

HIDROLOGI

**LAPORAN AKHIR
HIBAH KOMPETITIF PENELITIAN
SESUAI PRIORITAS NASIONAL**

TEMA:
MITIGASI DAN MANAJEMEN BENCANA

**PEMODELAN BANJIR UNTUK MITIGASI DAN
MANAJEMEN SISTEM DRAINASE KOTA PALEMBANG**

Diusulkan Oleh :

**Ir. H. Sarino, MSCE
Agus Lestari Yuwono, ST,MT
Dr. Ir. Dinar Dwi Anugerah Putranto, MSPJ
Taufik Ari Gunawan, ST,MT
Imroatul Cholimah Juliana, ST,MT
Ir. Helmi Hakki**



UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Nopember, 2009

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Pemodelan Banjir untuk Mitigasi dan Manajemen Sistem Drainase Kota Palembang
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Ir. H. Sarino, MSCE
 - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
 - c. NIP : 131672074
 - d. Jabatan Struktural :
 - e. Jabatan fungsional : Lektor
 - f. Fakultas/Jurusan : Teknik, Jurusan Teknik Sipil
 - g. Pusat Penelitian : Tata Ruang
 - h. Alamat : Jl. Raya Inderalaya Km.32, Inderalaya
 - i. Telpon/Faks : (0711) 580139
 - j. Alamat Rumah : .Jl.Lunjuk jaya, Lr.Tulip No 11 C, Palembang
 - k. Telpon/Faks/E-mail : (0711) 373782/ Fax. (0711) 443272, HP. 811786207
sarinoplq@yahoo.com
3. Jangka Waktu Penelitian : 2 tahun (seluruhnya)
Usulkan ini adalah usulan tahun ke- 1
4. Pembiayaan
 - a. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-1: Rp 100.000.000,-
 - b. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-2: Rp 99.505.000,-
 - c. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-3: Rp

Inderalaya, 27 Maret 2009

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik UNSRI



Prof. Dr. Ir. H.M. Taufik Toha, DEA
NIP. 195308141985031002

Ketua Peneliti,

Ir. H. Sarino, MSCE
NIP. 131672074

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M.Sc
NIP. 19610812 198703 1 003

I. Identitas Penelitian

1. Judul Usulan : **Pemodelan Banjir untuk Mitigasi dan Manajemen Sistem Drainase Kota Palembang**

2. Ketua Peneliti

(a) Nama lengkap : Ir. H. Sarino, MSCE

(b) Bidang keahlian : Hidrologi

3. Anggota peneliti

No.	Nama dan Gelar	Keahlian	Institusi	Curahan Waktu (jam/minggu)
1.	Agus Lestari Yuwono, ST, MT	Hidrologi dan GIS	FT. UNSRI	30 Jam/Minggu
2.	Dr. Ir. Dinar Dwi Anugerah Putranto, MSPJ	Sumberdaya Air	FT. UNSRI	30 Jam/Minggu
3.	Ir. Helmy Hakki, MT	Hidrologi	FT. UNSRI	30 Jam/Minggu
4.	Taufik Ari Gunawan, ST,MT	Hidrologi	FT. UNSRI	30 Jam/Minggu
5.	Imroatul Chalimah Juliana,ST,MT	Sumberdaya air	FT. UNSRI	30 Jam/Minggu

4. Tema Penelitian: Mitigasi dan Manajemen Bencana

5. Objek penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian)

Sistem Drainase Kota, yang meliputi drainase sungai, drainase saluran pembuangan, Kolam retensi, rawa-rawa, pasut, dan Curah Hujan .

6. Lokasi penelitian : Kota Palembang

7. Hasil yang ditargetkan (beri penjelasan)

Model Banjir tiap periode ulang untuk mitigasi dan manajemen sistem drainase yang sesuai pada seluruh sistem sub DAS yang ada di Kota Palembang, dalam mengatasi Banjir setiap periode ulang

8. Keterangan lain yang dianggap perlu :

Penelitian ini dimaksudkan untuk membantu pemerintah kota Palembang dalam mengatasi permasalahan Banjir yang selalu terjadi setiap tahun, akibat rob maupun sistem drainase yang tidak sesuai, karena terjadinya pendangkalan beberapa sungai yang ada di Kota Palembang akibat sedimentasi, dan terjadinya degradasi lahan, karena tingginya okupasi lahan untuk kegiatan perkotaan dan rendahnya letak permukaan tanah kota Palembang dari Mean Sea Level.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN IDENTITAS PENELITI	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Tujuan Penelitian	I-2
1.2.1. Tujuan Umum	I-2
1.2.2. Tujuan Khusus	I-2
1.3 Keutamaan Penelitian	I-3
BAB II STUDI PUSTAKA	II-1
2.1 Siklus Hidrologi Pada Sistem DAS	II-1
2.2 Proses Run Off	II-2
2.3 Hidrologi dan Hidraulic Modelling	II-4
2.3.1. Hidrologic Modelling	II-4
2.3.2. Hidraulic Modelling	II-5
2.4. Pemodelan Banjir	II-6
2.5. Studi Pendahuluan	II-7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Model HBV	III-1
3.1.1. Struktur model HBV	III-1
3.1.2. Model Kalibrasi	III-3
3.1.3. Model Setup	III-3
3.2 Model DUFLOW	III-4

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1	Sub sistem sungai Musi	IV-1
4.2	Digital Elevation Model (DEM)	IV-2
4.3	Kondisi Vertikal Sungai	IV-5
4.3.1	Kondisi geologi (tanah)	IV-5
4.3.2	Penggunaan lahan	IV-6
4.4	Hujan wilayah	IV-6
4.5	Analisis Curah hujan rencana	IV-7
4.5.1	Analisis Frekwensi	IV-7
4.6	Pengujian Sebaran	IV-17
4.7	Intensitas Curah Hujan	IV-19
BAB V	ANALISIS DEBIT LIMPASAN DAN PEMODELAN	V-1
5.1	Analisis daerah Tangkapan Hujan	V-1
5.1.1	Analisis limpasan	V-1
5.1.2	Perhitungan Debit Limpasan	V-3
5.1.3	Pembuatan Kurva hidrograf	V-6

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1	Data Klimatologi Kota Palembang..... II-3
Tabel 2. 2	Kriteria Sempadan Sungai II-9
Tabel 3. 1	Kriteria Sempadan Sungai IV-8
Tabel 4. 1	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Kenten IV-2
Tabel 4. 2	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Plaju..... IV-3
Tabel 4. 3	Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Tanjung Batu..... IV-3
Tabel 4. 4	Tabel Curah Hujan Wilayah DAS Bendung IV-7
Tabel 4. 5	Tabel Harga KTr Perhitungan Distribusi Normal IV-9
Tabel 4. 6	Tabel Harga KTr Perhitungan Distribusi Log Normal 2 Parameter IV-11
Tabel 4. 7	Tabel Harga KTr Perhitungan Distribusi Pearson Type III..... IV-12
Tabel 4. 8	Tabel Harga KTr Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III..... IV-14
Tabel 4. 9	Tabel Harga KTr Perhitungan Distribusi Gumbel..... IV-16
Tabel 4. 10	Nilai Kritis (Do) dari Smirnov-Kolmogorov..... IV-18
Tabel 4. 11	Resume Analisis Frekuensi Curah Hujan Maksimum Stasiun Kenten..... IV-18
Tabel 4. 12	Uji Kecocokan dengan Metode Smirnov-Kolmogorov, Distribusi Normal IV-21
Tabel 4. 13	Uji Kecocokan dengan Metode Smirnov-Kolmogorov, Distribusi Log Normal 2 Parameter IV-22
Tabel 4. 14	Uji Kecocokan dengan Metode Smirnov-Kolmogorov, Distribusi Gumbell IV-23
Tabel 4. 15	Uji Kecocokan dengan Metode Smirnov-Kolmogorov, Distribusi Pearson III... IV-24
Tabel 4. 16	Uji Kecocokan dengan Metode Smirnov-Kolmogorov, Distribusi Log Pearson III IV-25
Tabel 4. 17	Resume Dan Penentuan Distribusi Curah Hujan Harian Stasiun Kenten..... IV-26
Tabel 4. 18	Konstanta Kurva IDF dengan Cara Empiris..... IV-28
Tabel 4. 19	Konstanta Kurva IDF dengan Cara SNI..... IV-28
Tabel 5. 1	Koefisien Pengaliran C. V-4
Tabel 5. 2	Contoh asumsi yang digunakan dalam perhitungan Hidrograf Nakayasu..... V-6
Tabel 5. 3	Tabel Perhitungan Debit Nakayasu V-7
Tabel 7. 1	Kegiatan Pemeliharaan Dasar Saluran..... VII-3
Tabel 7. 2	Kegiatan Pemeliharaan Insidentil VII-3
Tabel 7. 3	Keuntungan dan Kerugian Alternatif I dan II..... VII-9

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Data evapotranspirasi potensial (PET / Potential Evapotranspiration)	II-4
Gambar 4. 1 Perbandingan Curah Hujan Harian Aktual dan Prediksi Stasiun Kenten	IV-20
Gambar 4. 2 Grafik Intensitas Durasi dengan cara IDF Talbot-Empiris.....	IV-29
Gambar 4. 3 Grafik Intensitas Durasi dengan cara IDF Talbot – SNI.....	IV-29
Gambar 5. 1 Daerah Tangkapan Sungai Bendung.....	V-2
Gambar 5. 2 Kurva Hidrograf.	V-8
Gambar 6. 1 Lay Out Pemodelan Aliran.....	VI-1
Gambar 6. 2 Contoh Input Data Cross Saluran.....	VI-7
Gambar 6. 3 Input Data Waktu Awal dan Waktu Akhir Perhitungan.....	VI-8
Gambar 6. 4 Input Data Kondisi Awal.....	VI-9
Gambar 6. 5 Input Kondisi Batas	VI-10

ABSTRAK

Penelitian ini dimaksudkan untuk membantu pemerintah kota Palembang dalam mengatasi permasalahan banjir, yang seringkali terjadi setiap tahun setiap musim hujan. Selain itu banjir rob juga terjadi setiap periode ulang empat tahun sekali saat tidak terjadi musim hujan, yang dikarenakan oleh pengaruh pasang surut air laut. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan juga dapat dimanfaatkan oleh daerah lain, yang mempunyai karakteristik daerah yang sama (low land) dalam mengatasi permasalahan banjir yang akhir-akhir ini banyak terjadi, karena rusaknya sistem DAS yang ada di masing-masing wilayah.

Dalam jangka panjang, penelitian ini diharapkan akan mempunyai manfaat yang sangat besar bagi kegiatan pemantauan atau manajemen pengaruh perubahan pemanfaatan lahan kota terhadap sistem laju aliran air pada wilayah DAS, yang menyebabkan genangan atau banjir. Dengan demikian, mitigasi bencana banjir dapat dilakukan melalui pemodelan banjir dari perubahan data curah hujan yang dapat diperoleh setiap jamnya dari BMG. Selain itu, dengan tersedianya data dan sistem pemodelan yang telah dirancang di wilayah studi, dapat digunakan pula untuk melakukan pemantauan terhadap terjadinya penurunan permukaan tanah di wilayah-wilayah sub DAS yang diteliti, sehingga dapat selalu diketahui naiknya permukaan air yang akan terjadi setiap kelebihan air saat musim hujan yang mempengaruhi naiknya permukaan air di sungai dalam DAS dan pengaruhnya terhadap wilayah Kota Palembang. Untuk itu, penelitian ini dirancang sebagai basis dalam mengamati secara terus menerus terjadinya penurunan permukaan tanah, dengan memasang patok beton sampai kedalaman yang tidak mungkin terjadi penurunan, sebagai bench mark untuk pengamatan ketinggian permukaan tanah yang ada di kota Palembang, melakukan perhitungan hujan setiap periode ulang tahunan, untuk mengetahui besarnya perubahan curah hujan yang ada di kota Palembang, mengamati perubahan pasang surut untuk periode ulang tahunan, untuk mengetahui pengaruh pasang surut terhadap sistem DAS yang ada di Kota Palembang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model HBV *semi-distributed* dan akan dikalibrasi serta digunakan untuk merekonstruksikan sungai yang ada di 19 sub DAS hingga menuju ke sungai Musi. Tinggi permukaan air yang diperoleh dari data pasut pada setiap muara sungai dan pengukuran melintang sungai akan digunakan sebagai data masukan dalam menentukan tinggi permukaan air pada setiap sub DAS. Dari sini, model DUFLOW akan digunakan untuk menirukan perambatan gelombang banjir hingga menuju muara di sungai Musi. Penelitian ini akan mempunyai keutamaan dalam mengurangi resiko banjir, melalui pendekatan non struktural, yaitu dengan peramalan banjir. Penelitian ini secara optimal akan mengkalibrasi dan memperbaharui data, yang merupakan alat efektif dalam mengurangi resiko yang diakibatkan oleh bencana banjir secara non struktural.

Empat setasiun curah hujan dan enam belas setasiun pengamatan pasut pada muara sungai Musi untuk masa dua tahun akan digunakan untuk kalibrasi dan pengesahan model tersebut. Pembagian sembilan belas sub DAS dilakukan berdasarkan data ketinggian (peta kontur ketinggian), yang diperoleh dari hasil pekerjaan stereophotogrametri dengan interval kontur 1 m. Peta pemanfaatan lahan digunakan unit tematik lahan, dimana setiap bangunan dan ruang terbuka dapat dibedakan kenampakkannya, untuk menggambarkan kondisi pemanfaatan lahan kota. Penampang melintang sungai setiap jarak 100 m sepanjang 16 sub DAS yang ada di Kota

Palembang dilakukan pengukuran dan digunakan sebagai data dalam pemodelan DUFLOW. Data pengamatan pasang surut akan dilakukan terhadap enam belas muara sungai dari sub DAS yang ada di Kota Palembang, yang seluruhnya bermuara di sungai Musi yang melintasi kota Palembang dan akan diamat pada dua tahun yang berbeda.

Tujuan mengintegrasikan hasil model HBV ke model DUFLOW adalah untuk meningkatkan *lead-time* banjir tersebut yang bisa dimanfaatkan untuk mitigasi dan peringatan dini bahaya banjir.

Keywords: *Banjir, sistem DAS, Model HBV semi-distributed, DUFLOW, mitigasi dan peringatan dini*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Banjir merupakan masalah yang sangat serius untuk beberapa kota di Indonesia belakangan ini, baik kota besar maupun kota-kota Kabupaten dan Kecamatan. Kejadian tersebut, bukanlah fenomena alam semata, namun akibat pemanfaatan lahan yang tidak terkendali tanpa mengindahkan kondisi ekosistem DAS, baik di daerah hulu maupun daerah hilir.

Asia adalah salah satu wilayah yang mudah terkena bencana, terutama banjir. Di Indonesia, beberapa kota besar di Jawa, diantaranya seperti Jakarta, Semarang dan Surabaya selalu mengalami banjir setiap musim penghujan tiba. Akibat yang ditimbulkan dari kejadian tersebut adalah rusaknya infrastruktur umum, maupun rumah tangga yang mencapai kerugian hingga ratusan milyar rupiah per tahun. Kejadian banjir di Jakarta tahun 2007, menyebabkan kerugian infrastruktur rumah tangga ditaksir mencapai hampir 200 milyar, belum kerugian yang diakibatkan karena rusaknya infrastruktur umum (Kompas, Januari 2007). Banjir Rob, yang terjadi di Kota Semarang tahun 2008-2009, kerugian infrastruktur umum ditaksir mencapai hampir 48 milyar (Kompas, Januari 2009). Sementara Kota Palembang, mengalami kerugian hampir 1,5 milyar rupiah per tahun, akibat rusaknya infrastruktur umum dan rumah tangga, terutama pada daerah-daerah rendah, seperti DAS Bendung, DAS Buah, dan DAS Lambidaro (Putranto dan Popy, 2009).

