

**PENGEMBANGAN KEMANDIRIAN ENERGI
PEDESAAN BERWAWASAN LINGKUNGAN MELALUI
RANCANG BANGUN KINCIR AIR APUNG
PADA SALURAN SEKUNDER DAERAH REKLAMASI
RAWA PASANG SURUT**

DISERTASI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Doktor (Dr.)
pada
Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:
DARMAWI
NIM: 20093602002**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
AGUSTUS 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul disertasi : Pengembangan Kemandirian Energi Pedesaan Berwawasan Lingkungan Melalui Rancang Bangun Kincir Air Apung Pada Saluran Sekunder Daerah Reklamasi Rawa Pasang Surut

Nama mahasiswa : Darmawi

NIM : 20093602002

Program Studi : Ilmu Lingkungan

Bidang Kajian Utama: Agro-Industri-Energi

Menyetujui:

Dr.Ir. Riman Sipahutar, MSc
Promotor

Dr.Ir. Siti Masreah Bernas, MSc
Ko-Promotor I

Dr. Momon Sodik Imanuddin, SP.,MP.
Ko-Promotor II

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya:

Ketua Program Studi
Ilmu Lingkungan:

Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si.,DEA
NIP: 19530414 197903 2 001

Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP: 196211221991021001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Darmawi
Tempat dan tanggal lahir : Tulung Selapan (OKI), 15 Juni 1958
Program Studi : Program Doktor (S3) Bidang Ilmu Lingkungan
NIM : 20093602002

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, pengolahan serta pemikiran penulis dengan pengarahan dari Promotor dan Ko-Promotor.
2. Karya ilmiah ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik baik di lingkungan Universitas Sriwijaya maupun di perguruan tinggi lainnya.

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

Palembang, 27 Agustus 2013
Saya yang membuat pernyataan:

Darmawi
NIM: 20093602002

ABSTRACT

A series of tests has been done to examine whether or not the flow of water through the sluice of secondary tidal irrigation canal could be harnessed as a source of energy. The water come into and go out of the canal as tidal current regarding the movement of tide. The location of canal is at Desa Bangun Sari Kecamatan Tanjung Lago, Kabupaten Banyuasin. Scientific measurements and theoretical studies on the behavior of the tide and the physical properties of flow at sluice. These data are utilized as the base of the design and the calculation of the construction frames of equipments used to convert the flowing water into electrical energy.

On the base of theoretical and practical reasons, the equipment constructed is a Floating Waterwheel. Diameter of the wheel is 78 centimeters surrounded by eight flat blades. Overall size of support construction is 90 centimeters wide and 200 centimeters long. The support construction is totally made of steel ST-37 and the waterwheel is totally made of Alluminium Alloy 6063 (AlMgSiO). The main consideration in selecting the material is to make the construction as light as possible. For the purpose of light and strength, the material used in the construction is steel in the form of strip and rectangle and the Alluminium Alloy in the form of flat and rectangle as well. The joints are welded for steels and riveted joint for aluminium alloy.

The sum of blades is determined by the torque acting on the shaft of the waterwheel when the wheel is immersed in the flowing water as deep as 20 centimeters at varying flow velocity. The depth of immersion is determined by the wants of waterwheel to work along the year, regarding the availability of minimum level at the summer season is 20 centimeters. The width of Floating Waterwheel is determined by the wide of the gate where the waterwheel will fit into, and the body length is determined by the requirement length for the equilibrium of forces. The form of blades are flat in order to harvest the energy contained in the water coming in and out of the canal reversibly.

The wheel of waterwheel is tested in the forms of Open Side and the Closed Side. The wheel of open side has the overall efficiency of 25.9%; the wheel of closed side has the efficiency of 45.7%. The carbon steel of ST-37 is used to construct the support frame of the floating waterwheel. All the support frame of waterwheel is underwater painted to prevent corrosion. The joints of the frame trusses are welded to yield a rigid connection. The upward force required to maintain the waterwheel stay float on the water is gained from the vacuum PVC pipes of six centimeters diameter arranged at the left and the right side of waterwheel.

The transmission system is consist of two stages of gear and three flexible couplings to transmit the power from the wheel to the alternator. Total transmission ratio from the main wheel to the alternator is 1 : 42.5.

The test results showing that the floating waterwheel produce power as long as eleven hours in one day of rain season. The power produce in five hours when the flow coming in and six hours when the flow coming out of the canal. The total energy produced in one day is 0.87 kWh. In the dry season the floating waterwheel produce power as long as twelve hours i.e, six hours when the flow coming in and six hours when the flow is coming out. The total energy produced is 1.3 kWh in one day.

