugroho, Didi Ardi S., dan A. S. Karama. 1992. Sumber Daya Lahan Rawa: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatan. Risalah Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan rawa Pasang Surut dan Lebak. Cisarua 3 - 4 Maret 1992. Hal. 19 - 38.
- Xihua Yang. 2006. Evaluation and application of DRAINMOD in an Australian sugarcane field. April 2008, *Agricultural Water Management*.95 (2006) 439- 446.
- Zhonghua Jia, and Wan Luo. 2006. Modeling net water requirements for wetlands in semi-arid regions. *Agricultural Water Management* 81 (2006) 282–294.
- Zwart SJ, Bastiaansen WGM. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management* 69 (2004) 115-133.

Lampiran 1 . Data jaringan Sistem Tata Air Delta Telang I

Lampiran 1a Data Jaringan Saluran Tersier

Kode	Lebar Atas (meter)	Lebar Bawah (meter)	MSL Dasar Saluran	Tinggi Permukaan tanah (MSL)	Keterangan
T4/0	2,60	1,40	0,425	1,308	Lahan Pekarangan
T4/1	3,00	1,80	0,207	1,308	Petak 1
T4/2	2,70	1,40	0,451	1,270	Petak 2
T4/3	2,80	1,60	0,622	1,270	Petak 3
T4/4	3,20	1,80	0,835	1,398	Petak 4
T4/5	2,70	1,60	0,831	1,398	Petak 5
T4/6	2,90	1,60	0,725	1,392	Petak 6
T4/7	2,80	1,60	0,684	1,335	Petak 7
T4/8	2,80	1,40	0,575	1,117	Petak 8
T4/9	2,50	1,40	0,305	1,117	Petak 8
Rerata	2,80	1,56	0,57	1,29	

Lampiran 1b. Data Jaringan Saluran Sekunder

No	Kode	Lebar Atas (meter)	Lebar Bawah (meter)	Elevasi
1	A0	19,80	6,00	-1,365
2	A1	19,90	6,80	-0,515
3	A2	25,00	6,60	-0,310
4	A3	21,00	9,60	-0,386
5	A4	21,20	9,20	-0,347
6	A5	20,00	4,40	-0,519
7	A6	19,30	4,60	-0,536
8	A7	18,60	4,20	-0,321
9	A8	17,20	4,80	-0,521
10	A9	19,10	5,00	-0,381
11	A10	17,90	4,20	-0,471
12	A11	19,70	4,80	-0,521
13	A12	20,30	5,00	-0,384
14	A13	19,70	4,60	-0,419
15	A14	17,70	4,00	-0,342
16	A15	18,80	4,40	-0,371
17	A16	18,20	4,00	-0,437
18	A17	16,00	3,80	-0,321
19	A18	14,70	4,20	-0,382

No	Kode	Lebar Atas (meter)	Lebar Bawah (meter)	Elevasi
20	A19	16,10	4,00	-0,310
21	A20	17,80	4,40	-0,360
22	A21	16,50	4,20	-0,362
23	A22	34,60	3,60	-0,437
24	A23	9,50	4,00	-0,424
25	A24	15,50	4,20	-0,425
26	A25	17,80	3,60	-0,526
27	A26	17,10	3,80	-0,637
28	A27	18,80	4,60	-0,590
29	A28	19,10	4,40	-0,687
30	A29	17,10	4,00	-0,610
31	A30	18,10	4,20	-0,738
32	A31	19,20	4,60	-0,862
33	A32	20,50	5,00	-0,810
34	A33	21,40	5,20	-0,836
35	A34	21,20	5,00	-0,724
36	A35	25,60	6,40	-0,810
37	A36	21,90	5,20	-0,862
38	A37	21,40	6,80	-0,938
9	A8	17,20	4,80	-0,521
10	A9	19,10	5,00	-0,381
11	A10	17,90	4,20	-0,471
12	A11	19,70	4,80	-0,521
13	A12	20,30	5,00	-0,384
14	A13	19,70	4,60	-0,419
15	A14	17,70	4,00	-0,342
16	A15	18,80	4,40	-0,371
17	A16	18,20	4,00	-0,437
18	A17	16,00	3,80	-0,321
19	A18	14,70	4,20	-0,382
20	A19	16,10	4,00	-0,310
21	A20	17,80	4,40	-0,360
22	A21	16,50	4,20	-0,362
23	A22	34,60	3,60	-0,437
24	A23	9,50	4,00	-0,424
25	A24	15,50	4,20	-0,425
26	A25	17,80	3,60	-0,526
27	A26	17,10	3,80	-0,637

No	Kode	Lebar Atas (meter)	Lebar Bawah (meter)	Elevasi
28	A27	18,80	4,60	-0,590
29	A28	19,10	4,40	-0,687
30	A29	17,10	4,00	-0,610
31	A30	18,10	4,20	-0,738
32	A31	19,20	4,60	-0,862
33	A32	20,50	5,00	-0,810
34	A33	21,40	5,20	-0,836
35	A34	21,20	5,00	-0,724
36	A35	25,60	6,40	-0,810
37	A36	21,90	5,20	-0,862
38	A37	21,40	6,80	-0,938
Rerata		19,42	4,69	

Lampiran 2. Data jaringan Sistem Tata Air Delta Saleh

Lampiran 2a. Data Jaringan Saluran Tersier

Kode	Lebar Atas (meter)	Lebar Bawah (meter)	MSL Dasar Saluran	Tinggi Permukaan tanah (MSL)	Keterangan
T4/0	2,40	0,80	0,68	2,21	Lahan Pekarangan
T4/1	2,30	0,60	1,04	2,21	Petak 1
T4/2	2,40	0,60	1,28	2,08	Petak 2
T4/3	2,40	0,60	1,28	2,08	Petak 3
T4/4	2,00	0,60	1,28	2,15	Petak 4
T4/5	2,40	0,60	1,21	2,15	Petak 5
T4/6	2,20	0,60	1,19	1,79	Petak 6
T4/7	2,30	0,60	1,24	2,09	Petak 7
T4/8	2,20	0,60	1,08	2,09	Petak 8
T4/9	2,30	0,60	1,10	2,04	Petak 9
Rerata	2,29	0,62	1,14	2,09	

Lampiran 2b. Data Jaringan Saluran Sekunder

Kode	Lebar Atas (meter)	Lebar Bawah (meter)	MSL Dasar Saluran
P0/0	15,90	7,00	-0,457
P1/1	25,00	8,00	-0,862
P2	23,30	6,00	-0,213
P3	20,90	4,80	-0,160
P4	22,40	4,40	-0,156
P5	22,10	4,80	-0,151
P6	21,10	4,60	-0,201
P7	21,40	4,20	-0,178
P8	21,80	4,00	-0,120
P9	20,40	3,60	-0,286
P10	20,50	4,00	-0,127
P11	21,00	3,80	-0,108
P12	20,20	3,60	-0,142
P13	20,70	4,00	-0,109
P14	20,50	3,80	-0,210
P15	20,30	3,80	-0,213
P16	20,90	4,60	-0,261
P17	21,00	5,00	-0,161
P18	21,10	4,00	-0,105
Rerata	20,66	4,02	(0,17)

Lampiran 3. Hasil pengukuran nilai keterhantaran hidroulik tanah di Delta Saleh

No sampel	Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah (cm/jam)	
	0-30 cm	30-60 cm
Petak 1	6,67	2,50
Petak 2	8,25	7,67
Petak 3	7,33	5,83
Petak 4	8,25	6,43
Petak 5	10,63	8,75
Petak 6	9,17	4,17
Petak 7	9,52	7,50
Petak 8	9,23	7,50
Rerata	8,63	6,29
Kriteria	Agak cepat	Agak Cepat

Lampiran 3a. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:				
D'	70	D		60
W'	26	W	16 1/2 H	27
H'	54	H	10 S	50
Sampel 1. (0-60) cm				S=>1/2 H
Time	Yt	dYt	C grafik	10
0	65		$Y_0=Y_0'-W'$	39
10	61	4	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	8
10	60	1	H	54
10	59	1	$Y=Y_0-1/2dY$	35
10	59	0	dY/dt	0,16
10	57	2	$K=C.dy/dt$	1,60 m/hari
50		8		6,67 cm/jam

Sampel 1. (60-120) cm				
Time	Yt	dYt	C grafik	10
0	61		$Y_0=Y_0'-W'$	35
10	60	1	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	3
10	59	1	H	54
10	59	0	$Y=Y_0-1/2dY$	33,5
10	59	0	dY/dt	0,06
10	58	1	$K=C.dy/dt$	0,60 m/hari
50		3		2,50 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 3b. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H 27
H'	54	H	10	S 50
Sampel 2. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	9
0	72		Yo=Yo'-W'	46
10	66	6	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	11
10	64	2	H	54
10	62	2	Y=Yo-1/2dY	40,5
10	61,5	0,5	dY/dt	0,22
10	61	0,5	K=C.dy/dt	1,98 m/hari
50		11		8,25 cm/jam

Sampel 2. (0-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	8
0	74		Yo=Yo'-W'	48
10	67	7	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	11,5
10	65	2	H	54
10	63,5	1,5	Y=Yo-1/2dY	42,25
10	62,5	1	dY/dt	0,23
10	62		K=C.dy/dt	1,84 m/hari
50		11,5		7,67 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 3c. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H 27
H'	54	H	10	S 50
Sampel 3. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	11
0	65		$Y_0=Y_0'-W'$	39
10	61	4	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	8
10	60	1	H	54
10	59	1	$Y=Y_0-1/2dY$	35
10	59	0	dY/dt	0,16
10	57	2	$K=C.dy/dt$	1,76 m/hari
50		8		7,33 cm/jam

Sampel 3. (0-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	10
0	63		$Y_0=Y_0'-W'$	37
10	59	4	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	7
10	58,5	0,5	H	110
10	57,5	1	$Y=Y_0-1/2dY$	33,5
10	56	1,5	dY/dt	0,14
10	56		$K=C.dy/dt$	1,4 m/hari
50		7		5,83 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 3d. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H 27
H'	54	H	10	S 50

Sampel 4. (0-60) cm S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	9
0	72		$Y_0=Y_0'-W'$	46
10	66	6	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dYt$	11
10	64	2	H	120
10	62	2	$Y=Y_0-1/2dY$	40,5
10	61,5	0,5	dY/dt	0,22
10	61	0,5	$K=C.dy/dt$	1,98 m/hari
				8,25 cm/jam
		0		
		0		
50		11		

Sampel 4. (0-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	9
0	74		$Y_0=Y_0'-W'$	48
10	67	7	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dYt$	12
10	65	2	H	120
10	63,5	1,5	$Y=Y_0-1/2dY$	42
10	62,5	1	dY/dt	0,17143
10	62	0,5		
10				
10		0		
			$K=C.dy/dt$	1,54 m/hari
70		12		6,43 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 3e. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H 27
H'	54	H	10	S 50

Sampel 5. (0-60) cm

S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	9
0	77		Yo=Yo'-W'	51
10	70	7	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	17
10	66	4	H	120
10	64	2	Y=Yo-1/2dY	42,5
10	62	2	dY/dt	0,28333
10	61	1		
10	60,5	1	K=C.dy/dt	2,55 m/hari
60		17		10,63 cm/jam

Sampel 5. (0-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	7
0	78		Yo=Yo'-W'	52
10	73	5	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	18
10	68	5	H	120
10	63	5	Y=Yo-1/2dY	43
10	62	1	dY/dt	0,3
10	61	1		
10	60	1	K=C.dy/dt	2,1 m/hari
60		18		8,75 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 3f. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H 27
H'	54	H	10	S 50
Sampel 6. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	8
0	79		Yo=Yo'-W'	53
10	75	4	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	13
10	72	3	H	120
10	70	2	Y=Yo-1/2dY	46,5
10	68	2	dY/dt	0,21667
10	67	1		
10	66	1	K=C.dy/dt	1,73 m/hari
60		13		7,22 cm/jam

Sampel 6. (0-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	10
0	70		Yo=Yo'-W'	44
10	68	2	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	6
10	67	1	H	120
10	66	1	Y=Yo-1/2dY	41
10	65	1	dY/dt	0,1
10	65	0		
10	64	1	K=C.dy/dt	1,00 m/hari
60		6		4,17 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 3g. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H
H'	54	H	10	S
Sampel 7. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	10
0	80		Yo=Yo'-W'	54
10	76	4	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	16
10	70	6	H	54
10	68	2	Y=Yo-1/2dY	46
10	66	2	dY/dt	0,22857
10	64	2		
10	64	0		
10	64	0	K=C.dy/dt	2,29 m/hari
70		16		9,52 cm/jam

Sampel 7. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	9
0	80		Yo=Yo'-W'	54
10	75	5	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	16
10	72	3	H	0
10	70	2	Y=Yo-1/2dY	46
10	69	1	dY/dt	0,2
10	67	2		
10	65	2		
10	64	1		
10	64	0		
K=C.dy/dt				1,8 m/hari
80		16		7,50 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 3h. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Saleh

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H 27
H'	54	H	10	S 50
Sampel 8. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	10
0	70		Yo=Yo'-W'	44
10	65	5	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	15,5
10	60	5	H	54
10	57,5	2,5	Y=Yo-1/2dY	36,25
10	56	1,5	dY/dt	0,22143
10	55	1		
10	54,5	0,5		
10	54,5	0	K=C.dy/dt	2,21 m/hari
70		15,5		9,23 cm/jam

Sampel 8. (20-60) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	9
0	67		Yo=Yo'-W'	41
10	63	4	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	14
10	60	3	H	110
10	55	5	Y=Yo-1/2dY	34
10	54	1	dY/dt	0,2
10	54	0		
10	53	1		
10	53	0		
			K=C.dy/dt	1,8 m/hari
70		14		7,50 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 4. Hasil pengukuran nilai keterhantaran hidroulik tanah di Delta Telang I

No sampel	Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah (cm/jam)	
	0-30 cm	30-60 cm
Petak 1	4,38	3,89
Petak 2	4,17	2,22
Petak 3	2,92	1,41
Petak 4	4,08	3,33
Petak 5	3,96	2,78
Petak 6	2,19	1,69
Petak 7	3,50	2,34
Petak 8	4,64	2,98
Rerata	3,73	2,58
Kriteria	sedang	sedang

Lampiran 4b . Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60	
W'	25	W	16	1/2 H 30
H'	60	H	120	S 50
Sampel 1. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	7
0	58		$Y_0 = Y_0' - W'$	33
10	57	1	$dY = Y_0' - Y_n' = \text{Total } dY_t$	9
10	55	2	H	60
10	54	1	$Y = Y_0 - 1/2 dY$	53,5
10	52	2	dY/dt	0,15
10	50,5	1,5		
10	49	1,5		
$K = C \cdot dy/dt$				1,05 m/hari
60				4,38 cm/jam

