

TUGAS AKHIR

**ANALISIS UNTUK PERENCANAAN POTENSI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HIDRO (PLTM) DI
DESA GUNUNG MERIAH DENGAN KAPASITAS 2 x 1,5 MW**

Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna
mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

BAYU KRISTYANTORO

2017210002



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
2022**

TUGAS AKHIR

ANALISIS UNTUK PERENCANAAN POTENSI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HIDRO (PLTM) DI
DESA GUNUNG MERIAH DENGAN KAPASITAS 2 x 1,5 MW

Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna
mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

BAYU KRISTYANTORO

2017210002



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS UNTUK PERENCANAAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MINI HIDRO (PLTM) DI DESA GUNUNG MERIAH
KAPASITAS 2 x 1,5 MW**

TUGAS AKHIR

**Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna
mencapai gelar Sarjana Teknik**

OLEH:

BAYU KRISTYANTORO

2017210002

Diperiksa dan disetujui
Pembimbing

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ir. Yendi Esye, Msi

NIDN: 0314076802/95248

Ir. Yendi Esye, Msi

NIDN: 0314076802/95248

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARMA PERSADA

2022

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**ANALISIS UNTUK PERENCANAAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MINI HIDRO (PLTM) DI DESA GUNUNG MERIAH
KAPASITAS 2 x 1,5 MW**

TUGAS AKHIR

**Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna
mencapai gelar Sarjana Teknik**

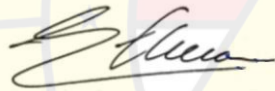
OLEH:

BAYU KRISTYANTORO

2017210002

Diperiksa dan disetujui

Penguji 1



Ir. Eri Suherman, MT

NIDN: 0320115801

Mengetahui

Penguji 2



M. DARSONO, ST, MT

NIDN: 0314116701

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARMA PERSADA

2022

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bayu Kristyantoro

NIM : 2017210002

Judul Tugas Akhir : ANALISIS UNTUK PERENCANAAN POTENSI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HIDRO
(PLTM) DI DESA GUNUNG MERIAH KAPASITAS 2 x
1,5 MW

Menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya tulis di bawah ini dalam bimbingan Bapak Ir. Yendi Esye, MSi, bukan merupakan duplikat dari karya orang lain dan isi Tugas Akhir ini murni dibuat oleh saya dan sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Demikian pernyataan ini saya tulis dengan sebenar-benarnya.

Bekasi, 31 Mei 2022



Bayu Kristyantoro

UCAPAN TERIMA KASIH

Teriring ucapan terima kasih saya sampaikan kepada semua civitas akademik Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Darma Persada, sehingga saya bisa menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang telah dilaksanakan pada waktu yang telah ditentukan. Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terimakasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu mempermudah dalam segala urusan dan menjawab segala doa saya,
2. Orang tua saya yang selalu mendoakan saya untuk kehidupan dan kesuksesan saya,
3. Bapak Ir. Agus Sun Sugiharto, MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Darma Persada.
4. Bapak Ir. Yendi Esye, Msi selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Darma Persada dan sebagai dosen pembimbing,
5. Bapak Ir. Eri Suherman, MT selaku penguji 1 yang telah memberikan masukan serta saran dalam penulisan Tugas Akhir ini,
6. Bapak M. Darsono, ST, MT selaku penguji 2 yang telah memberikan masukan serta saran dalam penulisan Tugas Akhir ini,
7. Bapak Setiadi Wiogo, selaku Komisaris PT Landasan Tata Laksana Energi,
8. Bapak Sugino, selaku Direktur Utama PT Landasan Tata Laksana Energi,
9. Bapak Harno, selaku Plant Manager PLTM Sungai Buaya,
10. Bapak Aditya, selaku DPM PT Landasan Tata Laksana Energi,
11. Bapak Iwan, Bapak Banto, Fredi Rama, Firmanta dan Aris selaku karyawan PT Landasan Tata Laksana Energi,
12. Teman-teman di Fakultas Teknik Rizki Ari Kurniawan, Ahmad Taofik, Agus Isnanto, I Gede Arya, telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir dari awal hingga akhir,
13. Terima kasih kepada teman seperjuangan Tugas Akhir Bernadeta Asustuti Dwi Utami.