Berbagai usaha untuk mengendalikan banjir telah dilakukan oleh beberapa Kota yang sering mengalami bencana banjir setiap tahunnya. Kota Jakarta dengan membangun banjir Kanal dan membuat lobang biopori. Kota Semarang, dengan membangun sistem polder. Namun semuanya hingga kini belum menunjukkan masalah banjir tahunan akan dapat diatasi. Semua sistem pengendalian banjir, harus berangkat dari kondisi ekosistem eksisting DAS yang ada. Dari Kondisi tersebut, baru dianalisis dengan melakukan simulasi untuk menentukan debit banjir setiap periode ulang, yang pada akhirnya dapat digunakan untuk menentukan sistem Drainase yang sesuai pada kawasan tersebut.

1. 2. Tujuan

Kota Palembang adalah Kota yang tumbuh dari perkembangan sejak zaman kejayaan Kerajaan Sriwijaya, hingga Kasultanan Palembang Darusallam. Untuk itu perkembangan pemanfaatan lahan kota Palembang, tumbuh dan berkembang dari tepian sepanjang sungai Musi dan beberapa sungai yang bermuara pada sungai Musi. Dalam perkembangannya, hingga menjadi kota modern, karena kebutuhan lahan meningkat, okupasi terhadap lahan pada wilayah-wilayah tepian sungai dan daerah rawa-rawa yang seharusnya untuk menampung kelebihan air, semakin meningkat. Akibatnya, sistem *channel* dari sistem DAS yang ada di Kota Palembang menjadi terganggu.

Untuk menyelesaikan masalah banjir di Kota Palembang, perlu dilakukan mitigasi dengan menggunakan pendekatan kombinasi struktural dan non struktural untuk mengetahui kondisi ekosistem 19 DAS yang ada di Kota Palembang dan 16 diantaranya bermuara di Sungai Musi yang membagi Kota Palembang menjadi dua wilayah, yaitu wilayah Seberang Ulu dan wilayah Seberang Ilir.

1.2.1. Tujuan Umum

Penelitian ini akan memfokuskan pada pengembangan model hidrologi yang bisa digunakan sebagai basis dalam pengendalian banjir dan sistem peringatan dini. Model HBV *semi-distributed* akan dikalibrasi dan digunakan untuk merekonstruksikan sungai yang ada di 16 sub DAS hingga menuju ke sungai Musi. Tinggi permukaan air yang diperoleh dari data pasut pada setiap muara sungai dan pengukuran melintang sungai akan digunakan sebagai data masukan dalam menentukan tinggi permukaan air pada setiap sub DAS. Dari sini, model DUFLOW akan digunakan untuk menirukan perambatan gelombang banjir hingga menuju muara di sungai Musi.

1.2.2. Tujuan Khusus

- Untuk memperoleh parameter hidrologi dari data DEM (Digital Elevation Model).
- Untuk mengkalibrasi dan validasi HBV -HMS model dalam 19 DAS dengan menggunakan data hydrometri dengan interval setiap satu jam.

- Menggunakan model DUFLOW sepanjang sungai pada setiap DAS untuk membuat simulasi peningkatan banjir dan daerah genangan banjir yang akan terjadi.

1.3. Keutamaan Penelitian

Konsekwensi untuk menyelesaikan efek traumatis di dalam masyarakat sebagai akibat kejadian banjir adalah mencegah atau mengendalikan terjadinya banjir yang telah membuat masyarakat menderita. Untuk mengurangi kerusakan yang diakibatkan oleh karena banjir, dapat ditempuh dengan dua cara, yaitu penyelesaian secara struktural dan non struktural. Penyelesaian secara struktural meliputi pembangunan tanggul/parit, tanggul dan reservoir dan peningkatan saluran drainase untuk mengurangi luas atau timbulnya genangan–genangan baru. Pengurangan bencana secara struktural dirancang untuk mengalihkan air banjir menjauh dari permukiman penduduk, maupun daerah yang ada bangunan infrastruktur agar tidak mengganggu kepentingan umum. Penanganan dengan cara struktural, seperti yang dilakukan oleh DKI Jaya, dengan membangun banjir kanal timur, mungkin akan terbukti efektif namun membutuhkan biaya yang jauh lebih mahal.

Metoda non struktural adalah mengurangi resiko akibat banjir dengan menjauhkan masyarakat dari tempat tersebut. Metode non struktural dirancang untuk mengurangi dampak genangan yang mungkin timbul akibat rusaknya peralatan rumah tangga melalui asuransi komponen perabotan rumah tangga yang berharga, peramalan banjir, penetapan daerah yang tidak boleh dimanfaatkan untuk permukiman maupun kegiatan lain, karena dimungkinkan akan terjadinya genangan atau banjir setiap periode ulang tertentu.

Penelitian ini akan mempunyai keutamaan dalam mengurangi resiko banjir, melalui pendekatan non struktural, yaitu dengan peramalan banjir. Model hidraulik, biasa digunakan untuk meramalkan banjir dan sistem peringatan dini. Penelitian ini secara optimal akan mengkalibrasi dan memperbaharui data, yang merupakan alat efektif dalam mengurangi resiko yang diakibatkan oleh bencana banjir secara non struktural.

Pada saat-saat awal dimanfaatkan, pemodelan banjir menghadapi berbagai kendala, seperti kekurangan data, data tidak akurat, proses yang lebih panjang dalam membuat model, dan sebagainya. Saat ini, dengan perkembangan teknologi yang begitu canggih,

seperti perkembangan ilmu penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG), kesulitan-kesulitan tersebut sudah dapat diatasi, dan malah sangat membantu dalam melakukan pemodelan dengan gambaran fisik DAS secara *tergeoreference*. Dalam penelitian ini akan digunakan pendekatan teknik SIG untuk membantu peramalan dan pemodelan banjir dengan pengembangan algoritma penilaian curah hujan yang dapat dimasukkan ke model banjir. Algoritma tersebut dapat diperoleh secara real-time dan digunakan untuk melakukan peramalan banjir, yang sangat bermanfaat dalam memperoleh informasi secara cepat dalam meramalkan kejadian banjir yang akan terjadi disuatu sungai di Kota Palembang ini.

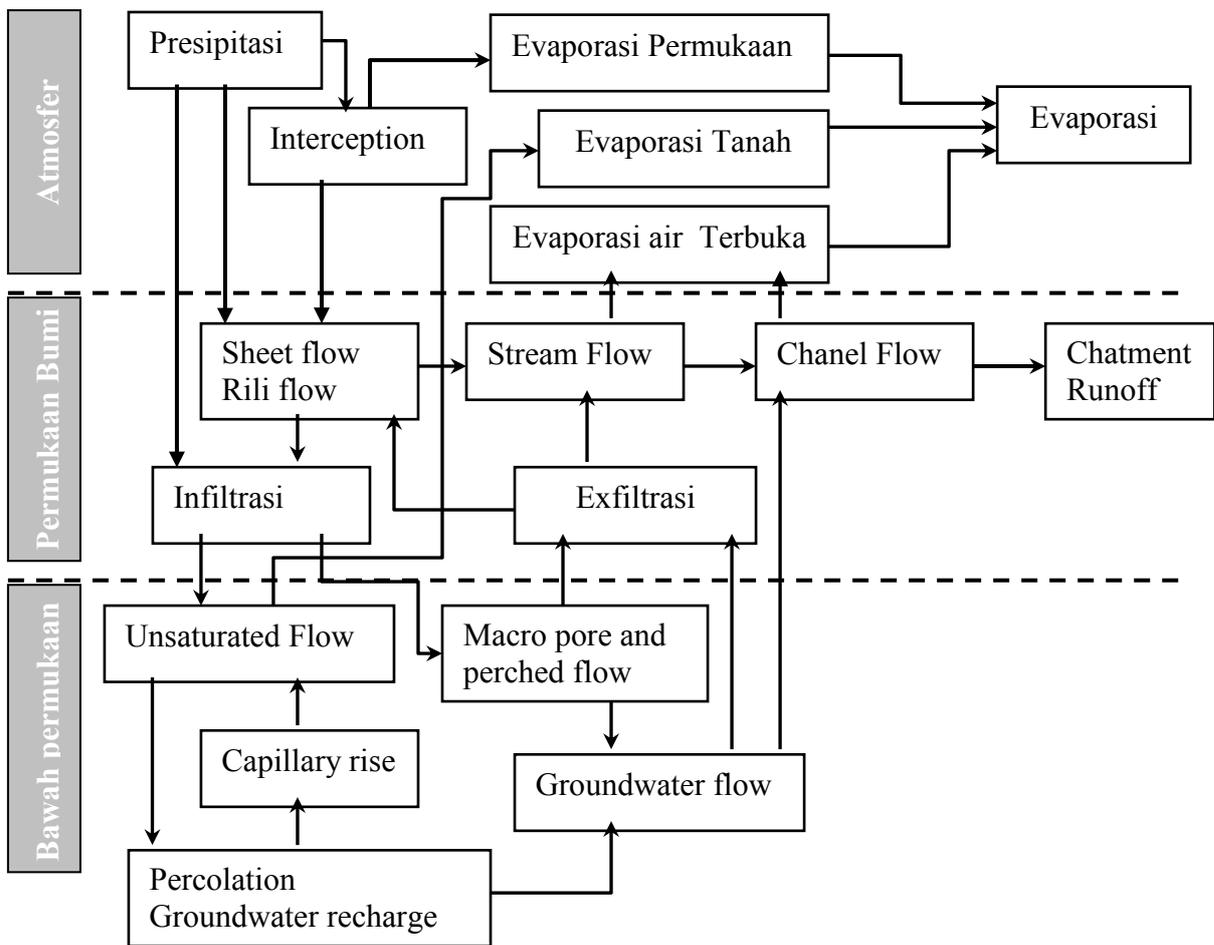
Penanganan banjir secara efektif akan banyak membantu mengurangi dampak yang terjadi untuk menghindari kerugian yang lebih banyak, baik pada masyarakat yang terkena dampak, maupun rusaknya infrastruktur fasilitas umum yang menimbulkan kerugian di pihak pemerintah. Untuk itu, penanganan permasalahan banjir disuatu wilayah, akan sangat bijaksana apabila penanganannya dilakukan secara sinergis antara pendekatan struktural dan non struktural. Pendekatan yang dilakukan tentu saja harus mengacu pada sistem DAS sesuai dengan kondisi ekosistem DAS yang ada di wilayah tersebut.

Kota Palembang, memiliki sembilan belas sistem DAS, dimana 16 DAS bermuara di sungai Musi yang melintas dikota Palembang. Sementara tiga DAS bermuara di sungai Banyuasin. Pembuatan sistem Pemodelan Banjir dengan menggunakan simulasi DUFLOW, akan mengurangi biaya penanganan secara struktural, yang memerlukan biaya jauh lebih besar. Untuk itu, penelitian ini sangat penting dilakukan untuk menguji apakah model DUFLOW dapat merekonstruksikan dengan teliti perambatan gelombang banjir sepanjang sungai pada setiap DAS yang ada di kota Palembang ?, dimana wilayahnya cenderung flat, dengan ketinggian tidak lebih dari 5 m di atas msl. Dan Bagaimana bentuk hidrograph run-off berubah sepanjang *chanel* pada setiap DAS yang ada, untuk menentukan daerah-daerah yang perlu direhabilitasi untuk mengurangi resiko banjir..

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Siklus Hidrologi pada sistem DAS

Pada daerah aliran sungai (DAS), siklus hidrologi meliputi proses yang berlangsung dalam atmosfer, permukaan bumi, dan bawah permukaan bumi, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. (Rientjes, 2007).



Gambar 2.1. Proses Utama secara diagramatik Siklus Hidrologi pada sistem DAS
Sumber : Rientjes (2007)

Dari gambar 2.1, dapat dijelaskan bahwa Hujan timbulnya dari atmosfer dan jatuh ke atas permukaan bumi. Namun sebelum jatuh ke dalam tanah, sebagian di *interception* oleh tumbuhan dan menguapkan kembali ke atmosfer. Sementara hujan yang sampai di

atas permukaan tanah, akan menyusup di bawah permukaan tanah atau akan menjadi aliran dalam sungai kecil atau aliran di atas permukaan tanah. Beberapa aliran tersebut akan berkumpul menjadi aliran atau arus, yang akan menimbulkan gerusan sehingga menjadi suatu saluran atau parit. Arus dalam saluran juga mempunyai kontribusi terhadap beberapa *groundwater* yang akan mengalir dalam bentuk *baseflow*. Arus tersebut yang selanjutnya akan menjadi *runoff* dari DAS, ketika arus tersebut keluar dari sistem DAS tersebut.

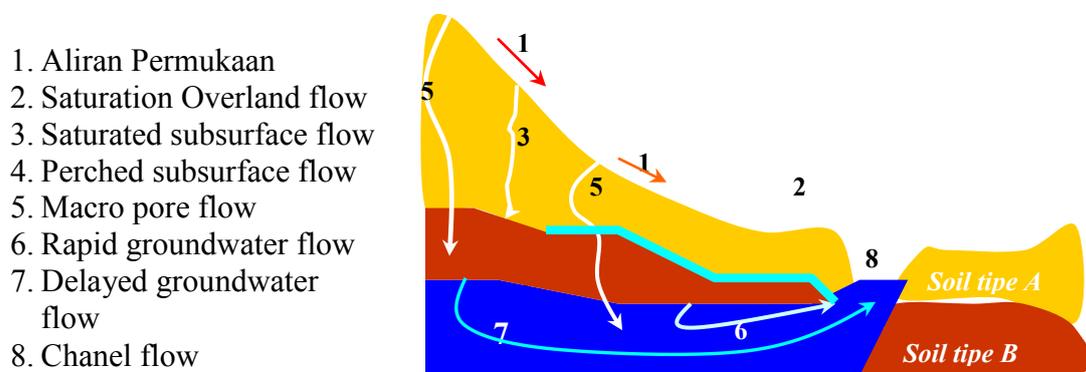
Air hujan yang menyusup melalui pori-pori tanah akan mengalir dan berperan sebagai *unsaturated flow*. Pori-pori makro akan mengalirkan air dan menjadi arus. Arus *unsaturated* akan menimbulkan kembali *groundwater* sampai ke proses percolasi. Air yang lewat melalui pori-pori makro dan menjadi arus akan berperan untuk mengalirkan *groundwater* menjadi proses *exfiltration* yang tergantung pada kondisi embun dari lahan di atasnya. Saat air hujan menjangkau *groundwater* melalui proses percolasi, bagian tersebut akan bergabung dengan arus saluran sebagai *baseflow* dan akan berlangsung juga penguapan. Sebagian besar *groundwater* akan tinggal seperti saat terjadi proses pembentukan air tanah. Total penguapan adalah tambahan penguapan udara, transpirasi dan penguapan lahan serta penguapan dari air terbuka, *Catchment runoff* atau runoff DAS adalah akumulasi air yang mengalir dalam saluran dan kontribusi dari *groundwater*.

2.2. Proses *Runoff*

Runoff dari suatu DAS sering dinyatakan oleh suatu hidrograph arus sungai. Bentuk suatu hidrograph aliran sungai dalam suatu DAS adalah kombinasi antara karakteristik fisiographi DAS dan variabel klimatologi. Faktor fisiographi yang mempengaruhi arus dalam suatu DAS meliputi ukuran dan bentuk DAS, kemiringan sistem sungai dan luas DAS. Faktor klimatologi, meliputi intensitas curah hujan, jangka waktu dan distribusi dalam DAS serta besarnya penguapan. Gambar 2.2. menggambarkan proses terjadinya runoff dalam suatu DAS.

Saat terjadi musim hujan, intensitas hujan lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan perembesan air melalui lahan, sehingga terjadi aliran air permukaan di darat. Aliran air ini dapat dilihat sebagai suatu bentuk lapisan permukaan yang mengalir melalui darat. Arus melalui aliran permukaan akan maksimum terjadi apabila

groundwater penuh. Peristiwa ini kebanyakan dapat diamati di kaki bukit atau pegunungan dengan ukuran kedalaman groundwater yang dangkal. Aliran di bawah permukaan tanah yang tak terbungkus (unsaturated) terjadi ketika ada perembesan. Aliran ini kebanyakan ditentukan oleh karakteristik aliran vertikal dan juga dalam wujud aliran melalui pori-pori yang besar di dalam tanah. Bergeraknya aliran air di bawah permukaan tanah atau unsaturated sebagian besar disebabkan oleh daya serap dari bentuk gradien (kemiringan) permukaan tanah. Aliran di bawah permukaan tanah yang tertinggal kebanyakan dapat diamati pada aliran air dengan kondisi daya konduksi hidrolik dibawah permukaan tanah lebih rendah daripada lapisan di atasnya.