The test conducted to the water of the canal before and after the floating waterwheel showing that no significant changes found. All items tested are below the allowable contamination limits determined by the local government.

Key words: Floating waterwheel, tidal current, hydropower, open side wheel, closed side wheel, allowable contamination limits.

ABSTRAK

Telah dilakukan serangkaian penelitian dalam rangka menguji apakah aliran air yang terdapat pada saluran irigasi rawa pasang surut di kawasan Telang II – Kabupaten Banyuasin dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan mengambil contoh kajian pada saluran irigasi sekunder yang berada di Desa Bangun Sari Telang II – Kecamatan Tanjung Lago. Data awal yang dihimpun meliputi pengambilan data lapangan berupa pengambilan foto, pengukuran geometri saluran, pendataan kecepatan aliran air pada musim hujan dan musim kemarau, pendataan sifat pasang surut, data sosial dan data kependudukan. Dilanjutkan dengan perencanaan serta perancangan wahana pengujian berupa Kincir Air Apung (KAA) yang kemudian diuji-terapkan di lapangan.

Kincir Air Apung (KAA) dibuat dengan ukuran panjang total dua meter dan lebar sembilan puluh sentimeter. Roda kincir dibuat berdiameter 78 sentimeter dengan sudu berbentuk rata berjumlah delapan buah. Roda kincir dibuat dalam dua bentuk, masing-masing roda kincir dengan sisi tertutup dan roda kincir dengan sisi terbuka. Material roda kincir kesemuanya terbuat dari aluminium paduan dari kelas Alloy 6063 (AlMgSiO) dengan density $2,71 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$, Ultimate Tensile strength: 130 Mpa dan Elongation 14%.

Jumlah sudu pada roda kincir ditentukan berdasarkan analisis momen puntir statik yang dihasilkan pada poros KAA yang dihitung berdasarkan kedalaman celup 20 sentimeter pada berbagai kecepatan aliran air. Kedalaman celup ditentukan berdasarkan kedalaman maksimum yang diperlukan agar KAA dapat beroperasi 24 jam dalam sehari semalam dan 360 hari dalam setahun. Lebar sudu 50 sentimeter ditentukan berdasarkan lebar pintu air yang tersedia dengan menyisakan ruang untuk sistem penyangga dikiri dan dikanan kincir agar keseluruhan konstruksi dapat mengapung dan dapat beroperasi secara stabil.

Roda kincir dibuat dalam dua bentuk yang berbeda, yaitu roda kincir sisi terbuka dan roda kincir sisi tertutup. Pengujian dilakukan pada kedua macam roda kincir, yaitu roda kincir sisi terbuka dan roda kincir sisi tertutup dengan diameter dan jumlah sudu yang sama. Roda kincir dengan sisi tertutup lebih efektif menghasilkan daya dengan efisiensi 45,7% dan roda kincir sisi terbuka dengan efisiensi 25,9%. Konstruksi penyangga dibuat dari baja ST-37 dalam bentuk profil strip dan profil siku untuk memikul semua beban terutama roda kincir dan sistem transmisi. Untuk memberikan perlindungan terhadap serangan korosi maka semua baja konstruksi dilapisi dengan cat tahan air. Sambungan las digunakan dalam konstruksi untuk memastikan masing-masing batang terikat secara rigid satu sama lain dan memberikan kekuatan maksimum terhadap rangka. Gaya dorong keatas pada keseluruhan konstruksi berasal dari pipa PVC berdiameter enam sentimeter dan panjang dua meter yang dipasang pada sisi kiri dan sisi kanan rangka penyangga sebanyak empat buah pada sisi kiri dan empat buah pada sisi kanan.

Sistem transmisi terdiri dari dua tingkat roda gigi dan tiga buah sambungan kopling tidak tetap dengan ratio transmisi 1 : 42,5 Putaran yang dihasilkan roda kincir diteruskan ke roda gigi dengan dua tingkat kecepatan. Putaran yang keluar dari roda gigi diteruskan ke alternator sehingga menghasilkan daya listrik.

Hasil pengujian yang dilakukan pada pintu air menunjukkan, pada musim hujan turbin air menghasilkan daya selama 11 jam dalam sehari semalam, yaitu 5 jam pada saat aliran masuk saluran dan 6 jam pada saat aliran keluar saluran. Energi total yang

dihasilkan pada musim hujan adalah 0,87 kWh perhari. Pada musim kemarau alternator dapat menghasilkan daya selama 12 jam. Terdiri dari 6 jam pada saat aliran masuk saluran dan selama 6 jam pada saat aliran keluar saluran irigasi. Energi total yang dihasilkan 1,3 kWh perhari.