Sampel 1. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	8
0	70		$Y_0 = Y_0' - W'$	70
10	68	2	$dY = Y_0' - Y_n' = \text{Total } dY_t$	7
10	66	2	H	60
10	65	1	$Y = Y_0 - 1/2 dY$	66,5
10	64,5	0,5	dY/dt	0,11667
10	63,5	1		
10	63	0,5	$K = C \cdot dy/dt$	0,93 m/hari
60				3,89 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 4c . Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60	
W'	25	W	16	1/2 H 30
H'	60	H	60	S 50

Sampel 2. (0-60) cm S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	7,5
0	73		$Y_0=Y_0'-W'$	48
10	70,5	2,5	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dY_t$	8
10	68,5	2	H	60
10	65,5	3	$Y=Y_0-1/2dY$	69
10	65	0,5	dY/dt	0,13333
10	65	0		
10	65	0		
$K=C.dy/dt$				1,00 m/hari
60		8		4,17 cm/jam

Sampel 2. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	8
0	71		$Y_0=Y_0'-W'$	71
10	69	2	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dY_t$	4
10	68	1	H	100
10	68	0	$Y=Y_0-1/2dY$	69
10	68	0	dY/dt	0,06667
10	67,5	0,5		
10	67	0,5	$K=C.dy/dt$	0,53 m/hari
60		4		2,22 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 4d . Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60	
W'	25	W	16	1/2 H 30
H'	60	H	60	S 50
Sampel 3. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	7
0	61		$Y_o = Y_o' - W'$	36
10	59	2	$dY = Y_o' - Y_n' = \text{Total } dYt$	5
10	58,5	0,5	H	60
10	57,5	1	$Y = Y_o - 1/2 dY$	58,5
10	56	1,5	dY/dt	0,1
10	56	0		
			$K = C \cdot dy/dt$	0,70 m/hari
50			5	2,92 cm/jam

Sampel 3. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	4,5
0	61		$Y_o = Y_o' - W'$	61
10	59	2	$dY = Y_o' - Y_n' = \text{Total } dYt$	3
10	59	0	H	100
10	59	0	$Y = Y_o - 1/2 dY$	59,5
10	58	1	dY/dt	0,075
			0 $K = C \cdot dy/dt$	0,34 m/hari
40			3	1,41 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 4e. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60
W'	25	W	16 1/2 H 30
H'	60	H	60 S 50

Sampel 4. (0-60) cm S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	7
0	70		$Y_0=Y_0'-W'$	45
10	68	2	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dYt$	7
10	66	2	H	60
10	64,5	1,5	$Y=Y_0-1/2dY$	66,5
10	63,5	1	dY/dt	0,14
10	63	0,5		
$K=C.dy/dt$				0,98 m/hari
50		7		4,08 cm/jam

Sampel 4. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	5
0	69		$Y_0=Y_0'-W'$	69
10	66	3	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dYt$	8
10	64	2	H	100
10	62	2	$Y=Y_0-1/2dY$	65
10	61,5	0,5	dY/dt	0,16
10	61	0,5		
$K=C.dy/dt$				0,80 m/hari
50		8		3,33 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 4f. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60	
W'	25	W	16	1/2 H 30
H'	60	H	60	S 50
Sampel 5. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	7
0	69		$Y_0=Y_0'-W'$	44
10	66	3	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	9,5
10	64	2	H	60
10	62	2	$Y=Y_0-1/2dY$	64,25
10	61	1	dY/dt	0,13571
10	60,5	0,5		
10	60	0,5		
10	59,5	0,5		
			$K=C.dy/dt$	0,95 m/hari
70		9,5		3,96 cm/jam

Sampel 5. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	5
0	68		$Y_0=Y_0'-W'$	68
10	66	2	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	8
10	63	3	H	100
10	62	1	$Y=Y_0-1/2dY$	64
10	61	1	dY/dt	0,13333
10	60	1		
10	59,5		$K=C.dy/dt$	0,67 m/hari
60		8		2,78 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 4g. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60	
W'	25	W	16	1/2 H 30
H'	60	H	60	S 50
Sampel 6. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	7
0	70		$Y_0=Y_0'-W'$	45
10	68	2	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dYt$	6
10	67	1	H	60
10	66	1	$Y=Y_0-1/2dY$	67
10	65	1	dY/dt	0,075
10	65	0		
10	64	1		
10	64	0		
10	64	0	$K=C.dy/dt$	0,53 m/hari
80		6		2,19 cm/jam

Sampel 6. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	5
0	78		$Y_0=Y_0'-W'$	78
10	75	3	$dY = Y_0'-Y_n' = \text{Total } dYt$	6,5
10	74	1	H	100
10	73	1	$Y=Y_0-1/2dY$	74,75
10	73	0	dY/dt	0,08125
10	72,5	0,5		
10	72	0,5		
10	72	0		
10	71,5	0,5	$K=C.dy/dt$	0,41 m/hari
80		6,5		1,69 cm/jam

- : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 4h. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60	
W'	25	W	16	1/2 H 30
H'	60	H	60	S 50
Sampel 7. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	7
0	70		$Y_o = Y_o' - W'$	45
10	68	2	$dY = Y_o' - Y_n' = \text{Total } dY_t$	6
10	66	2	H	60
10	64	2	$Y = Y_o - 1/2 dY$	67
10	64	0	dY/dt	0,12
10	64	0		
$K = C \cdot dy/dt$				0,84 m/hari
50		6		3,50 cm/jam

Sampel 7. (60-120)
cm

Time	Yt	dYt	C grafik	5
0	72		$Y_o = Y_o' - W'$	72
10	70	2	$dY = Y_o' - Y_n' = \text{Total } dY_t$	9
10	70	0	H	100
10	69	1	$Y = Y_o - 1/2 dY$	67,5
10	67	2	dY/dt	0,1125
10	65	2		
10	64	1		
10	64	0		
10	63	1	$K = C \cdot dy/dt$	0,56 m/hari
80		9		2,34 cm/jam

- : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- r : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 4i. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	85	D	60	
W'	25	W	16	1/2 H 30
H'	60	H	60	S 50
Sampel 8. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	6
0	68		Yo=Yo'-W'	43
10	65	3	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	13
10	61	4	H	60
10	57,5	3,5	Y=Yo-1/2dY	61,5
10	56	1,5	dY/dt	0,18571
10	55	1		
10	54,5			
10	54,5			
			K=C.dy/dt	1,11 m/hari
70		13		4,64 cm/jam

Sampel 8. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	5
0	63		Yo=Yo'-W'	63
10	59	4	dY = Yo'-Yn'= Total dYt	10
10	57	2	H	100
10	55	2	Y=Yo-1/2dY	58
10	54	1	dY/dt	0,14286
10	54	0		
10	53	1		
10	53	0		
			K=C.dy/dt	0,71 m/hari
70		10		2,98 cm/jam

- : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 4j. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H 60
H'	120	H	120	S 50
Sampel 1. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	4
0	58		$Y_0 = Y_0' - W'$	32
10	48	10	$dY = Y_0' - Y_n' = \text{Total } dYt$	34
10	41	7	H	120
10	36	5	$Y = Y_0 - 1/2 dY$	41
10	31	5	dY/dt	0,566667
10	28	3		
10	24	4		
$K = C \cdot dy/dt$				2,27 m/hari
60		34		9,44 cm/jam

Sampel 1. (60-120)
cm

Time	Yt	dYt	C grafik	2,5
0	120		$Y_0 = Y_0' - W'$	120
10	111	9	$dY = Y_0' - Y_n' = \text{Total } dYt$	36
10	102	9	H	0
10	97	5	$Y = Y_0 - 1/2 dY$	102
10	92	5	dY/dt	0,6
10	88	4		
10	84	4	$K = C \cdot dy/dt$	1,5 m/hari
60		36		6,25 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
- D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
- W : Jarak antara standar dan muka air tanah
- W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
- H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
- R : Jari-jari lubang auger
- S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
- T : Waktu

Lampiran 4k. Perhitungan Nilai Keterhantaran Hidroulik Tanah Areal Studi Delta Telang I

Parameter:

D'	70	D	60	
W'	26	W	16	1/2 H
H'	120	H	120	S
Sampel 1. (0-60) cm				S=>1/2 H

Time	Yt	dYt	C grafik	4
0	56		$Y_0=Y_0'-W'$	30
10	43	13	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	20
10	41	2	H	120
10	39	2	$Y=Y_0-1/2dY$	46
10	37,5	1,5	dY/dt	0,28571
10	36,5	1		
10	36	0,5		
10	35,5			
			$K=C.dy/dt$	1,14286 m/hari
70			20	4,7619 cm/jam

Sampel 1. (60-120) cm

Time	Yt	dYt	C grafik	3,5
0	63		$Y_0=Y_0'-W'$	63
10	52	11	$dY = Y_0'-Y_n'= \text{Total } dYt$	18
10	49	3	H	0
10	48	1	$Y=Y_0-1/2dY$	54
10	47	1	dY/dt	0,3
10	46	1		
10	45	1	$K=C.dy/dt$	1,05 m/hari
60			18	4,375 cm/jam

- D' : Jarak antara standar (titik pembacaan) dan dasar lubang auger
D : Jarak antara permukaan tanah dan dasar lubang auger
W : Jarak antara standar dan muka air tanah
W' : Jarak antara permukaan tanah dan muka air tanah
H : Jarak antara muka air tanah dan dasar lubang auger
R : Jari-jari lubang auger
S : Jarak antara dasar lubang auger dan Lapisan Kedap Air
T : Waktu

Lampiran 5. Hasil pengukuran nilai Bobot Isi Tanah dan Ruang Pori Total

Lampiran 5a. Lokasi delta Saleh Primer 10

Kode Sampel Ring	Kedalaman 0-30 cm		Kedalaman 30-60 cm	
	Bobot Isi Tanah (gr/cm ³)	Ruang Pori Total Tanah (%)	Bobot Isi Tanah (gr/cm ³)	Ruang Pori Total Tanah (%)
1	0,99	62,697	0,99	62,65
2	0,89	66,542	1,00	62,26
3	0,78	70,388	1,06	59,97
4	0,90	66,158	1,09	58,80
5	1,01	61,724	1,17	55,96
6	0,84	68,150	1,00	62,38
7	0,79	70,204	0,94	64,44
8	0,90	65,969	1,05	60,20
9	0,85	67,996	1,00	62,23
10	0,89	66,319	1,05	60,55
11	0,87	67,262	1,02	61,49
12	0,94	64,420	1,10	58,65
13	0,85	68,058	1,00	62,29
14	0,80	69,888	0,95	64,12
15	0,87	67,342	1,02	61,57
16	0,93	64,870	1,08	59,10
17	0,88	66,904	1,03	61,14
18	0,85	68,062	1,00	62,29
19	0,77	71,003	0,92	65,23
Rerata	0,87	67,05	1,02	61,33

Lampiran 5b. Lokasi Delta Telang I Primer 8

Kode Sampel Ring	Kedalaman 0-30 cm		Kedalaman 30-60 cm	
	Kerapatan Isi Tanah (gr/cm ³)	Ruang Pori Total Tanah (%)	Kerapatan Isi Tanah (gr/cm ³)	Ruang Pori Total Tanah (%)
1	1,04	60,724	1,24	53,02
2	1,05	60,339	1,26	52,64
3	1,11	58,044	1,32	50,35
4	1,14	56,882	1,35	49,19
5	1,22	54,032	1,42	46,34
6	1,05	60,459	1,25	52,77
7	0,99	62,512	1,20	54,82
8	1,11	58,278	1,31	50,59
9	1,05	60,305	1,26	52,61

Lanjutan lampiran 5b				
Kode Sampel Ring	Kedalaman 0-30 cm		Kedalaman 30-60 cm	
	Kerapatan Isi Tanah (gr/cm ³)	Ruang Pori Total Tanah (%)	Kerapatan Isi Tanah (gr/cm ³)	Ruang Pori Total Tanah (%)
10	1,10	58,628	1,30	50,94
11	1,07	59,570	1,28	51,88
12	1,15	56,728	1,35	49,04
13	1,05	60,366	1,25	52,67
14	1,00	62,197	1,21	54,51
15	1,07	59,651	1,27	51,96
16	1,13	57,178	1,34	49,49
17	1,08	59,213	1,28	51,52
Rerata	1,08	59,12	1,29	51,43

Lampiran 6. Data Karakteristik Sifat Fisik Tanah Delta Telang I Primer 8

Kode	Kedalaman (cm)	C-organik (%)	Tekstur (%)			Kelas Tekstur
			pasir	debu	liat	
T1	0-30	4,2	28,74	42,52	28,74	Lempung berliat
	30-60	4	28,46	42,69	28,85	Lempung berliat
	60-90	3,4	26,52	42,57	30,91	Lempung berliat
	90-120	3,87	26,23	42,74	31,03	Lempung berliat
T2	0-30	3,07	32,93	42,56	24,51	Lempung
	30-60	1,8	23,32	43,18	33,5	Lempung berliat
	60-90	1	25,26	36,81	37,93	Lempung berliat
	90-120	1,27	25,39	36,74	37,87	Lempung berliat
T3	0-30	1,9	26,26	38,45	35,29	Lempung berliat
	30-60	1,4	23,3	38,87	37,83	Lempung berliat
	60-90	1,53	21,11	36,72	42,17	Liat
	90-120	1,6	25,91	40,78	33,31	Lempung berliat
T4	0-30	2,06	28,19	36,42	35,39	Lempung berliat
	30-60	1,43	21,69	40,74	37,57	Lempung berliat
	60-90	1,54	20,82	36,86	42,32	Liat
	90-120	1,47	27,95	49,44	22,61	Lempung
T5	0-30	2,63	30,47	40,62	28,91	Lempung berliat
	30-60	1,24	27,47	43,28	29,25	Lempung berliat
	60-90	0,81	20,57	34,8	44,63	Liat
	90-120	0,77	24,83	43,55	31,62	Lempung berliat
T6	0-30	4,79	44,88	32,4	22,72	Lempung berliat
	30-60	1,62	25,42	36,73	37,85	Lempung berliat
	60-90	1,16	19,4	38,67	41,93	Liat
	90-120	1,89	22,2	35,01	42,71	Liat

