

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR
DI KABUPATEN ROKAN HULU PROVINSI RIAU**

**SKRIPSI
TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PERENCANAAN TEKNIK
BANGUNAN AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**CYNTHIA PUSPA LUVITA
NIM. 125060407111034**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SIMBOL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Tujuan.....	3
1.6 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	6
2.2.1. Klasifikasi Berdasarkan Tujuan	6
2.2.2. Klasifikasi Secara Teknis	6
2.2.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan Bendungan (DAM).....	7
2.2.3. Klasifikasi Dasar Kapasitas pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	7
2.2.4. Klasifikasi Menurut Tinggi Jatuhnya Air.....	8
2.2.5. Klasifikasi Dasar Mengenai Topografi	8
2.2.6. Klasifikasi Berdasarkan Ekonomi	8
2.3. Analisa Hidrologi	8
2.3.1. Uji Konsistensi Data.....	8
2.3.2. Uji Homogenitas Data	10
2.3.3. Uji Abnormalitas Data.....	11
2.4. Distribusi Hujan	13
2.5. Debit Andalan.....	14
2.5.1. Metode F.J. Mock.....	15
2.6. Sistem Operasi Waduk	17
2.7. Lengkung kapasitas Waduk.....	17
2.8. Simulasi Operasi Waduk untuk PLTA.....	17
2.9. Komponen Bangunan PLTA	18
2.9.1. Pintu Pengambilan (<i>Intake</i>).....	19

2.9.2. Saluran Pembawa (<i>Waterway</i>).....	21
2.9.2.1. Terowongan (<i>Tunnels</i>).....	21
2.9.2.2. Perhitungan Kecepatan	21
2.9.3. Pipa Pesat (<i>Penstock</i>).....	23
2.9.4. Tangki Peredam (<i>Surge Tanks</i>).....	25
2.9.5. Rumah Pembangkit (<i>Power House</i>)	27
2.9.6. Saluran Pembuang (<i>Tailrace</i>)	27
2.9.7. Kehilangan Tinggi Aliran	28
2.10. Tinggi Jatuh Efektif	30
2.11. Turbin Air	31
2.9.3. Penentuan Tipe Turbin.....	31
2.9.4. Karakteristik Turbin.....	33
2.9.5. Kavitas Turbin	35
2.9.6. Dimensi Turbin	40
2.12. Peralatan dan Fasilitas Listrik.....	44
2.12.1. Generator	45
2.12.2. Pengatur Kecepatan	46
2.12.3. Peningkatan Kecepatan (<i>Speed Increasor</i>)	47
2.12.4. Transformer (<i>Travo</i>)	47
2.12.5. Peralatan Pengatur (<i>Switchgear</i>).....	47
2.12.6. Aksesoris Kelengkapan (<i>Auxiliary Equipment</i>).....	47
2.13. Perhitungan Daya dan Energi	47
2.14. Analisa Kelayakan Ekonomi	48
2.14.1. Komponen Manfaat dan Biaya	48
2.14.2. Indikator Kelayakan Ekonomi	53
BAB III METODOLOGI STUDI	57
3.1. Deskripsi Daerah Studi	57
3.2. Kodisi Daerah Studi.....	58
3.2.1. Kondisi Geografis	58
3.2.2. Kondisi Topografi.....	59
3.2.3. Kondisi Klimatologi	60
3.3. Data-Data yang Dibutuhkan	60
3.4. Tahapan Penyelesaian.....	61
3.5. Diagram Alir	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisis Hidrologi.....	65
4.1.1 Uji Konsistensi Data Hujan	65
4.1.1.1. Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Lubuk Bendahara.....	66
4.1.1.2. Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Ujung Batu	67
4.1.1.3. Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Pasar Tangun.....	68
4.1.2. Uji Homogenitas Data Hujan.....	69
4.1.3. Uji abnormalitas Data (<i>Inlier – Outlier</i>).....	72
4.1.4. Curah Hujan Rerata Daerah.....	75

