



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PERENCANAAN KELISTRIKAN UNTUK ENERGI
TERBARUKAN DI KABUPATEN BULUNGAN DAN
TANA TIDUNG**

INDAH PURNAMA SARI
NRP 2511.100.042

DOSEN PEMBIMBING:
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

DOSEN KO-PEMBIMBING:
Imam Baihaqi, S.T, M.Sc, Ph.D

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT – TI 141501

**ELECTRICITY PLANNING TO RENEWABLE ENERGY IN
KABUPATEN BULUNGAN AND TANA TIDUNG**

INDAH PURNAMA SARI
NRP 2511.100.042

SUPERVISOR:
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

CO-SUPERVISOR:
Imam Baihaqi, S.T, M.Sc, Ph.D

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN KELISTRIKAN UNTUK ENERGI
TERBARUKAN DI KABUPATEN BULUNGAN DAN
TANA TIDUNG**

TUGAS AKHIR

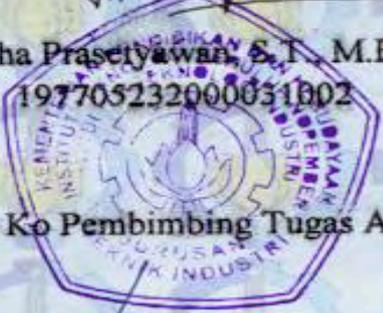
Diajukan untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi-S1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

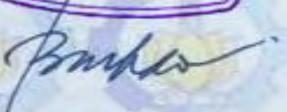
Oleh:
INDAH PURNAMA SARI
NRP. 2511 100 042

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :


Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

197705232000031002


Dosen Ko Pembimbing Tugas Akhir :


Imam Baihaqi, S.T, M.Sc, Ph.D

197007211997021001

SURABAYA, JANUARI 2015

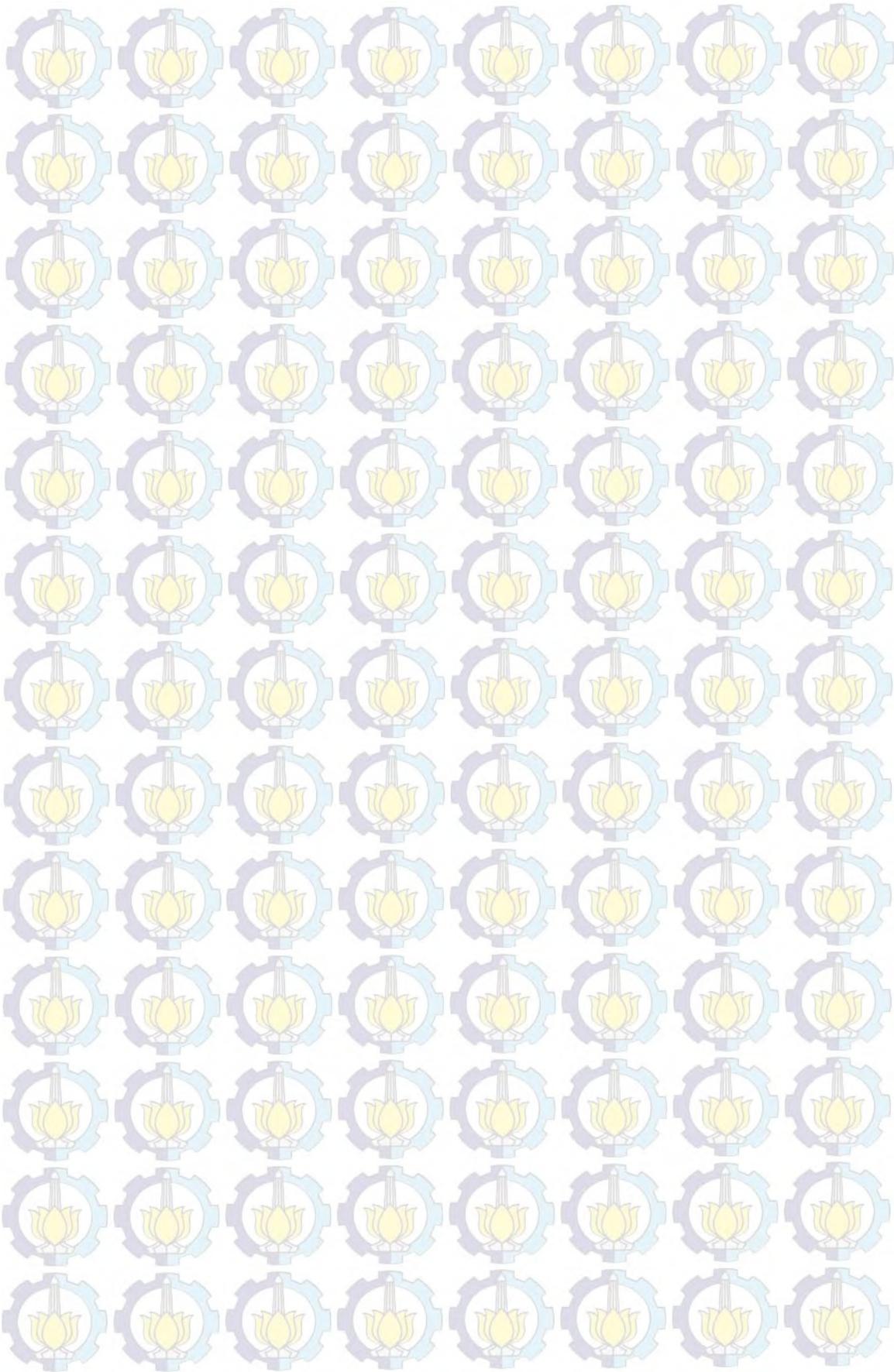
PERENCANAAN KELISTRIKAN UNTUK ENERGI TERBARUKAN DI KABUPATEN BULUNGAN DAN TANA TIDUNG

Nama Mahasiswa : Indah Purnama Sari
NRP : 2511100042
Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng
Ko-Pembimbing : Imam Baihaqi, ST., MSc., PhD

ABSTRAK

Permintaan energi listrik menunjukkan peningkatan permintaan setiap tahunnya, namun penyediaan energi listrik yang ada tidak mampu mencukupi permintaan yang semakin meningkat. Beberapa unit layanan daerah di Kabupaten Bulungan hanya mampu melayani listrik tidak lebih dari 12 jam, sedangkan pemadaman bergilir juga masih terjadi di Kabupaten Tana Tidung. Kendala yang juga terjadi dalam pemenuhan kebutuhan listrik adalah ketersediaan sumber daya fosil untuk bahan baku energi listrik sudah semakin terbatas, sehingga dibutuhkan alternatif energi lainnya, salah satunya adalah energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan proyeksi kebutuhan beban listrik mendatang dan mengidentifikasi potensi sumber energi terbarukan di daerah setempat. Proyeksi kebutuhan beban listrik dilakukan dengan pendekatan ekonometri dan sektoral serta diselesaikan dengan software LEAP (*Long Range Energy Planning*). Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi potensi sumber energi terbarukan di daerah setempat yang meliputi energi mikrohidro dan energi surya. Dari hasil identifikasi potensi energi terbarukan tersebut maka diberikan rekomendasi berupa perencanaan lokasi dan jumlah pembangkit sesuai hasil proyeksi sebelumnya. Untuk memastikan keandalan dan keberlanjutan produksi energi listrik, maka dalam penelitian ini juga dilakukan integrasi sistem produksi dengan pendekatan proses bisnis CIMOSA (*Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture*). Selanjutnya dilakukan estimasi biaya pembangunan dan analisa manfaat-biaya (*Benefit Cost Ratio*) untuk menilai kelayakan pembangkit listrik energi terbarukan tersebut. Hasil analisa menunjukkan potensi energi terbarukan yang tersedia di kedua Kabupaten ini dapat memenuhi kebutuhan listrik 11,974 rumah tangga di Kabupaten Bulungan dan 2,592 rumah tangga di Kabupaten Tana Tidung dari tahun 2015-2030. Pembangunan kedua pembangkit ini juga dinilai layak hingga tahun 2030 dengan nilai BCR lebih dari satu.

Kata Kunci : Analisis Manfaat Biaya (BCR), Energi Mikrohidro, Energi Surya, Energi Terbarukan, LEAP.



ELECTRICITY PLANNING TO RENEWABLE ENERGY IN KABUPATEN BULUNGAN AND TANA TIDUNG

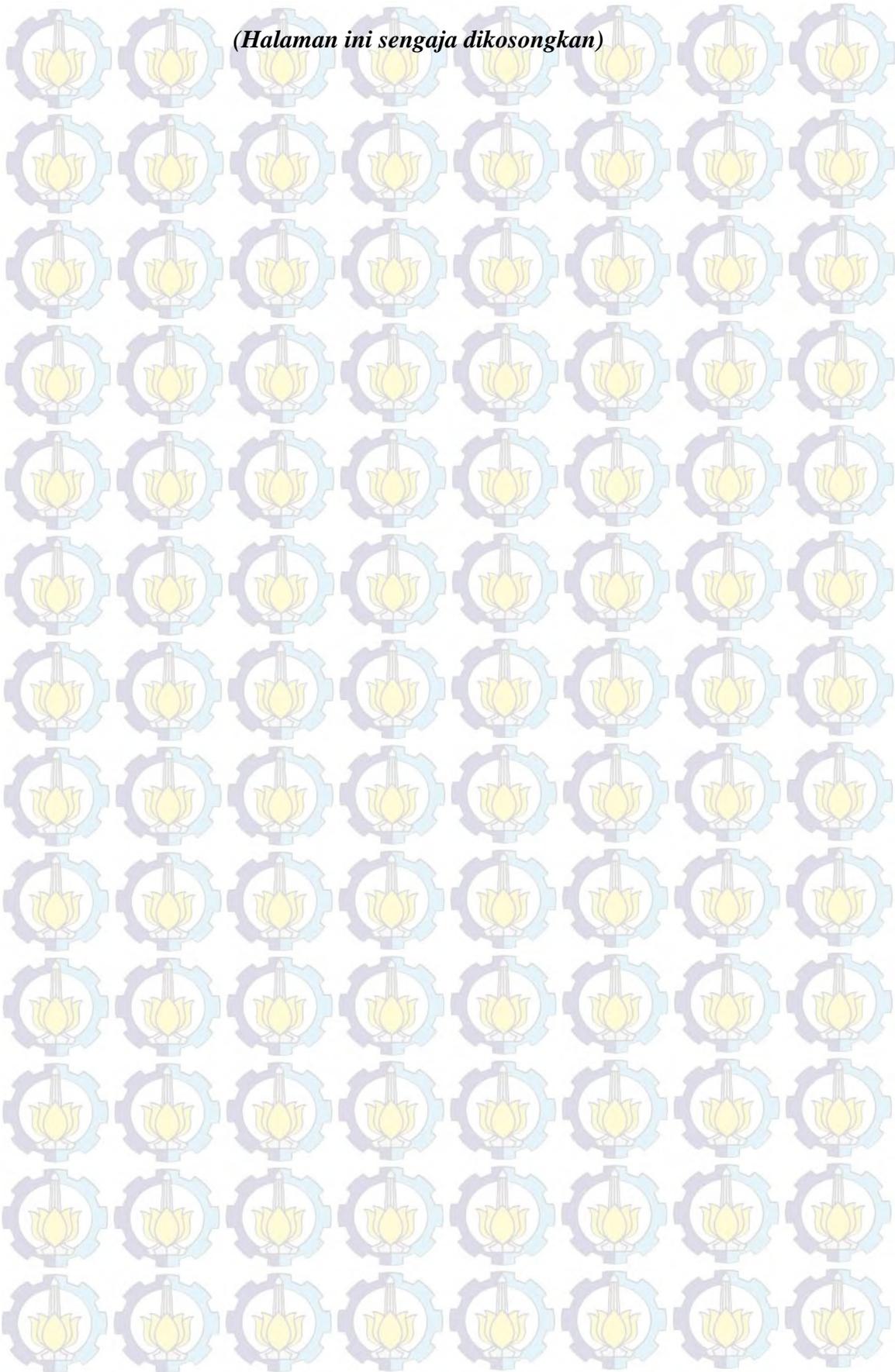
Name : Indah Purnama Sari
NRP : 2511100042
Supervisor : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng
Co-Supervisor : Imam Baihaqi, ST., MSc., PhD

ABSTRACT

Electrical energy demand was increased, but the supply was unable to meet the demand. Kabupaten Bulungan and Kabupaten Tana Tidung are two district in North Kalimantan Province were also faced the supply problem. Some services units in Kabupaten Bulungan and Kabupaten Tana Tidung only capable of serving electricity no more than 12 hours per day. The availability of fossil resources as the raw material of energy electricity has become more limited so that there is a need for other energy alternative, one of them is renewable energy. This study aimed to conduct electricity forecasting from year 2015 to 2030 and identify potential sources of renewable energy in the local area. Electricity forecasting in this study was conducted by econometrics and sectoral approach well as solved with software LEAP (Long Range Energy Planning). Furthermore, it has been conduct identified the potential of renewable energy sources in the local area which includes micro-hydro energy and solar energy. Based on results above, the study give reccomendation of location and number of power plants in Kabupaten Bulungan also Tana Tidung. To ensure the reliability and sustainability of the electricity production, so in this study was also conducted with the system integration production with business process approach CIMOSA (Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture). Furthermore, estimation cost of construction and cost-benefit analysis (Benefit Cost Ratio) was also conducted to assess the feasibility of the renewable energy power plants. The result show that the potential of renewable energy can meet the electricity needs of 11.974 households in Bulungan and 2,592 households in Tana Tidung from year 2015 to 2030. Construction of two plants is also considered feasible until 2030 with value of BCR more than one.

KEYWORDS : *Benefit Cost Ratio (Bcr), LEAP, Microhydro Energy, Renewable Energy, Solar Energy.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan jenjang sarjana (S1) Jurusan Teknik Industri dengan judul “Perencanaan Kelistrikan untuk Energi Terbarukan di Kabupaten Bulungan dan Tana Tidung”. Pada kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang berperan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, ilmu, dan berkah yang luar biasa kepada semua hamba-Nya
2. Ayah, Ibu dan Adik tercinta, Bapak Tarimo, Ibu Satun, Putra Bagus Satrio, dan Muhammad Rizki Anugrah yang telah memberikan doa restu, semangat dan motivasi yang tak henti-hentinya kepada penulis, agar penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu
3. Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc, Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Industri ITS
4. Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberikan wawasan, kritik, saran, waktu dan kesabaran juga kesempatan yang diberikan sehingga penelitian ini menjadi lebih baik
5. Imam Baihaqi, ST., MSc., PhD selaku dosen co-pembimbing yang juga senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan nasihat selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir sehingga penelitian ini menjadi lebih baik
6. Prof. Dr.Ir. Suparno, MSIE selaku ketua tim penelitian potensi energi terbarukan di Provinsi Kalimantan Utara yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk bergabung dalam penelitian dan menjadikan penelitian ini sebagai Tugas Akhir penulis

7. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan arahan kepada penulis selama berkuliah di Jurusan Teknik Industri ITS
8. Ir. Hari Supriyanto, M.S.I.E, Ir. Bustanul Arifin Nur, M.Sc, dan Dewanti Anggrahini, ST., MT., yang juga memberikan saran substansi serta kritik yang membangun untuk penelitian ini menjadi lebih baik
9. Kepala Daerah (Bupati), Kepala Dinas Pertambangan dan Energi (Distamben), dan Kepala Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung yang sangat membantu dalam perizinan, pelaksanaan pengambilan data melalui dinas-dinas, dan pelaksanaan survey langsung di Provinsi Kalimantan Utara
10. Abdul Rahim, S.P.,M.Si. selaku Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) beserta rekan-rekan akademisi Universitas Borneo Tarakan (UBT) dalam membantu penulis selama melakukan pengerjaan laporan dan penelitian di Kalimantan Utara
11. Fitriani Said, ST., MT yang menemani penulis selama melakukan kunjungan ke dinas-dinas yang dituju dan membantu penulis menghubungi pihak-pihak terkait di Provinsi Kalimantan Utara
12. Zahratika Rahmadyani, teman seperjuangan penulis atas kebersamaannya dalam suka dan duka selama 26 hari menjelajah Kalimantan Utara serta dukungan dan bantuannya selama ini
13. Malidya dan Aimatul sebagai sahabat atas kebersamaan dan tak pernah lelah memberikan semangat dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
14. Keluarga besar Laboratorium Sistem Manufaktur yaitu Mbak Novi, Zahratika, Linggar, Martian, Ziyad, Feny, Fais, Denisa Inesia, Amir, Viona, Youvita, Sri, Riris, Andrian. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan bantuannya selama penulis menjadi Asisten Laboratorium Sistem Manufaktur. Tetaplah menjadi sisanity yang kompak dan membanggakan
15. Departemen Profkil HMTI ITS 13/14, Made Ginna, Elvira, Fitri, Lintang, Dita, Uswatun, Erwinsyah, Afrian, Syarif dan Agung serta keluarga HMTI

ITS 12/13 dan HMTI 13/14. Terima kasih atas dukungan dan kebersamaannya

16. Teman-teman TI angkatan 2011, Elvira, Dila Hilda, Rahma, Deririnda, dan Sismanity Brotherhood (Edwin, Didik, Argon, Pamungkas) dan seluruh VERESIS atas kebersamaan, dukungan, suka duka, dan semua cerita manis pahit yang dialami bersama mulai dari jaman mahasiswa baru hingga saat ini. Kalian semua hebat, tetap kompak dan semoga VERESIS tetap bersinar dimanapun kalian berada

17. Teman-teman semasa SMP dan SMA, dinar, putri, andini, uchik, denik, ayu, atas semangat dan kebersamaan yang diberikan kepada penulis

18. Mbak mas 2009, 2010 dan adik-adik 2012, 2013 yang secara langsung dan tidak langsung telah memberikan motivasi untuk penyelesaian Tugas Akhir ini

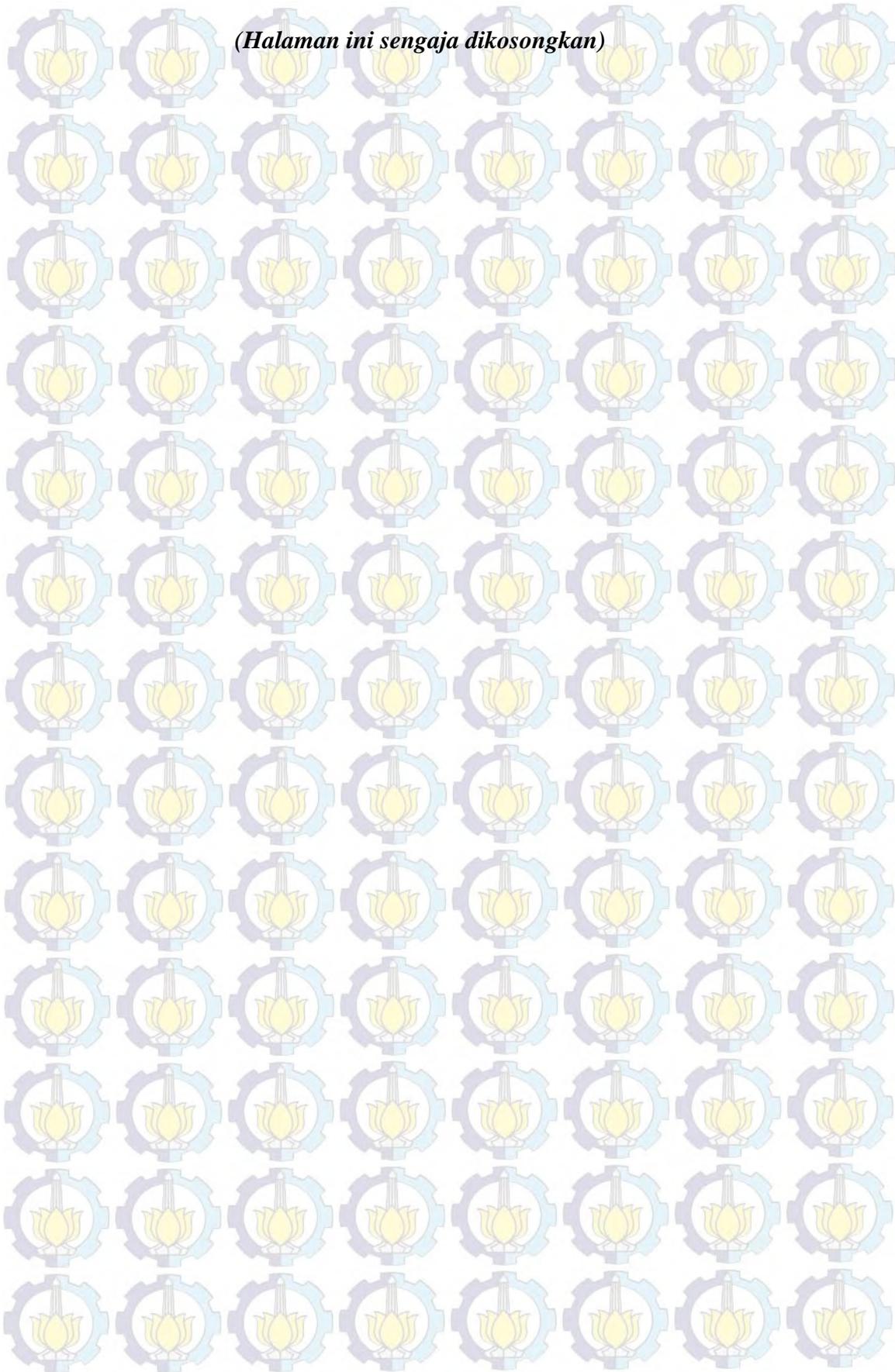
19. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan, doa, masukan dan dukungannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan Tugas Akhir ini, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	30
1.1 Latar Belakang	30
1.2 Perumusan Masalah	35
1.3 Tujuan Penelitian	35
1.4 Manfaat Penelitian	36
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	36
1.6 Sistematika Penulisan	37
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	40
2.2 Penduduk dan Perekonomian	40
2.3 Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik	42
2.2.1 Perangkat Lunak Long-range Energy Alternatives Planning	43
2.2.2 Metodologi Pemodelan LEAP	44
2.3 Identifikasi Potensi Energi Terbarukan	45
2.4 Pemanfaatan Energi Terbarukan Untuk Pembangkit Tenaga Listrik	46
2.4.1 Energi Surya	46
2.4.2 Energi Mikrohidro	50
2.5 CIMOSA (<i>Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture</i>)	52

2.6	Sistem Transmisi dan Distribusi Energi Listrik	54
2.7	Analisis Manfaat Biaya (<i>Benefit Cost Ratio</i>)	55
2.7.1	Pengertian Analisis <i>Benefit Cost Ratio</i>	55
2.7.2	Penerapan <i>Benefit Cost Ratio</i>	56
2.8	Literature Review	57
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		58
3.1	Flowchart Metodologi Penelitian	58
3.2	Penjelasan <i>Flowchart</i>	59
3.2.1	Tahap Identifikasi	59
3.2.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	60
3.2.3	Tahap Analisis dan Rekomendasi	62
3.2.4	Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran	63
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		64
4.1	Tahap Persiapan atau <i>Pre-Feasibility Study</i>	64
4.2	Kondisi Umum dan Ketenagalistrikan Kabupaten Bulungan	64
4.2.1	Keadaan Geografi Kabupaten Bulungan	64
4.2.2	Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Bulungan	65
4.2.3	Proyeksi Jumlah Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030	68
4.2.4	Kondisi Kelistrikan Kabupaten Bulungan	71
4.2.5	Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030	74
4.3	Kondisi Umum dan Ketenagalistrikan Kabupaten Tana Tidung	84
4.3.1	Keadaan Geografi Kabupaten Tana Tidung	84
4.3.2	Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Tana Tidung	85

4.3.3	Proyeksi Jumlah Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030	87
4.3.4	Kondisi Kelistrikan Kabupaten Tana Tidung	90
4.3.5	Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030	93
4.4	Penyusunan Integrasi Sistem Produksi CIMOSA	100
4.5	Tahap <i>Feasibility Study</i>	101
4.6	Pemanfaatan Energi Terbarukan Untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung	101
4.6.1	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	102
4.6.2	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	108
4.6.3	Perencanaan Lokasi dan Jumlah Pembangkit Listrik Energi Terbarukan	116
4.7	Rekomendasi Pemenuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan	131
4.8	Rekomendasi Pemenuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung	133
4.9	Perhitungan Biaya Investasi dan Kelayakan Pembangkit Listrik	134
4.9.1	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	135
4.9.2	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	144
4.9.3	Kebutuhan Pendanaan Kabupaten Bulungan	158
4.9.4	Kebutuhan Pendanaan Kabupaten Tana Tidung	159
4.9.5	Skenario Pembiayaan Investor Asing	160
4.9.6	Analisa Sensivitas	164
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA		166
5.1	Analisa Pertumbuhan Penduduk dan Ekonomi	166
5.1.1	Analisa Pertumbuhan Penduduk dan Ekonomi Kab Bulungan ...	166
5.1.2	Analisa Pertumbuhan Penduduk dan Ekonomi Kabupaten Tana Tidung	167

5.2	Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik.....	168
5.2.1	Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kab Bulungan	168
5.2.2	Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung.....	170
5.3	Analisis Integrasi Sistem Produksi CIMOSA.....	171
5.4	Analisis Potensi Energi Terbarukan di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung.....	175
5.4.1	Analisis Potensi Energi Mikrohidro.....	176
5.4.2	Analisis Potensi Energi Surya.....	178
5.5	Analisis Perencanaan Pemenuhan Energi Listrik.....	180
5.5.1	Analisis Perencanaan Pemenuhan Energi Listrik di Kabupaten Bulungan.....	181
5.5.2	Analisis Perencanaan Pemenuhan Energi Listrik di Kabupaten Tana Tidung.....	182
5.6	Analisa Aspek Ekonomis Pembangunan.....	184
5.6.1	Analisa Investasi dan Kelayakan Pembangunan PLTMH.....	184
5.6.2	Analisa Investasi dan Kelayakan Pembangunan PLTS	185
6	BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	188
6.1	Kesimpulan.....	188
6.2	Saran.....	189
	DAFTAR PUSTAKA.....	190
	LAMPIRAN.....	167

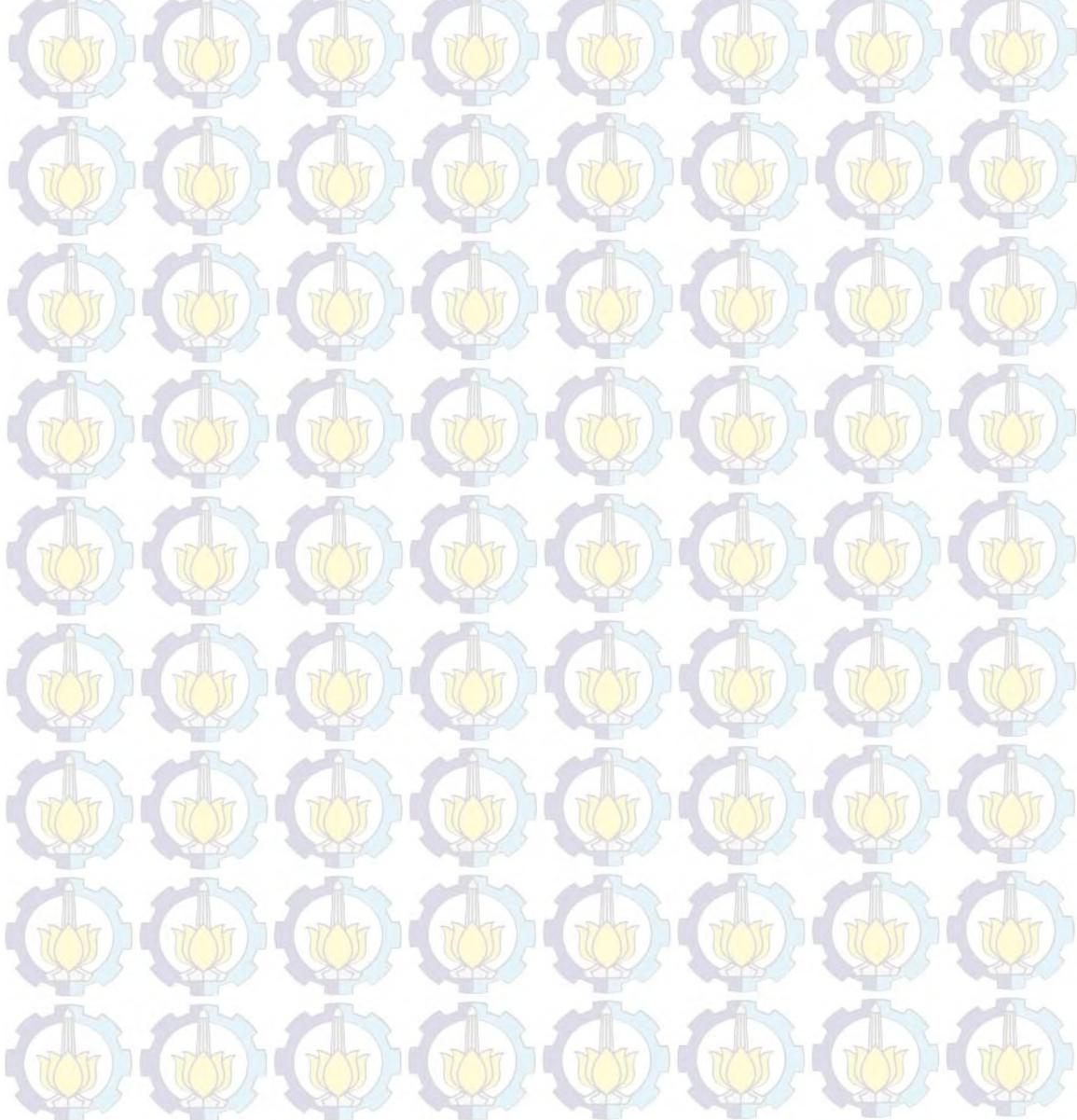
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu dengan Penggunaan <i>Software</i> LEAP.....	43
Tabel 2.2 Penelitian Penunjang.....	57
Tabel 4.1 Kondisi Demografis Kabupaten Bulungan Tahun 2009-2013.....	66
Tabel 4.2 Struktur Ekonomi Kabupaten Bulungan Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha Tahun 2009-2013 (%).....	67
Tabel 4.3 PDRB Per Kapita dan Pendapatan Regional Per Kapita di Kabupaten Bulungan.....	68
Tabel 4.4 Data Pembangkit Terpasang di Kabupaten Bulungan	71
Tabel 4.5 Jumlah Pelanggan Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2009-2013	72
Tabel 4.6 Jumlah Energi Listrik Terjual (KWh) di Kabupaten Bulungan Tahun 2009-2013	72
Tabel 4.7 Intensitas Pemakaian Energi Listrik di Kabupaten Bulungan (KWh/Pelanggan).....	72
Tabel 4.8 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Bulungan Tahun 2011-2013	73
Tabel 4.9 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030.....	82
Tabel 4.10 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2022	83
Tabel 4.11 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2023-2030	83
Tabel 4.12 Kondisi Demografis Kabupaten Tana Tidung Tahun 2009-2013.....	85
Tabel 4.13 Struktur Ekonomi Kabupaten Tana Tidung Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha Tahun 2009-2013 (%).....	86
Tabel 4.14 PDRB Per Kapita dan Pendapatan Regional Per Kapita di Kabupaten Tana Tidung	87
Tabel 4.15 Data Pembangkit Terpasang di Kabupaten Tana Tidung	90
Tabel 4.16 Jumlah Pelanggan Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2009-2013	91

Tabel 4.17 Jumlah Energi Listrik Terjual (KWh) di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2009-2013.....	91
Tabel 4.18 Intensitas Pemakaian Energi Listrik di Kabupaten Tana Tidung (KWh/Pelanggan).....	91
Tabel 4.19 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Tana Tidung Tahun 2013.....	92
Tabel 4.20 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030.....	97
Tabel 4.21 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2022.....	99
Tabel 4.22 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2022.....	99
Tabel 4.23 Kelemahan dan Kelebihan PLTMH.....	102
Tabel 4.24 Daftar Sungai dan Potensi Energi Mikrohiro di Kabupaten Bulungan.....	103
Tabel 4.25 Potensi Energi Mikrohiro dan Jumlah KK Mampu Teraliri Listrik..	104
Tabel 4.26 Alternatif dan Dampak Peningkatan Efisiensi PLTMH.....	108
Tabel 4.27 Kelebihan dan Kelemahan PLTS.....	109
Tabel 4.28 Rata-rata Radiasi Matahari Harian di Kabupaten Bulungan.....	109
Tabel 4.29 Rata-rata Radiasi Matahari Harian di Kabupaten Bulungan.....	110
Tabel 4.30 Rata-rata Radiasi Matahari Harian di Kabupaten Tana Tidung.....	110
Tabel 4.31 Potensi Energi Surya Pertahun di Kabupaten Bulungan.....	111
Tabel 4.32 Potensi Energi Surya Pertahun di Kabupaten Tana Tidung.....	111
Tabel 4.33 Prioritas Pembangunan Pembangkit di Kabupaten Bulungan.....	117
Tabel 4.34 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2021.....	118
Tabel 4.35 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Bulungan Tahun 2022-2030.....	119
Tabel 4.36 Prioritas Pembangunan Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung.....	124
Tabel 4.37 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2021.....	125
Tabel 4.38 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2022-2030.....	126

Tabel 4.39 Kekurangan Daya Listrik di Kabupaten Bulungan	132
Tabel 4.40 Kekurangan dan Kelebihan Daya Listrik di Kabupaten Tana Tidung	134
Tabel 4.41 Proyeksi Nilai Inflasi	135
Tabel 4.42 Biaya Investasi Pembangunan PLTMH Tahun 2015 (Peso)	135
Tabel 4.43 Biaya Pembangunan PLTMH di Kabupaten Bulungan	136
Tabel 4.44 Perhitungan Total Biaya Pembangunan PLTMH Tahun 2015	137
Tabel 4.45 Hasil Akhir Ekivalensi <i>Benefit</i> dan <i>Disbenefit</i> Pembangunan PLTMH Tahun 2015	141
Tabel 4.46 Perhitungan <i>Cash Flow</i>	142
Tabel 4.47 Perhitungan BCR	143
Tabel 4.48 Biaya Pembangunan PLTS Tahun 2015 di Kabupaten Bulungan	144
Tabel 4.49 Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan	145
Tabel 4.50 Biaya Pembangunan PLTS Tahun 2015 di Kabupaten Tana Tidung	145
Tabel 4.51 Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten TanaTidung	146
Tabel 4.52 Perhitungan Total Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan	147
Tabel 4.53 Perhitungan Total Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung	147
Tabel 4.54 Hasil Akhir Ekivalensi <i>Benefit</i> dan <i>Disbenefit</i> Pembangunan PLTS Tahun 2017	152
Tabel 4.55 Hasil Akhir Ekivalensi <i>Benefit</i> dan <i>Disbenefit</i> Pembangunan PLTS Tahun 2015	153
Tabel 4.56 Perhitungan Cash Flow Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015	154
Tabel 4.57 Perhitungan Cash Flow Kabupaten Bulungan Tahun 2017	155
Tabel 4.58 Perhitungan BCR Kabupaten Bulungan	156
Tabel 4.59 Perhitungan BCR Kabupaten Tana Tidung	157
Tabel 4.60 Kebutuhan Pendanaan dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Bulungan	158
Tabel 4.61 Kebutuhan Pendanaan dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Tana Tidung	159

Tabel 4.62 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Bulungan.....	160
Tabel 4.63 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Tana Tidung.....	161
Tabel 4.64 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Bulungan.....	162
Tabel 4.65 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Tana Tidung.....	163
Tabel 5.1 Komposisi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan.....	169
Tabel 5.2 Komposisi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung.....	171



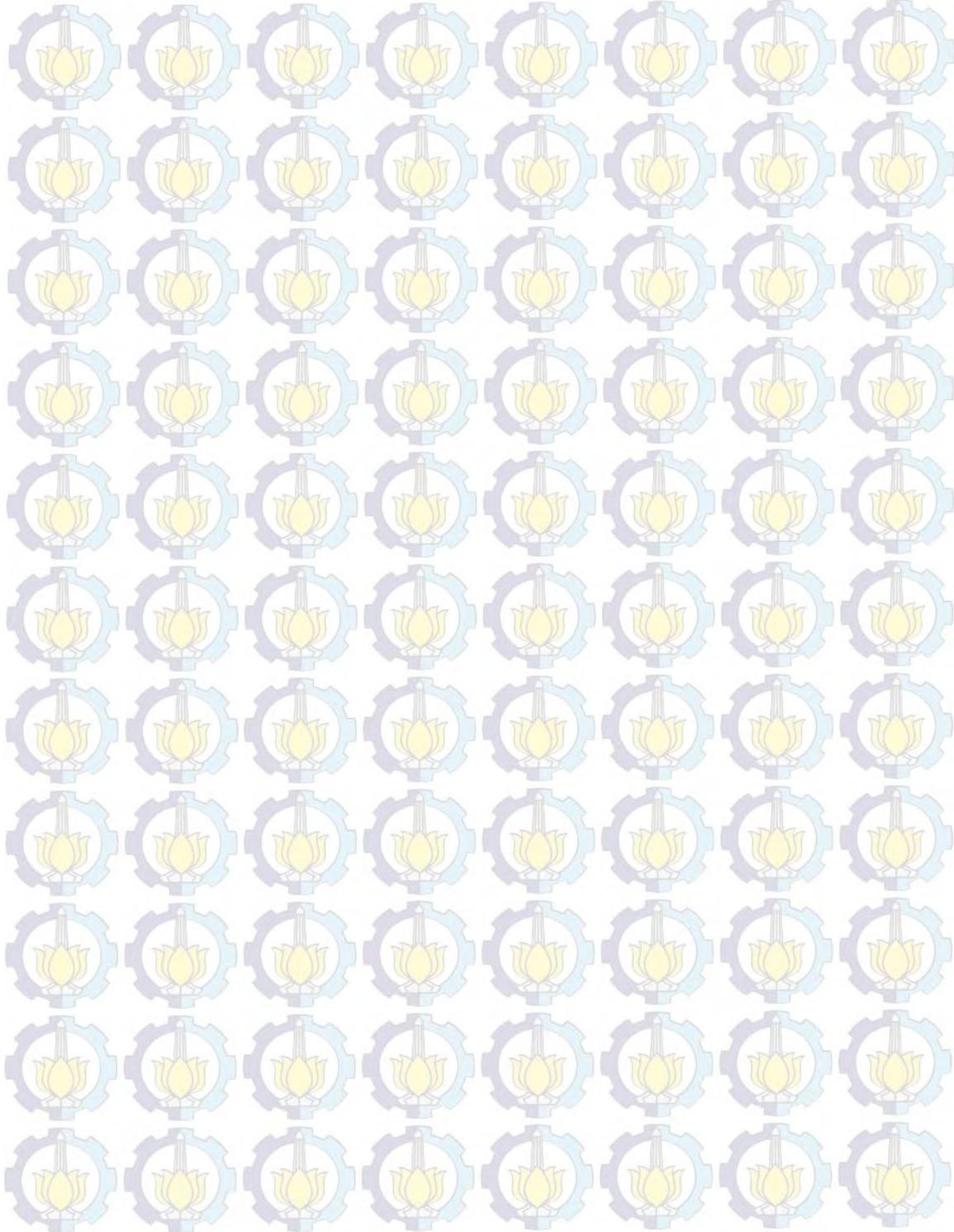
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Tana Tidung Tahun 2013 (Dinas	31
Gambar 1.2 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Bulungan Tahun 2013 (Dinas Energi	32
Gambar 1.3 Grafik Perkembangan Pembangkit Tenaga Listrik di Indonesia	33
Gambar 2.1 Keterkaitan Antar Tinjauan Pustaka	40
Gambar 2.2 Faktor Pemakaian Beban Listrik (Gajowniczek & Zabkowski, 2014)	42
Gambar 2.3 Tampilan Perangkat Lunak LEAP	44
Gambar 2.4 Aliran Pengolahan Data LEAP (Khan, Islam, & Khan, 2011)	45
Gambar 2.5 Tampilan <i>Software</i> HOMER.....	46
Gambar 2.6 Skema Sistem PLTS (Winrock International, 2004).....	47
Gambar 2.7 Gambaran Sistem PLTMH (Ezkhel Energy, 2013)	51
Gambar 2.8 Model <i>Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture</i> (CIMOSA) (Wignjosoebroto, 2003).....	53
Gambar 2.9 Alur Penyaluran Energi Listrik	55
Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Penelitian.....	58
Gambar 3.2 Keterkaitan Studi Literature dengan Pengolahan Data	60
Gambar 3.3 Diagram Simulasi LEAP	61
Gambar 4.1 Peta Administratif Kabupaten Bulungan.....	65
Gambar 4.2 Laju Pertumbuhan Penduduk di Kabupaten Bulungan	66
Gambar 4.3 Laju Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bulungan.....	67
Gambar 4.4 Proyeksi Jumlah Penduduk Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030	69
Gambar 4.5 Proyeksi Jumlah Rumah Tangga Kabupaten Bulungan.....	70
Gambar 4.6 Proyeksi Perekonomian Kabupaten Bulungan Tahun 2015 -2030 ...	70
Gambar 4.7 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030.....	76
Gambar 4.8 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Usaha/Bisnis Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030.....	77
Gambar 4.9 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Industri Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030.....	78

Gambar 4.10 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Sosial Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030	80
Gambar 4.11 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Publik Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030	81
Gambar 4.12 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030.....	82
Gambar 4.13 Peta Administratif Kabupaten Tana Tidung.....	85
Gambar 4.14 Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Tana Tidung (BPS Kabupaten Tana Tidung, 2014).....	86
Gambar 4.15 Laju Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Tana Tidung.....	87
Gambar 4.16 Proyeksi Jumlah Penduduk Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030	88
Gambar 4.17 Proyeksi Jumlah Rumah Tangga Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030.....	89
Gambar 4.18 Proyeksi Perekonomian Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030	89
Gambar 4.19 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030.....	94
Gambar 4.20 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Usaha / Industri Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030.....	95
Gambar 4.21 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Sosial Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030	96
Gambar 4.22 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Publik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030	97
Gambar 4.23 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030.....	98
Gambar 4.24 Integrasi Sistem Produksi Pembangkit Listrik	100
Gambar 4.25 Peta Lokasi Potensi Energi Mikrohidro di Kecamatan Peso Hilir Kabupaten Bulungan (Distamben Bulungan, 2014).....	103
Gambar 4.26 Peta Lokasi Potensi Energi Mikrohidro di Kecamatan Sekatak Kabupaten Bulungan (Distamben Bulungan, 2014).....	104

Gambar 4.27 Peta Lokasi Potensi Energi Mikrohidro di Kecamatan Pesu Kabupaten Bulungan (Distamben Bulungan, 2014)	104
Gambar 4.28 Sistem PLTMH	105
Gambar 4.29 Skema Sederhana Pembangkit Tenaga Mikrohidro (JICA, 2004)	107
Gambar 4.30 Area <i>Array</i> PLTS Terpusat	115
Gambar 4.31 Konfigurasi Komponen PLTS Terpusat (Washington State University, 2009)	116
Gambar 4.32 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2019.....	121
Gambar 4.33 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Bulungan Tahun 2019-2024.....	122
Gambar 4.34 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030.....	123
Gambar 4.35 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2019.....	128
Gambar 4.36 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2020-2024.....	129
Gambar 4.37 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Tana Tidu	130
Gambar 4.38 Grafik Pemenuhan Kebutuhan Listrik Skenario Do Nothing	131
Gambar 4.39 Grafik Skenario Pemanfaatan Energi Terbarukan	132
Gambar 4.40 Grafik Pemenuhan Kebutuhan Listrik Skenario Do Nothing	133
Gambar 4.41 Analisa Sensivitas Terhadap Perubahan Suku Bunga Bank di Kabupaten Bulungan.....	164
Gambar 4.42 Analisa Sensivitas Terhadap Kenaikan Biaya Komponen di Kabupaten Bulungan.....	164
Gambar 4.43 Analisa Sensivitas Terhadap Perubahan Suku Bunga Bank di Kabupaten Tana Tidung.....	165
Gambar 4.44 Analisa Sensivitas Terhadap Kenaikan Biaya Komponen di Kabupaten Tana Tidung.....	165
Gambar 5.1 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Bulungan.....	168
Gambar 5.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Tana Tidung	170
Gambar 5.3 Proses Manajerial Integrasi Sistem Produksi CIMOSA	173

Gambar 5.4 Proses Operasional Integrasi Sistem Produksi CIMOSA	174
Gambar 5.5 Proses Pendukung Integrasi Sistem Produksi CIMOSA	175
Gambar 5.6 Pencapaian Rasio Elektrifikasi Kabupaten Bulungan	182
Gambar 5.7 Pencapaian Rasio Elektrifikasi Kabupaten Tana Tidung	183



BAB 1

PENDAHULUAN

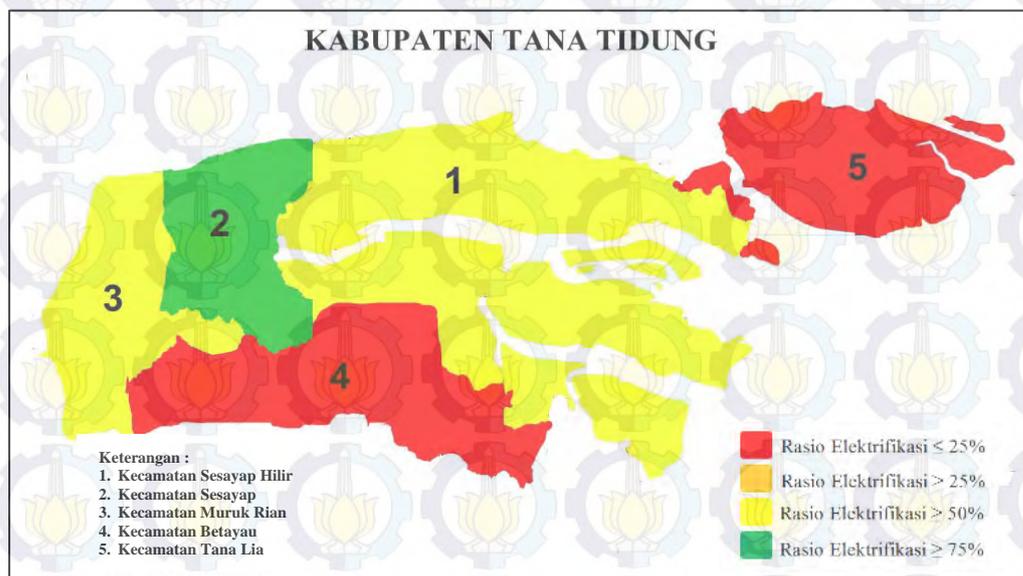
Pada bab ini akan dijelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta ruang lingkup yang berisi batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

1.1 Latar Belakang

Provinsi Kalimantan Utara merupakan provinsi termuda di Indonesia, yaitu provinsi ke 34 dan resmi terbentuk sejak diterbitkannya Undang-Undang No. 20 Tahun 2012. Provinsi Kalimantan Utara dibagi menjadi lima wilayah yang masing-masing satu Kota dan empat Kabupaten, yaitu Kota Tarakan, Kabupaten Tana Tidung, Kabupaten Bulungan, Kabupaten Malinau, dan Kabupaten Nunukan. Sebagai provinsi yang baru terbentuk, saat ini Provinsi Kalimantan Utara sedang giat dalam pembangunan sarana infrastruktur maupun pembangunan sosial dan perekonomian. Aktivitas perekonomian di Provinsi Kalimantan Utara menunjukkan adanya peningkatan yang terlihat dari meningkatnya jumlah usaha perindustrian dan perdagangan di Provinsi tersebut. Selama kurun waktu 2011-2012 terjadi peningkatan jumlah industri di Provinsi Kalimantan Utara sebanyak 340 industri, sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa di tahun mendatang akan terjadi lagi peningkatan jumlah industri yang tentunya juga berakibat pada meningkatnya permintaan energi listrik. Selain itu pola hidup masyarakat saat ini yang memiliki ketergantungan atas penggunaan alat elektronik terhadap aktivitas yang dilakukan juga mempengaruhi permintaan energi listrik. Kegiatan rumah tangga seperti memasak, mencuci, dan penerangan serta kegiatan komunikasi maupun transportasi juga tidak terlepas dari permintaan akan energi listrik, sehingga energi listrik menjadi hal vital yang dibutuhkan masyarakat baik dalam kehidupan sehari-hari maupun untuk suatu aktivitas perekonomian.

Kabupaten Bulungan dimana ibukota Provinsi Kalimantan Utara yaitu Tanjung Selor berada di Kabupaten ini, mempunyai jumlah penduduk sebesar 154.934 jiwa pada tahun 2013. Sedangkan Kabupaten Tana Tidung mempunyai

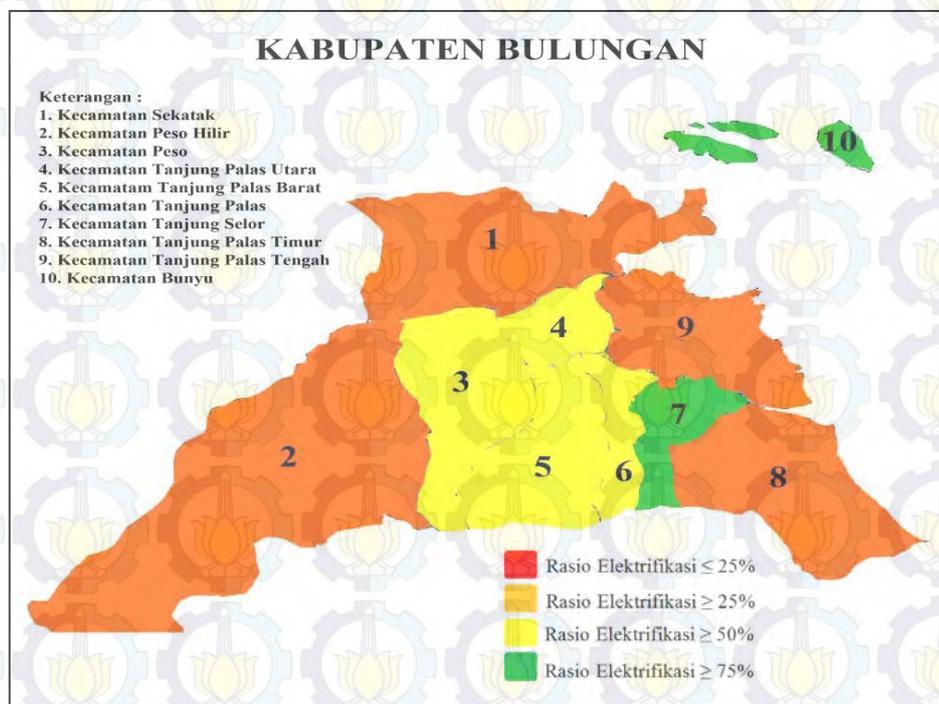
jumlah penduduk sebesar 18.985 jiwa pada tahun 2013. Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung merupakan dua kabupaten yang memiliki permasalahan di energi listrik. Penyediaan listrik di kedua Kabupaten inipun masih belum terpenuhi sepenuhnya, artinya sebagian wilayah masih terpenuhi dengan pemenuhan listrik yang terbatas. Data dari Dinas Pertambangan dan Energi menyebutkan bahwa rasio elektrifikasi pada tahun 2013 di Kabupaten Tana Tidung sebesar 52%. Penyebaran nilai rasio elektrifikasi perkecamatan di Kabupaten Tana Tidung ini ditunjukkan pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Tana Tidung Tahun 2013 (Dinas Energi dan Pertambangan Kabupaten Tana Tidung, 2014)

Berdasarkan Gambar 1.1 diatas, rasio elektrifikasi di Kabupaten Tana Tidung terlihat masih belum merata. Sebagai contoh rasio elektrifikasi di Kecamatan Betayau dan Kecamatan Tana Lia masih dibawah 25%, sedangkan Kecamatan Sesayap Hilir, Kecamatan Muruk Rian, dan Kecamatan Sesayap sudah mencapai lebih dari 50%. Berbeda dengan Kabupaten Tana Tidung, Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Bulungan menyebutkan bahwa pada tahun 2013 rasio elektrifikasi Kabupaten ini lebih besar daripada Kabupaten Tana Tidung, yakni mencapai 61%. Penyebaran nilai rasio elektrifikasi di Kabupaten Bulungan ditunjukkan pada Gambar 1.2. Kabupaten Bulungan memiliki daya mampu hanya sekitar 11,16 MW dengan beban puncak 9 MW yang dimiliki PLN. Beberapa Unit

Layanan Daerah di Kabupaten inipun hanya dapat memenuhi energi listrik yang tidak lebih dari 12 jam, diantaranya ULD Mara, ULD Long Beluah, ULD Long Peso, ULD Sekatak Buji, dan ULD Tanah Merah. Selain itu ketersediaan listrik di Kabupaten Bulungan yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan listrik masyarakat saat ini, ditunjukkan dengan masih terdapatnya sekitar 15.920 rumah tangga yang belum teraliri listrik (PT. PLN Rayon Tanjung Selor, 2014). Artinya dengan beban rata-rata penggunaan energi listrik per rumah tangga di Kabupaten Bulungan yang sebesar 204 kW/pelanggan, masih dibutuhkan 1188 MW untuk mencapai rasio elektrifikasi 100% di Kabupaten Bulungan. Hingga saat ini Pemerintah Daerah Kabupaten Tana Tidung terus berupaya menjalankan program pembangunan sarana pembangkit listrik. Namun beberapa program bantuan dari Pemerintah Daerah ternyata belum merata ke seluruh wilayah, beberapa wilayah masih terjadi pemadaman bergilir dan belum mendapatkan bantuan energi listrik. Dengan demikian kekurangan energi listrik akan selalu terjadi, dan jika tidak segera diatasi maka permasalahan ini akan selalu terjadi.



Gambar 1.2 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Bulungan Tahun 2013 (Dinas Energi dan Pertambangan Kabupaten Bulungan, 2014)

Kendala yang terjadi dalam pemenuhan kebutuhan listrik saat ini adalah peningkatan kebutuhan energi listrik tidak diimbangi oleh penyediaan energi listrik yang cukup. Ketersediaan sumberdaya energi fosil yang saat ini dimanfaatkan untuk bahan baku energi listrik sudah semakin terbatas. Cadangan minyak bumi di Indonesia diperkirakan akan habis dalam waktu kurang dari 20 tahun ke depan, sedangkan gas alam dan batubara masih bisa dimanfaatkan hingga 50 tahun ke depan (Hoetman, 2010). Oleh karena itu dibutuhkan alternatif sumber energi lain yang dapat dimanfaatkan untuk menjamin pasokan penyediaan energi listrik hingga tahun-tahun mendatang, salah satunya adalah sumber energi terbarukan atau *renewable energy*. Tujuan dari mendorong pemanfaatan energi terbarukan tersebut adalah mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi yang cenderung semakin mahal dan tidak diimbangi dengan ketersediaan domestik serta kemampuan produksi nasional yang terus menurun. Gambar 1.3 menunjukkan bahwa saat ini penggunaan sumber daya energi terbarukan untuk pembangkit tenaga listrik di Indonesia masih lebih kecil jika dibandingkan dengan penggunaan sumber daya energi tak terbarukan, meskipun sudah ada perkembangan beberapa tahun ini.



Gambar 1.3 Grafik Perkembangan Pembangkit Tenaga Listrik di Indonesia Tahun 2008-2013 (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2014)

Upaya Pemerintah untuk mendukung pemanfaatan energi terbarukan ini adalah dengan diterbitkannya Undang-Undang No. 30 Tahun 2007. Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 adalah Undang-Undang yang diterbitkan dalam rangka mendukung pembangunan nasional yang berbasis pada pembangunan daerah secara berkelanjutan dan meningkatkan ketahanan energi nasional dan daerah. Sehingga UU ini memberikan kesempatan kepada daerah sebagai prioritas untuk mendapatkan energi dari sumber energi setempat. Pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik diantaranya terdiri dari tenaga surya dan tenaga mikrohidro. Provinsi Kalimantan Utara sebagaimana wilayah lain di Indonesia memiliki letak geografis yang menguntungkan, yaitu berada di dekat garis khatulistiwa. Letak geografis ini menyebabkan energi surya berpotensi untuk dikembangkan menjadi alternatif pembangkit listrik untuk pemenuhan kebutuhan listrik di Provinsi Kalimantan Utara (Hasan, 2012). Rata-rata penyinaran atau radiasi matahari di Provinsi Kalimantan Utara berkisar antara 4,07 kwh/m² hingga 5,15 kwh/m². Selain energi surya, Provinsi Kalimantan Utara memiliki beberapa sungai besar yang dapat dimanfaatkan untuk energi mikrohidro. Total potensi mikrohidro di Pulau Kalimantan diprediksikan sebesar 28.8% dari total potensi mikrohidro di Indonesia sebesar 75 G W. Energi mikrohidro merupakan alternatif terbaik dalam pemanfaatan potensi energi terbarukan di Indonesia. Energi mikrohidro mempunyai nilai yang lebih baik dari segi *financial*, *investment rate of return* (IRR), dan *sustainability* dibandingkan dengan energi terbarukan lainnya. Dibandingkan dengan tenaga surya dan mikrohidro, pemanfaatan tenaga angin untuk pemenuhan kebutuhan listrik masih kurang menjanjikan. Hal tersebut dikarenakan potensi kecepatan angin hanya berkisar 3-5 m/s. Sehingga pemanfaatan angin akan lebih menjanjikan jika dikombinasikan dengan energi surya (Tasri & Susilawati, 2014)

Peramalan kebutuhan dan perencanaan penyediaan tenaga listrik yang baik sangat dibutuhkan untuk mengantisipasi permasalahan penyediaan listrik seperti yang sekarang terjadi agar tidak terjadi di tahun-tahun mendatang. Peramalan dalam penelitian ini meliputi peramalan penduduk, jumlah rumah tangga, dan peramalan kebutuhan beban listrik hingga tahun 2030. Peramalan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak LEAP (*Long-range Energy*

Alternatives Planning System). LEAP adalah perangkat lunak yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan atau pemodelan energi-lingkungan yang biasa digunakan Pemerintah di beberapa negara berkembang untuk mengambil keputusan perencanaan energi (Khan, Islam, & Khan, 2011). Pada penelitian ini LEAP digunakan untuk menghasilkan prediksi permintaan dan penyediaan energi listrik sepanjang tahun hingga tahun 2030 berdasarkan kategori pelanggan listrik. Selanjutnya dalam penelitian ini akan dilakukan identifikasi potensi sumber energi terbarukan di daerah setempat untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah tersebut. Dari hasil identifikasi potensi energi terbarukan tersebut maka selanjutnya akan diberikan rekomendasi sebagai alternatif pemenuhan energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan. Rekomendasi dalam penelitian ini juga meliputi integrasi sistem produksi dengan pendekatan proses bisnis CIMOSA (*Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture*) untuk memastikan keandalan dan keberlanjutan produksi energi listrik. Penelitian ini juga menganalisis perencanaan penyediaan listrik dari aspek ekonomis, yaitu estimasi biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pembangunan pembangkit listrik dan biaya yang dikeluarkan untuk membangkitkan energi listrik perkilowatt hour, serta analisis manfaat-biaya (*Benefit Cost Ratio*) untuk menilai kelayakan pembangkit listrik energi terbarukan tersebut. Dengan adanya penelitian ini dapat memberikan arahan maupun acuan dalam mengelola potensi energi terbarukan untuk menyusun rencana penyediaan kebutuhan energi di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung hingga tahun 2030.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah belum adanya perencanaan kebutuhan dan pembangkit tenaga listrik di Kabupaten Bulungan dan Tana Tidung pada tahun 2015-2030 dengan memanfaatkan potensi energi terbarukan yang potensial ditinjau dari segi teknis dan ekonomis.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Memprediksi kebutuhan energi masyarakat di masa mendatang berdasarkan kondisi terkini dan pola konsumsi energi
2. Menganalisis potensi sumber energi terbarukan di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung
3. Membangun model integrasi sistem produksi pembangkit listrik untuk produksi listrik yang berkelanjutan
4. Mendapatkan kajian teknis terhadap skala produksi dan kajian ekonomis untuk perencanaan pembangkit listrik di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dengan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Didapatkan rekomendasi untuk perencanaan pemenuhan kebutuhan energi listrik dengan penggunaan energi terbarukan untuk tahun-tahun yang akan datang di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung
2. Didapatkan pola konsumsi masyarakat berdasarkan kondisi saat ini untuk penggunaan energi listrik yang efisien di tahun-tahun mendatang

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini terdiri batasan dan asumsi dalam pengerjaan penelitian. Melihat penelitian ini menyangkut beberapa disiplin ilmu, maka batasan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Peramalan kebutuhan energi listrik dilakukan mulai tahun 2015 hingga tahun 2030
2. Sumber energi terbarukan yang akan dianalisis meliputi energi surya, energi mikrohidro
3. Data radiasi matahari dan debit sungai merupakan data sekunder yang berasal dari perangkat lunak berbasis *renewable energy* dan tidak dilakukan pengukuran dan pengambilan data secara langsung
4. Perancangan PLTMH dan PLTS tidak mencantumkan *Detail Engineering Design (DED)*.