Lanjutan lampiran 6						
Kode	Kedalaman (cm)	C-organik (%)	Tekstur (%)			Kelas Tekstur
			pasir	debu	liat	
T7	0-30	4,87	42,73	34,55	22,72	Lempung
	30-60	1,39	25,2	36,84	37,96	Lempung berliat
	60-90	3,24	31,2	45,96	23,02	Lempung
	90-120	4,71	31	61,3	7,7	Lempung berliat
T8	0-30	1,54	20,39	34,88	44,73	Liat
	30-60	3,63	31,88	32,42	35,7	Lempung berliat
	60-90	2,39	19,15	44,28	36,57	Lempung berliat
	90-120	4,32	24,42	67,88	7,7	Lempung berdebu

Lampiran 7. Data Karakteristik Sifat Fisik Tanah Delta Saleh Primer 10

No sample	Kedalaman (cm)	C- organik (%)	Tekstur (%)			Kelas Tekstur
			pasir	debu	liat	
T1	0-30	5,54	40,91	31,08	28,01	Lempung berliat
	30-60	4,05	26,73	25,57	47,7	Liat
	60-90	2,98	31,21	45,08	23,71	Lempung
	90-120	2,69	32,31	35,6	32,09	Liat
T2	0-30	6,37	37,04	30,73	32,19	Lempung berliat
	30-60	3,9	26,06	36,38	37,56	Lempung berliat
	60-90	3,21	31,79	7,86	60,35	Liat
	90-120	3,18	33,5	8,5	58	Liat
T3	0-30	5,11	30,07	48,12	21,81	Lempung
	30-60	3,03	26,02	40,95	33,03	Lempung berliat
	60-90	2,98	28,45	39,42	32,13	Lempung berliat
	90-120	2,69	27,8	7,89	64,39	Liat
T4	0-30	5,66	32,44	38,58	28,98	Lempung berliat
	30-60	4,36	23,53	36,5	39,97	Lempung berliat
	60-90	3,21	24,82	33,39	41,79	Liat
	90-120	3,18	30,24	7,79	61,97	Liat
T5	0-30	6,88	24,24	38,39	37,37	Lempung berliat
	30-60	3,21	25,6	36,64	37,76	Lempung berliat
	60-90	2,14	23,26	36,73	40,01	Liat
	90-120	1,74	36,95	54,99	8,06	Liat
T6	0-30	4,09	34,9	48,52	16,58	Lempung
	30-60	5,5	23,72	42,95	33,33	Lempung berliat
	90-120	2,45	31,17	7,68	61,15	Liat
T7	0-30	5,38	37,43	32,91	29,66	Lempung berliat
	30-60	2,6	28,39	39,64	31,97	Lempung berliat
	90-120	4,4	11,82	31,39	56,79	Liat

Lanjutan Lampiran 7						
No sample	Kedalaman (cm)	C-organik (%)	Tekstur (%)			Kelas Tekstur
			pasir	debu	liat	
	30-60	3,11	19,14	34,48	46,38	Liat
	60-90	2,75	20,14	27,76	52,1	Liat
	90-120	2,52	33,78	7,89	58,33	Liat

Lampiran 8. Data Sifat Kimia Tanah Delta SaLeh Musim Kemarau Menjelang Pengolahan Tanah

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	3,83	4,20	0,31	31,50	0,26	4,88	79,17
T2	3,83	3,07	0,21	39,30	0,19	4,92	54,60
T3	3,86	1,90	0,15	16,95	0,13	5,26	68,25
T4	3,80	2,06	0,17	16,05	0,19	7,17	88,53
T5	3,76	2,63	0,19	15,00	0,19	5,69	83,85
T6	3,94	4,79	0,40	52,65	0,26	4,69	86,97
T7	3,60	4,87	0,36	34,65	0,32	4,83	85,80
T8	3,70	1,54	0,12	3,00	0,19	5,16	82,29
Rerata	3,83	3,13	0,24	26,14	0,22	5,33	78,68

Lampiran 9. Data Sifat Kimia Tanah Telang I Musim Kemarau Menjelang Pengolahan Tanah

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	3,89	5,04	0,38	13,8	0,19	2,87	89,7
T2	4,06	8,37	0,6	55,05	0,19	2,68	83,27
T3	4,25	5,11	0,43	39,45	0,13	1,34	83,66
T4	4,23	3,18	0,28	24,15	0,19	2,92	37,05
T5	4,18	1,74	0,15	15,15	0,13	3,35	78,2
T6	4,34	4,09	0,38	55,05	0,26	1,2	77,03
T7	4,31	5,38	0,49	15,3	0,19	1,2	79,37
T8	4,42	3,11	0,28	16,35	0,19	1,2	100,43
Rerata	4,21	4,50	0,37	29,29	0,18	2,10	78,59

Lampiran 10. Data Tanah SaLeh Musim Hujan Sesudah Panen MT1 2009

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	3,97	3,47	0,27	36,15	0,13	4,66	37,83
T2	4,23	2,71	0,21	35,25	0,13	3,68	42,51
T3	4,07	2,5	0,19	11,4	0,19	5,36	40,79
T4	4,34	3,07	0,23	24	0,13	3,76	42,32
T5	4,05	3,68	0,28	12,75	0,13	4	42,32
T6	4,07	5,86	0,39	14,25	0,1	3,56	40,95
T7	3,77	3,77	0,16	8,85	0,13	5,68	42,32
T8	3,79	3,79	0,25	22,5	0,19	4,92	41,42
Rerata	4,04	3,73	0,25	20,64	0,14	4,45	41,31

Lampiran 11. Data Tanah Telang Musim Hujan Sesudah Panen MT1 2009

No Pengamatan	pH Tanah kondisi kering	C-organik (%)	N-total (%)	P-Bray I (ppm)	Kalium (K-dd)	Alumunium Al-dd	Fe (ppm)
T1	4,89	6,44	0,45	31,5	0,15	1,6	39,86
T2	4,58	5,81	0,43	16,95	0,12	1,92	40,95
T3	4,61	5,53	0,39	23,7	0,14	1,64	41,34
T4	4,41	3,27	0,27	32,4	0,13	2,76	35,18
T5	4,47	3,79	0,27	33,15	0,26	2,56	39,94
T6	4,8	4,73	0,36	43,5	0,13	1	40,79
T7	4,74	5,53	0,39	19,2	0,13	1,2	40,56
T8	5,25	5,04	0,4	38,4	0,32	0,2	35,26
Rerata	4,72	5,02	0,37	29,85	0,17	1,61	39,24

Lampiran 12. Perubahan Kualitas Tanah Akibat Pengaruh Musim di Delta Saleh

Parameter Kualitas Tanah	Unit	Musim Kemarau	Musim Hujan
pH Tanah		3,83	4,04
C- Organik	%	3,13	3,73
N-Total	%	0,24	0,25
P-Bray I	ppm	26,14	20,64
Al-dd	me/100g	0,22	0,14
K-dd	me/100g	5,33	4,45
Besi	ppm	78,68	41,31

Lampiran 13. Perubahan Kualitas Tanah Akibat Pengaruh Musim di Delta Telang

Parameter Kualitas Tanah	Unit	Musim Kemarau	Musim Hujan
pH Tanah		4,21	4,72
C- Organik	%	4,50	5,02
N-Total	%	0,37	0,37
P-Bray I	ppm	29,29	29,85
Al-dd	me/100g	0,18	0,17
K-dd	me/100g	2,10	1,61
Besi	ppm	78,59	39,24

Lampiran 14. Pengamatan muka air setiap jam (selama 24 Jam)

Desa : Telang Karya, P8-12 S (Tersier 2)

Tanggal : 15 Juli 2009

No.	Jam	Tanggal	Muka Air (cm)			
			Sekunder	Tersier Luar	Dalam	Well petak1
1	17,00	15 Juli 2009	59	40	24	81
2	18,00	15 Juli 2009	52	33	24	82
3	19,00	15 Juli 2009	45	26	24	83
4	20,00	15 Juli 2009	60	41	24	84
5	21,00	15 Juli 2009	75	56	24	83
6	22,00	15 Juli 2009	102	83	48	83
7	23,00	15 Juli 2009	125	106	62	83
8	24,00	15 Juli 2009	147	128	66	83
9	1,00	16 Juli 2009	163	144	68	83
10	2,00	16 Juli 2009	167	148	70	83
11	3,00	16 Juli 2009	155	136	72	83
12	4,00	16 Juli 2009	138	119	71	83
13	5,00	16 Juli 2009	114	96	61	83
14	6,00	16 Juli 2009	84	64	28	83
15	7,00	16 Juli 2009	57	38	24	83
16	8,00	16 Juli 2009	40	21	24	83
17	9,00	16 Juli 2009	33	14	24	83,5
18	10,00	16 Juli 2009	30	13	24	84
19	11,00	16 Juli 2009	28	12	24	84
20	12,00	16 Juli 2009	26	12	24	84,5
21	13,00	16 Juli 2009	26	12	24	84,5
22	14,00	16 Juli 2009	42	24	24	85
23	15,00	16 Juli 2009	70	51	24	85
24	16,00	16 Juli 2009	94	75	32	85
25	17,00	16 Juli 2009	103	85	40	85

Lampiran 15. Data Pengamatan curah hujan di P8 Delta Telang I Tc 2 Bulan September-Desember 2008.

Tanggal	Curah hujan (ml)			
	September	Oktober	November	Desember
1	90	515	-	120
2	85	100	-	-
3	-	30	-	-
4	-	-	-	185
5	-	50	180	-
6	620	270	450	300
7	-	100	480	150
8	-	-	435	25
9	-	-	-	-
10	75	-	-	-
11	-	-	-	-
12	45	-	-	365
13	-	130	570	-
14	-	85	-	460
15	-	300	-	-
16	-	200	195	45
17	-	-	-	-
18	-	110	165	-
19	-	20	-	-
20	-	-	30	-
21	-	60	120	50
22	-	-	-	-
23	-	150	-	-
24	-	-	385	-
25	-	-	-	-
26	-	-	290	-
27	-	-	-	-
28	-	90	-	90
29	-	-	690	60
30	-	-	150	40

Lampiran 16. Data Pengamatan Curah Hujan di P8 Delta Telang I Tc 2 Bulan Januari-Juni 2009.

Tanggal	Curah hujan (ml)					
	Januari	Febuari	Maret	April	Mei	Juni
1	-	90	-	42	-	-
2	-	110	-	-	30	-
3	-	30	60	-	-	-
4	280	-	-	-	40	-
5	60	-	-	50	45	-
6	165	-	70	660	-	-
7	-	-	310	400	-	-
8	280	-	-	85	-	-
9	55	-	430	-	-	110
10	-	-	190	-	-	-
11	-	-	-	-	70	-
12	-	-	150	75	-	-
13	-	320	-	160	-	-
14	100	60	370	-	120	-
15	-	-	70	-	-	-
16	-	-	450	-	-	630
17	-	-	320	-	-	-
18	-	410	35	-	240	160
19	75	-	-	360	-	-
20	-	150	-	-	-	-
21	-	-	-	60	-	-
22	-	-	-	-	-	-
23	-	-	310	-	-	-
24	-	400	-	25	-	-
25	340	80	-	-	-	750
26	300	-	175	-	-	-
27	270	240	35	-	100	-
28	-	-	80	-	-	80
29	35	90	-	-	-	-
30	-	110	-	140	-	-

Lampiran 17. Data Pengamatan Curah Hujan di P8 Delta Telang I Tc 2 Bulan Juli-Desember 2009.

Tanggal	Curah hujan (ml)					
	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	85	-	-	-	-	-
2	140	-	-	175	145	-
3	180	-	-	-	78	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	330	75
6	-	-	-	545	-	-
7	-	-	-	-	-	565
8	-	-	-	-	-	185
9	-	-	-	-	232	-
10	-	-	-	-	90	-
11	-	125	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	-	40	-	-	175	-
14	-	-	-	200	240	-
15	-	-	-	50	-	155
16	-	35	10	-	-	-
17	-	80	-	40	845	75
18	-	108	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	170
20	-	-	-	-	-	250
21	-	-	-	475	-	-
22	-	-	-	-	-	345
23	-	-	-	-	138	310
24	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	55	115
26	-	-	-	-	-	-
27	-	130	-	-	280	-
28	-	460	-	-	-	45
29	-	-	-	75	90	-
30	-	-	-	-	-	200

Lampiran 18. Data pengamatan Curah Hujan di delta Saleh P10 Tc 4 Bulan
November-Desember 2008 sd Januari-April 2009

Tanggal	Volume Air (ml)					
	Nov	Des	Jan	Feb	Maret	April
1	400	-	-	-	-	10
2	-	-	-	-	12	-
3	-	18	-	-	-	-
4	15	150	-	-	30	7
5	115	-	-	-	-	65
6	309	-	-	4	-	-
7	-	850	-	31	4	13
8	252	-	-	-	-	140
9	-	-	-	-	27	-
10	-	-	-	-	-	160
11	-	35	-	-	-	-
12	-	24	-	-	-	30
13	-	18	-	61	-	-
14	-	430	-	-	56	-
15	-	-	-	-	8	42
16	506	-	31	-	5	73
17	13	30	-	-	19	-
18	572	-	-	-	-	-
19	-	11	-	28	-	-
20	-	9	-	-	-	200
21	52	-	-	-	-	6
22	-	51	-	-	-	-
23	21	-	-	-	-	-
24	260	34	-	-	21	-
25	-	8	47	-	-	8
26	553	10	-	-	-	-
27	-	-	12	-	-	-
28	-	551	-	59	-	-
29	573	166	140	-	-	-
30	379	-	-	-	-	15

Lampiran 19. Data pengamatan Curah Hujan di delta Saleh P10 Tc 4 Bulan Mei-Oktober 2009

Tanggal	Volume Air (ml)					
	Mei	Juni	Junli	Agustus	September	Oktober
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	91	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	32	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-
16	94	112	-	-	306	-
17	-	-	-	217	142	-
18	38	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-
23	-	-	43	-	-	-
24	-	-	81	-	-	-
25	-	43	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	249	-	-
28	-	-	-	316	-	-
29	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-

Lampiran 20. Rata-rata produksi gabah kering panen (GKP) MT I di Blok Sekunder P8-12s Delta Telang I

Tersier Ke -	Rata-rata Produksi (Ton GKP)			
	MT I 2006	MT I 2007	MT I 2008	MT I 2009
1	5.2	5.1	5.7	5.0
2	4.9	5.2	5.4	6.1
3	4.9	5.0	5.1	5.7
4	4.8	5.0	6.0	5.8
5	5.2	5.2	6.4	5.9
6	4.7	5.5	6.7	6.0
7	4.6	5.2	6.8	6.0
8	4.8	5.6	6.6	6.4
9	4.4	4.4	5.8	5.6
Rata-rata	4.0	3.9	3.7	4.6