Pengujian terhadap badan air sebelum dan sesudah KAA tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan. Pemeriksaan laboratorium menunjukkan adanya kenaikan kandungan zat padat terlarut dalam air dari 112 mg/ltr menjadi 407 mg/ltr dan kenaikan zat padat tersuspensi dari 18 mg/ltr menjadi 21 mg/ltr. Terjadi juga kenaikan oksigen terlarut dari 4,48 mg/ltr menjadi 4,58 mg/ltr. Peningkatan juga terjadi pada keasaman air, dimana terjadi pH berubah dari 3,60 menjadi 2,56 yang berarti peningkatan keasaman. Kenaikan ini semua diperkirakan merupakan dampak dari putaran roda kincir yang menyebabkan naiknya lumpur dari dasar pintu air ke titik pengukuran sehingga meningkatkan TSS dan TDS serta makin banyaknya oksigen terlarut kedalam air. Kenaikan ini dapat diabaikan karena kecil dan jauh dari ambang batas yang diizinkan yaitu 1500 mg/ltr untuk TDS dan 50 mg/ltr untuk TSS serta 6 mg/ltr untuk oksigen terlarut. Dapat disimpulkan bahwa aplikasi Kincir Air Apung pada saluran irigasi sekunder tidak berpengaruh negatif terhadap kualitas air pada saluran.

Kata kunci: Kincir Air Apung, Arus pasang, hydropower, roda sisi terbuka, roda sisi tertutup, batas yang diizinkan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Swt, yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya yang dengan itu penulis dapat menyelesaikan proposal ini. Kiranya tanpa rahmat dan kasihNya maka semua usaha yang saya lakukan tak memiliki makna. Maha besar Allah.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Dr.Ir. Riman Sipahutar, MSc selaku Promotor yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penelitian hingga selesainya penulisan disertasi ini.
- Dr.Ir. Siti Masreah Bernas, MSc selaku Ko-promotor yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penelitian dan penulisan laporan penelitian.
- Dr. Momon Sodik Imanuddin, S.P.,MSc. selaku Ko-promotor yang telah memberikan arahan dalam penulisan dan bimbingan selama dalam pengujian.
- Prof. Bart Schultz, PhD, seorang dosen senior dalam bidang Land and Water Development pada Unesco-IHE Delft Belanda. Beliau telah membimbing penulis secara detail dan teliti terutama pada tahap penyiapan proposal penelitian serta penentuan arah penelitian pada lahan basah Telang II - Banyuasin.
- FX Suryadi PhD, seorang dosen senior dalam bidang Land and Water Development pada Unesco-IHE Delft Belanda. Beliau telah memberikan bantuan berupa suplai materi keilmuan, bantuan data, arahan dan kesempatan kunjungan ke objek-objek terkait hydropower di Delft- Belanda.
- Dr. Luigia Brandimarte, seorang dosen dalam bidang Hydraulic Engineering and River Basin Development pada Unesco-IHE Delft Belanda. Beliau adalah orang

pertama yang mensuplai materi ilmiah terkait hydropower kepada penulis. Melalui bantuan itu penulis tersadar untuk mengakses lebih banyak bahan serupa untuk memperkaya wawasan dan pustaka.

- Dr. Miroslav Marenc, seorang Associate Professor dalam bidang Hydraulic Engineering and River Basin Development pada Unesco-IHE Delft Belanda. Kontribusi beliau pada disertasi adalah memberikan penjelasan tentang kaitan antara putaran alternator dan jumlah kutub pada kumparan sehingga penulis dapat membayangkan bagaimana mendapatkan daya listrik dari sebuah alternator pada putaran rendah.
- Prof. Dr.Ir.Robiyanto Hendro Susanto, M.Agr.Sc. Ketua Program Studi Doktor Ilmu–ilmu Lingkungan pada Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi dan memotivasi kemauan sehingga selalu timbul semangat belajar. Beliauah juga yang mengenalkan kepada penulis rawa pasang surut Delta Telang - Kabupaten Banyuasin berikut potensi energi yang ada pada saluran irigasi disana.
- Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si.,DEA. Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya beserta semua staf yang telah menjalankan fungsi-fungsi pada lembaga ini sehingga proses pendidikan ini dapat berjalan efektif dan efisien.
- Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA, Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan dukungan tiada berhingga kepada penulis selama melaksanakan Tugas Belajar ini sehingga memotivasi dan meringankan penulis dalam melaksanakan proses belajar.
- Prof. Dr. Badia Perizade, Rektor Universitas Sriwijaya yang telah memberikan Tugas Belajar kepada penulis untuk dilaksanakan terhitung sejak tahun 2009 dan memberikan berbagai bantuan dalam penyelesaian program doktor ini sehingga

sangat meringankan.