Sedangkan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Perencanaan kelistrikan digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban dasar daya listrik
2. Tingkat bunga yang digunakan untuk perhitungan biaya investasi berdasarkan kondisi saat ini
3. Tidak terjadi perubahan yang signifikan pada data sekunder untuk potensi sumber energi terbarukan
4. Estimasi biaya pembangkit mengacu pada biaya pembangunan pembangkit sejenis yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian, antara lain:

1. Bagian pendahuluan penelitian, terdiri dari halaman judul, halaman pengesahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar simbol, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.
2. Bagian isi penelitian, terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari pendahuluan yang akan menguraikan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta ruang lingkup yang berisi batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan studi pustaka, menjelaskan tentang teori-teori pendukung dan penunjang serta studi yang berhubungan dengan penelitian tugas akhir, antara lain tinjauan tentang metode peramalan penduduk dan laju perekonomian, tinjauan *software* LEAP, tinjauan *software* Homer, prinsip kerja masing-masing pembangkit listrik energi terbarukan, perhitungan dan analisis potensi daya listrik untuk setiap sumber energi terbarukan, tinjauan tentang proses bisnis CIMOSA (*Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture*), serta tinjauan tentang perhitungan kelayakan sebuah investasi dengan metode *Benefit-Cost Ratio*.

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah kerangka pemecahan masalah dalam penelitian dibahas pada bagian ini mulai dari tahap awal, yaitu studi pendahuluan hingga tahap akhir penarikan kesimpulan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisi tentang data-data yang dibutuhkan dalam penelitian, serta langkah-langkah pengolahan data untuk keperluan analisis selanjutnya.

BAB V ANALISIS DAN PERENCANAAN

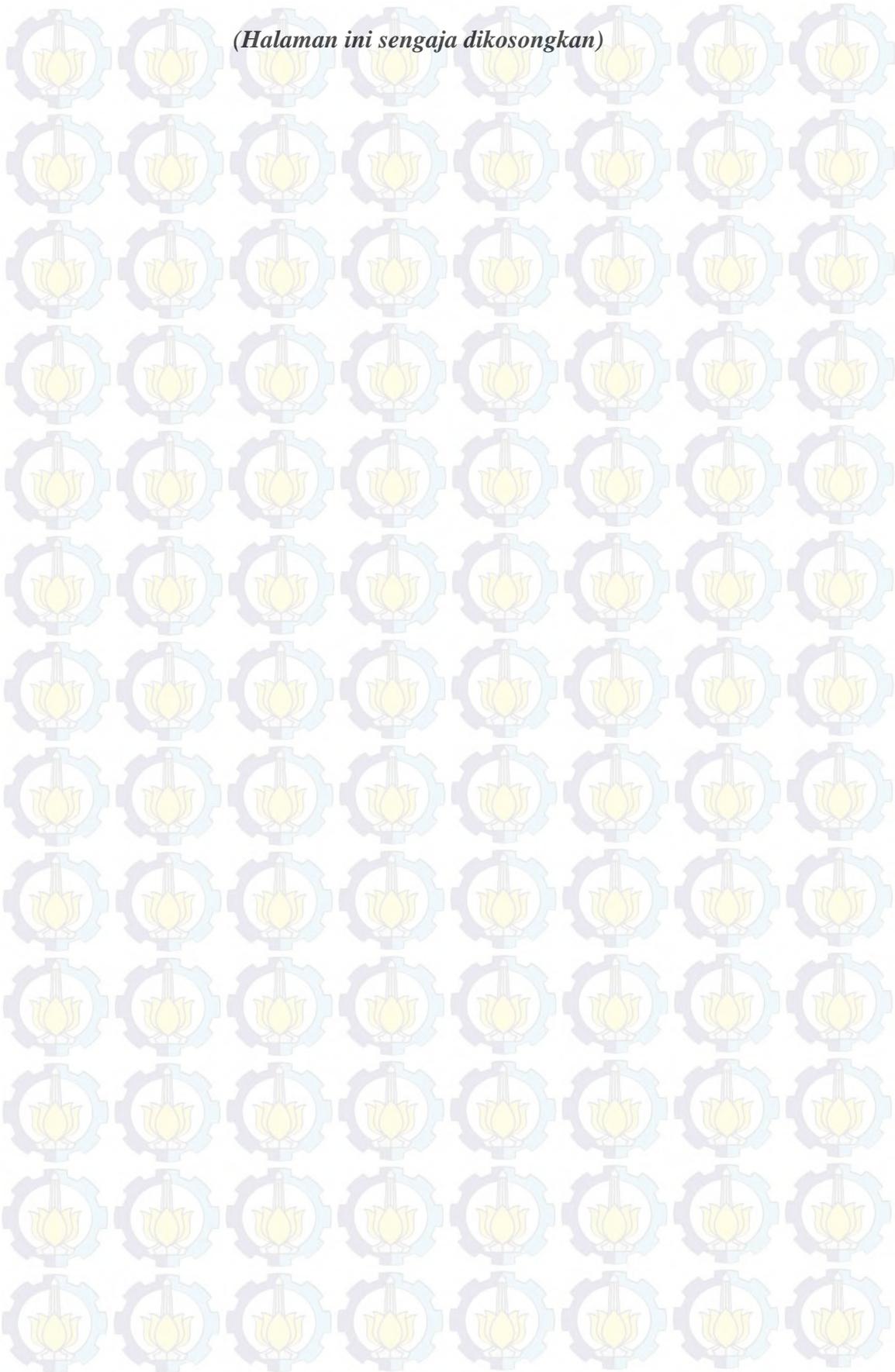
Pada bab ini dilakukan analisa dari pengolahan data yang dilakukan sebelumnya guna untuk merencanakan penyediaan energi listrik di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diberikan kesimpulan akhir yang merupakan hasil dari penelitian ini dan juga acuan yang ditujukan untuk Pemerintah Daerah setempat dalam menyusun rencana ketenagalistrikan di wilayah tersebut.

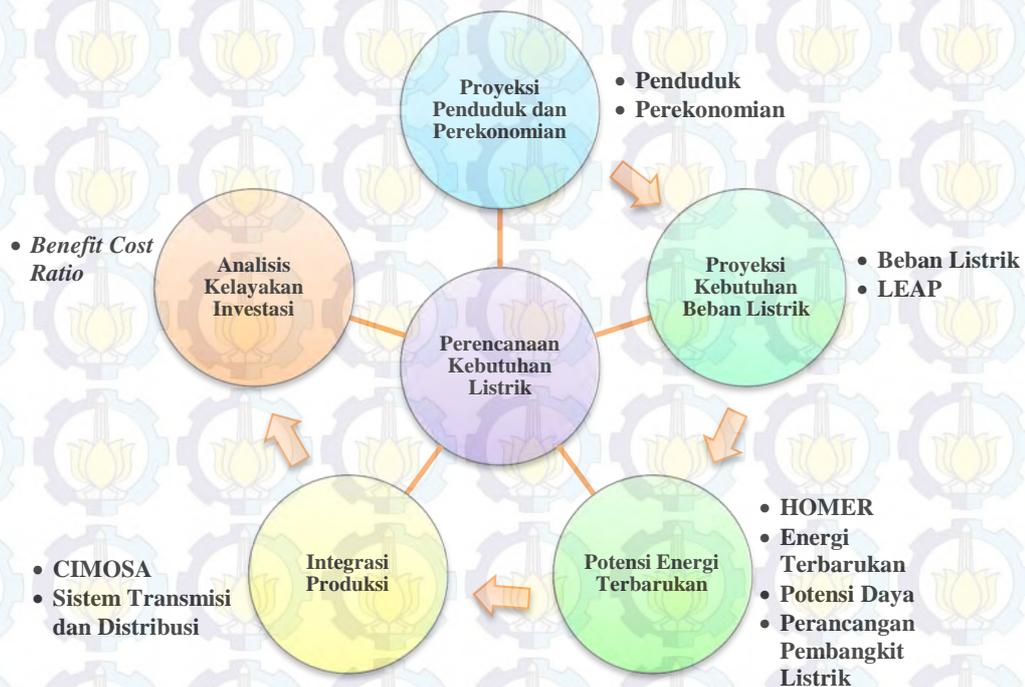
3. Bagian akhir penelitian, yang terdiri dari daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori-teori pendukung dan penunjang serta studi yang berhubungan dengan penelitian tugas akhir, antara lain tinjauan tentang metode peramalan penduduk dan laju perekonomian, tinjauan *software Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP)*, tinjauan *software Homer*, prinsip kerja masing-masing pembangkit listrik energi terbarukan, perhitungan dan analisis potensi daya listrik untuk setiap sumber energi terbarukan, tinjauan tentang proses bisnis *Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture (CIMOSA)*, serta tinjauan tentang *Benefit-Cost Ratio*.



Gambar 2.1 Keterkaitan Antar Tinjauan Pustaka

2.2 Penduduk dan Perekonomian

Penduduk adalah orang-orang yang menetap di suatu wilayah atau daerah tertentu dalam jangka waktu tertentu. Pertumbuhan penduduk dipengaruhi oleh tiga hal, antara lain kelahiran (*fertilitas*), kematian (*mortalitas*), dan migrasi. Dalam penyusunan prakiraan kebutuhan energi listrik, perlu diketahui jumlah

penduduk hingga tahun yang diinginkan. Secara matematis, perhitungan peramalan jumlah penduduk digunakan persamaan 2.1 berikut (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2013) :

$$P_t = P_{t-1} \times (1 + i)^t \quad (2.1)$$

dengan :

P_t = Jumlah penduduk tahun ke t

P_{t-1} = Jumlah penduduk tahun ke t-1

i = Pertumbuhan penduduk dalam %

t = Waktu dalam tahun

Jumlah penduduk memiliki keterkaitan dengan pertumbuhan *income percapita* suatu negara, sehingga dapat mencerminkan kemajuan perekonomian negara tersebut (Rosyetti, 2009). Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan pendapatan perkapita merupakan parameter yang dapat digunakan untuk melihat hasil pembangunan perekonomian oleh suatu wilayah dalam periode tertentu (Badan Pusat Statistik Kabupaten Tana Tidung, 2013). PDRB dicerminkan dengan seluruh nilai tambah barang dan jasa yang dihasilkan. Sedangkan pendapatan perkapita merupakan rata-rata pendapatan setiap individu yang dipengaruhi oleh kemampuan sektor ekonomi dalam menghasilkan barang dan jasa. Pendapatan perkapita mempunyai hubungan yang sebanding dengan tingkat rata-rata permintaan untuk barang dan jasa di wilayah tersebut (Aufa, Masbar, & Nasir, 2013) . Selanjutnya untuk mengetahui besarnya laju pertumbuhan ekonomi dapat dihitung dengan menggunakan nilai PDRB Atas Dasar Harga Konstan (Sukirno, 2000). Berikut adalah rumus perhitungannya :

$$G = \frac{PDRB_t - PDRB_{t-1}}{PDRB_{t-1}} \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan :

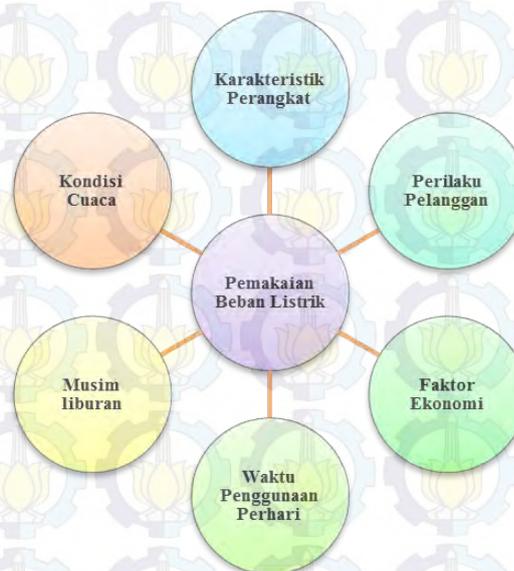
G = Laju Pertumbuhan Ekonomi

$PDRB_t = PDRB$ Atas Dasar Harga Konstan pada suatu tahun

$PDRB_{t-1} = PDRB$ Atas Dasar Harga Konstan pada tahun sebelumnya

2.3 Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik

Pemakaian beban listrik untuk setiap pelanggan dipengaruhi beberapa faktor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Faktor Pemakaian Beban Listrik (Gajowniczek & Zabkowski, 2014)

Beban rata-rata penggunaan energi listrik didefinisikan sebagai perbandingan antara energi yang terpakai dengan waktu dalam suatu periode (Suswanto, 2009).

Berikut adalah rumus perhitungannya :

$$Br = \frac{\text{Beban yang digunakan selama 1 tahun}}{365 \times 24} \quad (2.3)$$

dengan:

Br = Beban rata-rata penggunaan energi listrik

Menurut (Hardi & Hs, 1998), empat sektor yang harus dilakukan peramalan kebutuhan energi dalam jangka panjang antara lain :

1. Sektor rumah tangga
2. Sektor Bisnis
3. Sektor Industri, dan
4. Sektor Umum atau Publik.

Sehingga dalam peramalan kebutuhan beban listrik mendatang di LEAP dilakukan berdasarkan empat sektor diatas.

2.2.1 Perangkat Lunak Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP)

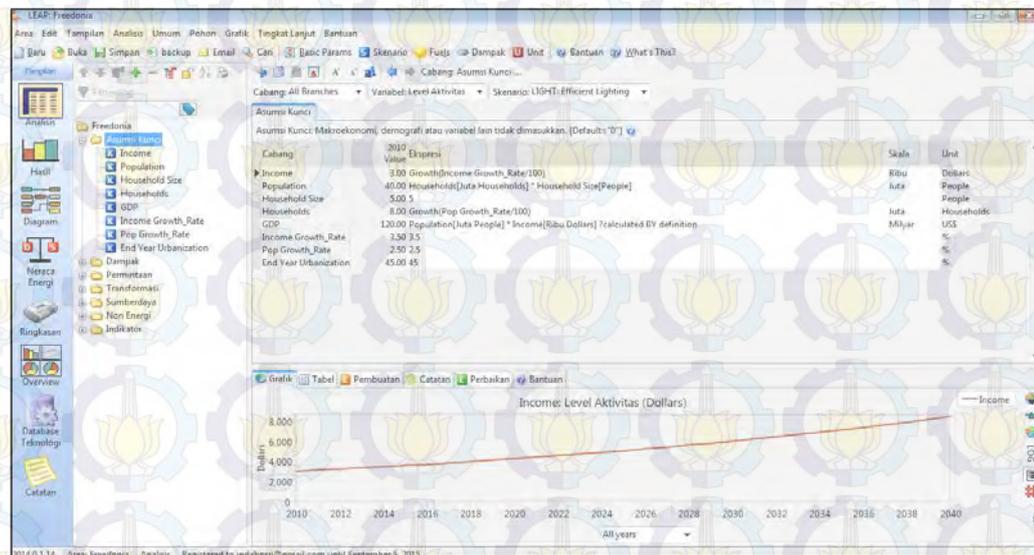
LEAP merupakan perangkat lunak yang pertama kali dikembangkan oleh Stockholm Environment Institute pada tahun 1981 dan sudah digunakan oleh banyak negara berkembang, salah satunya di Indonesia baik oleh instansi Pemerintah maupun lembaga swadaya masyarakat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu dengan Penggunaan *Software* LEAP

JUDUL	PENELITI
Pengembangan Model Proyeksi Persediaan dan Permintaan Energi, dan Indikator Ketahanan Energi dan Energi Bersih	Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Pertambangan Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/BAPPENAS, 2014
Indonesia Energy Outlook (IEO) 2012	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012
Penggunaan LEAP untuk perencanaan energi di Propinsi DIY Tahun 2003-2018	Ragil Lanang, 2005
Prakiraan Energi Indonesia 2000-2010	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2002
Perencanaan Energi Daerah untuk wilayah Indonesia Bagian Timur	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) bersama dengan Yayasan Bina Usaha Lingkungan, 2001

LEAP mampu berfungsi sebagai *database* dikarenakan mampu menyediakan informasi energi yang lengkap, sebagai alat peramal (*forecasting tool*) dikarenakan mampu membuat proyeksi permintaan dan penyediaan energi dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan keinginan pengguna, dan sebagai alat analisa terhadap kebijakan energi dikarenakan memberikan pandangan hasil atas efek dari ide kebijakan energi yang akan diterapkan dari sudut pandang penyediaan dan

permintaan energi, ekonomi, dan lingkungan (Wijaya & Ridwan, 2011). Tampilan perangkat lunak LEAP ditunjukkan pada Gambar 2.3

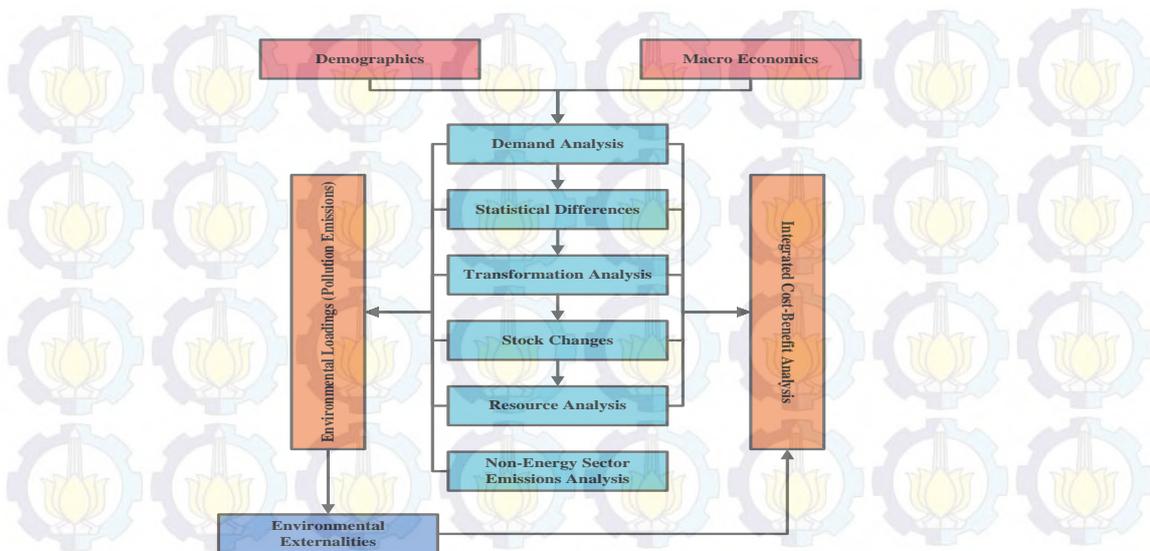


Gambar 2.3 Tampilan Perangkat Lunak LEAP

Selain itu model integrasi yang dimiliki LEAP dapat digunakan untuk mengetahui konsumsi energi, produksi dan penggunaan sumberdaya untuk semua sektor ekonomi (Heaps, 2008).

2.2.2 Metodologi Pemodelan LEAP

Metodologi pemodelan yang digunakan dalam LEAP adalah akunting dalam segi permintaan (*stock-turnover*) dan dalam segi pemasokan energi (rencana penambahan kapasitas) secara *econometric* maupun model simulasi. LEAP memiliki 5 modul didalamnya, yaitu asumsi kunci (*key assumption*), permintaan (*demand*), transformasi (*transformation*), sumberdaya (*resources*), dan dampak sektor non energi (*non energy sector effects*). Aliran pengolahan data dalam LEAP ditunjukkan pada Gambar 2.4



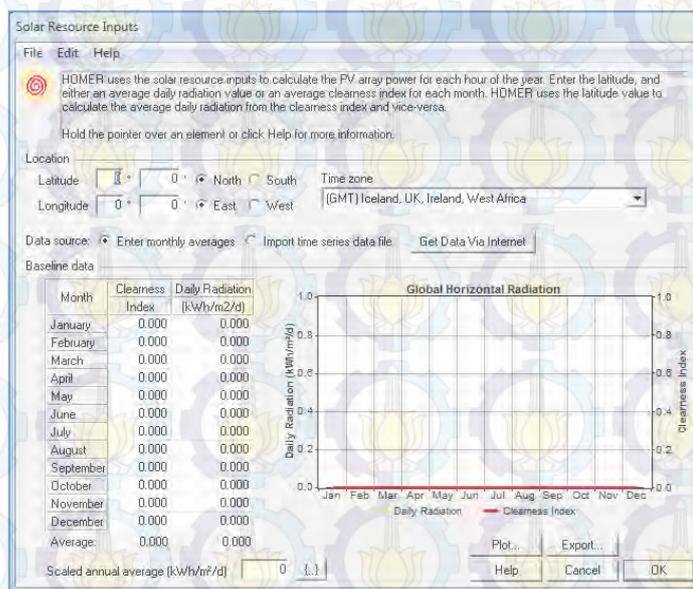
Gambar 2.4 Aliran Pengolahan Data LEAP (Khan, Islam, & Khan, 2011)

1. **Asumsi kunci atau *Driver Variable*.** Modul ini menampung parameter-parameter umum yang dapat digunakan untuk modul *demand* dan modul *transformation* selanjutnya.
2. **Permintaan (*Demand*).** Modul ini untuk menghitung permintaan energi setiap sektor pemakai.
3. **Transformasi (*Transformation*).** Modul ini untuk menghitung pasokan energi, dihitung atas produksi energi primer ataupun energi sekunder.
4. **Sumberdaya (*Resources*).** Modul ini terdiri atas primer dan sekunder. Cabang-cabang dalam modul ini mengikuti jenis-jenis energi yang dimodelkan dalam modul transformasi.
5. **Dampak sektor non energi (*non energy sector effects*).** Modul ini untuk menempatkan variabel-variabel dampak negatif yang diakibatkan dari kegiatan sektor energi.

2.3 Identifikasi Potensi Energi Terbarukan

Penelitian ini mengidentifikasi potensi energi surya dan energi mikrohidro sebagai alternatif pembangkit listrik. Namun data potensi yang digunakan untuk penelitian tidak dilakukan pengukuran secara langsung, akan tetapi didapatkan dari perangkat lunak ataupun pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya oleh Pemerintah Daerah setempat. Homer adalah perangkat lunak

yang dikembangkan oleh *National Renewable Energy Laboratory* yang digunakan dalam mendesain dan mengevaluasi secara teknis maupun *financial* untuk sistem pembangkit baik *on-grid* ataupun *off-grid*. Dalam penelitian ini Homer ini digunakan untuk mendapatkan data radiasi harian matahari. Data radiasi harian matahari (kWh/m^2) didapatkan dari *NASA Surface Meteorology and Solar Energy* dengan memasukkan koordinat lokasi GPS. Tampilan muka dari perangkat lunak HOMER ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Tampilan Software HOMER

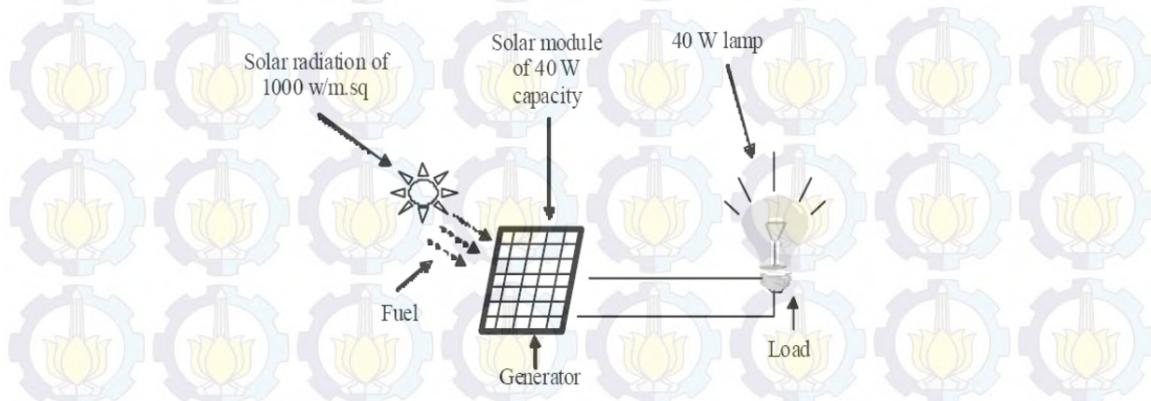
2.4 Pemanfaatan Energi Terbarukan Untuk Pembangkit Tenaga Listrik

Pemanfaatan energi terbarukan dalam penelitian ini adalah energi surya, energi mikrohidro, dan energi angin. Pada sub bab selanjutnya akan dibahas lebih detail dalam identifikasi potensi energi terbarukan serta perancangan yang dibutuhkan.

2.4.1 Energi Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi surya dibagi menjadi dua metode, yaitu pemanfaatan melalui teknologi surya termal dan teknologi fotovoltaik (PV). Pada penelitian ini teknologi yang digunakan untuk

pemanfaatan energi surya adalah teknologi PV. Sistem PV selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Skema Sistem PLTS (Winrock International, 2004)

2.4.1.1 Prinsip Kerja Fotovoltaik (PV)

Prinsip kerja dari PV adalah mengubah cahaya matahari menjadi listrik dengan menggunakan sel surya yang terbuat dari material semikonduktor. Selanjutnya 36-40 buah sel surya tersebut dirangkai menjadi satu modul/panel surya. Teknologi PV dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, diantaranya *solar home system (SHS)*, lampu jalan tenaga surya dan pemompaan air tenaga surya. Perhitungan potensi daya listrik dalam sistem PLTS dengan teknologi PV diatas dapat dihitung dengan mengetahui radiasi rata-rata matahari di tempat tersebut.

$$P_s = R_s \times LDP \times \frac{P}{100} \quad (2.4)$$

Potensi energi radiasi dalam MW dihitung dengan asumsi bahwa dalam 1 hari energi radiasi terjadi selama 8 jam.

$$P_s = \frac{R_s \times LDP \times \frac{P}{100}}{8} \times 10^{-3} \quad (2.5)$$

Sehingga dalam setahun energi radiasi yang diterima oleh suatu daerah potensi bisa dihitung dengan persamaan :

$$P_s = R_s \times LDP \times \frac{P}{100} \times 365 \quad (2.6)$$

dengan :

P_s : Potensi energi surya (MW)

R_s : Radiasi harian rata-rata (Kw/m²)

LDP : Luas daerah potensi (m²)

P : Prosentase daerah potensi (%)

2.4.1.2 Perancangan dan Instalasi PV

PLTS dengan teknologi PV ini terdiri atas beberapa komponen, diantaranya :

- a. Modul surya, adalah komponen utama yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Daya dan arus listrik yang dihasilkan tergantung pada besar intensitas radiasi surya yang diterima
- b. Baterai/Aki, adalah komponen yang berfungsi untuk menyimpan energi dari modul surya. Jenis baterai cocok digunakan adalah baterai deep cycle lead acid dan baterai yang biasa digunakan pada kapal selam. Umumnya efisiensi baterai sekitar 80%.
- c. Regulator Baterai/Battery Control Unit (BCU), adalah komponen untuk mengatur lalu lintas listrik dari modul ke baterai dan dari baterai ke beban
- d. Inverter, adalah komponen yang berfungsi mengubah listrik DC menjadi listrik AC, dan
- e. Komponen pendukung, seperti kabel dan asesoris lainnya.

Perancangan sistem PV dilakukan untuk memilih dan menentukan ukuran dan jumlah komponen yang diperlukan sesuai kebutuhan beban yang diinginkan. Perancangan sistem PV ini dilakukan dengan beberapa langkah dibawah ini :

1. Perhitungan kebutuhan modul PV

Perhitungan kebutuhan modul PV dilakukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan modul PV dalam satuan *watt peak* dari total potensi energi surya

yang ada. Berikut ini perhitungan kebutuhan modul PV dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total } W_p \text{ dari panel PV} = \frac{\text{Potensi Energi Surya Perhari (watt)}}{\text{Lamanya Penyinaran Matahari}} \quad (2.7)$$

2. Perhitungan area array (PV Area)

Luas area array dihitung dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (2.8)$$

dengan:

E_L = Besar pemakaian energi listrik (kWh)

G_{AV} = Insolasi harian matahari (kWh/m²)

η_{PV} = Efisiensi panel surya (%)

TCF = *Temperature Correctiion Factor* (TCF)

η_{out} = Efisiensi out (%)

Sedangkan TCF dapat dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{0C}}}{P_{MPP}} \quad (2.9)$$

dengan:

TCF = *Temperature Correctiion Factor* (TCF)

P_{mpp} = Daya maksimum keluaran panel surya

3. Perhitungan daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*)

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya daya yang dibangkitkan adalah sebagai berikut :

$$P \text{ (watt peak)} = \text{Area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \quad (2.10)$$

dengan:

Area array = PV Area

PSI = *Peak Sun Insolation* (1000 W/m²)

η_{PV} = Efisiensi panel surya (%)

4. Perhitungan kapasitas komponen PLTS

Perhitungan selanjutnya adalah menghitung kapasitas komponen PLTS untuk membangkitkan sebesar daya diatas. Dalam pengoperasiannya, PLTS terdiri dari beberapa komponen yaitu panel surya, baterai, inverter, dan komponen konstruksi PLTS lainnya. Perhitungan untuk dapat menentukan jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{\text{Watt peak}}}{P_{\text{MPP}}} \quad (2.11)$$

Sedangkan baterai yang digunakan untuk PLTS adalah batere jenis lead-acid. Pemilihan baterai haruslah memperhatikan aturan berikut :

1. Baterai dapat melayani kebutuhan 3-5 hari tanpa sinar matahari
2. Baterai tidak boleh terkurus lebih dari 50%
3. Faktor efficiency baterai minimal sebesar 80%

2.4.2 Energi Mikrohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik dalam skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya dengan memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Menurut standart yang ditetapkan *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO), pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah pembangkit listrik yang memiliki power output sebesar 500 W hingga 100 kW.

2.4.2.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Teknologi PLTMH memiliki prinsip bahwa semakin besar tinggi jatuhnya (*head*), maka makin besar pula daya yang mampu dibangkitkan oleh PLTMH. PLTMH bekerja ketika air dalam jumlah dan ketinggian tertentu dijatuhkan dan menggerakkan kincir yang ada di dalam turbin PLTMH. Putaran turbin tersebut digunakan untuk menggerakkan alternator atau generator hingga menghasilkan listrik. Selanjutnya listrik yang dihasilkan dapat dialirkan melalui kabel listrik ke rumah penduduk. Gambaran suatu sistem PLTMH ditunjukkan pada Gambar 2.7. Perhitungan potensi daya listrik dalam sistem PLTMH diatas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{hydro} = Q \times \rho \times g \times H_n \quad (2.12)$$

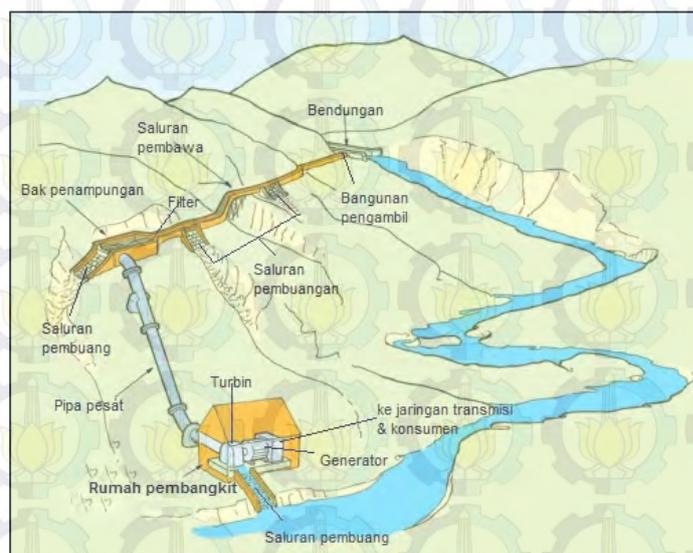
dengan :

P_{hydro} : daya hidrolis dalam wat (W), tanpa mempertimbangkan pengurangan akibat efisiensi peralatan (turbin, generator dll)

Q : debit dalam m³/detik

ρ : kekentalan air (1000 kg/m³)

g : percepatan gravitasi (9.81 m/m²)



Gambar 2.7 Gambaran Sistem PLTMH (Ezkhel Energy, 2013)

Namun suatu perubahan energi selalu berhubungan dengan kehilangan energi sehingga dibutuhkan informasi tentang efisiensi mesin pembangkit, yaitu rasio antara daya output dengan daya input. Efisiensi sistem mikrohidro cenderung berkisar antara 60-80% (Sitompul, 2011). Sehingga output daya listrik dari sistem PLTMH menjadi persamaan berikut :

$$P_{el} = Q \times \rho \times g \times H_n \times \eta_{total} \quad (2.13)$$

dengan :

P_{el} : Output daya elektrik dalam W

η_{total} : Keseluruhan efisiensi dari peralatan

2.4.2.2 Perancangan dan Instalasi PLTMH

Sistem PLTMH terdiri dari beberapa komponen pokok yang dibutuhkan dalam perancangan dan instalasi PLTMH, diantaranya :

1. **Komponen sipil**, yang terdiri dari bendung pengalihan, lubang intake, pintu intake, bak pengendap pasir, saluran pembawa, pelimpah dan saluran pelimpah, bak penenang, pipa pesat/penstock, rumah pembangkit, dan saluran pembuang.
2. **Peralatan elektro-mekanikal**, yang terdiri dari turbin, transmisi mekanik, sistem kontrol, dan generator.
3. **Transmisi dan distribusi listrik**, yaitu cara mentransmisikan listrik dari rumah pembangkit ke rumah penduduk dengan cara paling umum yaitu jaringan listrik atas tanah (*overhead*)

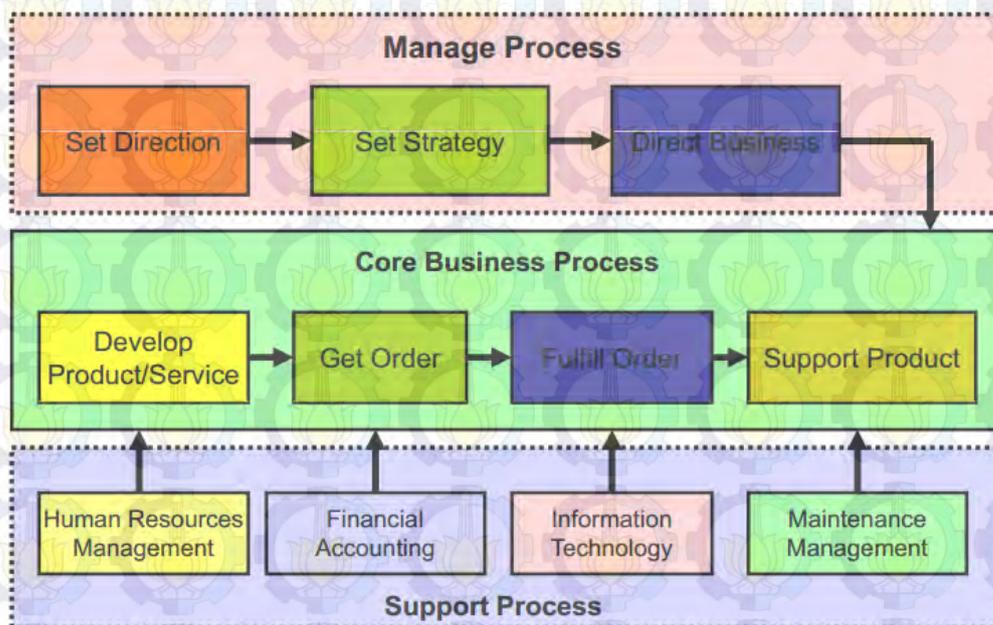
2.5 CIMOSA (*Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture*)

Pembuatan peta jaringan integrasi produksi bertujuan untuk mengatur kebutuhan proses manajerial dan operasional yang tepat sehingga terjadi keseimbangan antara kapasitas produksi dan pemanfaatan serta dapat diketahui kelayakan keberlanjutan dari pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan.

Integrasi sistem produksi ini dilakukan dengan pendekatan CIMOSA (*Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture*). Manfaat penggunaan model CIMOSA adalah sistem integrasi yang dilakukan mampu merepresentasikan keseluruhan proses yang terjadi dalam sebuah bisnis, diantaranya meliputi strategi produksi, strategi keuangan, hingga manajemen pemeliharaan. CIMOSA terdiri dari tiga kelompok proses yang memiliki keterkaitan satu sama lain, yaitu *manage process*, *core process*, dan *support process* (Wignjosoebroto, 2003). *Manage process* berfungsi untuk menentukan pergerakan dari *core process*, sedangkan *support process* berfungsi sebagai pendukung *core process* yang dijalankan. Model CIMOSA selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 2.8.

1. *Manage Process*

Bagian ini berisi tentang perumusan dan perencanaan strategi perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan. Secara umum bagian ini terdiri dari *set direction*, *set strategy*, dan *direct business*. *Set direction* berfungsi untuk menetapkan pernyataan visi dan misi. *Set strategy* berfungsi untuk merumuskan strategi yang akan digunakan dan *direct business* adalah bagaimana menjalankan strategi tersebut.



Gambar 2.8 Model *Computer-Integrated Manufacturing for Open System Architecture* (CIMOSA) (Wignjosoebroto, 2003)

2. Core Process

Bagian ini merupakan bagian utama yang dilakukan dalam perusahaan, terdiri dari *develop product*, *get order*, *fulfill order*, dan *support product*. *Develop product* merupakan strategi perancangan dan pengembangan produk berdasarkan *Voice of Customer* (VOC) dan *Quality Function Deployment* (QFD). *Get order* merupakan strategi pemasaran dan manajemen pemasaran untuk mendapatkan *demand* produk. *Fulfill order* merupakan proses yang dilakukan perusahaan untuk dapat memenuhi *demand*, diantaranya sistem produksi, perencanaan fasilitas dan kapasitas produksi, pengendalian produksi, strategi *supply chain* dan optimasi produksi. Sedangkan *support product* merupakan *customer service & satisfaction* dan *customer relation management* yang diberikan perusahaan untuk memberikan nilai tambah pada produk.

3. Support Process

Support process terdiri dari *human resource management*, *financial and accounting process*, *information technology process*, dan *maintenance management*. *Human resource management* terdiri dari manajemen industri dan organisasi perusahaan serta manajemen sumber daya manusia yang dimiliki. *Financial and accounting process* merupakan proses yang terdiri dari analisa biaya, analisa ekonomi teknik, serta manajemen keuangan. *Information technology process* berisi tentang peranan teknologi informasi dalam mendukung proses produksi dan strategi implementasi teknologi informasi itu sendiri. Sedangkan *maintenance management* berisi tentang peranan *maintenance management* dalam proses produksi, *reliability engineering* dan implementasi *maintenance management* dalam Perusahaan itu sendiri.

2.6 Sistem Transmisi dan Distribusi Energi Listrik

Sistem transmisi adalah sistem yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban melalui saluran transmisi, karena adakalanya pembangkit energi listrik dibangun ditempat yang jauh dari pusat-pusat beban/*load centres*. Sedangkan sistem distribusi ini berguna untuk

menyalurkan energi listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Pada Gambar 2.9 di tunjukkan aliran penyaluran energi listrik dari sistem pembangkitan hingga ke konsumen.



Gambar 2.9 Alur Penyaluran Energi Listrik

2.7 Analisis Manfaat Biaya (*Benefit Cost Ratio*)

Salah satu informasi penting yang dibutuhkan dalam *feasibility study* adalah analisa ekonomi atau analisa kelayakan investasi dari proyek tersebut, salah satunya dengan cara analisis manfaat biaya atau *Benefit Cost Ratio*. Analisis ini digunakan dalam penelitian ini terkait dengan mengkaji manfaat dan biaya yang dikeluarkan untuk merealisasikan proyek pembangunan penyediaan energi yang diawali dengan studi kelayakan pembangunan berdasarkan peningkatan skala produksi energi.

2.7.1 Pengertian Analisis *Benefit Cost Ratio*

Analisis *Benefit Cost Ratio* adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek pemerintah (Pujawan, 2002). Dalam perhitungannya, analisis ini memperhitungkan biaya serta manfaat yang akan diperoleh dari pelaksanaan suatu proyek. Manfaat atau *benefit* yang akan dihasilkan diwaktu yang akan datang diproyeksikan pada tingkat nilai sekarang (*present value*). Macam-macam *benefit* adalah sebagai berikut.

- ✚ *Fixed benefit* merupakan *benefit* dengan data yang sama besarnya untuk setiap periode selama umur teknis proyek.

- ✚ *Variable benefit* merupakan *benefit* dengan data yang berbeda besarnya untuk setiap periode selama umur teknis proyek.
- ✚ *Direct benefit* merupakan manfaat yang diperoleh sebagai manfaat langsung dari proyek yang bersangkutan.
- ✚ *Indirect benefit* merupakan manfaat yang diperoleh sebagai manfaat tidak langsung dari proyek yang bersangkutan.
- ✚ *Present value of benefit* adalah *benefit* yang diperoleh setiap tahun yang dinyatakan dengan nilai sekarang dengan bantuan *discout rate*. Nilai *benefit* sekarang harus dipertimbangkan sebagai dasar mengambil keputusan kelayakan proyek selain dari sisi *cost* yang dibutuhkan.
- ✚ *Net benefit* dalah selisih antara *benefit* dengan *cost*.

Dalam suatu proyek selain menghitung *benefit*, harus dipikirkan juga *disbenefit* dan *cost* yang digunakan untuk merealisasikan proyek. *Disbenefit* adalah beban atau kerugian yang ditanggung oleh masyarakat akibat realisasi dari proyek tersebut. Sedangkan *cost* adalah pengeluaran yang harus diadakan untuk pelaksanaan proyek, operasi, serta pemeliharaan instalasi hasil proyek.

2.7.2 Penerapan *Benefit Cost Ratio*

B/C Ratio biasanya dilakukan dengan melihat rasio antara manfaat dari suatu proyek yang bisa dinikmati oleh masyarakat umum terhadap ongkos-ongkos yang dikeluarkan oleh pemerintah. Secara matematis hal ini diformulasikan sebagai berikut :

$$B/C = \frac{\text{Manfaat untuk umum}}{\text{Ongkos yang dikeluarkan pemerintah}} \quad (2.14)$$

Dimana kedua ukuran tersebut sama-sama dinyatakan dalam nilai present worth atau nilai tahunan. Oleh karenanya, dalam melakukan analisis manfaat biaya perlu mengkuantifikasikan manfaat dalam bentuk satuan mata uang. Suatu proyek dikatakan layak atau bisa dilaksanakan apabila rasio antara manfaat terhadap biaya yang dibutuhkan nilainya lebih besar dari satu (Pujawan, 2003). Jika rasio

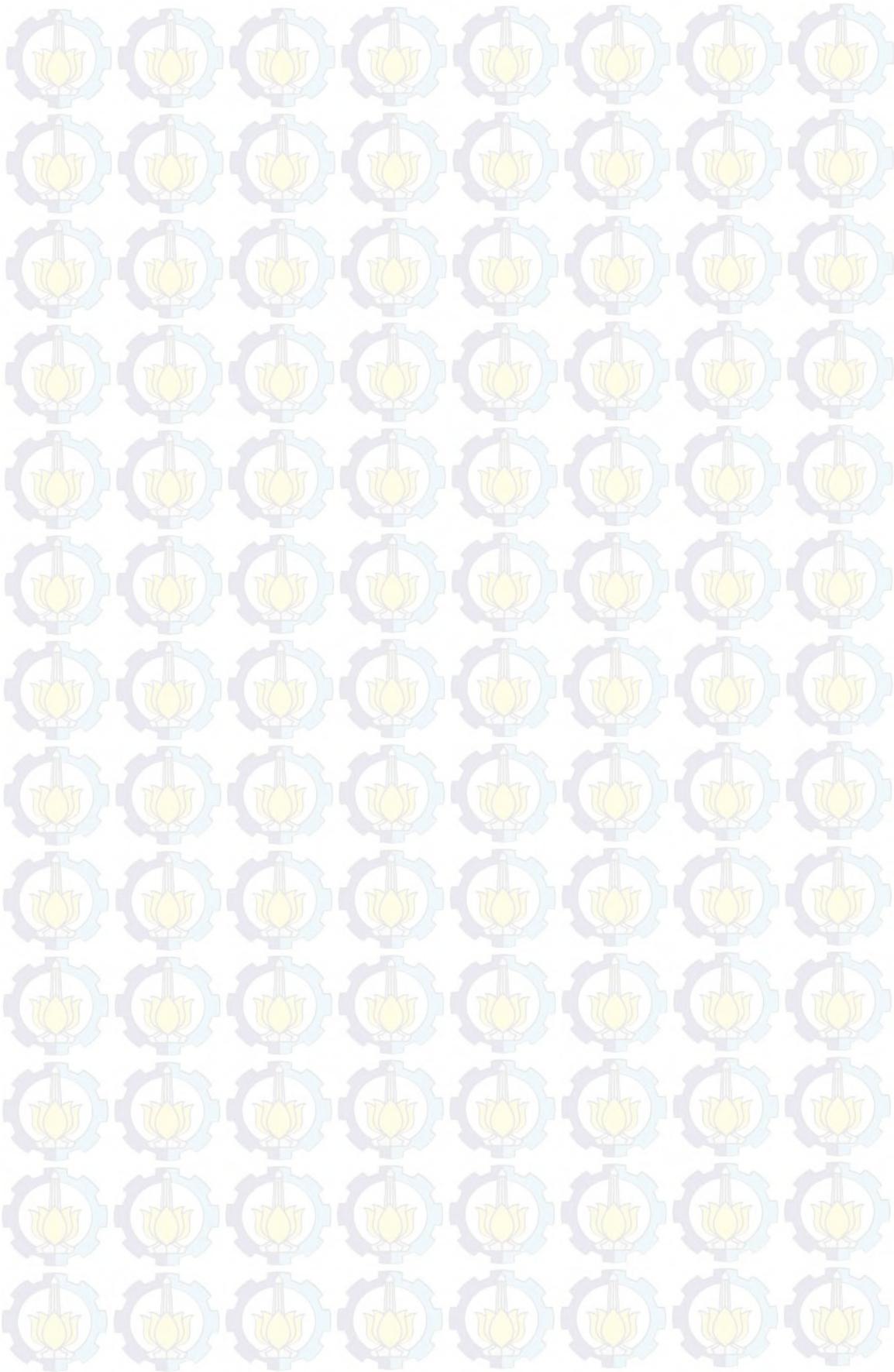
manfaat terhadap biaya yang dibutuhkan kurang dari satu maka proyek dapat dinyatakan tidak layak. Jika nilai rasio manfaat terhadap biaya yang dibutuhkan sama dengan satu, maka kelayakan proyek bersifat netral.

2.8 Literature Review

Beberapa penelitian serupa terkait pemanfaatan potensi energi terbarukan sudah dilakukan tidak hanya di Indonesia, namun juga di luar Indonesia. Berikut ini penelitian-penelitian serupa yang juga dijadikan referensi dalam penelitian ini.

Tabel 2.2 Penelitian Penunjang

No	Nama Peneliti	Judul dan Tahun Penelitian	Keterangan
1	Hui-Ming Wee, Wen-Hsiung Yang, Chao-Wu Chou, Marivic V. Padilan	Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development (2012)	Penelitian ini menilai sumber energi terbarukan dari perspektif <i>supply chain</i> dan menyajikan penyelidikan energi terbarukan yang berfokus pada empat komponen utama yaitu supply chain energi terbarukan, kinerja energi terbarukan, serta hambatan dan strategi untuk pengembangan energi terbarukan. Penelitian ini memberikan wawasan manajerial kepada pemerintah, peneliti, dan stakeholder untuk inisiasi penggunaan energi terbarukan, dan saran untuk mengatasi hambatan dalam pembangunan
2	Suhono	Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak LEAP (2010)	Pengolahan data untuk memprediksi tingkat konsumsi energi listrik menggunakan perangkat lunak LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System). Permintaan dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi listrik dan besarnya pemakaian energi listrik per aktivitas (intensitas energi).
3	Vian Vebrianto	Studi Pengembangan Serta Penyusunan Rencana Energi dan Kelistrikan Daerah dengan Memanfaatkan Potensi Energi Daerah di Kabupaten Lamongan Jawa Timur (2009)	Penelitian ini melakukan analisa ketersediaan energi terbarukan dengan perhitungan besarnya potensi daerah terhadap energi angin, energi surya, energi air, energi biogas, dan energi gelombang laut.
4	Endang Sumaroh	Analisa Kelayakan Finansial Proyek Bus Rapid Transit (BRT) Surabaya dengan Pendekatan Benefit Cost Ratio Pada Jalur Utara Selatan (2009)	Penelitian ini mengkaji analisa kelayakan finansial proyek BRT dengan pendekatan Benefit Cost Ratio (BCR) selama umur proyek yang diestimasikan 10 tahun (2011-2020). Metode BCR digunakan dalam penelitian ini dikarenakan BRT adalah salah satu proyek pemerintah. Identifikasi manfaat BRT menggunakan metode judgemental sampling agar didapatkan hasil yang lebih objektif.

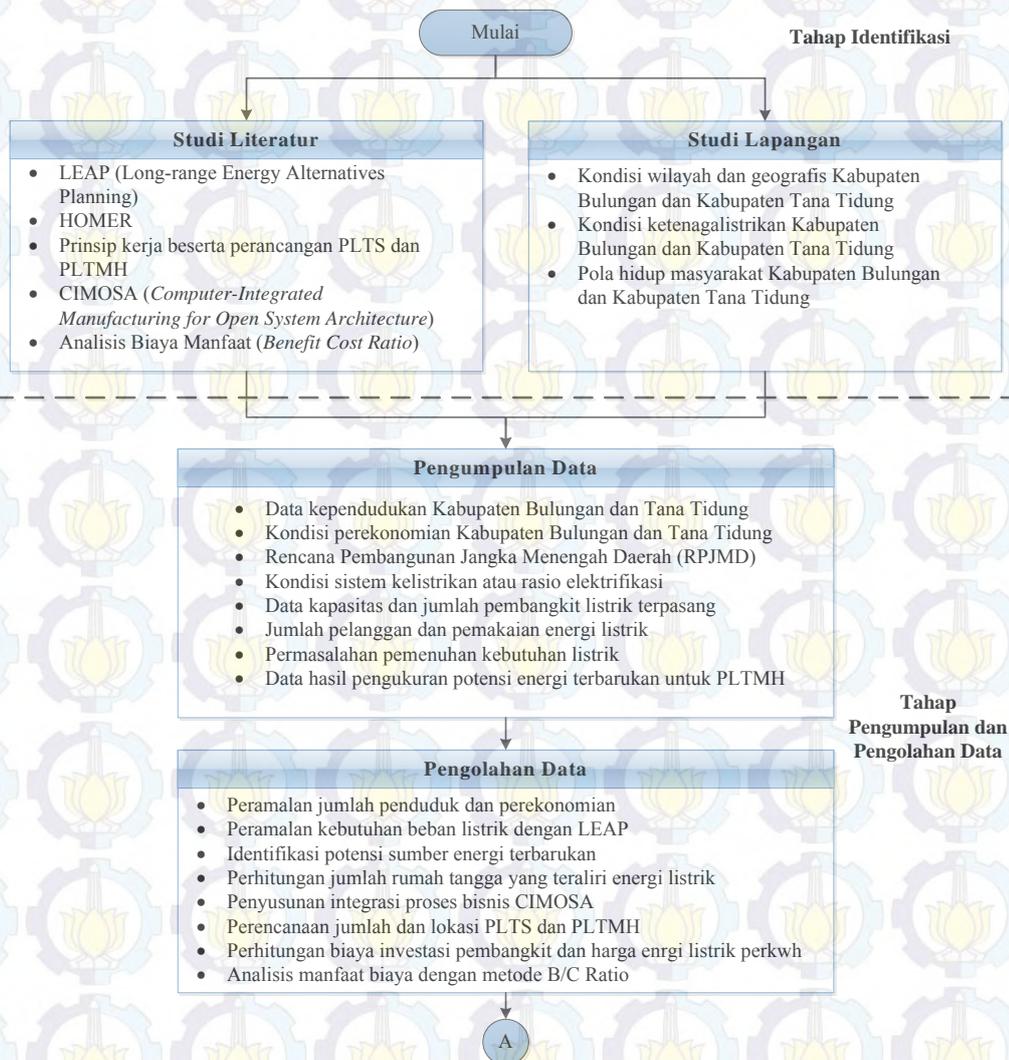


BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang langkah-langkah kerangka pemecahan masalah dalam penelitian dibahas pada bagian ini mulai dari tahap awal, yaitu studi pendahuluan hingga tahap akhir penarikan kesimpulan.

3.1 Flowchart Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan selama proses pengerjaan penelitian ditunjukkan pada *flowchart* berikut ini.



Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Penelitian



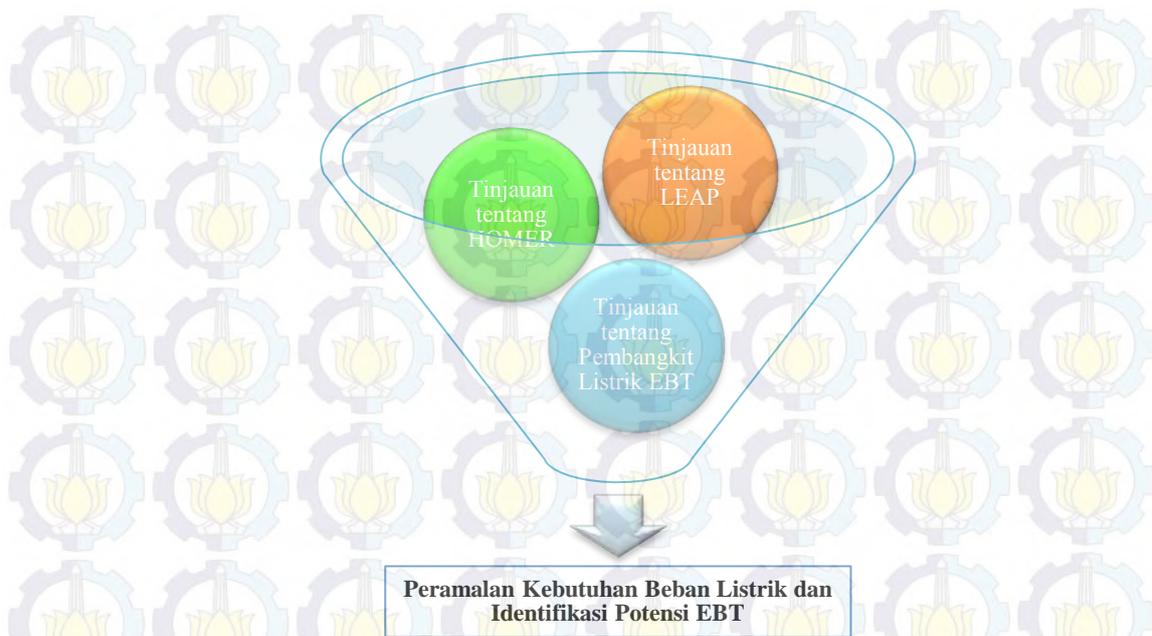
Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Penelitian (lanjutan)

3.2 Penjelasan *Flowchart*

Pada sub bab ini akan dibahas lebih rinci terhadap langkah-langkah penelitian yang dilakukan sesuai dengan tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* diatas.

3.2.1 Tahap Identifikasi

Pada tahapan ini terdiri dari beberapa langkah, diantaranya identifikasi permasalahan, perumusan tujuan penelitian, studi literatur dan studi lapangan. Tujuan dari identifikasi permasalahan adalah untuk mengetahui permasalahan yang menjadi dasar utama dalam penelitian ini. Selanjutnya dirumuskan tujuan pengerjaan penelitian berdasarkan perumusan masalah yang telah dilakukan identifikasi sebelumnya. Oleh karena itu dalam pengerjaan penelitian ini dibutuhkan studi literatur dan studi lapangan untuk menunjang pengerjaan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan pengumpulan referensi yang terkait dengan penelitian, diantaranya metode peramalan LEAP, CIMOSA, dan analisis manfaat biaya. Sedangkan studi lapangan dilakukan dengan cara pengamatan langsung ke objek amatan terkait dengan pola konsumsi energi listrik. Studi literatur dalam penelitian ini memiliki keterkaitan dengan pengolahan data yang selanjutnya dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Keterkaitan Studi Literature dengan Pengolahan Data

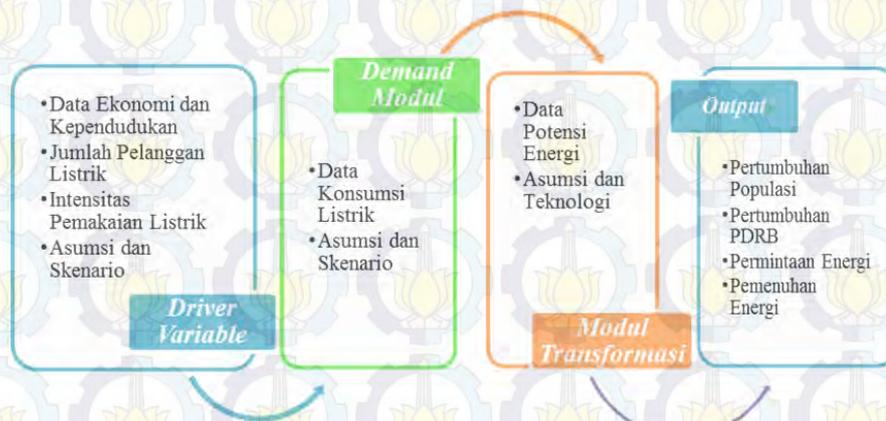
Pada Gambar 3.2 terlihat bahwa pentingnya studi literatur tentang LEAP, HOMER, dan karakteristik atau mekanisme pembangkit bertujuan untuk pengolahan data terhadap peramalan kebutuhan beban listrik dari tahun 2015-2030 dan identifikasi potensi energi terbarukan yang tersedia di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung. Selanjutnya pada studi literatur CIMOSA bertujuan untuk menunjang pengerjaan dalam penyusunan integrasi sistem produksi, sedangkan studi literatur tentang analisis manfaat biaya bertujuan untuk menunjang pengerjaan penelitian dalam analisa kelayakan investasi.