Lampiran 21. Rata-rata produksi gabah kering panen (GKP) MT I di Blok Sekunder P10-2S Delta Saleh

Petak	Rata-rata Produksi (Ton GKP) Musim Tanam				
	2005	2006	2007	2008	2009
1 kiri	3.60	4.90	3.90	3.10	4.98
2 kiri	3.90	5.40	5.10	3.00	5.30
3 kiri	3.00	4.60	5.70	3.20	4.80
4 kiri	2.60	5.80	2.40	4.00	5.40
5 kiri	3.40	5.30	2.40	3.50	6.48
6 kiri	2.50	4.00	4.80	3.40	5.94
7 kiri	2.10	3.70	4.70	3.20	6.00
8 kiri	2.30	5.00	3.00	3.30	5.40
1 kanan	2.60	4.30	4.80	3.60	4.80
2 kanan	1.40	4.70	6.00	2.60	6.00
3 kanan	1.20	3.60	5.10	3.30	5.46
4 kanan	3.20	4.70	2.20	2.50	4.92
5 kanan	3.60	4.10	4.80	2.40	4.80
6 kanan	2.70	4.50	2.10	2.60	5.46
7 kanan	1.80	3.20	4.80	2.70	5.40
8 kanan	1.90	4.00	4.80	2.60	4.92
Rerata	2.61	4.49	4.16	3.06	5.38

Lampiran 22. Data pengamatan muka air tanah pada wells dan piesscall di Tirsier 4 pada bulan Oktober 2008 Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)								Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	-	128	145	133	133	-	134	130	105	-
2	-	128	145	133	133	-	134	130	114	-
3	-	131	147	135	135	-	136	132	129	-
4	-	133	149	137	137	-	138	134	136	-
5	-	132	148	136	136	-	137	133	145	-
6	-	129	146	133	133	-	134	130	151	-
7	-	131	148	135	135	-	136	132	162	-
8	-	133	150	137	137	-	138	134	169	-
9	-	130	148	134	134	-	136	132	178	-
10	-	132	151	136	136	-	138	134	188	-
11	-	131	150	135	135	-	137	133	191	-
12	-	129	149	134	133	-	136	132	186	-
13	-	129	149	134	133	-	135	132	170	-
14	-	130	150	135	134	-	136	133	152	-
15	-	125	145	129	129	-	131	128	131	-
16	-	123	144	127	127	-	129	126	126	-
17	-	118	139	122	122	-	124	121	125	-
18	-	110	129	112	112	-	114	111	120	-
19	-	105	124	107	107	-	106	105	123	-
20	83	61	-	67	63	59	57	66	140	34
21	86	64	-	71	68	62	61	70	140	35
22	87	65	-	72	69	63	62	71	132	34
23	87	65	-	72	69	63	62	71	131	31
24	77	53	-	62	54	52	50	61	124	36
25	80	56	-	65	56	55	52	64	120	28
26	83	60	-	68	60	58	56	68	118	26
27	87	64	-	72	64	62	60	72	114	23
28	91	69	-	76	69	66	64	76	90	21
29	95	74	-	80	74	70	69	80	90	20
30	99	79	-	84	79	74	73	84	120	20
31	103	84	-	89	84	78	77	87	138	20

Lampiran 23. Pengamatan Muka Air Tanah Pada Wells Dan Piescall Tc 6 Bulan November 2008 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)						Kode Pieschall (cm)			
	OT 6.1	OT 6.2	OT 6.3	OT 6.4	OT 6.5	OT 6.6	GS 6	GT 6.1	GT 6.2	GS 7
1	92	67	82	49	90	93	168	16	52	152
2	94	69	83	51	93	94	167	16	52	152
3	96	71	85	54	96	95	167	16	52	152
4	96	7	85	55	97	95	171	17	52	152
5	90	64	80	50	92	89	170	16	52	152
6	86	58	78	42	80	77	170	18	60	160
7	87	60	74	43	81	73	166	18	58	159
8	84	57	75	40	80	70	160	25	58	158
9	86	54	76	42	82	72	160	24	54	157
10	89	62	80	46	84	75	160	24	53	156
11	96	72	84	48	91	82	164	23	52	154
12	98	73	85	50	93	84	163	22	50	154
13	99	74	86	54	94	86	160	21	50	154
14	100	74	87	56	96	87	166	21	50	154
15	102	76	88	56	94	90	175	21	50	153
16	97	72	85	50	88	86	179	40	60	153
17	97	71	84	49	84	80	180	37	60	152
18	75	40	60	25	90	55	180	30	62	190
19	76	40	61	25	90	56	180	29	60	191
20	78	40	62	26	90	57	180	29	59	191
21	72	40	52	22	90	49	177	30	59	190
22	73	41	53	26	61	44	178	28	57	189
23	77	42	54	28	63	50	174	28	57	189
24	73	40	51	32	65	56	170	34	60	190
25	53	40	50	46	67	57	170	34	60	190
26	45	34	40	36	58	45	160	40	61	192
27	46	35	41	37	59	45	160	39	61	192
28	50	40	46	41	65	50	159	39	61	192
29	49	38	44	39	63	48	159	42	63	193
30	48	34	45	37	61	46	159	44	63	193

Lampiran 24. Pengamatan Muka Air Tanah Pada Wells Dan Piescall Tc 4 Bulan
November 2008 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)								Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	85	70	-	74	70	62	66	73	160	22
2	86	71	-	75	71	63	67	74	163	22
3	88	73	-	77	73	65	69	76	158	21
4	88	72	-	76	73	65	68	76	140	21
5	80	67	-	70	68	60	62	71	140	21
6	65	51	-	55	51	44	48	54	159	27
7	66	52	-	56	52	45	48	55	162	27
8	62	47	-	51	46	39	42	50	171	30
9	64	49	-	53	48	41	44	52	170	30
10	67	52	-	56	51	44	47	55	167	30
11	79	54	-	58	53	46	49	58	160	29
12	82	56	-	62	55	48	52	59	160	27
13	84	58	-	64	57	50	54	61	159	27
14	86	60	-	66	59	52	56	63	156	25
15	89	63	-	69	61	54	58	66	156	25
16	84	58	-	64	57	48	54	61	190	34
17	84	57	-	63	57	46	54	60	185	33
18	80	51	-	58	50	30	49	51	153	34
19	82	53	-	60	52	31	51	53	174	33
20	83	55	-	62	54	32	53	55	162	31
21	80	54	-	60	52	30	50	55	160	29
22	85	58	-	65	56	34	53	58	160	26
23	89	58	-	66	58	36	54	59	160	26
24	85	52	-	60	51	32	50	53	180	40
25	90	56	-	63	56	35	52	58	139	38
26	65	44	-	48	40	28	42	43	180	40
27	68	48	-	52	43	29	45	46	161	35
28	73	52	-	57	47	30	49	50	144	30
29	71	46	-	54	45	27	46	45	158	33
30	70	47	-	55	45	28	45	43	162	32

Lampiran 25. Pengamatan muka air pada wells dan pielscall di Tersier 2 bulan September 2008 di Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	48	50	53	62	60	90	50	20	45	15
2	46	48	56	60	59	80	40	20	40	10
3	47	49	53	61	60	70	50	10	40	10
4	48	50	59	62	61	65	35	10	35	5
5	46	48	57	61	60	60	20	10	30	0
6	60	65	66	63	61	30	15	5	20	0
7	46	48	50	54	53	60	40	30	45	20
8	50	52	56	62	60	40	20	10	30	10
9	51	50	60	63	61	30	20	5	20	0
10	53	49	54	61	60	25	20	5	20	0
11	56	60	60	62	60	30	15	10	30	0
12	55	59	58	61	58	40	25	10	40	5
13	54	63	63	62	60	50	30	15	45	10
14	58	66	64	63	61	70	40	20	50	15
15	59	67	65	64	62	80	50	30	55	20
16	57	63	60	63	60	60	30	20	40	15
17	54	50	55	62	58	50	20	10	35	10
18	55	64	65	68	70	40	15	10	30	5
19	57	66	68	70	71	30	10	5	25	0
20	73	81	75	77	78	20	15	5	20	0
21	75	82	76	79	76	15	10	5	20	0
22	70	71	68	77	68	20	10	5	20	0
23	75	77	78	76	81	15	10	5	15	0
24	79	80	72	79	83	20	10	5	20	0
25	85	87	81	84	86	25	10	5	20	0
26	87	89	84	86	87	30	15	10	30	0
27	57	52	58	72	75	40	25	10	30	0
28	51	53	55	68	71	50	30	15	40	10
29	60	55	68	76	80	40	15	10	30	5
30	65	60	71	82	91	20	10	5	20	0

Lampiran 26. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Oktober 2008 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	60	57	64	75	78	30	20	10	35	5
2	59	52	56	57	60	60	20	10	40	5
3	62	56	58	60	62	40	20	10	30	5
4	65	60	62	63	65	30	15	5	20	0
5	64	60	63	59	62	35	10	5	20	0
6	53	48	50	44	55	50	30	20	40	10
7	43	40	44	42	45	60	20	110	50	20
8	40	39	42	41	44	70	20	112	60	15
9	42	40	43	42	45	80	30	25	40	20
10	49	48	48	42	46	90	40	20	85	20
11	50	40	45	42	45	100	35	25	40	15
12	48	40	43	41	44	60	30	20	80	20
13	47	41	42	40	43	50	25	20	70	10
14	52	41	43	42	45	60	30	20	65	10
15	58	45	47	42	44	70	35	20	60	15
16	59	46	50	43	46	80	40	25	65	20
17	55	45	48	42	45	70	52	20	60	15
18	50	42	55	52	58	60	25	15	40	10
19	56	52	57	53	56	40	25	15	30	10
20	57	54	58	52	57	50	20	10	25	5
21	58	55	56	52	58	62	20	10	20	5
22	60	56	57	52	60	60	20	15	20	10
23	53	51	54	52	56	65	25	15	20	10
24	54	60	61	55	62	50	20	10	20	5
25	58	56	55	53	60	45	20	10	15	5
26	57	54	53	61	65	100	20	10	20	5
27	66	61	64	65	69	35	15	10	15	0
28	54	59	60	66	71	80	60	20	25	40
29	63	60	58	64	67	90	70	25	30	60
30	60	57	45	47	58	60	20	10	30	20

Lampiran 27. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan November 2008 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	48	45	46	42	53	50	30	20	30	20
2	50	40	45	44	55	47	30	25	25	15
3	48	41	43	42	54	45	25	15	25	10
4	47	50	46	40	49	40	30	15	25	10
5	37	34	38	36	40	60	10	20	40	20
6	36	37	37	35	38	70	50	30	45	25
7	35	43	35	32	37	85	60	40	50	30
8	37	44	36	35	39	80	65	50	60	40
9	47	45	43	45	48	75	60	30	50	20
10	57	57	46	48	51	90	50	30	30	20
11	65	64	54	62	67	110	75	40	35	40
12	67	65	59	64	68	150	100	70	40	70
13	49	43	40	38	52	170	131	95	58	110
14	51	42	43	40	54	160	125	90	50	98
15	49	41	45	39	52	120	87	50	50	54
16	40	40	41	37	49	90	57	50	32	30
17	42	43	43	40	51	100	72	48	30	20
18	30	37	30	37	47	100	60	68	52	30
19	27	38	28	32	45	98	65	87	40	25
20	32	40	30	35	47	130	70	75	50	20
21	35	39	41	42	45	120	60	55	40	20
22	46	40	45	46	48	190	90	58	40	15
23	47	43	47	48	51	175	70	50	35	15
24	43	40	42	40	45	197	158	110	60	75
25	44	45	44	39	48	170	140	95	50	103
26	43	42	42	37	50	140	160	110	67	120
27	45	44	43	39	52	161	132	90	60	107
28	45	43	45	40	53	150	100	68	61	70
29	35	33	34	33	48	161	150	97	67	100
30	37	35	32	34	45	150	115	90	78	98

Lampiran 28. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Desember 2008 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	31	34	33	32	42	125	90	70	55	90
2	28	32	30	33	40	120	80	78	35	40
3	29	33	31	34	41	110	70	69	30	35
4	36	34	32	33	42	90	60	57	25	30
5	42	40	34	33	43	89	55	63	20	15
6	34	35	37	32	40	100	65	57	35	20
7	35	37	38	34	41	85	55	50	30	20
8	40	42	43	36	45	170	132	94	50	90
9	43	45	46	37	47	197	160	94	80	110
10	44	46	46	39	48	200	165	95	97	105
11	45	47	48	40	49	210	125	100	100	135
12	40	42	39	35	45	217	180	123	117	140
13	38	40	36	35	43	205	170	102	106	130
14	37	38	32	32	40	180	145	80	102	112
15	29	30	28	27	35	160	138	104	98	110
16	25	27	26	25	30	140	108	100	50	65
17	22	23	24	24	27	138	100	104	45	60
18	28	30	27	25	31	125	85	84	40	50
19	30	31	34	28	35	115	75	76	40	46
20	35	36	41	34	42	120	85	65	40	45
21	39	40	35	36	43	140	108	76	30	20
22	45	41	37	39	44	197	164	120	43	120
23	47	45	39	41	46	208	170	120	50	140
24	48	47	41	42	48	220	190	135	85	160
25	46	48	40	39	47	206	170	110	95	140
26	47	49	41	40	48	180	140	90	80	120
27	48	50	43	42	52	160	110	80	50	98
28	44	42	39	40	45	184	145	102	60	110
29	42	40	37	38	43	110	70	50	30	35
30	43	42	40	37	45	90	60	50	30	20
31	41	40	39	36	44	70	50	40	25	20

Lampiran 29. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Januari 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	40	42	36	35	43	60	40	35	30	37
2	43	44	38	37	45	65	40	30	30	35
3	43	45	40	38	47	70	30	40	25	30
4	40	39	36	37	43	100	60	50	30	35
5	45	43	40	39	46	110	78	45	30	40
6	45	42	38	37	45	180	142	110	62	100
7	47	45	41	38	47	210	172	120	90	130
8	46	42	38	36	45	210	180	130	100	138
9	45	43	40	37	46	215	180	128	100	150
10	47	45	39	37	45	215	178	120	95	135
11	48	46	40	39	47	210	175	115	97	131
12	45	41	43	36	46	185	150	100	80	120
13	42	39	41	35	43	190	155	120	90	130
14	35	37	34	33	40	162	117	110	60	80
15	37	36	31	32	39	152	120	107	75	196
16	43	42	44	41	45	132	90	75	50	60
17	45	43	45	42	47	120	75	55	40	50
18	47	45	48	56	59	122	85	52	30	40
19	48	44	48	57	60	145	120	90	30	50
20	52	48	50	60	62	200	165	92	40	60
21	57	54	59	62	63	210	177	80	60	120
22	58	60	61	63	62	210	175	75	55	115
23	65	67	66	64	63	207	170	70	60	140
24	57	67	67	63	64	200	165	80	50	120
25	46	49	54	57	54	190	155	90	60	130
26	48	51	50	59	57	160	130	80	50	110
27	45	50	48	57	56	170	140	70	45	105
28	47	52	50	52	57	110	75	57	40	80
29	46	53	52	54	56	100	70	55	40	60
30	48	54	52	58	57	75	40	30	25	30
31	56	57	55	57	56	55	30	28	20	25