- Ir. Soekotjo Trisulistyo, Dipl. HE Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Sumatera VIII, Kementerian Pekerjaan Umum Provinsi Sumatera Selatan beserta segenap staff terkait yang telah membantu survey lokasi, memberikan data dan peta serta telah memberikan izin penggunaan lokasi untuk penelitian.
- Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Camat Tanjung Lago, Kepala desa dan Sekretaris Desa Bangun Sari dan Ketua Kelompok Tani desa Bangun Sari yang telah membantu memberikan data serta informasi tentang penduduk desa dan permasalahan yang dihadapi petani setempat.
- Terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada Pak Jono yang merupakan pemilik pondok yang dekat dengan tempat percobaan ini dilakukan, yang telah banyak membantu dan memberikan interaksi positif selama melakukan penelitian mulai dari tahap survey awal hingga melaksanakan pengujian di lapangan.
- Tak lupa ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Bpk. Ir. Macorios, Ir. Jimmy Nasution, MT., Umar Abd. Aziz, Eric Estrada, Abubakar dan anak kandungku Mardhiah yang telah membantu dalam penyelesaian disertasi ini baik dalam bentuk pembuatan gambar, praktek pengukuran, pengujian lapangan dan kerja bengkel yang tak dapat saya lakukan sendiri tanpa bantuan pihak lain.
- Almarhumah isteriku DR. Murni, MA yang telah berpulang kerahmatullah pada tanggal 26 Mei 2012 pada saat program doktor ini sedang dilaksanakan. Beliau telah memberikan dukungan moril maupun materil untuk kesuksesan proses pendidikan ini.
- Terima kasih juga penulis sampaikan kepada segenap anggota keluarga ibu-bapak dan adik-adik teristimewa isteriku tercinta Hj. Azizah, SH, MHum. beserta anak-anak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil selama penulis

melaksanakan Tugas Belajar pada Program Doktor Pascasarjana Universitas Sriwijaya sehingga tugas ini dapat diselesaikan dengan baik. .

- Akhirnya penulis menyampaikan doa kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun secara tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga Bapak/Ibu dan Saudara semua mendapatkan pahala dan balasan yang setimpal dari Allah swt dan semoga semua yang penulis lakukan dalam penelitian ini mendapatkan ridho dari Allah swt. Amien.

Palembang, 27 Agustus 2013

Penulis.

RIWAYAT HIDUP

Darmawi lahir di Tulung Selapan Kabupaten Ogan Komering Ilir pada tanggal 15 Juni 1958. Merupakan putra keempat dari delapan bersaudara dari pasangan H.Bayin Redam dengan Hj. Mahidap Abdul Muin. Menikah dengan Hj. Azizah, SH., MHum., pada tanggal 29 Maret 2013 dan memiliki enam orang anak serta seorang cucu.

Diangkat sebagai Pegawai Negeri Sipil dengan tugas sebagai Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya sejak 1 Maret 1987. Jabatan akademik sebagai Lektor Kepala Golongan IV/a. Nomor Sertifikasi Dosen: 091100909932. Nomor Induk Dosen Nasional: 0015065809.

Pada tanggal 24 April 2007, mendapat anugerah Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya 20 Tahun dari Presiden Republik Indonesia, melalui Keppres No: 011/TK/Tahun 2007.

Pendidikan Formal:

- 1) Tamat Sekolah Dasar Negeri Pertamina - Plaju, tahun 1970
- 2) Tamat Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri VII Palembang, tahun 1973
- 3) Tamat Sekolah Teknologi Menengah St. Yacobus Palembang, tahun 1976
- 4) Lulus Sarjana dalam bidang Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya-Palembang, dengan gelar Insinyur pada tahun 1986
- 5) Lulus Pasca Sarjana dalam bidang Rekayasa Korosi pada Institut Teknologi Bandung, dengan gelar Magister Teknik, pada tahun 1995.
- 6) Lulus Pasca Sarjana dalam bidang Teknologi Energi, pada Jurusan Teknik Kimia, PPS-Unsri, dengan gelar Magister Teknik, pada tahun 2003.