3.2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap pengumpulan data dilakukan dengan melakukan kunjungan terhadap beberapa dinas terkait untuk wawancara maupun permintaan data, diantaranya Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah, Dinas Energi dan Pertambangan, Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN), dan Badan Pusat Statistik di masing-masing Kabupaten. Selain itu wawancara juga dilakukan kepada penduduk setempat terkait penyediaan listrik di wilayah tersebut. Data yang diperlukan antara lain data kependudukan Kabupaten Bulungan dan Tana Tidung, kondisi perekonomian Kabupaten Bulungan dan Tana Tidung, Rencana

Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD), kondisi sistem kelistrikan atau rasio elektrifikasi, data kapasitas dan jumlah pembangkit listrik terpasang, jumlah pelanggan dan pemakaian energi listrik, rencana pembangunan pembangkit listrik, permasalahan pemenuhan kebutuhan listrik, dan data hasil pengukuran potensi energi mikrohidro yang telah dilakukan. Sedangkan proses pengolahan data dimulai dari peramalan jumlah penduduk dan perekonomian dan dilanjutkan dengan peramalan kebutuhan beban listrik, identifikasi potensi sumber energi terbarukan, perhitungan jumlah rumah tangga yang mampu teraliri energi listrik, penyusunan integrasi proses bisnis CIMOSA, perencanaan jumlah dan lokasi PLTS maupun PLTMH, dan diakhiri dengan perhitungan biaya investasi serta analisis manfaat biaya dari proyek tersebut.

3.2.2.1 Peramalan Kebutuhan Beban Listrik



Gambar 3.3 Diagram Simulasi LEAP

Gambar 3.3 a adalah diagram simulasi LEAP yang akan dilakukan pada penelitian ini. Data yang dimasukkan kedalam *software* LEAP adalah jumlah penduduk, jumlah ekonomi, jumlah pelanggan energi listrik dan intensitas pemakaian energi listrik. Data tersebut merupakan *driver variable* untuk mendapatkan output atau keluaran yang diinginkan. Output yang didapatkan dari *software* ini adalah jumlah permintaan energi final terhadap energi listrik di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung dari tahun 2015 hingga tahun 2030 untuk setiap sektor pelanggan.

3.2.2.2 Identifikasi Potensi Energi Terbarukan

Pada penelitian ini, identifikasi potensi energi surya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER yang bertujuan untuk mendapatkan data radiasi matahari di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung, sehingga dapat dilakukan perhitungan potensi energi surya yang mampu dibangkitkan.

3.2.2.3 Penyusunan Integrasi Sistem Produksi CIMOSA

Penyusunan integrasi sistem produksi dengan mengadopsi proses bisnis CIMOSA bertujuan untuk mengintegrasikan proses manajerial, proses operasional dan proses pendukung yang menunjang perencanaan produksi pembangkit listrik mulai dari penetapan strategi hingga manajemen pemeliharaan. Melalui penyusunan integrasi sistem produksi ini akan didapatkan kerangka kebijakan energi terbarukan dalam segi strategi pembangunan dan implementasi terhadap potensi energi terbarukan yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang telah diproyeksikan diatas.

3.2.2.4 Pengujian Kelayakan Investasi

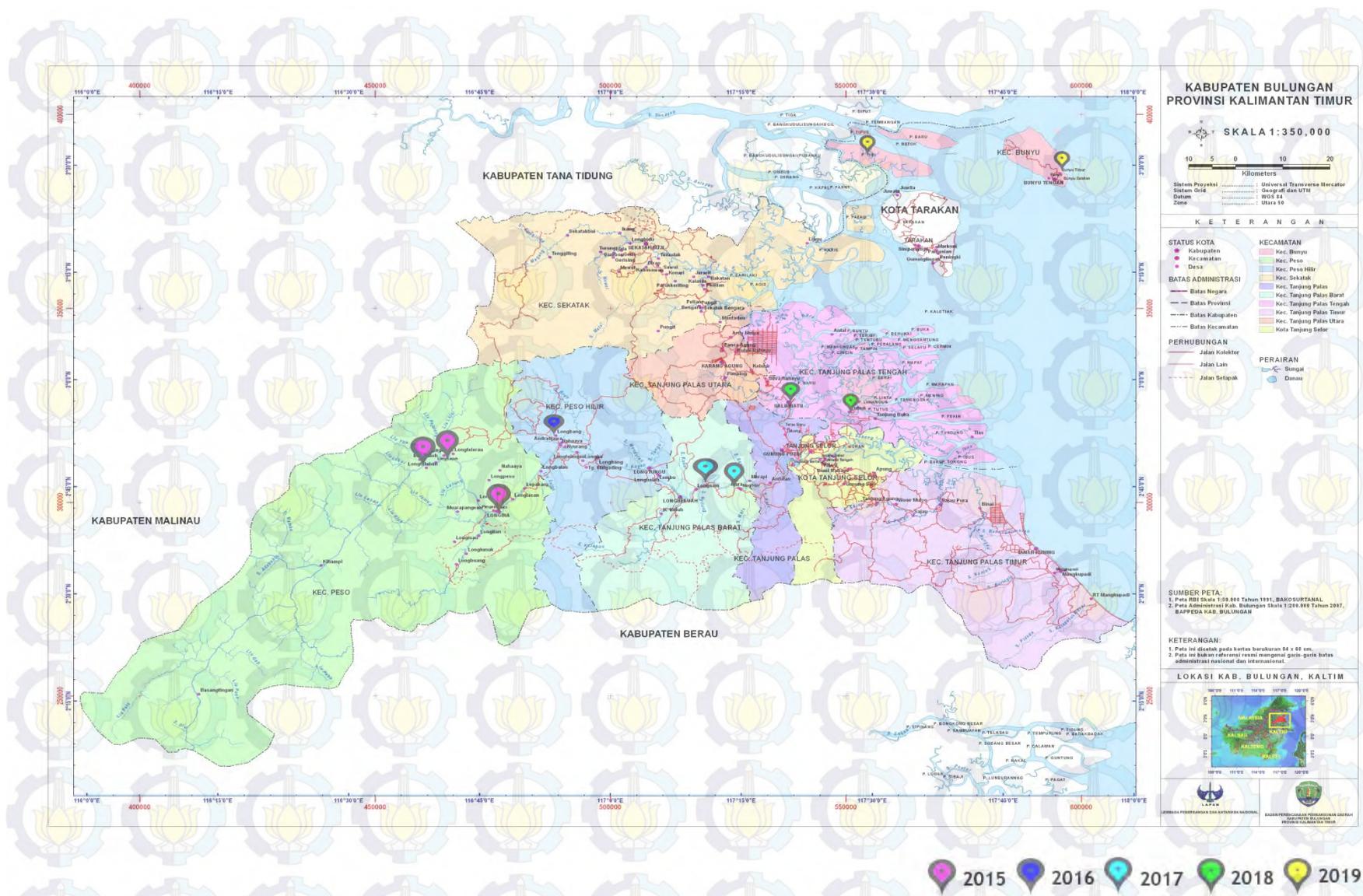
Pengujian kelayakan investasi ini dilakukan dengan menghitung kebutuhan infrastruktur yang dibutuhkan untuk mengembangkan potensi energi terbarukan yang tersedia, menghitung biaya energi perkwh yang dihasilkan dan menghitung kelayakan investasi dengan analisis manfaat biaya.

3.2.3 Tahap Analisis dan Rekomendasi

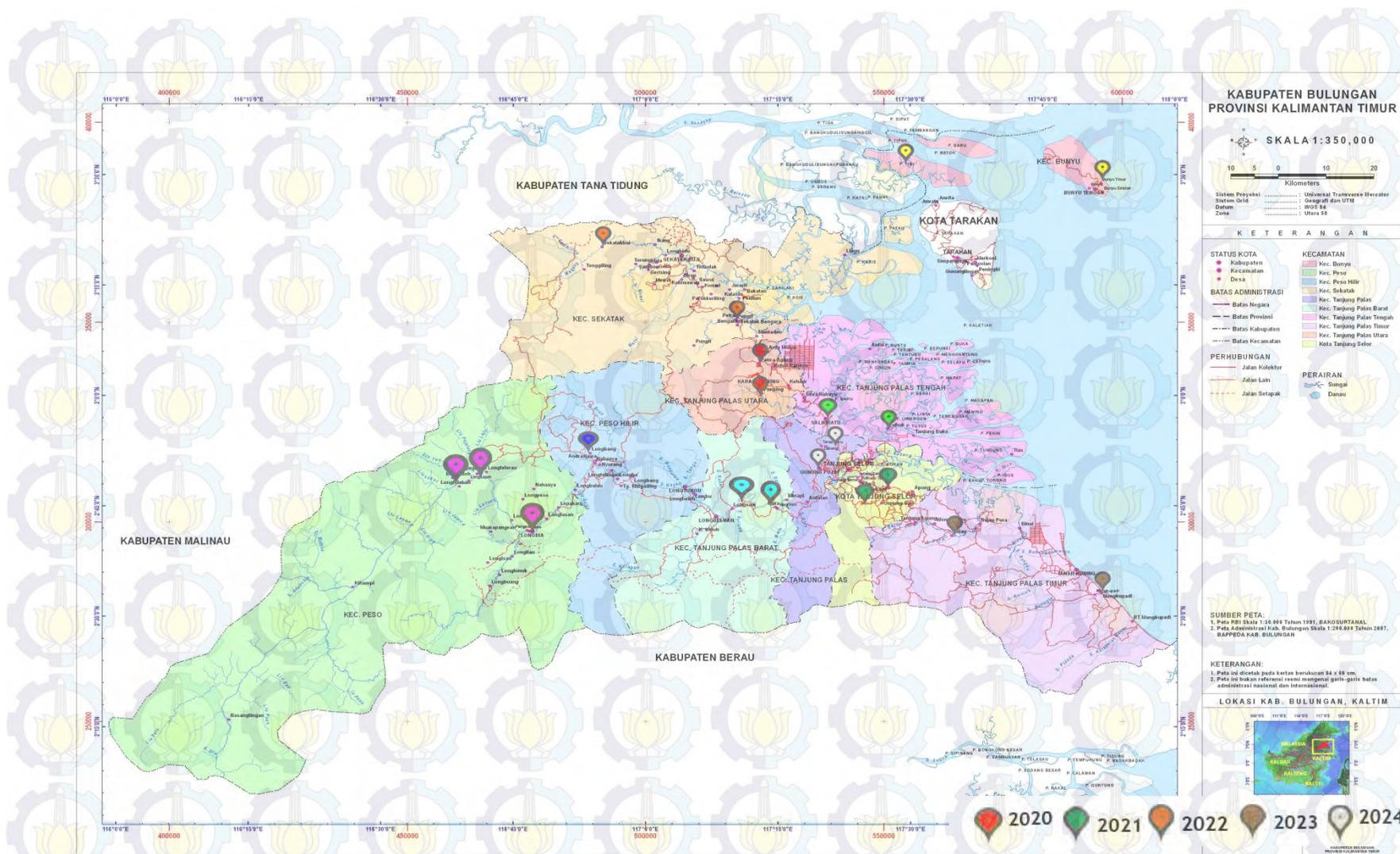
Tahap ini merupakan tahapan menganalisa hasil dari pengolahan data dan memberikan rekomendasi terhadap hasil yang didapatkan. Analisis dalam penelitian ini meliputi analisis peramalan kebutuhan beban listrik dan analisa pola konsumsi masyarakat berdasarkan kondisi eksisting dan hasil peramalan sebelumnya. Analisis selanjutnya adalah analisis integrasi sistem produksi, analisis kelayakan investasi dan terakhir merekomendasikan alternatif energi terbarukan yang layak untuk dikembangkan.

3.2.4 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

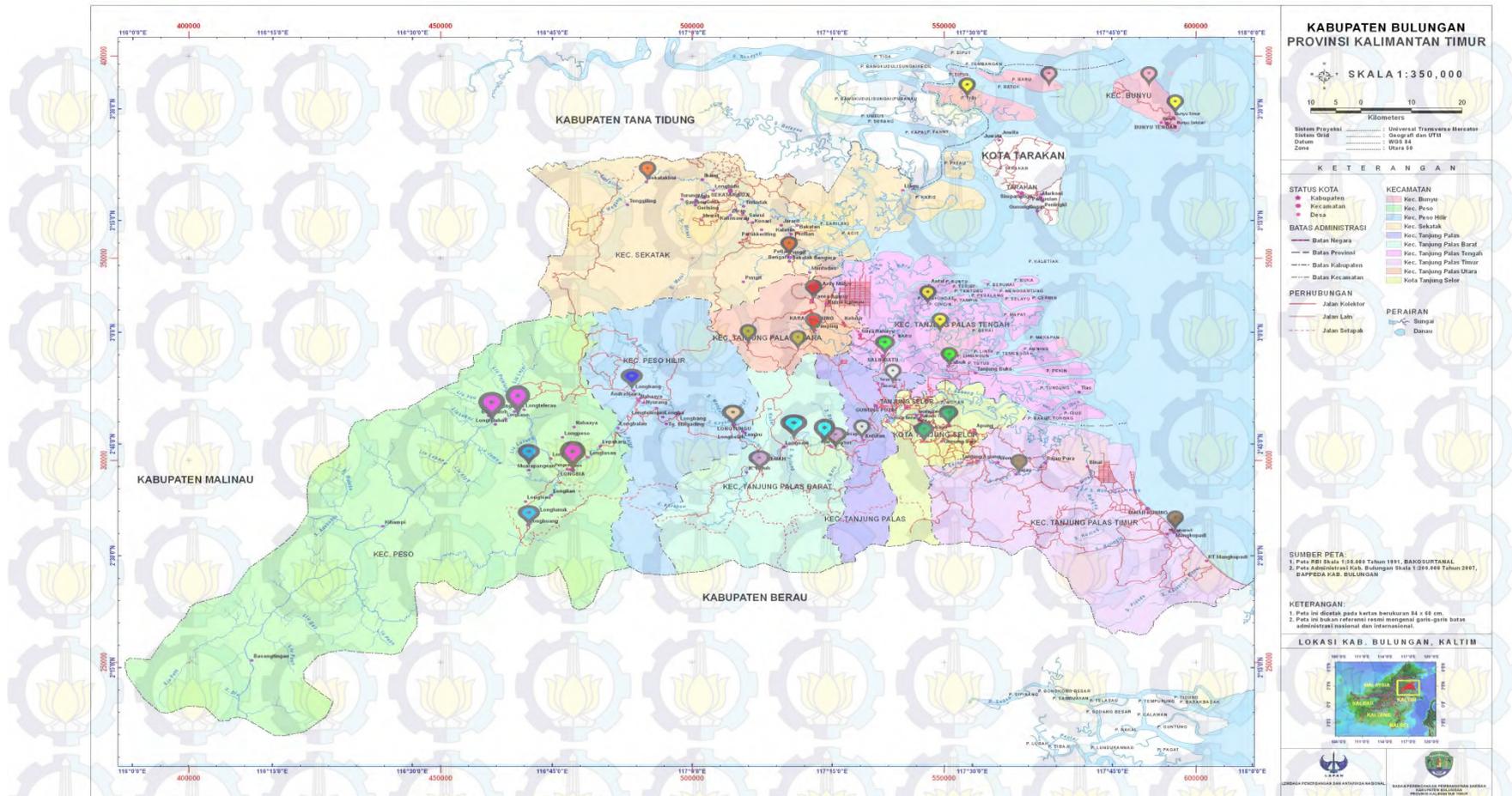
Tahap ini merupakan tahap akhir dalam pengerjaan penelitian. Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil yang didapatkan untuk menjawab tujuan penelitian yang sudah dirumuskan sebelumnya. Sedangkan pemberian saran dilakukan untuk memberikan rekomendasi yang terkait dengan penelitian serupa demi penelitian yang lebih baik di tahun mendatang.



Gambar 4.32 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2019



Gambar 4.33 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Bulungan Tahun 2019-2024



Gambar 4.34 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

4.6.3.2 Lokasi dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung

Sama halnya dengan Kabupaten Bulungan, pemilihan lokasi pembangunan pembangkit di Kabupaten Tana Tidung juga menggunakan metode Brown-Gibson. Adapun faktor-faktor untuk data kuantitatif dan data kualitatif yang digunakan dalam penentuan lokasi pembangunan pembangkit ini sama dengan faktor yang digunakan di Kabupaten Bulungan. Pengolahan data dengan metode Brown-Gibson untuk lokasi pembangunan pembangkit di Kabupaten Tana Tidung selengkapnya ditunjukkan pada Lampiran C.3. Tabel 4.36 berikut ini adalah rekapitulasi prioritas pembangunan pembangkit di Kabupaten Tana Tidung.

Tabel 4.36 Prioritas Pembangunan Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung

Kecamatan	Bobot Prioritas Pembangunan	Prioritas Pembangunan
Muruk Rian	0.321	1
Betayau	0.191	2
Sesayap hilir	0.186	3
Sesayap	0.159	4
Tana Lia	0.143	5

Tabel 4.37 dan Tabel 4.38 dibawah menunjukkan perencanaan lokasi dan jumlah pembangkit yang dibangun di masing-masing Kecamatan berdasarkan prioritas pembangunan diatas.

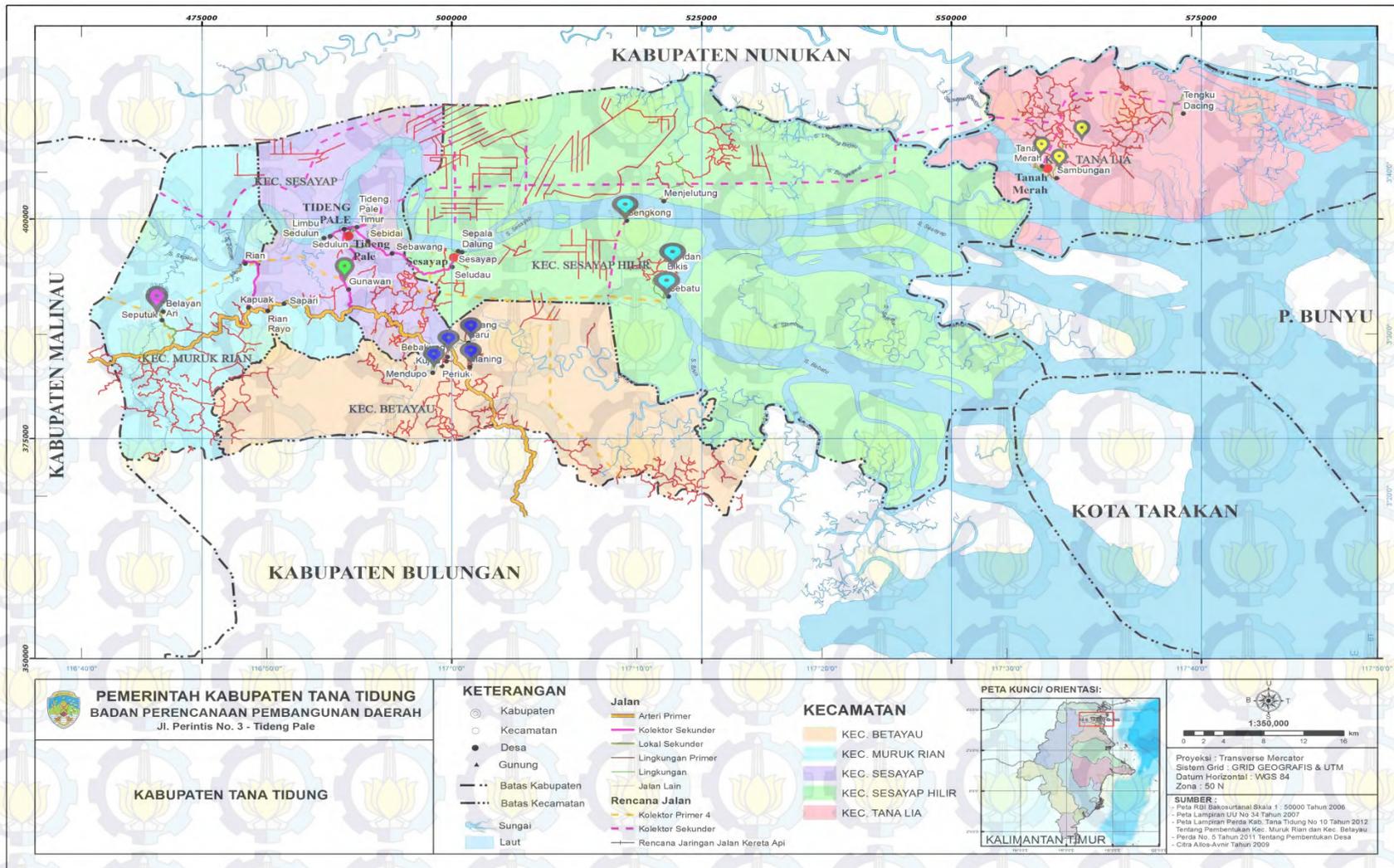
Tabel 4.37 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2021

Uraian	Tahun						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lokasi pembangunan	Muruk Rian	Betayau	Sesayap hilir	Sesayap	Tana Lia	Muruk Rian	Betayau
Kebutuhan energi listrik							
Kebutuhan daya listrik (watt)	35,385	142,523	141,343	31,665	169,534	35,545	143,209
Kebutuhan rumah tangga (KK)	93	373	370	83	444	93	375
Potensi energi terbarukan							
Energi mikrohidro atau PLTMH							
Total potensi energi mikrohidro	Potensi mikrohidro tidak tersedia						
Jumlah rumah tangga teraliri listrik							
Energi surya atau PLTS							
Kebutuhan daya listrik (kWh)	425	1711	1697	380	2,035	427	1,719
Kebutuhan daya listrik per lokasi (kWh)	500	500	500	500	500	500	500
Jumlah lokasi PLTS terpusat	1	4	3	1	3	1	1
Jumlah rumah tangga teraliri listrik Per Lokasi	108	108	108	108	108	108	108
Total jumlah rumah tangga teraliri listrik	108	432	324	108	324	108	108
Kebutuhan daya listrik terpenuhi (watt)	41,667	166,667	125,000	41,667	125,000	41,667	41,667
Kapasitas Daya dan Komponen Pembangkit							
Energi mikrohidro atau PLTMH							
Kapasitas daya turbin (kW)	Potensi mikrohidro tidak tersedia						
Kebutuhan Generator (HP)							
Energi surya atau PLTS							
Kapasitas daya (Pwattpeak) Per Lokasi	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
Jumlah Panel Surya Per Lokasi	500	500	500	500	500	500	500
Total Jumlah Panel Surya	500	2,000	1,500	500	1,500	500	500
Kebutuhan Luas Area PLTS Per Lokasi (m ²)	800	800	800	800	800	800	800
Total Kebutuhan Luas Area PLTS (m ²)	800	3,200	2,400	800	2,400	800	800
Rasio Elektrifikasi	68.75%	79.40%	87.36%	89.96%	97.90%	100%	100%

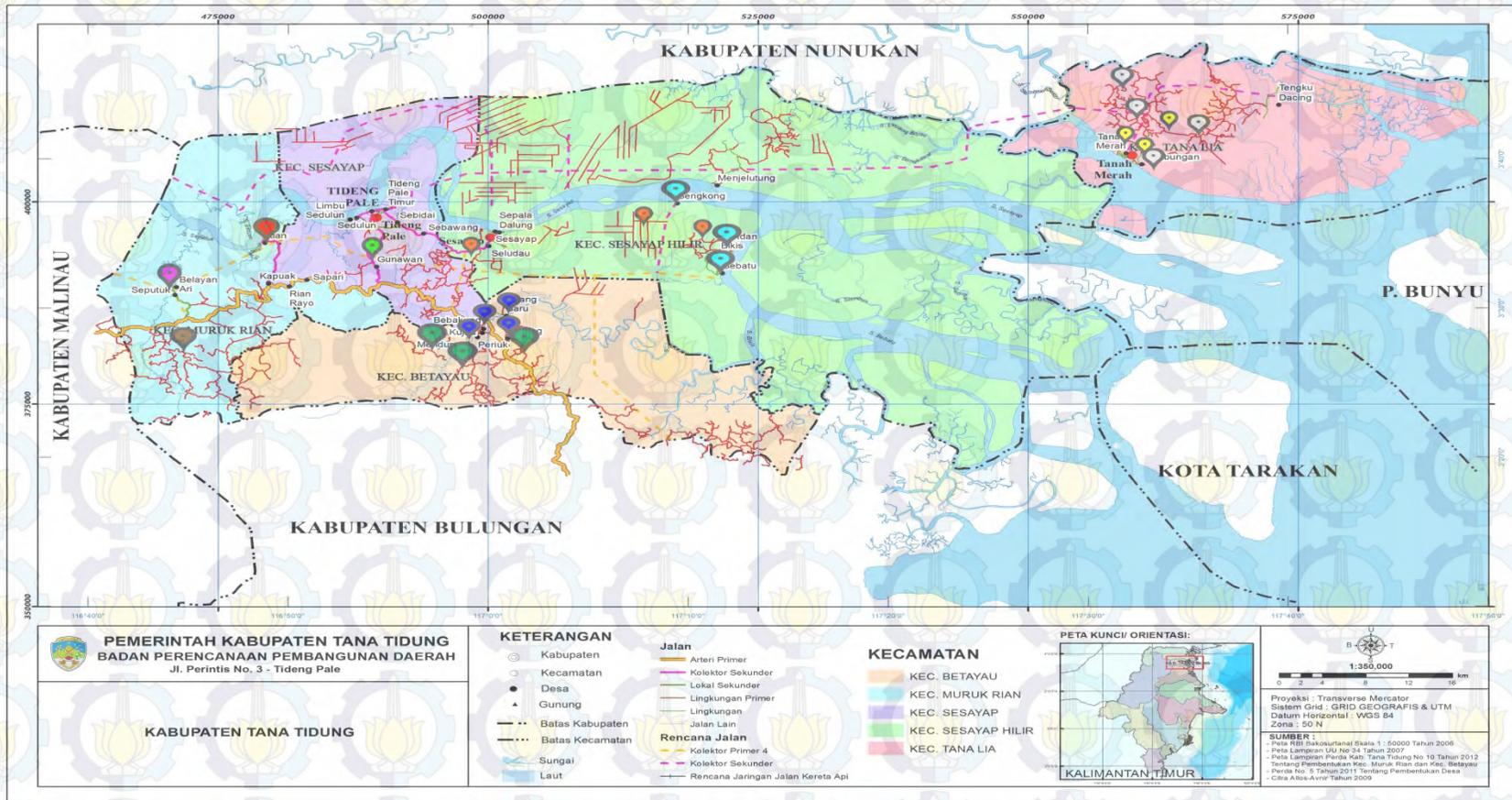
Tabel 4.38 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2022-2030

Uraian	Tahun								
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Lokasi pembangunan	Sesayap hilir	Sesayap	Tana Lia	Muruk Rian	Betayau	Sesayap hilir	Sesayap	Tana Lia	Muruk Rian
Kebutuhan energi listrik									
Kebutuhan daya listrik (watt)	141,877	31,785	170,167	35,705	143,895	142,411	31,906	170,800	35,864
Kebutuhan rumah tangga (KK)	371	84	445	94	377	373	84	447	94
Potensi energi terbarukan									
Energi mikrohidro atau PLTMH									
Total potensi energi mikrohidro	Potensi mikrohidro tidak tersedia								
Jumlah rumah tangga teraliri listrik									
Energi surya atau PLTS									
Kebutuhan daya listrik (kWh)	1,703	382	2,043	429	1,727	1,709	383	2,050	431
Kebutuhan daya listrik per lokasi (kWh)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Jumlah lokasi PLTS terpusat	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Jumlah rumah tangga teraliri listrik Per Lokasi	108	108	108	108	108	108	108	108	108
Total jumlah rumah tangga teraliri listrik	108	108	216	108	108	108	108	108	108
Kebutuhan daya listrik terpenuhi (watt)	41,667	41,667	125,000	41,667	41,667	41,667	41,667	41,667	41,667
Kapasitas Daya dan Komponen Pembangkit									
Energi mikrohidro atau PLTMH									
Kapasitas daya turbin (kW)	Potensi mikrohidro tidak tersedia								
Kebutuhan Generator (HP)									
Energi surya atau PLTS									
Kapasitas daya (Pwattpeak) Per Lokasi	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
Jumlah Panel Surya Per Lokasi	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Total Jumlah Panel Surya	500	500	1,000	500	500	500	500	500	500
Kebutuhan Luas Area PLTS Per Lokasi (m ²)	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Total Kebutuhan Luas Area PLTS (m ²)	800	800	1,600	800	800	800	800	800	800
Rasio Elektrifikasi	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

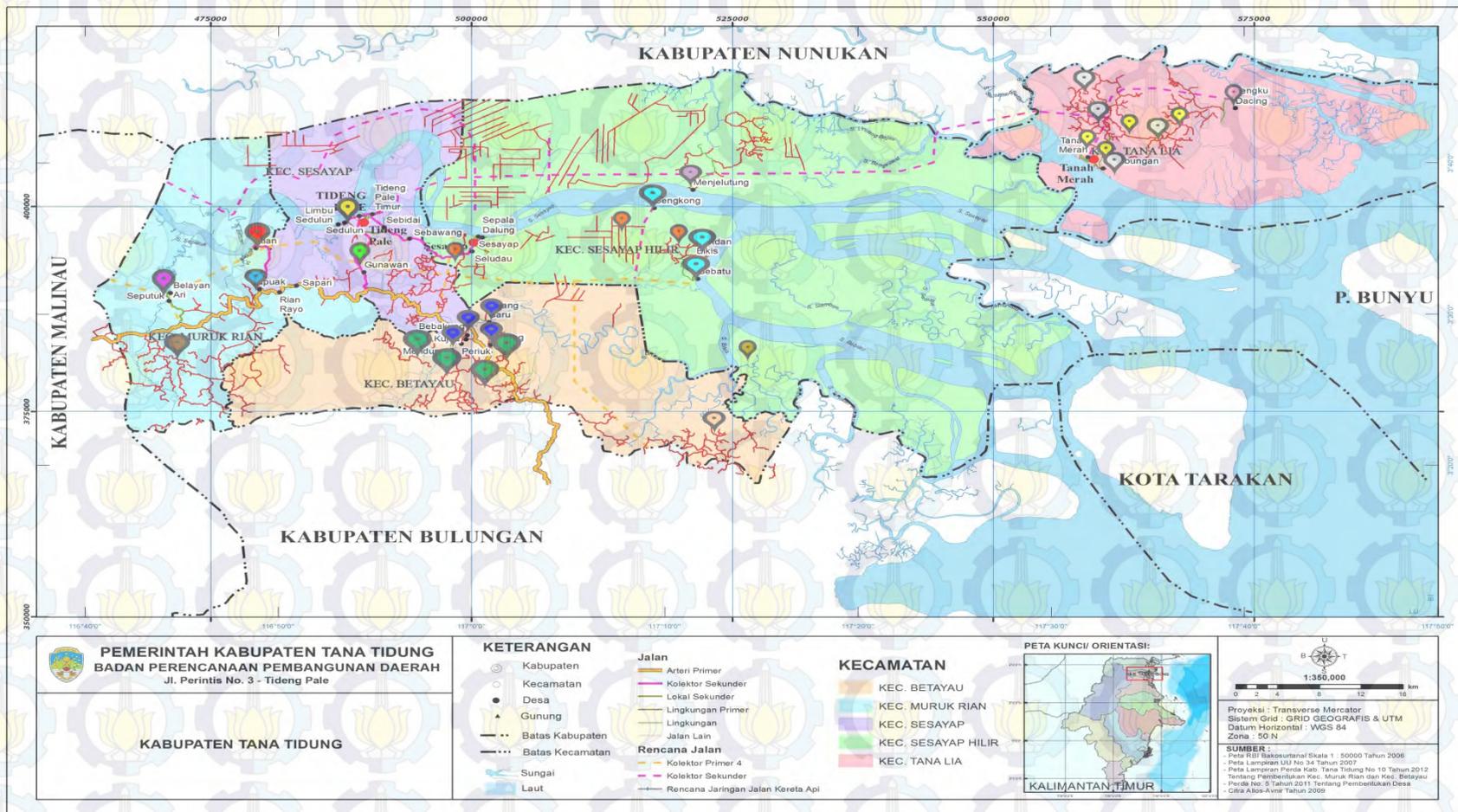
Berdasarkan Tabel 4.37 diatas, Kecamatan Muruk Rian dibangun pada awal pembangunan yaitu tahun 2015 sesuai dengan hasil prioritas pembangunan. Kebutuhan daya listrik sebesar 35,385 watt didapatkan dari proyeksi jumlah rumah tangga yang belum teraliri listrik di Kecamatan Muruk Rian pada tahun 2015 mendatang dikalikan dengan besarnya daya yang direncanakan dialirkan ke setiap rumah tangga. Untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut, Kecamatan Muruk Rian tidak memiliki potensi energi mikrohidro untuk dibangkitkan. Begitu halnya dengan Kecamatan lain di Kabupaten Tana Tidung yang tidak memiliki potensi energi mikrohidro, sehingga perencanaan pembangunan pembangkit hanya mengandalkan PLTS. Untuk memenuhi kebutuhan Kecamatan Muruk Rian sebesar 35,385 watt maka akan dibangkitkan PLTS terpusat sebesar 120 kWp sejumlah 11 okasi. Sehingga daya yang dihasilkan mampu digunakan untuk membangkitkan 432 rumah tangga di Kecamatan Muruk Rian. Selain itu dari perencanaan ini Kecamatan Muruk Rian membutuhkan 500 panel surya dan 800 m² agar mampu memenuhi total daya yang dibutuhkan di wilayah tersebut. Oleh karena Kabupaten Tana Tidung hanya memiliki 5 kecamatan, maka pembangunan PLTS kembali mengulang pembangunan sesuai prioritas pembangunan setiap lima tahun sekali. Pemetaan lokasi pembangunan PLTS selengkapnya di Kabupaten Tana Tidung dapat dilihat di Gambar 4.35-4.37 berikut.



Gambar 4.35 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2019



Gambar 4.36 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2020-2024



Gambar 4.37 Pemetaan lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Tana Tidung



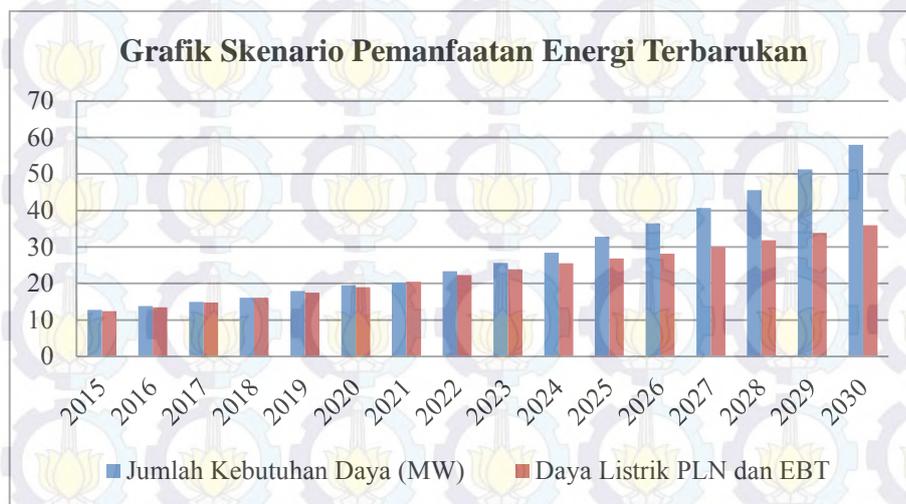
4.7 Rekomendasi Pemenuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan

Permintaan energi listrik yang semakin meningkat tidak datang dari konsumen rumah tangga saja, akan tetapi permintaan energi listrik sektor pelanggan lainnya juga menunjukkan peningkatan. Pengembangan pembangkit oleh PT. PLN di Kabupaten Bulungan direncanakan mengalami peningkatan dengan rata-rata sebesar 5.58% per tahun. Dengan demikian dapat dilihat kekurangan daya yang ada apabila hanya mengandalkan PT. PLN serta dengan mengandalkan daya yang dipenuhi dari energi terbarukan. Pada Gambar 4.38 berikut ini akan ditunjukkan grafik skenario “do nothing” yang menunjukkan hasil kekurangan daya terhadap kebutuhan seluruh sektor pelanggan sesuai dengan hasil proyeksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Bulungan.



Gambar 4.38 Grafik Pemenuhan Kebutuhan Listrik dengan Skenario Do Nothing

Dari grafik diatas terlihat bahwa dengan skenario “do nothing”, yaitu dengan tidak adanya pemanfaatan energi terbarukan di Kabupaten Bulungan maka masih terjadi kekurangan daya. Dengan adanya pemanfaatan energi terbarukan, yaitu energi surya dan energi mikrohidro maka kekurangan daya listrik dapat berkurang. Berikut ini ditunjukkan grafik dari skenario dengan pemanfaatan energi terbarukan.



Gambar 4.39 Grafik Skenario Pemanfaatan Energi Terbarukan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.39 diatas, dengan adanya pemanfaatan energi terbarukan maka kekurangan daya listrik di Kabupaten Bulungan dapat diperkecil. Berikut rekapitulasi kekurangan daya listrik di Kabupaten Bulungan dengan ada dan tidaknya pemanfaatan energi terbarukan.

Tabel 4.39 Kekurangan Daya Listrik di Kabupaten Bulungan

Tahun	Jumlah Kebutuhan Daya (MW)	Daya Listrik dari PLN (MW)	Kekurangan Daya Jika Mengandalkan PLN	Daya Listrik dari Energi Terbarukan	Kekurangan/Kelebihan Daya Setelah Adanya Energi Terbarukan (MW)
2015	12.73	12.23	0.50	0.17	-0.323
2016	13.78	12.91	0.87	0.52	-0.355
2017	14.95	13.63	1.31	1.12	-0.197
2018	16.08	14.39	1.69	1.72	0.027
2019	17.95	15.20	2.75	2.32	-0.437
2020	19.50	16.05	3.45	2.92	-0.534
2021	20.18	16.94	3.24	3.52	0.276
2022	23.32	17.89	5.43	4.42	-1.011
2023	25.60	18.89	6.72	5.02	-1.701
2024	28.45	19.94	8.51	5.62	-2.893
2025	32.77	21.05	11.71	5.83	-5.881
2026	36.50	22.23	14.27	5.89	-8.379
2027	40.70	23.47	17.23	6.49	-10.741
2028	45.58	24.78	20.80	7.09	-13.709
2029	51.25	26.16	25.09	7.69	-17.394
2030	58.01	27.62	30.38	8.29	-22.092

Berdasarkan Tabel 4.39 diatas diketahui bahwa Kabupaten Bulungan masih mengalami kekurangan daya hingga 2018, lalu surplus di tahun 2018 dan kembali mengalami defisit hingga tahun 2030. Selain itu rencana Pemerintah untuk membangun PLTA Kayan dengan kapasitas 6080 MW di Kecamatan Peso diperkirakan akan dapat dimanfaatkan setelah selesai mengalami konstruksi pada tahun 2045.

4.8 Rekomendasi Pemenuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung

Begitu juga halnya yang terjadi di Kabupaten Tana Tidung, permintaan energi listrik sektor pelanggan lainnya juga menunjukkan peningkatan. Pengembangan pembangkit oleh PT. PLN di Kabupaten Tana Tidung direncanakan mengalami peningkatan dengan rata-rata sebesar 15.97% per tahun. Pada Gambar 4.40 berikut ini akan ditunjukkan kekurangan maupun kelebihan daya untuk memenuhi kebutuhan seluruh sektor pelanggan sesuai dengan hasil proyeksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Tana Tidung jika diberlakukan skenario “do nothing”.



Gambar 4.40 Grafik Pemenuhan Kebutuhan Listrik dengan Skenario Do Nothing

Dari Gambar 4.40 diatas terlihat dengan skenario “do nothing”, yaitu dengan tidak adanya pemanfaatan energi terbarukan di Kabupaten Tana Tidung

sudah terjadi surplus daya. Namun dalam penelitian ini pemanfaatan energi terbarukan tetap dilakukan dengan mempertimbangkan masih adanya kapasitas kuota PLTS Terpusat yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah. Rekapitulasi kekurangan dan kelebihan daya setelah adanya energi terbarukan ditunjukkan pada Tabel 4.40 berikut.

Tabel 4.40 Kekurangan dan Kelebihan Daya Listrik di Kabupaten Tana Tidung

Tahun	Jumlah Kebutuhan Daya (MW)	Daya Listrik dari PLN (MW)	Daya Listrik dari Energi Terbarukan	Kekurangan/Kelebihan Daya Setelah Adanya Energi Terbarukan (MW)
2015	4.5195	2.35	0.12	-2.050
2016	4.5199	2.73	0.60	-1.195
2017	4.5204	3.16	0.96	-0.401
2018	4.5208	3.66	1.08	0.223
2019	4.5212	4.25	1.44	1.168
2020	4.5217	4.93	1.56	1.965
2021	4.5221	5.71	1.68	2.871
2022	4.5225	6.62	1.80	3.902
2023	5.5229	7.68	1.92	4.079
2024	5.5234	8.91	2.16	5.544
2025	5.5238	10.33	2.28	7.085
2026	6.5242	11.98	2.40	7.853
2027	6.5246	13.89	2.52	9.884
2028	6.5251	16.10	2.64	12.220
2029	6.5255	18.67	2.76	14.909
2030	7.5259	21.65	2.88	17.009

Berdasarkan Tabel 4.40 diatas diketahui bahwa dengan rencana penambahan kapasitas oleh PT.PLN, Kabupaten Tana Tidung masih mengalami kekurangan daya hingga 2017. Selanjutnya daya listrik mulai mengalami surplus di tahun 2020 hingga 2030.

4.9 Perhitungan Biaya Investasi dan Kelayakan Pembangkit Listrik

Pada sub bab sebelumnya diketahui bahwa telah dilakukan perhitungan jumlah pembangkit yang dibutuhkan untuk memenuhi suatu daerah dari hasil proyeksi. Berdasarkan hasil tersebut maka pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan biaya investasi dan kajian kelayakan terhadap pembangunan dengan

menggunakan metode *Benefit Cost Ratio* (BCR). *Planning Horizon* yang digunakan sebesar 20 tahun sesuai dengan umur ekonomis proyek pembangunan PLTMH maupun PLTS.

4.9.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan biaya investasi pembangunan PLTMH dan analisis kelayakan yang ditinjau dari nilai BCR.

4.9.1.1 Biaya Investasi dan Operasional PLTMH

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai perhitungan biaya investasi yang dibutuhkan untuk melakukan pembangunan PLTMH dan mengetahui kelayakan pembangunan dengan menggunakan metode BCR. Seperti yang disebutkan di Tabel 4.34 bahwa pembangunan PLTMH dilakukan di tahun 2015, 2016, 2022, 2025, dan 2026, oleh karena itu dalam perhitungan biaya investasi untuk pembangunan tahun 2015 keatas akan mempertimbangkan nilai inflasi di tahun tersebut. Berikut ini hasil proyeksi nilai inflasi berdasarkan data historis Bank Indonesia dengan menggunakan *software* Minitab.

Tabel 4.41 Proyeksi Nilai Inflasi

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025-dst
Nilai Inflasi	4.60%	4.38%	4.17%	3.96%	3.77%	3.59%	3.42%	3.25%	3.09%	3.09%

Sumber: Hasil Olahan Data

Tabel 4.42 berikut ini adalah perhitungan kebutuhan investasi pembangunan PLTMH Tahun 2015 di Kabupaten Bulungan.

Tabel 4.42 Biaya Investasi Pembangunan PLTMH Tahun 2015 (Peso)

No	Komponen	Unit	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah
Electrical & Mechanical Equipment					
1	Turbin	kW	180	Rp 3,500,000	Rp 630,000,000
2	Generator	HP	270	Rp 1,250,000	Rp 337,500,000
3	Switchgear / Control System	HP	270	Rp 1,500,000	Rp 405,000,000
4	Ballast Load	kW	225	Rp 1,000,000	Rp 225,000,000
5	Sinkronius	set	2	Rp 30,000,000	Rp 60,000,000
6	Instalasi Alat		1	Rp 15,000,000	Rp 15,000,000

No	Komponen	Unit	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah
7	Transportasi		1	Rp 25,000,000	Rp 25,000,000
Subtotal					Rp 1,697,500,000
Bangunan Sipil*					
8	Persiapan kerja dan mobilisasi				Rp 25,000,000
9	Bendung				Rp 83,165,953
10	Intake				Rp 8,634,051
11	Headrace				Rp 77,105,499
12	Head Tank				Rp 20,497,009
13	Spilway				Rp 3,739,687
14	Penstock				Rp 27,829,375
15	Powerhouse				Rp 45,000,000
16	Finishing				Rp 6,450,000
Subtotal					Rp 297,421,574
Transmisi dan Distribusi*					
17	Tiang Listrik	unit	216	Rp 1,300,000	Rp 280,800,000
18	Cable Twisted 4 x 70 m ²	m	10762	Rp 55,000	Rp 591,910,000
19	Aksesoris	set	216	Rp 450,000	Rp 97,200,000
20	Instalasi	set	216	Rp 350,000	Rp 75,600,000
21	Transportasi		1	Rp 20,000,000	Rp 20,000,000
22	Instalasi Sambungan Rumah	rumah	452	Rp 595,600	Rp 269,211,200
Subtotal					Rp 1,334,721,200
Lain-lain					
23	Pelatihan Masyarakat Lokal*	pertemuan	5	Rp 1,000,000	Rp 5,000,000
24	Tanah				Rp 2,500,000,000
25	Pembangunan Jalan Akses*				Rp 100,000,000
26	Biaya Perijinan				Rp88,944,642
27	Pre FS & FS				Rp59,296,428
28	Engineering Design				Rp148,241,070
29	Komisioning				Rp20,000,000
Subtotal					Rp 2,921,482,140
Jumlah Total					Rp 6,251,124,914

*)Berdasarkan Pembangunan PLTMH Sungai Tanutu, Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan

Rekapitulasi kebutuhan biaya investasi yang dibutuhkan untuk seluruh pembangunan PLTMH di Kabupaten Bulungan dapat dilihat pada Tabel 4.43 berikut ini. Sedangkan untuk rincian biaya investasi atau pembangunan PLTMH di masing-masing tahun dapat dilihat di Lampiran D.

Tabel 4.43 Biaya Pembangunan PLTMH di Kabupaten Bulungan

Tahun	Lokasi Pembangunan	Kapasitas Pembangkit (kW)	Biaya Pembangunan (Rp)
2015	Peso	173	Rp 6,251,124,914

2016	Peso Hilir	343	Rp	9,517,322,534
2022	Sekatak	301	Rp	11,341,551,813
2025	Peso	215	Rp	9,278,823,407
2026	Peso Hilir	60	Rp	3,227,559,526

Selain perhitungan biaya investasi, dilakukan pula perhitungan biaya operasional. Berikut ini contoh perhitungan total biaya pembangunan PLTMH di Tahun 2015 mulai dari biaya investasi hingga biaya operasional dan perawatan per tahun.

Tabel 4.44 Perhitungan Total Biaya Pembangunan PLTMH Tahun 2015

Tahun	Biaya (Rp)	Keterangan
2015	3,125,562,457	Biaya investasi
2016	3,125,562,457	Biaya investasi
2017	221,630,402	Biaya operasional dan perawatan
2018	221,950,402	Biaya operasional dan perawatan
2019	222,276,802	Biaya operasional dan perawatan
2020	222,609,730	Biaya operasional dan perawatan
2021	222,949,317	Biaya operasional dan perawatan
2022	223,295,695	Biaya operasional dan perawatan
2023	223,649,001	Biaya operasional dan perawatan
2024	224,009,373	Biaya operasional dan perawatan
2025	224,376,952	Biaya operasional dan perawatan
2026	224,751,883	Biaya operasional dan perawatan
2027	225,134,313	Biaya operasional dan perawatan
2028	225,524,391	Biaya operasional dan perawatan
2029	225,922,271	Biaya operasional dan perawatan
2030	226,328,108	Biaya operasional dan perawatan
2031	226,742,063	Biaya operasional dan perawatan
2032	227,164,296	Biaya operasional dan perawatan
2033	227,594,974	Biaya operasional dan perawatan
2034	228,034,265	Biaya operasional dan perawatan
2035	228,482,342	Biaya operasional dan perawatan
2036	228,939,381	Biaya operasional dan perawatan

Berdasarkan Tabel 4.43 diatas menunjukkan bahwa biaya operasional dan perawatan yang dibutuhkan meingkat setiap tahunnya. Biaya operasional dan perawatan diatas terdiri dari gaji pegawai, biaya pemeliharaan, biaya administrasi, biaya pajak dan air, serta pajak bangunan yang dikeluarkan. Adapun contoh rincian biaya operasional dan perawatan PLTMH selengkapnya dapat dilihat di Lampiran E.

4.9.1.2 Analisis Benefit dan Disbenefit Pembangunan PLTMH

Pada saat pembangunan maupun operasional PLTMH diketahui bahwa PLTMH mempunyai dampak positif/manfaat dan dampak negatif. Dampak positif atau *benefit* dari pembangunan PLTMH ini akan didapatkan ketika PLTMH sudah memasuki fase operasional. Sedangkan manfaat negatif atau *disbenefit* didapatkan mulai dari fase pembangunan hingga fase operasional. Berdasarkan tinjauan pustaka dan hasil wawancara dengan pihak Dinas Energi dan Pertambangan didapatkan manfaat dari pembangunan PLTMH atau tersedianya energi listrik bagi masyarakat diantaranya:

1. Penghematan Bahan Bakar Solar

Saat ini kebutuhan energi listrik di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung disuplai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Bahan baku yang digunakan PLTD untuk membangkitkan listrik adalah solar, dimana harga solar menunjukkan harga yang meningkat setiap tahunnya dan ketersediaan di alam yang semakin menipis. Penggunaan PLTD membutuhkan 0.3 liter per kWh, sehingga dengan mengganti PLTD menjadi PLTS maka dapat meminimumkan penggunaan energi fosil tersebut. Perhitungan ekivalensi penghematan bahan bakar solar ke dalam rupiah ditunjukkan sebagai berikut.

Potensi daya PLTMH Peso	172.8 kW
Waktu Operasional	24 jam / 260 hari
Daya yang dibangkitkan PLTMH Peso perhari	4,147.2 kWh
Kebutuhan solar PLTD per kWh	0.3 liter
Kebutuhan solar perhari	1,244.16 liter
Harga solar	7,250
Penghematan biaya bahan bakar solar per hari	Rp 9,020,160
Penghematan biaya bahan bakar solar per tahun	Rp 2,345,241,600

Sumber : (Prakoso, 2014) dan Hasil Olahan Data

2. Terbukanya kesempatan kerja

Pengelolaan PLTMH membutuhkan partisipasi aktif dari masyarakat yang dilibatkan menjadi bagian operasional PLTMH. Sehingga membuka

kesempatan kerja bagi masyarakat sekitar lokasi pembangunan PLTMH. Ekuivalensi manfaat ini ke rupiah dihitung dengan mengalikan pendapatan yang diterima perbulan dengan jumlah warga masyarakat yang dilibatkan dalam bagian operasioanl PLTMH.

Upah minimum kabupaten per bulan	Rp 2,200,000
Jumlah kebutuhan pegawai operasioal PLTMH	5
Pendapatan operasional PLTMH per tahun	Rp 132,000,000

Sumber : (Koran Kaltim, 2014) dan Hasil Olahan Data

3. Mengurangi emisi bahan bakar fosil

Dampak pembangkit listrik berbahan baku energi fosil yang tak dapat terhindarkan adalah adanya emisi yang dihasilkan dari pembakaran.

Dengan menggunakan energi terbarukan yang tidak menghasilkan emisi dalam operasionalnya, maka dapat dilakukan penghematan terhadap biaya yang dikeluarkan dari dampak emisi tersebut. Berikut ini dampak polutan yang yang ditimbulkan dan biaya yang dikeluarkan untuk operasi dan perawatan per kWh, sehingga dapat diketahui penghematan dari pemanfaatan energi terbarukan.

Polutan	Dampak Fisik	Biaya per kWh
PM10	Kematian	5.208
	Keadaan tidak sehat	2.232
SO2	Kematian	0.738
	Keadaan tidak sehat	0.015
Nox	Kematian	0.329
	Keadaan tidak sehat	0.007
Sulfat	Kematian	19.560
	Keadaan tidak sehat	20.040
Nitrat	Kematian	20.520
	Keadaan tidak sehat	8.820
Daya yang dibangkitkan		4147.2 kWh
Waktu Operasional		24 jam
Waktu Operasional		260 hari
Waktu Operasional per tahun		6,240 jam
Penghematan Biaya Operasi dan Perawatan		Rp 2,004,771,264

Sumber : (Wilde & Batan adn BPPT, 2003) dan Hasil Olahan Data

Adapun *disbenefit* (dampak negatif) dari pembangunan PLTMH sebagai berikut:

1. Penurunan kualitas sungai

Salah satu dampak negatif dari pembangunan PLTMH dapat dilihat dari sisi lingkungan, yaitu penurunan kualitas sungai akibat pembangunan bendungan dan saluran pembuang. Ekuivalensi *disbenefit* ini ke rupiah didapatkan dari biaya yang dikeluarkan untuk membersihkan sungai dan mencegah pendangkalan sungai.

Biaya pemeliharaan sungai per bulan	Rp 5,000,000
Biaya pemeliharaan sungai per tahun	Rp 60,000,000

2. Penurunan jumlah flora dan fauna

Dampak negatif kedua dari pembangunan PLTMH adalah penurunan jumlah flora dan fauna. Pada saat pembangunan maupun operasional PLTMH dibutuhkan pembersihan lahan dengan menebang beberapa pohon, sehingga pohon sebagai penghasil oksigen akan berkurang dan hasil penangkapan ikan juga berkurang. Biaya yang terkait pada dampak negatif ini digunakan harga bayangan (*shadow price*) yang diasumsikan mengikuti harga pasarnya. Justifikasi yang mendasarinya adalah biaya ini termasuk kedalam *non tradable goods* atau barang yang tidak diperdagangkan apabila harga impor lebih besar dari harga domestik, sehingga harga yang digunakan adalah harga domestik. Ekuivalensi *disbenefit* ini ke rupiah didapatkan dari selisih rupiah yang dihasilkan dari lahan yang seharusnya mampu dimanfaatkan.

Harga bayangan oksigen per liter	Rp 30,000
Produksi oksigen per pohon	8.5 liter per hari
Produksi oksigen per tahun	2040 liter
Hilangnya oksigen per pohon	Rp 61,200,000
Berkurangnya hasil penangkapan ikan di sungai	10 kg
Berkurangnya hasil penangkapan ikan di sungai	Rp 100,000
Penurunan jumlah flora dan fauna per tahun	Rp 62,400,000

Berikut ini akan ditunjukkan contoh ekivalensi nilai *benefit* maupun *disbenefit* untuk pembangunan PLTMH di Kabupaten Bulungan tahun 2015.

Tabel 4.45 Hasil Akhir Ekivalensi *Benefit* dan *Disbenefit* Pembangunan PLTMH Tahun 2015

Tahun	PLTMH tahun 2015				
	<i>Benefit</i>			<i>Disbenefit</i>	
	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil	Penurunan kualitas sungai	Penurunan jumlah flora dan fauna
2015				60,000,000	62,400,000
2016				61,200,000	63,648,000
2017	2,345,241,600	132,000,000	2,004,771,264	62,424,000	64,920,960
2018	2,462,503,680	139,920,000	2,105,009,827	63,672,480	66,219,379
2019	2,585,628,864	148,315,200	2,210,260,318	64,945,930	67,543,767
2020	2,714,910,307	157,214,112	2,320,773,334	66,244,848	68,894,642
2021	2,850,655,823	166,646,959	2,436,812,001	67,569,745	70,272,535
2022	2,993,188,614	176,645,776	2,558,652,601	68,921,140	71,677,986
2023	3,142,848,044	187,244,523	2,686,585,231	70,299,563	73,111,545
2024	3,299,990,447	198,479,194	2,820,914,493	71,705,554	74,573,776
2025	3,464,989,969	210,387,946	2,961,960,217	73,139,665	76,065,252
2026	3,638,239,467	223,011,223	3,110,058,228	74,602,459	77,586,557
2027	3,820,151,441	236,391,896	3,265,561,140	76,094,508	79,138,288
2028	4,011,159,013	250,575,410	3,428,839,197	77,616,398	80,721,054
2029	4,211,716,963	265,609,934	3,600,281,157	79,168,726	82,335,475
2030	4,422,302,812	281,546,530	3,780,295,214	80,752,100	83,982,184
2031	4,643,417,952	298,439,322	3,969,309,975	82,367,142	85,661,828
2032	4,875,588,850	316,345,681	4,167,775,474	84,014,485	87,375,065
2033	5,119,368,292	335,326,422	4,376,164,248	85,694,775	89,122,566
2034	5,375,336,707	355,446,008	4,594,972,460	87,408,670	90,905,017
2035	5,644,103,542	376,772,768	4,824,721,083	89,156,844	92,723,118
2036	5,926,308,719	399,379,134	5,065,957,137	90,939,981	94,577,580

Tabel 4.45 diatas adalah ekivalensi nilai rupiah *benefit* dan *disbenefit* untuk setiap tahunnya. Nilai diatas meningkat sesuai prosentase peningkatan yang diasumsikan untuk setiap *benefit/disbenefit*. *Benefit* penghematan bahan bakar solar naik sebesar 5% setiap tahunnya mengikuti *trend* kenaikan harga minyak dunia. *Benefit* kesempatan kerja naik sebesar 6% mengikuti perkembangan naiknya UMK (Upah Minimum Kabupaten) setempat, sedangkan nilai *benefit* pengurangan emisi bahan bakar fosil dan masing-masing nilai *disbenefit* naik sebesar 5% mengikuti rata-rata inflasi yang ada.

