

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR
(PLTA) PADA BENDUNGAN LUBUK AMBACANG KABUPATEN
KUANTAN SINGINGI PROVINSI RIAU**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PERENCANAAN TEKNIK
BANGUNAN AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MUHAMMAD NUR AZMI
NIM. 135060400111024**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Tujuan Studi	4
1.6. Manfaat Studi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum	5
2.2. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air	5
2.2.1. Pembagian secara teknis	6
2.2.2. Pembagian Menurut Kapasitas	7
2.2.3. Pembagian Menurut Tinggi Jatuh Air	7
2.2.4. Pembagian Menurut Topografi	7
2.2.5. Pembagian Berdasarkan Ekonomi	7
2.3. Debit Andalan	8
2.4. Sistem Operasi Waduk	9
2.5. Simulasi Operasi Waduk untuk PLTA	10
2.6. Komponen Bangunan PLTA	11
2.6.1. Pintu Pengambilan	11
2.6.2. Bangunan Pembawa	12
2.6.2.1. Pipa pesat (<i>Penstock</i>)	12
2.6.2.2. Tangki Peredam (<i>Surge Tank</i>)	17
2.7. Tinggi Jatuh Efektif	18
2.8. Kehilangan Tinggi (Head Loss)	19
2.9. Turbin Hidraulik	23

2.9.1.	Klasifikasi Turbin.....	24
2.9.2.	Karakteristik Turbin	26
2.9.3.	Kavitasi dan Titik Pusat Turbin	28
2.9.4.	Dimensi Turbin	33
2.9.5.	Efisiensi Turbin.....	37
2.10.	Generator	38
2.11.	Analisa Pembangkitan Energi.....	39
2.12.	Analisa Ekonomi	40
2.12.1.	<i>Benefit</i> (Komponen Manfaat).....	40
2.12.2.	Cost (Komponen Biaya)	40
2.12.3.	Indikator Kelayakan Ekonomi	40
2.12.3.1.	BCR (Benefit Cost Ratio).....	41
2.12.3.2.	NPV (Net Present Value)	41
2.12.3.3.	IRR (Internal Rate of Return).....	41
2.12.3.4.	Analisa Sensivitas.....	42
2.12.3.5.	<i>Payback Periode</i>	42
BAB III	METODOLOGI STUDI	43
3.1.	Lokasi Daerah Studi.....	43
3.2.	Data-data yang Dibutuhkan	44
3.3.	Tahapan Perencanaan	48
3.4.	Diagram Alir	53
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1.	Analisis Hidrologi	55
4.2.	Debit Andalan	55
4.2.1.	Perhitungan Debit Andalan Dengan Metode Tahun Dasar Perencanaan.....	55
4.3.	Simulas Waduk	57
4.4.	Perencanaan Bangunan Sipil.....	65
4.4.1.	Bangunan Pengambilan (<i>intake</i>)	65
4.4.2.	Perencanaan Pipa Pesat (<i>penstock</i>)	72
4.4.3.	Perencanaan Tangki Peredam (<i>Surge Tank</i>)	79
4.5.	Saluran Pembuang (<i>Tail Race</i>).....	79
4.6.	Tinggi Jatuh Efektif (<i>Net Head</i>).....	81

4.7. Perencanaan Peralatan Hidromekanik dan Elektrik	81
4.7.1. Turbin Hidrolik.....	81
4.7.1.1. Metode Eropa (ESHA)	82
4.7.1.2. Metode Amerika (USBR).....	91
4.7.2. Generator	100
4.8. Analisa Pembangkitan Energi	100
4.8.1. Faktor Kapasitas	105
4.9. Analisa Ekonomi	105
4.9.1. Komponen Biaya	106
4.9.2. Nilai Sekarang (<i>Present Value</i>).....	109
4.9.3. <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	112
4.9.4. <i>Net Present Value</i> (NPV)	113
4.9.5. <i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	113
4.9.6. <i>Payback Period</i>	116
BAB V PENUTUP	117
5.1. Kesimpulan.....	117
5.2. Saran	118