Pendidikan non-formal Bidang Energi & Lingkungan di Dalam dan Luar Negeri.

- 1) Power Plant and Energy related Studies (Thermal Power Engineering), , University of Liverpool, England. Agustus 1987 s/d Oktober 1988.
- 2) Kursus Ke-energian, Institut Teknologi Bandung, Bandung – Indonesia. Januari 1991 s/d April 1991
- 3) Engineering Training, Toyohashi University, Japan, Maret 1994 s/d September 1994
- 4). Program Sandwich untuk Mahasiswa Program Doktor se-Indonesia Delft – The Netherland 21 September 2012 – 5 Desember 2012

Publikasi Ilmiah Terkait Energi dan Lingkungan dalam 3 Tahun Terakhir:

- 1) Our Future Challenge: Change The Waste Into Energy, International Seminar on Energy Science and Technology, Palembang – Indonesia, 2009.
- 2) Hydro Energy and Its Significant Role in the Future of Indonesian Energy, Case Study: Telang II – Banyuasin. International Seminar on Energy Science and Technology, Palembang, October 5-6, 2011.
- 3) Hambatan dan Tantangan Pemanfaatan Aliran Air Pada Saluran Irigasi Sekunder Untuk Memompakan Air ke Lahan Persawahan Sebagai Dukungan Bagi Pengelolaan Lahan Sub-Optimal di desa bangun Sari Telang II – Kabupaten Banyuasin, Seminar Nasional Perhepi, Palembang 6 Juni 2012.
- 4) Renewable Energy and Hydropower Utilization Tendency Worldwide, International Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier,

Volume 17, Edisi January 2013.

- 5) Pico Hydropower Application on Tidal Irrigation Canal Supporting the Indonesian Activities. Case Study: Telang II – Banyuasin, 1st International Conference Sustainable Agricultural, Food and Energy, Improving The Quality of Life. Padang – Indonesia, 12 – 14 Mei 2013.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR SINGKATAN DAN SYMBOL.....	xxi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Kemandirian Energi Pedesaan.....	9
C. Keterbaruan Penelitian.....	11
D. Perumusan Masalah.....	12
E. Tujuan Penelitian.....	13
F. Manfaat Penelitian.....	13
G. Hopotesis.....	15
H. Alur Fikir Penelitian.....	15
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	18
A. Hydropower.....	18
1. Turbin Air.....	21
2. Energi Pasang Surut.....	23
i. Turbin air yang bekerja berdasarkan dam (Tidal Barrages)	24
ii. Turbin air yang bekerja berdasarkan arus pasang (Tidal Current Turbine).....	26
B. Kincir Air Waterwheel).....	34
C. Pasang dan Tipe Pasang.....	38
D. Telang II – Banyuasin.....	43
1. Agro-Sosioekonomi Telang II.....	46
2. Topography.....	48
3. Hydrology.....	48
4. Kebutuhan air untuk tanaman.....	49
5. Keseimbangan Air.....	50
6. Kualitas Air.....	51
7. Saluran Primer dan Sekunder Telang II.....	53
8. Perilaku Pasang Surut di Telang II.....	55
9. Hidrotopografi Lahan Rawa.....	60
E. Ekstraksi Daya Teoritis Pada Saluran.....	61
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	64
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	64

1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	65
B. Metode Pengumpulan Data.....	67
1. Phase pertama	67
2. Phase kedua.....	68
3. Phase ketiga	71
4. Phase keempat.....	72
 BAB IV. HASIL-HASIL PENELITIAN	 73
A. Kecepatan Aliran dan Perilaku Pasang Surut Pada Pintu Air Bangun Sari.....	73
B. Perencanaan dan Perekayasaan Kincir Air Apung	78
1. Pilihan Material.....	78
2. Konstruksi Rangka Penyangga	80
3. Roda Kincir	81
4. Sudu Kincir dan Lengan Sudu	83
5. Poros Roda Kincir.....	87
6. Sistem Transmisi.....	89
7. Bantalan Poros dan Pelumasan	93
C. Momen Statik Pada Poros Kincir dengan Jumlah Sudu 8 buah, 10 dan 12 buah Pada Kedalaman Celup 20 cm.....	94
D. Perekayasaan Konstruksi Kincir Air Apung.....	97
E. Uji Apung Konstruksi dan Pengujian Kinerja Turbin Air	100
1. Uji Apung Konstruksi	101
2. Pengujian Simulatif Alternator	102
3. Pengujian Lapangan Kincir Air Apung	103
4. Pengujian Pada Pintu Air Bangun Sari – Telang II	112
F. Rona Lingkungan.....	114
1. Karakteristik Fisik.....	116
2. Karakteristik Kimia.....	118
 BAB V. PEMBAHASAN	 122
A. Tinggi Permukaan Air, Kecepatan Aliran dan Runoff	122
B. Daya Yang Dihasilkan dan Usaha Kedepan	124
1. Daya yang Dihasilkan Pada Musim Hujan	126
2. Daya yang Dihasilkan Pada Musim Kemarau	126
3. Kemandirian Energi Pedesaan dan Upaya-upaya Kedepan.....	127
C. Pilihan Material Kincir Air	132
D. Revisi-revisi Rancangan dan Catatan Lapangan.....	133
E. Dampak Lingkungan	136
F. Analisis Keekonomian Kincir Air Apung	138
 BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	 140
 DAFTAR PUSTAKA	 144
 DAFTAR LAMPIRAN.....	 149

