

**ANALISIS PERENCANAAN PEMANFAATAN PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA AIR DI TABANG, KALIMANTAN TIMUR
DENGAN PRINSIP TEKNO-EKONOMI**

Tesis

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat pendidikan Strata Dua (S-2)
Sebagai Magister Energi pada Program Studi Magister Energi



Disusun Oleh:

LAUHIL MACHFUDZ ZAKIR
30000516410001

**PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI
SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2019

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, September 2019



Lauhil Machfudz Zakir

NIM. 30000516410001

**HALAMAN PENGESAHAN
TESIS**

**ANALISA PERENCANAAN PEMANFAATAN
PLTA DI TABANG, KALIMANTAN TIMUR DENGAN PRINSIP
TEKNO-EKONOMI**

Disusun Oleh :

**LAUHIL MACHFUDZ ZAKIR
30000516410001**

Mengetahui,
Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I


**(Dr. Singgih Saptiadi, ST, MT)
NIP. 197403162001121001**


Dosen Pembimbing II


**(Dr. Jaka Windarta, M.T)
NIP. 196405261989031002**

Kaprodi Magister Energi


**(Dr. Jaka Windarta, M.T)
NIP. 196405261989031002**

Penguji I


**(Mochammad Facta S.T., M.T., Ph.D.)
NIP. 197106161999031003**

Penguji II


**(Dr. Jaka Aminata, S.E., M.A)
NIP. 197209172002121001**



Dekan Sekolah Pascasarjana
**(Dr. R. B. Sularto, S.H., M.Hum.)
NIP. 196701011991031005**

PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Mahasiswa : Lauhil Machfudz Zakir
NIM : 30000516410001
Program Studi : Magister Energi
Sekolah : Program Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisa Perencanaan Pemanfaatan PLTA di Tabang, Kalimantan Timur dengan Prinsip Tekno-Ekonomi

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/ formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat, dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : **November 2019**

Yang menyatakan



Lauhil Machfudz Zakir

NIM. 30000516410001

KATA PENGANTAR

Saya panjatkan syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas berkah, karunia dan hidayah Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “ Analisa Perencanaan Pemanfaatan PLTA di Kalimantan Timur dengan Prinsip Tekno-Ekonomi” dengan lancar. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing, memberi bantuan, arahan dan saran dalam penyusunan Tesis ini yaitu kepada:

1. Prof. Purwanto, DEA, selaku Dekan Pasca sarjana, Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Jaka Windarta, M.T selaku Ketua Program Studi sekaligus Pembimbing II penulis dalam penyelesaian Tesis ini yang senantiasa memberikan arahan.
3. Dr. Singgih Saptiadi. ST. MT selaku Pembimbing I penulis dalam penyelesaian Tesis ini yang senantiasa memberikan arahan.
4. Orang tua, istri, anak - anak dan keluarga yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu dosen Magister Energi yang telah memberikan pengajaran dan ilmu kepada penulis.
6. Teman - teman Magister Energi yang telah mendukung dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.

Akhir kata, saya memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan dan pengembangan Tesis ini kearah yang lebih baik. Mudah-mudahan usaha penyusunan Tesis ini memperoleh ridha dari Allah SWT. Amin.

Semarang, November 2019

Penyusun

Lauhil Machfudz Zakir

DAFTAR ISI

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan Penelitian	2
I.4. Manfaat Penelitian	2
I.5. Originalitas Penelitian.....	3

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).....	5
II.1.1 Prinsip Kerja PLTA	6
II.1.2 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	76
II.2. Potensi Tabang untuk PLTA di Kalimantan Timur	19
II.3. Perkembangan Pembangkit	21
II.4. Analisis Tekno Ekonomi	24
II.4.1 <i>Net Present Value</i> (NPV).....	26
II.4.2 <i>Pay Back Periode</i> (PBP).....	26
II.4.3 <i>Break Event Point</i> (BEP)	26
II.4.4 <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	27
II.4.5 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	27
II.4.6 Penentuan Besaran Produksi Energi	27
II.4.7 Biaya Investasi.....	28
II.4.8 Biaya operasi dan pemeliharaan (O&M).....	28
II.5 Regulasi Pembangkit Listrik dari Energi Baru Terbarukan (Tenaga Air)	29

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Lokasi Penelitian dan Jadwal Penelitian	31
III.2 Jenis Penelitian.....	32
III.3 Diagram Alir Penelitian	33
III.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	34
III.5. Variabel Penelitian	34
III.6. Jenis dan Sumber Data.....	34
III.7. Teknik Pengumpulan Data.....	34
III.8. Teknik Analisa Data.....	35
III.9. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	36

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Gambaran Umum Sistem Kelistrikan Kalimantan Timur	37
IV.2 Survei Teknik	39
IV.2.1 Gambaran Lokasi	39
IV.2.2. Kondisi Hidrologi di Daerah Tabang.....	40
IV.2.3 Rencana Lokasi Bendungan PLTA	43
IV.3 Desain Teknis.....	53
IV.3.1 Desain Sipil	53
IV.3.2 Desain Mekanikal dan Elektrikal	58
IV.3.2 Desain Saluran Transmisi	68
IV.4 Analisa Ekonomi Proyek Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air Tabang	74
IV.4.1 Komponen Biaya Utama.....	74
IV.4.2 Pendapatan (<i>Revenue</i>)	82
IV.4.3 Biaya Retribusi Air	84
IV.4.4 Penyusutan (Depresiasi).....	85
IV.4.5 Rencana Cash Out Proyek PLTA.....	85
IV.4.6 Diagram Aliran Kas	89