Gambar 2.2. Skema proses runoff pada daerah berlereng pada suatu DAS
Sumber : Rientjes (2007)

Jenis lain aliran air yang mengalir di bawah permukaan tanah adalah aliran air yang masuk melalui pori-pori makro. Aliran ini dapat diamati dari pori-pori kecil yang diciptakan oleh cacing, akar tumbuh-tumbuhan dan bekas galian lahan. Karakteristik utama aliran air yang melalui pori-pori makro adalah tidak dipengaruhi oleh karena daya isap tanah. Aliran air tanah atau Groundwater diperlakukan sebagai aliran air dalam suatu zone dimana air yang disaring dan masuk kedalam zone disimpan dalam ruang yang besarnya ditentukan oleh dinamika sistem yang berperan sebagai komponen baseflow dalam hidrograph.

2.3. Hidrologi dan *Hydraulic Modelling*

2.3.1. Hydrologic modelling

Suatu model hydrologic adalah suatu bentuk penyajian model secara matematis untuk menganalisis suatu bentuk DAS dalam suatu format yang disederhanakan. Hal tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan dan memahami secara lebih baik proses hidrologi dan untuk meramalkan kondisi hidrologi yang terjadi pada suatu DAS (Haan et al, 1982). Ada dua jenis model hidrolis yang berbeda dan tergantung pada pendekatan model yang digunakan, yaitu model stokastik dan model deterministik. Model Deterministic didasarkan pada proses alam dalam DAS yang diwakilinya. Suatu model dapat disebut sebagai model deterministik, jika mempertimbangkan secara sama data yang digunakan (Chow et Al., 1988). Sementara itu, Model Stokastik mengacu pada model yang berhubungan dengan variabel acak. Variabel ini mempunyai suatu kemungkinan distribusi parameter yang terdapat dalam suatu ruang secara spasial (Rientjes, 2007). Aplikasi utama suatu model hydrologic adalah untuk menirukan bagian-bagian dari suatu bentuk sungai dalam DAS. Penggunaan Model Hydrologic terus meningkat digunakan untuk berbagai keperluan dalam manajemen sumber daya air dan aplikasi pada perencanaan sumber daya air dari yang sederhana hingga ke isu yang lebih rumit. Seperti menaksir efek perubahan iklim terhadap sumberdaya air dan isu lingkungan. Model tersebut juga banyak digunakan untuk mempelajari interaksi antara air permukaan dan air tanah (groundwater). Aplikasi lain dari model hydrologic adalah dalam analisis banjir, yang digunakan untuk meramalkan dan peringatan dini terhadap bencana banjir yang mungkin terjadi.

Model Hydrologic berkembang dari mulai yang sederhana ke model semi-distributed dan ke model yang pembagian fisiknya lebih rumit. Banyaknya parameter dan faktor peubah yang diperlukan untuk menentukan skala termometer suatu model dapat berbeda tergantung pada kompleksitas dan jenis model tersebut. Model tersebut dipilah-pilah secara fisik, dimana akan terjadi kesulitan apabila tidak tersedia data yang bersumber dari data citra penginderaan jauh maupun teknik analisis yang dibantu dengan menggunakan pendekatan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG atau GIS).

2.3.2. Hydraulic modelling

Dalam model hidraulik, aliran dalam saluran direkonstruksikan dengan dengan pemecahan himpunan secara lengkap dalam persamaan St. Venant (1871). Model jenis ini didasarkan pada persamaan kekekalan massa dan persamaan daya gerak. Persamaan ini dipecahkan sesuai dengan urutannya secara tegas (Bedient et Al., 1988). Metoda yang tegas akan memecahkan kedalaman dan percepatan aliran dalam titik tertentu di dalam sungai yang digunakan. Metoda tersebut secara bersama-sama saat dimulainya sesuai waktu masing-masing, semua titik akan menghitung dalam bentuk aliran sungai. Dalam melaksanakan pemodelan dengan persamaan St. Venant, asumsi-asumsi berikut akan digunakan, yaitu :

1. Arus dianggap satu dimensi, kedalaman dan percepatan berganti-ganti hanya dalam satu arah membujur saluran. Ini menyiratkan bahwa percepatan adalah tetap dan permukaan air adalah horisontal ke arah bagian manapun yang tegak lurus pada poros yang membujur.
2. Arus diasumsikan bertukar-tukar secara berangsur-angsur sepanjang saluran sedemikian rupa sehingga tekanan hidrostatis berlaku dan akselerasi vertikal dapat diabaikan
3. Bagian membujur saluran didekati sebagai garis lurus.
4. Kemiringan saluran dianggap kecil dan dasar saluran ditentukan.
5. Koefisien untuk aliran bergerak seragam yang mantap dan bisa diterapkan sedemikian rupa sehingga hubungan seperti tersebut dapat digunakan untuk menguraikan perlawanan arus yang mempengaruhinya.

Pada umumnya, model hidraulik digunakan untuk menirukan pergerakan perairan banjir sepanjang terusan, unsur-unsur penyimpangan dan struktur hidrolis. Model jenis ini dapat menirukan pola alir dan tingkatan banjir dan dapat memodelkan efek air yang tertahan karena pasang yang kompleks atau gangguan pasang surut, overtopping tanggul, pertemuan terusan sungai dan diversifikasi, contractions jembatan, bendungan, parit di bawah jalan raya dan pompa serta penghalang lain pada arus di dalam sistem sungai. Oleh karena kemampuannya, model hidrolis menjadi suatu alat penting di dalam manajemen sungai dalam sistem dipermukaan bumi ini.

2.4. Pemodelan Banjir

Dalam kaitan dengan kerusakan yang diakibatkan oleh banjir yang berakibat kepada kerugian masyarakat, sebagaimana telah dijelaskan pada sub bab 1.3., pemodelan banjir sudah menjadi suatu alat yang dibutuhkan atau harus ada dalam manajemen banjir. Pemodelan banjir dapat digunakan untuk merencanakan dan merancang pemanfaatan penggunaan lahan yang sesuai dan terbebas dari banjir atau meramalkan lokasi-lokasi banjir yang mungkin akan terjadi pada wilayah DAS tersebut. Pemerintah kota yang umumnya menggunakan cara penanggulangan banjir, setelah kejadian serta menentukan zona dan luasnya daerah genangan saat terjadi hujan, sebenarnya dapat beralih dengan memanfaatkan model ini untuk memprediksi dan menanggulangi kejadian banjir sebagai bagian dari mitigasi bencana. Biasanya beberapa peneliti terdahulu menggunakan model dua dimensi dalam menunjukkan pemodelan banjir. Untuk itu, dalam penelitian ini pemodelan tiga dimensi akan digunakan untuk menunjukkan ketinggian wilayah dan daerah genangan, serta menunjukkan ketinggian jembatan, tempat pejalan kaki, jalan raya dan objek lain, yang akan mempengaruhi aliran air.

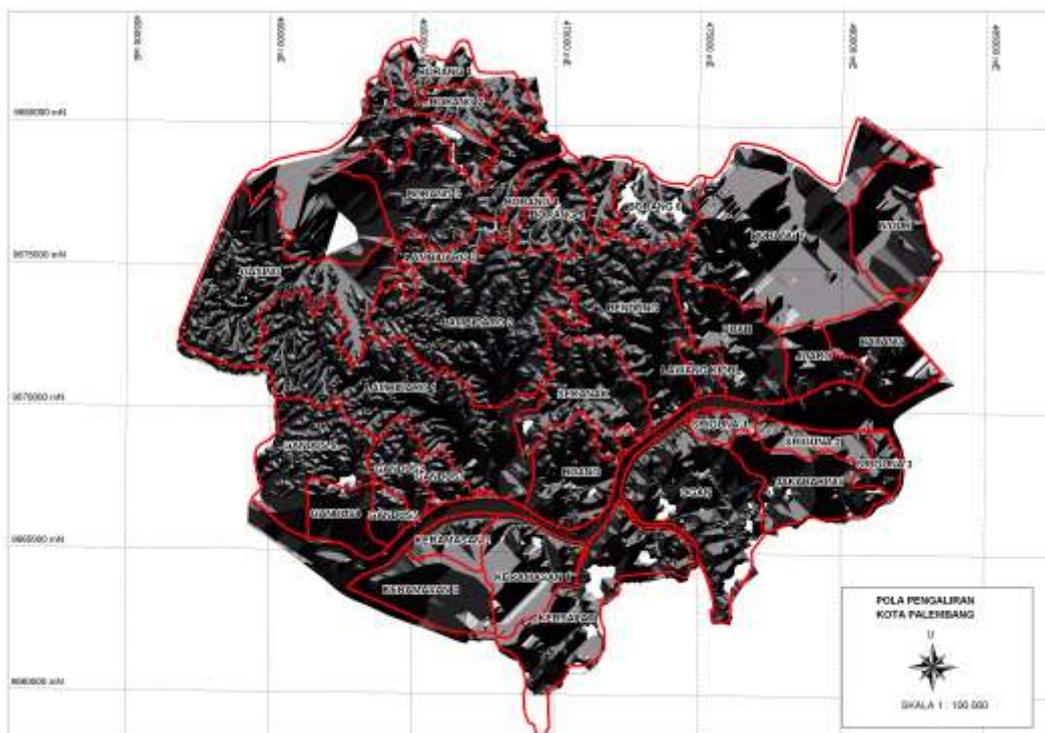
Kebanyakan dari aplikasi pemodelan banjir adalah pada model banjir yang langsung secara operasional dapat meramalkan kejadian banjir dan dapat dimanfaatkan sebagai bagian dari sistem peringatan dini. Kebutuhan data untuk model jenis ini meliputi; bentuk Model Medan Dijital (Digital Elevation Model/DEM), jaringan sungai dan potongan melintang sungai, koefisien kekasaran permukaan, peta penggunaan lahan dan pemisahan alur sungai.

Kalibrasi model hidrologi bervariasi tergantung pada jenis aplikasinya. Penggunaan untuk pemodelan banjir yang dimanfaatkan untuk meramalkan banjir dan sistem peringatan dini saat puncak banjir dan waktunya memerlukan model dan data hydrometeorologi yang teliti dan dapat dipercaya. Faktor lain yang menentukan efektivitas suatu peramalan banjir dan sistem peringatan dini adalah waktu laju terjadinya banjir, yaitu panjang waktu untuk lajunya air hujan dalam suatu DAS sampai pada suatu titik genangan. Dimana tersedianya waktu dimanfaatkan untuk pengungsian dan tanggap darurat. Jika waktu laju lebih pendek dibanding waktu persiapan, seperti yang terjadi di DAS Lematang beberapa waktu yang lalu, model banjir biasa tidak akan bermanfaat. Dalam hal ini, model banjir yang lebih baik harus diciptakan dengan menggunakan ramalan curah hujan yang lebih efektif. Ada empat faktor yang dapat

digunakan untuk memilih model yang sesuai, yaitu ketelitian ramalan, kesederhanaan model, konsistensi perkiraan parameter dan kepekaan dalam menghasilkan perubahan dalam nilai-nilai parameter.

2.5. Studi Pendahuluan

Dari hasil penelitian –penelitian terdahulu, sistem drainase kota Palembang telah diklasifikasikan menjadi sembilan belas sub DAS. Enam belas sub DAS bermuara di sungai Musi yang membelah Kota Palembang, dan tiga sub DAS bermuara di sungai Banyuasin, di sebelah utara kota, menuju Kabupaten Banyuasin (lihat Gambar 2.3). Luas masing-masing wilayah sub DAS dapat dilihat pada tabel 2.1.



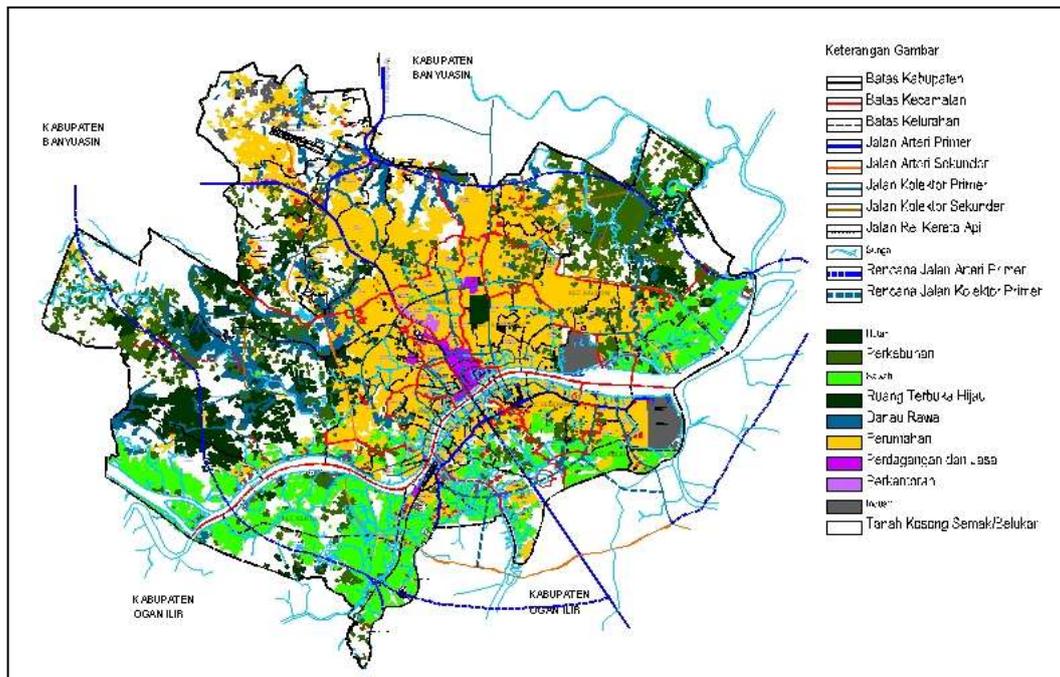
Gambar 2.3. Pembagian Wilayah Sub DAS di Kota Palembang

Kota Palembang masih didominasi oleh klasifikasi lahan berupa tanah non urban yaitu sebesar 58,78 %. Sedangkan klasifikasi penggunaan lahan berupa tanah urban mempunyai luas sebesar 36,7 %. Penggunaan lahan didominasi oleh kegiatan permukiman sebesar 31,96 %, pertanian lahan kering seluas 24,60 % dan pertanian lahan basah sebesar 14,61 % dari luas total Kota Palembang.

Tabel 2.1. Luas masing-masing sub DAS di Kota Palembang

No	Nama sub DAS	Luas (Ha)
1.	Gandus	2,394
2.	Gasing	5.211
3.	Lambidaro	5.209
4.	Boang	867
5.	Sekanak	1.139
6.	Bendung	2.259
7.	Kidul	286
8.	Buah	1.082
9.	Juaro	686
10.	Batang	559
11.	Selinca	483
12.	Borang	7.209
13.	Simpang Nyiur	2.285
14.	Sriguna	491
15.	Aur	658
16.	Kedukan	1.099
17.	Jaka Baring	3.761
18.	Kertapati	2.509
19.	Keramasan	3.288

Selain telah dilakukan pembagian sub DAS yang ada di Kota Palembang, hasil interpretasi penggunaan lahan menunjukkan sebaran dan luas pemanfaatan lahan yang ada di kota Palembang, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Pola pemanfaatan lahan kota Palembang

Bentuk lahan kota Palembang, relatif datar dan yang tertinggi berada di Kawasan Bukit Siguntang (kurang lebih 27 m di atas msl). Sebagian kota Palembang selalu akan tergenang saat musim hujan, dan pada beberapa wilayah selalu mengalami banjir.

Secara umum, tanah terdiri atas tanah lempungan dan lempung. Lokasi dan jenis tanah yang ada di kota Palembang dapat dibedakan menjadi tiga bagian,

- a. Alluvium dan rawa berlokasi di Seberang Ulu dan tanah rawa berada sebelah timur dan bagian barat
- b. Sebagian kecil wilayah Palembang mempunyai jenis tanah batuan lempung dan lempung pasir yang kedap air dan terpisah di sebelah utara dan selatan wilayah kota
- c. Bagian bawah wilayah kota, di pusat Kota Palembang dengan pola memanjang dari barat daya ke timur laut terbentuk atas kombinasi batuan anticlinal..

