



Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

(Studi Kasus Di Sungai Tulaun
Desa Lalumpe Minahasa)

PENULIS:
DR. MEITA RUMBAYAN, ST, M. ENG
RILYA RUMBAYAN, ST, M. ENG, PHD
CHRISTY PASIOWAN, ST
FALDY MANAHAMPI





Penerbit:

Ahlimedia Press (Anggota IKAPI)

Jl. Ki Ageng Gribig, Gang Kaserin MU No. 36

Kota Malang 65138, Telp: +6285232777747

www.ahlimediapress.com

ISBN 978-623-413-177-2



**Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga
Mikrohidro (Studi Kasus di Sungai Tulaun
Desa Minahasa)**

Penulis

Dr. Eng. Meita Rumbayan, ST, M.Eng

Rilya Rumbayan, ST, M.Eng, PhD

Christy Pasiowan, ST

Faldy Manahampi

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga buku ini bisa diselesaikan dengan baik.

Buku ini disusun sebagai luaran penelitian dasar unggulan perguruan tinggi (PDUPT) dengan judul “Perancangan Pembangkit Listrik Mikrohidro di Desa Lalumpe Minahasa Untuk Mendukung Program Desa Mandiri Energi dan Kebijakan *Green Economy*” yang dilaksanakan di desa Lalumpe, Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) dan LPPM Universitas Sam Ratulangi yang telah mendukung pelaksanaan penelitian dengan tema green economy dengan fokus Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, mengambil studi kasus di Sungai Tulaun desa Lalumpe Minahasa.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB 2 ASPEK TEKNIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA	7
MIKRO HIDRO	7
2.1 <i>Perencanaan Bangunan Sipil.....</i>	<i>10</i>
2.1.1 Bendungan	11
2.1.2 Intake	12
2.1.3 Desain Bak Penenang (<i>Forebay</i>)	12
2.1.4 Desain <i>Power House</i>	12
2.1.5 Desain Saluran Pembuangan (<i>Tail Race</i>).....	13
2.2 <i>Perancangan Mekanikal</i>	<i>14</i>
2.3 <i>Perancangan Elektrikal</i>	<i>16</i>
BAB 3 ASPEK EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK	
TENAGA MIKRO HIDRO	21
3.1 <i>Net Present Value (NPV)</i>	<i>21</i>
3.2 <i>Benefit Cost Ratio(BCR)</i>	<i>22</i>
3.3 <i>Internal Rate of Return (IRR).....</i>	<i>22</i>
3.4 <i>Harga Pokok Produksi.....</i>	<i>23</i>
3.4.1 <i>Biaya Investasi.....</i>	<i>23</i>
3.5 <i>Studi Kasus Perhitungan Ekonomis PLTMH Sungai Tulaun</i>	<i>26</i>
BAB 4 SIMULASI MODEL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA	
MIKRO HIDRO DI SUNGAI TULAUN	28
DESA LALUMPE MINAHASA	28

4.1 Metode	31
4.2 Hasil	32
4.2.1 Skenario 1.....	33
4.2.2 Skenario 2.....	34
4.2.3 Skenario 3.....	36
4.2.4 Skenario 4.....	39
4.3 Kesimpulan.....	41
BAB 5 PENUTUP.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1 Posisi lokasi desa Lalumpe, Kecamatan Kombi, Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara	3
Gambar 1.2 Survey ke lokasi sungai Tulaun yang berpotensi untuk lokasi PLTMH	4
Gambar 1.3 Studi awal dengan drone kelayakan teknis di daerah aliran sungai Tulaun desa lalumpe	4
Gambar 1.4 Pengukuran debit dan tinggi jatuh air sungai Tulaun yang berpotensi untuk lokasi PLTMH	5
Gambar 2.1 Skema Perjalanan Air pada PLTMH	7
Gambar 2.2 Diagram alir survey pendahuluan potensi PLTMH.....	8
Gambar 2.3 Skema efisiensi PLTMH	9
Gambar 2 4 Contoh alat ukur debit air sungai current meter	10
Gambar 2.5 Bangunan sipil untuk PLTMH yang ada di Sungai Tulaun (sumber: dokumen pribadi) ...	11
Gambar 2.6 Desain Powerhouse potongan melintang	13
Gambar 2.7 Powerhouse PLTMH	13
Gambar 2.8 Jenis Turbin : (a) Turbin Axial; (b) Turbin Francis; (c) Turbin Pelton	14
Gambar 2.9 Grafik pemilihan jenis turbin.....	15
Gambar 2.10 Turbin Reaksi : (a) Turbin Propeller; (b) Turbin Kaplan.....	15
Gambar 2.11 Generator Sinkron.....	16
Gambar 2.12 Generator Induksi	17
Gambar 2.13 Contoh turbin dan generator PLTMH.....	18
Gambar 2.14 Spesifikasi Turbin dan Generator PLTMH	19
Gambar 4.1 Lokasi penelitian di dusun Tulaun desa Lalumpe	28
Gambar 4.2 Metode yang digunakan dalam penelitian ini	30