4.9.1.3 Perhitungan Cash Flow

Perhitungan cash flow didapatkan dengan mengurangi total manfaat dengan total biaya. Total manfaat adalah hasil semua ekivalensi manfaat pembangunan PLTMH dijumlahkan dengan pendapatan kemudian dikurangkan dengan manfaat negatif (*disbenefit*). Berdasarkan Permen ESDM Nomor 31 Tahun 2009 ditetapkan bahwa harga pembelian tenaga listrik oleh PT. PLN untuk PLTMH sebesar Rp 1,305 per kWh, sehingga pada penelitian ini pendapatan didapatkan dari pembelian PT. PLN terhadap total daya yang mampu dibangkitkan. Total biaya adalah semua biaya investasi yang dibebankan pada dua tahun pertama, biaya operasional, perawatan pada tahun-tahun selanjutnya. Adapun Tabel 4.46 berikut ini merupakan contoh hasil perhitungan *cash flow* untuk pembangunan PLTMH tahun 2015.

Tabel 4.46 Perhitungan *Cash Flow*

Tahun	Net Cash Flow
2015	(3,247,962,457)
2016	(3,250,410,457)
2017	4,952,770,755
2018	5,175,084,499
2019	5,408,686,337
2020	5,654,147,290
2021	5,912,067,252
2022	6,183,076,454
2023	6,467,836,993
2024	6,767,044,455
2025	7,081,429,603
2026	7,411,760,162
2027	7,758,842,688
2028	8,123,524,538
2029	8,506,695,934
2030	8,909,292,137
2031	9,332,295,724
2032	9,776,738,993
2033	10,243,706,472
2034	10,734,337,578
2035	11,249,829,388
2036	11,791,439,568

Berdasarkan Tabel 4.46 diatas didapatkan *Net Cash Flow* (NCF) yang selama 20 tahun operasional sesuai umur proyek PLTMH. Adapun contoh nilai NCF untuk PLTMH selengkapnya dapat dilihat di Lampiran F.

4.9.1.4 Perhitungan Benefit Cost Ratio

Perhitungan BCR dilakukan dengan membandingkan NPV *benefit* dengan NPV *cost*. Nilai NPV *benefit* didapatkan dengan menjumlahkan semua *benefit* pada setiap tahun dan dihitung dengan menggunakan perhitungan NPV yang ada di *Microsoft Excel*. NPV *cost* didapatkan dengan menjumlahkan semua total biaya setiap tahunnya kemudian dihitung dengan fungsi NPV yang ada di *Microsoft Excel*. Masing-masing hasil dari NPV *benefit* dan NPV *cost* kemudian dibandingkan menjadi BCR. Jika nilai BCR lebih besar dari 1 maka dapat disimpulkan pembangunan layak dilakukan, namun jika kurang dari 1 maka pembangunan tidak layak untuk direalisasikan. Suku bunga yang digunakan sebesar 10.5% yang didapatkan dari Bank Indonesia pada Bulan Desember 2014. Adapun hasil perhitungan BCR untuk pembangunan PLTMH di tahun 2015 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.47 Perhitungan BCR

Tahun	Total Cost (Rp)	Total Benefit (Rp)
2015	3,125,562,457	(122,400,000)
2016	3,125,562,457	(124,848,000)
2017	221,630,402	5,174,401,157
2018	221,950,402	5,397,034,901
2019	222,276,802	5,630,963,139
2020	222,609,730	5,876,757,020
2021	222,949,317	6,135,016,569
2022	223,295,695	6,406,372,149
2023	223,649,001	6,691,485,994
2024	224,009,373	6,991,053,828
2025	224,376,952	7,305,806,556
2026	224,751,883	7,636,512,045
2027	225,134,313	7,983,977,001
2028	225,524,391	8,349,048,929
2029	225,922,271	8,732,618,205
2030	226,328,108	9,135,620,245
2031	226,742,063	9,559,037,787
2032	227,164,296	10,003,903,288
2033	227,594,974	10,471,301,446
2034	228,034,265	10,962,371,843
2035	228,482,342	11,478,311,730

Tahun	Total Cost (Rp)	Total Benefit (Rp)
2036	228,939,381	12,020,378,949
Suku Bunga Bank	10.50%	
NPV Cost	Rp 6,897,563,747.11	
NPV Benefit	Rp 47,121,150,775.24	
BCR	6.83	
Kesimpulan	Layak	

Berdasarkan Tabel 4.47 diatas nilai BCR yang didapatkan lebih besar dari satu, maka pembangunan PLTMH di Kecamatan Peso tahun 2015 layak dilaksanakan.

4.9.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan biaya investasi pembangunan PLTS dan analisis kelayakan yang ditinjau dari nilai BCR.

4.9.2.1 Biaya Investasi dan Operasional PLTS

Pembangunan PLTS dalam penelitian ini dilakukan dengan kapasitas pembangkit yang berbeda untuk setiap Kabupaten. Kabupaten Bulungan akan dibangun PLTS dengan kapasitas 300 kWp per lokasi, sedangkan Kabupaten Tana Tidung akan dibangun PLTS dengan kapasitas 120 kWp per lokasi. Sama halnya dengan pembangunan PLTMH diatas, perhitungan biaya investasi untuk pembangunan PLTS tahun 2015 keatas akan mempertimbangkan nilai inflasi di Tabel 4.41. Berikut perhitungan kebutuhan investasi pembangunan PLTS 300 kWp Tahun 2015 di Kabupaten Bulungan.

Tabel 4.48 Biaya Pembangunan PLTS Tahun 2015 di Kabupaten Bulungan

No.	Komponen	Jumlah	Harga (Rp.)	Total Harga (Rp.)
Solar Farm				
1	Panel Surya 240 Wp	1,250	5,000,000	6,250,000,000
2	Rak panel surya	1	6,338,545	6,338,545
Power House				
3	Baterai lead acid 12 V / 1000 Ah	160	1,648,680	263,788,800
4	Inverter 12000 Amp	25	32,988,000	824,700,000
5	Charge controller 15 A 12 V	160	1,190,000	190,400,000
6	LED	1	2,082,660	2,082,660
7	Bangunan seluas 40 m ²	1	40,000,000	40,000,000
8	Lampu penerangan 24 Watt	3	42,500	127,500
9	Stop kontak	1	62,500	62,500

No.	Komponen	Jumlah	Harga (Rp.)	Total Harga (Rp.)
10	Penangkal petir	1	9,300,000	9,300,000
11	Pagar BRC	1	216,000	216,000
Jaringan Distribusi				
12	Jaringan distribusi tegangan menengah (JTM)	1	317,687,800	317,687,800
13	Jaringan distribusi tegangan rendah (JTR)	1	323,884,755	323,884,755
14	Transformator distribusi 100 KVA dan perlengkapannya	1	156,596,000	156,596,000
15	Energi limiter	261	1,950,000	508,950,000
16	Instalasi	1	250,000,000	250,000,000
17	Lahan PLTS	2,000	1,000,000	2,000,000,000
Total				11,144,134,560

Dengan memperhatikan nilai inflasi di tahun-tahun mendatang maka kebutuhan biaya investasi yang dibutuhkan untuk seluruh pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan dapat dilihat pada Tabel 4.49 berikut ini.

Tabel 4.49 Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (Rp)	Kebutuhan Investasi (Rp)
2017	Tg. Palas Barat	2	12,783,035,844	25,566,071,689
2018	Tg. Palas Tengah	2	13,315,436,254	26,630,872,509
2019	Bunyu	2	13,843,111,760	27,686,223,520
2020	Tg. Palas Utara	2	14,365,088,763	28,730,177,525
2021	Tanjung Selor	2	14,880,472,358	29,760,944,716
2022	Sekatak	2	15,388,449,034	30,776,898,068
2023	Tg. Palas Timur	2	15,888,284,603	31,776,569,206
2024	Tg. Palas	2	16,379,319,629	32,758,639,258
2026	Peso Hilir	1	17,407,406,192	17,407,406,192
2027	Tg. Palas Barat	2	17,945,411,090	35,890,822,181
2028	Tg. Palas Tengah	2	18,500,050,616	37,000,101,232
2029	Bunyu	2	19,071,839,099	38,143,678,198
2030	Tg. Palas Utara	2	19,661,306,762	39,322,613,524

Sedangkan perhitungan kebutuhan biaya pembangunan PLTS 120 kW p di Kabupaten Tana Tidung tahun 2015 ditunjukkan pada Tabel 4.50 berikut.

Tabel 4.50 Biaya Pembangunan PLTS Tahun 2015 di Kabupaten Tana Tidung

No.	Komponen	Jumlah	Harga (Rp.)	Total Harga (Rp.)
Solar Farm				
1	Panel Surya 240 Wp	500	5,110,000	2,555,000,000
2	Rak panel surya	1	2,535,420	2,535,420
Power House				
3	Baterai lead acid 12 V / 1000 Ah	67	1,648,680	110,461,560

No.	Komponen	Jumlah	Harga (Rp.)	Total Harga (Rp.)
4	Inverter 12000 Amp	1	32,988,000	32,988,000
5	Charge controller 15 A 12 V	67	1,190,000	79,730,000
6	LED	1	2,082,660	2,082,660
7	Bangunan seluas 40 m ²	1	40,000,000	40,000,000
8	Lampu penerangan 24 Watt	3	42,500	127,500
9	Stop kontak	1	62,500	62,500
10	Penangkal petir	1	9,300,000	9,300,000
11	Pagar BRC	1	216,000	216,000
Jaringan Distribusi				
12	Jaringan distribusi tegangan menengah (JTM)	1	317,687,800	317,687,800
13	Jaringan distribusi tegangan rendah (JTR)	1	323,884,755	323,884,755
14	Transformator distribusi 100 KVA dan perlengkapannya	1	156,596,000	156,596,000
15	Energi limiter	108	1,950,000	210,600,000
16	Instalasi	1	250,000,000	250,000,000
17	Lahan PLTS	800	1,000,000	800,000,000
Total				4,891,272,195

Dengan memperhatikan nilai inflasi di tahun-tahun mendatang maka kebutuhan biaya investasi yang dibutuhkan untuk seluruh pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung dapat dilihat pada Tabel 4.51 berikut ini.

Tabel 4.51 Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (Rp)	Kebutuhan Investasi (Rp)
2015	Muruk Rian	1	5,142,835,805	5,142,835,805
2016	Betayau	4	5,379,241,924	21,516,967,694
2017	Sesayap hilir	3	5,614,530,003	16,843,590,010
2018	Sesayap	1	5,848,205,874	5,848,205,874
2019	Tana Lia	3	6,079,807,935	18,239,423,805
2020	Muruk Rian	1	6,308,908,862	6,308,908,862
2021	Betayau	1	6,535,115,883	6,535,115,883
2022	Sesayap hilir	1	6,758,071,930	6,758,071,930
2023	Sesayap	1	6,977,454,763	6,977,454,763
2024	Tana Lia	2	7,192,974,949	14,385,949,898
2025	Muruk Rian	1	7,415,158,828	7,415,158,828
2026	Betayau	1	7,644,212,431	7,644,212,431
2027	Sesayap hilir	1	7,880,348,167	7,880,348,167
2028	Sesayap	1	8,123,785,006	8,123,785,006
2029	Tana Lia	1	8,374,748,692	8,374,748,692
2030	Muruk Rian	1	8,633,471,950	8,633,471,950

Selain perhitungan biaya investasi, dilakukan pula perhitungan biaya operasional. Berikut ini contoh perhitungan total biaya pembangunan PLTS tahun

2017 di Kabupaten Bulungan dan tahun 2015 di Kabupaten Tana Tidung mulai dari biaya investasi hingga biaya operasional dan perawatan per tahun.

Tabel 4.52 Perhitungan Total Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan

Tahun	Biaya (Rp)	Keterangan
2017	6,391,517,922	Biaya Investasi
2018	6,391,517,922	Biaya Investasi
2019	538,960,660	Biaya Operasional dan Perawatan
2020	539,220,660	Biaya Operasional dan Perawatan
2021	539,485,860	Biaya Operasional dan Perawatan
2022	539,756,364	Biaya Operasional dan Perawatan
2023	540,032,278	Biaya Operasional dan Perawatan
2024	540,313,710	Biaya Operasional dan Perawatan
2025	540,600,771	Biaya Operasional dan Perawatan
2026	540,893,573	Biaya Operasional dan Perawatan
2027	541,192,232	Biaya Operasional dan Perawatan
2028	541,496,863	Biaya Operasional dan Perawatan
2029	541,807,587	Biaya Operasional dan Perawatan
2030	542,124,526	Biaya Operasional dan Perawatan
2031	542,447,803	Biaya Operasional dan Perawatan
2032	542,777,546	Biaya Operasional dan Perawatan
2033	543,113,884	Biaya Operasional dan Perawatan
2034	543,456,948	Biaya Operasional dan Perawatan
2035	543,806,874	Biaya Operasional dan Perawatan
2036	544,163,798	Biaya Operasional dan Perawatan
2037	544,527,861	Biaya Operasional dan Perawatan
2038	544,899,205	Biaya Operasional dan Perawatan

Tabel 4.53 Perhitungan Total Biaya Pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung

Tahun	Biaya (Rp)	Keterangan
2015	2,571,417,903	Biaya Investasi
2016	2,571,417,903	Biaya Investasi
2017	224,663,610	Biaya Operasional dan Perawatan
2018	224,923,610	Biaya Operasional dan Perawatan
2019	225,188,810	Biaya Operasional dan Perawatan
2020	225,459,314	Biaya Operasional dan Perawatan
2021	225,735,228	Biaya Operasional dan Perawatan
2022	226,016,660	Biaya Operasional dan Perawatan
2023	226,303,721	Biaya Operasional dan Perawatan
2024	226,596,523	Biaya Operasional dan Perawatan
2025	226,895,182	Biaya Operasional dan Perawatan
2026	227,199,813	Biaya Operasional dan Perawatan
2027	227,510,537	Biaya Operasional dan Perawatan
2028	227,827,476	Biaya Operasional dan Perawatan
2029	228,150,753	Biaya Operasional dan Perawatan
2030	228,480,496	Biaya Operasional dan Perawatan
2031	228,816,834	Biaya Operasional dan Perawatan
2032	229,159,898	Biaya Operasional dan Perawatan
2033	229,509,824	Biaya Operasional dan Perawatan
2034	229,866,748	Biaya Operasional dan Perawatan

Tahun	Biaya (Rp)	Keterangan
2035	230,230,811	Biaya Operasional dan Perawatan
2036	230,602,155	Biaya Operasional dan Perawatan

Berdasarkan Tabel 4.52 dan Tabel 4.53 diatas menunjukkan bahwa biaya operasional dan perawatan PLTS yang dibutuhkan meningkat setiap tahunnya. Biaya operasional dan perawatan diatas terdiri dari gaji pegawai, biaya pemeliharaan, biaya administrasi, biaya pajak dan air, serta pajak bangunan yang dikeluarkan. Adapun contoh rincian biaya operasional dan perawatan selengkapnya dapat dilihat di Lampiran G untuk Kabupaten Bulungan dan Lampiran I untuk Kabupaten Tana Tidung.

4.9.2.2 Analisis Benefit dan Disbenefit Pembangunan PLTS

Pada saat pembangunan maupun operasional PLTS diketahui bahwa PLTS mempunyai dampak positif/manfaat dan dampak negatif. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak Dinas Energi dan Pertambangan didapatkan manfaat dari pembangunan PLTS atau tersedianya energi listrik bagi masyarakat diantaranya:

1. Penghematan Bahan Bakar Solar

Seperti hanya dengan *benefit* yang didapatkan dari pembangunan PLTMH sebelumnya, pembangunan PLTS juga memberikan *benefit* berupa penghematan bahan bakar solar. Jika di Kabupaten Bulungan akan dibangkitkan sebesar 300 kWp dan Kabupaten Tana tidung sebesar 120 kWp, maka perhitungan ekivalensi penghematan bahan bakar solar ke dalam rupiah di Kabupaten Bulungan ditunjukkan sebagai berikut.

Potensi daya PLTS	300 kW
Waktu Operasional	8 jam / 208 hari
Daya yang dibangkitkan PLTS	1200 kWh
Kebutuhan solar PLTD per kWh	0.3 liter
Kebutuhan solar perhari	360 liter
Harga solar	7,250
Penghematan biaya bahan bakar solar per hari	Rp 2,610,000

Penghematan biaya bahan bakar solar (tahun 2015)	Rp 542,880,000
Penghematan biaya bahan bakar solar (tahun 2017)	Rp 592,740,111

Sumber : (Prakoso, 2014) dan Hasil Olahan Data

Dikarenakan awal pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan dilaksanakan pada tahun 2017, maka nilai *benefit* penghematan bahan bakar solar mengikuti *trend* harga minyak dunia. Dengan nilai *benefit* di tahun 2017 sebesar Rp 592,740,111. Sedangkan ekivalensi penghematan bahan bakar solar ke dalam rupiah di Kabupaten Tana Tidung ditunjukkan sebagai berikut.

Potensi daya PLTS	120 kW
Waktu Operasional	8 jam / 208 hari
Daya yang dibangkitkan PLTS	500 kWh
Kebutuhan solar PLTD per kWh	0.3 liter
Kebutuhan solar perhari	150 liter
Harga solar	7,250
Penghematan biaya bahan bakar solar per hari	Rp 1,870,500
Penghematan biaya bahan bakar solar per tahun	Rp 226,200,000

Sumber : (Prakoso, 2014) dan Hasil Olahan Data

2. Terbukanya kesempatan kerja

Dalam pengelolaan PLTS akan melibatkan masyarakat sekitar menjadi bagian operasional PLTS, sehingga membuka kesempatan kerja bagi masyarakat sekitar lokasi pembangunan PLTS. Ekivalensi manfaat ini ke rupiah dihitung dengan mengalikan pendapatan yang diterima perbulan dengan jumlah warga masyarakat yang dilibatkan dalam bagian operasional PLTS baik di Kabupaten Tana Tidung.

Upah minimum kabupaten per bulan	Rp 2,200,000
Jumlah kebutuhan pegawai operasioal PLTS	4
Pendapatan operasional PLTS per tahun	Rp 105,600,000

Sumber : (Koran Kaltim, 2014) dan Hasil Olahan Data

Sedangkan Kabupaten Bulungan yang membangun PLTS terpusat pada tahun 2017 maka nilai *benefit* dari terbukanya kesempatan kerja mengikuti perkembangan naiknya UMK menjadi sebesar Rp 115,298,695 di tahun 2017.

3. Mengurangi emisi bahan bakar fosil

Dampak pembangkit listrik berbahan baku energi fosil yang tak dapat dihindarkan adalah adanya emisi yang dihasilkan dari pembakaran. Dengan menggunakan energi terbarukan yang tidak menghasilkan emisi dalam operasionalnya, maka dapat dilakukan penghematan terhadap biaya yang dikeluarkan dari dampak emisi tersebut. Berikut ini dampak polutan yang ditimbulkan dan biaya yang dikeluarkan untuk operasi dan perawatan per kWh, sehingga dapat diketahui penghematan dari pemanfaatan energi terbarukan.

Polutan	Dampak Fisik	Biaya per kWh
PM10	Kematian	5.208
	Keadaan tidak sehat	2.232
SO2	Kematian	0.738
	Keadaan tidak sehat	0.015
Nox	Kematian	0.329
	Keadaan tidak sehat	0.007
Sulfat	Kematian	19.560
	Keadaan tidak sehat	20.040
Nitrat	Kematian	20.520
	Keadaan tidak sehat	8.820
Daya yang dibangkitkan		1200 kWh
Waktu Operasional		8 jam
Waktu Operasional		209 hari
Waktu Operasional per tahun		1762 jam
Penghematan Biaya Operasi dan Perawatan		Rp 155,432,839

Sumber : (Wilde & Batan dan BPPT, 2003) dan Hasil Olahan Data

Namun dikarenakan awal pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan dilaksanakan tahun 2017 maka penghematan biaya operasi dan perawatan mengikuti nilai inflasi dengan nilai *benefit* menjadi Rp 169,708,367. Sedangkan Kabupaten Tana Tidung memiliki penghematan dari pemanfaatan energi terbarukan sebagai berikut.

Daya yang dibangkitkan	500 kWh
Waktu Operasional	8 jam
Waktu Operasional	209 hari
Waktu Operasional per tahun	1762 jam
Penghematan Biaya Operasi dan Perawatan	Rp 64,763,683

Adapun *disbenefit* (dampak negatif) dari pembangunan PLTS adalah sebagai berikut:

a. Penurunan jumlah flora dan fauna

Dampak negatif dari pembangunan PLTS adalah penurunan jumlah flora dan fauna akibat pembersihan lahan untuk ladang PLTS. Lahan yang akan digunakan untuk pembangunan PLTS dapat menjadi *disbenefit* bagi masyarakat sekitar lokasi pembangunan dikarenakan berkurangnya pohon penghasil oksigen. Biaya yang terkait pada dampak negatif ini digunakan harga bayangan (*shadow price*) yang diasumsikan mengikuti harga pasarnya. Justifikasi yang mendasarinya adalah biaya ini termasuk kedalam *non tradable goods* atau barang yang tidak diperdagangkan apabila harga impor lebih besar dari harga domestik, sehingga harga yang digunakan adalah harga domestik. Ekuivalensi *disbenefit* PLTS di Kabupaten Tana Tidung ditunjukkan sebagai berikut.

Harga bayangan oksigen per liter	Rp 30,000
Produksi oksigen per pohon	8.5 liter per hari
Produksi oksigen per tahun	2040 liter
Penurunan jumlah flora dan fauna (setara dengan hilangnya oksigen per pohon)	Rp 61,200,000

Sedangkan nilai *disbenefit* di Kabupaten Bulungan menjadi sebesar Rp 66,820,835 di tahun 2017 mengikuti naiknya harga oksigen yang diasumsikan naik mengikuti kenaikan inflasi.

b. Pengurangan lahan produktif

Dampak negatif kedua dari pembangunan PLTMH adalah pengurangan lahan. Lahan yang akan digunakan untuk pembangunan PLMTH dapat

menjadi *disbenefit* bagi masyarakat sekitar lokasi pembangunan dikarenakan berkurangnya lahan produktif. Ekivalensi *disbenefit* di Kabupaten Bulungan ke rupiah didapatkan dari selisih rupiah yang dihasilkan dari lahan yang seharusnya mampu dimanfaatkan

Pengurangan lahan produktif	2000 m ²
Jumlah buah yang mampu dihasilkan per bulan	4 ton
Penghasilan penjualan buah per bulan	Rp 2,800,000
Pengurangan lahan produktif (setara dengan penghasilan penjualan buah per tahun) Tahun 2015	Rp 134,400,000
Pengurangan lahan produktif (setara dengan penghasilan penjualan buah per tahun) Tahun 2017	Rp 146,743,794

Sedangkan ekivalensi *disbenefit* di Kabupaten Tana Tidung ditunjukkan sebagai berikut.

Pengurangan lahan produktif	800 m ²
Jumlah buah yang mampu dihasilkan per bulan	1.6 ton
Penghasilan penjualan buah per bulan	Rp 2,800,000
Pengurangan lahan produktif (setara dengan penghasilan penjualan buah per tahun)	Rp 53,760,000

Berikut ini akan ditunjukkan contoh ekivalensi nilai *benefit* maupun *disbenefit* untuk pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan tahun 2017 dan Kabupaten Tana Tidung tahun 2015.

Tabel 4.54 Hasil Akhir Ekivalensi *Benefit* dan *Disbenefit* Pembangunan PLTS Tahun 2017

Tahun	PLTS Kabupaten Bulungan Tahun 2017				
	<i>Benefit</i>			<i>Disbenefit</i>	
	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil	Penurunan jumlah flora dan fauna	Pengurangan lahan produktif
2017	-	-	-	66,820,835	146,743,794
2018	-	-	-	68,157,252	149,678,670
2019	592,740,111	115,298,695	169,708,367	69,520,397	152,672,243
2020	622,377,117	122,216,617	178,193,785	70,910,805	155,725,688
2021	653,495,973	129,549,614	187,103,474	72,329,021	158,840,202

Tahun	PLTS Kabupaten Bulungan Tahun 2017				
	Benefit			Disbenefit	
	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil	Penurunan jumlah flora dan fauna	Pengurangan lahan produktif
2022	686,170,771	137,322,591	196,458,648	73,775,601	162,017,006
2023	720,479,310	145,561,946	206,281,580	75,251,113	165,257,346
2024	756,503,276	154,295,663	216,595,659	76,756,135	168,562,493
2025	794,328,439	163,553,403	227,425,442	78,291,258	171,933,743
2026	834,044,861	173,366,607	238,796,714	79,857,083	175,372,418
2027	875,747,104	183,768,604	250,736,550	81,454,225	178,879,866
2028	919,534,460	194,794,720	263,273,378	83,083,309	182,457,464
2029	965,511,183	206,482,403	276,437,046	84,744,975	186,106,613
2030	1,013,786,742	218,871,347	290,258,899	86,439,875	189,828,745
2031	1,064,476,079	232,003,628	304,771,844	88,168,673	193,625,320
2032	1,117,699,883	245,923,846	320,010,436	89,932,046	197,497,826
2033	1,173,584,877	260,679,277	336,010,958	91,730,687	201,447,783
2034	1,232,264,121	276,320,033	352,811,505	93,565,301	205,476,739
2035	1,293,877,327	292,899,235	370,452,081	95,436,607	209,586,273
2036	1,358,571,193	310,473,189	388,974,685	97,345,339	213,777,999
2037	1,426,499,753	329,101,581	408,423,419	99,292,246	218,053,559
2038	1,497,824,740	348,847,675	428,844,590	101,278,090	222,414,630

Tabel 4.55 Hasil Akhir Ekuivalensi *Benefit* dan *Disbenefit* Pembangunan PLTS Tahun 2015

Tahun	PLTS Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015				
	Benefit			Disbenefit	
	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil	Penurunan jumlah flora dan fauna	Pengurangan lahan produktif
2015				61,200,000	53,760,000
2016				62,424,000	54,835,200
2017	226,200,000	105,600,000	64,763,683	63,672,480	55,931,904
2018	237,510,000	111,936,000	68,001,867	64,945,930	57,050,542
2019	249,385,500	118,652,160	71,401,960	66,244,848	58,191,553
2020	261,854,775	125,771,290	74,972,058	67,569,745	59,355,384
2021	274,947,514	133,317,567	78,720,661	68,921,140	60,542,492
2022	288,694,889	141,316,621	82,656,694	70,299,563	61,753,341
2023	303,129,634	149,795,618	86,789,529	71,705,554	62,988,408
2024	318,286,116	158,783,355	91,129,005	73,139,665	64,248,176
2025	334,200,421	168,310,357	95,685,456	74,602,459	65,533,140
2026	350,910,442	178,408,978	100,469,728	76,094,508	66,843,803
2027	368,455,965	189,113,517	105,493,215	77,616,398	68,180,679
2028	386,878,763	200,460,328	110,767,876	79,168,726	69,544,292
2029	406,222,701	212,487,947	116,306,269	80,752,100	70,935,178
2030	426,533,836	225,237,224	122,121,583	82,367,142	72,353,882
2031	447,860,528	238,751,458	128,227,662	84,014,485	73,800,960
2032	470,253,554	253,076,545	134,639,045	85,694,775	75,276,979
2033	493,766,232	268,261,138	141,370,997	87,408,670	76,782,518
2034	518,454,543	284,356,806	148,439,547	89,156,844	78,318,169
2035	544,377,271	301,418,215	155,861,524	90,939,981	79,884,532

PLTS Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015					
Tahun	Benefit			Disbenefit	
	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil	Penurunan jumlah flora dan fauna	Pengurangan lahan produktif
2038	571,596,134	319,503,307	163,654,601	92,758,780	81,482,223

Nilai pada Tabel 4.54 dan Tabel 4.55 diatas meningkat sesuai prosentase peningkatan untuk setiap *benefit/disbenefit*. *Benefit* penghematan bahan bakar solar akan meningkat mengikuti harga minyak dunia, *benefit* kesempatan kerja akan meningkat mengikuti kenaikan gaji UMK, dan *benefit* pengurangan emisi dan kedua *disbenefit* meningkat mengikuti kenaikan inflasi.

4.9.2.3 Perhitungan Cash Flow

Perhitungan cash flow didapatkan dengan mengurangi total manfaat dengan total biaya. Total manfaat adalah hasil semua ekivalensi manfaat pembangunan PLTS dijumlahkan dengan pendapatan kemudian dikurangkan dengan manfaat negatif (*disbenefit*). Berdasarkan Permen ESDM Nomor 17 Tahun 2013 ditetapkan bahwa harga pembelian tenaga listrik oleh PT. PLN untuk PLTS sebesar US\$ 25 sen per kWh atau setara dengan Rp 3,120 per kWh, sehingga pada penelitian ini pendapatan didapatkan dari pembelian PT. PLN terhadap total daya yang mampu dibangkitkan. Total biaya adalah semua biaya investasi yang dibebankan pada dua tahun pertama, biaya operasional, perawatan pada tahun-tahun selanjutnya. Adapun Tabel 4.56 berikut ini merupakan contoh hasil perhitungan *cash flow* untuk pembangunan PLTS tahun 2015 di Kabupaten Tana Tidung.

Tabel 4.56 Perhitungan Cash Flow Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015

Tahun	Net Cash Flow
2015	(2,686,377,903)
2016	(2,688,677,103)
2017	895,797,591
2018	913,834,688
2019	932,922,412
2020	953,118,804
2021	974,485,071
2022	997,085,755
2023	1,020,988,916
2024	1,046,266,328

Tahun	Net Cash Flow
2025	1,072,993,677
2026	1,101,250,775
2027	1,131,121,789
2028	1,162,695,475
2029	1,196,065,431
2030	1,231,330,361
2031	1,268,594,354
2032	1,307,967,179
2033	1,349,564,596
2034	1,393,508,685
2035	1,439,928,188
2036	1,488,958,878

Sedangkan hasil perhitungan *cash flow* untuk pembangunan PLTS tahun 2017 di Kabupaten Bulungan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.57 Perhitungan Cash Flow Kabupaten Bulungan Tahun 2017

Tahun	Net Cash Flow
2017	(6,605,082,551)
2018	(6,609,353,844)
2019	2,247,763,621
2020	2,287,905,114
2021	2,330,269,826
2022	2,374,976,009
2023	2,422,148,134
2024	2,471,917,219
2025	2,524,421,176
2026	2,579,805,171
2027	2,638,222,004
2028	2,699,832,516
2029	2,764,806,008
2030	2,833,320,690
2031	2,905,564,145
2032	2,981,733,829
2033	3,062,037,587
2034	3,146,694,203
2035	3,235,933,976
2036	3,329,999,325
2037	3,429,145,434
2038	3,533,640,919

4.9.2.4 Perhitungan Benefit Cost Ratio

Perhitungan BCR dilakukan dengan membandingkan NPV *benefit* dengan NPV *cost*. Nilai NPV *benefit* didapatkan dengan menjumlahkan semua *benefit* pada setiap tahun dan dihitung dengan menggunakan perhitungan NPV

yang ada di *Microsoft Excel*. NPV *cost* didapatkan dengan menjumlahkan semua total biaya setiap tahunnya kemudian dihitung dengan fungsi NPV yang ada di *Microsoft Excel*. Masing-masing hasil dari NPV *benefit* dan NPV *cost* kemudian dibandingkan menjadi BCR. Jika nilai BCR lebih besar dari 1 maka dapat disimpulkan pembangunan layak dilakukan, namun jika kurang dari 1 maka pembangunan tidak layak untuk direalisasikan. Suku bunga yang digunakan sebesar 10.5% yang didapatkan dari Bank Indonesia. Adapun hasil perhitungan BCR untuk pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan tahun 2017 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.58 Perhitungan BCR Kabupaten Bulungan

Tahun	Total Cost	Total Benefit
2017	6,391,517,922	(213,564,629)
2018	6,391,517,922	(217,835,922)
2019	538,960,660	2,786,724,281
2020	539,220,660	2,827,125,774
2021	539,485,860	2,869,755,686
2022	539,756,364	2,914,732,373
2023	540,032,278	2,962,180,411
2024	540,313,710	3,012,230,929
2025	540,600,771	3,065,021,947
2026	540,893,573	3,120,698,744
2027	541,192,232	3,179,414,236
2028	541,496,863	3,241,329,379
2029	541,807,587	3,306,613,596
2030	542,124,526	3,375,445,216
2031	542,447,803	3,448,011,948
2032	542,777,546	3,524,511,375
2033	543,113,884	3,605,151,471
2034	543,456,948	3,690,151,151
2035	543,806,874	3,779,740,850
2036	544,163,798	3,874,163,123
2037	544,527,861	3,973,673,295
2038	544,899,205	4,078,540,124
Suku Bunga Bank	10.50%	
NPV Cost	Rp14,664,211,426	
NPV Benefit	Rp20,724,928,577	
BCR	1.413	
Kesimpulan	Layak	

Sedangkan hasil perhitungan BCR untuk pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung tahun 2015 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.59 Perhitungan BCR Kabupaten Tana Tidung

Tahun	Total Cost	Total Benefit
2015	2,571,417,903	(114,960,000)
2016	2,571,417,903	(117,259,200)
2017	224,663,610	1,120,461,201
2018	224,923,610	1,138,758,298
2019	225,188,810	1,158,111,222
2020	225,459,314	1,178,578,118
2021	225,735,228	1,200,220,299
2022	226,016,660	1,223,102,415
2023	226,303,721	1,247,292,637
2024	226,596,523	1,272,862,852
2025	226,895,182	1,299,888,859
2026	227,199,813	1,328,450,588
2027	227,510,537	1,358,632,326
2028	227,827,476	1,390,522,951
2029	228,150,753	1,424,216,184
2030	228,480,496	1,459,810,857
2031	228,816,834	1,497,411,187
2032	229,159,898	1,537,127,077
2033	229,509,824	1,579,074,420
2034	229,866,748	1,623,375,433
2035	230,230,811	1,670,158,999
2036	230,602,155	1,719,561,033
Suku Bunga Bank	10.50%	
NPV Cost	Rp5,959,835,242	
NPV Benefit	Rp8,413,916,441	
BCR	1.412	
Kesimpulan	Layak	

Berdasarkan Tabel 4.58 dan Tabel 4.59 untuk Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung diatas nilai BCR yang didapatkan lebih besar dari 1, maka pembangunan PLTS di kedua kabupaten layak dilaksanakan pada tahun 2017 dan 2015. Adapun perhitungan BCR untuk pembangunan PLTS lainnya dapat dilihat di Lampiran H untuk Kabupaten Bulungan dan J untuk Kabupaten Tana Tidung.

4.9.3 Kebutuhan Pendanaan Kabupaten Bulungan

Berdasarkan perhitungan pada sub bab sebelumnya berikut ini akan ditunjukkan rekapitulasi kebutuhan pendanaan yang harus disiapkan Kabupaten Bulungan untuk melakukan pembangunan sejumlah tersebut beserta kesimpulan dari kelayakan pembangunan.

Tabel 4.60 Kebutuhan Pendanaan dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Bulungan

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jenis Pembangkit	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (Rp)	Kebutuhan Investasi (Rp)	NPV Cost (Rp)	NPV Benefit (Rp)	BCR	Kesimpulan
2015	Peso	PLTMH	1	6,251,124,914	6,251,124,914	6,897,563,747	47,121,150,775	6.83	Layak
2016	Peso Hilir	PLTMH	1	9,517,322,534	9,517,322,534	10,901,355,693	86,220,142,649	7.91	Layak
2017	Tg. Palas Barat	PLTS	2	12,783,035,844	25,566,071,689	14,664,211,426	20,724,928,577	1.41	Layak
2018	Tg. Palas Tengah	PLTS	2	13,315,436,254	26,630,872,509	15,268,910,980	21,017,355,173	1.38	Layak
2019	Bunyu	PLTS	2	13,843,111,760	27,686,223,520	15,868,243,993	21,307,186,564	1.34	Layak
2020	Tg. Palas Utara	PLTS	2	14,365,088,763	28,730,177,525	16,461,104,656	21,593,887,991	1.31	Layak
2021	Tanjung Selor	PLTS	2	14,880,472,358	29,760,944,716	17,046,476,538	21,876,967,921	1.28	Layak
2022	Sekatak	PLTS	2	15,388,449,034	30,776,898,068	17,623,435,653	22,155,979,520	1.26	Layak
		PLTMH	1	11,341,551,813	11,341,551,813	12,877,312,548	105,143,340,095	8.17	Layak
2023	Tg. Palas Timur	PLTS	2	15,888,284,603	31,776,569,206	18,191,148,110	22,430,519,529	1.23	Layak
2024	Tg. Palas	PLTS	2	16,379,319,629	32,758,639,258	18,748,864,925	22,700,225,748	1.21	Layak
2025	Peso	PLTMH	2	9,278,823,407	9,278,823,407	10,550,944,113	80,624,342,165	7.64	Layak
2026	Peso Hilir	PLTS	1	17,407,406,192	17,407,406,192	19,916,564,035	23,264,913,242	1.17	Layak
		PLTMH	1	3,227,559,526	3,227,559,526	3,896,429,242	23,203,650,395	5.96	Layak
2027	Tg. Palas Barat	PLTS	2	17,945,411,090	35,890,822,181	20,527,629,157	23,560,418,162	1.15	Layak
2028	Tg. Palas Tengah	PLTS	2	18,500,050,616	37,000,101,232	21,157,587,863	23,865,059,830	1.13	Layak
2029	Bunyu	PLTS	2	19,071,839,099	38,143,678,198	21,807,024,327	24,179,120,743	1.11	Layak
2030	Tg. Palas Utara	PLTS	2	19,661,306,762	39,322,613,524	22,476,540,778	24,502,892,137	1.09	Layak

4.9.4 Kebutuhan Pendanaan Kabupaten Tana Tidung

Berdasarkan perhitungan pada sub bab sebelumnya berikut ini akan ditunjukkan rekapitulasi kebutuhan pendanaan yang harus disiapkan Kabupaten Tana Tidung untuk melakukan pembangunan sejumlah tersebut beserta kesimpulan dari kelayakan pembangunan.

Tabel 4.61 Kebutuhan Pendanaan dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Tana Tidung

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (Rp)	Kebutuhan Investasi (Rp)	NPV Cost (Rp)	NPV <i>Benefit</i> (Rp)	BCR	Kesimpulan
2015	Muruk Rian	1	5,142,835,805	5,142,835,805	5,959,835,242	8,413,916,441	1.41	Layak
2016	Betayau	4	5,379,241,924	21,516,967,694	6,227,118,272	8,551,876,144	1.37	Layak
2017	Sesayap hilir	3	5,614,530,003	16,843,590,010	6,493,137,238	8,689,183,393	1.34	Layak
2018	Sesayap	1	5,848,205,874	5,848,205,874	6,757,333,424	8,825,549,803	1.31	Layak
2019	Tana Lia	3	6,079,807,935	18,239,423,805	7,019,184,941	8,960,705,999	1.28	Layak
2020	Muruk Rian	1	6,308,908,862	6,308,908,862	7,278,208,653	9,094,402,608	1.25	Layak
2021	Betayau	1	6,535,115,883	6,535,115,883	7,533,960,485	9,226,410,415	1.22	Layak
2022	Sesayap hilir	1	6,758,071,930	6,758,071,930	7,786,036,736	9,356,521,051	1.20	Layak
2023	Sesayap	1	6,977,454,763	6,977,454,763	8,034,073,076	9,484,546,463	1.18	Layak
2024	Tana Lia	2	7,192,974,949	14,385,949,898	8,277,742,271	9,610,317,748	1.16	Layak
2025	Muruk Rian	1	7,415,158,828	7,415,158,828	8,528,945,501	9,739,977,768	1.14	Layak
2026	Betayau	1	7,644,212,431	7,644,212,431	8,787,915,708	9,873,646,759	1.12	Layak
2027	Sesayap hilir	1	7,880,348,167	7,880,348,167	9,054,893,041	10,011,448,675	1.11	Layak
2028	Sesayap	1	8,123,785,006	8,123,785,006	9,330,125,072	10,153,511,302	1.09	Layak
2029	Tana Lia	1	8,374,748,692	8,374,748,692	9,613,867,030	10,299,966,377	1.07	Layak
2030	Muruk Rian	1	8,633,471,950	8,633,471,950	9,906,382,033	10,450,949,712	1.05	Layak

4.9.5 Skenario Pembiayaan Investor Asing

Pembiayaan untuk pembangunan PLTMH maupun PLTS juga dapat berlaku untuk pihak investor asing. Oleh karena itu dalam penelitian ini juga dilakukan analisis investasi jika dibandingkan dengan suku bunga luar negeri, yaitu dalam mata uang dollar Singapura dan dollar Amerika Serikat. Suku bunga yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0.5% untuk suku bunga Singapura dan 0.25% untuk suku bunga Amerika Serikat.

Tabel 4.62 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Bulungan

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jenis Pembangkit	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (SGD)	Kebutuhan Investasi (SGD)	NPV Cost (SGD)	NPV Benefit (SGD)	BCR	Kesimpulan
2015	Peso	PLTMH	1	665,998	665,998	1,111,687	16,073,129	14.46	Layak
2016	Peso Hilir	PLTMH	1	1,013,981	1,013,981	1,810,167	29,823,477	16.48	Layak
2017	Tg. Palas Barat	PLTS	3	1,361,911	4,085,734	2,436,714	6,605,169	2.71	Layak
2018	Tg. Palas Tengah	PLTS	1	1,418,634	1,418,634	2,536,327	6,710,757	2.65	Layak
2019	Bunyu	PLTS	3	1,474,852	4,424,557	2,635,056	6,815,408	2.59	Layak
2020	Tg. Palas Utara	PLTS	1	1,530,464	1,530,464	2,732,719	6,918,929	2.53	Layak
2021	Tanjung Selor	PLTS	3	1,585,373	4,756,120	2,829,149	7,021,143	2.48	Layak
2022	Sekatak	PLTS	3	1,639,493	4,918,480	2,924,192	7,121,887	2.44	Layak
		PLTMH	1	1,208,335	1,208,335	2,122,961	35,892,258	16.91	Layak
2023	Tg. Palas Timur	PLTS	1	1,692,746	1,692,746	3,017,713	7,221,017	2.39	Layak
2024	Tg. Palas	PLTS	3	1,745,061	5,235,184	3,109,586	7,318,402	2.35	Layak
2025	Peso	PLTMH	1	988,571	988,571	1,741,915	27,589,178	15.84	Layak
2026	Peso Hilir	PLTS	4	1,854,594	7,418,377	3,301,944	7,522,297	2.28	Layak
		PLTMH	1	343,866	343,866	674,630	8,044,571	11.92	Layak
2027	Tg. Palas Barat	PLTS	3	1,911,913	5,735,740	3,402,606	7,628,996	2.24	Layak
2028	Tg. Palas Tengah	PLTS	1	1,971,005	1,971,005	3,506,380	7,738,995	2.21	Layak
2029	Bunyu	PLTS	3	2,031,924	6,095,771	3,613,363	7,852,395	2.17	Layak
2030	Tg. Palas Utara	PLTS	1	2,094,726	2,094,726	3,723,654	7,969,301	2.14	Layak

Sedangkan Tabel berikut ini merupakan hasil rekapitulasi terhadap pendanaan dan keputusan kelayakan di Kabupaten Tana Tidung jika pembiayaan dilakukan oleh pihak investor asing dengan satuan mata uang dollar Singapura.

Tabel 4.63 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Tana Tidung

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (SGD)	Kebutuhan Investasi (SGD)	NPV Cost (SGD)	NPV Benefit (SGD)	BCR	Kesimpulan
2015	Muruk Rian	1	547,920	547,920	999,297	2,711,816	2.71	Layak
2016	Betayau	4	573,107	2,292,429	1,043,165	2,762,623	2.65	Layak
2017	Sesayap hilir	3	598,175	1,794,525	1,086,825	2,813,190	2.59	Layak
2018	Sesayap	1	623,071	623,071	1,130,186	2,863,411	2.53	Layak
2019	Tana Lia	3	647,746	1,943,238	1,173,162	2,913,185	2.48	Layak
2020	Muruk Rian	1	672,154	672,154	1,215,674	2,962,423	2.44	Layak
2021	Betayau	3	696,255	2,088,764	1,257,649	3,011,038	2.39	Layak
2022	Sesayap hilir	3	720,009	2,160,026	1,299,021	3,058,954	2.35	Layak
2023	Sesayap	1	743,382	743,382	1,339,730	3,106,103	2.32	Layak
2024	Tana Lia	3	766,343	2,299,030	1,379,722	3,152,422	2.28	Layak
2025	Muruk Rian	1	790,015	790,015	1,420,951	3,200,172	2.25	Layak
2026	Betayau	1	814,418	814,418	1,463,454	3,249,399	2.22	Layak
2027	Sesayap hilir	1	839,576	839,576	1,507,271	3,300,148	2.19	Layak
2028	Sesayap	1	865,512	865,512	1,552,444	3,352,466	2.16	Layak
2029	Tana Lia	1	892,250	892,250	1,599,013	3,406,402	2.13	Layak
2030	Muruk Rian	1	919,815	919,815	1,647,021	3,462,006	2.10	Layak

Selanjutnya adalah hasil rekapitulasi terhadap pendanaan dan keputusan kelayakan di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung jika pembiayaan dilakukan oleh pihak investor asing dengan satuan mata uang dollar Amerika Serikat dan suku bunga Bank Amerika Serikat.

Tabel 4.64 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Bulungan

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jenis Pembangkit	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (\$)	Kebutuhan Investasi (\$)	NPV Cost (\$)	NPV Benefit (\$)	BCR	Kesimpulan
2015	Peso	PLTMH	1	500,198	500,198	847,434	12,495,756	14.75	Layak
2016	Peso Hilir	PLTMH	1	761,550	761,550	1,381,299	23,193,997	16.79	Layak
2017	Tg. Palas Barat	PLTS	3	1,022,864	3,068,591	1,859,440	5,125,639	2.76	Layak
2018	Tg. Palas Tengah	PLTS	1	1,065,465	1,065,465	1,935,431	5,207,822	2.69	Layak
2019	Bunyu	PLTS	3	1,107,688	3,323,065	2,010,747	5,289,276	2.63	Layak
2020	Tg. Palas Utara	PLTS	1	1,149,455	1,149,455	2,085,251	5,369,850	2.58	Layak
2021	Tanjung Selor	PLTS	3	1,190,695	3,572,085	2,158,813	5,449,406	2.52	Layak
2022	Sekatak	PLTS	3	1,231,342	3,694,026	2,231,318	5,527,819	2.48	Layak
		PLTMH	1	907,520	907,520	1,619,584	27,904,560	17.23	Layak
2023	Tg. Palas Timur	PLTS	1	1,271,337	1,271,337	2,302,661	5,604,975	2.43	Layak
2024	Tg. Palas	PLTS	3	1,310,629	3,931,886	2,372,748	5,680,773	2.39	Layak
2025	Peso	PLTMH	1	742,466	742,466	1,328,956	21,450,486	16.14	Layak
2026	Peso Hilir	PLTS	4	1,392,893	5,571,573	2,519,490	5,839,472	2.32	Layak
		PLTMH	1	258,261	258,261	515,526	6,256,364	12.14	Layak
2027	Tg. Palas Barat	PLTS	3	1,435,943	4,307,829	2,596,281	5,922,520	2.28	Layak
2028	Tg. Palas Tengah	PLTS	1	1,480,324	1,480,324	2,675,446	6,008,136	2.25	Layak
2029	Bunyu	PLTS	3	1,526,077	4,578,230	2,757,059	6,096,400	2.21	Layak
2030	Tg. Palas Utara	PLTS	1	1,573,244	1,573,244	3,723,654	7,969,301	2.14	Layak

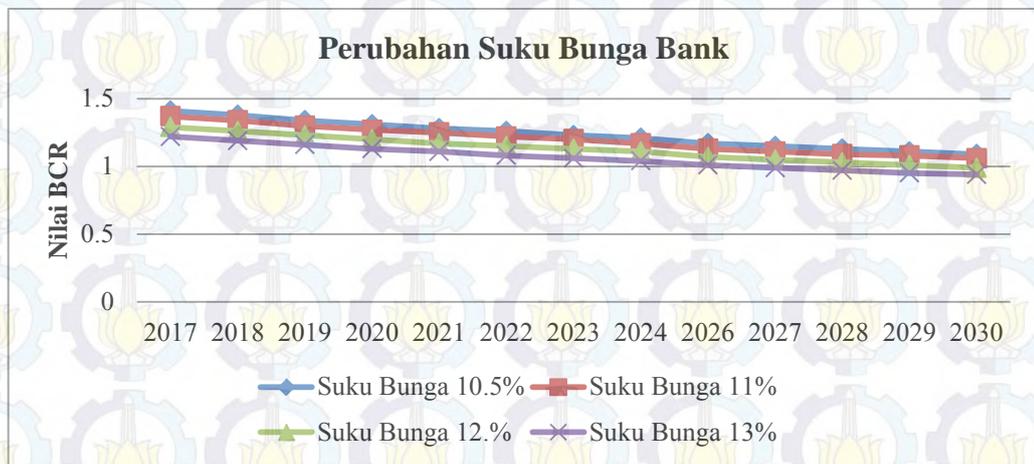
Sedangkan Tabel berikut ini merupakan hasil rekapitulasi terhadap pendanaan dan keputusan kelayakan di Kabupaten Tana Tidung jika pembiayaan dilakukan oleh pihak investor asing dengan satuan mata uang dollar Amerika Serikat dan suku bunga Bank Amerika Serikat.

Tabel 4.65 Kebutuhan Pendanaan Bagi Investor Asing dan Analisa Kelayakan Pembangunan di Kabupaten Tana Tidung

Tahun	Lokasi Pembangunan	Jumlah Pembangunan	Biaya Pembangunan Per Lokasi (\$)	Kebutuhan Investasi (\$)	NPV Cost (\$)	NPV Benefit (\$)	BCR	Kesimpulan
2015	Muruk Rian	1	411,516	411,516	762,798	2,104,954	2.76	Layak
2016	Betayau	4	430,432	1,721,729	796,259	2,144,515	2.69	Layak
2017	Sesayap hilir	3	449,259	1,347,778	829,561	2,183,889	2.63	Layak
2018	Sesayap	1	467,958	467,958	862,635	2,222,993	2.58	Layak
2019	Tana Lia	3	486,490	1,459,469	895,416	2,261,751	2.53	Layak
2020	Muruk Rian	1	504,822	504,822	927,843	2,300,089	2.48	Layak
2021	Betayau	3	522,922	1,568,767	959,860	2,337,944	2.44	Layak
2022	Sesayap hilir	3	540,763	1,622,288	991,417	2,375,254	2.40	Layak
2023	Sesayap	1	558,317	558,317	1,022,468	2,411,967	2.36	Layak
2024	Tana Lia	3	575,562	1,726,687	1,052,972	2,448,033	2.32	Layak
2025	Muruk Rian	1	593,341	593,341	1,084,420	2,485,214	2.29	Layak
2026	Betayau	1	611,669	611,669	1,116,840	2,523,545	2.26	Layak
2027	Sesayap hilir	1	630,564	630,564	1,150,263	2,563,061	2.23	Layak
2028	Sesayap	1	650,043	650,043	1,184,718	2,603,799	2.20	Layak
2029	Tana Lia	1	670,125	670,125	1,220,239	2,645,796	2.17	Layak
2030	Muruk Rian	1	690,827	690,827	1,256,859	2,689,092	2.14	Layak

4.9.6 Analisa Sensivitas

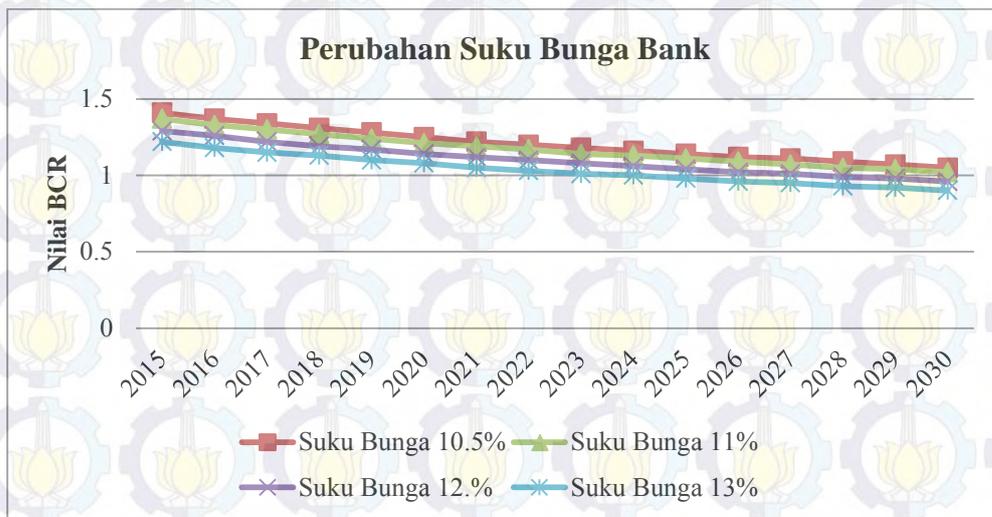
Analisa sensitivitas digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kelayakan keputusan. Dengan demikian akan diketahui faktor-faktor yang paling berpengaruh dan perlu dikendalikan perubahannya agar pembangunan tetap berada dalam kondisi layak. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini untuk analisa sensitivitas adalah perubahan suku bunga bank dan kenaikan biaya komponen. Berikut ini ditunjukkan tabel perubahan nilai BCR akibat perubahan suku bunga bank menjadi 11%, 12%, dan 13% dan kenaikan biaya komponen sebesar 10%.



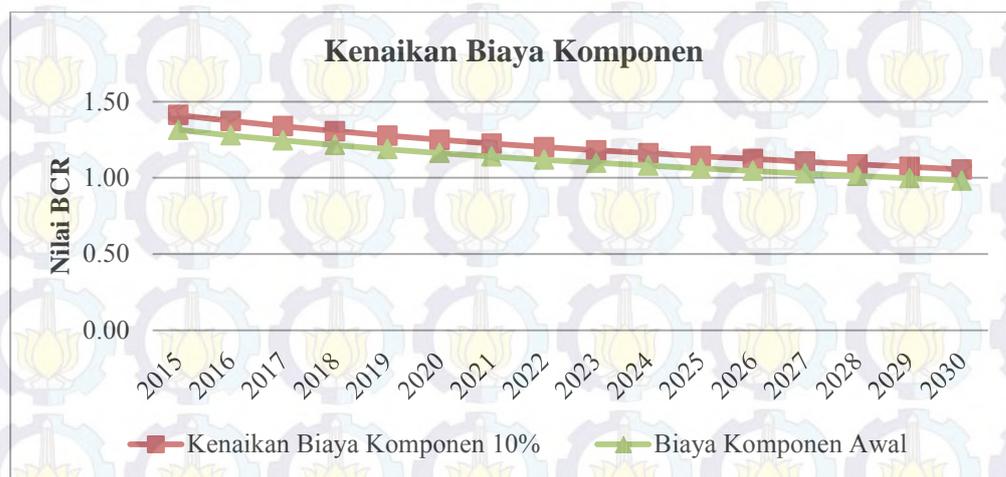
Gambar 4.41 Analisa Sensivitas Terhadap Perubahan Suku Bunga Bank di Kabupaten Bulungan



Gambar 4.42 Analisa Sensivitas Terhadap Kenaikan Biaya Komponen di Kabupaten Bulungan



Gambar 4.43 Analisa Sensivitas Terhadap Perubahan Suku Bunga Bank di Kabupaten Tana Tidung



Gambar 4.44 Analisa Sensivitas Terhadap Kenaikan Biaya Komponen di Kabupaten Tana Tidung

Berdasarkan Gambar diatas diketahui bahwa keputusan layaknya pembangunan dapat dipengaruhi oleh suku bunga bank dan kenaikan biaya komponen. Pada Kabupaten Tana Tidung pembangunan tidak layak dilakukan dimulai pada tahun 2028 untuk suku bunga 12% dan tidak layak dilakukan dimulai pada tahun 2025 untuk suku bunga 13%. Sedangkan Kabupaten Bulungan pembangunan tidak layak dilakukan dimulai pada tahun 2030 untuk suku bunga 12% dan tidak layak dilakukan dimulai pada tahun 2027 untuk suku bunga 13%.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan pengumpulan data yang digunakan untuk penelitian dan pengolahan data untuk dilakukan analisis pada bab selanjutnya. Pada bab ini juga dijelaskan siklus *feasibility study* yang perlu dilakukan, mulai dari tahap persiapan hingga tahap pengujian kelayakan.

4.1 Tahap Persiapan atau *Pre-Feasibility Study*

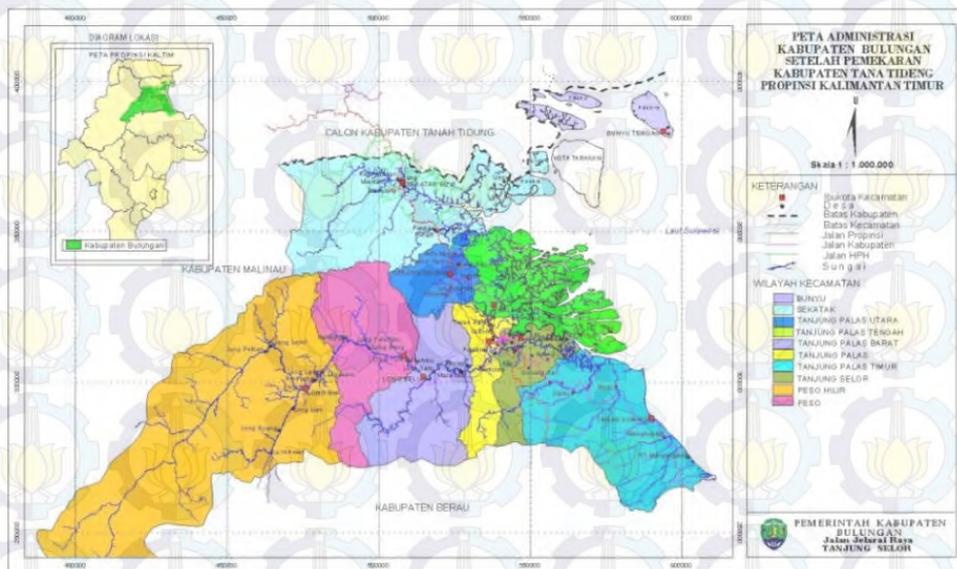
Sebelum melakukan langkah yang lebih detail dalam *feasibility study* (studi kelayakan), maka dilakukan tahap pra-studi kelayakan. Tahap ini merupakan pengumpulan kompilasi data dari hasil pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder. Secara garis besar data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah kondisi umum dan ketenagalistrikan di kedua Kabupaten. Pada tahapan ini juga dilakukan analisa terhadap situasi kebutuhan energi listrik, oleh karena itu juga dilakukan proyeksi jumlah penduduk, rumah tangga, dan proyeksi kebutuhan listrik di kedua Kabupaten.