4.2. Analisa Debit Andalan	77
4.3. Simulasi Pola Operasi Waduk	83
4.4. Analisa Komponen Bangunan PLTA	87
4.4.1. Letak Bangunan Pengambilan	87
4.4.2. Bangunan Pengambilan (<i>Intake</i>)	87
4.4.3. Penyaring (<i>trashtrack</i>)	88
4.4.4. Perencanaan Bangunan Pembawa	89
4.4.4.1. Perencanaan Terowongan (<i>Tunnel</i>)	89
4.4.4.2. Perencanaan Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	93
4.4.4.3. Perencanaan Tangki Gelombang (<i>Surge Tanks</i>)	99
4.4.4.4. Tinggi Jatuh Efektif (<i>Net Head</i>)	100
4.5. Perencanaan Peralatan Hidromekanik dan Elektrik	102
4.5.1. Perencanaan Turbin Hidraulik	102
4.5.1.1. Metode Amerika (USBR)	102
4.5.1.2. Metode Eropa (ESHA)	109
4.5.2. Peralatan Elektrik	117
4.6. Perencanaan Saluran Pembuang (<i>Tailrace Cannal</i>)	120
4.7. Analisa Pembangkit Energi	124
4.8. Analisa Kelayakan Ekonomi	125
4.8.1. <i>Cost</i> (Biaya)	125
4.8.2. <i>Benefit</i> (Manfaat)	129
4.8.3. <i>PV</i> (<i>Present Value</i> atau Nilai Sekarang)	131
4.8.4. Indikator Kelayakan Ekonomi	134
BAB V PENUTUP	149
5.1. Kesimpulan	149
5.2. Saran	150
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1.	Nilai $Q/(n^{0,5})$ dan $R/(n^{0,5})$	11
Tabel 2. 2.	Nilai K_n untuk Uji <i>Inlier-Outlier</i>	12
Tabel 2. 3.	Prosentase Debit dan Jenis Perencanaan.....	14
Tabel 2. 4.	Koefisien Manning.....	22
Tabel 2. 5.	Profil Kisi Saringan.....	29
Tabel 2. 6.	Nilai K pada Belokan pada Pipa.....	29
Tabel 2. 7.	Klasifikasi dan Kapasitas Turbin.....	32
Tabel 2. 8.	Nilai Tekanan Atmosfer.....	38
Tabel 2. 9.	Nilai Tekanan Uap Air.....	39
Tabel 2.10.	Hubungan Antara Daya Generator dan Efisiensi.....	46
Tabel 2.11.	Nilai Kecepatan Generator untuk Generator Sinkron.....	46
Tabel 3. 1.	Data yang Dibutuhkan.....	62
Tabel 3. 2.	Tahapan Penyelesaian.....	63
Tabel 4. 1.	Rekapitulasi Data Curah Hujan Tahunan.....	65
Tabel 4. 2.	Uji Konsistensi Data Hujan Lubuk bendahara.....	66
Tabel 4. 3.	Uji Konsistensi Data Stasiun Ujung Batu.....	67
Tabel 4. 4.	Uji Konsistensi Data Stasiun Pasar Tangun.....	68
Tabel 4. 5.	Uji Homogenitas Data metode RAPS Stasiun Lubuk Bendahara.....	70
Tabel 4. 6.	Uji Homogenitas Data Metode RAPS Stasiun Ujung Batu.....	71
Tabel 4. 7.	Uji Homogenitas Data Metode RAPS Stasiun Pasar Tangun.....	72
Tabel 4. 8.	Uji Abnormalitas <i>Inlier-Outlier</i> Stasiun Lubuk Bendahara.....	73
Tabel 4. 9.	Uji Abnormalitas <i>Inlier-Outlier</i> Stasiun Ujung Batu.....	74
Tabel 4.10.	Uji Abnormalitas <i>Inlier-Outlier</i> Stasiun Pasar Tangun.....	75
Tabel 4.11.	Perhitungan Tinggi Curah Hujan Daerah.....	76
Tabel 4.12.	Rekapitulasi Curah Hujan Bulanan.....	77
Tabel 4.13.	Debit Andalan dengan Menggunakan Metode F.J Mock.....	81
Tabel 4.14.	Rekapitulasi Perhitungan Debit Sungai Rokan Kiri Metode F.J Mock.....	82
Tabel 4.15.	Debit Terurut Sungai Rokan Kiri metode F.J. Mock.....	83
Tabel 4.16.	Simulasi Pola Operasi Waduk.....	86
Table 4.17.	Kapasitas Pintu.....	88
Tabel 4.18	Kapasitas Pintu Intake.....	88
Tabel 4.19.	Perhitungan Diameter Terowongan.....	90
Tabel 4.20	Perhitungan Kehilangan Tinggi tekan pada Terowongan.....	92
Tabel 4.21	Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan Diameter Pipa Pesat.....	96
Tabel 4.22.	Spesifikasi Baja SM 400B.....	97
Tabel 4.23.	Perhitungan Tinggi Jatuh Efektif (<i>Net Head</i>).....	101
Tabel 4.24.	Alternatif Pemilihan Jumlah kutub terhadap Kecepatan Spesifik.....	104
Tabel 4.25.	Perhitungan Dimensi Rumah Siput (<i>Spiral Case</i>) Turbin Kaplan.....	107
Tabel 4.26.	Perhitungan Dimensi <i>Draft Tube</i> Turbin Kaplan.....	108
Tabel 4.27.	Klasifikasi Turbin Berdasarkan tinggi Jatuh.....	109
Tabel 4.28.	Kepekaan Turbin terhadap Variasi Debit dan Tinggi Jatuh.....	110
Tabel 4.29.	Alternatif Pemilihan Jumlah Kutub terhadap Kecepatan Spesifik.....	111
Tabel 4.30.	Perhitungan Dimensi Rumah Siput Turbin Kaplan.....	115