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Konsumsi energi Indonesia sekarang dan proyeksi yang diharapkan pada tahun 2025	5
2. Distribusi lahan basah di Indonesia dan lahan yang sudah dikembangkan ...	7
3. Saluran Irigasi Pasang Surut di Sumatera Selatan *)	8
4. Pembangkit listrik hydropower yang beroperasi di berbagai lokasi di dunia..	20
5. Klasifikasi hydropower berdasarkan daya yang dihasilkan	22
6. Distribusi Luas tanah untuk daerah Telang II.....	45
7. Jumlah penduduk di desa-desa wilayah Telang II Tahun 2007	46
8. Luas rata-rata per kepala keluarga di tiap desa pada tahun 2007.....	46
9. Nilai Imbangan Air antara hujan yang tersedia dengan kebutuhan air untuk tanaman	51
10. Saluran Primer Delta Telang II.....	54
11. Saluran Irigasi Sekunder Delta Telang II	54
12. Kartu Catatan Produktifitas Kincir Air.....	72
13. Tabel gaya statik dan momen puntir pada poros roda kincir pada Kecepatan arus antara 0,5 m/detik – 2 m/detik untuk roda kincir dengan blade 8, 10 dan 12.....	96
14. Hasil Pengujian Kinerja Turbin Air dengan Roda Kincir Blade 8 Sisi Tertutup.....	106
15. Hasil Pengujian Kinerja Turbin Air dengan Roda Kincir Blade 8 Sisi Terbuka	109
16. Efisiensi roda kincir sisi terbuka dan sisi tertutup pada berbagai Keadaan	111
17. Analisis Kualitas Badan Air di Pintu Air Bangun Sari – Telang II Sebelum dan sesudah Turbin Air	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kapasitas daya listrik dunia yang dibangkitkan pada tahun 2010 (GW)*	4
2. Fungsi irigasi yang dikenal masyarakat dan fungsi baru yang ingin dikembangkan, yaitu energi. Gambar I.3: Alur fikir penelitian.....	12
3. Alur pikir penelitian	16
4. Bagan alir penelitian	17
5. Air mengalir masuk dam ketika pasang masuk	19
6. Air mengalir keluar dam ketika pasang surut.	19
7. DeltaStream Turbine dengan diameter masing-masing 15 meter.....	28
8. (a): Free Flow Turbine (b). Evopod Tidal Turbine.....	29
9. Gorlov Helical Turbine	30
10. Lunar Energy Tidal Turbine	30
11. Turbin Nereus (Atas) dan Turbin Solon (Bawah).....	31
12. (a) Tidal Stream Turbine (b) Stingray Tidal Energy Converter	33
13. Turbin Air sebagai pompa air.	35
14. Type-type Turbin Air	36
15. Kincir Air digunakan sebagai aerator air	37
16. Kincir Air sebagai pembangkit listrik.....	38
17. Pasang Purnama (Spring Tide)	40
18. Pasang Perbani, terjadi bila posisi Bumi, Bulan dan Matahari membentuk sudut 90 derajat.....	41
19. Grafik Pasang Diurnal dalam sehari.	41
20. Grafik Pasang Semi-Diurnal	42
21. Grafik Pasang Campuran (Mixtide).....	42
22. Distribusi global pasang surut pada pantai-pantai dunia dimana kebanyakan pantai memiliki type pasang semi-diurnal	43
23. Peta lokasi Daerah Rawa Pasang Surut Delta Telang II.....	44
24. Peta Saluran Irigasi Delta Telang II.....	53
25. Fluktuasi pasang surut di lokasi hilir saluran primer	55
26. Fluktuasi Pasang Surut berdasar elevasi di hulu saluran primer.....	56
27. Pola pasang surut pada musim kemarau tahun 2008	57
28. Diagram level air dan Kecepatan aliran pada pintu air Desa Bangun Sari musim kemarau Agustus 2011	58
29. Tinggi dan kecepatan aliran pada pintu air pada September 2011	59
30. Penggolongan hidrotopografi lahan rawa	60
31. a.Pintu air di desa Bangun Sari pada musim hujan bulan Maret 2011 b.Pintu air di desat Bangun Sari pada musim kemarau September 2011	65
32. Sebuah pondok dekat pintu air yang telah berdiri selama 8 tahun tanpa penerangan listrik.....	65
33. Tampak samping pintu air Bangun Sari	66
34. Tampak atas pintu air Bangun Sari.....	66
35. Diagram benda bebas gaya-gaya yang terjadi pada kincir air	70
36. Diagram Alir Analisis Daya Kincir Air.....	71
37. Rancangan Imajinatif	72
38. Tinggi dan Kecepatan Aliran Air pada pintu air pada musim Hujan bulan Januari 2011	75