4.2 Kondisi Umum dan Ketenagalistrikan Kabupaten Bulungan

Pada sub bab ini akan dijelaskan tentang keadaan umum di Kabupaten Bulungan yang terkait dengan keadaan geografi, penduduk, dan perekonomian di Kabupaten Bulungan serta proyeksi jumlah penduduk dan perekonomian di Kabupaten Bulungan. Pada sub bab ini juga dijelaskan tentang kondisi kelistrikan dan prakiraan kebutuhan energi listrik di Kabupaten Bulungan tahun 2015-2030.

4.2.1 Keadaan Geografi Kabupaten Bulungan

Kabupaten Bulungan memiliki beberapa pulau, yang dialiri puluhan sungai besar dan kecil, serta secara topografi memiliki daratan yang berbukit-bukit, bergunung-gunung dengan tebing terjal dan kemiringan yang tajam. Kabupaten Bulungan terdiri 10 ke camatan, 7 ke lurahan dan 81 de sa. Peta administratif Kabupaten Bulungan ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Peta Administratif Kabupaten Bulungan

Adapun letak wilayah dan batas-batas Kabupaten Bulungan ditunjukkan sebagai berikut:

1. Letak
 - Lintang Utara : 2°09'19" - 3°34'49"
 - Bujur Timur : 116°04'41" - 117°57'56"
2. Batas Wilayah
 - Utara : Kabupaten Tana Tidung dan Nunukan
 - Timur : Laut Sulawesi dan Kota Tarakan
 - Selatan : Kabupaten Berau
 - Barat : Kabupaten Tana Tidung
3. Luas Wilayah : 4828,58 km²

4.2.2 Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Bulungan

Pada sub bab ini ditunjukkan kondisi penduduk dan perekonomian di Kabupaten Bulungan. Tabel 4.1 berikut ditunjukkan data yang berisi luas wilayah, jumlah penduduk, kepadatan penduduk dan rata-rata penduduk per keluarga menurut kecamatan yang berada di Kabupaten Bulungan pada tahun 2013.

Tabel 4.1 Kondisi Demografis Kabupaten Bulungan Tahun 2009-2013

No.	Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah			Kepadatan Penduduk (Jiwa/km ²)	Rata-rata Pend/Keluarga
			Desa	Keluarga	Penduduk (Jiwa)		
1	Peso	3,142.79	10	1,337	4,652	1.48	4.09
2	Peso Hilir	1,639.71	6	1,129	4,474	2.73	3.96
3	Tg. Palas	1,755.74	9	4,554	17,643	10.04	3.87
4	Tg. Palas Barat	1,064.51	5	2,024	7,907	7.43	3.91
5	Tg. Palas Utara	806.34	6	3,290	11,818	14.66	3.59
6	Tg. Palas Timur	677.77	8	3,576	14,791	21.82	4.14
7	Tanjung Selor	1,277.81	9	14,597	57,160	44.73	3.92
8	Tg. Palas Tengah	624.95	3	2,903	10,901	17.44	3.76
9	Sekatak	1,993.98	22	2,850	11,597	5.82	4.07
10	Bunyu	198.32	3	3,783	13,991	70.55	3.74
Jumlah	2013	12,983.6	81	39,798	154,934	11.75	3.89
	2012	12,983.6	81	29,115	120,610	9.15	4.14
	2011	12,983.6	81	27,070	117,019	8.88	4.32
	2010	12,983.6	81	26,888	112,663	8.55	4.19
	2009	12,983.6	81	26,719	112,428	8.53	4.12
	2008	3,142.79	10	1,337	4,652	1.48	4.09

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Bulungan, 2014

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa setiap tahunnya Kabupaten Bulungan mengalami peningkatan jumlah penduduk. Pada tahun 2013 jumlah penduduk di Kabupaten Bulungan mencapai 154,934 jiwa, dengan laju pertumbuhan penduduk setiap tahunnya dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Laju Pertumbuhan Penduduk di Kabupaten Bulungan

Dalam segi perekonomian, laju pertumbuhan ekonomi suatu wilayah dihitung dari besarnya PDRB atas harga konstan. Sedangkan untuk mengetahui struktur ekonomi digunakan nilai PDRB atas dasar harga berlaku. Laju perekonomian Kabupaten Bulungan pada tahun 2013 menurun sebesar 5.26% dari tahun sebelumnya sebesar 9.39%. Perekonomian Kabupaten Bulungan pada tahun 2013 didominasi oleh sektor ekonomi yang berbasis Sumber Daya Alam (SDA), yaitu sektor pertambangan dan sektor pertanian. Berikut ini ditunjukkan struktur ekonomi dan laju pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Bulungan selama kurun waktu 2009-2013.

Tabel 4.2 Struktur Ekonomi Kabupaten Bulungan Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha Tahun 2009-2013 (%)

No	Lapangan Usaha	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Pertanian	23.94	25.11	26.12	26.06	26.84
2	Pertambangan & Penggalian	25.59	29.92	33.11	34.35	33.72
3	Industri Pengolahan	12.11	5.82	0.09	0.09	0.09
4	Listrik, Gas & Air Bersih	0.87	0.9	0.93	1	1.06
5	Bangunan	0.22	0.28	0.31	0.34	0.38
6	Perdagangan, Hotel & Restoran	10.7	11.57	12.58	13.19	13.34
7	Pengangkutan & Komunikasi	4.53	4.73	4.99	4.73	4.85
8	Keuangan, Persewaan & Jasa Perusahaan	0.24	0.26	0.28	0.3	0.31
9	Jasa-Jasa	21.8	21.42	21.59	19.94	19.43

Sumber : PDRB Menurut Lapangan Usaha Kabupaten Bulungan 2013, BPS 2014



Gambar 4.3 Laju Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bulungan

Sedangkan untuk nilai PDRB perkapita dan pendapatan regional perkapita ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 PDRB Per Kapita dan Pendapatan Regional Per Kapita di Kabupaten Bulungan

Tahun	PDRB Per Kapita (Rp)	Pendapatan Regional Per Kapita (Rp)
2009	Rp 21,131,985	Rp 20,234,426
2010	Rp 22,616,925	Rp 21,684,176
2011	Rp 23,196,832	Rp 22,211,572
2012	Rp 24,816,150	Rp 23,742,821
2013	Rp 26,095,121	Rp 23,966,148

Sumber : PDRB Menurut Lapangan Usaha Kabupaten Bulungan 2013, BPS 2014

Berdasarkan data diatas diketahui nilai PDRB perkapita dan pendapatan regional perkapita menunjukkan peningkatan setiap tahunnya dan mencapai nilai PDRB perkapita sebesar Rp 26,095,121 dan pendapatan regional perkapita dalam satu tahun sebesar Rp 23,966,148.

4.2.3 Proyeksi Jumlah Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Proyeksi terhadap jumlah penduduk dilakukan untuk mengetahui prediksi jumlah penduduk dari tahun 2015 hingga tahun 2030. Selanjutnya data proyeksi penduduk ini digunakan sebagai pertimbangan untuk perencanaan penyediaan energi listrik dengan energi terbarukan. Secara matematis, perhitungan peramalan jumlah penduduk digunakan sesuai persamaan 2.1 di atas. Rata-rata laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Bulungan selama 5 tahun terakhir adalah 2.36%, dengan laju pertumbuhan penduduk tetap sebesar 2.36% maka didapatkan proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Bulungan tahun 2015-2030 yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Lebih rinci terhadap proyeksi jumlah penduduk di setiap Kecamatan di Kabupaten Bulungan ditunjukkan pada Lampiran A.1. Berikut ini contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Bulungan tahun 2015.

$$\begin{aligned}
 P_{t-1} &= 158,592 \text{ jiwa} \\
 i &= 2.36\% \\
 t &= 1 \text{ tahun} \\
 P_t &= P_{t-1} \times (1 + i)^t = 158,592 \times (1 + 2.36\%)^1 = 162,336 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Berikut ini rekapitulasi proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030.



Gambar 4.4 Proyeksi Jumlah Penduduk Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Berdasarkan data historis terhadap jumlah penduduk per rumah tangga yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 di atas, rata-rata jumlah penduduk per rumah tangga di Kabupaten Bulungan sebesar 4.19 jiwa/km². Berdasarkan rata-rata jumlah penduduk tetap sebesar 4.19 jiwa/km² maka didapatkan proyeksi jumlah rumah tangga Kabupaten Bulungan tahun 2015-2030 yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa proyeksi jumlah rumah tangga menunjukkan adanya peningkatan, hal tersebut seiring dengan meningkatnya proyeksi jumlah penduduk di Kabupaten Bulungan. Lebih rinci terhadap proyeksi jumlah rumah tangga di setiap Kecamatan di Kabupaten Bulungan ditunjukkan pada Lampiran A.2.



Gambar 4.5 Proyeksi Jumlah Rumah Tangga Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Dalam segi perekonomian Kabupaten Bulungan, didapatkan rata-rata laju pertumbuhan ekonomi selama 5 tahun terakhir adalah 6.2%, apabila selama 15 tahun kedepan laju pertumbuhan ekonomi tetap sebesar 6.2% maka didapatkan proyeksi perekonomian Kabupaten Bulungan tahun 2015-2030 seperti Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Proyeksi Perekonomian Kabupaten Bulungan Tahun 2015 -2030

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 pr oyeksi perekonomian Kabupaten Bulungan akan mengalami peningkatan hingga 2030 m endatang.

Lebih rinci terhadap proyeksi perekonomian di Kabupaten Bulungan ditunjukkan pada Lampiran A.3.

4.2.4 Kondisi Kelistrikan Kabupaten Bulungan

Pada sub bab ini akan ditunjukkan kondisi kelistrikan di Kabupaten Bulungan, mulai dari pembangkit terpasang, pelanggan listrik, intensitas pemakaian energi listrik, rasio elektrifikasi hingga permasalahan energi listrik yang terjadi.

4.2.4.1 Pembangkit Terpasang Kabupaten Bulungan

Listrik di Kabupaten Bulungan sebagian besar disediakan oleh PT. PLN Rayon Tanjung Selor, dengan tujuh buah Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Tabel 4.4 berikut ditunjukkan pembangkit terpasang di kabupaten Bulungan pada tahun 2014.

Tabel 4.4 Data Pembangkit Terpasang di Kabupaten Bulungan

Mesin	Daya Terpasang (Kw)	Daya Mampu (Kw)	Beban Puncak (Kw)	Keterangan
PLTD Sei Buaya	16,544	7,200	8,310	BP > DM
PLTD Bunyu	3,000	2,700	0	
PLTD Long Beluah	300	230	182	
PLTD Long Peso	443	360	175	
PLTD Mara	320	309	107	
PLTD Sekatak Buji	584	285	229	
PLTD Tanah Merah	120	120	81	

Sumber: PT. PLN Rayon Tanjung Selor, 2014

4.2.4.2 Pelanggan Listrik dan Jumlah Listrik Terjual Kabupaten Bulungan

Tabel 4.5 berikut ini adalah jumlah pelanggan listrik di Kabupaten Bulungan pada tahun 2009-2013 sesuai dengan lima sektor pelanggan listrik PT.PLN, yaitu sektor rumah tangga, usaha, industri, sosial, dan pemerintah. Data lebih rinci dapat ditunjukkan pada Lampiran B.1

Tabel 4.5 Jumlah Pelanggan Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2009-2013

No	Uraian	2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah Tangga	4,796	4,743	13,736	16,455	18,934
2	Usaha	523	574	1,085	1,290	1,384
3	Industri	5	5	10	11	12
4	Sosial	155	160	477	595	808
5	Pemerintah	190	176	303	368	402

Sumber : PT. PLN Rayon Tanjung Selor, 2014

Begitu juga halnya dengan penjualan energi listrik di Kabupaten Bulungan yang menunjukkan peningkatan penjualan, yang ditunjukkan dengan Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Jumlah Energi Listrik Terjual (KWh) di Kabupaten Bulungan Tahun 2009-2013

No	Pelanggan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah tangga	26,271,470	25,783,679	36,976,597	29,989,352	35,406,123
2	Usaha	3,678,061	6,663,759	2,920,764	5,968,962	6,145,042
3	Industri	1,636,570	2,771,533	26,919,480	2,374,137	2,422,308
4	Sosial	983,531	2,021,545	1,284,059	2,301,625	2,520,636
5	Pemerintah	4,308,771	5,072,672	1,284,085	5,848,120	6,495,425
Jumlah Kwh terjual		36,878,403	42,313,188	69,384,985	46,482,196	52,989,534

Sumber : PT. PLN Rayon Tanjung Selor, 2014

Jumlah energi terjual di Kabupaten Bulungan juga meningkat setiap tahunnya dengan penjualan total sebesar 52,989,534 KWh di tahun 2013.

4.2.4.3 Intensitas Pemakaian Energi Listrik Kabupaten Bulungan

Perhitungan intensitas pemakaian energi listrik dirumuskan dengan perbandingan jumlah energi listrik terjual dengan jumlah pelanggan. Tabel 4.7 berikut ini merupakan besarnya intensitas pemakaian energi listrik di Kabupaten Bulungan.

Tabel 4.7 Intensitas Pemakaian Energi Listrik di Kabupaten Bulungan (KWh/Pelanggan)

No	Pelanggan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah tangga	5,478	5,436	2,692	1,823	1,870
2	Usaha	7,033	11,609	2,692	4,627	4,440

No	Pelanggan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
3	Industri	327,314	554,307	2,691,948	215,831	201,859
4	Sosial	6,345	12,635	2,692	3,868	3,120
5	Pemerintah	22,678	28,822	4,238	15,892	16,158

Sumber: Hasil Olahan Data

Berdasarkan hasil olahan data di Tabel 4.7 diatas menunjukkan intensitas pemakaian listrik setiap sektor mengalami perkembangan yang fluktuatif. Pada tahun 2013 sektor rumah tangga dan pemerintah mengalami peningkatan, namun sektor lainnya memiliki intensitas pemakaian yang menurun dari tahun sebelumnya.

4.2.4.4 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Bulungan

Rasio elektrifikasi menunjukkan perbandingan jumlah rumah tangga teraliri energi listrik dengan total jumlah pelanggan. Rasio elektrifikasi di Kabupaten Bulungan meningkat dari tahun sebelumnya, data selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Bulungan Tahun 2011-2013

No	Kecamatan	Rasio Elektrifikasi (%)			Keterangan
		2011	2012	2013	
1	Tanjung Selor	96.89	98.45	100.00	PLN & PLTS
2	Tanjung Palas	73.41	83.39	65.40	PLN & PLTS
3	Tanjung Palas Tengah	65.80	64.33	63.29	PLN & PLTS
4	Tanjung Palas Utara	46.02	51.05	69.21	PLN & PLTS
5	Tanjung Palas Barat	59.77	81.46	57.22	PLN & PLTS
6	Tanjung Palas Timur	53.77	56.57	66.13	PLN & PLTS
7	Peso Hilir	53.37	53.27	48.58	PLTS & PLTMH
8	Peso	61.16	76.57	56.47	PLN & PLTS
9	Sekatak	38.68	40.96	37.46	PLN & PLTS
10	Bunyu	87.65	88.19	91.70	PLN & PLTS
Rasio Elektrifikasi (%)		72.56	78.14	82.00	

Sumber: Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Bulungan, 2014

Pada tabel 4.8 diatas terlihat sumber energi listrik yang disalurkan ke Kabupaten Bulungan berasal dari PT. PLN, PLTMH, dan PLTS berupa *Solar Homer Sell*

yang diberikan atas bantuan Dinas Energi dan Pertambangan. Sedangkan PLTS terpusat belum terbangun di Kabupaten ini.

4.2.4.5 Permasalahan Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan

Permasalahan pemenuhan kebutuhan energi listrik di Kabupaten Bulungan disebabkan oleh adanya daerah yang *isolated* atau masih belum terhubung dengan sistem transmisi Tanjung Selor. Akibatnya Unit Layanan Daerah (ULD) yang memenuhi daerah tersebut tidak sepenuhnya melayani selama 24 jam, hanya mampu melayani energi listrik tidak lebih dari 12 jam. ULD tersebut diantaranya, ULD Mara, ULD Long Belua, ULD Long Peso, ULD Sekatak Buji, dan ULD Tanah Merah. Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Bulungan menyebutkan bahwa hingga tahun 2014, sarana pembangunan listrik di Kabupaten Bulungan yang telah dibangun oleh Pemerintah Kabupaten Bulungan berupa :

1. 2216 PLTS untuk rumah tangga di tahun 2014
2. Pemanfaatan potensi PLTMH di Sungai kayan sebanyak 8 titik
3. 278 titik untuk LPJUTS (Lampu Penerangan jalan Umum Tenaga Surya)
4. Bantuan jaringan listrik sepanjang 100 kms dari Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Bulungan

4.2.5 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Dalam suatu perencanaan pemenuhan kebutuhan energi listrik maka langkah awal yang dilakukan adalah identifikasi kebutuhan energi saat ini dan melakukan proyeksi kebutuhan energi listrik dimana dalam penelitian ini dilakukan proyeksi untuk 15 tahun kedepan. Model disusun dengan metode ekonometri, yaitu memperhatikan keterkaitan antara variabel-variabel di dalam persamaan (*mutual interdependence*) dan menggunakan metode pendekatan sektoral. Pendekatan sektoral adalah suatu pendekatan dimana proyeksi kebutuhan energi listrik ini dihitung untuk seluruh sektor pelanggan energi listrik, yaitu sektor industri, bisnis, rumah tangga, sosial, dan pemerintah. Pada penelitian ini

proyeksi terhadap kebutuhan energi listrik dihitung dengan menggunakan software LEAP, namun untuk model ekonometri dilakukan perhitungan terlebih dahulu sebagai berikut.

1. Sektor Rumah Tangga

Pada sektor ini kelompok pelanggan didalamnya adalah kelompok rumah tangga dengan golongan tarif S-1, R-1, R-2 dan R-3 serta dengan jenis tegangan rendah. Selanjutnya untuk mengetahui laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik konsumen rumah tangga dihitung dengan persamaan berikut.

$$i_{rt} = \varepsilon_{rp} \times i_{pp} + \varepsilon_{rs} \times i_s \quad (4.1)$$

dengan :

i_{rt} = Laju pertumbuhan kebutuhan listrik konsumen rumah tangga

ε_{rp} = Elastisitas rumah tangga terhadap pendapatan perkapita

ε_{rs} = Elastisitas rumah tangga terhadap kemampuan daya

i_{pp} = Laju pertumbuhan pendapatan perkapita

i_{rs} = Laju pertumbuhan kemampuan penyediaan daya

Kabupaten Bulungan memiliki elastisitas rumah tangga terhadap pendapatan perkapita sebesar 0.57 dan elastisitas rumah tangga terhadap kemampuan daya sebesar 0.25. Dengan laju pendapatan perkapita sebesar 4.36% dan kemampuan penyediaan daya meningkat sebesar 10% setiap tahunnya maka laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik konsumen rumah tangga sebesar berikut

$$i_{rt} = (0.57 \times 4.36\%) + (0.25 \times 10\%) = 4.97 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor rumah tangga sebesar 2.49%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi rumah tangga dari software LEAP adalah sebagai berikut.



Gambar 4.7 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Gambar 4.7 di atas menunjukkan bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 122,681 MWh di tahun 2030.

2. Sektor Usaha atau Bisnis

Sektor ini terdiri dari kelompok pelanggan bisnis dengan golongan tarif B-1, B-2, B-3, T,C dan tarif multiguna atau layanan khusus dengan jenis tegangan rendah dan menengah. Untuk mengetahui laju kebutuhan energi listrik sektor usaha/bisnis dihitung dengan persamaan berikut.

$$i_{ko} = \epsilon_{kr} \times i_{rt} \tag{4.2}$$

dengan :

- i_{ko} = Laju pertumbuhan kebutuhan listrik konsumen usaha/bisnis
- ϵ_{kr} = Elastisitas usaha/bisnis terhadap rumah tangga

Dengan elastisitas sebesar 1.21 yang dimiliki Kabupaten Bulungan dan laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik konsumen rumah tangga yang telah dihitung sebelumnya sebesar 4.97% maka laju pertumbuhan kebutuhan listrik konsumen usaha/bisnis sebesar berikut.

$$I_{ko} = 1.21 \times 4.97 \% = 6 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor usaha/bisnis sebesar 7%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi sektor usaha/bisnis dari *software* LEAP ditunjukkan pada Gambar 4.8. Pada Gambar 4.8 tersebut menunjukkan hasil bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor usaha/bisnis juga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 52,269 MWh di tahun 2030.



Gambar 4.8 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Usaha/Bisnis Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

3. Sektor Industri

Pada kelompok pelanggan sektor ini adalah pelanggan dengan golongan tarif I-1, I-2, I-3, dan I-4 dengan jenis tegangan mulai dari tegangan rendah, tegangan menengah, hingga tegangan tinggi. Selanjutnya untuk mengetahui kebutuhan energi listrik sektor ini didasarkan atas adanya hubungan antara kebutuhan energi listrik industri dengan PDRB, maka laju pertumbuhan energi listrik konsumen industri dihitung dengan rumus berikut.

$$i_{in} = \varepsilon_{ip} \times i_{pi} \quad (4.3)$$

dengan:

i_{in} = Laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik konsumen industri

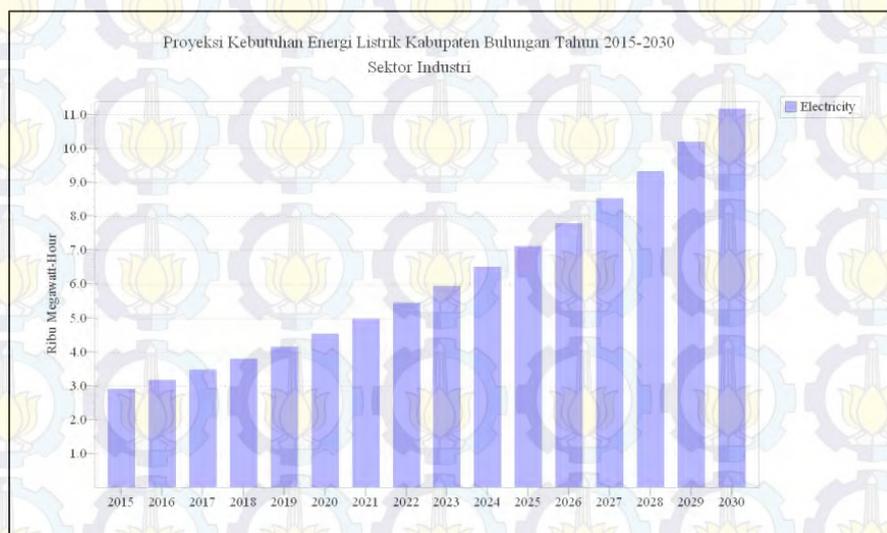
ε_{ip} = Elastisitas konsumen industri terhadap PDRB

i_{pi} = Laju pertumbuhan PDRB

Kabupaten Bulungan memiliki elastisitas konsumen industri terhadap PDRB sebesar 0.33, sedangkan rata-rata laju pertumbuhan PDRB sebesar 6.2% maka didapatkan laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik konsumen industri sebesar berikut.

$$i_{in} = 0.33 \times 6.20 \% = 2.03 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor industri sebesar 7.23%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi industri dari *software* LEAP adalah sebagai berikut.



Gambar 4.9 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Industri Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Gambar 4.9 di atas menunjukkan bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor industri juga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 11,168 MWh di tahun 2030.

4. Sektor Sosial

Sektor sosial terdiri dari kelompok pelanggan dengan golongan tarif S-2 dan S-3 dengan jenis tegangan mulai dari tegangan rendah hingga menengah. Selanjutnya perhitungan laju pertumbuhan energi listrik konsumen sosial dapat dinyatakan seperti persamaan berikut.

$$i_{so} = \varepsilon_{sr} \times i_{rt} \quad (4.4)$$

dengan :

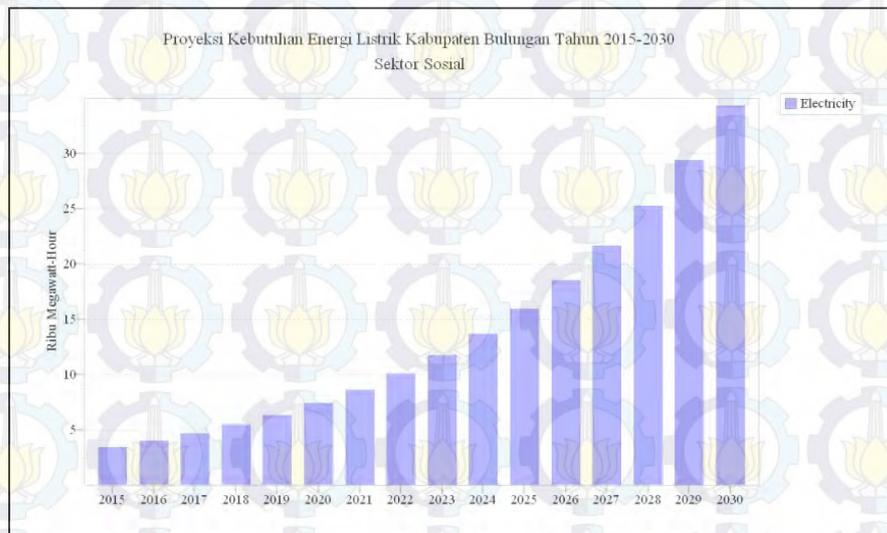
I_{so} = Laju pertumbuhan kebutuhan listrik konsumen sosial

ε_{kr} = Elastisitas konsumen sektor sosial terhadap rumah tangga

Dengan elastisitas sebesar 1.21 yang dimiliki Kabupaten Bulungan dan laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik konsumen rumah tangga yang telah dihitung sebelumnya sebesar 4.97% maka laju pertumbuhan kebutuhan listrik konsumen sosial sebesar berikut.

$$I_{so} = 1.21 \times 4.97 \% = 6 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor sosial sebesar 10%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi industri dari *software* LEAP ditunjukkan pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Sosial Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Berdasarkan Gambar 4.10 tersebut menunjukkan bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor sosial juga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 34,312 MWh di tahun 2030.

5. Sektor Publik atau Pemerintah

Sektor ini merupakan kelompok pelanggan untuk gedung kantor pemerintahan maupun penerangan jalan umum dengan golongan tarif P-1, P-2, dan P-3 serta memiliki jenis tegangan rendah. Laju pertumbuhan energi listrik konsumen publik dapat dinyatakan seperti persamaan berikut.

$$i_{pp} = \varepsilon_{pr} \times i_{rt} \tag{4.5}$$

dengan :

I_{pp} = Laju pertumbuhan kebutuhan listrik konsumen publik

ε_{pr} = Elastisitas konsumen sektor publik terhadap rumah tangga

Elastisitas konsumen sektor publik terhadap rumah tangga di Kabupaten Bulungan sebesar 1.21, sedangkan laju pertumbuhan kebutuhan energi

listrik konsumen rumah tangga yang telah dihitung sebelumnya sebesar 4.97%. Sehingga laju pertumbuhan kebutuhan listrik konsumen publik sebesar berikut.

$$I_{pp} = 1.21 \times 4.97 \% = 6 \%$$

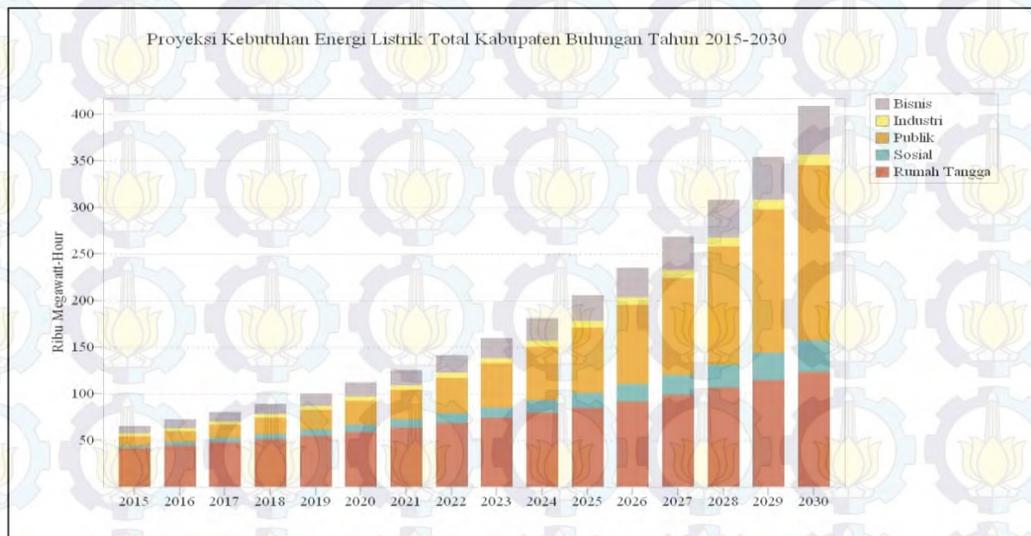
Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor publik sebesar 15.35%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi publik dari *software* LEAP ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Publik Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Gambar 4.11 di atas menunjukkan bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor publik atau pemerintah juga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 188,225 MWh di tahun 2030.

Berikut ini disajikan grafik dan tabel rekapitulasi terhadap proyeksi kebutuhan energi listrik seluruh sektor dari hasil pengolahan *software* LEAP.



Gambar 4.12 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Tabel 4.9 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Tahun	Beban Total Kabupaten Bulungan Per Hari (MW)					Jumlah
	Bisnis	Industri	Sosial	Publik	Rumah Tangga	
2015	0.90	0.33	0.39	1.10	4.68	7.40
2016	1.02	0.36	0.46	1.34	5.03	8.22
2017	1.16	0.40	0.53	1.64	5.41	9.14
2018	1.32	0.43	0.62	2.00	5.83	10.19
2019	1.49	0.47	0.72	2.43	6.27	11.39
2020	1.69	0.52	0.84	2.97	6.74	12.76
2021	1.92	0.57	0.98	3.62	7.25	14.34
2022	2.18	0.62	1.15	4.41	7.80	16.16
2023	2.47	0.68	1.34	5.37	8.40	18.26
2024	2.80	0.74	1.56	6.55	9.03	20.69
2025	3.18	0.81	1.82	7.98	9.72	23.51
2026	3.61	0.89	2.12	9.73	10.45	26.80
2027	4.09	0.97	2.47	11.86	11.25	30.64
2028	4.64	1.07	2.88	14.46	12.10	35.14
2029	5.26	1.17	3.36	17.63	13.02	40.43
2030	5.97	1.27	3.92	21.49	14.00	46.65

Pada tabel dan grafik diatas terlihat adanya peningkatan kebutuhan energi listrik untuk seluruh sektor pelanggan. Pada tahun 2015 proyeksi kebutuhan energi listrik untuk seluruh sektor pelanggan sebesar 64,864 MWh per tahun atau setara dengan 7.40 MW per hari dan meningkat menjadi 408,654 MWh per tahun

yang setara dengan 46.65 M W per hari di tahun 2030. Dalam penelitian ini penyediaan energi listrik dari energi terbarukan akan dialokasikan kepada sektor rumah tangga yang belum teraliri listrik sebelumnya sebesar 450 VA per rumah tangga, sesuai dengan sektor pelanggan PLN yaitu golongan R-1 dengan jenis tegangan rendah. Oleh karena itu berdasarkan hasil proyeksi jumlah rumah tangga dan rasio elektrifikasi perkecamatan, didapatkan kebutuhan penyaluran daya listrik sebagai berikut.

Tabel 4.10 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2022

No.	Kecamatan	Kebutuhan Penyaluran Daya Listrik Per Hari (MW)							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Peso	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24
2	Peso Hilir	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.31	0.32	0.33
3	Tg. Palas	0.78	0.82	0.86	0.91	0.95	0.99	1.04	1.08
4	Tg. Palas Barat	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48
5	Tg. Palas Utara	0.44	0.47	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64
6	Tg. Palas Timur	0.88	0.91	0.95	0.98	1.02	1.06	1.09	1.13
7	Tanjung Selor	1.04	1.17	1.30	1.44	1.58	1.72	1.86	2.01
8	Tg. Palas Tengah	0.59	0.61	0.63	0.66	0.69	0.71	0.74	0.77
9	Sekatak	0.75	0.78	0.81	0.83	0.86	0.89	0.92	0.95
10	Bunyu	0.24	0.27	0.30	0.33	0.37	0.40	0.44	0.48
Total Daya (MW)		5.48	5.83	6.19	6.55	6.93	7.31	7.71	8.11

Tabel 4.11 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Bulungan Tahun 2023-2030

No.	Kecamatan	Kebutuhan Penyaluran Daya Listrik Per Hari (MW)							
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Peso	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.33	0.34
2	Peso Hilir	0.34	0.35	0.36	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43
3	Tg. Palas	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38	1.44	1.49
4	Tg. Palas Barat	0.50	0.52	0.54	0.57	0.59	0.61	0.64	0.66
5	Tg. Palas Utara	0.67	0.70	0.74	0.77	0.81	0.84	0.88	0.91
6	Tg. Palas Timur	1.17	1.21	1.25	1.30	1.34	1.38	1.43	1.47
7	Tanjung Selor	2.17	2.32	2.48	2.64	2.81	2.98	3.15	3.33
8	Tg. Palas Tengah	0.80	0.83	0.86	0.89	0.92	0.96	0.99	1.02
9	Sekatak	0.98	1.01	1.04	1.08	1.11	1.15	1.18	1.22
10	Bunyu	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.80
Total Daya (MW)		8.52	8.94	9.37	9.82	10.27	10.73	11.21	11.69

Berdasarkan Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 di atas, diketahui bahwa kekurangan daya listrik semakin meningkat setiap tahunnya. Kekurangan daya listrik pada tahun 2015 sebesar 5.48 MW meningkat sebesar 11.69 MW pada tahun 2030.

4.3 Kondisi Umum dan Ketenagalistrikan Kabupaten Tana Tidung

Pada sub bab ini akan dijelaskan tentang keadaan umum di Kabupaten Tana Tidung yang terkait dengan keadaan geografi, penduduk, dan perekonomian serta proyeksi jumlah penduduk dan perekonomian di Kabupaten Tana Tidung. Pada sub bab ini juga dijelaskan tentang kondisi kelistrikan dan prakiraan kebutuhan energi listrik di Kabupaten Tana Tidung tahun 2015-2030.

4.3.1 Keadaan Geografi Kabupaten Tana Tidung

Kabupaten Tana Tidung resmi dibentuk berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2007. Pada awal dibentuk Kabupaten Tana Tidung memiliki wilayah yang berasal dari sebagian wilayah Kabupaten Bulungan, yaitu Kecamatan Sesayap, Kecamatan Sesayap Hilir, dan Kecamatan Tana Lia. Namun saat ini Kabupaten Tana Tidung memiliki dua kecamatan baru sehingga jumlah kecamatan yang ada di Kabupaten Tana Tidung berjumlah lima, diantaranya Kecamatan Sesayap, Kecamatan Sesayap Hilir, Kecamatan Tana Lia, Kecamatan Muruk Rian dan Kecamatan Betayau. Kedua kecamatan baru tersebut resmi dibentuk sesuai dengan Peraturan Daerah Kabupaten Tana Tidung Nomor 10 Tahun 2012 tertanggal 17 Juli 2012. Sehingga saat ini sudah terdapat lima Kecamatan dan 29 desa di Kabupaten Tana Tidung seperti yang ditunjukkan melalui peta administratif pada Gambar 4.13.

Adapun letak wilayah dan batas-batas Kabupaten Tana Tidung sebagai berikut :

1. Letak

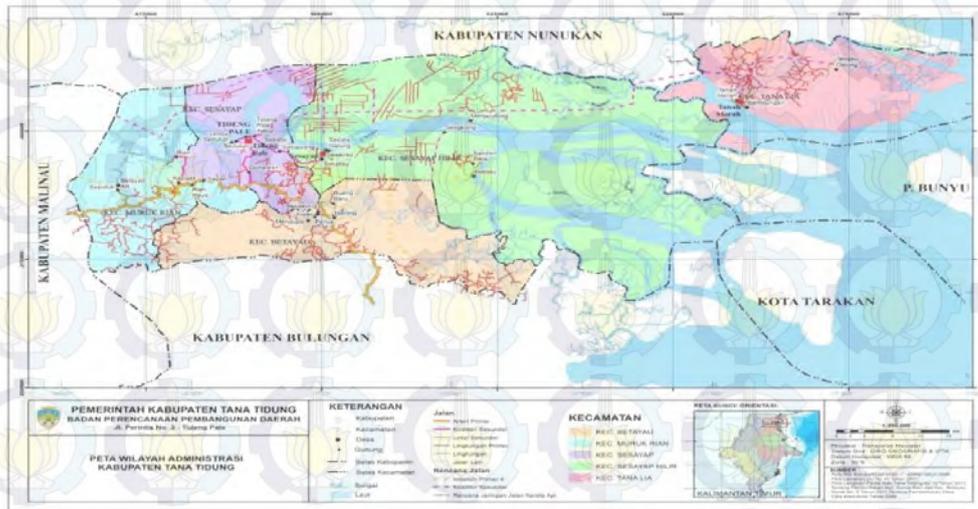
Lintang Utara : $3^{\circ}12'02''$ - $3^{\circ}46'41''$

Bujur Timur : $116^{\circ}42'50''$ - $117^{\circ}49'50''$

2. Batas Wilayah

Utara : Kabupaten Nunukan

- Timur : Laut Sulawesi, Pulau Bunyu dan Kota Tarakan
 Selatan : Kabupaten Bulungan
 Barat : Kabupaten Malinau
 3. Luas Wilayah : 4828,58 km²



Gambar 4.13 Peta Administratif Kabupaten Tana Tidung

4.3.2 Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Tana Tidung

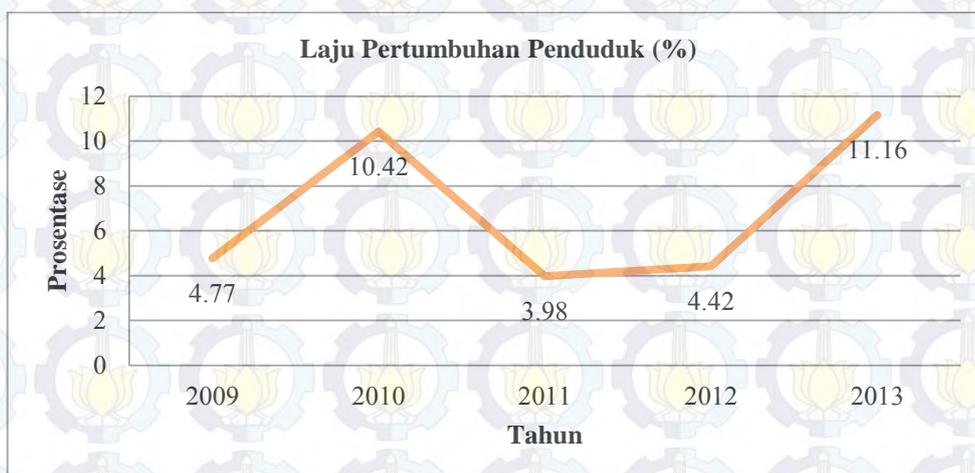
Lebih rinci lagi pada Tabel 4.12 berikut ini ditunjukkan data yang berisi luas wilayah, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk menurut kecamatan yang berada di Kabupaten Tana Tidung pada tahun 2013

Tabel 4.12 Kondisi Demografis Kabupaten Tana Tidung Tahun 2009-2013

No	Kecamatan	Luas Wilayah		Desa	Jumlah Populasi Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)
		(Km ²)	%			
1	Sesayap	1,016.92	23.2	7	7,864	7.73
2	Sesayap hilir	1,317.53	30.1	7	5,279	4.01
3	Tana Lia	426.80	9.8	3	2,665	6.24
4	Muruk Rian	608.62	13.9	6	1,105	1.82
5	Betayau	1,007.65	23.0	6	2,072	2.06
Jumlah	2013	4,828.58	100.0	29	18,985	3.93
	2012	4,828.58	100.0	23	17,079	3.54
	2011	4,828.58	100.0	23	16,356	4.84
	2010	4,828.58	100.0	23	15,202	4.55
	2009	4,828.58	100.0	23	14,620	3.03

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Tana Tidung, 2014

Kabupaten Tana Tidung menunjukkan adanya pertumbuhan penduduk yang meningkat pesat pada tahun 2013 lalu, yaitu sebesar 11,16 %. Grafik laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten ini ditunjukkan pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Tana Tidung (BPS Kabupaten Tana Tidung, 2014)

Sebagai Kabupaten yang baru terbentuk, Kabupaten Tana Tidung justru menunjukkan adanya sedikit penurunan PDRB dan laju pertumbuhan ekonomi yang menurun menjadi 5,56% pada tahun 2013. Perekonomian Kabupaten Tana Tidung pada tahun 2013 didominasi oleh sektor pertanian dan diikuti oleh sektor pertambangan. Berikut ini ditunjukkan struktur ekonomi dan laju pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Tana Tidung selama kurun waktu 2009-2013.

Tabel 4.13 Struktur Ekonomi Kabupaten Tana Tidung Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha Tahun 2009-2013 (%)

No	Lapangan Usaha	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Pertanian	36.56	35.57	34.59	33.26	33.16
2	Pertambangan & Penggalian	34.1	34.85	34.65	33.57	32.49
3	Industri Pengolahan	0.11	0.11	0.1	0.09	0.09
4	Listrik, Gas & Air Bersih	1.68	1.69	1.64	1.55	1.53
5	Bangunan	0.47	0.31	0.28	0.25	0.24
6	Perdagangan, Hotel & Restoran	12.07	7.27	11.12	8.96	6.36
7	Pengangkutan & Komunikasi	1.55	1.55	1.46	1.37	1.28
8	Keuangan, Persewaan & Jasa Perusahaan	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12
9	Jasa-Jasa	13.31	13.04	14.11	16.88	17.71



Gambar 4.15 Laju Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Tana Tidung

Sedangkan untuk nilai PDRB perkapita dan pendapatan regional perkapita ditunjukkan pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 PDRB Per Kapita dan Pendapatan Regional Per Kapita di Kabupaten Tana Tidung

Tahun	PDRB Per Kapita (Rp)	Pendapatan Regional Per Kapita (Rp)
2009	Rp 22,268,533	Rp 16,418,251
2010	Rp 22,956,544	Rp 16,778,619
2011	Rp 24,413,560	Rp 17,999,746
2012	Rp 25,666,871	Rp 18,759,559
2013	Rp 25,637,782	Rp 18,613,884

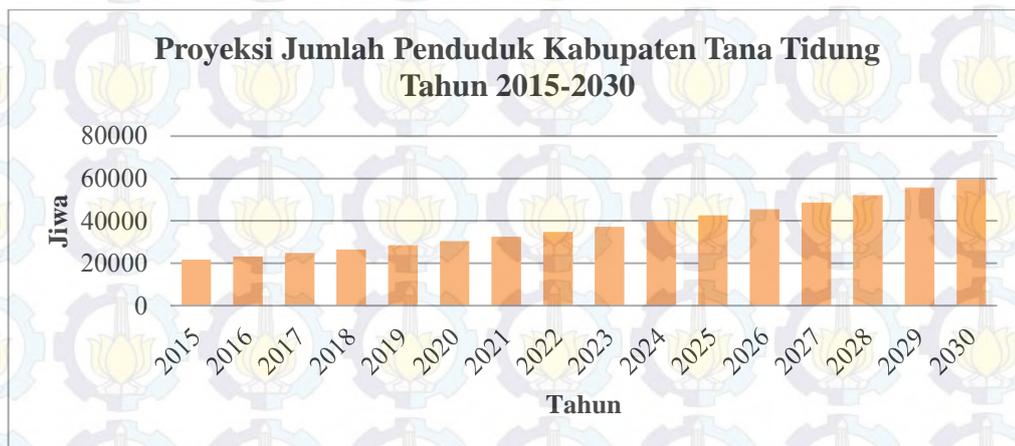
Sumber: PDRB Kabupaten Tana Tidung 2012 dan Kabupaten Tana Tidung Dalam Angka 2013

Berdasarkan data diatas diketahui nilai PDRB perkapita dan pendapatan regional perkapita di Kabupaten Tana Tidung menunjukkan peningkatan setiap tahunnya dan mencapai nilai PDRB perkapita sebesar Rp 25,637,782 dan pendapatan regional perkapita dalam satu tahun sebesar Rp 18,613,884.

4.3.3 Proyeksi Jumlah Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Seperti halnya dengan Kabupaten Bulungan, pada sub bab ini kan dilakukan proyeksi terhadap jumlah penduduk di Kabupaten Tana Tidung untuk

mengetahui prediksi jumlah penduduk dari tahun 2015 hingga tahun 2030. Rata-rata laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Tana Tidung selama 5 tahun terakhir adalah 6.95%, menggunakan rumus yang sama seperti proyeksi penduduk Kabupaten Bulungan serta laju pertumbuhan penduduk tetap sebesar 6.95% maka didapatkan proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Tana Tidung tahun 2015-2030 seperti grafik di Gambar 4.16 dibawah ini



Gambar 4.16 Proyeksi Jumlah Penduduk Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Berikut ini contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk Kabupaten Tana Tidung tahun 2015, hingga didapatkan grafik diatas.

$$P_{t-1} = 20,307 \text{ jiwa}$$

$$i = 6.95\%$$

$$t = 1 \text{ tahun}$$

$$P_t = P_{t-1} \times (1 + i)^t = 20,307 \times (1 + 6.95\%)^1 = 21,722 \text{ jiwa}$$

Lebih rinci terhadap proyeksi jumlah penduduk di setiap Kecamatan di Kabupaten Tana Tidung ditunjukkan pada Lampiran A.4. Rata-rata jumlah penduduk per rumah tangga di Kabupaten Tana Tidung dalam waktu lima tahun terakhir didapatkan sebesar 4.71 jiwa/km², apabila rata-rata jumlah penduduk tetap sebesar 4.71 jiwa/km² maka didapatkan proyeksi jumlah rumah tangga ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Proyeksi Jumlah Rumah Tangga Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Pada Gambar 4.17 terlihat bahwa proyeksi jumlah rumah tangga menunjukkan adanya peningkatan, hal tersebut seiring dengan meningkatnya proyeksi jumlah penduduk di Kabupaten Tana Tidung. Lebih rinci terhadap proyeksi jumlah penduduk di setiap Kecamatan di Kabupaten Tana Tidung ditunjukkan pada Lampiran A.5. Selanjutnya dengan rata-rata laju pertumbuhan ekonomi Kabupaten Tana Tidung tetap sebesar 6.8%, maka didapatkan proyeksi perekonomian Kabupaten Tana Tidung tahun 2015-2030 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Proyeksi Perekonomian Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Pada Gambar 4.18 tersebut grafik menunjukkan adanya peningkatan setiap tahunnya hingga mencapai nilai Rp78,775,106 di tahun 2030 untuk PDRB perkapita dan Rp57,193,357 di tahun 2030 untuk pendapatan regional perkapita.

4.3.4 Kondisi Kelistrikan Kabupaten Tana Tidung

Pada sub bab akan ditunjukkan kondisi kelistrikan di Kabupaten Tana Tidung, mulai dari pembangkit terpasang, pelanggan listrik, intensitas pemakaian energi listrik, rasio elektrifikasi hingga permasalahan energi listrik yang terjadi di Kabupaten ini.

4.3.4.1 Pembangkit Terpasang Kabupaten Tana Tidung

Kebutuhan energi listrik di Kabupaten Tana Tidung hingga tahun 2014 disuplai oleh PT. PLN, PLTS SHS, bantuan dari PT. Pipit Mutiara Jaya (PT. PMJ), dan penggunaan genset. Berikut ini rincian besarnya daya produksi PLN dan rincian desa berdasarkan sumber energi listrik yang mengalir di desa tersebut.

1. Desa yang sudah teraliri listrik PLN, diantaranya Tideng Pale, Tideng Pale Timur, Sebang, Sebidai, Sedulun, Limbu Sedulun, Seludau, Sesayap, Sepala Dalung, Gunawan, Tanah Merah dan Sambungan
2. Desa yang memperoleh PLTS SHS ada 13 desa, diantaranya Sapari, Rian, Seputuk, Mendupo, Kujau, Bebakung, Sengkong, Bebatu, Bandan Bikis, Buong Baru, Menjelutung, Tanah Merah, Tengku Dacing dan Sambungan
3. Desa yang teraliri listrik oleh Perusahaan PT. PMJ ada 3 desa, diantaranya Bebatu, Bandan Bikis dan Sengkong
4. Desa yang menggunakan Genset, diantaranya Desa Menjelutung kapasitas 125 kVA dan Desa Tengku Dacing kapasitas 102,5 kVA

Tabel 4.15 Data Pembangkit Terpasang di Kabupaten Tana Tidung

Uraian	PLN Tideng Pale	ULD Tanah Merah
Mesin Terpasang	4 Unit 650 kVA	3 Unit 40 kVA
Daya Terpasang	2.480 MW	120 KW
Daya Mampu	2.240 MW	110 KW
Beban Puncak	1.207 MW	80 KW

Sumber: Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Tana Tidung, 2014

4.3.4.2 Pelanggan Listrik dan Jumlah Listrik Terjual Kabupaten Tana Tidung

Jumlah pelanggan listrik di Kabupaten Tana Tidung pada tahun 2009-2013 sesuai dengan lima sektor pelanggan listrik PT.PLN, yaitu sektor rumah tangga, usaha, sosial, dan pemerintah ditunjukkan pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Jumlah Pelanggan Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2009-2013

No	Uraian	2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah Tangga	577	529	556	871	1,812
2	Usaha	77	127	127	126	262
3	Sosial	26	26	24	27	56
4	Pemerintah	21	21	24	36	75

Sumber : PLN Kabupaten Tana Tidung

Sedangkan besarnya penjualan energi listrik di Kabupaten Tana Tidung ditunjukkan dengan Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Jumlah Energi Listrik Terjual (KWh) di Kabupaten Tana Tidung Tahun 2009-2013

No	Pelanggan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah tangga	475,117	916,574	1,032,141	1,408,655	3,835,378
2	Usaha	184,351	446,575	505,203	686,816	1,047,590
3	Sosial	34,909	63,947	76,100	94,629	137,711
4	Pemerintah	91,816	44,998	94,548	137,507	247,685
Jumlah Kwh terjual		786,193	1,472,094	1,707,992	2,327,607	5,268,364

Sumber : PLN Kabupaten Tana Tidung

4.3.4.3 Intensitas Pemakaian Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung

Seperti halnya dengan Kabupaten Bulungan di atas, perhitungan intensitas pemakaian energi listrik dirumuskan dengan perbandingan jumlah energi listrik terjual dengan jumlah pelanggan. Tabel 4.18 berikut ini merupakan besarnya intensitas pemakaian energi listrik di Kabupaten Tana Tidung.

Tabel 4.18 Intensitas Pemakaian Energi Listrik di Kabupaten Tana Tidung (KWh/Pelanggan)

No	Pelanggan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah tangga	823	1,733	1,856	1,617	2,117

No	Pelanggan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
2	Usaha	2,394	3,516	3,978	5,451	3,998
4	Sosial	1,343	2,460	3,171	3,505	2,459
5	Pemerintah	4,372	2,143	3,940	3,820	3,302

Sumber: Hasil Olahan Data

Berdasarkan hasil olahan data di Tabel 4.18 di atas menunjukkan pada tahun 2013 intensitas pemakaian listrik sektor rumah tangga mengalami peningkatan, namun berbeda dengan sektor lainnya yang mengalami penurunan intensitas pemakaian energi listrik.

4.3.4.4 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Tana Tidung

Rasio elektrifikasi di Kabupaten Tana Tidung terlihat masih belum merata. Sebagai contoh rasio elektrifikasi di Kecamatan Betayau dan Kecamatan Tana Lia masih dibawah 25%, sedangkan Kecamatan Sesayap Hilir, Kecamatan Muruk Rian, dan Kecamatan Sesayap sudah mencapai lebih dari 50%. Berikut ini tersaji tabel selengkapnya untuk rasio elektrifikasi di masing-masing Kecamatan.

Tabel 4.19 Rasio Elektrifikasi Kabupaten Tana Tidung Tahun 2013

Kecamatan	Rasio Elektrifikasi
Sesayap	95%
Sesayap Hilir	67%
Tana Lia	22%
Muruk Rian	61%
Betayau	15%
Rasio Elektrifikasi Kabupaten	60.56%

Sumber: Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Tana Tidung, 2014

4.3.4.5 Permasalahan Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung

Sebagai Kabupaten baru di Provinsi Kalimantan Utara, terdapat beberapa permasalahan dalam pemenuhan kebutuhan listrik di KTT diantaranya :

1. Terkait dengan pembangunan yang sedang digalakkan oleh Pemerintah Daerah yang berdampak pada banyaknya masyarakat yang bermukim di

daerah yang baru terbuka dan agak sulit dalam pemenuhan kebutuhan listrik kepada masyarakat yang agak jauh dari jangkauan jaringan

2. Letak Geografis Wilayah Kabupaten Tana Tidung dimana sebagian desa tidak terjangkau akses Jaringan karena berada jauh di seberang sungai.
3. Dalam UU No. 30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan, Pasal 4 disebutkan ke kewajiban bagi Pemerintah Daerah untuk memenuhi kelistrikan dari segi pendanaan sedangkan pe nganggaran untuk pembangunan lelistrikan terbatas sehingga pembangunannya harus dilakukan bertahap, sedangkan disisi lain masyarakat sangat membutuhkan pelayanan listrik dengan tidak harus menunggu lama.

4.3.5 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Begitu juga dengan Kabupaten Bulungan diatas, Kabupaten Tana Tidung juga akan dilakukan proyeksi kebutuhan energi listrik untuk 15 tahun kedepan. Model juga disusun dengan metode ekonometri dan menggunakan metode pendekatan sektoral. Namun di Kabupaten Tana Tidung ada sedikit perbedaan dengan Kabupaten Bulungan, yaitu sektor pelanggan energi listrik di Kabupaten ini hanya terdiri dari sektor usaha, rumah tangga, sosial, dan pemerintah. Sehingga proyeksi hanya dilakukan untuk empat sektor tersebut. Berikut ini perhitungan proyeksi kebutuhan energi listrik untuk masing-masing sektor tersebut.

1. Sektor Rumah Tangga

Seperti yang dijelaskan dalam proyeksi energi listrik sektor rumah tangga Kabupaten Bulungan diatas, data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini adalah elastisitas rumah tangga terhadap pendapatan perkapita, elastisitas rumah tangga terhadap kemampuan daya, laju pendapatan perkapita, dan laju kemampuan penyediaan daya. Dengan menggunakan rumus pada Persamaan 4.1 di dapatkan laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik konsumen rumah tangga sebesar berikut.

$$\begin{aligned} \text{Elastisitas rumah tangga terhadap pendapatan perkapita} &= 0.91 \\ \text{Elastisitas rumah tangga terhadap kemampuan daya} &= 0.59 \end{aligned}$$

Laju pendapatan perkapita = 3.23 %

Laju kemampuan penyediaan daya = 5 %

$$i_{rt} = \varepsilon_{rp} \times i_{pp} + \varepsilon_{rs} \times i_s$$

$$i_{rt} = (0.91 \times 3.23\%) + (0.59 \times 5\%) = 5.87 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor rumah tangga sebesar 2.93%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi rumah tangga dari *software* LEAP adalah sebagai berikut.



Gambar 4.19 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Gambar 4.19 di atas menunjukkan bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 16,528 MWh di tahun 2030.

2. Sektor Usaha/Industri

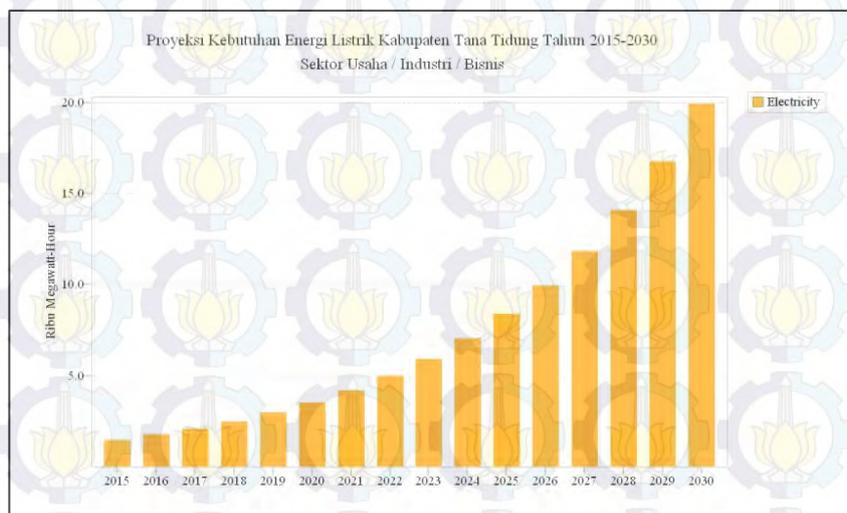
Sektor usaha di Kabupaten Tana Tidung ini meliputi gabungan dari sektor usaha dan sektor industri. Sesuai dengan Persamaan 4.3 di atas maka laju pertumbuhan energi listrik konsumen usaha/industri di Kabupaten Tana Tidung sebagai berikut.

Elastisitas konsumen industri terhadap PDRB = 1.15
 Laju pertumbuhan PDRB = 6.83 %

$$i_{in} = \varepsilon_{ip} \times i_{pi}$$

$$i_{in} = 1.15 \times 6.83 \% = 7.84 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor usaha/industri sebesar 10.10%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi usaha/industri dari *software* LEAP adalah sebagai berikut.



Gambar 4.20 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Usaha / Industri Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Pada Gambar 4.20 tersebut menunjukkan hasil bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor usaha juga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 19,399 MWh di tahun 2030.

3. Sektor Sosial

Sesuai dengan Persamaan 4.4 di atas, laju pertumbuhan energi listrik konsumen sosial di Kabupaten Tana Tidung dihitung sebagai berikut.

Elastisitas konsumen sektor sosial terhadap rumah tangga = 0.55

Laju pertumbuhan energi listrik konsumen rumah tangga = 5.87 %

$$i_{so} = \varepsilon_{sr} \times i_{rt}$$

$$I_{so} = 0.55 \times 5.87 \% = 3.21 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor sosial sebesar 6.95%, maka hasil proyeksi kebutuhan energi industri dari *software* LEAP ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Sosial Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Pada Gambar 4.21 tersebut menunjukkan hasil bahwa beban kebutuhan energi listrik sektor social juga meningkat setiap tahunnya dan mencapai angka 738 MWh di tahun 2030.

4. Sektor Publik atau Pemerintah

Seperti halnya perhitungan proyeksi konsumsi energi listrik sektor publik Kabupaten Bulungan diatas, perhitungan proyeksi kebutuhan energi listrik sektor publik di Kabupaten Tana Tidung sesuai dengan Persamaa 4.5 dan dihasilkan angka sebagai berikut.