Tabel 4.31. Perhitungan Dimensi <i>Draft Tube</i>	115
Tabel 4.32. Rekapitulasi Spesifikasi teknis Turbin	117
Table 4.33. Perhitungan Tinggi Muka Air di Atas Ambang	122
Table 4.34. Tinggi Muka Air di atas Ambang	123
Tabel 4.35. Tinggi Jatuh berdasarkan Alternatif Debit	124
Tabe; 4.36. Hasil pembangkitan Energi Harian	125
Tabel 4.37. Analisa Kapasitas terpasang (<i>Installed Capacity</i>)	125
Tabel 4.38. Hasil Pembangkitan Energi Tahunan (<i>Annual Generation</i>)	125
Tabel 4.39. Manfaat Tahunan PLTA	130
Table 4.40. PV Manfaat PLTA	133
Table 4.41 Nilai <i>IRR</i> Pembangunan PLTA	135
Tabel 4.42. Analisa Sensitivitas proyek untuk Kondisi 10% Kenaikan pada Nilai Biaya dan Nilai Manfaat Tetap	144
Tabel 4.43. Analisa Sensitivitas Proyek untuk Kondisi 10% Penurunan pada Nilai Biaya dan Nilai Manfaat Tetap	144
Tabel 4.44. Analisa Sensitivitas Proyek untuk Kondisi Kenaikan pada Nilai Manfaat Dan Nilai Biaya Tetap	145
Table 4.45. Analisa Sensitivitas Proyek untuk Kondisi Penurunan pada Nilai Manfaat dan Nilai Biaya Tetap	145
Tabel 4.46. Analisa Sensitivitas Proyek untuk Kondisi 10% kenaikan pada Nilai Biaya dan Penurunan pada Nilai Manfaat	146
Tabel 4.47. Analisa Sensitivitas Proyek untuk Kondisi 10% Penurunan pada Nilai Biaya dan Kenaikan pada Nilai Manfaat	146
Tabel 4.48. Rekapitulasi Analisa Sensitivitas pada Suku Bunga 6,5%	147
Tabel 4.49. Payback Period Berdasarkan Analisa Sensitivitas.....	148