Lampiran 30. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 6 Bulan Januari 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)						Kode Pielscall (cm)				
	2.1	2.2	4.1	4.2	7.1	7.2	1	2	3	4	5
1	49	44	50	39	42	50	12	12	28	26	22
2	49	45	51	38	41	49	10	10	30	28	20
3	47	50	49	38	43	54	12	12	35	25	15
4	46	49	48	37	41	47	40	40	40	40	25
5	48	50	51	36	38	45	52	52	35	42	58
6	49	50	43	42	45	47	152	152	102	88	158
7	46	49	50	40	39	50	120	120	80	98	125
8	45	48	41	36	38	48	162	162	104	118	164
9	46	55	44	38	40	47	160	160	84	86	158
10	50	56	46	42	44	49	156	156	78	98	164
11	47	57	44	39	47	55	156	156	70	80	168
12	48	61	54	39	42	59	140	140	68	94	150
13	48	60	49	39	41	53	120	120	56	96	146
14	47	56	47	39	42	51	122	122	80	114	148
15	46	56	42	37	41	41	96	96	56	100	122
16	48	60	49	38	40	53	72	72	42	50	64
17	45	55	44	38	46	47	58	58	36	52	70
18	46	54	43	35	43	44	64	64	30	38	68
19	48	57	45	38	40	40	98	98	56	74	102
20	49	61	52	39	42	54	146	146	82	98	148
21	47	63	49	39	40	57	156	156	74	90	162
22	56	68	50	41	42	58	148	148	64	84	156
23	58	72	54	46	43	62	146	146	60	84	160
24	54	76	72	63	47	66	140	140	56	78	150
25	59	70	72	65	48	68	130	130	86	74	142
26	47	57	44	39	41	48	98	98	42	84	118
27	44	53	42	36	42	46	102	102	48	90	122
28	42	55	39	34	43	49	36	36	40	50	60
29	45	57	41	35	39	52	38	38	34	44	70
30	49	57	42	36	40	54	30	30	36	42	66
31	48	56	41	38	39	53	10	10	34	40	28

Lampiran 31. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Februari 2009 di Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	54	56	57	55	56	60	40	30	25	20
2	52	54	56	53	55	87	30	25	25	20
3	54	56	58	59	57	115	80	45	30	50
4	48	49	52	47	51	160	127	44	50	100
5	56	48	54	50	52	210	178	97	65	140
6	43	44	45	45	48	220	180	130	90	150
7	43	45	44	43	46	215	175	125	80	145
8	47	46	45	42	47	210	176	117	87	145
9	49	47	46	48	49	195	160	105	60	170
10	51	50	48	52	54	175	150	80	50	160
11	49	45	50	59	57	130	98	60	40	120
12	48	46	48	57	56	120	87	55	35	70
13	47	45	47	56	54	80	40	30	30	50
14	59	57	50	54	53	60	30	20	20	30
15	60	59	56	57	55	50	30	15	20	15
16	61	62	60	60	58	140	125	45	30	70
17	62	64	66	63	61	180	147	80	55	90
18	63	65	67	64	63	215	180	82	65	132
19	54	52	58	57	56	110	181	102	70	144
20	59	49	53	61	59	222	185	100	70	150
21	57	54	52	60	58	210	175	80	50	130
22	59	60	60	62	60	209	170	70	60	140
23	61	62	64	63	61	180	140	60	45	115
24	46	49	44	52	51	200	165	110	90	140
25	46	48	45	48	47	180	140	87	60	120
26	56	52	47	58	57	175	80	40	50	100
27	53	48	44	47	46	95	60	35	30	50
28	59	52	48	45	44	50	30	30	25	30

Lampiran 32. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 6 Bulan Februari 2009 di Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)						Kode Pielscall (cm)				
	2.1	2.2	4.1	4.2	7.1	7.2	1	2	3	4	5
1	46	56	44	37	41	53	10	10	36	38	30
2	45	56	46	38	40	55	12	12	34	38	32
3	45	57	42	35	42	54	60	60	32	36	70
4	43	51	40	33	40	50	108	108	112	104	116
5	40	48	42	36	43	48	158	158	110	130	164
6	40	47	41	35	42	46	162	162	112	136	170
7	47	49	45	40	44	47	162	162	108	130	168
8	48	51	44	39	43	46	158	158	80	130	164
9	50	47	42	40	43	45	168	168	120	128	170
10	47	53	42	38	40	44	128	128	130	118	132
11	46	55	44	39	43	45	48	48	42	54	76
12	46	50	40	37	42	45	22	22	48	50	48
13	47	55	42	40	43	50	18	18	36	46	46
14	47	55	41	40	42	51	8	8	30	42	28
15	50	59	48	41	45	55	10	10	52	38	24
16	53	63	53	45	47	59	36	36	28	36	40
17	56	58	57	48	50	56	120	120	80	92	120
18	56	48	53	40	51	46	156	156	110	122	162
19	47	47	42	39	40	47	162	162	114	124	168
20	46	45	40	38	42	47	160	160	120	122	172
21	48	45	41	38	52	54	152	152	108	116	162
22	47	49	43	38	42	54	154	154	106	118	164
23	48	52	42	38	43	56	122	122	80	106	138
24	46	44	39	43	42	52	120	120	86	100	126
25	46	49	40	35	40	39	74	74	36	64	92
26	45	50	40	35	37	54	28	28	32	40	50
27	45	48	41	34	35	47	22	22	28	34	38
28	48	50	42	37	39	54	6	6	30	40	34

Lampiran 33. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Maret 2009 di Delta Talang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	62	60	57	61	60	30	25	25	20	30
2	64	68	60	63	62	70	40	25	20	25
3	61	64	63	61	60	130	100	65	25	50
4	46	45	47	58	56	180	140	110	60	95
5	44	40	42	43	53	210	171	132	98	140
6	45	41	43	44	54	220	182	137	100	150
7	44	39	41	42	49	225	190	140	95	160
8	45	40	43	40	48	220	181	120	80	150
9	44	43	42	38	45	210	171	115	80	145
10	48	45	42	39	44	202	170	110	78	139
11	45	46	44	40	46	140	110	75	60	90
12	44	45	45	42	47	112	80	45	30	50
13	46	47	47	59	61	90	35	30	50	30
14	45	46	42	40	47	80	50	35	60	35
15	47	48	43	42	48	60	37	40	55	30
16	43	45	40	40	46	115	80	40	60	35
17	42	36	38	37	41	200	165	130	90	120
18	41	38	41	40	42	210	182	143	100	143
19	43	39	40	41	44	215	185	135	103	150
20	44	45	41	42	48	220	187	134	105	152
21	46	47	42	43	49	210	180	127	100	144
22	47	48	43	44	50	205	170	115	95	139
23	44	46	40	42	47	200	169	124	98	138
24	43	44	43	42	46	160	120	85	78	100
25	45	46	44	43	47	115	100	60	70	90
26	46	46	47	59	61	70	50	20	54	30
27	49	48	46	58	60	60	30	25	50	30
28	50	51	45	57	61	55	30	30	45	30
29	47	48	47	58	63	95	70	456	68	35
30	46	47	46	59	64	100	80	50	70	45
31	45	46	44	57	61	110	90	60	85	60

Lampiran 34. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 6 Bulan Maret 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)						Kode Pielscall (cm)				
	2.1	2.2	4.1	4.2	7.1	7.2	1	2	3	4	5
1	49	52	43	38	40	56	6	6	30	38	22
2	51	57	49	39	44	59	20	20	28	38	22
3	49	55	48	39	42	53	76	76	36	48	78
4	48	54	52	40	40	54	110	110	70	90	116
5	42	49	54	39	41	54	158	158	114	120	160
6	42	50	46	39	40	50	166	166	116	122	170
7	37	47	39	35	46	35	174	174	120	140	178
8	35	46	38	37	45	36	164	164	114	124	168
9	46	48	38	31	44	43	156	156	110	132	164
10	45	47	39	32	44	42	148	148	104	112	152
11	47	57	41	37	42	50	90	90	50	86	114
12	46	53	44	37	42	51	70	70	40	46	82
13	47	52	44	38	42	53	12	12	34	40	38
14	47	49	40	33	41	51	16	16	40	46	30
15	46	47	39	34	40	49	14	14	38	44	36
16	43	45	36	31	41	49	78	78	42	56	80
17	45	43	37	36	39	35	124	124	76	106	120
18	46	45	40	37	38	44	148	148	110	124	150
19	45	44	41	38	39	42	164	164	120	124	166
20	44	47	40	38	42	47	166	166	120	124	170
21	40	48	43	37	47	48	168	168	120	122	170
22	47	49	43	37	45	46	164	164	116	122	170
23	45	47	44	39	46	45	158	158	112	116	164
24	46	48	44	40	47	45	178	178	114	120	182
25	46	52	42	36	40	51	110	110	70	88	122
26	47	58	42	37	41	54	82	82	44	72	104
27	45	57	41	36	39	52	16	16	34	36	26
28	46	58	43	38	42	56	10	10	30	38	24
29	45	58	43	37	41	52	40	40	34	36	58
30	47	57	44	37	43	51	52	52	38	40	62
31	50	57	44	39	40	51	72	72	44	56	84

Lampiran 35. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan April 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	45	46	44	50	53	160	145	117	85	97
2	43	45	42	48	51	200	180	140	100	140
3	42	43	40	41	45	210	185	134	110	146
4	43	44	46	40	44	215	190	135	112	150
5	42	43	40	39	43	210	187	132	110	145
6	40	41	38	39	42	210	186	136	112	147
7	40	37	40	37	41	200	182	134	110	145
8	45	43	45	39	43	185	168	120	100	135
9	49	45	48	52	54	145	115	75	60	85
10	52	48	50	53	56	90	70	40	50	60
11	57	54	60	61	63	70	50	30	70	35
12	51	50	49	59	61	95	75	42	77	37
13	46	45	48	53	56	130	90	90	90	60
14	43	42	45	48	51	160	145	120	91	95
15	38	33	40	42	45	180	160	130	100	110
16	40	37	42	43	46	210	170	130	98	135
17	42	40	43	45	48	215	173	130	100	140
18	44	45	47	44	47	220	185	130	110	150
19	43	44	45	41	45	208	190	125	105	145
20	45	46	43	42	46	202	181	127	100	140
21	42	43	42	40	44	195	175	134	90	130
22	40	41	41	42	45	180	160	130	94	129
23	41	43	42	44	46	160	140	130	90	110
24	42	45	43	46	47	115	95	127	80	60
25	45	43	47	49	51	75	60	123	75	30
26	46	45	48	50	52	80	55	125	80	30
27	41	40	43	45	47	105	85	128	90	50
28	36	39	40	42	45	160	140	132	95	90
29	37	38	35	38	40	180	160	135	100	110
30	30	35	34	37	38	190	173	141	110	120

Lampiran 36. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 6 Bulan April 2009 di Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)						Kode Pielscall (cm)				
	2.1	2.2	4.1	4.2	7.1	7.2	1	2	3	4	5
1	50	45	36	39	50	39	134	134	100	114	140
2	49	47	36	38	45	37	162	162	120	124	164
3	44	47	37	46	44	38	172	172	116	120	176
4	43	47	37	47	45	37	174	174	120	124	178
5	44	46	36	45	43	35	170	170	118	134	174
6	45	44	30	35	40	35	168	168	116	122	172
7	46	43	27	33	39	33	160	160	112	132	166
8	48	45	31	35	40	37	122	122	78	80	124
9	55	49	33	38	45	40	48	48	40	44	52
10	59	51	32	39	50	47	40	40	30	40	38
11	57	49	34	40	46	48	28	28	34	38	34
12	57	47	36	40	49	47	48	48	38	50	62
13	58	46	39	41	50	40	90	90	54	58	96
14	55	46	36	42	46	39	130	130	94	110	136
15	50	45	38	40	46	40	140	140	100	114	144
16	43	41	35	40	44	46	154	154	114	130	156
17	43	42	36	44	46	44	154	154	114	132	156
18	43	44	36	45	47	44	168	168	120	122	170
19	41	42	37	35	45	42	160	160	118	120	166
20	44	45	33	35	43	42	164	164	116	124	168
21	58	44	35	33	45	42	158	158	110	128	166
22	59	45	34	36	45	43	144	144	102	114	152
23	58	44	37	39	47	45	120	120	80	92	122
24	54	46	38	40	49	44	112	112	78	84	118
25	63	49	35	43	56	41	20	20	30	36	50
26	59	44	38	47	54	38	22	22	32	38	48
27	57	42	40	54	54	37	18	18	36	40	40
28	57	42	39	56	53	37	100	100	62	86	114
29	49	40	39	51	46	37	132	132	100	112	158
30	41	31	38	41	41	39	156	156	116	130	158

Lampiran 37. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Mei 2009 di Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	28	30	31	30	33	200	180	145	120	130
2	27	29	30	31	35	215	190	145	130	150
3	30	31	32	34	37	210	185	146	125	148
4	41	37	40	38	42	207	182	130	120	145
5	45	40	42	43	46	200	180	128	104	143
6	46	43	47	45	48	180	170	100	95	130
7	53	51	56	57	60	120	115	65	60	80
8	57	55	61	62	64	80	45	30	40	30
9	60	57	62	63	65	70	40	30	35	30
10	61	58	63	65	67	75	45	36	40	35
11	45	43	49	57	61	110	90	65	90	50
12	44	42	48	45	50	147	130	95	110	80
13	40	39	46	44	47	160	140	135	85	90
14	44	42	43	42	45	180	160	128	80	110
15	45	43	48	46	49	190	170	125	90	130
16	46	45	53	49	52	185	170	123	90	122
17	44	42	45	48	53	190	172	128	90	120
18	43	38	42	40	47	187	168	130	90	122
19	45	40	43	44	48	195	170	120	88	125
20	47	45	55	54	57	192	175	130	85	130
21	48	46	57	55	58	175	156	70	65	80
22	58	56	62	61	65	150	110	40	60	50
23	65	64	66	68	71	70	40	30	40	30
24	66	65	67	69	72	75	55	28	35	25
25	67	70	71	70	73	106	87	50	40	35
26	67	66	72	68	75	150	135	90	45	70
27	58	57	63	60	65	170	140	115	66	100
28	60	58	66	61	67	175	145	120	70	110
29	65	62	67	62	68	198	168	116	80	130
30	68	65	71	63	70	200	170	114	85	132
31	69	66	73	70	75	203	182	117	90	140