Elastisitas konsumen sektor publik terhadap rumah tangga = 0.50

Laju pertumbuhan energi listrik konsumen rumah tangga = 4.43 %

$$i_{pp} = \varepsilon_{pr} \times i_{rt}$$

$$I_{pp} = 0.50 \times 4.43 \% = 2.22 \%$$

Selanjutnya dengan rata-rata pertumbuhan pelanggan sektor publik sebesar 6.95 % , maka hasil proyeksi kebutuhan energi publik dari *software* LEAP ditunjukkan pada Gambar 4.22 dibawah ini.



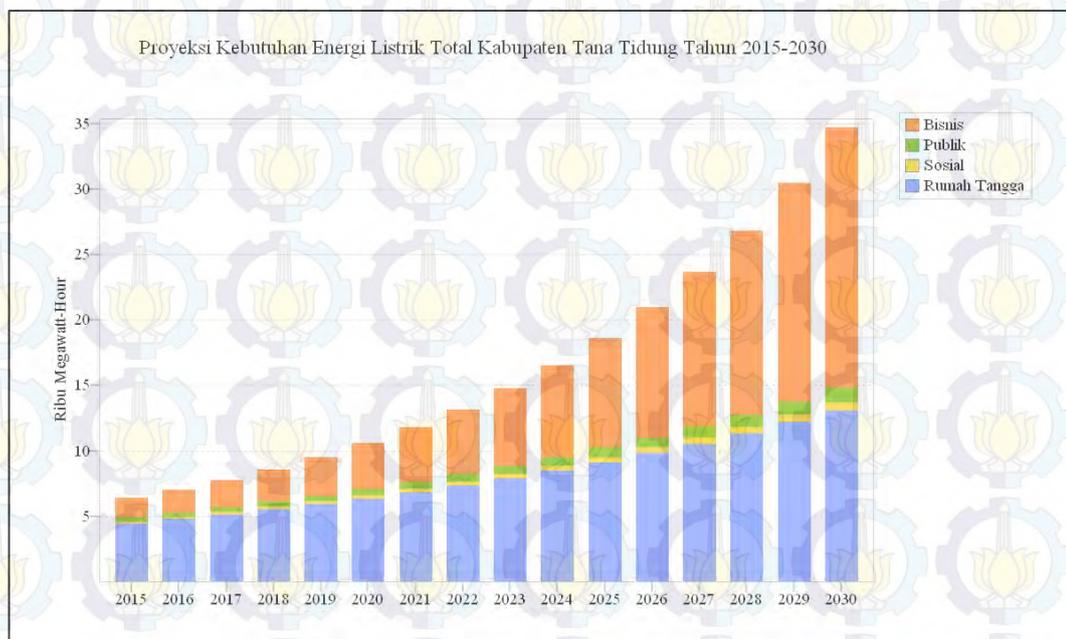
Gambar 4.22 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Publik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Berikut ini disajikan tabel rekapitulasi serta grafik terhadap proyeksi kebutuhan energi listrik seluruh sektor di Kabupaten Tana Tidung dari hasil pengolahan *software* LEAP.

Tabel 4.20 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Tahun	Beban Total Kabupaten Tana Tidung Per Hari (MW)				Jumlah
	Usaha atau Industri	Sosial	Publik	Rumah Tangga	
2015	0.17	0.02	0.03	0.52	0.74
2016	0.20	0.02	0.04	0.57	0.83
2017	0.24	0.02	0.04	0.62	0.92
2018	0.28	0.03	0.05	0.67	1.03
2019	0.33	0.03	0.05	0.73	1.15
2020	0.40	0.03	0.06	0.80	1.29

Tahun	Beban Total Kabupaten Tana Tidung Per Hari (MW)				Jumlah
	Usaha atau Industri	Sosial	Publik	Rumah Tangga	
2021	0.47	0.03	0.07	0.87	1.44
2022	0.56	0.04	0.07	0.95	1.62
2023	0.67	0.04	0.08	1.03	1.82
2024	0.79	0.05	0.09	1.13	2.05
2025	0.94	0.05	0.10	1.23	2.32
2026	1.11	0.06	0.11	1.34	2.62
2027	1.32	0.06	0.13	1.46	2.97
2028	1.57	0.07	0.14	1.59	3.37
2029	1.87	0.08	0.16	1.73	3.83
2030	2.21	0.08	0.17	1.89	4.36



Gambar 4.23 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Pada tabel dan grafik diatas terlihat adanya peningkatan kebutuhan energi listrik untuk seluruh sektor pelanggan di Kabupaten Tana Tidung. Permintaan energi listrik terbesar terletak pada sektor publik lalu diikuti sektor rumah tangga. Pada tahun 2015 proyeksi kebutuhan energi listrik untuk seluruh faktor sebesar 6,506 MWh yang setara dengan 0.52 MW dan meningkat menjadi 38,178 MWh atau setara dengan 1.89 MW di tahun 2030.

Seperti halnya Kabupaten Bulungan, energi listrik dari energi terbarukan di Kabupaten Tana Tidung akan dialokasikan kepada sektor rumah tangga yang belum teraliri listrik sebelumnya sebesar 450 VA per rumah tangga, sesuai dengan sektor pelanggan PLN yaitu golongan R-1 dengan jenis tegangan rendah. Oleh karena itu berdasarkan hasil proyeksi jumlah rumah tangga dan rasio elektrifikasi perkecamatan di Kabupaten Tana Tidung, didapatkan kebutuhan penyaluran daya listrik sebagai berikut.

Tabel 4.21 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2022

No	Kecamatan	Kebutuhan Penyaluran Daya Listrik							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Kec. Sesayap	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
2	Kec. Sesayap Hilir	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
3	Kec. Tana Lia	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
4	Kec. Muruk Rian	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
3	Kec. Betayau	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Total Daya (MW)		0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52

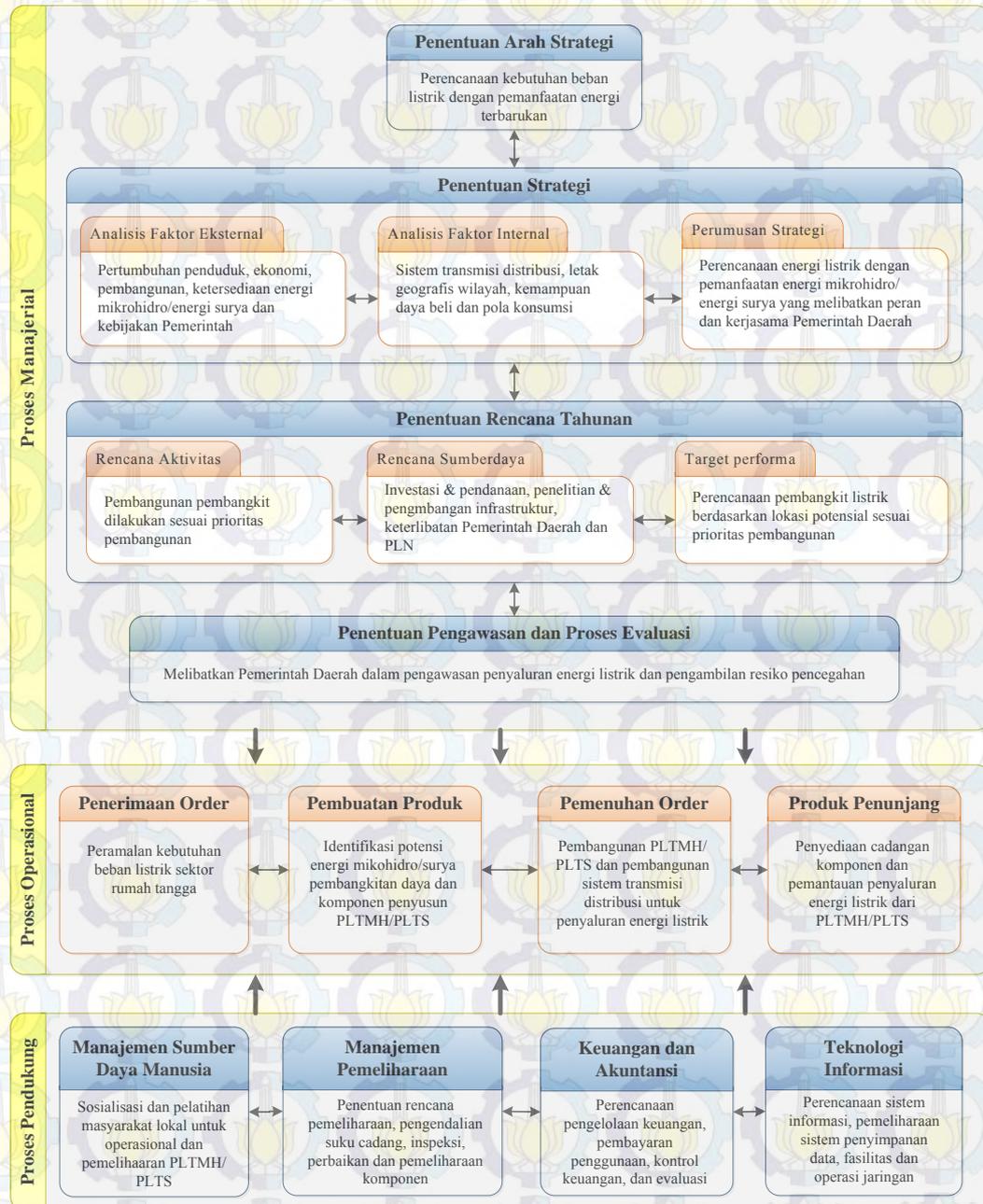
Tabel 4.22 Kebutuhan Daya Listrik Sektor Rumah Tangga Belum Teraliri Listrik Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2022

No	Kecamatan	Kebutuhan Penyaluran Daya Listrik							
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Kec. Sesayap	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
2	Kec. Sesayap Hilir	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
3	Kec. Tana Lia	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
4	Kec. Muruk Rian	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
3	Kec. Betayau	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Total Daya (MW)		0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.53	0.53	0.53

Berdasarkan Tabel 4.21 dan Tabel 4.22 di atas, diketahui bahwa kekurangan daya listrik di Kabupaten Tana Tidung semakin meningkat setiap tahunnya, meskipun tidak terlalu signifikan. Kekurangan daya listrik pada tahun 2015 sebesar 0.52 MW meningkat sebesar 0.53 MW pada tahun 2030.

4.4 Penyusunan Integrasi Sistem Produksi CIMOSA

Proses bisnis CIMOSA pada penelitian ini digunakan untuk mengintegrasikan proses manajerial, proses operasional dan proses pendukung yang menunjang perencanaan produksi pembangkit listrik mulai dari penetapan strategi hingga manajemen pemeliharaan.



Gambar 4.24 Integrasi Sistem Produksi Pembangkit Listrik

Berdasarkan Gambar 4.24 diatas, dapat diketahui hal-hal yang dibutuhkan untuk mengintegrasikan proses manajerial, proses operasional dan proses pendukung yang menunjang perencanaan produksi listrik yang dihasilkan dari PLTMH maupun PLTS. Integrasi sistem produksi ini dimulai dari proses manajerial, proses operasional hingga proses pendukung. Diharapkan integrasi sistem produksi dengan model CIMOSA ini akan membantu Pemerintah Daerah dalam perencanaan pembangunan, dimana proses manajerial digunakan ketika pembangunan masih dalam tahap perencanaan, proses operasional digunakan ketika dalam tahap pembangunan, dan proses pendukung akan membantu dalam tahap operasional dan penyaluran energi listrik ke masyarakat. Selanjutnya dapat dilakukan perencanaan pemanfaatan energi terbarukan mengacu pada integrasi sistem produksi dibawah ini.

4.5 Tahap *Feasibility Study*

Tahap ini merupakan tahapan yang lebih detail dari level *pre-feasibility study*. Pada tahap ini akan diputuskan keputusan final untuk keberlanjutan proyek. Aspek-aspek kelayakan yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah lokasi pembangunan, kapasitas pembangkit yang akan dibangun, dan analisa keuangan terhadap biaya investasi pembangkit. Tahapan ini dimulai dengan mengidentifikasi potensi energi terbarukan yang tersedia di kedua Kabupaten. Tahapan ini juga dilaksanakan untuk menentukan rencana besarnya kapasitas dan lokasi pembangunan yang akan dibangun untuk memenuhi kebutuhan listrik di kedua Kabupaten. Langkah selanjutnya dalam tahap ini adalah analisa investasi pembangkit untuk keputusan kelayakan proyek.

4.6 Pemanfaatan Energi Terbarukan Untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung

Pada sub bab ini akan dibahas proses identifikasi potensi energi terbarukan untuk tenaga mikrohidro dan tenaga surya hingga perhitungan daya yang mampu dibangkitkan dan perencanaan lokasi serta jumlah pembangkit terhadap energi terbarukan tersebut. Besarnya daya listrik yang akan dipenuhi dari pembangkit ke setiap rumah tangga ditentukan dari proyeksi kebutuhan daya yang

telah dihitung pada sub bab sebelumnya. Dalam perencanaannya, daya listrik ini akan disalurkan kepada rumah tangga yang sebelumnya belum teraliri energi listrik. Energi listrik tersebut akan dipenuhi oleh kedua potensi energi terbarukan yaitu energi mikrohidro dan energi surya. Namun jika PLTMH mampu mencukupi proyeksi kebutuhan daya listrik di lokasi tersebut maka PLTS tidak akan dibangun di lokasi tersebut.

4.6.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

PLTMH merupakan pembangkit listrik tenaga air yang menghasilkan power output sebesar 500 w hingga 100 k w. Dalam pembangunan PLTMH terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan, diantaranya jumlah aliran yang tersedia atau debit dan tinggi jatuh (*head*). Semakin besar kapasitas aliran maupun tinggi jatuhnya, maka semakin besar pula daya yang dapat dibangkitkan untuk menghasilkan energi listrik. Adapun kelebihan dan kelemahan PLTMH ditunjukkan pada Tabel 4.23 berikut

Tabel 4.23 Kelemahan dan Kelebihan PLTMH

No	Kelemahan	Kelebihan
1	Biaya investasi cukup besar	Efisiensi lebih tinggi dibandingkan teknologi energi yang lain (70-90%)
2	Memerlukan penguasaan pengetahuan khusus untuk masyarakat	Faktor kapasitas lebih tinggi dibandingkan dengan angin dan surya
3	Memerlukan perhatian yang baik dalam operasional dan perawatannya	Lebih mudah diprediksi, biasanya berubah sesuai dengan pola curah hujan tahunan
4		Perubahan sistem yang lebih lambat, sumber dimana energi dibangkitkan (air) berubah secara berangsur-angsur dari hari ke hari (tidak dari menit ke menit)
5		Keterkaitan dengan beban lebih baik, dimana output juga konstan pada malam ataupun siang hari
6		Sistem PLTMH lebih tahan lama dan handal

Sumber : (Sitompul, 2011)

4.6.1.1 Identifikasi dan Perhitungan Potensi Energi Mikrohidro

Pada penelitian ini data potensi energi mikrohidro yang digunakan merupakan data sekunder yang didapatkan dari Dinas-dinas terkait yaitu Badan Perencanaan dan Pengembangan Daerah (Bappeda) dan Dinas Pertambangan dan

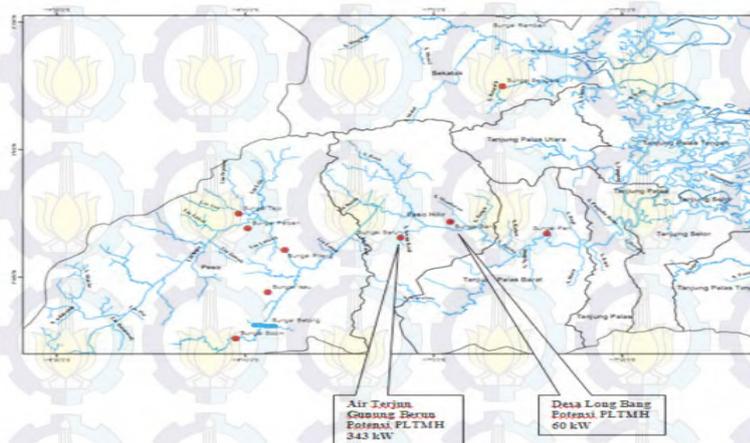
Energi (Distamben) Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung. Data potensi PLTMH tersebut merupakan hasil survey langsung yang dilakukan Dinas diatas terhadap sungai-sungai yang berpotensi di kedua Kabupaten tersebut. Dari data yang terkumpul diketahui bahwa Kabupaten Tana Tidung tidak terdapat sungai yang berpotensi untuk PLTMH, namun Kabupaten Bulungan memiliki delapan sungai yang berpotensi untuk dibangun PLTMH. Tabel berikut ini disajikan potensi energi mikrohidro di Kabupaten Bulungan.

Tabel 4.24 Daftar Sungai dan Potensi Energi Mikrohiro di Kabupaten Bulungan

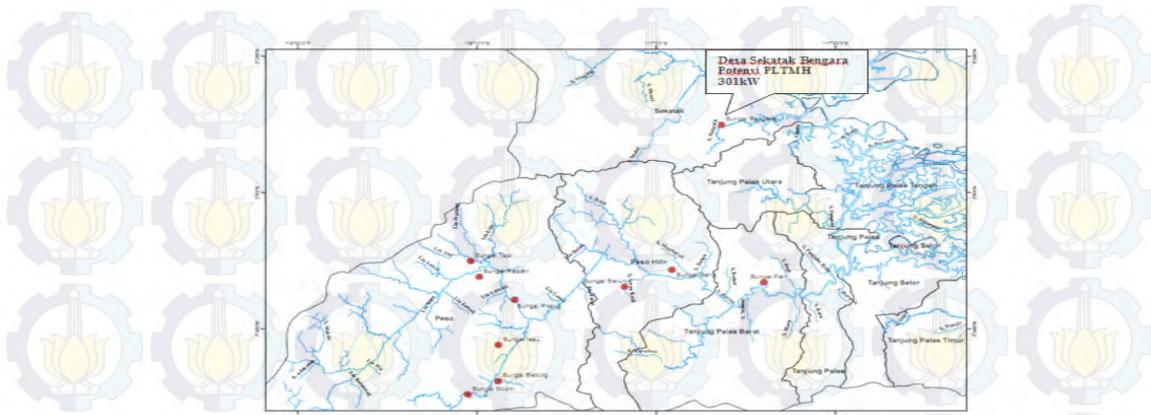
Kecamatan	Nama Sungai	Tinggi Jatuh (h)	Debit (Q)	Potensi (kW)
Peso	Sungai Boom	6	0.776	31.9
Peso	Sungai Isau	21	1.27	182.9
Peso	Sungai Pelban	3.25	0.5	11
Peso	Sungai Tajo	6	0.7	28.8
Peso	Sungai Piteng	50	0.39	133
Peso Hilir	Sungai Bang	11	0.8	60
Peso Hilir	Sungai Gunung Berum	50	1	343
Sekatak	Sungai Bengara	8.8	5	301

Sumber : Distamben Kabupaten Bulungan, 2014

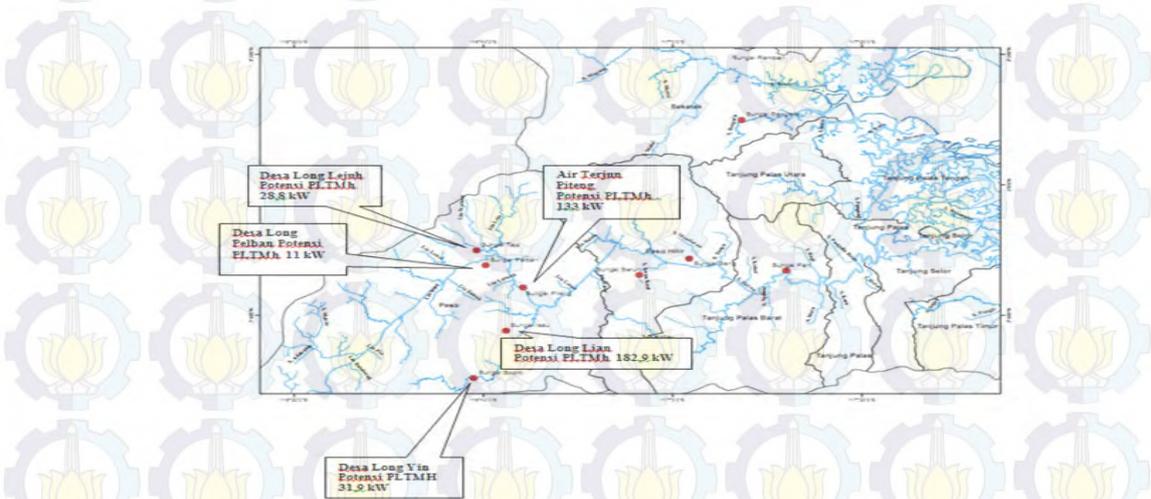
Dibawah ini ditunjukkan gambaran dan peta lokasi dari sungai-sungai diatas.



Gambar 4.25 Peta Lokasi Potensi Energi Mikrohidro di Kecamatan Peso Hilir Kabupaten Bulungan (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 4.26 Peta Lokasi Potensi Energi Mikrohidro di Kecamatan Sekatak Kabupaten Bulungan (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 4.27 Peta Lokasi Potensi Energi Mikrohidro di Kecamatan Peso Kabupaten Bulungan (Distamben Bulungan, 2014)

Dengan demikian jumlah rumah tangga yang mampu teraliri listrik dari total potensi yang ada adalah sebagai berikut:

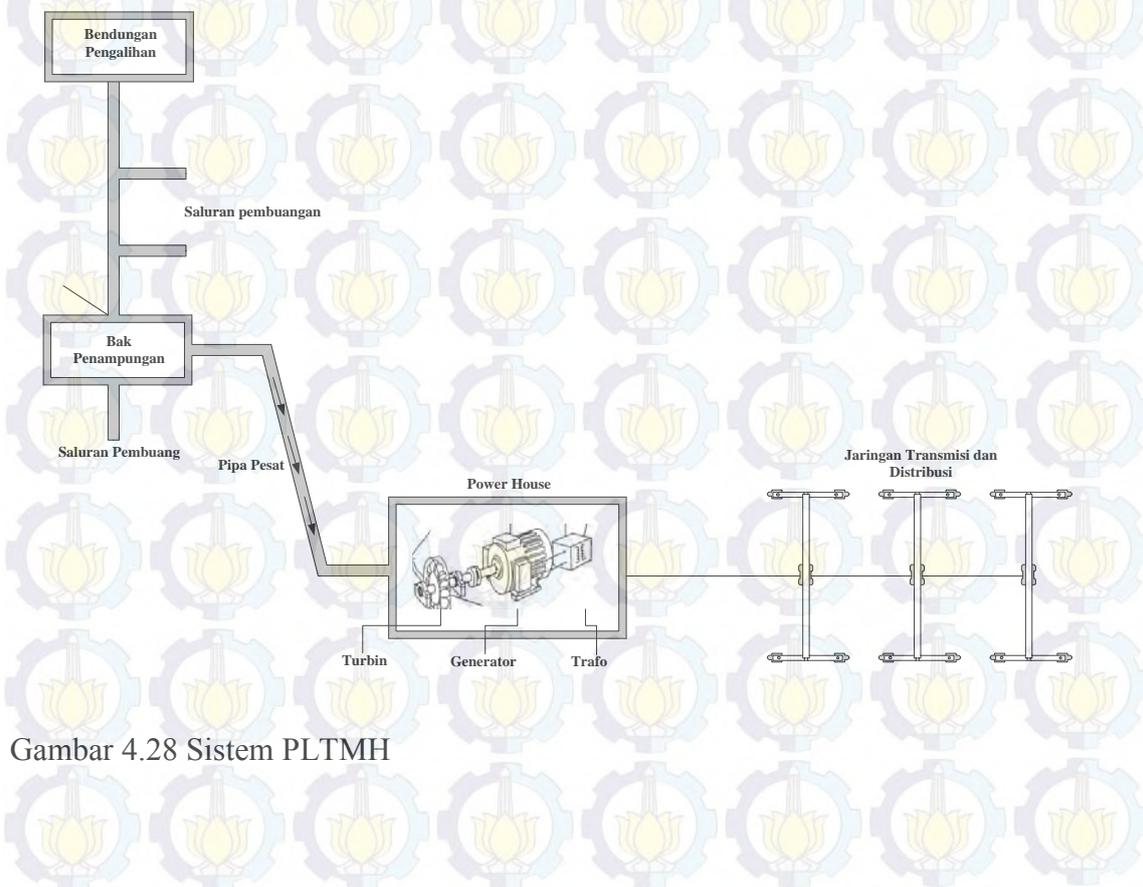
Tabel 4.25 Potensi Energi Mikrohidro dan Jumlah KK Mampu Teraliri Listrik

Kecamatan	Nama Sungai	Potensi (kW)	Jumlah KK Teraliri Listrik
Peso	Sungai Boom	31.9	84
Peso	Sungai Isau	182.9	479
Peso	Sungai Pelban	11	29
Peso	Sungai Tajo	28.8	76
Peso	Sungai Piteng	133	348
Peso Hilir	Sungai Bang	60	157
Peso Hilir	Sungai Gunung Berum	343	897
Sekatak	Sungai Bengara	301	787

Besarnya jumlah KK teraliri listrik tersebut didapatkan dari total potensi yang ada dibagi dengan daya yang akan disalurkan yaitu 450 V A dikalikan dengan *efisiensi power factor* yang digunakan PT. PLN sebesar 85%.

4.6.1.2 Perencanaan Pembangunan PLTMH

Pada sub bab sebelumnya telah disebutkan bahwa potensi energi mikrohidro hanya tersedia di Kabupaten Bulungan, sedangkan sungai-sungai di Kabupaten Tana Tidung tidak berpotensi untuk dibangun PLTMH. Berdasarkan letak geografis, daerah disekitar sungai yang ditunjukkan pada Tabel 4.24 diatas merupakan daerah-daerah yang lebih memungkinkan untuk dapat dikembangkan PLTMH dan ada beberapa desa pada daerah tersebut belum memiliki atau belum terjangkau jaringan listrik PLN. Aliran proses pembangkitan energi mikrohidro dimulai dari bendungan hingga memasuki power house dan dialirkan melalui jaringan transmisi dan distribusi, seperti yang ditunjukkan Gambar 4.28 berikut.



Gambar 4.28 Sistem PLTMH

Dalam implementasi PLTMH seperti aliran proses diatas, dibutuhkan sejumlah komponen utama yang diantaranya sebagai berikut.

1. Peralatan Elektro-Mekanikal, adalah peralatan yang berfungsi untuk merubah energi air menjadi energi listrik. Komponen utamanya diantaranya sebagai berikut.

- a. Turbin, berfungsi untuk merubah energi potensial dalam air yang jatuh menjadi daya mekanikal. Besarnya turbin yang dipilih dalam penelitian ini mengacu pada besarnya potensi daya yang akan dibangkitkan.
- b. Generator, berfungsi untuk merubah daya mekanikal dari turbin menjadi listrik.
- c. Sistem kontrol, berfungsi untuk mengontrol kecepatan turbin terhadap pengaruhnya dengan tegangan dan frekuensi dari listrik yang dibangkitkan.
- d. Transmisi mekanik (*drive system*), berfungsi untuk mentransmisikan daya putaran dari turbin ke generator.

2. Komponen Bangunan Sipil, berikut ini komponen bangunan sipil yang utama dibutuhkan beserta kegunaannya.

- a. Bendung pengalihan, berfungsi untuk mengalihkan aliran yang dibutuhkan untuk pembangkitan daya dari sungai melalui intake ke dalam sistem penyaluran air pada sebuah PLTMH.
- b. Intake, merupakan pintu masuk menuju saluran pembawa dan mengatur aliran masuk dari sungai ke sistem pembawa air.
- c. Bak pengendap pasir atau *settling basin*, berfungsi untuk mencegah batu kerikil, pasir, dan sedimen untuk terbawa ke dalam saluran pembawa dan turbin.
- d. *Headrace* atau saluran pembawa, berfungsi untuk mengalirkan air dari intake ke bak penenang dengan kehilangan ketinggian yang minimum.
- e. *Spilway* atau saluran pelimpah, berfungsi untuk mengembalikan kelebihan air ke sungai dan mencegah aliran berlebih yang tidak terkontrol.

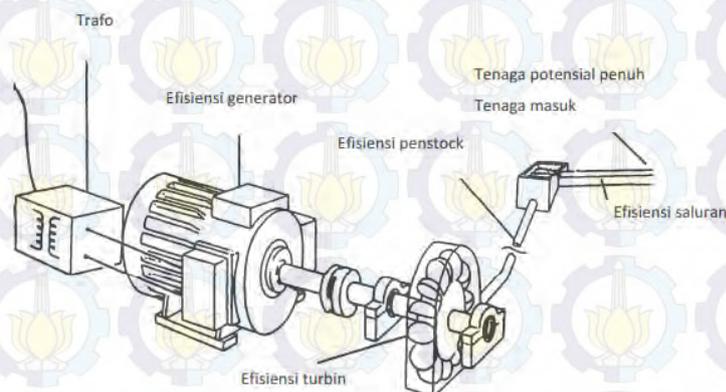
- f. Bak penenang atau *Forebay*, berfungsi sebagai bak penampungan pada saat beban puncak dan sebagai bak akhir untuk mencegah pengisapan udara (air suction) oleh penstok.
- g. Pipa pesat atau *penstok*, berfungsi untuk menghubungkan bak penenang dengan turbin di rumah pembangkit.
- h. *Power house* atau rumah pembangkit, berfungsi untuk menjaga peralatan pembangkit dan kontrol dari kondisi cuaca yang buruk dan mencegah akses masuk bagi orang-orang yang tidak berkepentingan.

3. Sistem Transmisi dan Distribusi

Pada penelitian ini pembangunan PLTMH direncanakan untuk didistribusikan ke rumah tangga di sekitar daerah potensi, sehingga jaringan yang digunakan merupakan jaringan tegangan rendah.

Komponen yang dibutuhkan dalam sistem ini diantaranya tiang listrik dan kabel jaringan.

Pada proses operasional PLTMH, besarnya *inefficiency* tenaga listrik yang dihasilkan dapat ditentukan oleh beberapa komponen. Pada Gambar 4.29 berikut ditunjukkan skema sederhana pembangkit tenaga mikrohidro yang berperan dalam efisiensi daya yang dihasilkan.



Gambar 4.29 Skema Sederhana Pembangkit Tenaga Mikrohidro (JICA, 2004)

Berikut ini penjelasan dari adanya alternatif-alternatif yang dapat dilakukan untuk memperkecil *inefficiency* pembangkit serta dampaknya terhadap alternatif tersebut.

Tabel 4.26 Alternatif dan Dampak Peningkatan Efisiensi PLTMH

Komponen	Alternatif	Dampak
Saluran pembawa	Kemiringan saluran	<i>Inefficiency</i> head lebih tinggi. Namun biaya lebih murah karena penggunaan pipa komersial dapat digunakan
Pipa pesat atau penstock	Peningkatan diameter <i>penstock</i>	Berkurangnya <i>inefficiency head</i> dan output energi. Namun biaya konstruksi menjadi lebih besar
Turbin	Turbin cross flow	Berbiaya rendah dan lebih efisien dibanding jenis turbin lainnya
	Turbin pelton	Kompleksitas turbin dan output efisiensi hanya 60%
	Turbin propeller open flume	Turbin untuk head rendah (dibawah 6-7 m)
	PAT (Pompa yang dapat dioperasikan seperti turbin)	Berbiaya rendah namun debit tidak dapat diatur dan tidak mungkin beroperasi dengan beban saat musim kemarau
Generator	Generator sinkron	Effisiensi pada part maupun full load > 85%. Namun harga lebih mahal dibanding daya yang sama untuk generator asinkron
	Generator asinkron	Effisiensi rendah <70%. Namun harga komponen relative murah dengan penggantian kapasitor dalam waktu tertentu

Sumber : (Sitompul, 2011)

4.6.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah sistem pembangkit yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan Fotovoltaik (PV) dalam pemanfaatan energi surya. Prinsip kerja dari PV adalah mengubah cahaya matahari menjadi listrik dengan menggunakan sel surya yang terbuat dari material semikonduktor. Selanjutnya 36-40 buah sel surya tersebut dirangkai menjadi satu modul/panel surya. Teknologi PV dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, diantaranya *Solar Home System* (SHS), lampu jalan tenaga surya dan pemompaan air tenaga surya. Menurut Sitompul (2011), pemanfaatan energi surya memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Kelebihan dan Kelemahan PLTS

No	Kelebihan	Kelemahan
1	Ramah lingkungan dan tidak menimbulkan kebisingan	Membutuhkan area yang luas untuk dapat menangkap radiasi matahari sebanyak mungkin
2	Tidak tergantung pada ketersediaan bahan bakar fosil	Biaya investasi cukup tinggi terutama untuk sistem PV
3	Mempunyai peluang pasar dibidang industri peralatan dan mesin pertanian yang memanfaatkan energi surya	Efisiensi peralatan energi surya masih rendah
4	Dapat diaplikasikan pada berbagai kondisi: daerah terpencil, pegunungan, pantai, daerah bencana, dan sebagainya	Membutuhkan komponen tambahan untuk menyimpan energi surya saat tidak ada sinar matahari, sehingga menambah biaya investasi awal
5	Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah	Bersifat intermiten atau tidak kontinyu (tergantung pada kondisi cuaca)
6	Peralatan untuk pemanfaatan mudah dibuat sesuai kebutuhan fleksibel dan praktis	
7	Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai dan dapat digunakan pada malam hari atau pada saat tidak ada matahari	

Sumber : (Sitompul, 2011)

4.6.2.1 Identifikasi dan Perhitungan Potensi Energi Surya

Pada sub bab ini akan ditunjukkan proses identifikasi potensi energi surya di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung serta perhitungan daya yang mampu dibangkitkan dari ketersediaan potensi energi surya. Identifikasi potensi energi surya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak agar didapatkan data radiasi harian matahari. Berdasarkan koordinat lokasi yang dimasukkan kedalam perangkat lunak Homer, didapatkan data rata-rata radiasi harian matahari di Kabupaten Bulungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.28 hingga Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.28 Rata-rata Radiasi Matahari Harian di Kabupaten Bulungan

Bulan	Radiasi Harian Rata-rata (kwh/m ² /d)				
	Peso	Peso Hilir	Tanjung Palas	Tj.Palas Barat	Tj. Palas Utara
Januari	4.55	4.45	4.42	4.45	4.42
Februari	4.81	4.66	4.69	4.70	4.69
Maret	5.30	5.15	5.04	5.13	5.04
April	5.15	5.08	4.99	5.10	4.99
Mei	4.74	4.74	4.62	4.65	4.62
Juni	4.63	4.57	4.45	4.47	4.45

Bulan	Radiasi Harian Rata-rata (kwh/m ² /d)				
	Peso	Peso Hilir	Tanjung Palas	Tj.Palas Barat	Tj. Palas Utara
Juli	4.64	4.55	4.56	4.57	4.56
Agustus	4.90	4.84	4.88	4.85	4.88
September	5.01	5.02	5.03	5.09	5.03
Oktober	4.93	4.96	4.92	5.00	4.92
Nopember	4.53	4.51	4.44	4.50	4.44
Desember	4.42	4.36	4.33	4.37	4.33
Rata-Rata	4.80	4.74	4.70	4.74	4.70

Tabel 4.29 Rata-rata Radiasi Matahari Harian di Kabupaten Bulungan

Bulan	Radiasi Harian Rata-rata (kwh/m ² /d)				
	Tj. Palas Timur	Tj. Selor	Tj. Palas Tengah	Sekatak	Bunyu
Januari	4.46	4.39	4.42	4.36	4.22
Februari	4.70	4.72	4.69	4.67	4.57
Maret	5.13	5.03	5.04	5.07	4.89
April	5.10	4.99	4.99	4.92	4.77
Mei	4.71	4.63	4.62	4.59	4.41
Juni	4.59	4.48	4.45	4.52	4.26
Juli	4.61	4.53	4.56	4.47	4.40
Agustus	5.00	4.82	4.88	4.72	4.52
September	5.09	5.00	5.03	4.86	4.72
Oktober	4.95	4.87	4.92	4.85	4.63
Nopember	4.48	4.46	4.44	4.38	4.23
Desember	4.38	4.28	4.33	4.20	4.18
Rata-Rata	4.77	4.68	4.70	4.63	4.48

Tabel 4.30 Rata-rata Radiasi Matahari Harian di Kabupaten Tana Tidung

Bulan	Radiasi Harian Rata-rata (kwh/m ² /d)				
	Sesayap	Sesayap hilir	Tana Lia	Muruk Rian	Betayau
Januari	4.46	4.40	4.47	4.58	4.46
Februari	4.75	4.73	4.73	4.85	4.75
Maret	5.17	5.01	5.11	5.30	5.17
April	5.03	4.90	4.96	5.12	5.03
Mei	4.74	4.65	4.70	4.79	4.74
Juni	4.58	4.56	4.58	4.60	4.58
Juli	4.61	4.54	4.62	4.67	4.61
Agustus	4.78	4.72	4.81	4.95	4.78
September	4.91	4.88	4.98	5.03	4.91
Oktober	4.87	4.82	4.90	4.92	4.87
Nopember	4.45	4.39	4.51	4.57	4.45
Desember	4.38	4.35	4.43	4.57	4.38
Rata-Rata	4.73	4.66	4.73	4.83	4.73

Berdasarkan data radiasi harian rata-rata matahari diatas dan dengan asumsi bahwa dalam 1 hari energi radiasi terjadi selama 8 jam, maka potensi energi surya yang mampu diterima oleh suatu daerah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6. Tabel 4.31 dan Tabel 4.32 berikut ini adalah hasil perhitungan potensi energi surya untuk Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung dengan asumsi luas daerah potensi sebesar 1%.

Tabel 4.31 Potensi Energi Surya Pertahun di Kabupaten Bulungan

Kecamatan	Radiasi Harian Rata-Rata (kwh/m ² /d)	Luas Daerah Potensi (m ²)	Prosentase Daerah Potensi (%)	Potensi Energi Surya (MW)	Potensi Energi Surya (MWh/Tahun)
Peso	4.80	3,142,790,000	1	189	550,674
Peso Hilir	4.74	1,639,710,000	1	97	283,641
Tj. Palas	4.70	1,755,740,000	1	103	300,988
Tj. Palas Barat	4.74	1,064,510,000	1	63	184,148
Tj. Palas Utara	4.70	806,340,000	1	47	138,231
Tj. Palas Timur	4.77	677,770,000	1	40	117,918
Tj. Selor	4.68	1,277,810,000	1	75	218,395
Tj. Palas Tengah	4.70	624,950,000	1	37	107,136
Sekatak	4.63	1,993,980,000	1	115	337,209
Bunyu	4.48	198,320,000	1	11	32,440
Total Potensi Energi Surya				778	2,270,780

Tabel 4.32 Potensi Energi Surya Pertahun di KabupatenTana Tidung

Kecamatan	Radiasi Harian Rata-Rata (kwh/m ² /d)	Luas Daerah Potensi (m ²)	Prosentase Daerah Potensi (%)	Potensi Energi Surya (MW)	Potensi Energi Surya (MWh/Tahun)
Sesayap	4.73	1,016,920,000	1	60	175,498
Sesayap hilir	4.66	1,317,530,000	1	77	224,170
Tana Lia	4.73	426,800,000	1	25	73,735
Muruk Rian	4.83	608,620,000	1	37	107,283
Betayau	4.73	1,007,650,000	1	60	173,898
Total Potensi Energi Surya				258	754,586

Dapat dilihat di Tabel 4.31 dan Tabel 4.32 bahwa Kabupaten Bulungan mempunyai potensi energi surya sebesar 2,270,780 Mwh pertahun dan Kabupaten Tana Tidung mempunyai potensi energi surya sebesar 754,586 M wh pertahun.

Selanjutnya untuk mengetahui jumlah rumah tangga yang dapat teraliri listrik dari potensi energi surya tersebut dapat diketahui pada sub bab selanjutnya.

4.6.2.2 Perencanaan Pembangunan PLTS

Pembangunan PLTS secara keseluruhan membutuhkan waktu sekitar 8-18 bulan (Wijayanto, 2014). Sehingga apabila proyek pembangunan akan dijalankan mulai tahun 2015 maka perencanaan PLTS ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan mulai tahun 2017. PLTS yang akan dikembangkan dalam penelitian ini merupakan PLTS terpusat sebesar 300 kW p untuk setiap lokasi pembangunan di Kabupaten Bulungan dan PLTS terpusat sebesar 120 kWp untuk setiap lokasi pembangunan di Kabupaten Tana Tidung. Dalam sebuah pembangunan PLTS terpusat, faktor yang diperhatikan dalam menentukan kapasitas pembangkit adalah kebutuhan beban listrik di lokasi tersebut. PLTS terpusat dengan kapasitas 300 kW p di Kabupaten Bulungan akan mampu memenuhi kebutuhan rumah tangga golongan 450 VA dengan total kebutuhan 1200 kWh, dimana angka tersebut juga merupakan representasi dari jumlah rumah tangga yang dalam satu lingkaran suatu daerah yang *isolated*. Sedangkan PLTS terpusat dengan kapasitas 120 kW p di Kabupaten Tana Tidung akan mampu memenuhi kebutuhan rumah tangga golongan 450 VA dengan total kebutuhan 500 kWh. Faktor kedua, saat ini dalam pembangunan PLTS terpusat harus memperhatikan Peraturan Menteri (Permen) Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomer 17 Tahun 2013. Permen tersebut berisi tentang pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero) dari suatu PLTS Fotovoltaik terpusat di suatu daerah. Selain itu Permen tersebut juga mengatur sebaran lokasi kuota kapasitas PLTS Fotovoltaik, dimana untuk Tanjung Selor dibatasi hanya 1 MW. Sistem Tanjung Selor tersebut merupakan PLN Rayon Tanjung Selor yang juga melayani kebutuhan energi listrik di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung. Sedangkan faktor ketiga dalam perencanaan pembangunan PLTS adalah dana yang tersedia di setiap Kabupaten, baik alokasi dana yang berasal dari APBD (Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah) Kabupaten maupun alokasi dana dari APBN (Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara) untuk pembangunan infrastruktur pembangkit listrik. Diketahui APBD Kabupaten Bulungan tahun

2014 sebesar Rp 2,7 triliun dan APBD Kabupaten Tana Tidung sebesar Rp 1,28 triliun. Oleh karena itu dalam penelitian ini perencanaan pembangunan PLTS memperhatikan ketiga faktor diatas. Berikut ini perhitungan yang dilakukan dalam merencanakan pembangkitan PLTS.

1. Perhitungan PV Area atau Area Array

Perhitungan luas area array dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 diatas. Apabila kebutuhan energi listrik di setiap lokasi yang akan disupply sebesar 1200 kwh/hari maka Kecamatan Tanjung Palas Barat di Kabupaten Bulungan membutuhkan PV Area sebesar berikut ini.

Diketahui :

$$E_L = 1200 \text{ kWh}$$

$$G_{AV} = 4.74 \text{ kWh/m}^2$$

$$\eta_{PV} = 15 \%$$

$$TCF = 0.97$$

$$\eta_{out} = 90\%$$

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}}$$

$$PV \text{ Area} = \frac{1200}{4.74 \times 15\% \times 0.97 \times 90\%} = 1934 m^2$$

Dari perhitungan diatas didapatkan luas PV Area yang dibutuhkan untuk membangun PLTS terpusat di Kabupaten Bulungan adalah 1934 m², dengan perhitungan yang sama untuk kebutuhan 500 kw h/hari di Kabupaten Tana Tidung membutuhkan PV Area seluas 791 m².

2. Perhitungan Daya yang dibangkitkan PLTS (Pwattpeak)

Untuk menghitung besarnya daya yang dibangkitkan oleh suatu PLTS digunakan rumus perhitungan sesuai dengan persamaan 2.10 diatas. Dari perhitungan PV area diatas dan PSI (*Peak Sun Insolation*) sebesar 1000 W/m² serta efisiensi panel surya sebesar 15% maka:

$$\begin{aligned}
 P \text{ (watt peak)} &= \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \\
 &= 1934 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0.15 \\
 &= 290,029 \text{ watt peak} = 300 \text{ kWp}
 \end{aligned}$$

Dari nilai P_{wattpeak} sebesar 300,000 W maka luas area array dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Area PLTS} &= \frac{P_{\text{Wattpeak}}}{\text{PSI} \times \eta_{\text{PV}}} \\
 \text{Area PLTS} &= \frac{300000 \text{ W}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0.15} = 2000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

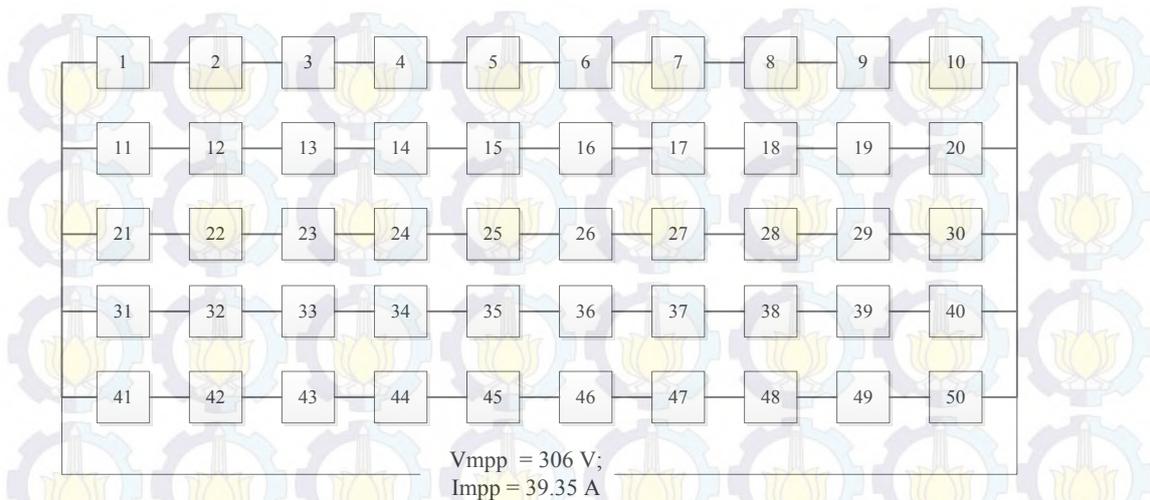
Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa untuk membangkitkan 300 k Wp maka dibutuhkan Area PLTS total sebesar 2000 m² dan dengan rumus yang sama untuk membangkitkan 120 kWp dibutuhkan area PLTS total sebesar 800 m².

3. Perhitungan Jumlah Panel Surya

Spesifikasi panel surya dalam perencanaan kebutuhan listrik ini adalah panel surya yang memiliki P_{MPP} sebesar 240 W per panel. Perhitungan untuk dapat menentukan jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS adalah sesuai dengan persamaan 2.11. Dari nilai P_{wattpeak} sebesar 300,000 W maka kebutuhan jumlah panel surya dihitung sebagai berikut.

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{300000 \text{ W}}{240 \text{ W}} = 1250 \text{ panel surya}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa setiap lokasi pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan dibutuhkan jumlah panel surya sebesar 1250 pa nel surya, sedangkan Kabupaten Tana Tidung membutuhkan panel surya sebesar 500 pa nel surya. Adapun rangkaian panel direncanakan membentuk array yang terdiri dari 5 rangkaian yang terhubung paralel dengan 1 r angkaian terdiri dari 10 pa nel yang terhubung secara seri. Array PLTS yang akan dikembangkan dalam penelitian ini tersusun seperti berikut.



Gambar 4.30 Area Array PLTS Terpusat

Panel surya yang digunakan dalam perencanaan adalah panel surya dengan spesifikasi $V_{mpp} = 30,56 \text{ V}$, $I_{mp} = 7,87 \text{ A}$, dan $P_{mpp} = 240 \text{ W}$ per panel. Maka besar V_{mpp} , I_{mpp} dan P_{mpp} pada array dihitung sebagai berikut :

$$V_{mpp \text{ array}} = 30,56 \text{ V} \times 10 = 306 \text{ V}$$

$$I_{mpp \text{ array}} = 7,87 \text{ A} \times 5 = 39.35 \text{ A}$$

$$P_{mpp \text{ array}} = 306 \times 39.35 = 12041 \text{ W} = 12000 \text{ W}$$

4. Perhitungan Kapasitas Inverter

Berdasarkan kapasitas daya yang harus dilayani dari perhitungan diatas yaitu sebesar 12000 W , maka inverter untuk setiap fasa diupayakan mendekati kapasitas daya tersebut.

5. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Baterai

Baterai yang digunakan untuk PLTS adalah batere jenis *lead-acid*. Pemilihan baterai haruslah memperhatikan aturan berikut :

- a. Baterai dapat melayani kebutuhan 3-5 hari tanpa sinar matahari
- b. Baterai tidak boleh terkuras lebih dari 50%
- c. Faktor *efficiency* baterai minimal sebesar 80%

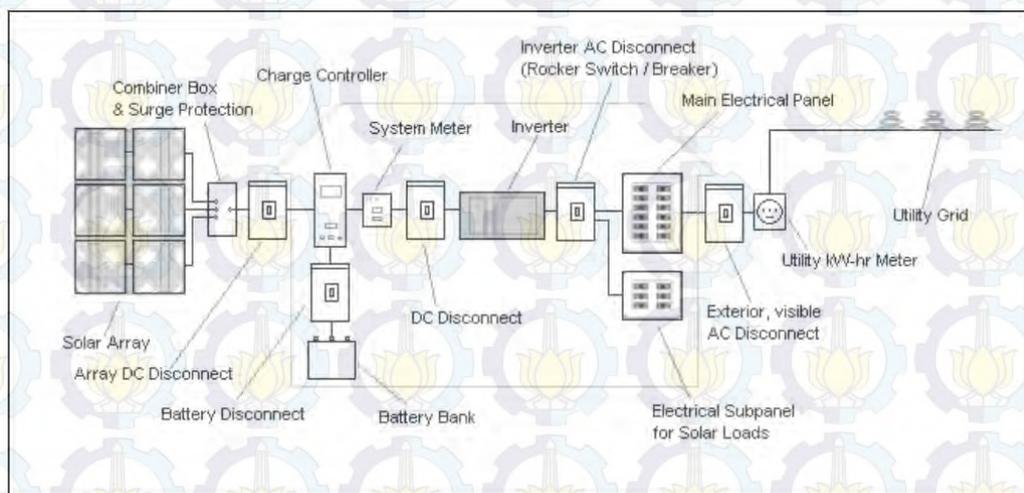
Kebutuhan jumlah baterai dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan daya per lokasi. Besaran baterai disimbolkan dengan Ah, sehingga

perhitungan untuk menentukan besarnya Ah baterai dihitung sebagai berikut:

Kebutuhan beban listrik perhari = 1,200,000 Wh
Suplai baterai = 80% x 1,200,000 = 960,000 Wh
Penyimpanan baterai = 960,000 x 4 hari = 3,840,000 Wh
Ukuran penyimpanan baterai = 3,840,000 x 50% = 1,920,000 Wh
Kebutuhan baterai = 1,920,000 /12 Volt/1000Amp
= 160 baterai 1000 Ah

Perhitungan diatas menyimpulkan bahwa jumlah batere yang dibutuhkan untuk Kabupaten Bulungan dan Tana Tidung adalah sebesar 160 baterai dan 67 baterai.

Perancangan komponen-komponen PLTS diatas disusun menjadi konfigurasi sistem PLTS seperti yang ditunjukkan Gambar 4.31 berikut ini.



Gambar 4.31 Konfigurasi Komponen PLTS Terpusat (Washington State University, 2009)

4.6.3 Perencanaan Lokasi dan Jumlah Pembangkit Listrik Energi Terbarukan

Setelah diketahui potensi energi terbarukan pada sub bab sebelumnya, maka pada sub bab ini akan membahas tentang perencanaan lokasi dan jumlah pembangkit listrik baik PLTMH ataupun PLTS di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung.

4.6.3.1 Lokasi dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Bulungan

Pada sub bab ini akan dilakukan pemilihan lokasi pembangunan, yaitu prioritas pembangunan berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Bulungan. Dalam menentukan lokasi pembangunan pembangkit, pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Brown-Gibson. Metode Brown-Gibson dipilih karena metode tersebut dapat mengakomodir data kualitatif maupun data kuantitatif. Adapun data kuantitatif yang digunakan dalam penentuan lokasi pembangunan pembangkit adalah rasio elektrifikasi (jumlah rumah tangga yang belum teraliri listrik), jumlah infrastruktur sosial, dan jumlah industri perdagangan. Sedangkan data kualitatif yang digunakan adalah geografis wilayah (*isolated* atau tidaknya suatu daerah), pola konsumsi masyarakat dan ketersediaan EBT. Pengolahan data dengan metode Brown-Gibson untuk lokasi pembangunan pembangkit di Kabupaten Bulungan selengkapnya ditunjukkan pada Lampiran C.1. Tabel 4.33 berikut ini adalah rekapitulasi prioritas pembangunan pembangkit di Kabupaten Bulungan.

Tabel 4.33 Prioritas Pembangunan Pembangkit di Kabupaten Bulungan

Kecamatan	Bobot Prioritas Pembangunan	Prioritas Pembangunan
Peso	0.216	1
Peso Hilir	0.157	2
Tg. Palas Barat	0.053	3
Tg. Palas Tengah	0.108	4
Bunyu	0.083	5
Tg. Palas Utara	0.054	6
Tanjung Selor	0.072	7
Sekatak	0.097	8
Tg. Palas Timur	0.069	9
Tg. Palas	0.091	10

Pada penelitian ini pembangunan pembangkit di setiap lokasi dilakukan berdasarkan proyeksi kebutuhan daya listrik dengan mempertimbangkan ketiga faktor yang disebutkan diatas. Tabel 4.34 dan Tabel 4.35 dibawah ini menunjukkan perencanaan lokasi dan jumlah pembangkit yang dibangun di masing-masing Kecamatan berdasarkan prioritas pembangunan setiap tahunnya.

Tabel 4.34 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2021

Uraian	Tahun						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lokasi pembangunan	Peso	Peso Hilir	Tg. Palas Barat	Tg. Palas Tengah	Bunyu	Tg. Palas Utara	Tanjung Selor
Kebutuhan energi listrik							
Kebutuhan daya listrik (watt)	156,825	262,013	380,588	660,960	368,348	580,635	1,864,688
Kebutuhan rumah tangga (KK)	410	685	995	1,728	963	1,518	4,875
Potensi energi terbarukan							
Energi mikrohidro atau PLTMH	Sungai Piteng, Sungai Pelban, dan Sungai Tajo	Sungai Gunung Berum	Potensi mikrohidro tidak tersedia				
Total potensi energi mikrohidro (watt)	172,800	343,000					
Jumlah rumah tangga teraliri listrik	452	897					
Energi surya atau PLTS							
Kebutuhan daya listrik (kWh)	Tercukupi oleh potensi mikrohidro		4,568	7,932	4,421	6,968	22,377
Kebutuhan daya listrik per lokasi (kWh)			1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Jumlah lokasi PLTS terpusat			2	2	2	2	2
Jumlah rumah tangga teraliri listrik Per Lokasi			261	261	261	261	261
Total jumlah rumah tangga teraliri listrik			522	522	522	522	522
Kebutuhan daya listrik terpenuhi (watt)			200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
Kapasitas Daya dan Komponen Pembangkit							
Energi mikrohidro atau PLTMH							
Kapasitas daya turbin (kW)	180	340	Potensi mikrohidro tidak tersedia				
Kebutuhan Generator (HP)	270	510					
Energi surya atau PLTS							
Kapasitas daya (Pwattpeak) Per Lokasi	Tercukupi oleh potensi mikrohidro		300,000	300,000	300,000	300,000	300,000
Jumlah Panel Surya Per Lokasi			1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Total Jumlah Panel Surya			2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Kebutuhan Luas Area PLTS Per Lokasi (m ²)			2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Total Kebutuhan Luas Area PLTS (m ²)			4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
			4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Rasio Elektrifikasi	64.23%	65.01%	64.80%	64.56%	64.30%	64.01%	63.70%

Tabel 4.35 Lokasi Pembangunan Pembangkit dan Jumlah Pembangkit di Kabupaten Bulungan Tahun 2022-2030

Uraian	Tahun								
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Lokasi pembangunan	Sekatak	Tg. Palas Timur	Tg. Palas	Peso	Peso Hilir	Tg. Palas Barat	Tg. Palas Tengah	Bunyu	Tg. Palas Utara
Kebutuhan energi listrik									
Kebutuhan daya listrik (watt)	949,748	1,171,598	1,177,718	117,045	115,898	208,845	294,143	386,325	333,923
Kebutuhan rumah tangga (KK)	2,483	3,063	3,079	716	988	1,541	2,497	1,973	2,088
Potensi energi terbarukan									
Energi mikrohidro atau PLTMH	Sungai Bengara	Potensi mikrohidro tidak tersedia		Sungai Boom, dan Sungai Isau	Sungai Bang	Potensi mikrohidro tidak tersedia			
Total potensi energi mikrohidro (watt)	301,000			214,800	60,000				
Jumlah rumah tangga teraliri listrik	787			562	157				
Energi surya atau PLTS									
Kebutuhan daya listrik (kWh)	7,785	14,060	14,133	Tercukupi oleh potensi mikrohidro		2,507	3,530	4,636	4,008
Kebutuhan daya listrik per lokasi (kWh)	1,200	1,200	1,200			1,200	1,200	1,200	1,200
Jumlah lokasi PLTS terpusat	2	2	2			2	2	2	2
Jumlah rumah tangga teraliri listrik Per Lokasi	261	261	261			261	261	261	261
Total jumlah rumah tangga teraliri listrik	522	522	522			522	522	522	522
Kebutuhan daya listrik terpenuhi (watt)	200,000	200,000	200,000			200,000	200,000	200,000	200,000
Kapasitas Daya dan Komponen Pembangkit									
Energi mikrohidro atau PLTMH									
Kapasitas daya turbin (kW)	300	Potensi mikrohidro tidak tersedia		220	60	Potensi mikrohidro tidak tersedia			
Kebutuhan Generator (HP)	450			330	90				
Energi surya atau PLTS									
Kapasitas daya (Pwattpeak) Per Lokasi	300,000	300,000	300,000	Tercukupi oleh potensi mikrohidro		300,000	300,000	300,000	300,000
Jumlah Panel Surya Per Lokasi	1,250	1,250	1,250			1,250	1,250	1,250	1,250
Total Jumlah Panel Surya	2,500	2,500	2,500			2,500	2,500	2,500	2,500
Kebutuhan Luas Area PLTS Per Lokasi (m ²)	2,000	2,000	2,000			2,000	2,000	2,000	2,000
Total Kebutuhan Luas Area PLTS (m ²)	4,000	4,000	4,000			4,000	4,000	4,000	4,000
Rasio Elektrifikasi	65.10%	64.72%	64.32%	63.98%	62.82%	62.39%	61.95%	61.49%	61.02%

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.34 diatas Kecamatan Peso dibangun pada awal pembangunan yaitu tahun 2015 s esuai dengan prioritas pembangunan diatas. Kebutuhan daya listrik sebesar 156,825 watt didapatkan dari proyeksi jumlah rumah tangga yang belum teraliri listrik di Kecamatan Peso pada tahun 2015 m endatang dikalikan dengan besarnya daya yang direncanakan dialirkan ke setiap rumah tangga. Untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut, Kecamatan Peso memiliki potensi energi mikrohidro sebesar 172,800 watt dan mampu memenuhi sebesar proyeksi daya yang dibutuhkan. Sehingga untuk tahun 2015 di Kecamatan Peso hanya dilakukan pembangunan PLTMH, tanpa pembangunan PLTS. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk besarnya turbin yang dibutuhkan untuk membangun potensi energi mikrohidro 172,800 watt, dan didapatkan hasil sebesar 180 kW. Perhitungan kapasitas turbin tersebut mengacu pada pembangunan PLTMH yang dilakukan di Sungai Tanutu, Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan.