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1.	Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan waduk.....	7
Gambar 2. 2.	Uji konsistensi data dengan kurva massa ganda.....	9
Gambar 2. 3.	Pembagian Daerah dengan cara <i>thiessen</i>	14
Gambar 2. 4.	Parameter fisik trashtrack.....	21
Gambar 2. 5.	Tangki peredam (<i>surge tank</i>).....	26
Gambar 2. 6.	Penampang saluran yang paling baik.....	27
Gambar 2. 7.	Profil kisi aliran.....	29
Gambar 2. 8.	Sketsa tinggi jatuh efektif.....	31
Gambar 2. 9.	Jenis turbin pembangkit energi.....	32
Gambar 2.10.	Jenis turbin berdasarkan kecepatan spesifik dan tinggi jatuh.....	32
Gambar 2.11.	Grafik pemilihan tipe turbin menurut ESHA.....	33
Gambar 2.12.	Skema pemasangan turbin untuk analisa kavitasi.....	36
Gambar 2.13.	Pemilihan bentuk <i>runner</i> berdasarkan kecepatan spesifik.....	40
Gambar 2.14.	Skema runner untuk turbin francis.....	41
Gambar 2.15.	Skema rumah siput.....	42
Gambar 2.16.	Dimensi draft tube untuk turbin kaplan.....	43
Gambar 2.17.	Kisaran nilai efisiensi untuk tiap jenis turbin.....	44
Gambar 3. 1.	Peta lokasi wilayah sungai rokan.....	57
Gambar 3. 2.	Peta administrasi Kabupaten Rokan Hulu.....	58
Gambar 3. 3.	Peta topografi wilayah Sungai Rokan.....	59
Gambar 3. 4.	Diagram alir pengerjaan skripsi.....	63
Gambar 4. 1.	Uji konsistensi data curah hujan stasiun lubuk bendahara.....	66
Gambar 4. 2.	Uji konsistensi data hujan stasiun Ujung Batu.....	67
Gambar 4. 3.	Uji konsistensi data stasiun Pasar Tangun.....	68
Gambar 4. 4.	Sketss Tinggi Jatuh.....	100
Gambar 4. 5.	Grafik pemilihan tipe turbin yang disarankan menurut USBR.....	103
Gambar 4. 6.	Tipe section rumah siput.....	107
Gambar 4. 7.	Penjelasan tiap section <i>draft tube</i>	108
Gambar 4. 8.	Nilai Kisaran efisiensi turbin.....	109
Gambar 4. 9.	Grafik pemilihan tipe turbin menurut ESHA.....	110
Gambar 4.10.	Nilai Kisaran Efisiensi Turbin.....	116
Gambar 4.11.	Generator <i>brush type exciter</i>	118
Gambar 4.12.	Generator <i>brushless type exciter</i>	119
Gambar 4.13.	Desain tipikal parallel shaft speed increasor.....	120
Gambar 4.14.	Rating curve pada ambang.....	122

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran I	Flowchart Pengerjaan PLTA.....	151
Lampiran II	Data Hujan Stasiun Lubuk Bendahara.....	153
Lampiran III	Data Hujan Stasiun Ujung Batu.....	169
Lampiran IV	Data Hujan Stasiun Pasar Tangun.....	185
Lampiran V	Data Klimatologi dan Evapotranspirasi	201
Lampiran VI	Analisa Debit Metode FJ. Mock	203
Lampiran VII	Simulasi Waduk Seri Tahunan.....	217
Lampiran VIII	Gambar Bangunan PLTA.....	222
Lampiran IX	Permen ESDM No. 3 Tahun 2015	229
Lampiran X	Suku Bunga	241

RINGKASAN

Cynthia Puspa Luvita, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2017. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air di Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau*, Dosen pembimbing: Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. dan Prima Hadi Wicaksono, ST., MT.

Sebagian besar wilayah provinsi Riau belum sepenuhnya mampu mengatasi defisit listriknya, bahkan masih sering terjadi pemadaman bergilir hampir enam jam di beberapa daerah. Hal ini terjadi akibat pasokan listrik yang masih jauh dari harapan dikarenakan lima pembangkit yang memasok listrik ke wilayah Riau masih belum mampu memenuhi kebutuhan listriknya. Dalam hal penyediaan listrik, maka pemerintah memberlakukan pemerataan perluasan jaringan ke daerah-daerah dan provinsi guna meningkatkan kapasitas energi yang merupakan sebuah investasi jangka panjang yang tak terhindarkan demi kesejahteraan masyarakat. Sesuai dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2011, bahwa berbagai permasalahan dalam bidang sumber daya air yang harus mendapat perhatian lebih ialah konflik dalam penggunaan air dan tumpang tindihnya lembaga pengelola sumber daya air.