Gambar 4.3 Profil Beban Harian Dusun Tulaun	31
Gambar 4.4 Skematik sistem pembangkit yang disuplai oleh 100% mikrohidro	32
Gambar 4.5 Hasil simulasi HOMER untuk Skenario 1.....	32
Gambar 4.6 Produksi listrik bulanan Model Skenario 1 ...	33
Gambar 4.7 Skematik 2 sistem pembangkit listrik yang disuplai oleh 100% mikro hidro dan jaringan listrik PLN	35
Gambar 4. 8 Hasil simulasi Skenario 2	35
Gambar 4.9 Produksi listrik bulanan Model Skenario 2 ...	36
Gambar 4. 10 Skenario 3 sistem pembangkit listrik yang disuplai oleh mikro hidro, diesel dan jaringan listrik PLN	37
Gambar 4. 11 Hasil simulasi HOMER untuk Skenario 3..	37
Gambar 4. 12 Produksi listrik bulanan Model Skenario 3	38
Gambar 4. 13 Skenario 4 sistem pembangkit listrik yang disuplai oleh mikro hidro, PV dan baterai	39
Gambar 4. 14 Hasil simulasi HOMER untuk Skenario 4..	40
Gambar 4. 15 Produksi listrik bulanan Model Skematik 4	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Potensi Sungai Tulaun.....	10
Tabel 2.2 Jenis Turbin dan Variasi Head	16
Tabel 4.1 Emisi Skematik 3 karena pemanfaatan diesel	38
Tabel 4.2 Perbandingan Skenario 1, 2, 3 dan 4... ..	40

BAB I

PENDAHULUAN

Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan perancangan pembangkit listrik tenaga air skala kecil untuk desa mandiri energi yang dapat mendukung kebijakan *green economy* dalam pemanfaatan energi terbarukan. Pemanfaatan energi air sebagai alternatif suplai tenaga listrik yang mandiri untuk desa yang mengalami krisis energi listrik dan krisis air bersih di *remote area* pesisir pantai Timur Minahasa yaitu desa Lalumpe. Desa lalumpe memiliki 2 sungai yang mengalir yaitu Sungai Tulaun dan Sungai Kawis yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) dalam kategori di bawah 100 KW daya listrik.

Tujuan penelitian dasar ini dibagi menjadi tiga tahap dengan target dan sasaran pencapaian per tahun sebagai berikut:

1. Membuat perancangan sistem PLTM secara teknis sebagai *pre-feasibility study* yang mendukung program desa mandiri energi
2. Membuat perancangan sistem PLTM secara ekonomis yang mendukung kebijakan *green economy*.
3. Membuat simulasi perancangan PLTM menjadi inovasi teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan yang mendukung program desa mandiri energi dengan konsep energi hijau yang ramah lingkungan.

Tahapan metode penelitian terdiri dari empat tahap yaitu tahap kajian pustaka, tahap desain, tahap perancangan PLTM, serta melakukan kajian pengujian fungsi utama teknologi tepat guna PLTM, dan tahap simulasi PLTM untuk mendukung kebijakan *green economy*.

Luaran wajib yang ditargetkan adalah produk bersertifikat HKI berupa buku ber-ISBN dengan judul “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro untuk Desa Mandiri Energi” (Tahun I), publikasi jurnal internasional terindeks SCOPUS Q1 di “*Energies*” (Tahun II) dan publikasi jurnal internasional terindeks SCOPUS Q1 di “*Energy and Society*” (Tahun III). Luaran tambahan berupa publikasi pada konferensi internasional terindeks.

Penelitian dasar ini untuk menghasilkan prinsip dasar teknologi tepat guna PLTM (TKT-1), pembuktian konsep teknologi PLTM (TKT 2) menjadi pembuktian konsep secara analitis dan eksperimen (TKT 3) dengan target peningkatan level Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) per tahun untuk berlanjut menjadi penelitian terapan di fokus topik Energi Terbarukan.