IV.4.7 Penilaian Investasi.....	90
IV.4.8 Evaluasi Hasil Proyek	98
BAB V	
PENUTUP	
V.1. Kesimpulan.....	100
V.2 Rekomendasi dan Saran	101
V.2.1. Rekomendasi	101
V.2.2. Saran	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Ringkasan penelitian terdahulu	3
Tabel 2.1 Klasifikasi Bendungan Berdasarkan Jenis dan Bahan Bangunan	9
Tabel 2.2 Rekapitulasi Rencana Pembangunan Pembangkit	22
Tabel 2.3 Perbandingan Asumsi dan Rencana Penambahan Infrastruktur Penyediaan Tenaga Listrik	23
Tabel 3.1. Rincian Biaya Ekonomi	36
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....	37
Tabel 4.1 Estimasi jarak dan waktu yang ditempuh menuju lokasi PLTA Tabang	40
Tabel 4.2 Pembangkitan data debit di DAS Tabang Tahun 1990 – 2008	41
Tabel 4.3 Pembangkitan data debit di DAS Tabang Tahun 1990 – 2008.....	42
Tabel 4.4 Rincian Data DAS Tabang	43
Tabel 4.5 Rincian Kondisi DAS Tabang	44
Tabel 4.6 Rincian Lokasi Alternatif Bendungan PLTA Tabang.....	46
Tabel 4.7 Detail Alternatif Bendungan 1	47
Tabel 4.8 Detail Alternatif Bendungan 2	48
Tabel 4.9 Detail Alternatif Bendungan 3	49
Tabel 4.10 Data Hasil Optimasi Bendungan.....	43
Tabel 4.11 Spesifikasi Turbin yang Digunakan.....	62
Tabel 4.12 Spesifikasi Generator	65
Tabel 4.13 Spesifikasi Transformator	66
Tabel 4.14 Standar jarak SUTT pada SPLN NO.13-1978	71
Tabel 4.15 Biaya Bangunan Sipil.....	74
Tabel 4.16 Biaya langsung (<i>direct cost</i>) PLTA Tabang	78
Tabel 4.17 Estimasi Gaji Tahunan dan Onsite Staff (US \$/tahun)	81
Tabel 4.18 Debit Air Bulanan PLTA Tabang di Kalimantan Timur Per Tahun....	83
Tabel 4.19 Jadwal Proyek PLTA di Tabang	86
Tabel 4.20 Rincian Kegiatan Pekerjaan Pembangunan PLTA	83

Tabel 4.21 Present Value	91
Tabel 4.22 Akumulasi Pendapatan dan Pengeluaran	93
Tabel 4.23 <i>Net Present Value</i> dengan tingkat bunga pertama.....	96
Tabel 4.24 <i>Net Present Value</i> dengan tingkat bunga kedua.....	97
Tabel 4.25 Hasil Proyek.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air	7
Gambar 2.2 Skema pipa pesat (Soedijatmo, 1999)	11
Gambar 2.3 Grafik Pemilihan Turbin	12
Gambar 2.4 Konstanta rangkaian ekivalen yang terdistribusi	16
Gambar 2.5 Rangkaian ekivalen saluran transmisi pendek	17
Gambar 2.6 Diagram fasor saluran transmisi pendek yang terhubung pada beban induktif.....	18
Gambar 2.7 Potensi tenaga air berdasarkan RUEN	19
Gambar 2.8 Indikasi rencana penyediaan kapasitas PLTA per provinsi tahun 2015-2025	20
Gambar 2.9 Lokasi kota Tabang dan Jarak dari kota Tenggarong	21
Gambar 3.1. Lokasi Sungai Belayan	31
Gambar 3.2. Rencana Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Air Tabang yang Dapat Ditempuh dari Kota Tenggarong Selama 12 Jam dengan Jarak 225 Km.	32
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Wilayah kerja PT. PLN (Persero) di Kalimantan Timur	37
Gambar 4.2 Daerah Curah Hujan	42
Gambar 4.3. Lokasi DAS Tabang	43
Gambar 4.4 Kondisi Geografis DAS Tabang	44
Gambar 4.5 Lokasi Alternatif Bendungan PLTA Tabang.....	45
Gambar 4.6 Daerah Bendungan Alternatif II.....	50
Gambar 4.7 Perhitungan Volume Tampungan Efektif.....	51
Gambar 4.8 Muka Air Minimum Waduk.....	51
Gambar 4.9 Detail Kondisi Operasi Waduk	52
Gambar 4.10 Lokasi Bendungan II.....	54
Gambar 4.11 Posisi <i>Intake</i> pada Bendungan.....	55