Bekasi, 31 Mei 2022

Penulis

ABSTRAK

Energi listrik adalah sumber yang dibutuhkan oleh manusia dalam menjalankan aktivitasnya, kondisi bahan bakar fosil yang saat ini semakin menipis disebabkan karena bahan bakar ini tidak bisa diperbaharui dan jumlahnya semakin sedikit di alam. Dalam kondisi ini solusinya adalah dengan membangun beberapa pembangkit yang menggunakan energi terbarukan antara lain adalah angin, air, cahaya matahari, biomasa, dan lain-lain. ^[21]

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Sungai Buaya terletak di Desa Pekan Gunung Meriah, Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara dengan koordinat $3^{\circ} 8'13.95''\text{U}$ $98^{\circ}42'21.45''\text{T}$. Penelitian ini menggunakan data sekunder curah hujan 14 tahun, data suhu udara, data kelembaban relatif, data kecepatan angin, data penyinaran matahari. Analisis untuk menghitung ketersediaan air digunakan metode Evapotranspirasi, metode HSS *Nakayasu*, metode *FJ Mock*. Kemudian analisis mengenai PLTMH dengan tinggi jatuh efektif 82 meter, dengan debit aliran (Q) yang direncanakan adalah $4.6 \text{ m}^3/\text{detik}$ potensi hidrolik yang di hasilkan adalah 3.7 MW untuk potensi turbin yang dihasilkan adalah 3.3 MW dan untuk daya *output* dari generator sebesar 3.1 MW, untuk debit aliran minimum ($Q_{\min}$) adalah $3.26 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan potensi hidrolik sebesar 2.6 MW, untuk potensi turbin yang dihasilkan sebesar 2.3 MW dan daya *output* dari generator adalah 2.2 MW.

Kata Kunci : Potensi air, dan daya energi yang dihasilkan PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dan saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha esa yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga saya bisa menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan sebaik mungkin. Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai kelulusan Strata Satu (S1). Penelitian ini yang berjudul “ANALISIS UNTUK PERENCANAAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HIDRO (PLTM) DI DESA GUNUNG MERIAH DENGAN KAPASITAS 2 x 1,5 MW” dalam proses penyusunan ini dilakukan berberapa tahapan dan melibatkan banyak pihak yang terkait dukungan moril maupun material.

Saya sebagai penulis mengharapkan saran dan kritik yang bermanfaat dan bersifat membangun sehingga saya dapat mengembangkan pengetahuan dan memperbaiki kesalahan dikemudian hari. Dan penulis mengucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya atas kekurangan maupun kesalahan yang terjadi.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam penulisan Tugas Akhir ini. Akhir kata saya berharap agar penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak yang terkait.

Bekasi, 31 Mei 2022

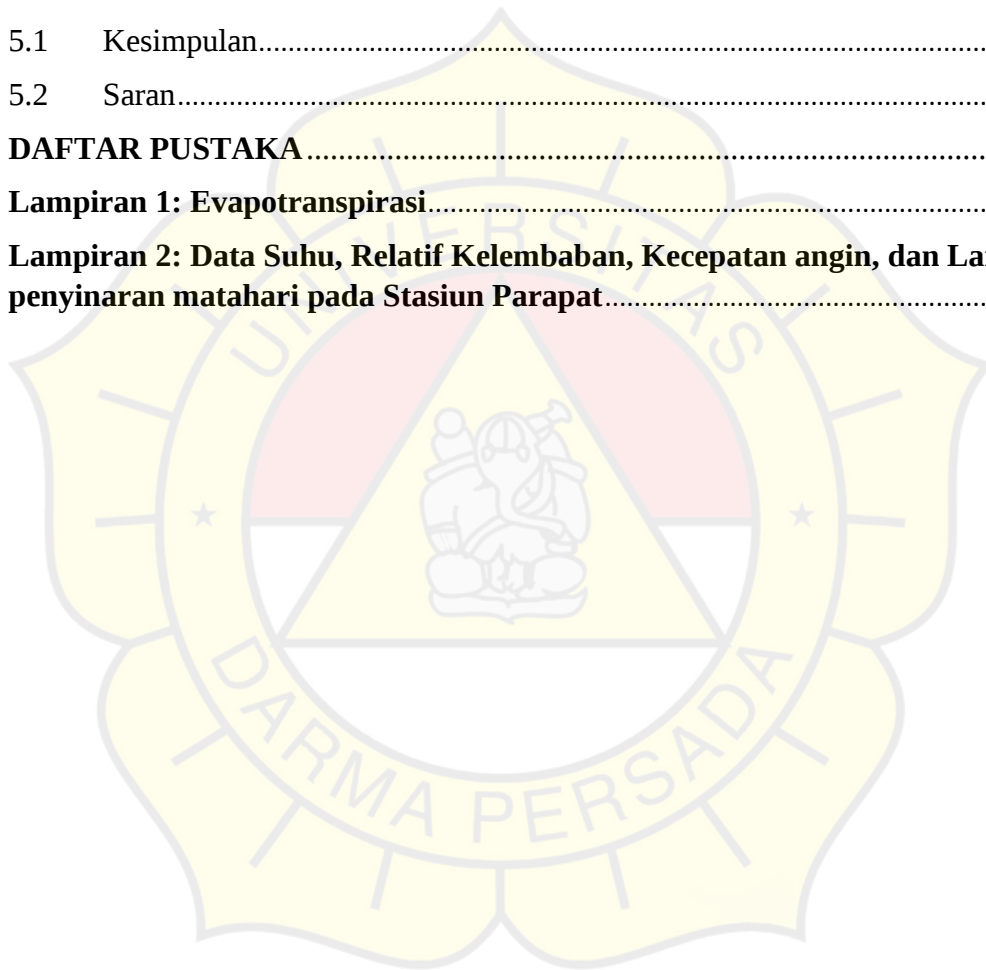
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Prinsip Pembangkit Tenaga Air.....	5
2.2 Potensi Tenaga Air	6
2.3 Hubungan Antara Curah Hujan dan Limpasan.....	6
2.3.1 Curah Hujan Wilayah.....	7
2.3.2 Pengukuran Curah Hujan.	8
2.3.3 Komponen Limpasan	8
2.3.4 Aliran Sungai (Debit)	9
2.4 Jenis-Jenis Pusat Listrik Tenaga Air.....	9
2.4.1 Penggolongan berdasarkan Tinggi Terjun yang ada	9
2.4.2 Penggolongan menurut Aliran Air	10
2.5 Analisa Frekuensi Curah Hujan.....	10
2.5.1 Distribusi Normal	13
2.5.2 Distribusi Log Normal	14
2.5.3 Distribusi <i>Gumbel</i>	15
2.5.4 Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	17