Penelitian tim dengan sumber energi terbarukan berupa energi matahari sudah menghasilkan beberapa publikasi ilmiah dalam bentuk kajian (Rumbayan dkk, 2021) dan penerapan untuk masyarakat (Rumbayan dkk, 2019). Untuk mendukung program desa mandiri energi, perlu eksplorasi alternatif energi air sebagai sumber energi listrik sehingga penelitian dasar ini menjadi penting untuk dikaji dan dikembangkan. Berdasarkan pengalaman perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di lokasi lain (Mantiri dkk, 2018), maka tim peneliti membuat usulan penelitian perancangan PLTMH di lokasi Sungai Tulaun yang berpotensi mendukung program desa mandiri energi menggunakan tenaga air.

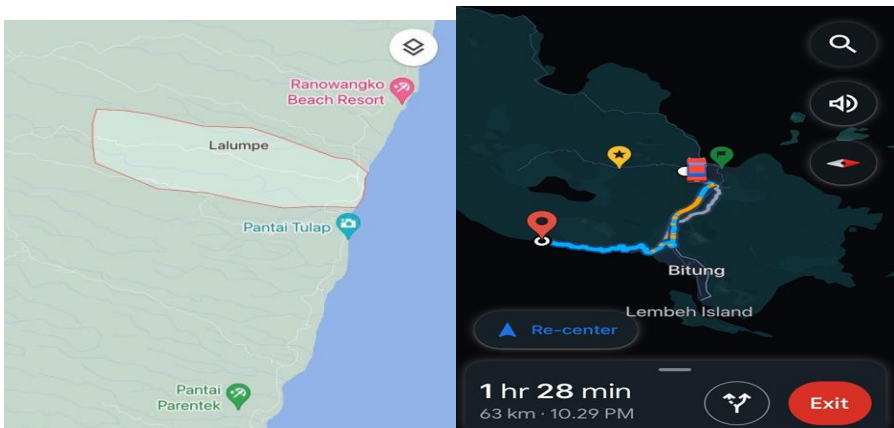
Permasalahan yang akan diteliti adalah:

- (1) Bagaimana perancangan sistem PLTM secara teknis sebagai *pre-feasibility study* yang mendukung program desa mandiri energi?
- (2) Bagaimana perancangan sistem PLTM secara ekonomis yang mendukung kebijakan *green economy*?
- (3) Bagaimana hasil simulasi dari perancangan PLTM di desa Lalumpe secara teknis, ekonomis dan ekologis sebagai hasil kajian untuk dilanjutkan menjadi penerapan teknologi tepat guna?

Tujuan khusus penelitian dasar ini dibagi menjadi tiga tahap dengan target dan sasaran pencapaian per tahun sebagai berikut:

1. Membuat perancangan sistem PLTM secara teknis sebagai *pre-feasibility study* yang mendukung program desa mandiri energi (Tahun I)
2. Membuat perancangan sistem PLTM secara ekonomis yang mendukung kebijakan *green economy* (Tahun II)
3. Membuat simulasi perancangan PLTM menjadi inovasi teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan yang mendukung program desa mandiri energi dengan konsep energi hijau yang ramah lingkungan (Tahun III)

Desa Lalumpe berjarak sekitar 70 KM dari Kampus Universitas Sam Ratulangi (Kota Manado) dengan perjalanan mobil dengan waktu tempuh 1,5 - 2 jam. Desa Lalumpe memiliki kawasan pegunungan dan kawasan pesisir pantai dengan luas 1225 HA dengan jumlah penduduk 1100 jiwa. Desa ini berbatasan sebelah Utara dengan desa Ranowangko 2, sebelah Timur dengan Laut Maluku, sebelah Selatan dengan desa Tulap, sebelah Barat dengan desa Kayubesi. Posisi lokasi desa Lalumpe dan jarak lokasi dari Ibukota Propinsi (Kota Manado) dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1 1 Posisi lokasi desa Lalumpe, Kecamatan Kombi, Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara (Sumber: GoogleMap)

Studi kelayakan yang telah dilakukan pada penelitian dasar ini adalah survey pendahuluan tentang potensi air sungai secara teknis dan penerimaan masyarakat untuk rencana introduksi dan penerapan pembangkit listrik di aliran sungai Tulaun dengan pemerintah desa dan masyarakat di desa Lalumpe (Gambar 1.2).