Lampiran 38. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 6 Bulan Mei 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)						Kode Pielscall (cm)				
	2.1	2.2	4.1	4.2	7.1	7.2	1	2	3	4	5
1	38	30	39	37	40	38	170	170	122	138	172
2	40	43	38	38	46	39	172	172	122	140	180
3	42	44	36	40	43	37	172	172	122	138	176
4	58	42	38	41	44	39	168	168	118	130	170
5	57	40	36	40	45	37	160	160	114	118	168
6	59	41	37	39	46	38	140	140	98	120	148
7	60	42	38	40	45	39	92	92	52	58	98
8	62	43	39	48	51	41	28	28	30	38	44
9	60	45	38	47	48	40	20	20	32	40	28
10	58	45	39	49	49	42	50	50	40	42	62
11	58	45	38	52	48	40	92	92	52	84	110
12	55	46	39	51	51	40	122	122	88	106	132
13	54	43	40	50	50	41	138	138	102	110	142
14	56	42	37	49	46	39	122	122	80	100	126
15	54	44	40	45	48	41	128	128	84	92	136
16	43	44	38	37	50	40	160	160	118	122	162
17	43	44	37	49	47	39	164	164	118	126	164
18	50	41	36	47	46	42	156	156	102	128	158
19	53	43	36	40	44	37	154	154	104	122	156
20	51	44	36	41	46	40	154	154	106	126	154
21	61	49	37	40	49	41	130	130	90	98	134
22	60	48	38	42	48	42	84	84	76	78	98
23	63	53	40	53	49	43	32	32	92	38	38
24	54	50	39	51	50	42	28	28	100	42	42
25	63	49	35	43	56	41	22	22	70	74	28
26	59	44	38	47	54	38	16	16	32	34	24
27	57	42	40	54	54	37	76	76	90	96	86
28	57	42	39	56	53	37	120	120	130	136	128
29	49	47	36	63	44	40	156	156	116	128	160
30	42	46	38	62	45	41	154	154	116	120	156
31	56	47	38	65	48	41	156	156	98	118	154

Lampiran 39. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Juni 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	77	75	76	72	78	205	182	120	110	145
2	78	76	77	74	79	180	160	115	100	130
3	82	80	81	80	85	155	115	72	40	85
4	84	82	83	81	87	100	70	40	40	50
5	88	87	86	92	95	68	66	25	30	50
6	90	89	87	93	96	50	30	20	30	25
7	75	73	76	79	81	60	40	30	35	30
8	57	56	60	61	65	140	85	45	45	50
9	53	52	55	60	64	120	105	60	50	60
10	54	55	56	61	65	150	130	90	60	80
11	55	61	71	68	75	157	131	92	65	85
12	57	65	73	71	78	170	150	110	70	100
13	58	67	76	72	81	178	160	115	80	110
14	61	70	79	80	84	175	164	97	75	108
15	40	41	43	45	47	180	150	120	70	105
16	48	52	53	60	61	160	140	118	60	80
17	47	51	52	59	60	140	120	90	40	70
18	61	64	62	65	67	120	100	70	40	50
19	64	65	67	68	70	50	30	25	30	25
20	65	67	68	70	71	45	25	25	25	20
21	67	68	70	72	73	85	60	30	40	50
22	65	67	68	71	72	130	110	160	75	100
23	64	65	67	68	71	160	140	100	80	110
24	61	64	65	66	67	175	150	115	85	115
25	43	40	41	42	45	185	157	124	90	120
26	49	46	48	50	52	180	163	122	80	110
27	48	47	51	53	55	179	161	120	80	108
28	47	45	56	57	59	160	140	110	78	105
29	53	50	59	61	60	167	150	100	60	80
30	57	54	62	63	62	150	130	90	58	75

Lampiran 40. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Juli 2009 di Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	58	55	64	62	63	110	90	55	40	50
2	54	52	59	61	62	55	35	30	35	45
3	50	51	54	59	60	40	30	25	35	40
4	54	53	60	63	65	35	25	25	30	40
5	59	56	63	64	66	60	40	30	35	40
6	57	56	64	65	67	80	60	35	40	50
7	58	60	66	65	68	105	80	50	42	52
8	49	47	55	57	62	120	110	70	38	60
9	52	50	62	65	67	145	120	90	40	70
10	60	63	69	68	75	150	130	95	45	80
11	64	65	67	72	77	152	131	97	50	85
12	69	76	78	79	82	125	105	60	40	50
13	72	79	82	83	88	85	68	46	30	25
14	75	80	84	87	90	80	60	30	30	25
15	80	82	85	88	91	94	75	40	40	50
16	83	91	88	90	94	70	40	25	35	37
17	84	92	89	93	96	40	25	23	30	37
18	89	93	92	93	98	30	20	22	30	35
19	91	95	97	97	102	60	40	30	35	40
20	93	96	98	99	103	70	50	40	40	45
21	94	98	99	102	105	80	60	50	40	50
22	95	99	101	103	106	120	102	70	45	53
23	61	63	60	64	75	130	115	80	47	60
24	59	61	72	75	90	135	117	85	35	65
25	60	62	69	77	92	150	130	97	40	70
26	72	75	82	86	95	160	135	105	45	80
27	81	83	86	88	97	134	125	70	40	65
28	82	89	88	97	105	90	70	40	40	50
29	84	90	91	102	107	50	30	25	30	40
30	85	92	93	103	108	40	30	24	30	35
31	90	96	100	104	110	30	25	22	30	25

Lampiran 41. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Agustus 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	85	82	101	102	107	35	25	22	30	20
2	62	64	68	72	90	40	30	25	30	25
3	56	58	62	65	70	48	28	24	30	27
4	73	72	74	77	90	50	30	28	35	30
5	78	73	75	78	92	55	35	30	40	35
6	83	80	84	82	94	80	40	35	45	40
7	86	84	87	92	99	82	60	37	40	50
8	92	88	94	97	105	85	62	30	30	40
9	96	89	97	96	110	70	50	30	30	35
10	95	90	97	102	112	60	30	27	30	25
11	96	91	98	99	110	50	28	25	30	30
12	84	85	85	98	108	45	26	24	28	30
13	83	86	88	97	107	40	25	20	25	30
14	85	90	89	99	108	35	20	20	24	30
15	86	92	95	99	109	30	20	20	23	30
16	88	93	95	100	109	35	25	24	25	35
17	84	86	90	94	101	40	30	25	30	37
18	62	67	88	81	95	50	32	30	30	40
19	57	69	81	80	93	80	60	30	35	42
20	52	56	60	68	75	100	80	32	30	40
21	56	60	67	78	84	102	85	35	36	45
22	63	67	75	82	90	100	80	35	35	47
23	75	84	82	86	95	70	50	30	30	40
24	77	86	87	88	98	50	30	25	30	35
25	81	93	89	93	100	40	27	24	30	30
26	84	95	90	96	105	40	30	30	35	40
27	65	90	76	80	98	42	30	35	35	40
28	48	60	61	61	62	50	40	37	40	45
29	60	72	68	66	69	40	30	30	40	40
30	66	78	74	67	70	35	25	34	40	35
31	67	79	75	70	71	40	30	35	30	40

Lampiran 42. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan
September 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	68	78	77	78	79	40	27	25	30	40
2	70	80	81	79	82	45	30	30	30	40
3	73	84	82	83	85	47	35	30	35	45
4	75	88	86	84	87	45	30	30	35	40
5	80	95	88	89	92	40	25	27	35	40
6	79	88	86	84	90	35	24	25	35	40
7	84	96	94	91	95	30	23	24	30	35
8	87	100	98	97	100	30	22	23	30	30
9	89	102	98	98	101	28	20	21	30	35
10	91	102	101	100	103	25	15	15	25	30
11	94	103	102	105	110	20	10	15	28	30
12	94	105	101	104	109	25	15	15	30	35
13	96	111	102	107	110	30	20	20	35	40
14	98	112	104	108	112	35	25	27	38	42
15	97	112	103	107	110	40	28	30	40	45
16	96	110	102	104	109	50	30	32	40	45
17	97	112	105	108	113	55	30	35	40	45
18	98	113	107	110	115	65	30	35	40	45
19	99	115	110	112	116	70	35	37	42	47
20	99	116	110	114	116	60	30	35	40	45
21	100	115	111	115	117	50	28	30	35	40
22	101	114	112	116	118	40	25	27	30	35
23	102	115	114	117	119	35	23	25	28	30
24	103	118	115	119	121	30	20	15	25	25
25	105	119	116	120	122	25	15	10	20	20
26	106	120	117	121	123	30	20	15	30	25
27	107	121	118	122	124	35	25	20	35	30
28	106	120	117	119	125	40	30	25	40	35
29	107	119	116	120	126	42	31	26	43	37
30	106	120	117	120	125	40	25	24	40	35

Lampiran 43. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Oktober 2009 di delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	107	113	117	121	126	30	20	15	30	25
2	95	100	110	111	115	35	25	17	32	30
3	83	108	106	107	110	40	27	20	35	37
4	82	106	103	106	108	45	30	25	40	42
5	84	107	105	108	110	50	32	27	40	45
6	50	72	58	61	63	55	35	30	41	47
7	53	75	60	63	65	60	37	32	42	48
8	61	77	71	66	68	40	25	20	35	40
9	71	79	74	72	75	35	20	15	30	35
10	70	77	72	71	74	30	20	14	30	32
11	74	79	78	75	77	27	20	12	30	25
12	75	80	79	76	79	25	15	10	25	20
13	80	83	81	82	85	40	25	20	30	35
14	78	79	77	80	82	50	30	25	35	40
15	80	83	81	82	84	60	30	30	40	45
16	54	71	66	65	69	65	35	31	40	47
17	53	70	65	64	67	70	36	32	40	50
18	63	77	74	75	78	64	30	25	30	40
19	67	80	77	80	82	55	30	27	30	40
20	70	79	82	83	85	60	35	25	32	43
21	55	62	65	63	65	50	30	24	35	45
22	61	63	69	64	67	40	27	23	30	40
23	63	68	75	69	72	30	20	21	27	30
24	67	69	77	73	75	27	20	20	25	30
25	62	64	61	66	68	30	25	24	30	40
26	58	52	57	61	63	50	30	28	35	42
27	59	61	63	64	66	60	35	30	40	45
28	59	60	62	63	64	40	37	35	45	47
29	60	61	68	64	65	50	30	31	40	43
30	67	69	72	63	66	40	25	23	35	40
31	68	70	74	65	68	70	50	30	40	45

Lampiran 44. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan November 2009 di Delta Talang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	74	78	76	72	75	90	70	35	45	50
2	65	64	67	62	64	100	85	49	60	68
3	64	68	71	63	65	99	80	45	57	65
4	56	58	62	59	60	85	75	44	55	60
5	55	57	60	58	59	75	69	35	50	57
6	61	63	66	64	65	70	55	30	40	50
7	58	56	54	61	62	45	35	28	41	47
8	45	42	46	54	56	40	30	25	40	45
9	56	45	47	52	53	50	40	42	35	49
10	54	44	46	53	56	45	38	40	32	45
11	57	48	49	55	57	60	40	38	35	50
12	58	50	55	51	54	50	35	32	30	40
13	53	46	47	48	52	48	32	30	36	45
14	57	53	48	45	49	100	85	60	38	49
15	59	56	51	47	51	100	80	45	35	45
16	60	62	59	52	56	102	81	48	40	60
17	53	42	43	37	40	110	94	65	50	65
18	46	41	50	41	43	75	57	48	35	50
19	44	45	48	47	49	65	50	40	30	45
20	45	43	44	42	45	50	43	42	35	50
21	43	42	45	41	43	45	36	45	37	52
22	41	41	43	40	42	52	38	48	41	55
23	42	40	42	39	41	50	40	45	35	42
24	43	41	43	40	42	45	35	40	34	40
25	40	39	44	41	45	48	40	48	35	45
26	39	40	47	38	41	80	60	50	38	54
27	38	39	45	37	40	72	65	53	40	55
28	42	43	49	38	42	95	80	47	42	58
29	43	45	50	41	46	123	105	62	40	50
30	47	48	52	54	57	145	124	90	65	97

Lampiran 45. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Pielscall Tc 2 Bulan Desember 2009 di Delta Telang I

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pielscall (cm)				
	1.1	2.1	3.1	6.1	6.2	1	2	3	4	5
1	50	52	55	60	63	130	110	70	60	85
2	47	50	54	59	60	138	120	80	60	90
3	43	47	46	48	52	130	110	76	60	87
4	41	50	49	40	50	108	88	50	35	60
5	36	43	39	36	45	95	78	47	45	60
6	33	45	34	37	44	65	45	60	40	53
7	32	40	30	32	39	80	60	60	45	55
8	36	46	29	31	38	75	65	62	40	50
9	39	38	31	37	40	60	45	50	35	45
10	35	37	36	39	42	58	48	45	35	40
11	38	39	41	40	44	100	80	60	40	50
12	41	42	43	45	47	165	145	95	55	110
13	42	44	45	57	58	170	150	87	87	118
14	43	45	47	58	60	160	140	100	70	110
15	40	43	45	41	46	190	170	140	100	140
16	38	41	43	39	44	162	141	105	98	130
17	37	43	44	40	45	170	150	110	90	125
18	38	44	45	42	47	135	117	80	60	100
19	35	41	42	40	45	85	65	67	50	70
20	33	35	37	36	39	65	50	55	40	50
21	34	37	35	34	36	60	40	50	35	45
22	33	36	34	32	35	70	50	60	45	50
23	30	40	32	31	34	80	60	62	50	66
24	35	41	36	38	42	55	45	50	40	50
25	37	43	41	40	44	50	40	46	33	45
26	41	45	44	39	45	90	75	40	32	40
27	42	46	45	38	43	150	130	90	50	70
28	44	47	48	40	45	175	146	90	60	85
29	45	49	50	42	47	190	174	105	103	140
30	43	47	48	40	46	205	186	125	110	160
31	44	52	49	38	47	185	170	100	102	150