2.6	Perhitungan Debit Banjir dengan Metode HSS Nakayasu.....	18
2.7	Evapotranspirasi dengan menggunakan Metode <i>Penman</i>	20
2.8	Pengukuran Debit Sungai.....	21
2.8.1	Pengukuran Duga Air.....	21
2.8.2	Pencatat Duga Air (<i>Waterlevel Recorder</i>).....	22
2.8.3	Pengukur Debit.....	23
2.8.4	Lengkung Debit (<i>Rating Curve</i>).....	25
2.8.5	Debit Aliran Ketersediaan dengan Metode <i>F.J Mock</i>	26
2.8.6	Debit Andalan	27
2.9	Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM).....	27
2.9.1	Komponen Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro.....	29
2.9.2	Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Hidro.....	30
2.10	Turbin Air.....	30
2.10.1	<i>Klasifikasi Turbin Air</i>	31
2.10.2	Macam-macam Turbin Impuls	31
2.10.3	Macam-macam Turbin Reaksi	33
2.11	Perbandingan Karakteristik Turbin.....	35
2.12	Generator	36
BAB III METODE PENELITIAN		38
3.1	Lokasi	38
3.2	Topografi Lokasi PLTM Sungai Buaya.....	38
3.3	Hidrologi PLTM Sungai Buaya	39
3.3.1	Kondisi Aliran Sungai.....	39
3.3.2	Data Curah Hujan.....	40
3.3.3	Klimatologi	43
3.4	Survei Pendahuluan, Jenis Penelitian dan Studi Pustaka.....	43
3.5	Spesifikasi Turbin dan Generator	44
3.6	Pengumpulan Data.....	45
3.7	Analisis Data.....	46
3.8	Diagram Alur Penelitian	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Analisis Ketersediaan Air.....	48
4.1.1	Perhitungan Rata-rata Curah Hujan	48

4.2	Debit Banjir Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) metode <i>Nakayasu</i>	56
4.3	Analisa <i>Evapotranspirasi</i> dengan metode <i>Penman Modifikasi</i>	61
4.4	Analisa Ketersediaan Debit Sungai dengan Metode <i>FJ. Mock</i>	63
4.5	Analisa Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro).....	67
4.5.1	Daya <i>output</i> Pada Turbin.....	68
4.5.2	Daya <i>Output</i> Pada Generator.....	69
4.5.3	Pemilihan Jenis Turbin.....	70
BAB V PENUTUP		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA		72
Lampiran 1: Evapotranspirasi		74
Lampiran 2: Data Suhu, Relatif Kelembaban, Kecepatan angin, dan Lama penyinaran matahari pada Stasiun Parapat		76