Berbeda dengan Kecamatan Peso, Kecamatan Tanjung Palas Barat tidak memiliki potensi energi mikrohidro untuk dibangkitkan. Untuk memenuhi kebutuhan Kecamatan Tanjung Palas Barat sebesar 380,588 watt maka jumlah lokasi PLTS terpusat dengan kapasitas 300 kWp seharusnya berjumlah 4 lokasi, namun berdasarkan ketiga factor yang disebutkan sebelumnya maka Kecamatan Tanjung Palas Barat hanya dapat disupplay oleh 2 P LTS terpusat/komunal. Dampaknya adalah daya yang dihasilkan hanya mampu digunakan untuk membangkitkan 522 rumah tangga dari total kebutuhan 1044 rumah tangga di Kecamatan Tanjung Palas Barat. Berdasarkan hasil pemetaan tersebut maka Kecamatan Tanjung Palas membutuhkan 2500 panel surya dan 4000 m². Berikutnya akan ditunjukkan pemetaan lokasi pembangunan di setiap kecamatan sesuai dengan proyeksi beban listrik seperti pada Gambar 4.32 – Gambar 4.34 berikut.

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Bab ini berisikan analisis dan interpretasi data terhadap hasil pengolahan data dan perencanaan energi listrik bagi Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung.

5.1 Analisa Pertumbuhan Penduduk dan Ekonomi

Sub bab ini akan memberikan analisa terhadap hasil proyeksi pertumbuhan penduduk, baik jumlah penduduk maupun jumlah rumah tangga serta analisa terhadap hasil proyeksi perekonomian masing-masing daerah.

5.1.1 Analisa Pertumbuhan Penduduk dan Ekonomi Kabupaten Bulungan

Pertumbuhan penduduk di suatu daerah memiliki besaran yang berbeda, karena pertumbuhan penduduk dipengaruhi oleh tiga hal, antara lain kelahiran (*fertilitas*), kematian (*mortalitas*), dan migrasi di daerah tersebut. Laju pertumbuhan penduduk Kabupaten Bulungan selama 5 tahun terakhir memiliki nilai rata-rata sebesar 2.36%, dimana 2 tahun terakhir mengalami penurunan setelah di tahun 2011 terjadi lonjakan pertumbuhan cukup tajam yaitu sebesar 3.87% dari 0.19%. Berdasarkan nilai rata-rata pertumbuhan penduduk tersebut didapatkan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2030 mencapai 230,360 jiwa dari 154,934 jiwa di tahun 2013. Besarnya jumlah penduduk tersebut berdampak pada kepadatan penduduk yang mencapai 17.74 jiwa/km² di tahun 2030 dari 11.75 jiwa/km² di tahun 2013. Pada tahun 2013 pendapatan regional perkapita di Kabupaten ini menunjukkan peningkatan setiap tahunnya dengan nilai rata-rata sebesar 6.2%.

Karakteristik dari masyarakat saat ini adalah dengan meningkatnya pendapatan maka permintaan barang dan jasa juga meningkat, seiring dengan hal tersebut maka permintaan akan energi listrik juga meningkat. Sebagai Ibukota Provinsi Kalimantan Utara, tidak menutup kemungkinan bahwa dampak yang timbul dari meningkatnya kepadatan penduduk di Kabupaten Bulungan akan

mendorong kebutuhan pasar, kebutuhan energi listrik dan biaya hidup yang tinggi. Oleh karena itu jika di tahun sekarang terjadi defisit energi listrik dan jika tidak segera diatasi, maka di tahun mendatang akan terjadi defisit energi listrik yang semakin besar. Bagi suatu daerah yang mengalami defisit energi listrik tentu akan berdampak pada sektor perekonomian daerah, yaitu terhambatnya pertumbuhan perekonomian di daerah tersebut. Meskipun nilai PDRB perkapita dan pendapatan regional perkapita menunjukkan peningkatan, namun terjadi pergeseran struktur ekonomi di Kabupaten Bulungan. Struktur ekonomi di Kabupaten Bulungan ini didominasi oleh sektor pertambangan, pertanian, perdagangan, hotel dan restaurant, dimana ketiga sektor tersebut membutuhkan energi listrik untuk proses operasionalnya. Selain itu selama tiga tahun terakhir industri pengolahan hanya menduduki prosentase sebesar 0.09%, penyediaan daya listrik yang menurun dapat menjadi penyebab tidak berkembangnya industri pengolahan. Dengan demikian energi listrik juga dapat menjadi penentu bagi perekonomian di suatu daerah.

5.1.2 Analisa Pertumbuhan Penduduk dan Ekonomi Kabupaten Tana Tidung

Kabupaten Tana Tidung merupakan hasil pemekaran dari Kabupaten Bulungan yang memiliki luas wilayah paling kecil di Provinsi Kalimantan Utara yaitu hanya sebesar 4,828.58 km² dengan jumlah penduduk sebesar 18,985 jiwa di tahun 2013. Laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten ini selama lima tahun terakhir memiliki nilai rata-rata sebesar 6.95%. Berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan didapatkan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2030 sebesar 19,240 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 3.98%. Kecilnya nilai kepadatan penduduk tersebut menunjukkan bahwa lokasi pemukiman belum mendominasi suatu wilayah dan masih mendiami suatu wilayah yang tersebar. Pada sektor perekonomian, struktur ekonomi di Kabupaten ini didominasi oleh sektor pertanian, pertambangan, dan jasa-jasa. Terlihat pada struktur ekonomi di Kabupaten Tana Tidung ini, sektor industri pengolahan mengalami penurunan prosentase yang cukup drastis. Kebutuhan energi listrik yang tidak terpenuhi pada akhirnya dapat menghambat pertumbuhan industri di suatu wilayah. Sama halnya

dengan Kabupaten Bulungan di sub bab sebelumnya, Kabupaten Tana Tidung juga menunjukkan peningkatan nilai pendapatan regional perkapita dengan nilai rata-rata sebesar 6.83%. Menanggapi dampak perilaku masyarakat yang semakin konsumtif akibat peningkatan pendapatan yaitu permintaan energi listrik yang meningkat, maka hasil dari proyeksi jumlah penduduk ini digunakan untuk menyusun prakiraan kebutuhan energi listrik mendatang di Kabupaten Tana Tidung.

5.2 Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik

Pada sub bab ini akan dilakukan analisis dari hasil proyeksi kebutuhan energi listrik Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Proyeksi kebutuhan energi listrik di kedua Kabupaten dilakukan dengan tujuan mendapatkan besarnya kebutuhan energi listrik setiap sektor, sehingga dapat dilakukan penyusunan rencana pemenuhan energi listrik mendatang.

5.2.1 Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan

Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan energi listrik dengan pendekatan sektoral dan pendekatan ekonometri yang dihitung dengan software LEAP didapatkan proyeksi intensitas energi Kabupaten Bulungan ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 5.1 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Bulungan Tahun 2015-2030

Berdasarkan Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa kebutuhan energi listrik menunjukkan adanya peningkatan dari tahun 2015 sebesar 64,864 MWh menjadi 408,654 MWh di tahun 2030. Peningkatan ini mencapai lima kali lipat dari proyeksi di tahun 2015. Namun akan berbeda signifikan jika peningkatan ini dilihat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2015-2018 peningkatan kebutuhan energi listrik rata-rata sebesar 11%, selanjutnya pada tahun 2019-2021 peningkatan rata-rata sebesar 12%, periode tiga tahun selanjutnya peningkatan menjadi 13%, 14% dan terakhir di tahun 2028-2030 rata-rata peningkatan kebutuhan energi listrik menjadi 15%. Komposisi kebutuhan energi listrik di atas jika dilihat dari sektor pelanggan maka lebih didominasi oleh sektor rumah tangga sebesar 63.2% di tahun 2015, lalu diikuti oleh sektor publik 14.9%, sektor bisnis 12.2%, sektor sosial 5.3%, dan sektor industri sebesar 4.5%. Namun sektor rumah tangga tidak lagi mendominasi kebutuhan permintaan di tahun 2028, yaitu turun menjadi 34% dengan digantikan sektor publik yang lebih mendominasi kebutuhan energi listrik sebesar 41% dari total kebutuhan energi. Komposisi kebutuhan energi listrik Kabupaten Bulungan selengkapnya ditunjukkan Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Komposisi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Bulungan

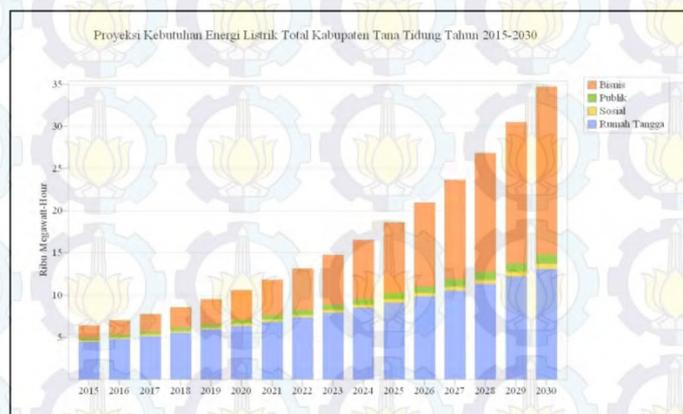
Sektor	Proporsi (%)			
	2015	2020	2025	2030
Bisnis	12.2	13.3	13.5	12.8
Industri	4.5	4.0	3.5	2.7
Sosial	5.3	6.9	7.7	8.4
Publik	14.9	25.2	34.0	46.1
Rumah Tangga	63.2	50.6	41.3	30.0
Total	100	100	100	100

Tingkat konsumsi energi listrik di atas dipengaruhi oleh pertumbuhan kebutuhan energi dan pertumbuhan pelanggan di setiap sektornya. Tidak hanya itu, pendekatan metode ekonometri yang digunakan dalam penelitian ini juga menunjukkan hasil bahwa ada hubungan antara kebutuhan energi listrik dengan variabel ekonomi seperti PDRB. Seperti yang disebutkan pada sub bab sebelumnya bahwa nilai PDRB diproyeksikan mengalami peningkatan setiap tahunnya, begitu juga dengan hasil proyeksi kebutuhan energi listrik yang juga meningkat setiap tahunnya. Selain itu permintaan akan kebutuhan energi listrik

akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, perubahan gaya hidup, dan peningkatan standart kesejahteraan sosial. Melihat besarnya proporsi rumah tangga dalam konsumsi energi listrik, dan pentingnya pemenuhan energi listrik bagi pelanggan rumah tangga, maka dalam penelitian ini hanya menggunakan hasil proyeksi kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga untuk dijadikan acuan dalam perencanaan energi listrik mendatang dengan energi terbarukan.

5.2.2 Analisis Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung

Hasil proyeksi kebutuhan energi listrik dengan pendekatan sektoral dan pendekatan ekonometri yang dihitung dengan software LEAP untuk Kabupaten Tana Tidung adalah sebagai berikut.



Gambar 5.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Total Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

Berdasarkan Gambar 5.2 di atas dapat dilihat bahwa kebutuhan energi listrik di Kabupaten Tana Tidung terjadi peningkatan setiap tahun dan mencapai 38,178 MWh di tahun 2030 dari 5,506 MWh di tahun 2015. Besarnya peningkatan dari tahun 2015 ke 2030 mendekati lima kali lipatnya, namun akan berbeda secara signifikan jika dilihat peningkatannya setiap tahun. Pada tahun 2015-2017 peningkatan kebutuhan energi listrik rata-rata sebesar 11%, selanjutnya pada tahun 2018-2023 peningkatan rata-rata sebesar 12%, periode lima tahun selanjutnya peningkatan menjadi 13% per tahun dan terakhir di tahun

2029-2030 rata-rata peningkatan kebutuhan energi listrik menjadi 14%. Jika dilihat dari sektor pelanggan maka komposisi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Tana Tidung juga didominasi oleh sektor rumah tangga sebesar 70.02% di tahun 2015, lalu diikuti oleh sektor industri 22.70%, sektor publik 4.71%, dan sektor sosial 2.58%. Sektor rumah tangga ini tidak sepenuhnya mendominasi kebutuhan energi listrik, dimana sektor rumah tangga turun menjadi 45.23% dengan digantikan sektor publik yang lebih mendominasi kebutuhan energi listrik sebesar 48.72% dari total kebutuhan energi di tahun 2029. Komposisi kebutuhan energi listrik Kabupaten Tana Tidung selengkapnya ditunjukkan Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Komposisi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Tana Tidung

Sektor	Proporsi (%)			
	2015	2020	2025	2030
Usaha / Industri	22.70	30.89	40.47	50.81
Sosial	2.58	2.44	2.22	1.93
Publik	4.71	4.62	4.37	3.96
Rumah Tangga	70.02	62.05	52.94	43.29
Total	100	100	100	100

Sama halnya dengan Kabupaten Bulungan, tingkat konsumsi energi listrik di Kabupaten Tana Tidung dipengaruhi oleh pertumbuhan kebutuhan energi dan pertumbuhan pelanggan di setiap sektornya. Selain itu kebutuhan energi listrik akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, perubahan gaya hidup, dan peningkatan standart kesejahteraan sosial. Melihat besarnya proporsi rumah tangga dalam konsumsi energi listrik, dan pentingnya pemenuhan energi listrik bagi pelanggan rumah tangga, maka dalam penelitian ini hanya menggunakan hasil proyeksi kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga untuk dijadikan acuan dalam perencanaan energi listrik mendatang di Kabupaten Tana Tidung.

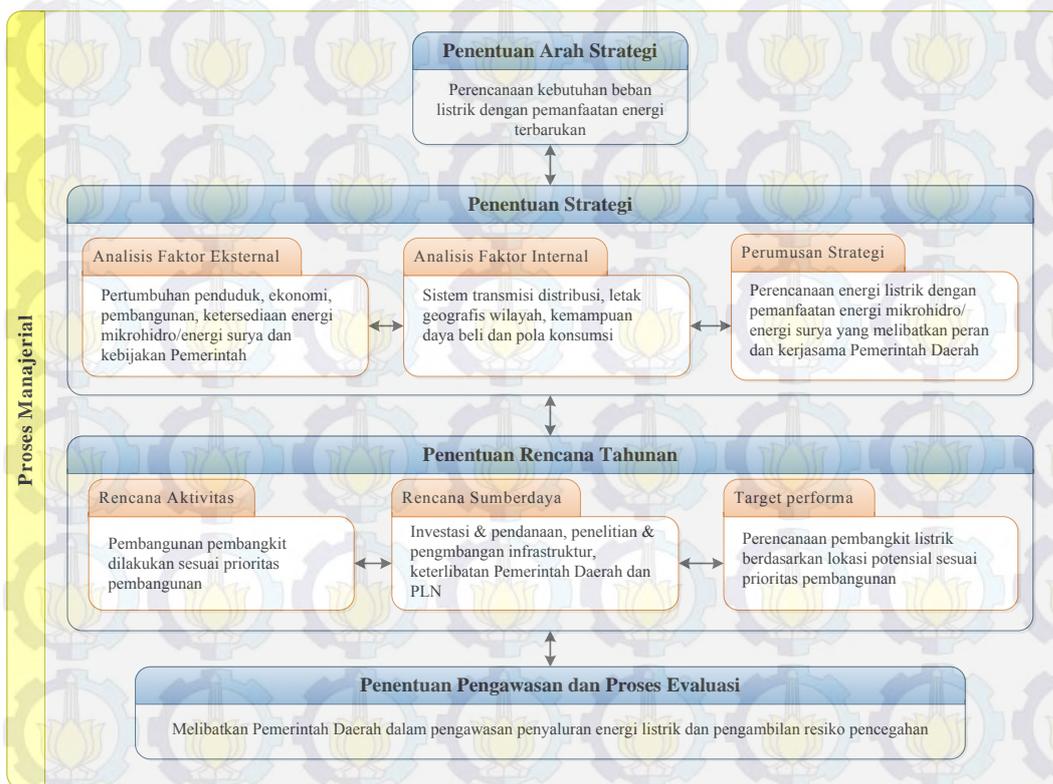
5.3 Analisis Integrasi Sistem Produksi CIMOSA

Penyusunan integrasi sistem produksi dengan mengadopsi proses bisnis CIMOSA telah ditunjukkan pada Gambar 4.24. Proses integrasi ini penting

dilakukan karena produksi energi listrik yang umumnya bersifat kontinu dan listrik masuk dalam kategori produk *tangible*, maka produksi energi ini harus tetap terjaga keandalan dan keberlanjutan sistem produksinya. Berdasarkan Gambar 4.24 terlihat proses bisnis CIMOSA ini dibagi menjadi tiga proses yang saling terintegrasi, yaitu proses manajerial, proses operasional dan proses pendukung.

1. Proses Manajerial

Proses manajerial dibutuhkan ketika pembangunan pembangkit energi terbarukan masih dalam tahap perencanaan, seperti yang dapat terlihat di Gambar 5.3 langkah awal yang sebaiknya dilakukan oleh Pemerintah Daerah adalah penentuan arah strategi atau *set direction*. *Set direction* dalam proses bisnis ini adalah perencanaan kebutuhan beban listrik dengan pemanfaatan energi mikrohidro atau energi surya. Dalam penentuan dan perumusan strategi terlebih dahulu melakukan analisis faktor eksternal dan faktor internal. Analisis faktor eksternal dilakukan untuk mengetahui peluang dan ancaman terhadap PLTMH maupun PLTS, seperti yang diketahui bahwa ketersediaan energi terbarukan dan kebijakan Pemerintah terhadap penggunaan energi terbarukan sebagai *mix energy* menjadikan peluang bagi Pemerintah Daerah untuk melakukan pembangunan PLTMH dan PLTS. Sedangkan analisis faktor internal sendiri bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan kelemahan jika pembangunan PLTMH dan PLTS dilaksanakan. Berdasarkan analisis faktor eksternal dan internal maka rumusan strategi dalam proses bisnis ini adalah perencanaan energi listrik dengan pemanfaatan energi mikrohidro/energi surya yang melibatkan peran dan kerjasama Pemerintah Daerah. Hal tersebut dilandasi oleh adanya Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 yang memberikan kesempatan kepada daerah sebagai prioritas untuk mendapatkan energi dari sumber energi setempat.

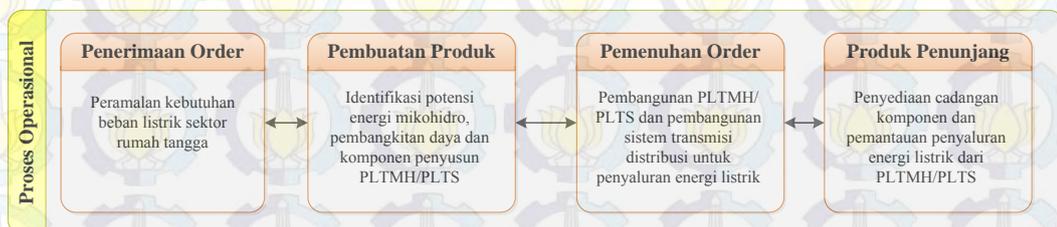


Gambar 5.3 Proses Manajerial Integrasi Sistem Produksi CIMOSA

Strategi tersebut selanjutnya akan dijalankan sesuai dengan rencana tahunan yang telah ditentukan. Rencana tahunan ini terdiri dari rencana aktivitas, rencana sumberdaya, dan target performa. Rangkuman rencana tahunan ini meliputi perencanaan jumlah dan lokasi pembangkit berdasarkan lokasi potensial dan prioritas pembangunannya serta perencanaan terhadap investasi pendanaan yang dibutuhkan. Proses manajerial ini pada akhirnya juga menentukan cara pengawasan dan proses evaluasi dalam penyaluran energi listrik, dimana cara yang mudah untuk dilaksanakan adalah adanya kerjasama dan sinkronisasi yang terjalin baik antara Pemerintah Daerah dengan BUMN, Badan Usaha Swatas atau koperasi dari awal perencanaan hingga operasional nantinya. Hal tersebut sesuai dengan Peraturan Daerah tentang ketenagalistrikan pasal 11 ayat 2, dimana Pemerintah Daerah sesuai kewenangannya memberi kesempatan kepada BUMN, Badan Usaha Swatas atau koperasi sebagai penyelenggara usaha penyediaan tenaga listrik terintegrasi.

2. Proses Operasional

Bagian ini merupakan bagian utama yang dilakukan dalam melakukan proses bisnis. Menjadi kewajiban bagi Pemerintah Daerah untuk menyediakan dana bagi pembangunan tenaga listrik di daerah terpencil atau *isolated*. Hal tersebut sudah diatur dalam Peraturan Daerah tentang ketenagalistrikan pasal 4 ayat 23. Untuk itulah proses operasional ini digunakan ketika tahapan memasuki fase pembangunan PLTMH dan PLTS. Pada bagian *get order* yang perlu dilakukan adalah melakukan peramalan kebutuhan beban listrik untuk seluruh sektor pelanggan. Hal ini dilakukan untuk memastikan kebutuhan *demand* yang akan dipenuhi oleh energi terbarukan. Selanjutnya pada bagian *develop product* dilakukan identifikasi potensi energi terbarukan beserta dengan perhitungan daya yang mampu dibangkitkan dan komponen yang dibutuhkan. Pemenuhan order atau *fulfill order* dilakukan dengan cara melakukan pembangunan PLTMH maupun PLTS.



Gambar 5.4 Proses Operasional Integrasi Sistem Produksi CIMOSA

Dalam proses pembangunan ini terdapat beberapa hal yang seharusnya diperhatikan Pemerintah Daerah, diantaranya adanya Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomer 17 Tahun 2013. Permen tersebut berisi tentang pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero) dari suatu PLTS Fotovoltaik terpusat/komunal di suatu daerah. Selain itu Permen tersebut juga mengatur sebaran lokasi kuota kapasitas PLTS Fotovoltaik, dimana untuk Tanjung Selor dibatasi hanya 1 MW. Sehingga rekomendasi yang diberikan dari penelitian ini adalah

suatu perencanaan pembangunan dan lokasi yang juga memperhatikan kebijakan Pemerintah.

3. Proses Pendukung

Selanjutnya bagian ketiga dari integrasi sistem produksi ini adalah proses pendukung, dimana proses ini digunakan ketika memasuki fase operasional pembangkit. Bagian ini terdiri manajemen sumber daya manusia, manajemen pemeliharaan, keuangan dan akuntansi, dan teknologi informasi.



Gambar 5.5 Proses Pendukung Integrasi Sistem Produksi CIMOSA

Dengan adanya batasan yang digunakan dalam penelitian ini maka operasional PLTMH atau PLTS tidak akan dibahas dalam penelitian ini, operasional sepenuhnya akan diserahkan kepada kebijakan penyedia listrik dalam distribusi energi listrik. Namun peran Pemerintah Daerah yang bisa dilakukan untuk integrasi sistem produksi ini adalah di bagian manajemen sumber daya manusia dengan mengadakan sosialisasi dan pelatihan bagi masyarakat lokal untuk operasional dan pemeliharaan PLTMH dan PLTS.

5.4 Analisis Potensi Energi Terbarukan di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung

Pada sub bab ini akan dilakukan analisis terhadap ketersediaan potensi energi terbarukan dan daya yang mampu dibangkitkan dari potensi yang ada di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung. Sehingga dengan diketahuinya besar daya yang mampu dibangkitkan, maka dapat diketahui jumlah rumah tangga yang mampu teraliri energi listrik.

5.4.1 Analisis Potensi Energi Mikrohidro

Hasil survey Dinas Pertambangan dan Energi (DISTAMBEN) Kabupaten Bulungan diketahui terdapat delapan sungai yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi energi mikrohidro, dengan total potensi energi mikrohidro mencapai 1,091.6 kW. Ada dua variabel utama yang mempengaruhi proses pembangkitan energi mikrohidro tersebut, yaitu debit air dan tinggi jatuh air (*head*). Debit air adalah jumlah atau volume air per satuan waktu yang akan memutar turbin mesin pembangkit, sedangkan *head* adalah perbedaan elevasi permukaan air di tempat masuknya air ke dalam *penstock* dan di tempat keluarnya air dari mesin pembangkit (*tail race*). Dengan mempertimbangkan kondisi geografis di sekitar sungai maka tinggi jatuh yang dapat direkayasa dalam potensi mikrohidro di Kabupaten Bulungan ini adalah terendah 6 meter dan tertinggi 50 meter. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.20 bahwa dengan tinggi jatuh sebesar 6 meter dan debit air sebesar 0.776 m³/detik di Sungai Boom hanya dapat membangkitkan energi mikrohidro sebesar 31.9 kW. Berbeda dengan Sungai Gunung Berum yang memiliki debit air sebesar 1 m³/detik namun direkayasa dengan tinggi jatuh sebesar 50 meter, maka energi mikrohidro yang mampu dibangkitkan sebesar 343 kW. Artinya kedua variabel ini mempunyai hubungan yang sebanding dengan daya yang mampu dibangkitkan. Selain itu perhitungan pembangkitan daya tersebut juga mempertimbangkan rapat massa air sebesar 1000 kg/m³, gravitasi sebesar 9.8 m²/detik, dan *overall efficiency* dari pembangkitan energi listrik sebesar 50-70% untuk jenis PLTMH. Dalam penelitian ini *overall efficiency* yang digunakan dalam perhitungan pembangkitan energi listrik sebesar 70%, mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh *Japan International Cooperation Agency* (JICA) tentang potensi mikrohidro di Indonesia. Namun besarnya efisiensi ini masih dapat bertambah tergantung pada jenis turbin yang akan digunakan, karena kapasitas pembangkit PLTMH juga ditentukan oleh efisiensi turbin, efisiensi mekanik, generator, transformator, serta transmisi listrik. Dari tujuh sungai yang diobservasi didapatkan besarnya turbin dan generator berbeda untuk masing-masing kapasitas pembangkit. Pemilihan jenis turbin ini mengacu pada tinggi jatuh dan debit desain. Sungai Piteng, Sungai Pelban, dan Sungai Tajo di Kecamatan Peso dibutuhkan kapasitas daya turbin sebesar 180 kW dengan

generator sebesar 270 HP. Sungai Gunung Berum digunakan kapasitas sebesar 340 kW dan generator sebesar 510 HP, Sungai Bengara dengan kapasitas sebesar 300 kW digunakan generator sebesar 450 HP. Sedangkan untuk Sungai Boom dan Sungai Isau dibutuhkan kapasitas daya turbin sebesar 220 kW dengan generator sebesar 330 HP, dan untuk sungai Bang di Kecamatan Peso Hilir dibutuhkan kapasitas daya sebesar 60 kW dan generator sebesar 90 HP. Kapasitas generator tersebut memiliki nilai diatas dari kapasitas turbin, dikarenakan fungsi generator yang merubah data mekanikal (perputaran) dari turbin menjadi listrik. Untuk dapat membangkitkan tenaga listrik pada tegangan dan frekuensi yang stabil, sistem transmisi antara turbin dan generator harus sesuai dengan arah dan kecepatan yang dibutuhkan.

Selanjutnya sistem distribusi energi listrik dari PLTMH ke pelanggan rumah tangga akan disalurkan sesuai dengan prioritas lokasi pembangunan. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.27 energi mikrohidro yang dibangkitkan pada tahun 2015 berasal dari Sungai Piteng, Sungai Pelban, dan Sungai Tajo. Ketiga sungai tersebut dipilih berdasarkan hasil prioritas lokasi pembangunan pembangkit yang menjadikan Kecamatan Peso sebagai lokasi pertama untuk pemenuhan kebutuhan listrik. Dengan total potensi sebesar 172,8 kW hanya didapatkan jumlah rumah tangga yang mampu teraliri listrik sebesar 452 rumah tangga, jumlah tersebut sudah mampu memenuhi kebutuhan rumah tangga yang diproyeksikan sebesar 410 rumah tangga di Kecamatan Peso pada tahun 2015. Namun tidak selamanya potensi mikrohidro yang tersedia akan mampu memenuhi kebutuhan di daerah tersebut. Sebagai contoh pada tahun 2022 di Kecamatan Sekatak, potensi mikrohidro sebesar 301 kW belum mampu memenuhi kebutuhan rumah tangga sebesar 2,483 dan hanya mampu memenuhi rumah tangga sebanyak 787 rumah tangga. Kekurangan energi listrik ini selanjutnya akan dipenuhi oleh energi terbarukan lainnya. Jumlah rumah tangga teraliri listrik tersebut dihasilkan dari pembagian potensi daya dengan besarnya daya yang direncanakan untuk didistribusikan ke rumah tangga. Seperti yang disebutkan pada bab sebelumnya bahwa besarnya daya yang direncanakan untuk didistribusikan ke rumah tangga adalah daya sebesar 450 VA, yaitu sesuai dengan klasifikasi sektor pelanggan PT. PLN golongan R-1 dengan jenis tegangan rendah. Sehingga jumlah rumah tangga

yang mampu teraliri energi listrik ini dapat lebih besar atau lebih kecil dari perhitungan jika Pemerintah Daerah setempat menginginkan besarnya daya yang didistribusikan ke rumah tangga lebih besar atau lebih kecil dari 450 VA.

Demikian pula dengan potensi sungai lainnya, potensi tersebut akan dibangkitkan sesuai dengan prioritas lokasi pembangunan. Besarnya potensi yang mampu dibangkitkan akan tetap sama untuk pembangunan PLTMH di tahun berapapun, asalkan debit air masih sejumlah besaran sebelumnya. Asumsi itulah yang digunakan dalam penelitian ini, oleh karena itu Pemerintah Daerah dalam hal ini diupayakan untuk selalu menjaga keberadaan dan kelestarian sungai yang berpotensi tersebut agar tetap mampu menghasilkan daya sesuai dengan perhitungan awal. Selain itu suatu PLTMH merupakan pembangkit yang tidak memungkinkan adanya peningkatan kapasitas energi listrik yang dihasilkan, karena potensi yang tersedia selalu tetap setiap tahunnya. Kapasitas pembangkit ini juga akan mengalami depresiasi setiap tahunnya karena faktor umur sehingga produktifitas pembangkit tidak lagi maksimal. Langkah kedepan yang perlu dilakukan untuk PLTMH adalah manajemen pemeliharaan harus terjaga dengan baik oleh pemegang operasional PLTMH, baik Pemerintah Daerah, PT. PLN, maupun masyarakat lokal yang turut menjaga dan menikmati energi listrik ini.

5.4.2 Analisis Potensi Energi Surya

Pemanfaatan energi surya dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan prinsip kerja Photovoltaik dengan pemanfaatan panel surya. Dengan menggunakan data radiasi harian matahari yang didapatkan dari NASA maka potensi energi surya di suatu wilayah dapat diketahui. Perbandingan nilai radiasi matahari ketika dilakukan pengamatan secara langsung ataupun dengan radiasi rata-rata matahari dari data NASA tidak akan berbeda secara signifikan terhadap total potensi energi surya di suatu wilayah. Berdasarkan asumsi prosentase daerah potensi sebesar 1% per Kecamatan, didapatkan total potensi energi surya dalam satu tahun di Kabupaten Bulungan sebesar 778 M W dan Kabupaten Tana Tidung sebesar 258 MW. Potensi energi surya di masing-masing wilayah Kecamatan berbeda, hal tersebut dikarenakan besarnya potensi energi surya yang didapat dipengaruhi oleh luas potensi daerah. Semakin luas potensi

daerah yang dimanfaatkan, maka semakin besar potensi energi surya yang didapatkan. Besarnya potensi energi surya tersebut akan berbeda secara signifikan dengan kapasitas daya yang mampu dibangkitkan oleh panel surya, karena adanya pengaruh temperature sel surya, orientasi panel surya (*array*), efisiensi panel surya maupun efisiensi inverter seperti yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Dalam penyediaanya, biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembangunan PLTS cenderung mahal. Untuk itu, dalam penelitian ini tidak akan membangkitkan seluruh total potensi yang ada namun untuk memenuhi kekurangan kebutuhan energi listrik dari hasil proyeksi di setiap Kecamatan.

Perencanaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pembangunan PLTS terpusat sebesar 300 kWp (*kilowatt peak*) untuk Kabupaten Bulungan dan 120 kWp untuk Kabupaten Tana Tidung. PLTS terpusat artinya pembangkit tenaga listrik dilakukan secara terpusat dan suppplai daya ke konsumen dilakukan melalui jaringan distribusi. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan hasil bahwa kapasitas tersebut mampu memenuhi kebutuhan Kabupaten Bulungan sebesar 1200 kWh per hari dan Kabupaten Tana Tidung sebesar 500 kWh per hari. Perbedaan kapasitas ini tentunya berdampak pada jumlah rumah tangga yang teraliri dan komponen yang dibutuhkan. Area PLTS yang dibutuhkan untuk melakukan pembangunan 300 kWp sebesar 2000 m², sedangkan pembangunan 120 kWp dibutuhkan luas lahan sebesar 800 m². Dari luas area tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk pembangunan PLTS terpusat per 1000 watt dibutuhkan luas area sebesar 6.67 m². Dari sini terlihat bahwa PLTS membutuhkan lahan yang luas untuk membangkitkan energi listrik. Perbedaan juga terletak pada jumlah panel surya yang dibutuhkan, Kabupaten Bulungan membutuhkan panel surya sebesar 1250 modul dan Kabupaten Tana Tidung membutuhkan panel surya sebesar 500 panel surya dengan *maximum power* panel sebesar 240 wp permodul. Komponen inti yang juga harus tersedia untuk PLTS terpusat adalah inverter dan baterai. Seperti yang diketahui bahwa energi matahari merupakan sumber energi yang bergantung pada iklim, jika cuaca mendung atau hujan maka modul surya tidak mendapatkan radiasi matahari dan tidak dapat menghasilkan listrik. Peran baterai disinilah yang dapat menyuplai beban dengan menyalurkan energi yang tersimpan selama modul panel surya menghasilkan listrik. Dalam penelitian ini

peran baterai digunakan untuk melayani kebutuhan 4 hari tanpa sinar matahari, sehingga dengan spesifikasi baterai sebesar 12 V olt 1000 A mp dibutuhkan 160 baterai dalam satu lokasi PLTS terpusat.

Energi surya yang dapat diperoleh secara gratis dan ramah lingkungan ini merupakan salah satu sumber energi yang cukup menjanjikan di Indonesia, hal ini terlihat dari radiasi harian yang ada di Indonesia cukup besar. Meskipun trend harga sel surya yang semakin menurun, namun untuk lebih meningkatkan prospek penggunaan fotovoltaik di masa mendatang maka peran Pemerintah adalah menekan harga dan meningkatkan efisiensi sel surya menjadi lebih dari 15%, terlebih sudah banyak daerah di Indonesia yang sukses dalam memanfaatkan energi surya untuk pembangunan PLTS. Manfaat yang didapatkan dari pemanfaatan PLTS ini tentu akan mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian energi fosil, sehingga akan memberikan penghematan biaya bahan baku dibandingkan menggunakan energi fosil.

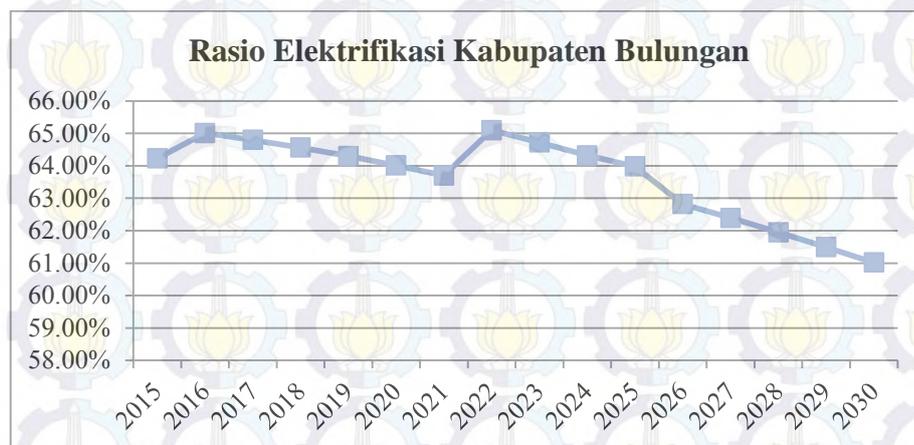
5.5 Analisis Perencanaan Pemenuhan Energi Listrik

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan untuk potensi energi surya, diketahui jumlah rumah tangga yang dapat teraliri dengan kapasitas 300 kWp dan 120 kWp adalah 261 rumah tangga dan 108 rumah tangga untuk Kabupaten Tana Tidung. Namun perbedaan kapasitas ini tidak akan bertentangan dengan Peraturan Menteri (Permen) ESDM Nomer 2 Tahun 2012, yang menyebutkan bahwa kriteria pengusulan lokasi PLTS terpusat adalah kawasan yang tinggal berkelompok dengan jarak antar rumah satu dengan lainnya terletak berdekatan dengan jumlah paling sedikit 30 ke pala keluarga (KK) serta prioritas akan diberikan untuk pengguna lebih dari 100 K K per kawasan. Selain itu besarnya daya yang dibangkitkan oleh PLTS terpusat dalam satu wilayah atau rayon juga tidak boleh melebihi dari 1 MW per tahun untuk wilayah Tanjung Selor, sesuai yang diatur pada Permen Nomer 17 Tahun 2013. K uota pembangkit tersebut disesuaikan dengan masukan PT. PLN mengenai rincian kuota kapasitas sesuai dengan kebutuhan sistem ketenagalistrikan di suatu wilayah. Sementara itu kondisi kelistrikan yang terjadi sekarang di kedua Kabupaten ini masih mengalami defisit daya, artinya dengan adanya kuota kapasitas yang ditetapkan Pemerintah dan PT.

PLN, maka pencapaian rasio elektrifikasi tidak dapat dicapai hingga 100% jika mengandalkan PLTS dan PLTMH sebagai sumber energi. Hal tersebut memang dilakukan atas kebijakan Pemerintah dimana PLTS ini tidak akan sepenuhnya menggantikan PLTD, karena listrik yang dihasilkan PLTS tergantung dari kondisi cuaca dan alam maka dari itu tidak bisa menjadi kapasitas yang diandalkan. Berikut ini ditunjukkan beberapa kesuksesan pembangunan PLTS di Indonesia yang dibangun di daerah *isolated*, sehingga dapat memacu Pemerintah Daerah Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung untuk segera merealisasikan pembangunan PLTS terpusat ini.

5.5.1 Analisis Perencanaan Pemenuhan Energi Listrik di Kabupaten Bulungan

Pada penelitian ini perencanaan pemenuhan energi listrik dipenuhi dengan cara pembangunan PLTS maupun PLTMH di satu Kecamatan dalam satu tahun. Terlihat pada tabel 4.29 diatas dampak yang ditimbulkan dari adanya kuota kapasitas sebaran lokasi PLTS terpusat adalah kebutuhan energi listrik di beberapa tahun tidak dapat terpenuhi sepenuhnya. Sebagai contoh Kecamatan Tanjung Palas Barat di tahun 2017, proyeksi kebutuhan rumah tangga sebesar 955 KK hanya mampu terpenuhi sebesar 522 KK akibat dari batasan kapasitas PLTS. Adanya batasan sebaran kuota PLTS adalah ketercapaian rasio elektrifikasi yang menurun dari tahun ke tahun, penyebabnya adalah meningkatnya kebutuhan energi listrik tidak diimbangi dengan kapasitas yang cukup. Akan tetapi rasio elektrifikasi yang ditunjukkan dibawah ini merupakan rasio elektrifikasi yang didapatkan dari penambahan energi terbarukan. Jika Pemerintah Daerah menargetkan rasio elektrifikasi yang lebih besar dari pencapaian diatas maka rekomendasi yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah PT. PLN yang berwenang dalam mendistribusikan energi listrik untuk Kabupaten Bulungan perlu menambah kapasitas pembangkit lainnya, baik kapasitas PLTD, PLTU ataupun pembangkit dengan energi terbarukan lainnya. Selain itu rasio elektrifikasi diatas hanya menggambarkan elektrifikasi untuk rumah tangga, sedangkan hasil proyeksi juga menunjukkan adanya peningkatan permintaan energi listrik untuk sektor lainnya.



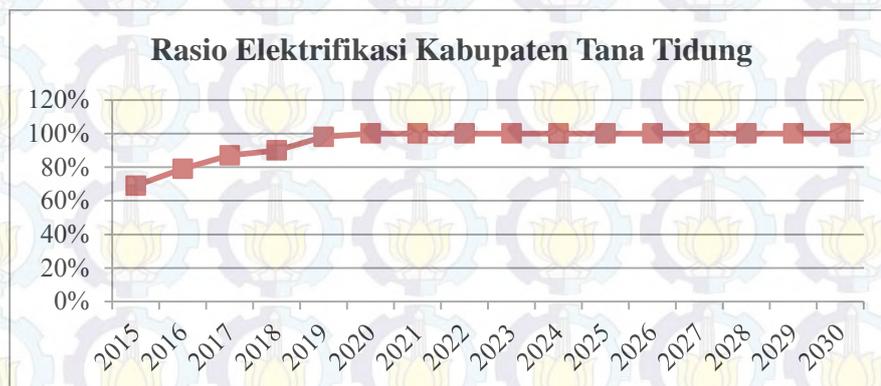
Gambar 5.6 Pencapaian Rasio Elektrifikasi Kabupaten Bulungan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 diatas, kekurangan daya listrik terjadi di Kabupaten Bulungan hingga tahun 2030 yang dilihat dari seluruh sektor pelanggan PLN. Kekurangan daya yang ada jika hanya mengandalkan pembangkit dari PT.PLN adalah terjadi kekurangan yang terjadi sebesar 30.38 MW di tahun 2030. Peningkatan yang terjadi setiap tahunnya juga tidak signifikan, dikarenakan setiap tahunnya PT. PLN hanya mampu menambah daya sebesar 5.18% per tahun. Namun setelah adanya energi terbarukan, kekurangan daya hanya sebesar 22.09 MW dari sebelumnya sebesar 30.38 MW. Dapat disimpulkan defisit energi listrik di Kabupaten Bulungan akan selalu terjadi, meskipun ada peningkatan kapasitas pembangkit setiap tahunnya. Peningkatan daya tersebut dapat lebih besar, namun *trade off* yang terjadi adalah dana yang dikeluarkan Pemerintah Daerah untuk investasi juga lebih besar dikarenakan pembangkit listrik dari energi terbarukan ini membutuhkan biaya investasi yang besar. Dengan diketahuinya kebutuhan energi listrik yang harus disediakan oleh PT. PLN, diharapkan Kabupaten Bulungan dapat mempersiapkan penambahan kapasitas pembangkit guna memenuhi kebutuhan sektor pelanggan lainnya.

5.5.2 Analisis Perencanaan Pemenuhan Energi Listrik di Kabupaten Tana Tidung

Berbeda dengan Kabupaten Bulungan, pemenuhan energi listrik di Kabupaten Tana Tidung hanya dipenuhi oleh PLTS dengan kapasitas per lokasi sebesar 120 kW p. Persamaan pembangunan kedua Kabupaten ini adalah cara

pembangunannya yang sama-sama satu kecamatan dalam satu tahun juga. Jumlah lokasi yang dibangun di Kabupaten Tana Tidung dilakukan dengan melihat sisa kapasitas dari kapasitas yang dibangkitkan di Kabupaten Bulungan, hal tersebut dilakukan karena kedua kabupaten ini dalam satu rayon yang sama. Perencanaan yang dilakukan dalam penelitian ini Kabupaten Tana Tidung sudah mencapai rasio elektrifikasi sebesar 100% mulai tahun 2020. Namun pencapaian 100% tersebut akan dapat dirasakan Kabupaten Tana Tidung dua tahun selanjutnya, yaitu di tahun 2022 dikarenakan masa pembangunan PLTS yang mencapai 2 tahun. Peningkatan rasio elektrifikasi ini terjadi setiap tahunnya dengan peningkatan rata-rata sebesar 8%. Namun demikian rasio elektrifikasi diatas hanya menggambarkan elektrifikasi untuk rumah tangga, sedangkan hasil proyeksi untuk sektor lainnya juga menunjukkan adanya peningkatan permintaan energi listrik.



Gambar 5.7 Pencapaian Rasio Elektrifikasi Kabupaten Tana Tidung

Pencapaian tersebut mungkin saja berbeda ketika dalam kondisi nyatanya, dikarenakan skenario yang digunakan dalam proyeksi rumah tangga di penelitian ini adalah skenario *business as usual* (BAU). Skenario BAU merupakan skenario dimana proyeksi didasarkan pada anggapan bahwa pertumbuhan konsumsi listrik akan berjalan seperti waktu sebelumnya, dengan asumsi yang digunakan selama penelitian berupa pertumbuhan intensitas yang nilainya tetap sebesar rata-rata selama rentang waktu 2015-2030. Skenario ini memberikan penggunaan asumsi bahwa dalam rentang waktu perencanaan (2015-2030) tidak ada kebijakan baru di bidang ketenaga listrikan Dengan kemampuan daya PT. PLN yang meningkat

setiap tahunnya sebesar 15%, kekurangan daya listrik di Kabupaten Tana Tidung mulai dapat diatasi pada tahun 2018 dan selanjutnya terjadi kelebihan daya. Kelebihan daya tersebut tertutupi oleh kapasitas pembangkit PT. PLN dan energi terbarukan. Meskipun biaya investasi yang dibutuhkan cukup besar untuk energi terbarukan, namun manfaat akan penghematan bahan baku solar dapat lebih menguntungkan jika optimalisasi pembangkit ditekankan kepada energi terbarukan. Dengan diketahuinya kebutuhan energi listrik yang harus disediakan oleh PT. PLN, diharapkan Kabupaten Tana Tidung dapat mempersiapkan penambahan kapasitas pembangkit guna memenuhi kebutuhan sektor pelanggan lainnya.

5.6 Analisa Aspek Ekonomis Pembangunan

Sub bab ini berisikan analisis pembangunan yang ditinjau dari aspek ekonomis. Aspek ekonomis yang dimaksud adalah biaya investasi yang dibutuhkan untuk setiap pembangunan PLTMH dan PLTS, kebutuhan biaya operasional dan perawatan serta analisis kelayakan pembangunan yang ditinjau dengan metode *benefit cost ratio* (BCR).

5.6.1 Analisa Investasi dan Kelayakan Pembangunan PLTMH

Parameter yang perlu dilakukan analisa ekonomis terkait dengan pembangunan PLTMH diantaranya biaya investasi, suku bunga, life time, harga jual dari energi listrik yang dihasilkan, dan analisis kelayakan. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.34 bersama-sama biaya pembangunan PLTMH ditentukan oleh kapasitas pembangkit, semakin besar kapasitas pembangkit yang akan dibangun maka biaya pembangunan yang dibutuhkan juga semakin besar. Pengaruh nilai inflasi terhadap biaya pembangunan juga berdampak besarnya biaya yang dikeluarkan jika pembangunan dilaksanakan lebih lama lagi, hal tersebut diakibatkan oleh naiknya biaya komponen yang dibutuhkan. Pembangunan tahun 2015 dengan kapasitas 173 kW memerlukan biaya pembangunan sebesar Rp 6,251,124,914 atau sebesar 36,133,670 per kW, namun dengan kapasitas yang berbeda 24 % di tahun 2025, biaya yang dibutuhkan

meningkat sebesar 48% menjadi Rp 9,278,823,407. Kedepan biaya pembangunan bisa lebih besar atau lebih kecil tergantung pada nilai inflasi yang ada.

Analisis kelayakan dengan menggunakan BCR dalam penelitian ini digunakan dengan landasan proyek pembangunan ini akan dilaksanakan Pembangunan Daerah. Selain itu melihat tujuan pembangunan yang ditujukan pemanfaatannya bagi masyarakat, memperkuat alasan penggunaan BCR untuk penelitian ini. Berdasarkan Permen ESDM Nomor 31 Tahun 2009, penetapan harga pembelian tenaga listrik oleh PT. PLN adalah sebesar Rp 1305 per kWh, dengan NPV *benefit* yang dihasilkan sebesar Rp 47,121,150,775 di tahun 2015 dan NPV *cost* didapatkan sebesar Rp 6,897,563,747, didapatkan nilai BCR yang dihasilkan sebesar 6.83 dan proyek pembangunan layak untuk dilaksanakan. Adapun dengan suku bunga sebesar 10.5% dan umur proyek sebesar 20 tahun, pembangunan PLTMH ini layak dilakukan meskipun tahun 2026 baru akan dilakukan pembangunan. Selanjutnya dari analisis sensitivitas yang dilakukan sebelumnya perubahan terhadap suku bunga bank menjadi 11%, 12%, dan 13% membawa pengaruh menurunnya nilai BCR yang didapatkan. Langkah yang dapat diambil agar kedepan proyek PLTMH tetap dapat dilaksanakan adalah menekan biaya komponen PLTMH. Oleh karena itu peran Institusi Pendidikan menjadi penting agar dapat menemukan teknologi PLTMH untuk menekan biaya komponen.

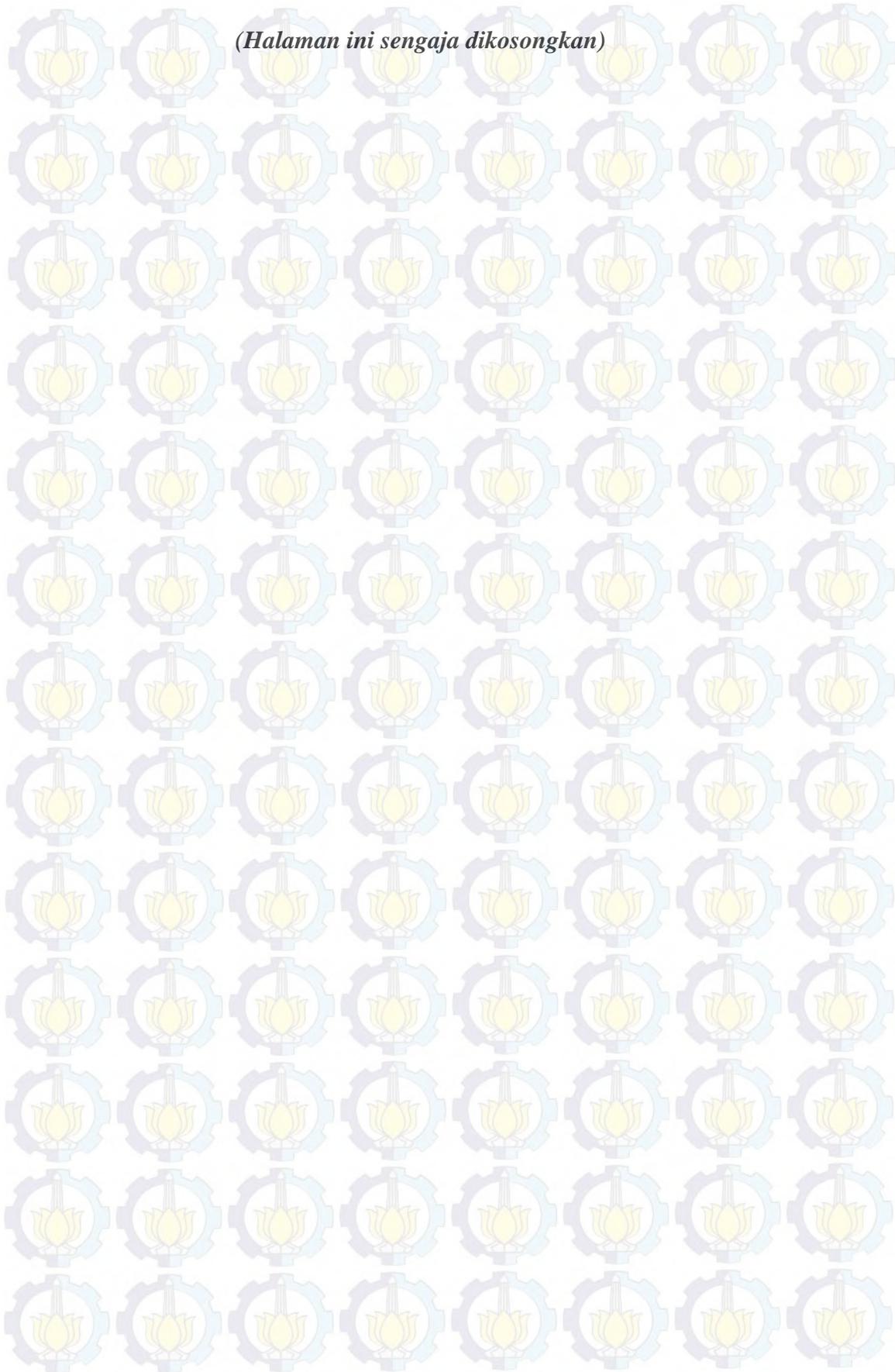
5.6.2 Analisa Investasi dan Kelayakan Pembangunan PLTS

Pembangunan PLTS terpusat di Kabupaten Bulungan maupun Kabupaten Tana Tidung menunjukkan biaya yang berbeda, dikarenakan kapasitas pembangkit yang berbeda. Jika di Kabupaten Bulungan kapasitasnya 300 kW p per lokasi dibutuhkan biaya investasi sebesar Rp 11,144,134,560, maka Kabupaten Tana Tidung dengan kapasitasnya sebesar 120 kW p per lokasi dibutuhkan biaya investasi sebesar Rp 5,142,835,805. Sama halnya dengan biaya investasi yang dibutuhkan untuk PLTMH, biaya investasi ini akan meningkat setiap tahunnya karena adanya nilai inflasi yang dimasukkan kedalam perhitungan yang membuat biaya komponen juga meningkat. Dikarenakan kelayakan pembangunan dihitung dengan metode BCR maka *benefit* dan *disbenefit* juga diperhitungkan dalam

penelitian ini. *Benefit* dari pembangunan PLTS diantaranya adalah terjadinya penghematan bahan bakar solar Rp 592,740,111 di tahun 2019 untuk Kabupaten Bulungan, tentunya penghematan solar sebagai bahan bakar PLTD ini akan meningkat setiap tahunnya seiring dengan harga minyak dunia yang meningkat. Kedua, *benefit* yang didapat dari PLTS terpusat adalah kesempatan kerja bagi masyarakat lokal untuk pekerjaan operasional dan perawatan dengan kuantitatif rupiah sebesar Rp 115,298,695. Ketiga *benefit* PLTS terpusat adalah mengurangi emisi bahan bakar fosil, hal ini dikarenakan pembangkit listrik dengan energi terbarukan tidak menghasilkan emisi seperti pembangkit bahan bakar fosil lainnya, sehingga penghematan yang dapat dikeluarkan sebesar Rp 169,708,367. Sedangkan *disbenefit* yang ditimbulkan adalah penurunan jumlah flora dan fauna dan pengurangan lahan produktif sebesar Rp 66,820,835 dan Rp 146,743,794.