39. Kecepatan aliran, Tinggi permukaan dan Debit aliran pada Saluran Sekunder pada musim hujan dimana pasang bersifat Diurnal penuh.	75
40. Kecepatan aliran dan Tinggi permukaan air pada Saluran Sekunder Pada musim kemarau dimana pada minggu ke I dan minggu ke III (Pasang Perbani) pasang bersifat Semi-Diurnal	76
41. Kecepatan aliran, Tinggi permukaan dan Debit aliran pada Saluran sekunder pada usim kemarau dimana pada minggu ke I dan Ke III pasang bersifat Semi-Diurnal.....	76
42. Kecepatan aliran dan Tinggi permukaan air pada pintu air desa Bangun Sari pada saat perbani pada ujung musim kemarau September 2011 dimana terjadi tiga puncak dan dua lembah dalam sehari semalam.....	77
43. Kecepatan aliran, Tinggi permukaan dan Debit aliran air pada saluran Sekunder desa Bangun Sari di penghujung musim kemarau 2011.....	77
44. (a).Roda kincir sisi terbuka (b) Roda kincir sisi tertutup.....	81
45. Rancangan konstruksi Kincir air apung untuk saluran irigasi sekunder Telang II pada berbagai posisi pandangan	82
46. Sudu dan Penguat.....	84
47. Ilustrasi gaya yang bekerja pada ujung sudu	84
48. Ilustrasi gaya merata yang bekerja pada bagian tengah permukaan Sudu	86
49. Bagan Sistem Transmisi Roda Gigi dan Kopling Pada Kincir Air Apung	92
50. Analisis gaya pada sudu untuk jumlah blade 8,10 dan 12 buah pada Kedalaman tercelup 20 cm	95
51. (a) Roda kincir dengan 8 buah sudu. (b) Kerangka penopang (c) Pembuatan kerangka konstruksi penopang (d) Roda kincir dan Kerangka penopangnya.....	98
52. Roda kincir dengan Sisi Terbuka dan Sisi Tertutup yang sudah dibuat	98
53. Turbin air dengan roda kincir 8 sudu sisi tertutup	99
54. Turbin air dengan roda kincir 8 sudu sisi terbuka	99
55. Sistem transmisi roda gigi dan kopling ke alternator	100
56. Pengapungan konstruksi dengan 14 pipa diameter 5 cm panjang 200 cm (b)Pengapungan konstruksi setelah roda kincir dipasang.(c) Pengapungan konstruksi dengan 8 pipa berdiameter 5 cm dan panjang 200 cm.....	102
57. Kinerja alternator berdasarkan pengujian simulatif.....	103
58. Pengujian dengan simulasi kecepatan aliran pada anak sungai Musi.....	104
59. Efisiensi Turbin Air dengan roda kincir sisi terbuka dan sisi tertutup	112
60. Tinggi permukaan air pada saluran dan Kecepatan aliran pada saat bersamaan	113
61. Kecepatan aliran air dan daya yang dihasilkan pada alternator.....	113
62. Kecepatan aliran dan Estimasi daya yang dihasilkan pada alternator dengan referensi data pada musim kemarau Juli 2012	114