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Parameter Statistik suatu distribusi ^[10]	12
Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss ^[23]	14
Tabel 2.3 Reduced Mean Y_n ^[23]	15
Tabel 2.4 Reduced Standard Deviation, S_n ^[23]	16
Tabel 2.5 Reduced variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang ^[23]	17
Tabel 2.6 Debit Andalan Untuk Penyelesaian Optimum Penggunaan Air ^[22] ..	27
Tabel 2.7 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Hidro ^[21]	30
Tabel 2.8 Klasifikasi Head ^[7]	31
Tabel 2.9 Klasifikasi Turbin Air ^[4]	31
Tabel 3. 1 Curah Hujan Bulanan pada Stasiun SMPK Tongkoh	41
Tabel 3. 2 Curah Hujan Bulanan Stasiun Barus Jahe	41
Tabel 3.3 Curah hujan bulanan Stasiun Marihat	42
Tabel 3.4 Data Klimatologi Stasiun Parapat dari tahun 2002-2012 (Lihat Lampiran 2 pada tabel 5.5, 5.6, 5.7, 5.8).....	43
Tabel 4.1 Hasil perhitungan data curah hujan maks pada DAS Sungai Buaya diurutkan dari besar ke kecil.....	50
Tabel 4.2 Analisis Frekuensi Hujan DAS Sungai	51
Tabel 4.3 Pemilihan jenis distribusi	53
Tabel 4.4 Perhitungan dengan metode Log Pearson Type III	54
Tabel 4.5 Periode ulang tahun menggunakan Variabel Gauss	55
Tabel 4.6 Hasil hujan rancangan metode Log Pearson Type III	55
Tabel 4.7 Hasil perhitungan ordinat hidrograf Banjir HSS Nakayasu	56
Tabel 4.8 Perhitungan Metode Hidrograf Banjir HSS Nakayasu	58
Tabel 4.9 Ketersediaan Air DAS Buaya tahun 2002-2015 (m3/detik)	66
Tabel 5.1 Tekanan uap jenuh (ea) menurut temperatur rata-rata	74
Tabel 5. 2 Tabel Pengaruh Temperatur Udara $f(T)$ pada radiasi gelombang..	74
Tabel 5. 4 Tabel nilai faktor Penimbang (W) untuk efek radiasi	75
Tabel 5. 5 Tabel adjusment faktor (c) bulanan.....	75
Tabel 5. 6 Data suhu udara ($^{\circ}C$)	76
Tabel 5. 7 Data kelembaban relatif (%).....	77
Tabel 5. 8 Data kecepatan angin.....	78

Tabel 5. 9 Data penyinaran matahari.....	79
Tabel 5. 10 Hasil perhitungan Evapotranspirasi Metode Penman Modifikasi	80
Tabel 5. 11 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2002	83
Tabel 5. 12 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2003	87
Tabel 5. 13 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2004	90
Tabel 5. 14 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2005	94
Tabel 5. 15 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2006	98
Tabel 5. 16 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2007	102
Tabel 5. 17 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2008	106
Tabel 5. 18 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2009	110
Tabel 5. 19 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2010	114
Tabel 5. 20 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2011	118
Tabel 5. 21 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2012	122
Tabel 5. 22 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2013	126
Tabel 5. 23 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2014	130
Tabel 5. 24 Ketersediaan Debit DAS Buaya dengan Metode FJ Mock tahun 2015	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	HSS Nakayasu ^[22]	19
Gambar 2.2	Potongan-potongan pendek rambu ^[22]	21
Gambar 2.3	Alat pencatat (Automatic Waterlevel) pada pos duga air ^[22] ...	22
Gambar 2.4	Alat pencatat tersebut ditempatkan di dalam suatu shelter ^[22] .	23
Gambar 2.5	Pengamatan yang di pasang di dua titik yang berjarak 50 - 100 meter ^[22]	24
Gambar 2.6	Current meter type price ^[22]	25
Gambar 2.7	Current meter type propeller ^[22]	25
Gambar 2.8	Rating Curve ^[22]	26
Gambar 2.9	Skema Diagram PLTMH ^[3]	29
Gambar 2.10	Turbin Pelton ^[25]	32
Gambar 2.11	Turbin Turgo ^[25]	32
Gambar 2.12	Turbin Cross-Flow ^[25]	33
Gambar 2.13	Turbin Kaplan ^[25]	34
Gambar 2.14	Turbin Francis ^[25]	34
Gambar 2.15	Turbin Propoller ^[25]	35
Gambar 2. 16	Grafik Perbandingan Karakteristik Turbin. ^[7]	35
Gambar 3.1	Lokasi PLTM Sungai Buaya	38
Gambar 3.2	Lokasi PLTM Sungai Buaya pada Peta Topografi	39
Gambar 3.3	Kondisi DAS PLTM Sungai Buaya	40
Gambar 3.4	Generator dan Turbin PLTMH Sungai Buaya.....	44
Gambar 3.5	Diagram Alur Analisis PLTM Sungai Buaya.....	47
Gambar 4.1	Metode Poligon Thiessen pada DAS PLTM Sungai Buaya.....	49
Gambar 4.2	Grafik Unit Hidrograf Nakayatsu	60
Gambar 4.3	Schematic Profil Sungai Buaya	67