Gambar 1. 2 Survey ke lokasi sungai Tulaun yang berpotensi untuk lokasi PLTMH

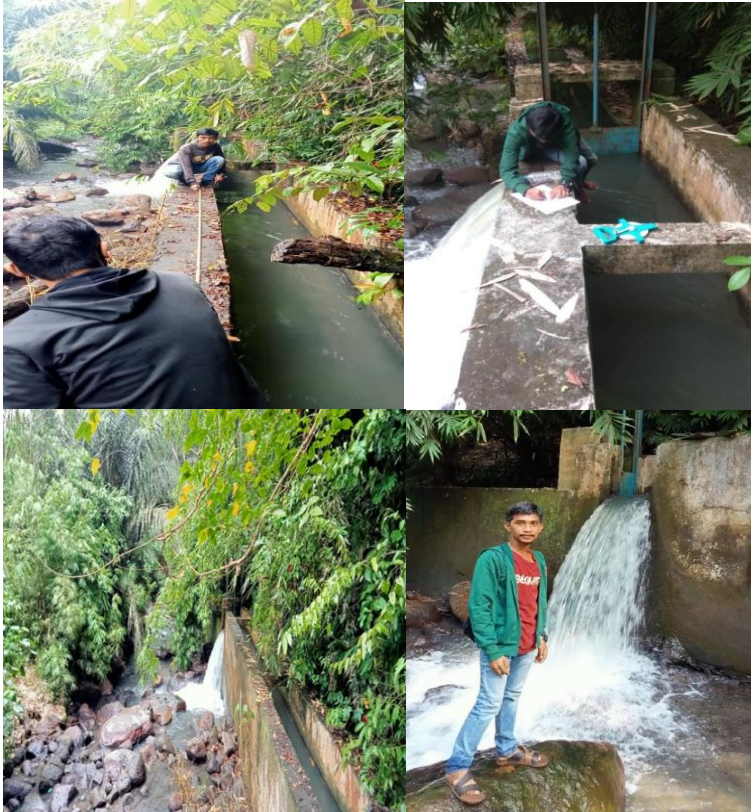
Desa Lalumpe adalah desa yang terletak di kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara merupakan desa mitra yang memiliki kesepakatan kerjasama dengan Tim untuk program menuju Desa Mandiri Energi. Pada penelitian ini, tim melakukan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai salah satu alternatif sumber energi terbarukan yang mendukung kebijakan green economy.

Selain itu survey pendahuluan sudah dilakukan di salah satu sungai di desa Lalumpe untuk melihat potensi pemanfaatan sungai dikembangkan menjadi sumber pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan drone (Gambar 1.3).



Gambar 1.3 Studi awal dengan drone kelayakan teknis di daerah aliran sungai Tulaun desa lalumpe

Survey pengukuran langsung di Sungai Tulaun yang berpotensi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga Mikrohidro (PLTMH) dilakukan oleh Tim peneliti untuk mengetahui potensi debit air dan tinggi jatuh air sungai seperti pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Pengukuran debit dan tinggi jatuh air sungai Tulaun yang berpotensi untuk lokasi PLTMH

Data yang dikumpulkan adalah data beban listrik konsumen rumah tangga untuk desa Lalumpe yang mengambil sampel pada 55 kepala keluarga di dusun Tulaun desa Lalumpe Minahasa tersaji sebagai berikut pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Beban Kebutuhan Listrik di Dusun Tulaun Desa Lalumpe Minahasa

Waktu Pembebanan	Total Beban (kW)
00.00 - 01.00	11,56
01.00 - 02.00	11,26
02.00 - 03.00	11,26
03.00 - 04.00	11,26
04.00 - 05.00	11,26
05.00 - 06.00	11,32
06.00 - 07.00	18,53
07.00 - 08.00	15,89
08.00 - 09.00	17,79
09.00 - 10.00	15,99
10.00 - 11.00	17,16
11.00 - 12.00	16,76
12.00 - 13.00	18,21
13.00 - 14.00	17,16
14.00 - 15.00	15,81
15.00 - 16.00	15,41
16.00 - 17.00	16,76
17.00 - 18.00	18,13
18.00 - 19.00	17,80
19.00 - 20.00	15,99
20.00 - 21.00	16
21.00 - 22.00	15,70
22.00 - 23.00	13,60
23.00 - 00.00	12,70
Total (kW) =	363,28

Berdasarkan data beban listrik yang diperoleh dari Dusun Tulaun, Desa Lalumpe, Minahasa diperoleh bahwa jumlah beban listrik untuk keperluan domestik rumah tangga dengan beban terendah sebesar 11,26 kW, sedangkan beban puncak yang terjadi pada pukul 06.00 – 07.00 dengan penggunaan listrik sebesar 18,53 kW.