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta rawa dan saluran irigasi pasang surut Sumatera Selatan	149
2. Peta saluran irigasi pasang surut Delta Telang II – Banyuasin.....	150
3. Tabel data ketinggian air, kecepatan dan debit aliran pada selang Antara musim kemarau dan musim hujan Januari 2011	151
4. Tabel data ketinggian air, kecepatan dan debit aliran pada musim hujan dan musim kemarau 2011	152
5. Tabel data pengamatan terhadap tinggi permukaan air dan kecepatan aliran pada 15 Desember 2012	153
6. Tabel data pengamatan kecepatan aliran dan output daya pada alternator pada pengujian musim hujan 16 Desember 2012	154
7. Estimasi daya berdasarkan data tinggi dan kecepatan aliran air pada pintu air Bangun Sari Pada Musim Kemarau Juli 2012	155
8. Tabel data output voltage alternator pada musim hujan pada saat arus masuk dan arus keluar saluran berdasarkan pengukuran pada bulan Desember 2012	156
9. Tabel data output voltage alternator pada musim kemarau pada saat arus masuk dan keluar saluran berdasarkan pengukuran pada bulan Juli 2012.....	157
10. Alternator putaran rendah NaiEr 100 Watt, 12 Volt.....	158
11. Pengukuran kinerja alternator dalam satuan voltage.	159
12. Pengukuran kuat arus alternator dalam satuan mili-Amper (mA).....	160
13. Aktifitas Penelitian Kincir Air Apung di Desa Bangun Sari Telang II – Banyuasin.....	161
14. Gambar detail roda kincir.	162
15. Spesifikasi teknis Material Aluminium Alloy 6063	163
16. Analisis mutu badan air sebelum Kincir Air Apung.....	164
17. Analisis mutu badan air sesudah Kincir Air Apung	165
18. Surat permohonan izin penggunaan lokasi penelitian	166
19. Izin penggunaan lokasi penelitian dari Kementerian PU Sumsel.....	167
20. Akseptasi makalah ilmiah pada Jurnal Internasional Elsevier.....	168
21. Akseptasi makalah ilmiah pada Konferensi Internasional Padang 2013.....	173
22. Makalah terkait hydropower pada Telang II – Banyuasin.....	183
23. Tarif Dasar Listrik PLN Berdasarkan Permen ESDM No: 30 Tahun 2012	184
24. Rincian Biaya Pembuatan Kincir Air Apung.....	190

DAFTAR SINGKATAN DAN SYMBOL

BWSS	Balai Wilayah Sistem Sungai
CDM	Clean Development Mechanism
GPS	Global Positioning System
IHA	International Hydropower Association
KAA	Kincir Air Apung
LED	Light Emitting Diode
MTOe	Million Ton Oil equivalent
OTEC	Ocean Thermal Energy Conversion
PLTMH	Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro
SHP	Small Hydro Power
TCT	Tidal Current Turbine
δ	Defleksi yang terjadi pada suatu titik dari sebuah batang (mm)
F	Gaya yang bekerja secara terpusat pada suatu titik (N).
L	Panjang lengan gaya (meter).
E	Modulus elastisitas material (N/m^2).
I	Momen inersia profil suatu batang (mm^4)
W	Gaya yang bekerja sebagai beban terbagi rata.
L	Panjang lengan gaya (cm).
K_t	Faktor beban kejut pada sistem transmisi roda gigi.
T	Momen puntir (Nm).
τ_a	Tegangan geser izin (Kg/mm^2)
τ_b	Tegangan tarik material poros. ($Kg.mm^2$)
S_{f1}	Faktor koreksi untuk kelelahan puntir.
S_{f2}	Faktor koreksi untuk konsentrasi tegangan.
K_t	Faktor koreksi momen puntir.
C_b	Faktor koreksi untuk kemungkinan beban lentur.
P_{er}	"wet perimeter" dari saluran (m)
U	Kecepatan aliran longitudinal lokal (m/detik)
τ_{eff}	Tegangan batas efektif (Nm^{-2})
h	kedalaman air (m)
x	Posisi sepanjang saluran (m)
ρ	Density air (kgm^{-3})
g	Percepatan gravitasi ($mdet^{-2}$)
n	Koefisien gesekan Manning ($detik/m^{1/3}$)
R	Radius hidraulik lokal = $= \frac{A}{P_{er}} (m)$.
P_x	Daya ekstraksi artificial
Δx	Ppanjang saluran terhadap mana energi diekstraksi
P_{ext}	Daya ekstraksi artificial sepanjang saluran (Watt)
L_c	Panjang saluran
U_c	Kecepatan aliran longitudinal pada saluran (m/detik)