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian ini direncanakan dilakukan selama dua tahun, yaitu tahun pertama dan tahun Kedua. Pada tahun pertama akan dilakukan pengamatan data lapangan untuk menentukan parameter – parameter yang diperlukan dan kalibrasi beberapa data, agar diperoleh data sesuai dengan ketelitian yang diperlukan. Data yang telah diperoleh dari studi pendahuluan yang meliputi, pemisahan chanel, hasil interpretasi pemanfaatan lahan, dan pembuatan Model medan digital (DEM), sehingga diperoleh data pemanfaatan lahan beserta ketinggian masing-masing objek pemanfaatan lahan yang ada, seperti jaringan jalan, permukiman, jembatan, tanggul dan sebagainya. Pada Tahun kedua akan dilakukan pembuatan model banjir, dari data-data yang telah diperoleh dan dikalibrasi pada kegiatan tahun 1. Model yang akan digunakan dalam penelitian ini ada dua, yaitu model HBV dan model DUFLOW.

Setelah basis data untuk masing-masing model dicek inconsistensinya, berikutnya model HBV digunakan untuk mengkalibrasi data. Setelah data untuk DUFLOW dikalibrasi, dan data aliran hidrograph dari model HBV telah dimasukkan ke dalam model DUFLOW, maka pemodelan banjir dapat mulai dilakukan. Secara diagramatis, tahapan rencana penelitian dan diagram model yang akan digunakan, dapat dilihat pada Gambar 3.1.

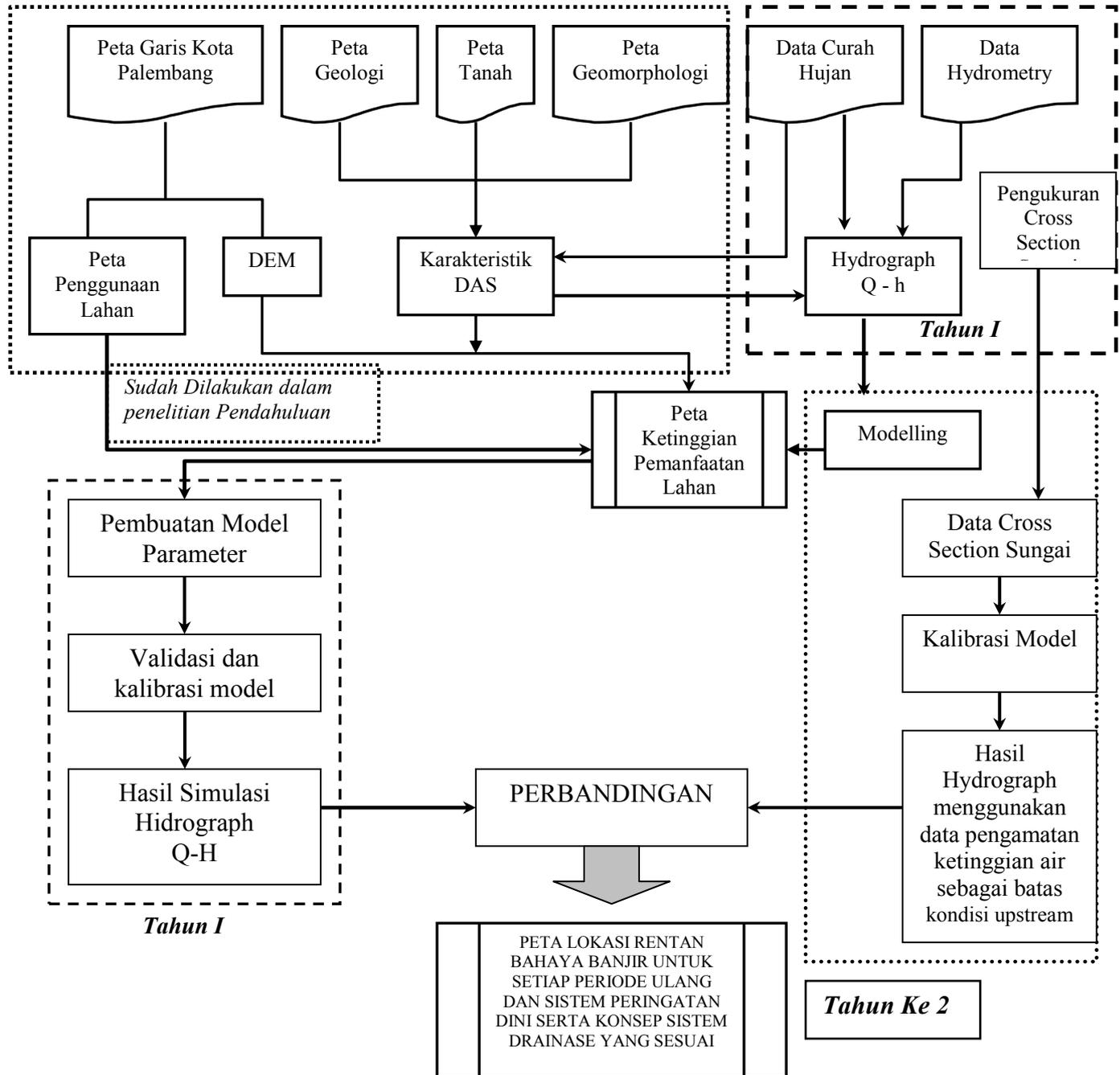
3.1. Model HBV

3.1.1. Struktur model HBV

Struktur Model terdiri dari hujan rutin, pembasahan tanah, fungsi respon dan routing rutin. Data masukan meliputi pencatatan hujan setiap hari atau pada periode tertentu, temperatur udara, estimasi evapotranspirasi dan runoff untuk kalibrasi. Model HBV dikembangkan dan telah dicobakan pada basin dengan luasan 40 Km², tetapi dapat digunakan untuk simulasi aliran sungai pada daerah yang lain (Lindstrom et al., 1997). .

HBV model mempunyai kemampuan untuk memodelkan semi-distributed. Hal ini sama dengan DAS yang dibagi menjadi beberapa sub DAS, dimana di dalamnya dapat dipisahkan jenis pemanfaatan lahan yang berbeda, yang pada umumnya terdiri atas hutan dan lahan terbuka, dan area danau (Andersson et Al., 2006). Model pertama kali dikembangkan menggunakan langkah-langkah waktu setiap hari, namun beberapa riset

(e.g. Kobold et Al., 2006) telah membuktikan bahwa model dapat juga digunakan untuk penggunaan dengan waktu yang digunakan untuk setiap jam..



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian yang akan dilakukan hingga Tahun kedua

Secara umum persamaan waterbalance yang digunakan dalam model HBV adalah :

$$P - E - Q = d / dt [SP + SM + UZ + LZ + LAKES]$$

dimana :

- P = Presipitasi
- E = Evapotranspirasi
- Q = Runoff
- SP = Snow pack
- SM = Soil moisture
- UZ = Zona Upper groundwater
- LZ = Zona Lower groundwater
- LAKE = Volume danau

3.1.2. Model Kalibrasi

Model yang sesuai untuk runoff yang diamati dapat ditaksir oleh tiga kriteria yang berbeda : interpretasi secara visual pada objek yang diamat, dan simulasi runoff, serta plot secara kontinyu pada perbedaan yang diakumulasi dan disajikan dengan persamaan berikut :

$$Accdzff = \sum (Q_{sim} - Q_{obs}) * Ct$$

dimana;

- Q_{sim} = debit hasil simulasi
- Q_{obs} = debit hasil pengamatan (observasi)
- C = Coefficient transformasi ke mm dalam DAS
- t = waktu

Model efisiensi koefisien Nash-sutcliffe (Nash, et all, 1970) yang digunakan untuk mengakses prediksi hidrologi diperoleh dengan persamaan berikut :

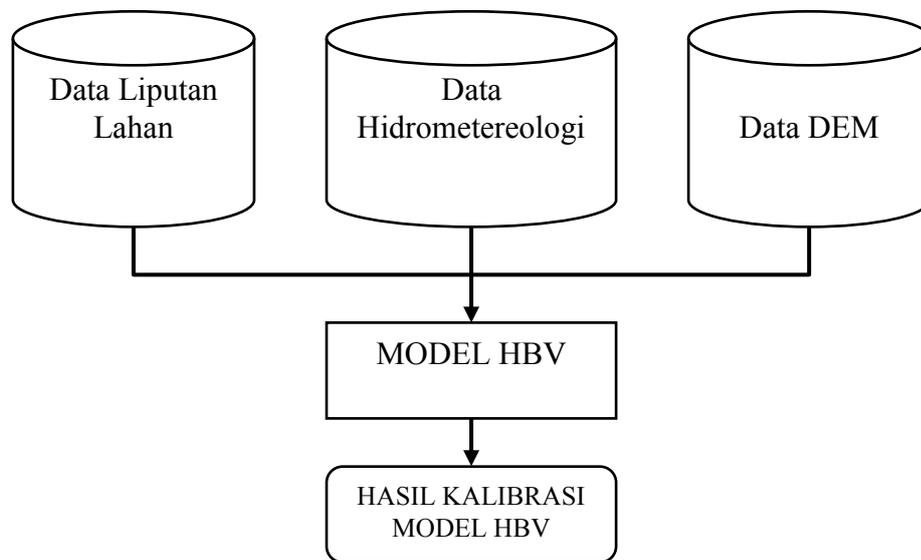
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left[Q_{sim}(i) - Q_{obs}(i) \right]^2}{\sum_{i=1}^n \left[Q_{obs}(i) - \overline{Q_{obs}} \right]^2}$$

dimana :

- Q_{sim} debit simulasi
- Q_{obs} debit observasi

3.1.3. Model Setup

Model HBV semi-distributed digunakan dalam penelitian ini. Model ini di setup dengan menggunakan data hydrometereologi setiap jam. Input data yang diperlukan oleh model adalah curah hujan, temperatur udara, evapotranspirasi potensial dan penggunaan lahan. Pengamatan debit pada outlet dari sub DAS juga diperlukan untuk validasi dan kalibrasi. Data elevasi wilayah studi juga diperlukan dan evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan metode Penman.

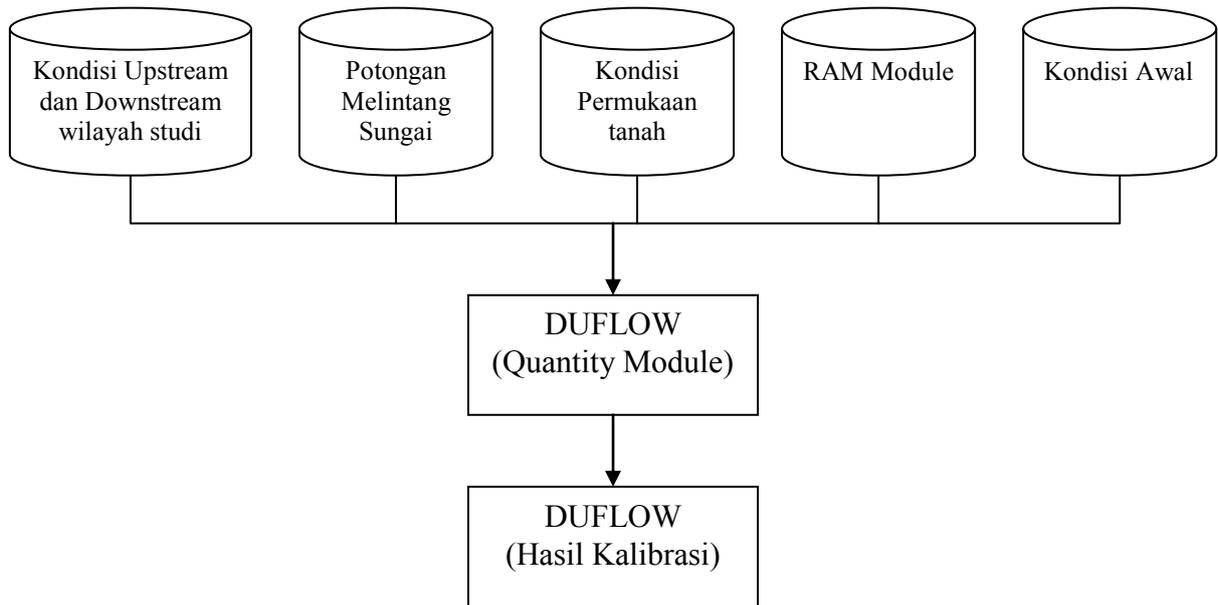


Gambar 3.2. Model input-output pada HBV Model

3.2. Model DUFLOW

DUFLOW didasarkan pada persamaan deferensial satu dimensi parsial yang mendeskripsikan aliran tidak tetap dalam saluran terbuka.

Model set-up yang digunakan dalam DUFLOW adalah sebagai berikut :

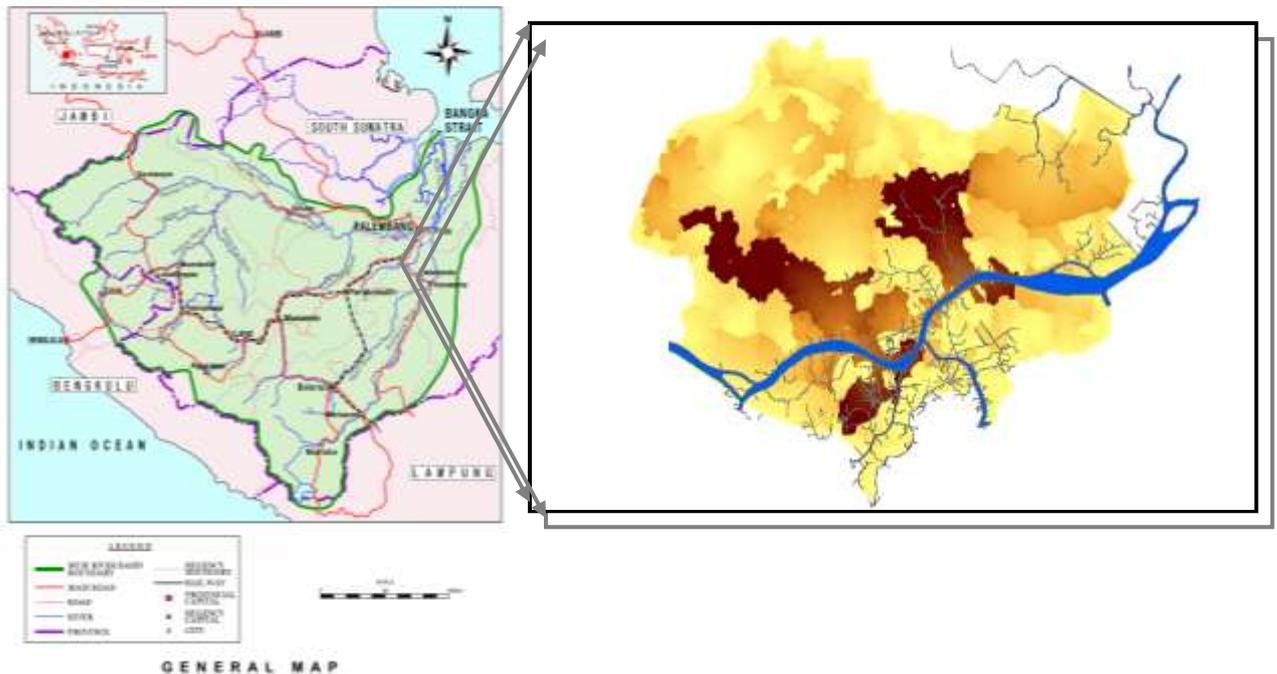


Gambar 3.3. Diagram Input-Output dalam pemodelan DUFLOW

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sub System Sungai Musi

Dalam penelitian ini, daerah pengaliran sungai yang digunakan merupakan sub system sungai yang bermuara di sungai Musi yang melalui kota Palembang, dan merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi yang bermuara di selat Bangka (lihat Gambar 4.1). Sub system sungai yang masuk dalam batas administrasi kota Palembang, seluruhnya berjumlah sembilan belas sub system sungai, yang mana 16 (enam belas) sub system sungai diantaranya bermuara di sungai Musi yang melalui kota Palembang. Sementara 3 (tiga) sub system sungai lainnya bermuara di sungai Banyuasin, yang masuk dalam wilayah administratif Kabupaten Banyuasin, yang terletak di sebelah utara wilayah Kota Palembang.