Gambar 4.12 Posisi <i>penstock</i> pada Bendungan.....	56
Gambar 4.13 <i>Power House</i>	57
Gambar 4.14 <i>Power House</i>	57
Gambar 4.15 Kecepatan Putar Spesifik Turbin.....	59
Gambar 4.16 Efisiensi Turbin dalam Beberapa Kondisi	60
Gambar 4.17 Penentuan V_{oe} dan V_{os} dari Kecepatan Spesifik.....	61
Gambar 4.17 Turbin Francis.....	62
Gambar 4.18 Generator Sinkron 3 Fasa Poros Vertikal	65
Gambar 4.19 Trafo hubung bintang segitiga (Y - Δ)	60
Gambar 4.20 Lokasi PLTA Tabang dan Gardu Induk Terdekat	67
Gambar 4.21 Jalur transmisi PLTA Tabang dan GI 150 kV Kembang Janggut	68
Gambar 4.22 ASTM B 549 : 2004.....	70
Gambar 4.23 Diagram Aliran Kas PLTA Tabang	89
Gambar 4.24 Grafik kumulatif <i>Net Casflow</i>	94

INTISARI

Kebutuhan energi listrik semakin tahun semakin meningkat, mengakibatkan bertambahnya penggunaan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Hal ini yang menjadi alasan berkembangnya energi baru terbarukan. Menurut data yang diterbitkan pemerintah RUEN bahwa Kalimantan Timur memiliki potensi energi air dan matahari sebesar 13.479 MW. Pada penelitian ini membahas analisis tekno-ekonomi perencanaan pemanfaatan PLTA (reservoir) di Tabang, Kalimantan Timur. Dari sisi teknis menganalisis perencanaan desain PLTA yang cocok dengan kondisi sungai belayan. Dari sisi ekonomi menganalisis kelayakan proyek PLTA melalui biaya investasi beserta arus kas hingga umur ekonomis proyek, menggunakan beberapa metode, yaitu Net Present Value (NPV), Payback Period (PBP), Benefit Even Point (BEP), Benefit–Cost Ratio (B-CR), dan Internal Rate of Return (IRR). Hasil analisa teknis dengan debit andal Q(40%) menghasilkan daya output sebesar 278,2 MW dengan 4 generator, daya kemudian ditransmisikan ke Gardu Induk Kembang Janggut dengan jarak ± 70 km. Biaya investasi yang dikeluarkan pada perencanaan pembangunan unit pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Tabang di Kalimantan Timur adalah Rp3.139.926.930.505,00. Nilai bersih sekarang (NPV) PLTA di Tabang bernilai positif (NPV>0) yaitu sebesar Rp1.696.092.599.142,00 dengan periode pengembalian modal (PBP) lebih dari umur ekonomisnya yaitu 8,4 tahun. Titik impas antara pengeluaran dan pendapatan proyek yaitu 14,8 tahun (BEP<umur ekonomis proyek). Rasio perbandingan biaya dan manfaat proyek (BCR) menunjukkan angka yang menguntungkan (BCR>1) yaitu sebesar 1,195. Laju pengembalian internal (IRR) atau nilai bersih investasi saat ini sama dengan nol pada tingkat suku bunga ke 15,88%. Hasil tersebut menunjukkan rencana pembangunan unit PLTA Tabang di Kalimantan Timur secara ekonomi layak untuk dilaksanakan.

Kata kunci: PLTA, analisa kelayakan proyek, metode kelayakan investasi

ABSTRACT

Electricity energy demand is increasing every year, resulting in the increasing use of fossil fuel power plants that are increasingly depleting. According to data published by the RUEN government, East Kalimantan has 13,479 MW of water and solar energy potential. This research discusses the techno-economic analysis of the planning of the use of hydropower (reservoir) in Tabang, East Kalimantan. From the technical analysis, the hydropower analysis design planning matches the conditions of the belayan river. From the economic analysis, analyzing the feasibility of hydropower projects through investment costs along with cash flow to the economic life of the project, using several methods, namely Net Present Value (NPV), Payback Period (PBP), Benefit Even Point (BEP), Benefit-Cost Ratio (BCR), and Internal Rate of Return (IRR). The results of technical analysis with reliable discharge Q (40%) produce an output power of 278,2 MW with 4 generators, the power is then transmitted to the Kembang Janggut Main Station with a distance of ± 70 km. Investment costs incurred in the planning of the construction of the Tabang hydroelectric power plant (PLTA) in East Kalimantan is Rp3.139.926.930.505,00. The net present value (NPV) of hydropower in Tabang is positive ($NPV > 0$) in the amount of Rp1,696,092,599,142.00 with a payback period (PBP) of more than its economic life of 8.4 years. The break-even point between project expenditure and income is 14.8 years ($BEP < \text{project economic life}$). The ratio of project cost and benefit ratio (BCR) shows a favorable number ($BCR > 1$) which is 1,195. The internal rate of return (IRR) or net present investment value is equal to zero at the interest rate to 15.88%. These results indicate that the plan to build a Tabang hydropower unit in East Kalimantan is economically feasible.

Keywords: *hydroelectric power plant, techno-economic, dam, water turbine, energy costs*