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Kelebihan dan Kekurangan Pipa Pesat Tertanam	13
Tabel 2.2.	Kelebihan dan Kekurangan Pipa Pesat Tidak Tertanam	13
Tabel 2.3.	Karakteristik Bahan Material Pipa Pesat	15
Tabel 2.4.	Klasifikasi dan Kapasitas Turbin.....	24
Tabel 3.1.	Lengkung Kapasitas Waduk Lubuk Ambacang	46
Tabel 4.1	Data Debit Rerata Bulanan Stasiun AWLR Lubuk Ambacang	55
Tabel 4.2	Debit Rerata Tahunan AWLR Lubuk Ambacang	56
Tabel 4.3	Debit Terurut Sungai Indragiri Metode <i>Basic Year</i>	57
Tabel 4.4	Simulasi Pola Operasi Waduk Berdasarka Karakteristik Debit Musim Kering	61
Tabel 4.5	Simulasi Pola Operasi Waduk Berdasarka Karakteristik Debit Air Rendah	62
Tabel 4.6	Simulasi Pola Operasi Waduk Berdasarka Karakteristik Debit Air Normal	63
Tabel 4.7	Simulasi Pola Operasi Waduk Berdasarka Karakteristik Debit Air Cukup.....	64
Tabel 4.8	Perhitungan Debit pada Pintu Intake	68
Tabel 4.9	Perhitungan Kehilangan pada Pipa Pesat	74
Tabel 4.10	Jenis-jenis Baja	77
Tabel 4.11	Hubungan Tinggi Air dan Debit pada Saluran Pembuang	80
Tabel 4.12	Rekapitulasi Kehilangan Energi	81
Tabel 4.13	Pemilihan Tipe Turbin	82
Tabel 4.14	Perhitungan Dimensi Rumah Siput (Metode ESHA).....	87
Tabel 4.15	Perhitungan Dimensi <i>Draft Tube</i> Turbin (Metode ESHA).....	89
Tabel 4.16	Alternatif Pemilihan Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan Spesifik.....	92
Tabel 4.17	Perhitungan Dimensi Rumah Siput Turbin (Metode USBR)	96
Tabel 4.18	Perhitungan Dimensi <i>Draft Tube</i> Turbin (Metode USBR)	98
Tabel 4.19	Kesimpulan Perhitungan Turbin untuk Tiap Metode	99
Tabel 4.20	Simulasi Energi Series Tahun 1993.....	103
Tabel 4.21	Tabel Rekapitulasi Simulasi Energi Series.....	104
Tabel 4.22	Perhitungan Kapasitas Faktore 4 Kondisi Debit	105
Tabel 4.23	Rekapitulasi Harga Komponen PLTA Bendungan Lubuk Ambacang.....	109
Tabel 4.24	Rekapitulasi Biaya Keseluruhan PLTA (Bunga 9,75%)	110

Tabel 4.25 Manfaat Tahunan PLTA Bendungan Lubuk Ambacang.....	111
Tabel 4.26 PV Manfaat 20 Tahun PLTA Bendungan Lubuk Ambacang (Bunga 9,75%).....	112
.....	112
Tabel 4.27 Manfaat PLTA Lubuk Ambacang untuk Beberapa Suku Bunga	114
Tabel 4.28 Nilai Biaya, Manfaat, BCR, NPV untuk Beberapa Suku Bunga	115