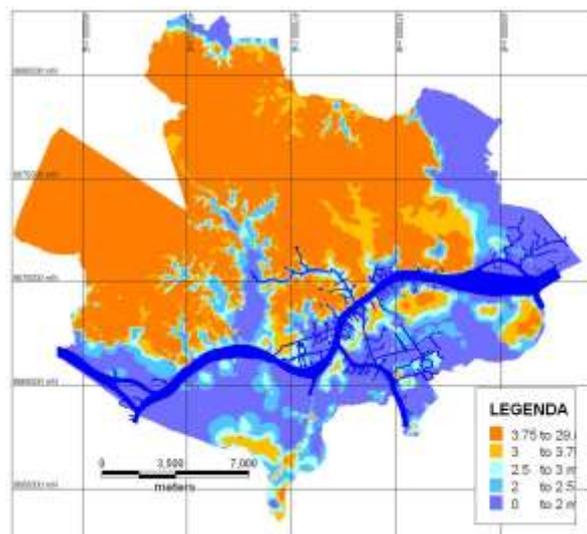
Gambar 4.1. Sub Sistem Sungai Musi yang masuk dalam wilayah Kota Palembang

4.1.1. Digital Elevation Model

Digital Elevasi Model (DEM) atau Model Medan Digital, akan digunakan untuk membagi wilayah pengaliran air menjadi beberapa sub system sungai dan menentukan akumulasi aliran yang ada pada daerah pengaliran tersebut.

Data DEM dibangun dari data ketinggian (spot height) yang di peroleh dari peta garis kota Palembang dengan skala 1 : 1000, dimana proses pembuatannya menggunakan interpretasi foto udara skala 1 : 5000 dengan teknik digital stereophotogrametri (Stereoplotter). Data yang diperoleh berupa data spot height (atau titik tinggi yang dibuat untuk setiap jarak 5 (lima) meter di lapangan. Foto udara yang digunakan dalam proses pembuatan peta garis kota Palembang tersebut diperoleh dari hasil pemotretan udara skala 1 : 5000 tahun 2004. Dari data spot height tersebut, selanjutnya dibuat Model medan Digital (Digital Terrain Model/DTM) dengan interval ketinggian setiap 0,25 m untuk memperoleh *flow accumulation* dan *flowline* yang menggambarkan pola aliran dan batas pola pengaliran masing-masing sub DAS di wilayah penelitian.

Untuk memperoleh gambaran nyata bentuk permukaan bumi dengan gambaran DEM di wilayah penelitian, dimana wilayah Palembang dari data yang ada ketinggiannya hanya berkisar antara -2 m sampai 32 m di atas msl, maka untuk membangun DEM, data spot height di interpolasi sampai beda tinggi hingga 0,25 m atau untuk setiap interval ketinggian 25 Cm

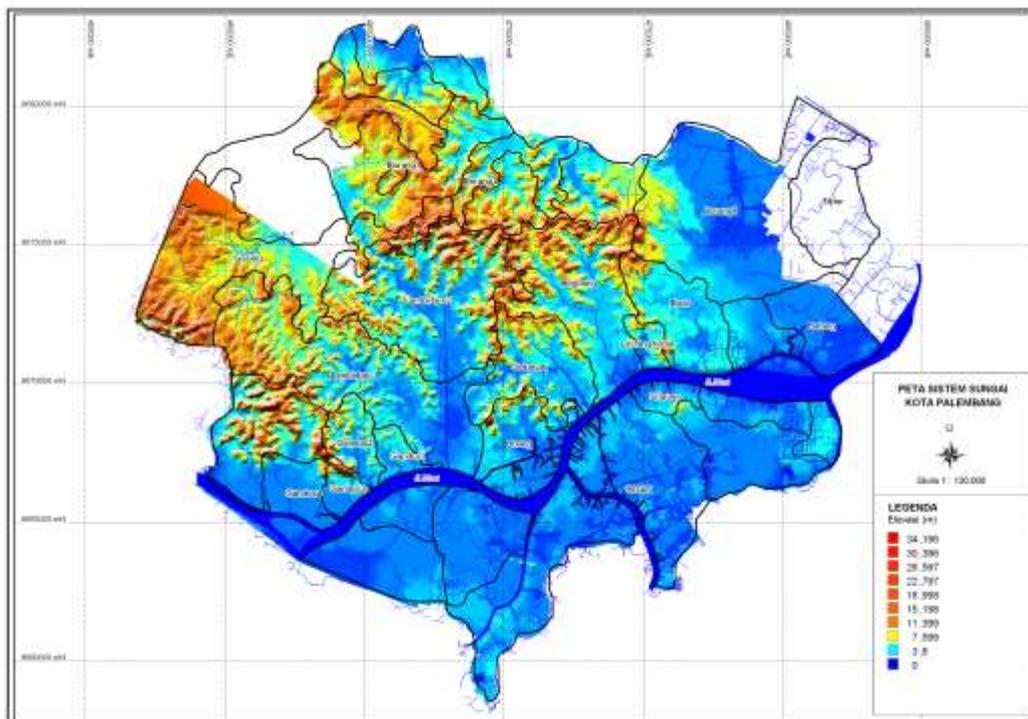


Gambar 4.2. Distribusi Ketinggian wilayah Kota Palembang

4.1.2. Perolehan batas DAS dari DEM

Dari data Model Medan Digital atau DEM untuk wilayah kota Palembang, maka selanjutnya data tersebut digunakan untuk membagi wilayah penelitian menjadi beberapa bagian sub sistem sungai, berdasarkan data ketinggian dan arah aliran yang ada.

Hasil analisis menunjukkan, bahwa masing-masing wilayah sub sistem sungai yang dibangun berdasarkan data ketinggian dengan interval ketinggian tiap 25 Cm, berbeda dengan batas DAS yang selama ini digunakan dalam setiap analisis oleh pemerintah Kota. Perbedaan tersebut menyangkut pada luas sub sistem sungai yang dibentuk dan terklasifikasi menjadi beberapa sub sistem sungai tambahan yang merupakan bagian dari sub sistem induknya. Sub sistem sungai tersebut, seperti Lambidaro, dapat dipisahkan menjadi Lambidaro satu dan Lambidaro dua, Sub sistem Gandus, dapat dipisahkan menjadi empat susb sistem sungai, yaitu Gandus satu hingga Gandus Empat. Namun, secara keseluruhan penggunaan nama sembilan belas susb sistem sungai yang telah dipublikasikan, tetap digunakan, walaupun beberapa susb sistem sungai dipisahkan menjadi beberapa susb sistem sungai.



Gambar 4.4. Batas wilayah susb sistem sungai di Kota Palembang berdasarkan DEM

Tabel 4.1. Sub Sistem Sungai dan luasnya

No.	Nama DAS	Luas (Ha)
1	Sekanak	224.45
2	Lambidaro	2,966.98
3	Borang	9,929.63
4	Batang	853.91
5	Keramasan	2,284.89
6	Sriguna	618.69
7	Gandus	2,663.86
8	AUR	224.45
9	Kedukan	1,826.66
10	Kertapati	1,672.49
11	Gasing	2,280.46
12	Nyiur	1,091.60
13	Jakabaring	1,006.36
14	Juaro	473.51
15	Buah	1,030.79
16	Bendung	1,964.84
17	Lawang Kidul	199.49
18	Selinca	483.00

Sumber : Hasil Pengukuran, 2009

Dari batas pola pengaliran seperti tersebut di atas, maka apabila dilihat dengan batas pola pengaliran yang selama ini digunakan dalam pembagian wilayah sub pengaliran sungai untuk menentukan kebijakkan dalam perencanaan drainase di Kota Palembang, terlihat sangat berbeda. Perbedaan batas pola pengaliran yang paling mencolok dari perolehan yang diperoleh dengan menggunakan pembagian langsung dari data ketinggian (spot height) adalah wilayah DAS Bendung dan wilayah DAS Lambidaro. Ada beberapa kawasan kota yang dalam batas pola pengaliran yang selama ini digunakan, ternyata ada di luar batas pola pengaliran DAS yang lain, sehingga besarnya limpasan yang ada dalam wilayah DAS tersebut tentunya akan berbeda dan kebijakkan dalam perencanaan drainase di kawasan tersebut, harusnya akan berbeda.

Dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh dan GIS, tentunya verifikasi atau peninjauan ulang untuk setiap periode ulang lima tahun sekali dalam meninjau batas pola pengaliran, akan menjadi mudah dan tidak terkendala.

4.2. Kondisi Vertikal Sungai

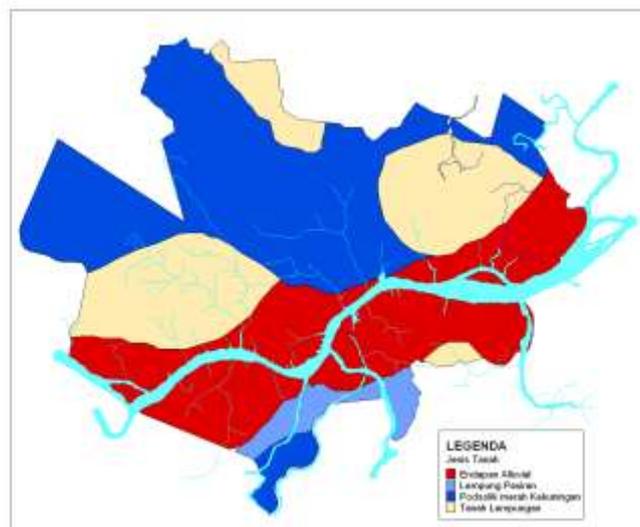
4.2.1. Kondisi Geologi (Tanah)

Jenis tanah yang ada di Kota Palembang terdiri atas endapan tanah Aluvial, lempung pasir, podsolik merah kekuningan, dan tanah lempungan. Bahan induk endapan alluvial adalah endapan liat dan pasir. Sebaran jenis tanah ini sekitar 28,05 % dari total luas wilayah Kota Palembang dan berada di sepanjang sungai Musi.

Untuk jenis tanah lempung pasir, hanya menempati sebagian kecil saja dari luas wilayah kota Palembang, kurang lebih 12,2 %. Jenis tanah ini, dapat dijumpai disekitar Sungai Ogan dan Kramasan.

Sementara untuk jenis tanah podsolik merah kekuningan, meliputi luasan sekitar 46,8 %, dan terdapat disekitar wilayah bagian utara dari kota Palembang. Tanah ini, merupakan tanah lempung yang bersifat masif dan sulit untuk meloloskan air.

Sedangkan tanah lempungan, merupakan jenis tanah yang terbentuk atas endapan pelapukan pohon dalam jutaan tahun yang lalu. Luas jenis tanah ini di kota Palembang, mencapai hampir 12 % dari total luas wilayah Kota Palembang.

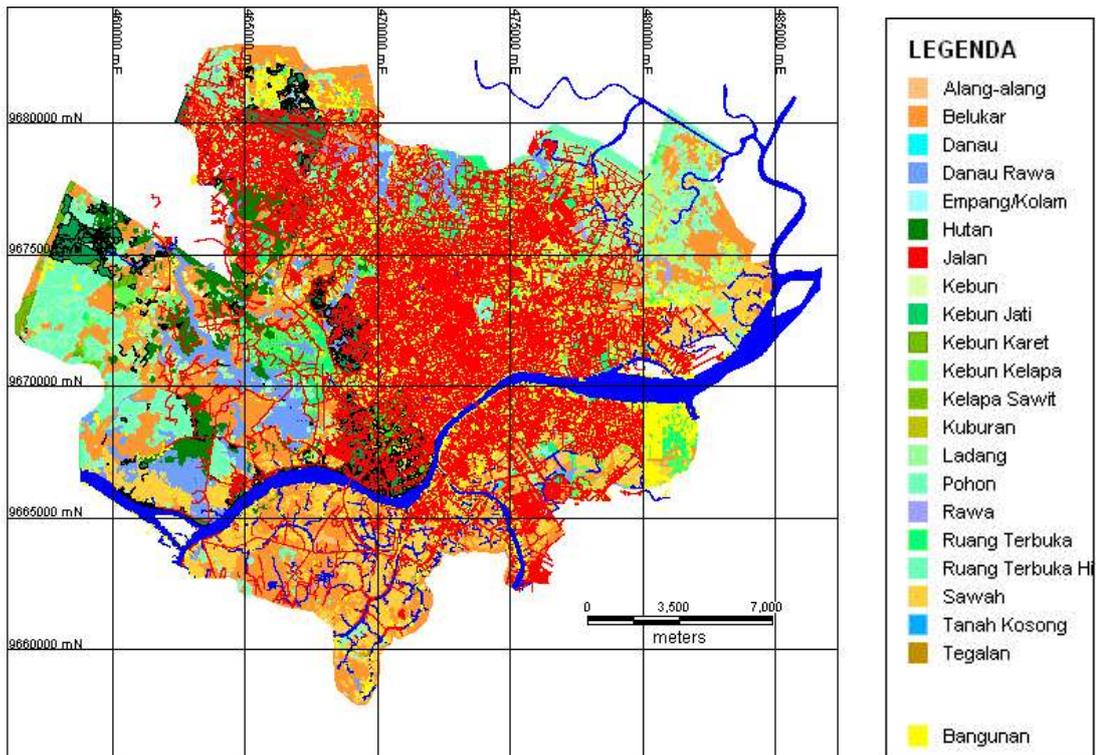


Gambar 4.4. Peta Jenis Tanah Kota Palembang

4.2.2. Penggunaan Lahan.

Pola penggunaan lahan Kota Palembang berdasarkan data tahun 2006, 55 % dari luas wilayah masih bersifat penggunaan lahan non urban, seperti rawa-rawa dan peladangan. Sementara untuk wilayah perkotaan yang terdiri atas permukiman dan kegiatan perekonomian, mencapai luasan hampir 31,22 %.

Wilayah pertanian yang berstatus sebagai lahan pertanian pada tanah kering, kurang lebih mencapai luasan 24,16 % dari total wilayah penggunaan lahan non urban. Sementara untuk daerah peladangan yang berada pada tanah rawa atau lahan basah, mencapai luasan kurang lebih 16,4 % dari total luasan penggunaan lahan non urban.



Gambar 4.5. Peta Sebaran Penggunaan Lahan Kota Palembang

4.3. Hujan Wilayah

Data hujan yang digunakan dalam analisis ini adalah dari stasiun penakar hujan Kenten Palembang mulai tahun 1984 sampai dengan 2009. Curah hujan jam-jaman stasiun penakar hujan Kenten dapat di sajikan pada Tabel 4.2.

4.4.1 . Analisis Curah Hujan Rencana

a. Analisis Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan dengan beberapa periode ulang. Pada analisis ini digunakan beberapa metode untuk memperkirakan curah hujan dengan periode ulang tertentu yaitu :

Tabel 4.2 Curah Hujan jam-jaman

Tahun	Kenten	Hujan DPS
1984	48.5	48.50
1985	60	60.00
1986	47.2	47.20
1987	91.8	91.80
1988	52.3	52.30
1989	73.5	73.50
1990	70.4	70.40
1991	77	77.00
1992	60.9	60.90
1993	71.5	71.50
1994	80	80.00
1995	91.9	91.90
1996	60.9	60.90
1997	65.00	65.00
1998	86.00	86.00
1999	79.00	79.00
2000	90.00	90.00
2001	80.00	80.00
2002	86.93	86.93
2003	77.63	77.63
2004	55.20	55.20
2005	83.50	83.50
2006	114.50	114.50
2007	85.00	85.00
2008	75.00	75.00
<i>Jumlah data</i>	25	25
<i>Mean</i>	74.55	74.55

Sumber : Stasiun Penakar Hujan Kenten

4.4.2 . Analisis Curah Hujan Rencana

a. Analisis Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan dengan beberapa periode ulang. Pada analisis ini digunakan beberapa metode untuk memperkirakan curah hujan dengan periode ulang tertentu yaitu :

- a. Metode Distribusi Normal
- b. Metode Distribusi Log Normal 2 parameter
- c. Metode Distribusi Pearson Type III
- d. Metode Distribusi Log Pearson Type III
- e. Metode Distribusi Gumbel

Metode yang dipakai nantinya harus ditentukan dengan melihat karakteristik distribusi hujan daerah setempat. Periode ulang yang akan dihitung pada masing-masing metode adalah untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Uraian masing-masing metode yang dipakai adalah sebagai berikut :

(a). Metode Distribusi Normal

Metode distribusi normal merupakan fungsi densitas peluang normal (*PDF=probability density function*) atau dikenal dengan *distribusi Gauss*. Distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya seperti pada persamaan 4.1.