Lampiran 46. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 4 Bulan November 2008 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)							Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	85	70	74	70	62	66	73	160	22
2	86	71	75	71	63	67	74	163	22
3	88	73	77	73	65	69	76	158	21
4	88	72	76	73	65	68	76	140	21
5	80	67	70	68	60	62	71	140	21
6	65	51	55	51	44	48	54	159	27
7	66	52	56	52	45	48	55	162	27
8	62	47	51	46	39	42	50	171	30
9	64	49	53	48	41	44	52	170	30
10	67	52	56	51	44	47	55	167	30
11	79	54	58	53	46	49	58	160	29
12	82	56	62	55	48	52	59	160	27
13	84	58	64	57	50	54	61	159	27
14	86	60	66	59	52	56	63	156	25
15	89	63	69	61	54	58	66	156	25
16	84	58	64	57	48	54	61	190	34
17	84	57	63	57	46	54	60	185	33
18	80	51	58	50	30	49	51	153	34
19	82	53	60	52	31	51	53	174	33
20	83	55	62	54	32	53	55	162	31
21	80	54	60	52	30	50	55	160	29
22	85	58	65	56	34	53	58	160	26
23	89	58	66	58	36	54	59	160	26
24	85	52	60	51	32	50	53	180	40
25	90	56	63	56	35	52	58	139	38
26	65	44	48	40	28	42	43	180	40
27	68	48	52	43	29	45	46	161	35
28	73	52	57	47	30	49	50	144	30
29	71	46	54	45	27	46	45	158	33
30	70	47	55	45	28	45	43	162	32

Lampiran 47. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 6 Bulan November 2008 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)						Kode Pieschall (cm)			
	OT 6.1	OT 6.2	OT 6.3	OT 6.4	OT 6.5	OT 6.6	GS 6	GT 6.1	GT 6.2	GS 7
1	92	67	82	49	90	93	168	16	52	152
2	94	69	83	51	93	94	167	16	52	152
3	96	71	85	54	96	95	167	16	52	152
4	96	70	85	55	97	95	171	17	52	152
5	90	64	80	50	92	89	170	16	52	152
6	86	58	78	42	80	77	170	18	60	160
7	87	60	74	43	81	73	166	18	58	159
8	84	57	75	40	80	70	160	25	58	158
9	86	54	76	42	82	72	160	24	54	157
10	89	62	80	46	84	75	160	24	53	156
11	96	72	84	48	91	82	164	23	52	154
12	98	73	85	50	93	84	163	22	50	154
13	99	74	86	54	94	86	160	21	50	154
14	100	74	87	56	96	87	166	21	50	154
15	102	76	88	56	94	90	175	21	50	153
16	97	72	85	50	88	86	179	40	60	153
17	97	71	84	49	84	80	180	37	60	152
18	75	40	60	25	90	55	180	30	62	190
19	76	40	61	25	90	56	180	29	60	191
20	78	40	62	26	90	57	180	29	59	191
21	72	40	52	22	90	49	177	30	59	190
22	73	41	53	26	61	44	178	28	57	189
23	77	42	54	28	63	50	174	28	57	189
24	73	40	51	32	65	56	170	34	60	190
25	53	40	50	46	67	57	170	34	60	190
26	45	34	40	36	58	45	160	40	61	192
27	46	35	41	37	59	45	160	39	61	192
28	50	40	46	41	65	50	159	39	61	192
29	49	38	44	39	63	48	159	42	63	193
30	48	34	45	37	61	46	159	44	63	193

Lampiran 48. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 2 Bulan Desember 2008 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)							Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	71	50	56	48	31	46	47	160	31
2	72	52	57	49	33	48	51	160	30
3	73	53	58	50	35	49	55	158	30
4	64	49	54	46	30	45	51	160	39
5	65	50	55	47	31	47	52	160	38
6	66	51	56	48	32	48	53	190	38
7	+3	+30	+29	+16	+40	+25	+24	210	44
8	+3	+30	+29	+16	+40	+25	+24	200	43
9	+2	+29	+28	+15	+39	+24	+25	200	42
10	+0	+26	+25	+12	+36	+21	+22	190	40
11	+1	+26	+26	+13	+36	+22	+22	190	40
12	+1	+26	+25	+13	+37	+23	+23	190	39
13	+1	+26	+25	+12	+37	+23	+23	189	39
14	+4	+30	+29	+16	+40	+25	+24	196	42
15	+1	+26	+24	+12	+36	+20	+18	90	38
16	+1	+20	+19	+6	+35	+15	+14	90	37
17	+0	+0	+16	+2	+34	+11	+10	120	37
18	+1	+12	+13	50	+33	+7	+6	140	37
19	+0	+10	+11	51	+30	+5	+4	180	37
20	73	+10	+11	51	+30	+5	+4	179	36
21	74	+8	+9	52	+29	+4	+3	174	35
22	73	+9	+7	54	+28	+6	+5	167	34
23	74	+7	64	59	+27	61	54	155	32
24	75	+6	64	60	+29	59	54	140	30
25	76	+2	65	60	+28	56	56	140	29
26	78	63	67	71	+18	63	66	141	29
27	79	64	68	72	+15	64	67	148	28
28	80	65	69	74	40	66	68	155	25
29	67	50	56	53	38	50	48	165	40
30	68	52	57	53	36	51	52	135	35
31	65	52	54	50	32	50	54	90	28

Lampiran 49. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 4 Bulan Januari 2008 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)							Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	57	50	46	39	36	38	350	130	40
2	58	51	47	40	36	38	51	118	39
3	60	53	48	42	37	39	53	109	38
4	61	54	49	43	37	39	54	104	38
5	63	55	49	43	38	40	55	100	37
6	65	57	50	44	38	41	56	88	36
7	66	58	51	45	39	43	58	89	36
8	67	59	52	46	39	44	59	92	35
9	68	60	53	47	40	45	60	92	34
10	70	60	53	51	42	48	62	90	33
11	72	61	54	55	44	51	65	90	32
12	74	61	54	58	46	55	69	88	30
13	75	62	55	59	47	56	70	97	30
14	76	63	56	60	47	57	71	110	32
15	77	64	58	62	49	58	72	112	30
16	75	62	56	58	48	55	69	114	29
17	77	64	59	60	49	57	70	116	28
18	79	66	63	62	51	59	71	116	27
19	81	68	69	64	52	61	72	111	26
20	83	70	74	66	54	62	73	110	25
21	85	72	80	69	56	64	74	96	23
22	86	73	81	70	57	66	75	92	21
23	87	75	82	71	58	68	76	92	19
24	88	76	83	72	59	69	77	81	18
25	82	70	77	66	55	63	71	81	21
26	83	70	77	67	55	64	72	75	19
27	82	70	76	66	54	63	71	74	18
28	83	71	75	67	55	64	72	69	18
29	76	57	61	53	56	50	59	72	20
30	77	58	62	54	51	51	60	84	19
31	78	59	63	54	52	52	61	93	19

Lampiran 50. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 6 Bulan Januari 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pieschall (cm)			
	OT 6.1	OT 6.2	OT 6.3	OT 6.5	OT 6.6	GS 6	GT 6.1	GT 6.2	GS 7
1	59	38	37	47	40	113	40	99	203
2	60	38	37	48	40	118	39	99	202
3	61	38	37	49	41	130	38	99	202
4	61	39	38	49	41	131	38	99	201
5	63	39	38	50	42	145	37	98	201
6	64	40	39	50	43	145	37	98	201
7	65	40	40	51	44	160	36	98	200
8	66	41	40	52	45	171	35	97	199
9	67	41	40	53	45	180	34	96	198
10	69	42	43	55	46	180	34	94	198
11	70	43	46	57	47	190	34	90	190
12	72	44	50	59	48	210	34	88	186
13	74	44	54	63	50	216	34	84	180
14	73	42	53	63	48	200	33	81	170
15	74	43	55	62	56	120	32	78	170
16	77	45	57	64	59	124	31	77	168
17	79	49	60	69	62	124	30	66	168
18	82	52	64	73	66	130	28	62	161
19	85	55	68	77	70	140	27	60	158
20	88	59	72	80	74	147	26	56	154
21	91	63	76	84	78	150	25	50	150
22	92	64	77	85	79	146	24	49	149
23	93	65	78	86	80	141	23	48	149
24	94	67	79	87	81	130	22	47	146
25	92	65	76	85	80	121	25	46	148
26	93	66	77	86	81	117	24	45	145
27	93	64	77	85	81	117	23	47	145
28	94	65	78	86	82	114	22	48	145
29	77	44	59	71	56	114	30	52	152
30	78	45	60	72	57	112	29	51	151
31	79	46	61	73	58	112	28	50	151

Lampiran 51. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 4 Bulan Februari 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)							Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	79	76	71	69	68	67	71	89	20
2	80	77	73	70	68	69	72	99	20
3	81	78	75	72	69	71	73	87	21
4	82	79	76	73	70	73	74	82	21
5	83	80	77	75	72	75	75	81	22
6	84	81	78	76	73	76	76	84	22
7	80	72	75	71	69	72	69	84	27
8	82	74	76	73	70	74	70	91	27
9	83	75	78	75	71	75	71	98	25
10	85	77	79	77	72	76	73	118	23
11	86	78	80	78	73	77	74	119	23
12	87	79	81	79	74	78	75	127	23
13	76	74	73	68	64	63	67	127	24
14	78	75	75	70	65	64	69	128	22
15	80	77	76	71	67	66	70	131	23
16	81	78	77	73	68	68	72	139	23
17	82	79	78	74	69	69	74	140	23
18	83	80	79	75	70	70	75	140	24
19	80	76	76	70	67	65	72	144	25
20	82	78	78	71	69	67	74	132	23
21	84	80	79	73	70	69	75	121	22
22	85	81	80	74	72	70	77	121	22
23	87	82	82	75	73	71	79	114	21
24	89	84	83	76	74	72	80	112	21
25	90	85	84	77	75	73	82	90	20
26	91	86	85	78	76	74	83	90	19
27	92	87	86	79	77	73	84	88	19
28	81	80	76	70	68	64	74	87	24
29	79	76	71	69	68	67	71	89	20
30	80	77	73	70	68	69	72	99	20
31	81	78	75	72	69	71	73	87	21

Lampiran 52. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 6 Bulan Februari 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pieschall (cm)			
	OT 6.1	OT 6.2	OT 6.3	OT 6.5	OT 6.6	GS 6	GT 6.1	GT 6.2	GS 7
1	81	50	63	-	-	-	170	31	81
2	82	51	64	-	-	-	170	30	82
3	83	52	65	-	-	-	169	29	83
4	84	53	66	-	-	-	163	28	84
5	85	54	67	-	-	-	160	27	85
6	86	55	68	-	-	-	155	26	86
7	83	53	65	-	-	-	155	28	83
8	84	54	66	-	-	-	151	28	84
9	85	55	67	-	-	-	149	27	85
10	86	57	68	-	-	-	140	26	86
11	87	58	69	-	-	-	140	25	87
12	88	59	70	-	-	-	144	25	88
13	80	52	64	-	-	-	161	28	80
14	81	53	66	-	-	-	164	28	81
15	82	54	68	-	-	-	164	27	82
16	83	55	69	-	-	-	168	26	83
17	84	56	70	-	-	-	169	26	84
18	85	57	71	-	-	-	170	25	85
19	81	53	68	-	-	-	170	26	81
20	83	54	70	-	-	-	171	26	83
21	84	55	71	-	-	-	167	25	84
22	85	56	72	-	-	-	167	25	85
23	86	57	73	-	-	-	163	25	86
24	87	58	74	-	-	-	160	25	87
25	88	59	75	-	-	-	160	24	88
26	89	60	76	-	-	-	160	23	89
27	90	61	77	-	-	-	160	23	90
28	80	52	70	-	-	-	158	29	80
29	81	50	63	-	-	-	170	31	81
30	82	51	64	-	-	-	170	30	82
31	83	52	65	-	-	-	169	29	83

Lampiran 53. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 4 Bulan Maret 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)							Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	73	49	-	54	51	51	41	54	-
2	72	48	-	53	50	49	40	52	-
3	77	50	-	53	55	50	42	53	-
4	71	46	-	49	49	46	38	49	-
5	73	47	-	51	51	47	39	50	-
6	75	48	-	52	53	49	40	52	-
7	75	49	-	52	53	49	41	52	-
8	76	51	-	54	54	51	43	54	-
9	72	53	-	55	50	52	45	55	-
10	72	54	-	57	50	54	46	57	-
11	73	55	-	58	51	55	47	58	-
12	76	56	-	63	54	59	48	62	-
13	80	57	-	67	58	63	49	66	-
14	77	57	-	65	55	62	49	65	-
15	76	57	-	63	54	60	49	63	-
16	76	56	-	62	54	59	48	62	-
17	73	54	-	61	51	57	46	60	-
18	73	53	-	60	51	57	45	60	-
19	75	55	-	62	53	59	47	62	-
20	78	56	-	64	56	61	48	64	-
21	82	57	-	66	50	63	49	66	-
22	86	58	-	68	64	64	50	67	-
23	88	60	-	70	66	67	52	70	-
24	85	58	-	64	63	61	50	64	-
25	87	59	-	67	65	63	51	66	-
26	88	61	-	69	66	65	53	68	-
27	89	64	-	73	67	69	56	72	-
28	90	69	-	74	68	71	61	74	-
29	93	76	-	77	71	74	68	77	-
30	96	80	-	80	74	76	72	79	-
31	98	86	-	83	76	79	75	82	-

Lampiran 54. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 6 Bulan Maret 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pieschall (cm)			
	OT 6.1	OT 6.2	OT 6.3	OT 6.5	OT 6.6	GS 6	GT 6.1	GT 6.2	GS 7
1	69	33.5	43,5	-	-	-	178	39	69
2	68	32	42	-	-	-	176	39	68
3	73	34	42,5	-	-	-	183	39	73
4	67	30	38	-	-	-	183	37	67
5	69	31	40	-	-	-	175	37	69
6	71	32.5	41,5	-	-	-	175	37	71
7	71	33	41	-	-	-	180	38	71
8	72	35	43,5	-	-	-	182	38	72
9	68	37	44	-	-	-	182	39	68
10	68	38	46,5	-	-	-	185	39	68
11	69	39	47	-	-	-	185	39	69
12	72.5	40	52	-	-	-	180	37	72.5
13	77	41	56	-	-	-	170	34	77
14	73.5	41.5	54	-	-	-	175	35	73.5
15	72	41	52	-	-	-	178	35	72
16	72	40	51,5	-	-	-	178	37	72
17	69.5	38	50	-	-	-	177	36	69.5
18	69	37	49,5	-	-	-	185	37	69
19	71.5	39	51,5	-	-	-	190	37	71.5
20	74	40	53	-	-	-	175	34	74
21	78	41	55,5	-	-	-	169	32	78
22	81	42.5	57,5	-	-	-	164	30	81
23	84.5	44	59,5	-	-	-	158	28	84.5
24	81.5	42	53,5	-	-	-	172	35	81.5
25	83	43.5	56	-	-	-	172	35	83
26	84	45	58,5	-	-	-	175	30	84
27	85	48.5	62	-	-	-	58	28	85
28	86.5	53.5	63,5	-	-	-	60	28	86.5
29	89	60	66	-	-	-	75	20	89
30	92.5	64.5	69,5	-	-	-	72	18	92.5
31	94	70	72	-	-	-	120	15	94