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Skema Kerja pada Pembangkit Listrik Tenaga Air	5
Gambar 2.2.	PLTA Run of River	6
Gambar 2.3.	PLTA dengan DAM (Bendungan)	7
Gambar 2.4.	Grafik H_0/a , c , dan Ψ	12
Gambar 2.5.	Skema Inlet Pipa Pesat	16
Gambar 2.6.	<i>Surge Tank</i>	17
Gambar 2.7.	Sketsa Tinggi Jatuh Efektif.....	19
Gambar 2.8.	Nilai f Berdasarkan Bentuk Inlet.....	20
Gambar 2.9.	Kisaran Nilai ξ Berdasarkan Tipe Kontraksi.....	21
Gambar 2.10.	Sketsa Situasi Kehilangan Tinggi Akibat Penyempitan dan Pelebaran.....	22
Gambar 2.11.	Kisaran Nilai ξ Akibat Belokan.....	22
Gambar 2.12.	Kisaran Nilai ξ Akibat Pintu dan Katup	23
Gambar 2.13.	Jenis Turbin untuk Pembangkitan Tenaga Air	25
Gambar 2.14.	Grafik Penentuan Turbin Berdasarkan Kecepatan Spesifik dan Tinggi Jatuh.....	25
Gambar 2.15	Grafik Penentuan Turbin Berdasarkan Daya dan Tinggi Jatuh.....	26
Gambar 2.16.	Skema Pemasangan Turbin Untuk Analisa Kavitas	29
Gambar 2.17.	Pemilihan Bentuk <i>Runner</i> Berdasarkan Kecepatan Spesifik.....	34
Gambar 2.18.	Skema <i>Runner</i> untuk Turbin Francis.....	34
Gambar 2.19.	Skema Rumah Siput (<i>Spiral case</i>).....	36
Gambar 2.20.	Dimensi Draft Tube untuk Turbin Kaplan.....	37
Gambar 2.21.	Kisaran Nilai Efisiensi untuk Tiap Jenis Turbin	38
Gambar 3.1.	Peta DAS Indragiri	44
Gambar 3.2.	Peta Area Genangan	45
Gambar 3.3.	Lengkung Kapasitas Waduk Lubuk Ambacang	46
Gambar 3.4.	Peta Topografi Bendungan Lubuk Ambacang	49
Gambar 3.5.	Long Section Bendungan Lubuk Ambacang.....	51
Gambar 3.6.	Diagram Alir Pengerjaan Skripsi.....	53
Gambar 3.2.	Diagram Alir Simulasi Waduk	54
Gambar 4.1	Lengkung Kapasitas Waduk.....	58
Gambar 4.2	Sketsa Tampang Waduk Bendungan Lubuk Ambacang.....	59

Gambar 4.3	grafik H_o/a , c , dan Ψ	67
Gambar 4.4	Grafik El. Muka Air dan Debit pada Intake.....	70
Gambar 4.5	Sketsa <i>Runner</i> Turbin Francis.....	86
Gambar 4.6	Sketsa <i>Spiral Case</i> Turbin Francis.....	88
Gambar 4.7	Sketsa <i>Spiral Case</i> Turbin Francis.....	89
Gambar 4.8	Nilai Kisaran Efisiensi Turbin	90
Gambar 4.9	Grafik Pemilihan Tipe Turbin yang Disarankan Menurut USBR.....	91
Gambar 4.10	Grafik Pemilihan Tipe Turbin.....	93
Gambar 4.11	Bentuk Tipikal Diameter Turbin Francis	95
Gambar 4.12	Sketsa <i>Spiral Case</i> Turbin Francis.....	97
Gambar 4.13	Nilai Kisaran Efisiensi Turbin	99
Gambar 4.14	Perbandingan Antara Energi Bulanan dan Energi Tahunan	104

RINGKASAN

Muhammad Nur Azmi, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2017, *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) pada Bendungan Lubuk Ambacang Kabupaten Kuantan Singingi Profinsi Riau*. Dosen Pembimbing Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. dan Prima Hadi Wicaksono, ST., MT.

Manusia yang dalam kehidupannya tak terlepas dari energi termasuk energi listrik mengakibatkan kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring bertambahnya populasi manusia. Namun persediaan listrik khususnya di Indonesia semakin menipis. Disisi lain Indonesia memiliki potensi sumber daya air sangatlah melimpah. Memanfaatkan air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat di wujudkan demi mendapat pasokan tenaga listrik untuk daerah-daerah yang sulit untuk mendapatkannya. PLTA ini juga sebagai bentuk peranan dari pemerintah dalam memenuhi kebutuhan listrik yang ada. PLTA dipilih sebagai salah satu energi alternatif kerana memiliki beberapa kelebihan di banding dengan pembangkit listrik lainnya, seperti ramah terhadap lingkungan, lebih awet, serta biaya operasionalnya lebih kecil. Selain itu mekanik untuk PLTA juga lebih mudah.