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad -\infty \leq x \leq \infty \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

- Dengan P(X) : fungsi densitas peluang normal
- X : variabel acak kontinyu
- μ : rata-rata nilai X
- σ : simpangan baku dari nilai X

$$X_T = \bar{X} + K_{Tr}S \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

- Dengan X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan priode ulang T-tahun
- \bar{X} : Nilai rata-rata hitung variat
- S : deviasi standar nilai variat
- K_{Tr} : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang

Nilai K_{Tr} dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan hujan rencana untuk masing-masing periode ulang dengan menggunakan metode normal dapat di lihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3. Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang (tahun)	K_{Tr}	Peluang
1	1,001	-3,05	0,999
2	1,005	-2,58	0,995
3	1,010	-2,33	0,990
4	1,050	-1,64	0,950
5	1,110	-1,28	0,900
6	1,250	-0,84	0,800
7	1,330	-0,67	0,750
8	1,430	-0,52	0,700
9	1,670	-0,25	0,600
10	2,000	0,00	0,500
11	2,500	0,25	0,400
12	3,330	0,52	0,300
13	4,000	0,67	0,250
14	5,000	0,84	0,200
15	10,000	1,28	0,100
16	25,000	1,64	0,040
17	50,000	2,05	0,020
18	100,000	2,33	0,010
19	200,000	2,58	0,005
20	500,000	2,88	0,002
21	1000,000	3,09	0,001

(b). Metode Distribusi Log Normal

Metode distribusi log normal dapat dituliskan seperti pada persamaan 4.3.

$$P(X) = \frac{1}{\xi \cdot x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln X - \lambda)^2}{\xi^2} \right] \dots\dots\dots(4.3)$$

Dengan $P(X)$: fungsi densitas peluang log normal

$$\lambda \quad : \quad E \ln X$$

$$\xi \quad : \quad \sqrt{Var. \ln X}$$

$$\text{Log } X_T = \text{log } \bar{X} + K_{Tr} S_{\text{log}X} \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

$$CV = \frac{S_{\text{log}X}}{\text{log } \bar{X}} \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

$$S_{\text{log}X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{log } X - \text{log } X_i)^2}{(n-1)}} \quad \dots\dots\dots(4.6)$$

- Dengan X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan priode ulang T-tahun
- $\text{Log } \bar{X}$: Nilai rata-rata dalam harga logaritmik
- $S_{\text{log}X}$: deviasi standar dalam harga logaritmik
- K_{Tr} : Faktor frekuensi dari log normal 2 parameter, merupakan fungsi dari koefisien variasi Cv dan periode ulang
- Cv : Koefisien variasi dari log normal w pameter

Nilai K_{Tr} dan koefisien CV dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Harga K_{Tr} Perhitungan Distribusi Log Normal 2 Parameter

Variasi Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	20	25	50	100
CV	EXCEEDENCE PROBABILITY						
	0,500	0,200	0,100	0,050	0,040	0,020	0,010
0,05	- 0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	1,7609	2,1341	2,4570
0,10	- 0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	1,8061	2,2130	2,5489
0,15	- 0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	1,8482	2,2899	2,2607
0,20	- 0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	1,8866	2,3640	2,7716
0,25	- 0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	1,9206	2,4318	2,8805

0,30	- 0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	1,9514	2,5015	2,9866
0,35	- 0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	1,9775	2,5638	3,0890
0,40	- 0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	1,9990	2,6212	3,1870
0,45	- 0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,0162	2,6731	3,2799
0,50	- 0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,0291	2,7202	3,367.
0,55	- 0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,0378	2,7613	3,4488
0,60	- 0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,1475	2,7971	3,5211
0,65	- 0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,0435	2,8279	3,3930
0,70	- 0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,0410	2,8532	3,3663
0,75	- 0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,0353	2,8735	3,7118
0,80	- 0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,0268	2,8891	3,7617
0,85	- 0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,0157	2,9002	3,8056
0,90	- 0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,0012	2,9010	3,8137
0,95	- 0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	1,9868	2,9103	3,8762
1,00	- 0,2929	0,4254	1,0560	1,7815	1,9681	2,9010	3,9035

©. **Metode Distribusi Pearson type III**

Fungsi kerapatan distribusi Pearson type III mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$X_T = X_i + K_{Tr}S \dots\dots\dots(4.7)$$

- Dengan
- X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan priode ulang T-tahun
 - X_i : data ke i
 - S : deviasi standar nilai variant
 - K_{Tr} : Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari besarnya Cs
 - Cs : koefisien skewness

Nilai K_{Tr} dapat dilihat pada Tabel 4.4.

(d). Metode Distribusi Log Pearson type III

Fungsi kerapatan distribusi Log Pearson type III mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K_{Tr} S \dots\dots\dots(4.8)$$

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots(4.9)$$

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})}{n-1} \right]^{0,5} \dots\dots\dots(4.10)$$

Tabel 4.4 Harga K_{Tr} Perhitungan Distribusi Pearson Type III

Skew Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)					
	2	5	10	25	50	100
C'	EXCEEDENCE PROBABILITY					
Cs'	0,500	0,200	0,100	0,040	0,020	0,010
-3,0	0,396	0,49500	0,660	0,66225	0,666	0,667
-2,5	0,360	0,51413	0,771	0,78113	0,798	0,799
-2,0	0,307	0,52750	0,895	0,92688	0,980	0,990
-1,5	0,240	0,53175	1,018	1,09263	1,217	1,256
-1,2	0,195	0,52913	1,086	1,19588	1,379	1,449
-1,0	0,161	0,52363	1,128	1,26450	1,492	1,880
-0,9	0,148	0,52263	1,147	1,28650	1,519	1,660
-0,8	0,132	0,51975	1,166	1,33100	1,606	1,733
-0,7	0,116	0,51613	1,183	1,36300	1,663	1,806
-0,6	0,099	0,51188	1,200	1,39500	1,720	1,880
-0,5	0,083	0,50788	1,216	1,42638	1,777	1,955
-0,4	0,066	0,50288	1,231	1,45600	1,831	2,029
-0,3	0,050	0,49738	1,243	1,48563	1,890	2,101
-0,2	0,033	0,49238	1,258	1,51563	1,945	2,178
-0,1	0,017	0,48688	1,270	1,54375	2,000	2,232
0,0	0,000	0,48075	1,282	1,56288	2,031	2,326
0,1	-0,017	0,47388	1,292	1,59763	2,107	2,100

0,2	-0,033	0,46725	1,301	1,62275	2,159	2,472
0,3	-0,050	0,45963	1,309	1,64725	2,211	2,314
0,4	-0,066	0,45263	1,317	1,67100	2,261	2,615
0,5	-0,083	0,44425	1,323	1,69350	2,311	2,686
0,6	-0,099	0,43613	1,328	1,70713	2,339	2,755
0,7	-0,116	0,42738	1,333	1,62325	2,107	2,824
0,8	-0,132	0,41850	1,336	1,64238	2,153	2,891
0,9	-0,148	0,40963	1,339	1,66113	2,198	2,957
1,0	-0,164	0,40000	1,340	1,71575	2,342	3,022
1,2	-0,195	0,36938	1,310	1,80350	2,626	3,149
1,5	-0,240	0,34988	1,333	1,85050	2,713	3,330
2,0	-0,307	0,29638	1,302	1,90575	2,912	3,605
2,3	-0,360	0,24375	1,250	1,91300	3,018	3,815
3,0	-0,896	0,11750	1,180	1,91950	3,152	1,051

$$C_s = \left[\frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \right] \dots\dots\dots(4.11)$$

Nilai K_{Tr} dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Harga K_{Tr} Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III

Skew Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	25	50	100	200
C'	EXCEEDENCE PROBABILITY						
Cs'	0,500	0,200	0,100	0,040	0,020	0,010	0,005
-3,0	0,396	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667
-2,9	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-2,8	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,7	0,376	0,681	0,747	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,6	0,368	0,696	0,771	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,5	0,360	0,711	0,795	0,793	0,798	0,799	0,800
-2,4	0,351	0,725	0,819	0,823	0,830	0,832	0,833
-2,3	0,341	0,739	0,844	0,855	0,864	0,867	1,869
-2,2	0,330	0,752	0,869	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,1	0,319	0,765	0,895	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,0	0,307	0,777	0,920	0,959	0,980	0,990	0,995
-1,9	0,294	0,788	0,945	0,996	1,023	1,038	1,044
-1,8	0,282	0,799	0,970	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,7	0,268	0,808	0,884	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216

-1,5	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,3	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,1	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,770	1,955	2,108
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,3	0,500	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576

Tabel 4.5 Harga K_{Tr} Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III (*lanjutan*)

Skew Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	25	50	100	200
C'	EXCEEDENCE PROBABILITY						
Cs'	0,500	0,200	0,100	0,040	0,020	0,010	0,005
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
1,1	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,3	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,5	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,7	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,828	3,499	4,147
1,9	-0,282	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
2,1	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,3	-0,341	0,555	1,274	2,248	3,997	3,753	4,515

2,4	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,6	-0,368	0,799	1,238	2,267	3,017	3,899	4,718
2,8	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,937	4,847
2,8	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,9	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970

(e). Metode Distribusi Gumbel

Fungsi kerapatan distribusi Gumbel mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_{Tr} S \dots\dots\dots(4.12)$$

$$K_{Tr} = \frac{(y_t - y_n)}{S_n} \dots\dots\dots(4.13)$$

$$y_t = \left(0,834 + 2,303 \frac{(\log T)}{(T-1)} \right) \dots\dots\dots(4.14)$$

Dengan X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan priode ulang T-tahun
 S_n, Y_n : faktor pengurangan deviasi standar rata-rata sebagai fungsi dari jumlah data

Nilai K_{Tr} dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Harga K_{Tr} Perhitungan Distribusi Gumbel

Sampel	Yn	Sn	Sampel	Yn	Sn
10	0,4952	0,9496	56	0,5508	1,1696
11	0,4996	0,9676	57	0,5511	1,1708
12	0,5035	0,9833	58	0,5515	1,1721
13	0,5070	0,9971	59	0,5519	1,1734
14	0,5100	1,0095	60	0,5521	1,1747
15	0,5128	1,0206	61	0,5524	1,1759
16	0,5157	1,0316	62	0,5527	1,1770
17	0,5181	1,0411	63	0,5530	1,1782
18	0,5202	1,0493	64	0,5533	1,1793
19	0,5220	1,0565	65	0,5535	1,1803
20	0,5236	1,0628	66	0,5538	1,1814

21	0,5252	1,0696
22	0,5268	1,0754
23	0,5283	1,0811
24	0,5296	1,0864
25	0,5309	1,0915
26	0,5320	1,0861
27	0,5332	1,1004
28	0,5343	1,1047
29	0,5353	1,1086
30	0,5362	1,1124
31	0,5371	1,1159
32	0,5380	1,1193
33	0,5388	1,1226
34	0,5396	1,1255
35	0,5402	1,1287
36	0,5410	1,1313
37	0,5418	1,1339
38	0,5424	1,1363
39	0,5430	1,1388
40	0,5436	1,1413
41	0,5442	1,1436
42	0,5448	1,1458
43	0,5453	1,1480
44	0,5458	1,1499
45	0,5463	1,1519
46	0,5468	1,1538
47	0,5473	1,1557
48	0,5477	1,1574
49	0,5481	1,1590
50	0,5485	1,1607
51	0,5489	1,1623
52	0,5493	1,1638
53	0,5497	1,1658
54	0,5501	1,1667
55	0,5504	1,1681

67	0,5540	1,1824
68	0,5543	1,1834
69	0,5545	1,1844
70	0,5548	1,1854
71	0,5550	1,1854
72	0,5552	1,1873
73	0,5555	1,1881
74	0,5557	1,1890
75	0,5559	1,1898
76	0,5561	1,1906
77	0,5563	1,1915
78	0,5565	1,1923
79	0,5567	1,1930
80	0,5569	1,1938
81	0,5570	1,1945
82	0,5572	1,1953
83	0,5574	1,1959
84	0,5576	1,1967
85	0,5578	1,1973
86	0,5580	1,1987
87	0,5581	1,1987
88	0,5583	1,1994
89	0,5583	1,2001
90	0,5586	1,2007
91	0,5587	1,2013
92	0,5589	1,2020
93	0,5591	1,2026
94	0,5592	1,2032
95	0,5593	1,2038
96	0,5595	1,2044
97	0,5596	1,2049
98	0,5598	1,2055
99	0,5599	1,2060
100	0,5600	1,2065

Dari perhitungan analisis curah hujan untuk data harian maksimum dengan menggunakan ke lima metode tersebut dapat diperlihatkan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Rekapitulasi Analisis Frekuensi Data Hujan

Periode Ulang	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm)				
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
2	74.55	72.93	72.16	74.01	76.59
5	87.83	87.01	88.59	81.93	87.87
10	94.79	95.42	99.46	95.13	95.52
25	100.48	104.51	113.19	100.23	103.87
50	106.96	112.19	123.38	108.74	109.35
100	111.39	118.79	133.50	113.47	114.28

4.4.3 Pengujian Sebaran

Pengujian sebaran adalah untuk menguji apakah sebaran yang dipilih cocok dengan sebaran empirisnya. Pengujian parameter dilakukan dengan menggunakan metode *Smirnov-Kolmogorov*. Prosedur dasarnya mencakup perbandingan antara probabilitas kumulatif aktual di lapangan dan distribusi kumulatif yang ditinjau.

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Mengurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan menentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut :

$$X_1 \quad P(X_1)$$

$$X_2 \quad P(X_2)$$

$$X_3 \quad P(X_3)$$

- b. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data

$$X_1 \quad P'(X_1)$$

$$X_2 \quad P'(X_2)$$

$$X_3 \quad P'(X_3)$$

- c. Dari nilai kedua peluang tersebut ditentukan selisih terbesar antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis

$$\Delta = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_m)]$$

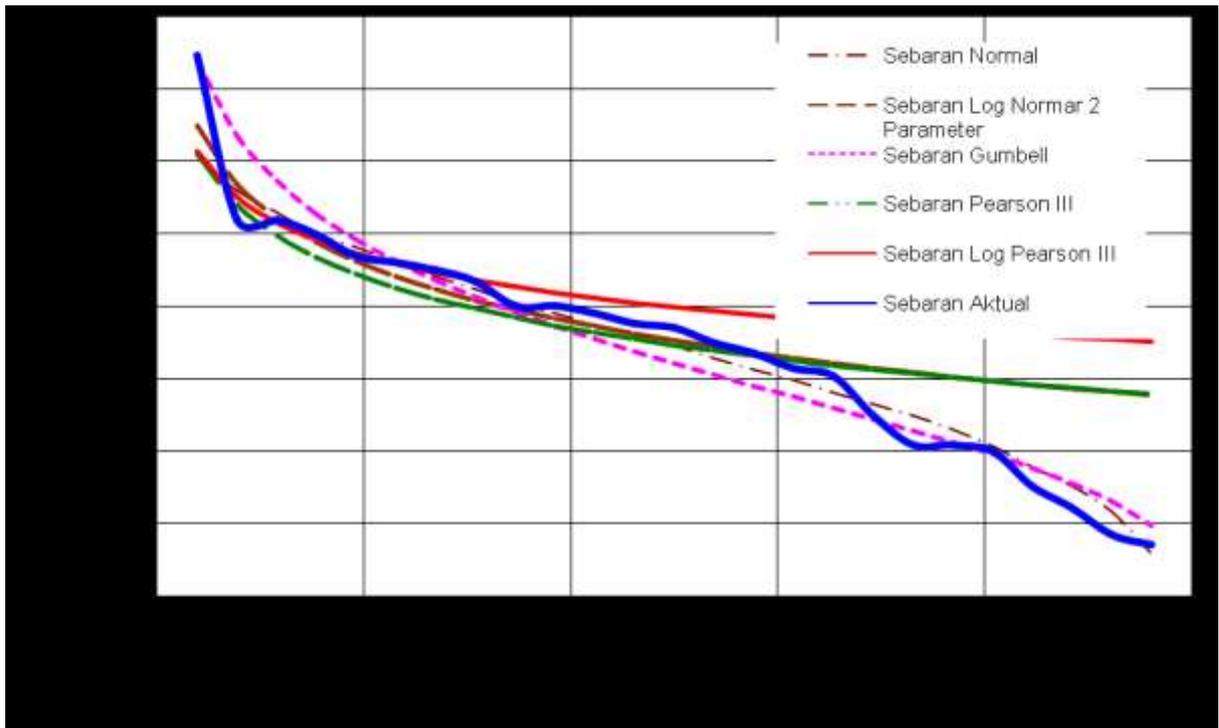
- d. Berdasarkan tabel nilai kritis ditentukan nilai D_0 (dapat di lihat pada tabel 4.8).