Lampiran 55. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 4 Bulan April 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)							Kode Pieschall (cm)	
	OT.1	OT.2	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d	GS. 1	GT.1
1	105	-	-	95	92	88	88	97	-
2	106	-	-	96	93	89	89	98	-
3	106	-	-	96	93	89	89	98	-
4	108	-	-	98	95	91	91	100	-
5	109	-	-	99	96	92	92	101	-
6	91	-	-	81	78	74	74	83	-
7	91	-	-	81	78	74	74	83	-
8	85	-	-	75	72	68	68	77	-
9	80	-	-	70	67	63	63	72	-
10	76	-	-	66	63	59	59	68	-
11	73	-	-	63	60	56	56	65	-
12	71	-	-	61	58	54	54	63	-
13	72	-	-	62	59	55	55	64	-
14	83	-	-	73	70	66	66	75	-
15	84	-	-	74	71	67	67	76	-
16	81	-	-	71	68	64	64	73	-
17	85	-	-	75	72	68	68	77	-
18	87	-	-	76	74	70	70	79	-
19	89	-	-	79	76	72	72	81	-
20	76	-	-	66	63	59	59	68	-
21	79	-	-	69	66	62	62	71	-
22	82	-	-	72	69	65	65	74	-
23	84	-	-	74	71	67	67	76	-
24	88	-	-	78	75	71	71	80	-
25	91	-	-	81	78	74	74	83	-
26	94	-	-	84	81	77	77	86	-
27	97	-	-	87	84	80	80	89	-
28	101	-	-	91	88	84	84	93	-
29	103	-	-	93	90	86	86	95	-
30	105	-	-	95	92	88	88	97	-
31	105	-	-	95	92	88	88	97	-

Lampiran 56. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 6 Bulan April 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					Kode Pieschall (cm)			
	OT 6.1	OT 6.2	OT 6.3	OT 6.5	OT 6.6	GS 6	GT 6.1	GT 6.2	GS 7
1	89	56	65,5	-	-	-	154	-	-
2	90	56.5	66,5	-	-	-	160	-	-
3	90.5	58	67,5	-	-	-	173	-	-
4	92	59	68	-	-	-	173	-	-
5	93.5	61	73	-	-	-	180	-	-
6	75.5	39	49,5	-	-	-	152	-	-
7	75	40	50	-	-	-	152	-	-
8	69	41	51,5	-	-	-	169	-	-
9	64.5	42	51	-	-	-	172	-	-
10	60	39	49,5	-	-	-	175	-	-
11	57	38.5	47	-	-	-	196	-	-
12	55.5	38	46,5	-	-	-	198	-	-
13	56	39	48	-	-	-	198	-	-
14	67	39.5	45,5	-	-	-	164	-	-
15	68	40	45,5	-	-	-	165	-	-
16	65	37	44	-	-	-	138	-	-
17	69	38.5	46	-	-	-	148	-	-
18	71	40	47,5	-	-	-	175	-	-
19	73.5	41.5	48	-	-	-	175	-	-
20	60	35	42,5	-	-	-	190	-	-
21	63.5	37	45	-	-	-	165	-	-
22	66	38.5	48	-	-	-	170	-	-
23	68.5	40.5	51,5	-	-	-	170	-	-
24	72	41.5	54	-	-	-	135	-	-
25	75	42	57	-	-	-	100	-	-
26	78	43	59	-	-	-	98	-	-
27	81.5	45	62	-	-	-	140	-	-
28	85	46.5	64	-	-	-	142	-	-
29	87	49	68	-	-	-	145	-	-
30	89.5	51.5	70,5	-	-	-	145	-	-
31	89	56	65,5	-	-	-	154	-	-

Lampiran 57. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan Mei 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	98	87	84	70	80	85
2	100	89	86	72	82	87
3	100	89	86	72	82	87
4	101	90	87	73	83	88
5	103	92	89	75	85	90
6	106	95	92	78	88	93
7	108	97	94	80	90	95
8	111	100	97	83	93	98
9	114	103	100	86	96	101
10	116	105	102	88	98	103
11	116	105	102	88	98	103
12	108	97	94	80	90	95
13	110	99	96	82	92	97
14	113	102	99	85	95	100
15	114	103	100	86	96	101
16	100	89	86	72	82	87
17	101	90	87	73	83	88
18	90	79	76	62	72	77
19	93	83	79	65	75	80
20	97	86	83	69	79	83
21	100	89	86	72	82	87
22	103	92	89	75	85	90
23	106	96	92	78	88	93
24	109	98	95	81	91	97
25	113	102	99	85	95	100
26	116	105	102	88	98	103
27	117	106	103	89	99	104
28	119	108	105	91	104	106
29	123	112	109	95	105	110
30	124	113	110	96	106	111
31	126	115	112	98	108	113

Lampiran 58. Pengamatan Muka Air Pada Wells Dan Piescall Tc 6 Bulan Mei 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)			Kode Pieschall (cm)	
	OT 6.1	OT 6.2	OT 6.3	GS 6	GT 6.1
1	90	54	71,5	139	28
2	91,5	57,5	73	138	28
3	92	60	74,5	157	26
4	93,5	63	76	169	26
5	95	67	79,5	125	20
6	98,5	70,5	83	110	19
7	100	74	84	120	15
8	103,5	78	85	120	12
9	106	82	86	135	10
10	108	85	87	140	9
11	108,5	88	88,5	150	8
12	100	87	84,5	150	6
13	102,5	88	85	150	5
14	105	89	86	170	5
15	106,5	90	87,5	170	5
16	92	68,5	70	150	18
17	93,5	69,5	71	155	18
18	82	53	57,5	172	30
19	85,5	60,5	63,5	163	29
20	89,5	68	70	155	28
21	92,5	71,5	73	152	27
22	95	76	76,5	135	27
23	98	79,5	79,5	90	25
24	101	83	82	85	25
25	105	86	85,5	85	23
26	108	90	89	90	20
27	109	91	89,5	140	18
28	111,5	93	92	175	15
29	115	96,5	95	175	13
30	116,5	99	97,5	160	11
31	118	102	100	140	7

Lampiran 59. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan Juni 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	77	62	59	57	57	62
2	79	64	60	59	59	64
3	80	65	61	60	60	65
4	82	67	63	61	62	66
5	83	68	65	63	63	68
6	85	70	67	65	65	70
7	87	72	68	66	67	71
8	88	73	70	68	68	73
9	85	70	66	64	64	70
10	87	71	68	66	66	71
11	89	73	70	68	68	73
12	91	75	72	70	70	75
13	93	77	74	72	72	77
14	94	79	76	74	74	79
15	95	80	77	75	75	80
16	89	75	72	70	70	75
17	90	77	74	72	72	77
18	92	79	76	74	74	78
19	94	80	78	76	76	80
20	95	82	80	78	78	82
21	96	84	82	80	80	84
22	98	86	84	82	82	86
23	99	88	85	83	83	88
24	100	89	86	84	84	89
25	96	85	82	80	80	85
26	98	87	84	81	81	87
27	100	88	85	83	82	88
28	102	90	86	84	84	90
29	103	91	87	85	85	91
30	104	92	88	86	86	92
31	77	62	59	57	57	62

Lampiran 60. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan Juli 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	105	93	89	87	87	93
2	106	95	91	88	88	95
3	107	96	93	90	90	97
4	109	97	95	92	92	98
5	110	98	97	93	93	100
6	112	100	99	94	94	101
7	114	101	100	96	96	103
8	116	104	102	98	98	105
9	118	106	104	100	100	107
10	120	108	106	101	102	108
11	121	109	107	103	103	110
12	122	111	109	105	105	112
13	123	113	111	107	107	114
14	125	114	112	109	108	116
15	127	116	114	111	110	117
16	129	117	116	112	112	119
17	131	119	118	114	114	121
18	133	121	120	115	116	123
19	135	122	121	116	118	125
20	137	124	123	118	120	127
21	139	126	125	120	122	128
22	142	128	128	122	124	131
23	139	125	126	110	121	128
24	140	126	127	112	122	129
25	132	119	120	106	115	119
26	133	120	121	108	116	120
27	135	121	122	110	117	121
28	136	122	123	112	118	123
29	138	123	124	114	119	124
30	140	124	125	116	120	125
31	141	126	127	118	122	127

Lampiran 61. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan Agustus 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	142	127	128	119	124	128
2	143	129	139	120	125	129
3	145	131	131	121	127	131
4	146	132	132	123	128	132
5	148	134	134	124	130	134
6	149	136	135	126	132	135
7	151	137	136	128	133	136
8	152	138	137	129	134	138
9	154	139	139	130	135	140
10	155	140	140	131	136	141
11	156	141	142	132	137	142
12	157	142	143	134	138	143
13	158	143	145	135	140	144
14	159	145	146	136	141	146
15	160	146	148	137	142	147
16	162	147	149	138	143	148
17	163	149	150	140	144	150
18	157	140	146	135	139	145
19	158	141	147	136	140	146
20	159	142	148	137	141	147
21	160	143	149	138	142	148
22	161	144	150	139	143	149
23	162	145	151	140	144	150
24	163	146	152	141	145	151
25	164	147	153	142	146	152
26	165	148	154	143	147	153
27	165	149	154	144	147	153
28	104	97	99	104	93	100
29	105	98	100	105	94	101
30	106	100	102	106	95	102
31	108	101	105	107	97	104

Lampiran 62. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan September 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	110	103	108	109	99	106
2	112	105	110	111	101	109
3	114	107	113	113	103	111
4	117	109	116	115	106	113
5	119	110	118	116	109	116
6	122	112	120	118	112	118
7	125	115	123	119	116	120
8	129	117	125	121	118	122
9	134	119	127	123	120	125
10	137	122	129	125	122	127
11	141	126	131	127	124	129
12	143	128	133	129	126	131
13	145	130	134	130	128	133
14	148	133	136	132	130	136
15	149	135	138	133	133	138
16	145	129	135	121	129	131
17	140	124	131	118	124	126
18	141	126	132	119	125	127
19	142	127	133	121	126	129
20	143	129	135	123	128	131
21	145	130	136	125	129	133
22	147	132	138	127	130	134
23	148	133	139	129	132	136
24	149	134	140	130	133	137
25	151	135	141	132	135	139
26	152	136	142	134	137	141
27	154	138	144	135	138	143
28	155	139	145	137	139	145
29	156	140	146	138	141	147
30	157	142	148	140	142	149
31	110	103	108	109	99	106

Lampiran 63. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan Oktober 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	157	142	148	140	142	149
2	158	143	149	141	143	149
3	150	134	141	133	134	142
4	151	135	142	134	135	143
5	152	136	142	134	136	144
6	140	124	130	122	124	132
7	141	125	131	123	125	133
8	142	126	133	124	126	135
9	143	127	121	125	128	136
10	130	115	121	112	115	123
11	130	115	122	113	115	124
12	132	116	124	113	117	125
13	134	118	120	115	119	127
14	130	114	120	111	115	123
15	130	114	120	111	115	123
16	131	115	121	112	116	124
17	132	116	122	113	117	125
18	127	111	117	108	112	120
19	110	84	91	81	85	93
20	90	66	71	60	86	73
21	75	56	54	39	52	57
22	76	57	55	40	53	58
23	77	58	56	41	54	59
24	79	60	58	43	55	61
25	80	61	59	44	57	62
26	79	60	57	42	55	60
27	80	61	58	42	56	60
28	81	62	59	43	57	61
29	81	62	59	44	57	61
30	82	63	60	45	58	62
31	83	64	61	46	59	63

Lampiran 64. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan November 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	84	65	62	47	60	64
2	85	66	63	48	61	65
3	87	68	65	50	63	67
4	88	69	66	51	64	68
5	83	64	61	46	59	63
6	83	64	61	46	59	63
7	84	65	63	47	60	64
8	80	61	60	43	56	60
9	78	59	58	41	55	58
10	79	60	59	41	55	59
11	80	61	60	43	56	60
12	81	62	62	44	58	61
13	82	63	63	45	60	62
14	83	64	65	46	61	63
15	84	65	66	47	62	64
16	85	66	67	48	64	65
17	80	61	62	42	59	60
18	80	60	62	40	58	59
19	77	58	60	39	57	57
20	75	57	58	38	56	56
21	75	57	58	38	56	56
22	76	58	59	39	57	57
23	74	56	57	37	55	5
24	70	53	53	+2	53	52
25	69	53	52	+2	53	52
26	69	54	52	+1	54	53
27	70	55	53	37	55	54
28	69	54	52	+1	53	53
29	70	55	53	37	54	54
30	71	57	54	38	56	56
31	84	65	62	47	60	64

Lampiran 65. Pengamatan Muka Air Pada Wells Tc 4 Bulan Desember 2009 di Delta Saleh

Tanggal	Kode Wells (cm)					
	OT.1	OT4.2	OT.4a	OT.4b	OT.4c	OT.4d
1	72	58	63	48	61	65
2	74	59	65	49	62	67
3	76	61	67	51	64	69
4	69	55	60	45	57	62
5	67	54	58	43	55	60
6	68	55	59	44	56	61
7	70	57	60	45	57	62
8	71	59	62	46	58	64
9	69	57	60	44	56	62
10	67	55	58	42	53	60
11	68	56	59	43	54	61
12	70	57	61	44	55	63
13	72	59	62	45	56	64
14	74	61	64	47	57	66
15	76	62	66	48	58	67
16	77	63	67	49	60	69
17	79	65	69	50	61	70
18	70	57	60	40	51	61
19	72	59	61	40	53	62
20	74	61	62	37	55	63
21	74	60	60	36	53	61
22	76	62	61	36	55	62
23	78	64	62	36	56	64
24	70	57	51	+30	48	55
25	69	56	50	+31	47	54
26	70	57	49	+29	49	55
27	67	55	48	+30	46	52
28	68	56	49	+30	47	53
29	69	57	51	+28	48	53
30	62	53	+2	+33	+5	+4
31	63	54	+1	+32	+4	+3