Pada penelitian ini, akan dilakukan perencanaan dan analisis terkait perencanaan pembangkit listrik tenaga air pada Bendungan Lubuk Ambacang, Kecamatan Hulu Kuantan, Kabupaten Kuantan Singingi. Perencanaan mula-mula dilakukan analisis debit andalan yang bertujuan untuk menentukan setiap dimensi bangunan hingga daya dan energi dari PLTA Lubuk Ambacang. Bangunan yang direncanakan meliputi bangunan pengambilan, pipa pesat, rumah pembangkit, dan tailrace, serta komponen peralatan elektrik. Nantinya, Setelah direncanakan seluruh komponen PLTA, maka akan diketahui besarnya daya (MW) yang dihasilkan serta produksi energi tahunan (MWh). Sebagai penentu kelayakan proyek, Analisa Ekonomi menjadi pilihan untuk mengetahui layak tidaknya perencanaan pembangunan PLTA Lubuk Ambacang

Hasil studi ini menunjukkan bahwa debit yang layak digunakan yaitu sebesar 200 m³/dt dengan mempertimbangkan 4 kondisi debit yaitu debit musim kering, debit air rendah, debit air normal, dan debit air cukup. Debit tersebut dapat membangkitkan energi rerata tahunan sebesar 824.979,71 MWh. PLTA ini dibangun dengan komponen bangunan sipil yang meliputi 2 bangunan pengambilan dengan tinggi 6 meter dan lebar 6 meter, 2 pipa pesat berdiameter 6 m dengan tebal 24 mm. rumah pembangkit, dan tailrace dengan lebar 49 m. Untuk komponen peralatan elektrik yang digunakan adalah Turbin Francis, dan generator sebesar 50Hz. Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan Rp 5.314.251.509.294,37 dengan suku bunga 9,75% dan Manfaat Selama 20 Tahun sebesar Rp 6.174.665.239.859,34, *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebesar 1,16, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 10,85 %, *Payback Period* selama 17,213 tahun. Dari metode Analisa ekonomi yang digunakan dapat disimpulkan untuk pembangunan PLTA Lubuk Ambacang layak secara ekonomi.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Air, Turbin, Daya, Energi, Debit

SUMMARY

Muhammad Nur Azmi, Water Resources Engineering Department, Engineering Faculty Brawijaya University, Desember 2017, *Study of Planning of Hydro Power Plant (PLTA) on Lubuk Ambacang Dam of Kuantan Singingi Regency, Riau Province*. Academic supervisor: Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. dan Prima Hadi Wicaksono, ST., MT.

A human that cannot live without energy including electrical energy caused the needs of electrical energy is increase as human population increase. But electrical supplies especially in Indonesia has reduced. On the other side Indonesia has a huge of water resource potential. Using water resource as hydropower can be realized to receive electricity supply to districts that difficult for getting it. Hydropower is also the role of government in fulfilling the existing electricity needs. PLTA is chosen as one of alternative energy because it has some advantages compared to other power plants, such as friendly to the environment, more durable, and smaller operational costs. In addition, mechanics for hydropower is also easier.

In this study, planning and analysis related to hydropower planning will be conducted at Lubuk Ambacang Dam, Hulu Kuantan Subdistrict, Kuantan Singingi Regency. First, planning is done a mainstay debit analysis which aims to determine each dimension of the building up to the power and energy of the Lubuk Ambacang hydropower. The planned buildings include intake, penstock, power house, and tailrace, and electrical equipment components. After all the hydropower components are planned, it will be known the amount of power (MW) produced and annual energy production (MWh). As a determinant of the feasibility of the project, Economic Analysis becomes an option to know whether the planning of hydropower (pembangunan) Lubuk Amcang is worth or not

The results of this study indicate that the proper discharge is 200 m³ / sec using 4 discharge conditions ie dry season discharge, low water discharge, normal water flow, and sufficient water flow. The discharge can generate an average annual energy of 824,979.71 MWh. The hydroelectric power plant is built with civil structural components which includes 2 intake 6 meters high and 6 meters wide, 2 penstock diameter 6 m with thickness 24 mm, power house, and tailrace of 49 m width. For electrical equipment components used are Francis Turbines, and generators of 50Hz. Cost required for development Rp 3,314,251,509,294,37 with interest rate 9,75% and Benefit for 20 Year equal to Rp 6,174,665,239,859,34, Benefit Cost Ratio (BCR) equal to 1,16, Internal Rate of Return (IRR) of 10.85%, Payback Period for 17.213 years. From the method of economic analysis used can be concluded for the development of Lubuk Ambacang hydropower economically feasible.

Keywords: Hydropower, Turbine, Power, Energy, Discharge