Tabel 4.8. Nilai Kritis (D_0) Smirnov-Kolmogorov

N	Nilai kritis Smirnov-Kolmogorov (a)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	$\frac{1,07}{n^{0.5}}$	$\frac{1,22}{n^{0.5}}$	$\frac{1,36}{n^{0.5}}$	$\frac{1,63}{n^{0.5}}$

Apabila nilai Δ lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, tetapi bila nilai Δ lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis tidak bisa diterima.

Perbandingan antara probabilitas kumulatif aktual dan distribusi kumulatif teori diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perbandingan Curah Hujan Jam-jaman Aktual dan Prediksi Stasiun Kenten

Dari hasil uji kecocokan dengan menggunakan Smirnov-Kolmogorov, 4 distribusi diterima (Normal, Log normal, Gumbell dan Pearson III), sedangkan 1 distribusi yaitu Log Pearson III ditolak karena selisih hujan aktual dan hujan prediksi nilainya melebihi nilai kritisnya (hasil pengujian selengkapnya dapat diperlihatkan pada Tabel 4.9).

Untuk menentukan distribusi yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya di ambil selisih hujan aktual dan hujan prediksi yang terkecil yaitu distribusi Gumbell

Tabel. 4.9. Rekapitulasi Uji kecocokan

No.	Selisih Untuk Nilai Kritis 5 %				
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
1	13.76	11.95	0.73	13.40	13.06
2	-4.03	-3.77	-11.54	-2.05	-3.20
3	-1.13	0.16	-5.46	2.04	0.22
4	0.08	1.21	-2.78	3.20	0.84
5	-1.18	0.36	-2.29	2.44	-0.40
6	-0.04	1.24	-0.24	3.39	0.14
7	0.87	1.77	1.35	3.98	0.36
8	1.14	1.59	2.15	3.86	-0.09
9	-0.50	-0.74	0.74	1.57	-2.68
10	0.99	0.31	2.68	2.66	-1.87
11	1.58	0.25	3.49	2.64	-2.15
12	1.77	-0.25	3.83	2.17	-2.86
13	2.45	-0.09	4.84	2.37	-2.90
14	2.16	-1.35	4.42	1.13	-4.35
15	2.15	-2.17	4.46	0.34	-5.34
16	1.71	-3.53	3.99	-0.99	-6.87
17	2.31	-4.02	4.40	-1.47	-7.53
18	-1.58	-8.86	0.53	-6.28	-12.51
19	-3.96	-12.42	-2.02	-9.82	-16.22
20	-2.04	-11.91	-0.41	-9.29	-15.86
21	-0.67	-12.33	0.39	-9.69	-16.41
22	-2.68	-16.66	-2.57	-14.01	-20.88
23	-3.02	-19.12	-3.40	-16.45	-23.46
24	-3.28	-22.50	-4.71	-19.81	-26.97
25	1.31	-23.40	-2.54	-20.69	-27.98
Selisih Maks Uji Kecocokan	13.76 Diterima	20.53 Diterima	11.54 Diterima	20.69 Diterima	27.98 Ditolak

4.4.4 Koefisien limpasan

Koefisien limpasan (C) merupakan nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah atau prosentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, sifat dan kondisi tanah, air tanah, derajat kepadatan tanah serta intensitas hujan.

Nilai koefisien aliran permukaan © dalam penelitian ini, merupakan fungsi dari beberapa variable penutup lahan dan hidrologi, meliputi penutup lahan, kemiringan lereng, infiltrasi dan nilai simpanan air permukaan. Metode perhitungan yang digunakan, mengikuti metode Cook (SCDT, 2003). Supaya dapat memperoleh koefisien aliran permukaan yang representative, nilai total koefisien aliran permukaan ditentukan dengan mempertimbangkan bobot factor menurut berbagai penutup lahan, yang dalam hal ini telah diklasifikasikan menjadi enam belas klasifikasi penggunaan lahan, dan pengelompokkan karakteristik tanah dan hidrologi.

Klasifikasi penutup lahan menurut perannya terhadap limpasan permukaan diklasifikasikan dan diberi skor, seperti tercantum dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Klasifikasi penutup lahan dan skor nilai C untuk limpasan permukaan

No.	Klasifikasi Penggunaan Lahan	Score
1	Alang-Alang	0,90
2	Bangunan	0,50
3	Danau, Empang, Kolam, Rawa, Sungai	0,20
4	Kebun, Pohon Karet	0,25
5	Kebun Kelapa	0,25
6	Kuburan	0,25
7	Ladang	0,50
8	Ruang Terbuka	0,35
9	Ruang Terbuka Hijau	0,25
10	Sawah	0,30
11	Tanah Kosong, Tidak ditanami	0,60
12	Jalan beraspal, berbeton, diperkeras	0,95

Sumber : Modifikasi SCDT (2003)

Klasifikasi kemiringan lereng, dsajikan pada Tabel 4.11. Pada tabel tersebut, klasifikasi kemiringan lereng dibagi menjadi empat klasifikasi dengan deskripsi kategorisasi yang telah memasukkan aspek relief (Modifikasi SCDT, 2003).

Tabel 4.11. Klasifikasi dan Skor Kemiringan lereng untuk limpasan permukaan

No.	Klas Kemiringan	Score
1.	Relatif datar < 3 %	0,1
2.	Bergelombang, dengan rerata 3 % - 5 %	0,15
3.	Berbukit, dengan Kemiringan lereng 5 % - 8 %	0,25
4.	Berbukit berat, dengan kemiringan lereng > 8 %	0,35

Sumber : Modifikasi dari SCDT (2003)

Pemetaan kemiringan lereng dilakukan dengan mengklasifikasikan data ketinggian dengan interval kontur setiap 0,25 m atau setiap 25 Cm, dengan menggunakan perangkat lunak Arc-GIS.

Tabel 4.12. Klasifikasi dan Skor Infiltrasi Tanah untuk Limpasan Permukaan

No.	Klas	Infiltrasi (mm/Jam)	Score
1.	Sangat Rendah	< 2,5	0,12
2.	Rendah	2,5 - 15	0,08
3.	Normal	15 - 28	0,06
4.	Tinggi	28 - 53	0,04
5.	Sangat Tinggi	>53	0,02

Sumber : Modifikasi dari Rickard and Cossen, SCDT (2003)

Simpanan air permukaan tidak dapat ditentukan secara langsung, dan didekati dengan variable pengganti (surrogate). Variabel pengganti tersebut, adalah kerapatan aliran (Dd), yang merupakan hasil bagi antara total panjang aliran dibagi dengan luas daerah pengaliran. Rumus kerapatan aliran, tersaji pada persamaan di bawah ini :

$$Dd = L/A$$

dimana Dd = Kerapatan aliran (Km/Km²), L = panjang total seluruh sungai dalam das, dalam Km, A = luas DAS dalam Km².

Tabel 4.13. Klasifikasi dan Skor Kerapatan Aliran untuk menghitung limpasan air permukaan

No.	Kerapatan Aliran (Km/Km ²)	Klasifikasi simpanan air permukaan berdasarkan Linsley (1959)	Score
1.	5	Pengatusan Ekstrem, tidak ada genangan	0,1
2	2 - 5	Sistem dan pola pengaliran cukup bagus. Air mengalir dengan lancar	0,08
3.	1 - 2	Normal, aliran sungai ada, terdapat genangan, namun < 2% dari total wilayah	0,06
4.	< 1	Drainase buruk, selalu tergenang	0,04

Sumber : Modifikasi dari Linsley (1959), Meijerink (1970)

BAB V ANALISIS DEBIT LIMPASAN DAN PEMODELAN HIDROGRAF

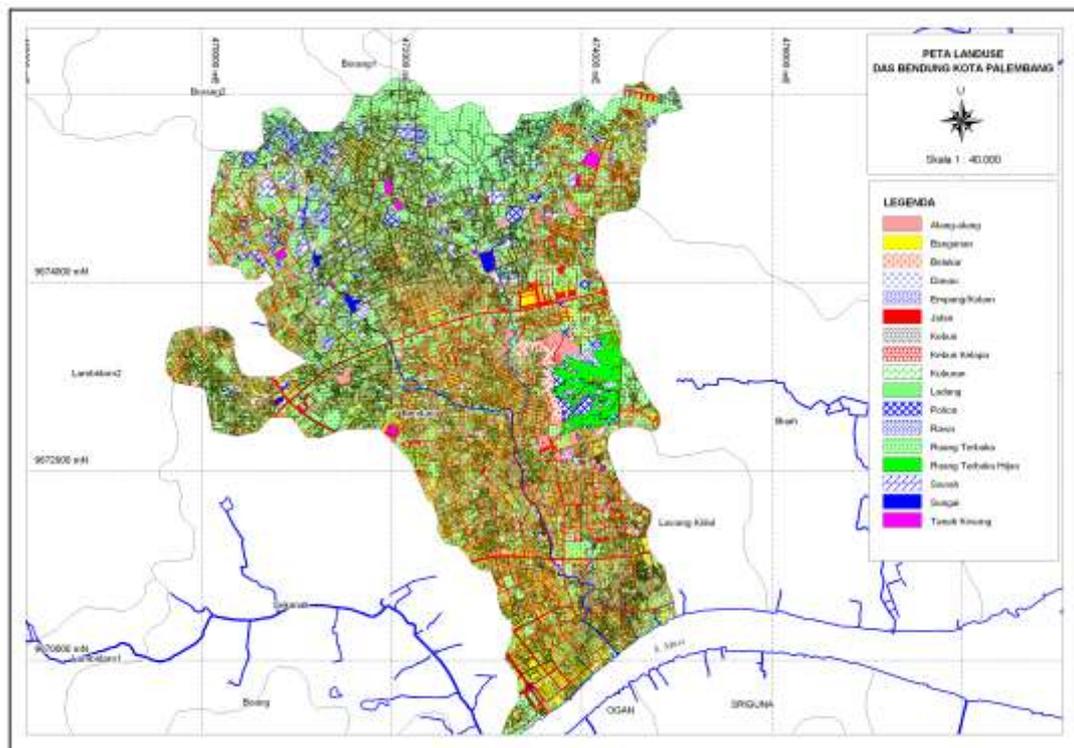
5.1. Analisis Daerah Tangkapan Hujan

Penelusuran batas daerah tangkapan hujan dilakukan menggunakan data DEM dengan interval spot height sebesar 25 Cm. Gambaran daerah tangkapan hujan di masing - masing DAS disajikan pada bahasan berikut.

5.1.1. Sub DAS Bendung

a. Penggunaan Lahan

Gambar 5.1. menggambarkan batas pengaliran sub sistem sungai Bendung, yang dibatasi oleh igir atau punggung bukit dari wilayah sekitarnya.



Gambar 5.1 Daerah Tangkapan Hujan Sungai Bendung

Dari hasil perhitungan daerah tangkapan hujan di DAS Bendung, diperoleh luas sebesar **1.949,028 Ha**.

Berdasarkan penggunaannya, karakteristik pemanfaatan lahan sub DAS Bendung terdiri atas penggunaan lahan ruang terbuka, yang terdiri atas daerah sempadan bangunan dan lainnya menempati ruang terbesar, yaitu sebesar 1.009,38 Ha atau kurang lebih 51 % dari total luas wilayah sub sistem sungai Bendung. Sementara pemanfaatan lahan bangunan, mencapai luasan kurang lebih 541,02 Ha atau kurang lebih 27,76 % dari total luas wilayah sub sistem sungai bendung.

Tabel 5.1. Pemanfaatan Lahan sub DAS Bendung

P LAHAN	Luas m2	Luas Ha	%
Bangunan	5,410,180.980	541.02	27.76
Ruang Terbuka	10,093,811.286	1,009.38	51.79
Empang/Kolam	200,879.174	20.09	1.03
Sawah	432,033.199	43.20	2.22
Kebun	22,757.645	2.28	0.12
Belukar	286,113.036	28.61	1.47
Alang-alang	268,187.523	26.82	1.38
Rawa	16,407.952	1.64	0.08
Danau	22,962.802	2.30	0.12
Kuburan	22,158.686	2.22	0.11
Tanah Kosong	96,814.021	9.68	0.50
Ruang Terbuka Hijau	379,987.616	38.00	1.95
Pohon	325,599.544	32.56	1.67
Ladang	94,104.146	9.41	0.48
Air	187,400.248	18.74	0.96
Jalan	1,629,158.098	162.92	8.36
Kebun Kelapa	1,999.719	0.20	0.01
Total	19,490,555.674	1,949.06	100.00

Sumber : Hasil interpretasi, 2009

b. Analisis limpasan

Koefisien ini mencerminkan keadaan permukaan daerah aliran. Koefisien pengaliran C merupakan perbandingan komponen berikut ini:

$$C = \frac{\text{Volume air yang berhasil mencapai muara DAS}}{\text{Volume air hujan yang jatuh diatas DAS}}$$

Berkurangnya air yang berhasil melewati muara daerah aliran disebabkan oleh:

Aliran tertahan oleh akar dan daun dari tanaman, dan tertahan diantara rerumputan atau semak belukar yang lebat.

Air meresap ke dalam lapisan tanah.

Tertahan dalam bentuk genangan air, bilamana permukaan daerah aliran tidak rata/banyak cekungan.

Tersimpan dalam sumur peresapan yang dibangun oleh penduduk kota, sehingga air hujan akhirnya meresap ke dalam tanah.

Dalam prakteknya terdapat berbagai tipe tata guna lahan bercampur baur dalam sebuah daerah aliran. Oleh karena itu, untuk mendapatkan **Koefisien pengaliran gabungan C_w** harus mempergunakan rumus komposit berikut:

$$C_w = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + A_n C_n}{A_1 + A_2 + A_n}$$

dimana:

C_w = koefisien pengaliran gabungan

A_1, A_2, A_n = Bagian luasan daerah aliran sebanyak n buah, dengan tata guna lahan yang berbeda-beda

C_1, C_2, C_n = koefisien pengaliran daerah aliran sebanyak n buah, dengan tata guna lahan yang berbeda.

c. Perhitungan debit limpasan

Penentuan debit banjir rencana, dilakukan menurut ketentuan Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, SNI. Penentuan debit banjir yang dilakukan adalah dengan Metode Unit satuan Hidrograf (Hidrograf Satuan).

Oleh karena luas daerah tangkapan yang relatif kecil (< 5000 Ha), maka model limpasan yang digunakan kali ini mengabaikan proses evapotranspirasi. Variabel yang diperhitungkan adalah debit aliran berdasarkan curah hujan harian maksimum selama 25 tahun terakhir (tahun 1993 hingga 2009).