Studi ini dilakukan untuk mengetahui besar debit andalan, hidraulika dan dimensi bangunan pembangkit listrik, besarnya energi listrik yang dapat dibangkitkan, dan analisa kelayakan ekonomi bangunan pembangkit listrik. Langkah awal studi ini adalah analisa debit. Debit andalan yang kemudian disimulasikan guna mengetahui potensi daya yang dapat dibangkitkan. Setelah melakukan simulasi pola operasi waduk, maka debit andalan yang terpilih akan digunakan untuk analisa hidraulika dan dimensi bangunan. Bangunan air dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu bangunan pembawa, bangunan pembangkitan, dan bangunan pembuang. Setelah analisa dimensi bangunan, kemudian melakukan analisa energi listrik yang dibangkitkan. Langkah akhir dari studi ini adalah analisa kelayakan ekonomi. Analisa kelayakan ekonomi dilakukan untuk memastikan agar bangunan pembangkit listrik layak secara ekonomi.

Hasil analisa menunjukkan debit andalan $Q_{25} = 238,46 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{50} = 94,96 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{75} = 82,83 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan $Q_{93,75} = 42,64 \text{ m}^3/\text{dt}$. Debit andalan terpilih yang digunakan sebagai debit pembangkit adalah debit outflow dari simulasi waduk $Q = 55,82 \text{ m}^3/\text{dt}$. PLTA dibangun dengan bangunan pembawa meliputi: terowongan dengan diameter sebesar 4,4 m, dua buah pipa pesat dengan diameter tiap pipa sebesar 3 m, dan *surge tank* (tangki gelombang) sebesar 19 m. Bangunan pembangkit meliputi: dua buah turbin tipe Kaplan yang dapat menghasilkan daya total sebesar 14,40 MW dan hidromekanikal. Bangunan pembuang meliputi: dua buah *tailrace* dengan lebar masing-masing sebesar 2,5 m. Dengan $Q_d = 55,82 \text{ m}^3/\text{dt}$ dapat menghasilkan energi tahunan sebesar 90.163.397 MWh. Pada analisa ekonomi bangunan PLTA didapatkan nilai NPV positif sebesar 574 milyar dan nilai IRR sebesar 10,64% > nilai suku bunga awal sebesar 6,5% (berdasarkan BI *rate* Juli 2016), sehingga dapat dinyatakan layak secara ekonomi.

Kata kunci : PLTA, debit, dimensi, energi listrik, kelayakan ekonomi

SUMMARY

Cynthia Puspa Luvita, Water Resources Engineering, Engineering Faculty of Brawijaya University, April 2017, *Design Study of Hydroelectric Power Plant in Kabupaten Rokan Hulu of Riau Province*, Advisor: Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. And Prima Hadi Wicaksono, ST., MT

Most area in Riau province still haven't been able to deal with its electricity deficit, and there were often power outage for almost six hours in several regions. This was due to limited electricity since five power plant used for Riau still far below in electricity demand. In electricity provision, government has enacted network extensification in regions and provinces to improve energy capacity which considered as long term investment for people welfare. According to Presidential Regulation of Republic of Indonesia Number 33 of 2011, issues in water resources that should gain more attention would be conflict in water use intersect water resources management institutions.

This study was done to found about the magnitude of dependable discharge, hydraulics and dimension of power plant building, amount of electricity generated, and economy feasibility analysis. Dependable flow would be simulation for reservoir operational pattern, the selected dependable flow would be used for hydraulic analysis and building dimension analysis. Water building was categorized into three parts, carrier building, generation building and exhaust building. After building dimension analysis, amount of electricity generated would be analyzed. Final step of this study was economy feasibility analysis. Economy feasibility analysis was done to ensure that power plant building is feasible economically.

Analysis result showed that dependable flow were $Q_{25} = 238,46 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{50} = 94,96 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{75} = 82,83 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan $Q_{93,75} = 42,64 \text{ m}^3/\text{dt}$. The selected dependable flow as the generating flow would be outflow from reservoir simulation $Q = 55,82 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hydroelectric power plant was built with carrier building which consist of: tunnels with diameter 4,4 m, two penstock with diameter 3 m, dan *surge tank* about 19 m. Generator building would consist of two Kaplan turbine which able to generate total power of 14,40 MW and hydromechanics. Exhaust building would consist of: two tailrace with width 2,5 m, by using $Q_d = 55,82 \text{ m}^3/\text{dt}$, it can generate annual power about 90.163.397 MWh. Economy analysis toward hydroelectric power plant gained positive NPV value of 574 billion rupiahs and IRR value about 10,64% which is > than initial interest rate about 6,5% (based on BI rate July 2016), Thus it can be considered as feasible economically..

Keyword : Hydroelectric power plant, flow, dimension, electricity, economy feasibility.