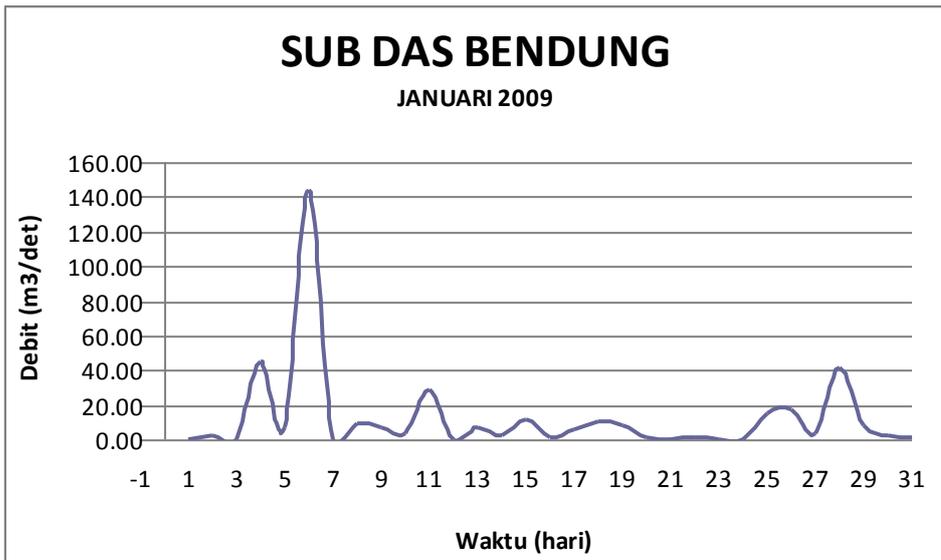
Metode perhitungan selanjutnya akan menggunakan data curah hujan harian maksimum selama 25 tahun terakhir dari 3 stasiun terdekat untuk menghitung debit banjir dengan periode ulang 25 tahunan.

Tabel 5.2. Perhitungan Debit Limpasan dan Pemodelan hidrograf sub DAS Bendung

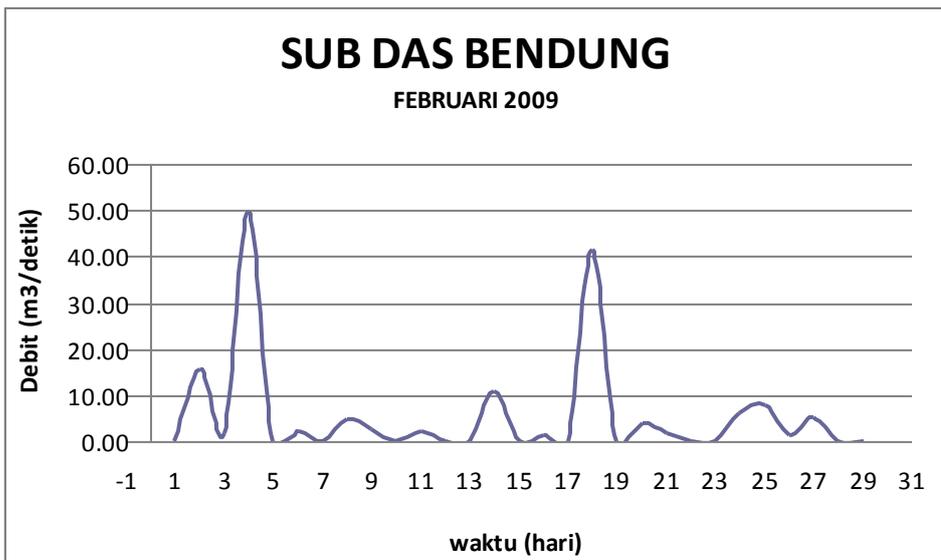
SUB DAS : BENDUNG
 Bulan : JANUARI 2009

TANGGAL	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q (m3/det)
1	0.43	0.00	1,949.06	0.00
2	0.43	0.80	1,949.06	1.85
3	0.43	0.00	1,949.06	0.00
4	0.43	19.50	1,949.06	45.10
5	0.43	2.90	1,949.06	6.71
6	0.43	62.40	1,949.06	144.33
7	0.43	0.00	1,949.06	0.00
8	0.43	4.00	1,949.06	9.25
9	0.43	3.10	1,949.06	7.17
10	0.43	1.40	1,949.06	3.24
11	0.43	12.50	1,949.06	28.91
12	0.43	0.00	1,949.06	0.00
13	0.43	3.00	1,949.06	6.94
14	0.43	0.80	1,949.06	1.85
15	0.43	5.00	1,949.06	11.56
16	0.43	0.60	1,949.06	1.39
17	0.43	2.30	1,949.06	5.32
18	0.43	4.30	1,949.06	9.95
19	0.43	3.40	1,949.06	7.86
20	0.43	0.50	1,949.06	1.16
21	0.43	0.00	1,949.06	0.00
22	0.43	0.40	1,949.06	0.93
23	0.43	0.00	1,949.06	0.00
24	0.43	0.00	1,949.06	0.00
25	0.43	6.30	1,949.06	14.57
26	0.43	7.30	1,949.06	16.88
27	0.43	1.50	1,949.06	3.47
28	0.43	17.70	1,949.06	40.94
29	0.43	3.70	1,949.06	8.56
30	0.43	0.90	1,949.06	2.08
31	0.43	0.30	1,949.06	0.69

Sumber : Hasil analisis, 2009



Gambar 5.2 Grafik Hubungan debit limpasan dengan Hujan Harian Bulan Januari



Gambar 5.3 Grafik Hubungan debit limpasan dengan Hujan Harian Bulan Februari

Tabel 5.3. Perhitungan Debit Limpasan dan Pemodelan hidrograf sub DAS Bendung

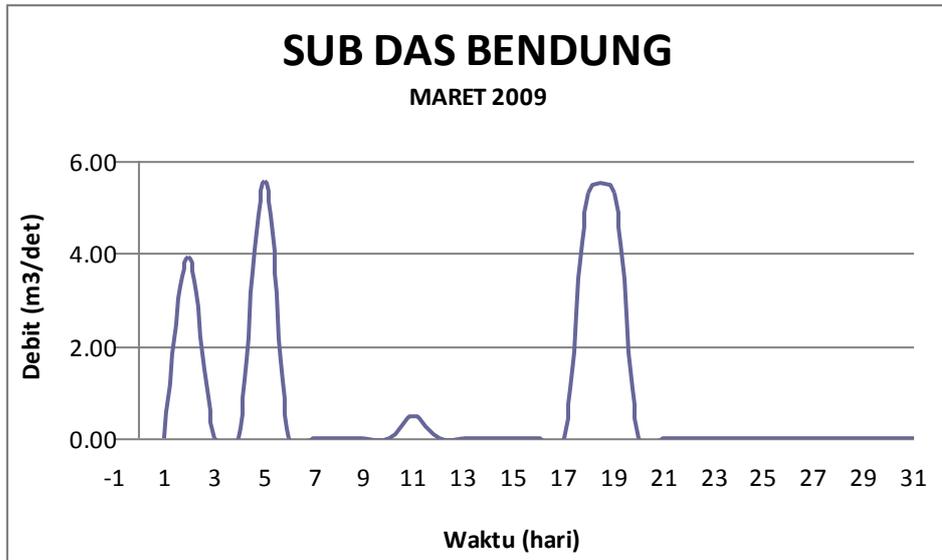
SUB DAS : BENDUNG
 Bulan : FEBRUARI 2009

TANGGAL	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q (m3/det)
1	0.43	0.20	1,949.06	0.00
2	0.43	6.70	1,949.06	15.50
3	0.43	0.80	1,949.06	1.85
4	0.43	21.50	1,949.06	49.73
5	0.43	0.00	1,949.06	0.00
6	0.43	1.00	1,949.06	2.31
7	0.43	0.00	1,949.06	0.00
8	0.43	2.10	1,949.06	4.86
9	0.43	1.20	1,949.06	2.78
10	0.43	0.00	1,949.06	0.00
11	0.43	0.90	1,949.06	2.08
12	0.43	0.00	1,949.06	0.00
13	0.43	0.00	1,949.06	0.00
14	0.43	4.60	1,949.06	10.64
15	0.43	0.00	1,949.06	0.00
16	0.43	0.50	1,949.06	1.16
17	0.43	0.00	1,949.06	0.00
18	0.43	18.00	1,949.06	41.63
19	0.43	0.00	1,949.06	0.00
20	0.43	1.60	1,949.06	3.70
21	0.43	0.80	1,949.06	1.85
22	0.43	0.00	1,949.06	0.00
23	0.43	0.00	1,949.06	0.00
24	0.43	2.60	1,949.06	6.01
25	0.43	3.40	1,949.06	7.86
26	0.43	0.50	1,949.06	1.16
27	0.43	2.30	1,949.06	5.32
28	0.43	0.00	1,949.06	0.00
29	0.43	0.00	1,949.06	0.00

Tabel 5.4. Perhitungan Debit Limpasan dan Pemodelan hidrograf sub DAS Bendung

SUB DAS : BENDUNG
 Bulan : MARET 2009

TANGGAL	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q (m3/det)
1	0.43	0.00	1,949.06	0.00
2	0.43	1.70	1,949.06	3.93
3	0.43	0.00	1,949.06	0.00
4	0.43	0.00	1,949.06	0.00
5	0.43	2.40	1,949.06	5.55
6	0.43	0.00	1,949.06	0.00
7	0.43	0.00	1,949.06	0.00
8	0.43	0.00	1,949.06	0.00
9	0.43	0.00	1,949.06	0.00
10	0.43	0.00	1,949.06	0.00
11	0.43	0.20	1,949.06	0.46
12	0.43	0.00	1,949.06	0.00
13	0.43	0.00	1,949.06	0.00
14	0.43	0.00	1,949.06	0.00
15	0.43	0.00	1,949.06	0.00
16	0.43	0.00	1,949.06	0.00
17	0.43	0.00	1,949.06	0.00
18	0.43	2.30	1,949.06	5.32
19	0.43	2.30	1,949.06	5.32
20	0.43	0.00	1,949.06	0.00
21	0.43	0.00	1,949.06	0.00
22	0.43	0.00	1,949.06	0.00
23	0.43	0.00	1,949.06	0.00
24	0.43	0.00	1,949.06	0.00
25	0.43	0.00	1,949.06	0.00
26	0.43	0.00	1,949.06	0.00
27	0.43	0.00	1,949.06	0.00
28	0.43	0.00	1,949.06	0.00
29	0.43	0.00	1,949.06	0.00
30	0.43	0.00	1,949.06	0.00
31	0.43	0.00	1,949.06	0.00



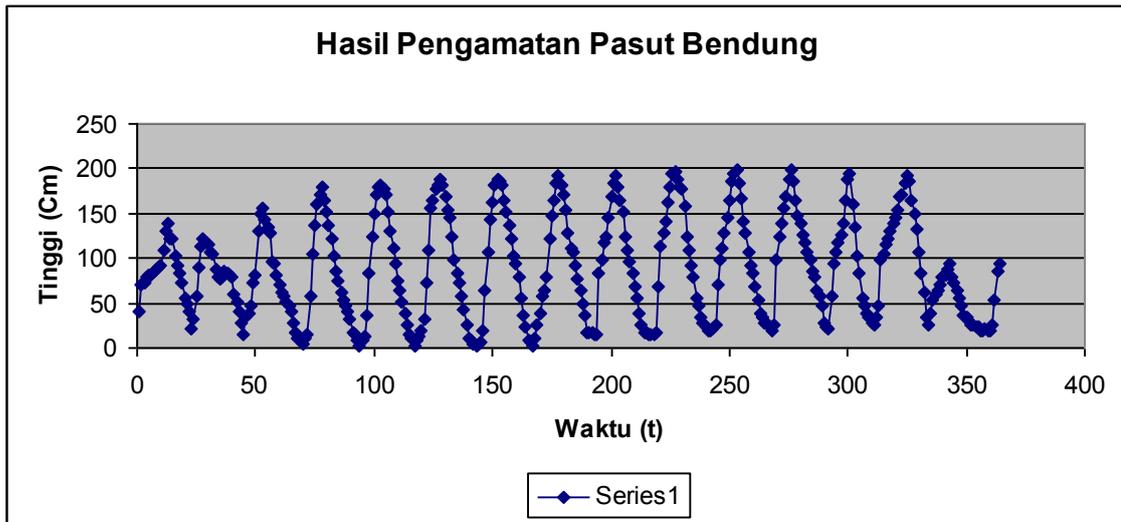
Gambar 5.4 Grafik Hubungan debit limpasan dengan Hujan Harian Bulan Maret, 2009

d. Pengukuran Pasang Surut

Pasang surut diperlukan untuk pemodelan banjir pada tahun kedua nanti. Tujuannya adalah untuk melihat tinggi permukaan air pada saluran yang ditinjau dalam meramalkan banjir. Pengamatan pasang surut dilakukan selama lima belas hari dan dicatat untuk setiap 30 menit. Data pengamatan pasut, juga diikatkan dengan titik datum yang ada disekitar lokasi pengamatan untuk mendapatkan ketinggian muka air banjir berdasarkan tinggi terhadap mean sea level (msl).



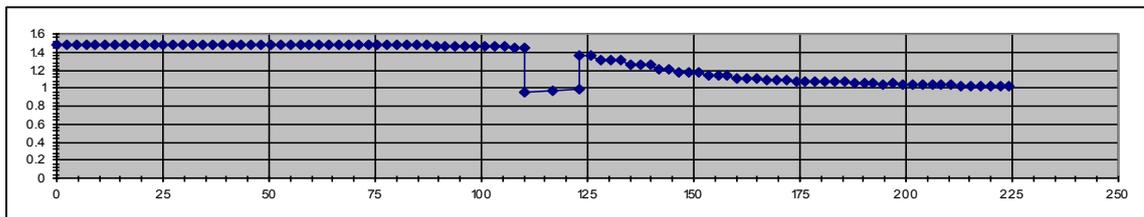
Gambar 5.5. Pengamatan Pasut dan Pengikatan titik pengamatan terhadap msl



Gambar 5.6. Hasil Pengamatan Pasang Surut Sungai Bendung

e. Pengukuran Cross Section Sungai

Ukuran penampang sungai diperlukan untuk melihat bentuk penampang sungai, baik kedalaman maupun lebarnya. Data tersebut diperlukan untuk menghitung kapasitas saluran sungai, apakah mampu menampung debit aliran sungai yang dialirkan sesuai dengan model yang dibangun untuk itu. Atas dasar tersebut, dalam penelitian ini, pengukuran penampang melintang sungai dilakukan dengan menggunakan theodolite, dan dilakukan untuk seluruh penampang sungai pada sub DAS yang ditinjau. Pengukuran dilakukan untuk setiap jarak 100 meter dengan lebar penampang dilakukan pengukuran 50 meter kiri dan kanan dari as sungai. Hasil pengamatan penampang melintang dapat dilihat pada gambar berikut, dan untuk lebih lengkapnya ada pada lampiran.



Gambar 5.6. Pengukuran Penampang melintang sungai Bendung pada muara sungai

BAB VI

Kesimpulan Dan Saran

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa penyebab banjir di beberapa wilayah sub DAS terdiri dari dua hal, yaitu :

1. Keterbatasan kapasitas saluran drainase lokal, dimana banjir/genangan terjadi akibat keterbatasan kapasitas alir saluran dan sistem saluran yang ada tidak tertata. Kapasitas saluran berkurang akibat sedimen, sampah, dan kerusakan pada saluran sehingga limpasan air tidak segera tersalurkan ke saluran utama.
2. Pengaruh tinggi muka air di sub system sungai dan Sungai Musi, dimana banjir/genangan terjadi karena adanya hambatan dalam pembuangan air ke saluran primer akibat muka air sedang tinggi. Perubahan muka air sungai tidak hanya akibat beban banjir dari sub system sungai tetapi juga akibat pengaruh pasang surut Sungai Musi
3. Beban banjir dari beberapa sub system sungai meningkat akibat perubahan penggunaan fungsi lahan untuk penyediaan sarana dan prasarana perkotaan.

6.2 SARAN

Berdasarkan hasil pengukuran penampang melintang, dan pasut, maka prioritas kegiatan penelitian Tahap kedua yang harus dilakukan dalam jangka pendek adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran arus setiap jam saat terjadi hujan tinggi dan pengukuran debit saluran terutama pada ruas hilir.
2. Pengamatan saluran drainase sekunder dan tersier di daerah rawan genangan.
3. Perlu dilakukan pengamatan pasut kembali, saat terjadi volume hujan tinggi
4. Peningkatan kapasitas dan pembangunan kolam retensi perlu dipertimbangkan dalam upaya penanggulangan banjir sekarang dan sebagaiantisipasi perubahan fungsi lahan untuk penyediaan sarana dan prasarana perkotaan.