Berdasarkan Permen ESDM Nomor 17 Tahun 2013 terkait harga beli PT.PLN sebesar Rp 3,120 per kWh, dengan suku bunga bank sebesar 10.5% dan umur proyek hingga 20 tahun didapatkan NPV *benefit* yang dihasilkan sebesar Rp 20,724,928,577 dan NPV cost sebesar Rp 14,664,211,426. Dengan nilai BCR yang dihasilkan sebesar 1.413 maka proyek pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan pada tahun 2017 layak dilaksanakan. Demikian dengan PLTS di Kabupaten Tana Tidung, nilai BCR yang dihasilkan sebesar 1.412, maka proyek pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung pada tahun 2015 layak dilaksanakan. Setelah dilakukan analisa sensitivitas terhadap suku bunga bank menjadi 11%, 12%, dan 13% membawa pengaruh menurunnya nilai BCR yang didapatkan. Biaya komponen yang meningkat seiring dengan adanya nilai inflasi yang ditambahkan dalam perhitungan dan suku bunga bank yang meningkat, namun harga jual tetap selama rentang waktu membuat nilai NPV *benefit* lebih kecil dari NPV cost. Langkah yang dapat dipersiapkan kedepan adalah menekan biaya komponen PLTS, salah satunya adalah modul panel surya. Pada beberapa tahun terakhir, harga jual panel surya menunjukkan *trend* yang menurun dan hal ini diharapkan akan terus terjadi sesuai dengan kebijakan Pemerintah akan *renewable energy*. Oleh karena itu peran lembaga penelitian terkait menjadi penting agar dapat menemukan teknologi PLTS yang mampu menekan biaya komponen serendah mungkin.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini bersikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil proyeksi sektor rumah tangga di Kabupaten Bulungan mencapai 63.2% pada tahun 2015 dengan beban kebutuhan sebesar 40,981 MWh per tahun dan mencapai kebutuhan total sebesar 408,654 MWh di tahun 2030. Sedangkan proyeksi sektor rumah tangga di Kabupaten Tana Tidung mencapai 70.02% disbanding sektor lainnya dengan beban kebutuhan sebesar 4,555 MWh per tahun dan mencapai kebutuhan total sebesar 38,178 MWh di tahun 2030. Peningkatan setiap tahunnya di Kabupaten Bulungan sebesar 13.06% per tahun, sedangkan Kabupaten Tana Tidung mengalami peningkatan dengan rata-rata sebesar 12.52% per tahun.
2. Kabupaten Bulungan memiliki potensi energi mikrohidro dengan kapasitas sebesar 1,091.6 kW dan potensi energi surya sebesar 778 MW. Sedangkan Kabupaten Tana Tidung memiliki potensi energi surya sebesar 258 MW. Total jumlah rumah tangga yang mendapat manfaat dari energi terbarukan ini sebesar 11,974 rumah tangga di Kabupaten Bulungan dan 2,592 rumah tangga di Kabupaten Tana Tidung dari tahun 2015-2030.
3. Integrasi sistem produksi ini dimulai dari proses manajerial, proses operasional hingga proses pendukung. Pada proses manajerial dibutuhkan penyusunan strategi hingga menentukan cara pengawasan dan proses evaluasi dalam penyaluran energi listrik. Pada proses operasional dimulai dari peramalan kebutuhan beban listrik dan cara penyediaan enegi listrik. Ketiga pada proses pendukung dipersiapkan untuk manajemen sumber

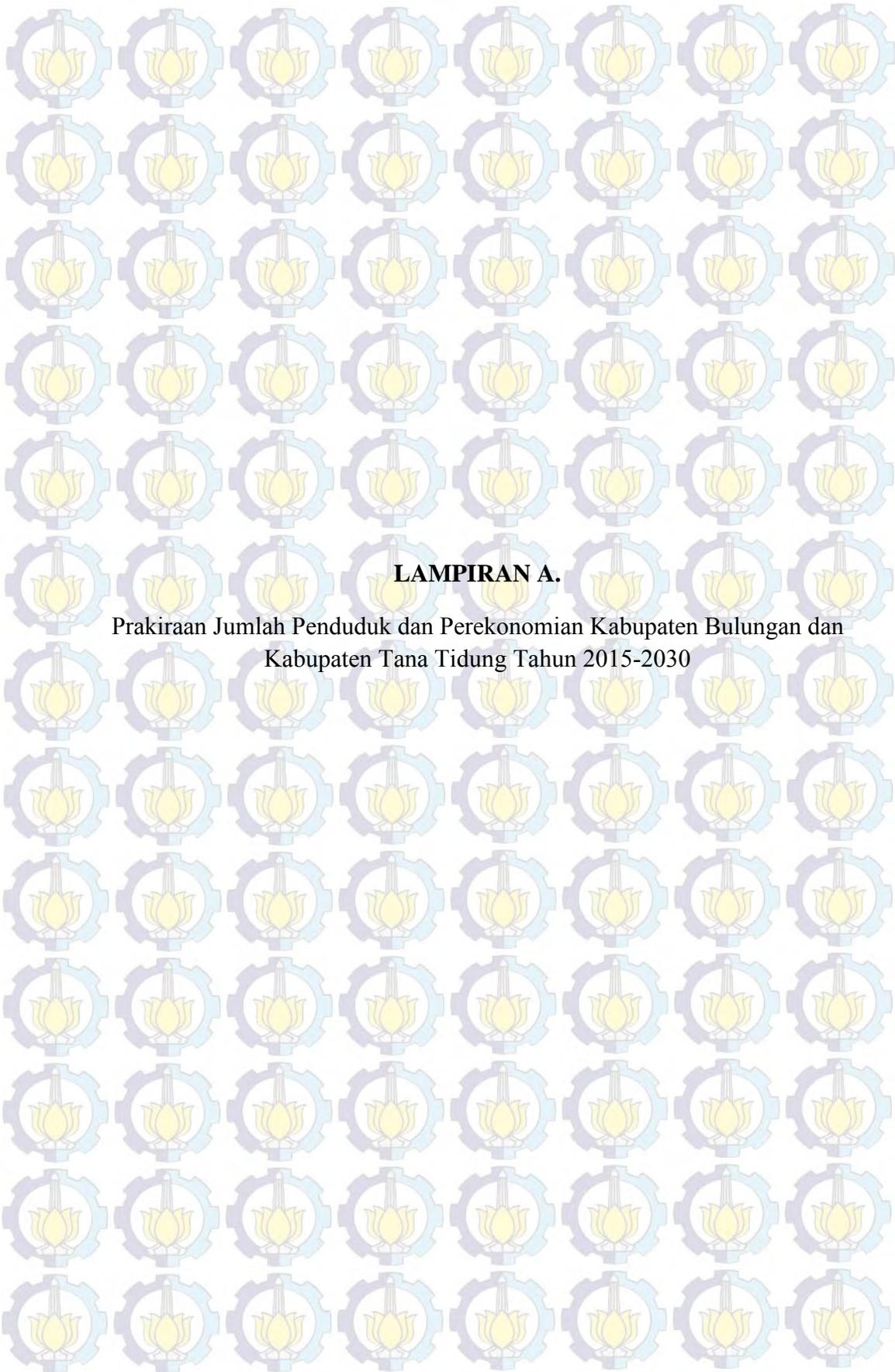
daya manusia, manajemen pemeliharaan, keuangan dan akuntansi, dan teknologi informasi.

4. Dengan adanya batasan kuota kapasitas PLTS terpusat yang boleh dibangun dalam satu wilayah sebesar 1 MW untuk Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung mengakibatkan tidak dapat dipenuhinya kebutuhan sesuai hasil proyeksi. Sedangkan kapasitas energi mikrohidro yang akan dibangkitkan, dilakukan dengan memanfaatkan seluruh potensi yang ada di sungai tersebut. Dalam aspek ekonomis, baik PLTS maupun PLTMH sama-sama membutuhkan biaya investasi yang cukup besar. Biaya pembangkitan yang diperlukan PLTMH sebesar Rp 36,133,670 per kW dan Rp 37,147,115 per kW untuk pembangunan PLTS. Pembangunan kedua pembangkit ini juga layak hingga tahun 2030. Hal itu dibuktikan dengan nilai BCR yang dihasilkan lebih besar dari satu.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan mengenai pemanfaatan energi terbarukan di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung adalah sebagai berikut :

1. Perlunya eksplorasi atau penelitian lebih lanjut terhadap energi terbarukan di Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung, diantaranya energi biomassa, energi angin, atau energi gelombang laut agar dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik serta mencapai rasio elektrifikasi sebesar target Pemerintah Daerah setempat.
2. Kebijakan akan batasan kuota kapasitas yang ditetapkan Pemerintah perlu dikaji kembali, hal ini terkait dengan permintaan energi listrik yang semakin meningkat namun penyediaan energi listrik yang tidak mencukupi. Kebijakan tersebut juga akan membatasi investor yang berniat melakukan pembangunan di kedua Kabupaten dengan kapasitas yang mampu dibangkitkan lebih besar dan mampu memenuhi kebutuhan yang ada.



LAMPIRAN A.

Prakiraan Jumlah Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Bulungan dan
Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

DAFTAR PUSTAKA

- Anityasari, M., & Wessiani, N. A. (2011). *Analisa Kelayakan Usaha*. Surabaya: Guna Widya.
- Association, E. C. (2012). *Guide to the Installation of Photovoltaic Systems*. London: Microgeneration Certificatin Scheme.
- Aufa, S., Masbar, R., & Nasir, M. (2013). Pengaruh Pendapatan Perkapita, Pertumbuhan Penduduk, dan Tingkat Upah Terhadap Biaya Hidup di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 64-76.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2013). *Proyeksi Penduduk Indonesia Tahun 2010-2035*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tana Tidung. (2013). *Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Tana Tidung Tahun 2012*. Kabupaten Tana Tidung: Badan Pusat Statistik Kabupaten Tana Tidung.
- Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi NAD-NIAS. (2008). *Laporan Akhir Studi Potensi Energi Listrik Alternatif di Pedesaan Sebagai Upaya dalam Mendukung Percepatan Diversifikasi Energi di Provinsi NAD*. Banda Aceh: PT. Cipta Multi Kreasi.
- BPS Kabupaten Bulungan. (2014). *Kabupaten Bulungan Dalam Angka*. Bulungan: Badan Pusat Statistik Kabupaten Bulungan.
- BPS Kabupaten Tana Tidung. (2014). *Kabupaten Tana Tidung Dalam Angka 2014*. Kabupaten Tana Tidung: Badan Pusat Statistik.
- Custer, J., & Lianda, J. (2012). Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Pada Perumahan Kategori R1 900 VA di Pulau Bengkalis. *Prosiding Seminar Nasional Industri dan Teknologi* (hal. 17-22). Bengkalis: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis.
- Department of Energy Renewable Energy Management Bureau. (2009). *Manual for User Training of Solar PV System*. Manila: Department of Energy.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. (2009). *Pedoman Studi Kelayakan Ekonomi / Finansial PLTMH*. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.

- Direktur Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan. (2013). *Draft Peraturan Menteri ESDM Tentang Harga Pembelian Tenaga Listrik PLTS Fotovoltaik*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- DPRD Kabupaten Bulungan. (2014, Agustus 7). *APBD-P Bulungan Capai Rp2,7 Triliun*. Dipetik Januari 7, 2015, dari Situs Resmi DPRD Kab. Bulungan: <http://dprd.bulungan.go.id/13-berita/62-apbd-p-bulungan-capai-rp2-7-triliun>
- Ezkhel Energy. (2013, November). *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. Dipetik November 19, 2014, dari Ezkhel Energy: <http://ezkhelenergy.blogspot.com/2013/11/pembangkit-listrik-tenaga-microhydro.html>
- Gajowniczek, K., & Zabkowski, T. (2014). Short Term Electricity Forecasting Using Individual Smart Meter Data. *18th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems* (pp. 589-597). Elsevier B.V.
- Hardi, S., & Hs, S. (1998). Metode Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang. *Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik USU*, 53-58.
- Hasan, H. (2012). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, 169-180.
- Heaps, C. (2008). *Energy Planning and Policy Analysis*. Somerville, USA: Stockholm Environment Institute.
- Hoetman, A. R. (2010). *Pengkajian Pengembangan dan Pemanfaatan Teknologi Energi Baru dan Terbarukan*. Jakarta: Kementrian Riset dan Teknologi Republik Indonesia.
- Kessler, & R, N. (1995). *Photovoltaik*. Malang: Vocational Education Development Center.
- Khan, S. I., Islam, A., & Khan, A. H. (2011). Energy Forecasting of Bangladesh in gas Sector Using LEAP Software. *Global Journal of Researches in Engineering*, 15-20.

Konnery, T. (2012). Strategi Pencapaian Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia Sampai Tahun 2025. *Tesis*, Fakultas Teknik Universitas Salemba.

Koran Kaltim. (2014, November 24). 2015, UMK Jadi Rp 2,2 Juta. Dipetik Januari 7, 2015, dari Koran Kaltim: <http://www.korankaltim.com/2015-umk-jadi-rp22-juta/>

Kurre, J. (2003). Is The Cost of Living Less in Rural Areas. *International Regional Science Review*.26, 86-116.

Lambrie, I. (2014). *Potensi Energi Kalimantan Utara Siap Menunggu Sentuhan Investor*. Balikpapan: Seminar dan Forum Bisnis Borneo Ekspo 2014.

Mairi, K., & Tira, L. A. (2010). *Penelitian Pengembangan Mikro Hidro Elektrik dengan Pemanfaatan Hasil Air DAS di Sulawesi Utara*. Manado: Departmen Kehutanan.

Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2014*. Jakarta: Kementrian Dalam Negeri Republik Indonesia.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2009). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 31 Tahun 2009*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2012*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2013). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2013*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

Pemerintah Daerah Kabupaten Bulungan. (2014). *Peraturan Daerah Kabupaten Bulungan Nomor 6 Tahun 2014 Tentang Ketenagalistrikan*. Pemerintah Daerah Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara.

- Pemerintah Kabupaten Bulungan. (2007). *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Kabupaten Bulungan Tahun 2005-2025*. Tanjung Selor: Pemerintah Kabupaten Bulungan.
- Pemerintah Kabupaten Tana Tidung. (2010). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Kabupaten Tana Tidung Tahun 2010-2014*. Tideng Pale: Pemerintah Kabupaten Tana Tidung.
- Prakoso, R. (2014, April 15). *Tujuh Perusahaan Menangi Tender PLTS*. Dipetik Desember 25, 2014, dari Investor Daily: <http://www.starbrainindonesia.com/berita/media/33325/5/tujuh-perusahaan-menangi-tender-plts>
- PT. PLN (PERSERO). (2014). *Sistem Kelistrikan PLN Wilayah Kaltimra*. Tanjung Selor: PT. PLN (PERSERO) Wilayah Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara.
- PT. PLN. (2013). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2013-2022*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- PT. PLN Rayon Tanjung Selor. (2014). *Kondisi Kelistrikan Kabupaten Bulungan*. Bulungan, Kalimantan Utara.
- Pujawan, I. N. (2002). *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Guna Widya.
- Renewable Energy Innovation. (2014). *Solar Photovoltaic System Design Info Sheet - Feasibility Study*. United Kingdom: Renewable Energy Innovation.
- Roberts, S. (1996). *Solar Electricity: A Practical Guide to Designing and Installing Small Photovoltaic Systems*. New York: Prentice Hill.
- Rosyetti. (2009). Studi Keterkaitan Pertumbuhan Penduduk dengan Pembangunan Ekonomi. *Jurnal Ekonomi*, 51-63.
- Santiari, I. D. (2011). Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali. *Tesis*, Program Pascasarjana Universitas Udayana Denpasar.
- Siahaan, A. (2011). Implementasi Panel Surya yang Diterapkan pada Daerah Terpencil di Rumah Tinggal di Desa Sibuntuon Kecamatan Habinsaran. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Elektro Univesitas Maritim Raja Ali Haji.

Sitompul, R. (2011). *Manual Pelatihan : Teknologi Energi Terbarukan yang Tepat untuk Aplikasi di Masyarakat Pedesaan*. Jakarta: PNPM Mandiri.

Sony, R. (2009). Studi Pemanfaatan Energi Terbarukan (Angin, Surya, Pasang Surut Air Laut, Biomassa) untuk Pembangkit Listrik di Kepulauan Rote. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Elektro ITS.

Sukirno, S. (2000). *Makroekonomi Modern: Perkembangan Pemikiran Dari Klasik Hingga Keynesian Baru*. Jakarta: Raja Grafindo Pustaka.

Sumaroh, E. (2009). Analisa Kelayakan Finansila Proyek Bus Rapid Transit (BRT) Surabaya dengan Pendekatan Benefit Cost Ratio Pada Jalur Utara-Selatan. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri ITS: Surabaya.

Suswanto, D. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik: Analisis Peramalan Beban dan Kebutuhan Energi Listrik*. Padang: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Tasri, A., & Susilawati, A. (2014). Selection Among Renewable Energy Alternatives Based on a Fuzzy Analytic Hierarchy Process in Indonesia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 34-44.

Tribun Kaltim Corporation;. (2014, Januari 10). *APBD Tana Tidung Rp 1,28 Triliun*. Dipetik Januari 7, 2015, dari Tribun Kaltim: <http://kaltim.tribunnews.com/2014/01/10/apbd-tana-tidung-rp-128-triliun>

Utomo, T. (2009). Kajian Kelayakan Sistem Photovoltaik Sebagai Pembangkit Daya Listrik Skala Rumah Tangga. *Jurnal EECCIS Vol. III No. 1*, 13-17.

Vebrianto, V. (2009). Studi Pengembangan Serta Penyusunan Rencana Energi dan Kelistrikan Daerah Memanfaatkan Potensi Energi Daerah di Kabupaten Lamongan Jawa Timur. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Elektro ITS.

Waisnawa, I. G. (2010). Analisis Risiko Investasi Pembangkit Listrik Tenaga bayu Nusa Penida, Klungkung, Bali. *Tesis*, Univesitas Udayana.

Washington State University. (2009). *Solar Electric System Design, Operation and Instalation*. Washington: Washington State University.

Wignjosoebroto, S. (2003). *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.

Wijaya, M. E., & Ridwan, M. K. (2011). *Modul Pelatihan Perencanaan Energi LEAP*. U.S. Center: Stockholm Environment Institute.

Wijayanto, N. (2014, April 20). *PLN segera tandatangani PPA dengan pemenang lelang PLTS*. Dipetik Januari 7, 2015, dari Sindo News:

<http://ekbis.sindonews.com/read/855901/34/pln-segera-tandatangani-ppa-dengan-pemenang-lelang-plts-1397995856>

Wilde, D., & Batan adn BPPT. (2003). *Comprehensive Assessment of Different Energy Phase II*. Jakarta.

Winrock International. (2004). *Financing Renewable Energy Technologies: A Guidebook for Microfinance Institution in Nepal*. Nepal.

Lampiran A.1 Proyeksi Jumlah Penduduk Setiap Kecamatan di Kabupaten Bulungan

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Peso	4,736	4,620	4,327	4,494	4,633	4,652	4,762	4,875	4,990	5,108	5,229	5,353
2	Peso Hilir	3,710	3,592	3,484	3,619	3,728	4,474	4,580	4,688	4,799	4,913	5,029	5,148
3	Tg. Palas	13,988	15,420	14,029	14,575	15,030	17,643	18,060	18,486	18,922	19,369	19,826	20,294
4	Tg. Palas Barat	7,185	7,621	5,832	6,057	6,244	7,907	8,094	8,285	8,481	8,681	8,886	9,096
5	Tg. Palas Utara	9,042	8,942	8,954	9,300	9,589	11,818	12,097	12,383	12,675	12,974	13,280	13,594
6	Tg. Palas Timur	7,582	7,735	8,651	8,985	9,233	14,791	15,140	15,498	15,864	16,239	16,622	17,014
7	Tanjung Selor	36,559	37,539	39,439	40,964	42,231	57,160	58,508	59,888	61,301	62,747	64,227	65,742
8	Tg. Palas Tengah	7,185	7,285	7,527	7,818	8,059	10,901	11,159	11,423	11,693	11,969	12,252	12,541
9	Sekatak	9,442	9,353	9,278	9,637	9,937	11,597	11,871	12,151	12,438	12,732	13,033	13,341
10	Bunyu	10,074	10,321	11,139	11,570	11,926	13,991	14,321	14,659	15,005	15,359	15,722	16,093
Jumlah		109,503	112,428	112,660	117,019	120,610	154,934	158,592	162,336	166,168	170,091	174,106	178,216

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)											
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
1	Peso	5,480	5,610	5,743	5,879	6,018	6,160	6,306	6,455	6,608	6,764	6,924	
2	Peso Hilir	5,270	5,395	5,523	5,654	5,788	5,925	6,065	6,209	6,356	6,506	6,660	
3	Tg. Palas	20,773	21,263	21,765	22,279	22,805	23,343	23,894	24,458	25,035	25,626	26,231	
4	Tg. Palas Barat	9,311	9,531	9,756	9,987	10,223	10,465	10,712	10,965	11,224	11,489	11,760	
5	Tg. Palas Utara	13,915	14,244	14,580	14,924	15,276	15,637	16,006	16,384	16,771	17,167	17,572	
6	Tg. Palas Timur	17,416	17,827	18,248	18,679	19,120	19,571	20,033	20,506	20,990	21,485	21,992	
7	Tanjung Selor	67,293	68,880	70,505	72,168	73,870	75,612	77,395	79,220	81,089	83,002	84,960	
8	Tg. Palas Tengah	12,837	13,140	13,450	13,768	14,093	14,426	14,767	15,116	15,473	15,838	16,212	
9	Sekatak	13,656	13,979	14,309	14,647	14,993	15,347	15,709	16,080	16,460	16,849	17,247	
10	Bunyu	16,473	16,862	17,260	17,667	18,084	18,511	18,948	19,395	19,853	20,322	20,802	
Jumlah		182,424	186,731	191,139	195,652	200,270	204,997	209,835	214,788	219,859	225,048	230,360	

Lampiran A.2 Proyeksi Jumlah Rumah Tangga Setiap Kecamatan di Kabupaten Bulungan

No.	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Peso	1,277	1,276	1,014	1,021	1,337	1,111	1,138	1,165	1,192	1,220	1,249	1,279
2	Peso Hilir	935	802	790	796	949	1,069	1,094	1,120	1,146	1,174	1,201	1,230
3	Tg. Palas	3,385	3,456	3,241	3,264	3,619	4,213	4,313	4,415	4,519	4,625	4,735	4,846
4	Tg. Palas Barat	1,730	1,768	1,332	1,342	1,884	1,889	1,933	1,979	2,026	2,073	2,122	2,172
5	Tg. Palas Utara	2,397	2,373	2,342	2,355	2,608	2,822	2,889	2,957	3,027	3,098	3,171	3,246
6	Tg. Palas Timur	1,739	2,099	2,086	2,100	2,114	3,532	3,616	3,701	3,788	3,878	3,969	4,063
7	Tanjung Selor	8,065	8,243	9,271	9,336	9,400	13,649	13,971	14,300	14,638	14,983	15,336	15,698
8	Tg. Palas Tengah	1,699	2,097	1,867	1,879	1,893	2,603	2,665	2,728	2,793	2,858	2,926	2,995
9	Sekatak	2,306	2,306	2,163	2,178	2,493	2,770	2,835	2,902	2,970	3,041	3,112	3,186
10	Bunyu	2,744	2,648	2,782	2,799	2,818	3,341	3,420	3,501	3,583	3,668	3,755	3,843
Jumlah		26,277	27,068	26,888	27,070	29,115	36,999	37,874	38,768	39,682	40,618	41,576	42,558

No.	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga											
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
1	Peso	1,309	1,340	1,372	1,404	1,437	1,471	1,506	1,542	1,578	1,616	1,654	
2	Peso Hilir	1,259	1,289	1,319	1,351	1,383	1,415	1,449	1,483	1,518	1,554	1,591	
3	Tg. Palas	4,961	5,078	5,197	5,320	5,446	5,574	5,706	5,841	5,978	6,119	6,264	
4	Tg. Palas Barat	2,224	2,276	2,330	2,385	2,442	2,499	2,558	2,619	2,681	2,744	2,809	
5	Tg. Palas Utara	3,323	3,402	3,482	3,564	3,648	3,734	3,822	3,913	4,005	4,100	4,196	
6	Tg. Palas Timur	4,159	4,257	4,358	4,461	4,566	4,674	4,784	4,897	5,012	5,131	5,252	
7	Tanjung Selor	16,069	16,447	16,836	17,233	17,639	18,055	18,481	18,916	19,363	19,820	20,287	
8	Tg. Palas Tengah	3,066	3,138	3,212	3,288	3,366	3,445	3,527	3,610	3,695	3,782	3,872	
9	Sekatak	3,261	3,338	3,417	3,498	3,580	3,665	3,751	3,840	3,931	4,024	4,119	
10	Bunyu	3,934	4,027	4,122	4,219	4,319	4,421	4,525	4,632	4,741	4,853	4,968	
Jumlah		43,565	44,592	45,645	46,723	47,826	48,953	50,109	51,293	52,502	53,743	55,012	

Lampiran A.3 Proyeksi Perekonomian di Kabupaten Bulungan

Tahun	PDRB Per Kapita (Rp)	Pendapatan Regional Per Kapita (Rp)
2009	Rp 21,131,985	Rp 20,234,426
2010	Rp 22,616,925	Rp 21,684,176
2011	Rp 23,196,832	Rp 22,211,572
2012	Rp 24,816,150	Rp 23,742,821
2013	Rp 26,095,121	Rp 23,966,148
2014	Rp 27,713,019	Rp 25,452,049
2015	Rp 29,431,227	Rp 27,030,077
2016	Rp 31,255,964	Rp 28,705,942
2017	Rp 33,193,834	Rp 30,485,711
2018	Rp 35,251,852	Rp 32,375,826
2019	Rp 37,437,467	Rp 34,383,128
2020	Rp 39,758,590	Rp 36,514,882
2021	Rp 42,223,623	Rp 38,778,805
2022	Rp 44,841,488	Rp 41,183,091
2023	Rp 47,621,661	Rp 43,736,443
2024	Rp 50,574,204	Rp 46,448,103
2025	Rp 53,709,805	Rp 49,327,886
2026	Rp 57,039,813	Rp 52,386,215
2027	Rp 60,576,282	Rp 55,634,161
2028	Rp 64,332,012	Rp 59,083,479
2029	Rp 68,320,597	Rp 62,746,655
2030	Rp 72,556,475	Rp 66,636,948

Lampiran A.4 Proyeksi Jumlah Penduduk Setiap Kecamatan di Kabupaten Tana Tidung

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)										
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Sesayap	7,185	8,505	9,170	9,575	7,864	7,870	7,876	7,882	7,888	7,894	7,900
2	Sesayap hilir	4,248	4,563	4,886	5,102	5,279	5,283	5,287	5,291	5,295	5,299	5,303
3	Tana Lia	3,187	2,134	2,300	2,402	2,665	2,667	2,669	2,671	2,673	2,675	2,677
4	Muruk Rian	-	-	-	-	1,105	1,106	1,107	1,108	1,109	1,110	1,111
5	Betayau	-	-	-	-	2,072	2,074	2,076	2,078	2,080	2,082	2,084
Jumlah		14,620	15,202	16,356	17,079	18,985	19,000	19,015	19,030	19,045	19,060	19,075

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)										
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Sesayap	7,906	7,912	7,918	7,924	7,930	7,936	7,942	7,948	7,954	7,960	7,966
2	Sesayap hilir	5,307	5,311	5,315	5,319	5,323	5,327	5,331	5,335	5,339	5,343	5,347
3	Tana Lia	2,679	2,681	2,683	2,685	2,687	2,689	2,691	2,693	2,695	2,697	2,699
4	Muruk Rian	1,112	1,113	1,114	1,115	1,116	1,117	1,118	1,119	1,120	1,121	1,122
5	Betayau	2,086	2,088	2,090	2,092	2,094	2,096	2,098	2,100	2,102	2,104	2,106
Jumlah		19,090	19,105	19,120	19,135	19,150	19,165	19,180	19,195	19,210	19,225	19,240

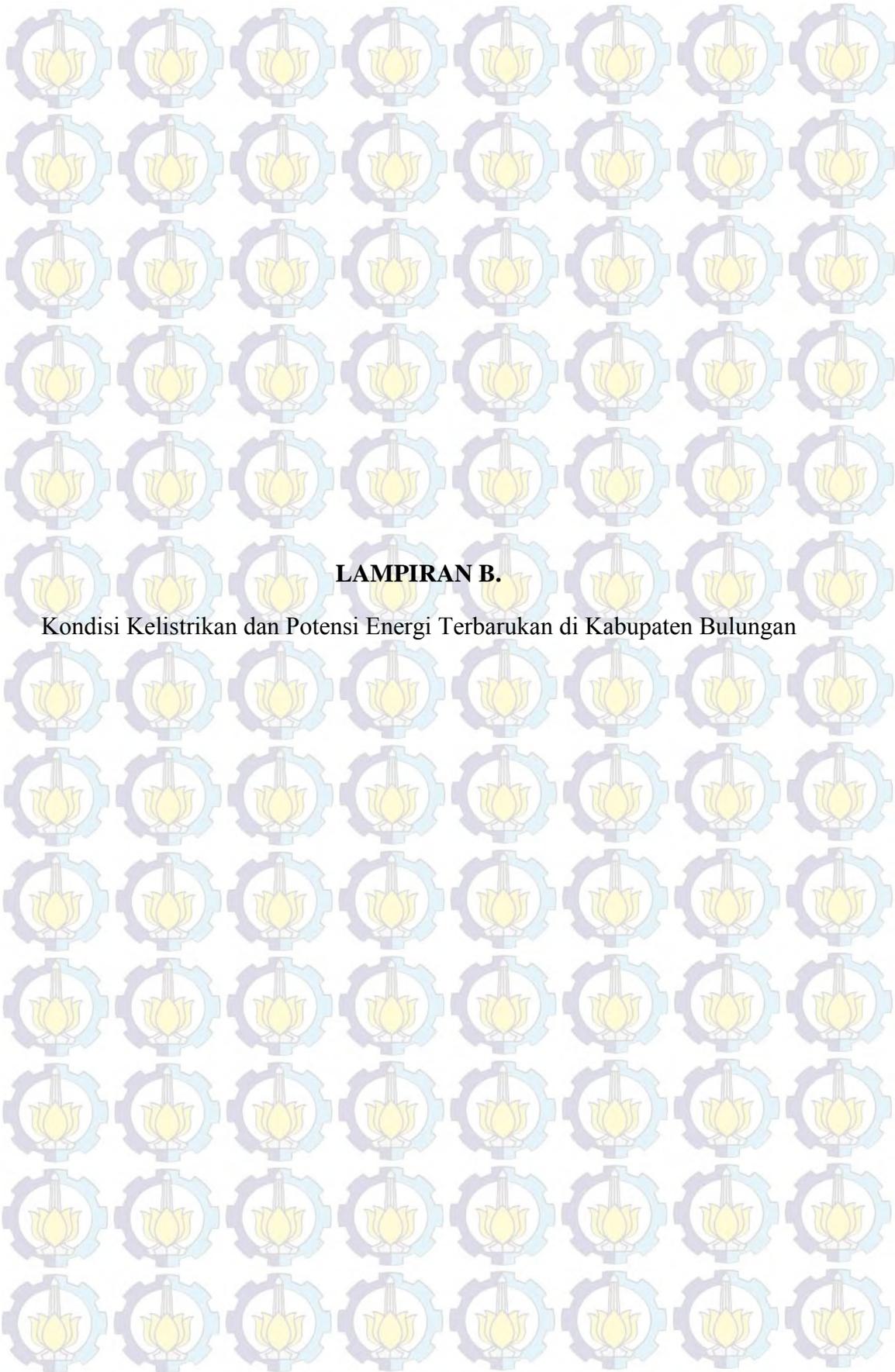
Lampiran A.5 Proyeksi Jumlah Rumah Tangga Setiap Kecamatan di Kabupaten Tana Tidung

No.	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga										
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Sesayap	1,743	2,090	2,027	2,073	1,530	1,669	1,671	1,672	1,673	1,675	1,676
2	Sesayap hilir	841	874	828	1,104	1,027	1,121	1,122	1,122	1,123	1,124	1,125
3	Tana Lia	720	514	526	520	518	566	566	567	567	567	568
4	Muruk Rian	-	-	-	-	215	235	235	235	235	235	236
5	Betayau	-	-	-	-	403	440	440	441	441	442	442
Jumlah		3,304	3,478	3,381	3,697	3,694	4,031	4,034	4,037	4,040	4,043	4,046

No.	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga										
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Sesayap	1,677	1,678	1,680	1,681	1,682	1,683	1,685	1,686	1,687	1,689	1,690
2	Sesayap hilir	1,126	1,127	1,127	1,128	1,129	1,130	1,131	1,132	1,133	1,133	1,134
3	Tana Lia	568	569	569	570	570	570	571	571	572	572	573
4	Muruk Rian	236	236	236	237	237	237	237	237	238	238	238
5	Betayau	443	443	443	444	444	445	445	445	446	446	447
Jumlah		4,050	4,053	4,056	4,059	4,062	4,066	4,069	4,072	4,075	4,078	4,081

Lampiran A.6 Proyeksi Perekonomian di Kabupaten Tana Tidung

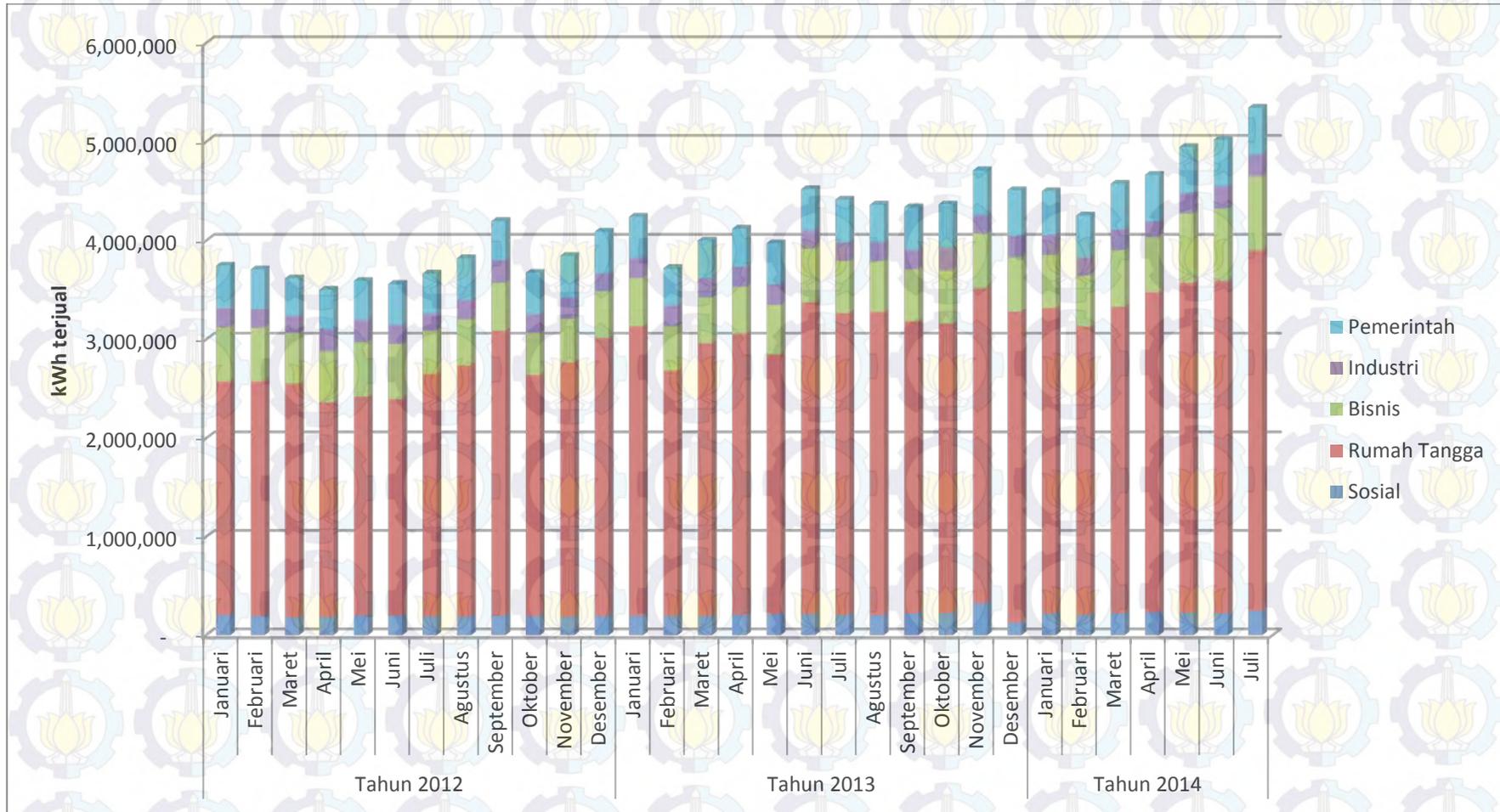
Tahun	PDRB Per Kapita (Rp)	Pendapatan Regional Per Kapita (Rp)
2009	Rp 22,268,533	Rp 16,418,251
2010	Rp 22,956,544	Rp 16,778,619
2011	Rp 24,413,560	Rp 17,999,746
2012	Rp 25,666,871	Rp 18,759,559
2013	Rp 25,637,782	Rp 18,613,884
2014	Rp 27,387,818	Rp 19,884,468
2015	Rp 29,257,311	Rp 21,241,782
2016	Rp 31,254,416	Rp 22,691,747
2017	Rp 33,387,843	Rp 24,240,686
2018	Rp 35,666,898	Rp 25,895,356
2019	Rp 38,101,521	Rp 27,662,974
2020	Rp 40,702,331	Rp 29,551,249
2021	Rp 43,480,673	Rp 31,568,418
2022	Rp 46,448,664	Rp 33,723,279
2023	Rp 49,619,250	Rp 36,025,231
2024	Rp 53,006,261	Rp 38,484,314
2025	Rp 56,624,469	Rp 41,111,254
2026	Rp 60,489,656	Rp 43,917,509
2027	Rp 64,618,680	Rp 46,915,319
2028	Rp 69,029,552	Rp 50,117,759
2029	Rp 73,741,510	Rp 53,538,798
2030	Rp 78,775,106	Rp 57,193,357



LAMPIRAN B.

Kondisi Kelistrikan dan Potensi Energi Terbarukan di Kabupaten Bulungan

Lampiran B.1 Jumlah Listrik Terjual di Kabupaten Bulungan



Lampiran B.2 Potensi Energi Mikrohidro di Kabupaten Bulungan



Gambar 1. Tampak Terjunan dan Aliran Sungai Boom (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 2. Tampak Terjunan dan Aliran Sungai Isau (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 3. Tampak Terjunan dan Aliran Sungai Piteng (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 4. Tampak Terjunan dan Aliran Sungai Bang (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 5. Tampak Terjunan dan Aliran Sungai Gunung Berun (Distamben Bulungan, 2014)



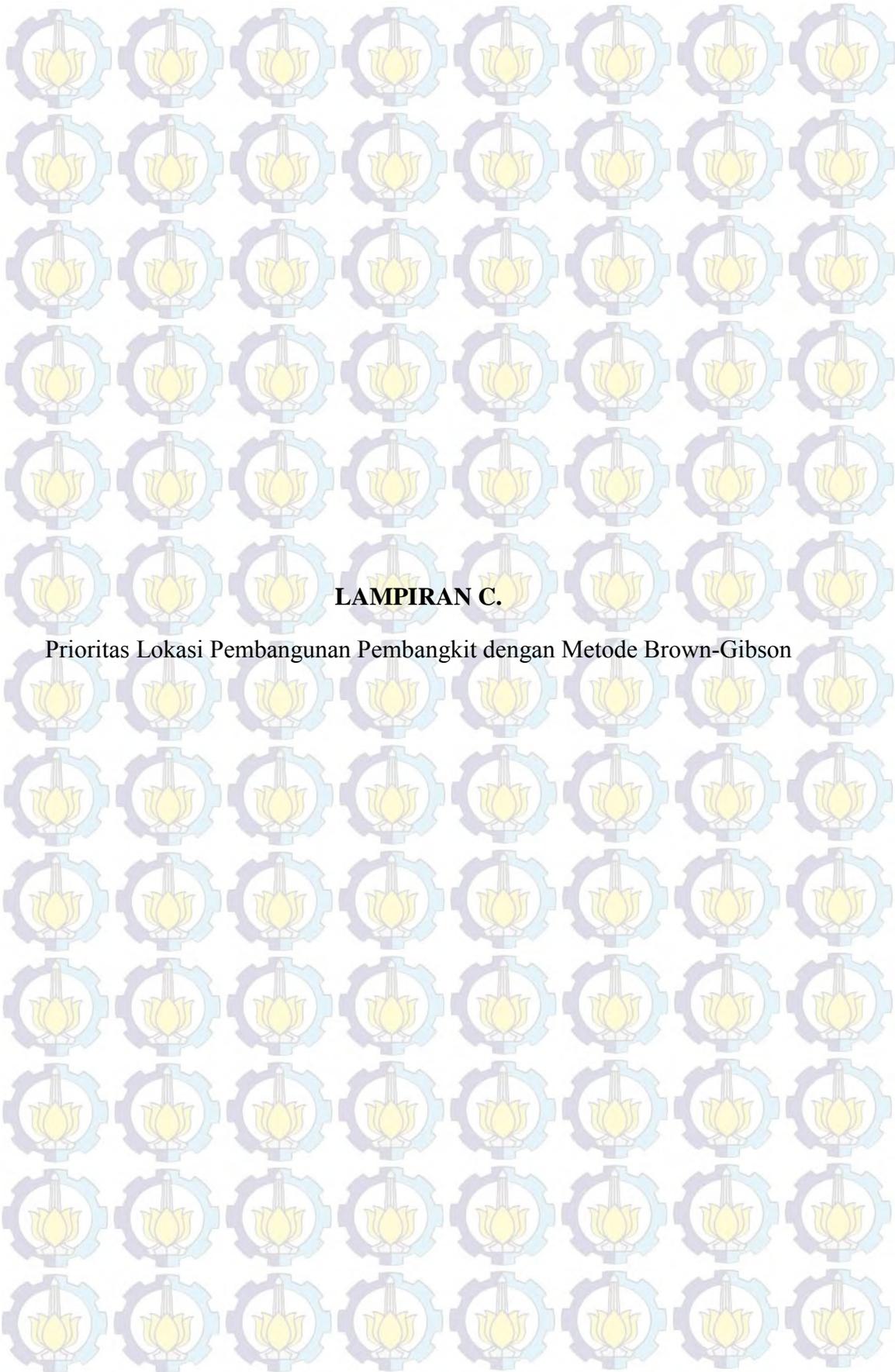
Gambar 6. Aliran Sungai Bengara (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 7. Aliran Sungai Pelban (Distamben Bulungan, 2014)



Gambar 8. Aliran Sungai Tajo (Distamben Bulungan, 2014)



LAMPIRAN C.

Prioritas Lokasi Pembangunan Pembangkit dengan Metode Brown-Gibson

Lampiran C.1 Prioritas Lokasi Pembangunan Pembangkit di Kabupaten Bulungan dengan Metode Brown-Gibson

Lokasi	Faktor Objektif			Total Oi	1/Oi	OF
	Jumlah RT Belum Teraliri listrik	Infrastruktur Sosial	Jumlah Industri dan Perdagangan			
Peso	425	88,388	265,164	353,977	0.0000028	0.298
Peso Hilir	679	49,214	433,978	483,871	0.0000021	0.218
Tg. Palas	2,229	494,004	3,722,673	4,218,906	0.0000002	0.025
Tg. Palas Barat	957	150,233	790,700	941,890	0.0000011	0.112
Tg. Palas Utara	1,510	330,904	732,716	1,065,130	0.0000009	0.099
Tg. Palas Timur	2,233	384,566	2,189,068	2,575,867	0.0000004	0.041
Tanjung Selor	3,221	4,058,360	40,583,600	44,645,181	0.0000000	0.002
Tg. Palas Tengah	1,838	207,119	861,179	1,070,136	0.0000009	0.099
Sekatak	1,930	197,149	1,646,774	1,845,853	0.0000005	0.057
Bunyu	898	181,883	1,972,731	2,155,512	0.0000005	0.049
					0.0000095	1.00

Faktor Subyektif	Perbandingan			Total	Relative Important Index (wj)
	Geografis Wilayah	Pola konsumsi masyarakat	Ketersediaan EBT		
Geografis Wilayah	-	0	1	1	0.333333333
Pola konsumsi masyarakat	1	-	0	1	0.333333333
Ketersediaan EBT	0	1	-	1	0.333333333
				3	1

Ketersediaan EBT												
Prioritas Pembangunan	Perbandingan										Total	Relative Important Index (wj)
	Peso	Peso Hilir	Tg. Palas	Tg. Palas Barat	Tg. Palas Utara	Tg. Palas Timur	Tanjung Selor	Tg. Palas Tengah	Sekatak	Bunyu		
Peso	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0.20
Peso Hilir	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0.18
Tg. Palas	0	0	-	1	1	1	0	1	0	0	4	0.09
Tg. Palas Barat	0	0	0	-	1	1	0	1	0	0	3	0.07
Tg. Palas Utara	0	0	0	0	-	1	0	1	0	0	2	0.04
Tg. Palas Timur	0	0	0	0	0	-	0	1	0	0	1	0.02
Tanjung Selor	0	0	1	1	1	1	-	1	0	0	5	0.11
Tg. Palas Tengah	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0.00
Sekatak	0	0	1	1	1	1	1	1	-	1	7	0.16
Bunyu	0	0	1	1	1	1	1	1	0	-	6	0.13
											45	1

Faktor Subyektif	Pairwise Comparison										Ranking (Rij)
	Peso	Peso Hilir	Tg. Palas	Tg. Palas Barat	Tg. Palas Utara	Tg. Palas Timur	Tanjung Selor	Tg. Palas Tengah	Sekatak	Bunyu	
Geografis Wilayah	0.20	0.09	0.07	0.18	0.04	0.02	0.13	0.16	0.00	0.11	0.33333333
Pola konsumsi masyarakat	0.00	0.02	0.09	0.07	0.11	0.16	0.18	0.13	0.09	0.16	0.33333333
Ketersediaan EBT	0.20	0.18	0.09	0.07	0.04	0.02	0.11	0.00	0.16	0.13	0.33333333

Pembobotan Subyektif Faktor

Jenis Pembobotan	Sfi 1	Sfi 2	Sfi 3	Sfi 4	Sfi 5	Sfi 6	Sfi 7	Sfi 8	Sfi 9	Sfi 10
Geografis Wilayah	0.07	0.03	0.02	0.06	0.01	0.01	0.04	0.05	0.00	0.04
Pola konsumsi masyarakat	0.00	0.01	0.03	0.02	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03	0.05
Ketersediaan EBT	0.07	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.05	0.04
Total	0.133	0.096	0.081	0.104	0.067	0.067	0.141	0.096	0.081	0.133

Location Preference Measure

Prioritas Pembangunan	Ofi	Sfi	LPMi
Peso	0.298	0.133	0.216
Peso Hilir	0.218	0.096	0.157
Tg. Palas	0.025	0.081	0.053
Tg. Palas Barat	0.112	0.104	0.108
Tg. Palas Utara	0.099	0.067	0.083
Tg. Palas Timur	0.041	0.067	0.054
Tanjung Selor	0.002	0.141	0.072
Tg. Palas Tengah	0.099	0.096	0.097
Sekatak	0.057	0.081	0.069
Bunyu	0.049	0.133	0.091

Kecamatan	Bobot Prioritas Pembangunan	Prioritas Pembangunan
Peso	0.216	1
Peso Hilir	0.157	2
Tg. Palas Barat	0.053	3
Tg. Palas Tengah	0.108	4
Bunyu	0.083	5
Tg. Palas Utara	0.054	6
Tanjung Selor	0.072	7
Sekatak	0.097	8
Tg. Palas Timur	0.069	9
Tg. Palas	0.091	10

Lampiran C.2 Prioritas Lokasi Pembangunan Pembangkit di Kabupaten Tana Tidung dengan Metode Brown-Gibson

Lokasi	Faktor Objektif			Total Oi	1/Oi	OF
	Jumlah RT Belum Teraliri listrik	Infrastruktur Sosial	Jumlah Industri dan Perdagangan			
Sesayap	219	424,656	86,504	511,379	0.0000020	0.018
Sesayap hilir	1,007	205,881	31,674	238,562	0.0000042	0.038
Tana Lia	992	42,640	15,990	59,622	0.0000168	0.152
Muruk Rian	156	17,680	-	17,836	0.0000561	0.509
Betayau	1,038	31,080	-	32,118	0.0000311	0.283
					0.0001101	1.000

Faktor Subyektif	Perbandingan			Total	Relative Important Index (wj)
	Geografis Wilayah	Pola konsumsi masyarakat	Ketersediaan EBT		
Geografis Wilayah	-	0	1	1	0.333
Pola konsumsi masyarakat	1	-	0	1	0.333
Ketersediaan EBT	0	1	-	1	0.333
				3	1.000

Prioritas Pembangunan	Geografis Wilayah					Total	Relative Important Index (wj)
	Perbandingan						
	Sesayap	Sesayap hilir	Tana Lia	Muruk Rian	Betayau		
Sesayap	-	0	1	0	0	1	0.10
Sesayap hilir	1	-	1	1	1	4	0.40
Tana Lia	0	0	-	0	0	0	0.00
Muruk Rian	1	0	1	-	1	3	0.30
Betayau	1	0	1	0	-	2	0.20
						10	1.00

Prioritas Pembangunan	Pola konsumsi masyarakat					Total	Relative Important Index (wj)
	Perbandingan						
	Sesayap	Sesayap hilir	Tana Lia	Muruk Rian	Betayau		
Sesayap	-	1	1	1	1	4	0.40
Sesayap hilir	0	-	1	1	1	3	0.30
Tana Lia	0	0	-	1	1	2	0.20
Muruk Rian	0	0	0	-	0	0	0.00
Betayau	0	0	0	1	-	1	0.10
						10	1.00

Ketersediaan EBT							
Prioritas Pembangunan	Perbandingan					Total	Relative Important Index (wj)
	Sesayap	Sesayap hilir	Tana Lia	Muruk Rian	Betayau		
Sesayap	-	1	1	1	1	4	0.40
Sesayap hilir	0	-	1	1	1	3	0.30
Tana Lia	0	0	-	1	1	2	0.20
Muruk Rian	0	0	0	-	1	1	0.10
Betayau	0	0	0	0	-	0	0.00
						10	1.00

Faktor Subyektif	Pairwise Comparison					Ranking (Rij)
	Sesayap	Sesayap hilir	Tana Lia	Muruk Rian	Betayau	
Geografis Wilayah	0.10	0.40	0.00	0.30	0.20	0.333
Pola konsumsi masyarakat	0.40	0.30	0.20	0.00	0.10	0.333
Ketersediaan EBT	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00	0.333

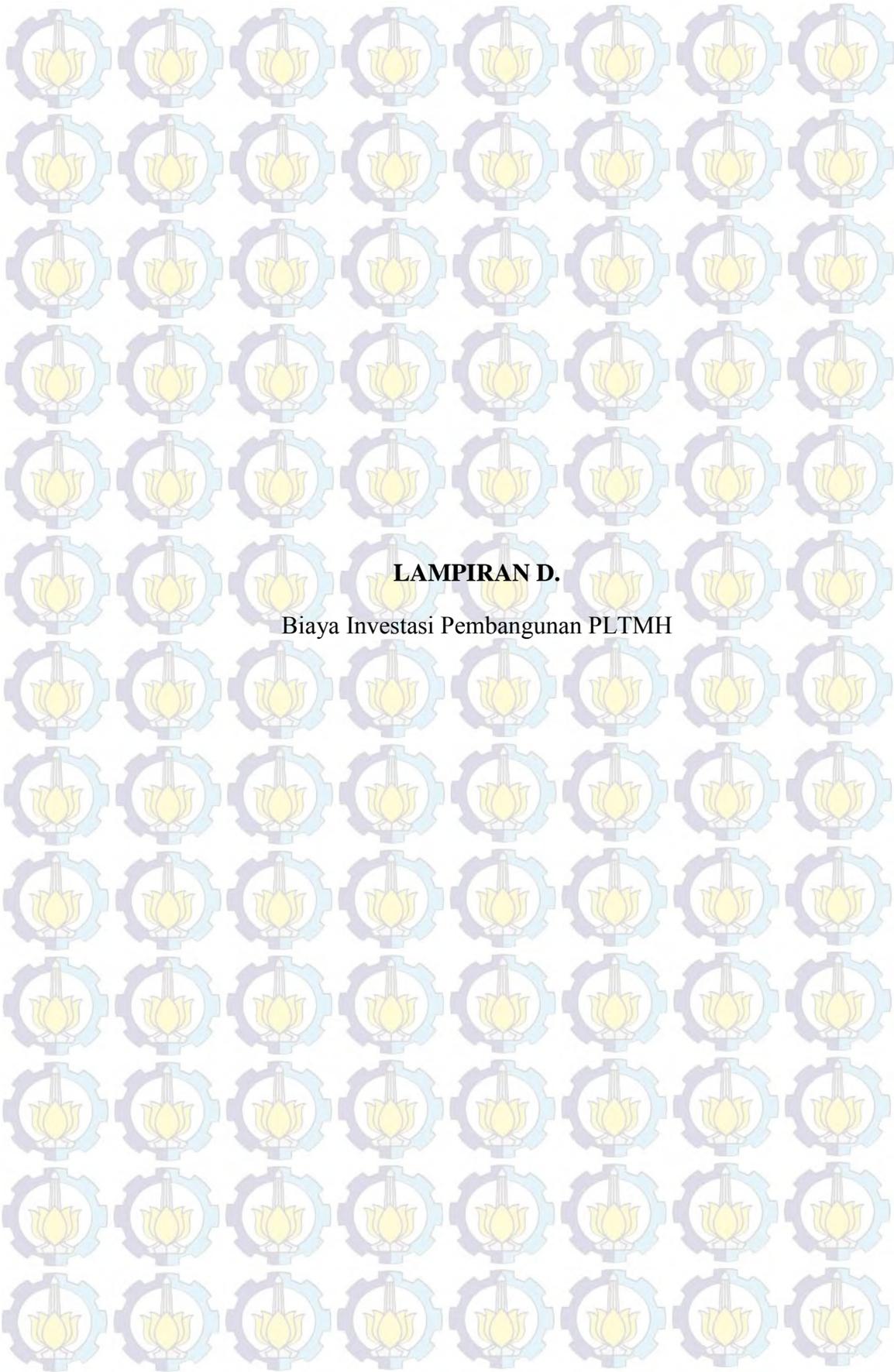
Pembobotan Subyektif Faktor

Jenis Pembobotan	Sfi 1	Sfi 2	Sfi 3	Sfi 4	Sfi 5
Geografis Wilayah	0.03	0.13	0.00	0.10	0.07
Pola konsumsi masyarakat	0.13	0.10	0.07	0.00	0.03
Ketersediaan EBT	0.13	0.10	0.07	0.03	0.00
Total	0.300	0.333	0.133	0.133	0.100

Location Preference Measure

Prioritas Pembangunan	Ofi	Sfi	LPMi
Sesayap	0.018	0.300	0.159
Sesayap hilir	0.038	0.333	0.186
Tana Lia	0.152	0.133	0.143
Muruk Rian	0.509	0.133	0.321
Betayau	0.283	0.100	0.191

Kecamatan	Prioritas Pembangunan	Prioritas Pembangunan
Muruk Rian	0.321	1
Betayau	0.191	2
Sesayap hilir	0.186	3
Sesayap	0.159	4
Tana Lia	0.143	5



LAMPIRAN D.

Biaya Investasi Pembangunan PLTMH

Lampiran D1. Biaya Investasi Pembangunan PLTMH Tahun 2016 (Peso Hilir)

No	Komponen	Unit	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah
Electrical & Mechanical Equipment					
1	Turbin	kW	340	Rp 3,661,000	Rp 1,244,740,000
2	Generator	HP	510	Rp 1,307,500	Rp 666,825,000
3	Switchgear / Control System	HP	510	Rp 1,569,000	Rp 800,190,000
4	Ballast Load	kW	425	Rp 1,046,000	Rp 444,550,000
5	Sinkronius	set	2	Rp 31,380,000	Rp 62,760,000
6	Instalasi Alat		1	Rp 15,690,000	Rp 15,690,000
7	Transportasi		1	Rp 26,150,000	Rp 26,150,000
Subtotal					Rp 3,260,905,000
Bangunan Sipil					
8	Persiapan kerja dan mobilisasi				Rp 26,150,000
9	Bendung				Rp 86,991,587
10	Intake				Rp 9,031,217
11	Headrace				Rp 80,652,352
12	Head Tank				Rp 21,439,871
13	Spilway				Rp 3,911,713
14	Penstock				Rp 29,109,526
15	Powerhouse				Rp 47,070,000
16	Finishing				Rp 6,746,700
Subtotal					Rp 311,102,966
Sistem Transmisi dan Distribusi					
17	Tiang Listrik	unit	428	Rp 1,359,800	Rp 581,994,400
18	Cable Twisted 4 x 70 m ²	m	21358	Rp 57,530	Rp 1,228,725,740
19	Aksesoris	set	428	Rp 470,700	Rp 201,459,600
20	Instalasi	set	428	Rp 366,100	Rp 156,690,800
21	Transportasi		1	Rp 20,920,000	Rp 20,920,000
22	Instalasi Sambungan Rumah	rumah	897	Rp 622,998	Rp 558,828,847
Subtotal					Rp 2,748,619,387
Lain-lain					
23	Pelatihan Masyarakat Lokal				Rp 5,000,000
24	Tanah				Rp 2,615,076,750
25	Pembangunan Jalan Akses				Rp 104,603,070
26	Biaya Perijinan				Rp 135,604,608
27	Pre FS & FS				Rp 90,403,072
28	Engineering Design				Rp 226,007,680
29	Komisioning				Rp 20,000,000
Subtotal					Rp 3,196,695,180
Jumlah Total					Rp 9,517,322,534

Lampiran D2. Biaya Investasi Pembangunan PLTMH Tahun 2022 (Sekatak)

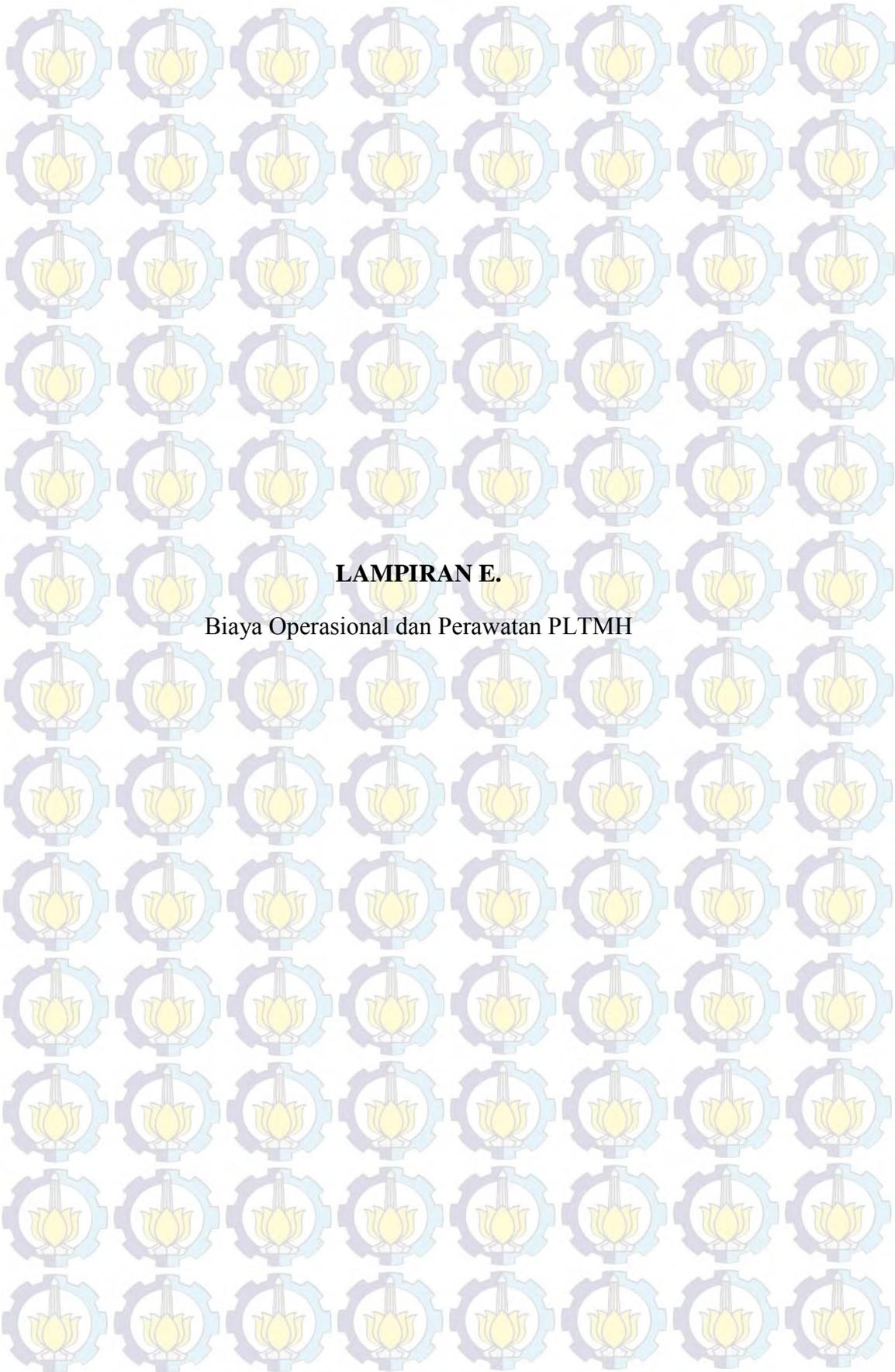
No	Komponen	Unit	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah
Electrical & Mechanical Equipment					
1	Turbin	kW	300	Rp 4,734,877	Rp 1,420,463,229
2	Generator	HP	450	Rp 1,691,028	Rp 760,962,444
3	Switchgear / Control System	HP	450	Rp 2,029,233	Rp 913,154,933
4	Ballast Load	kW	375	Rp 1,352,822	Rp 507,308,296
5	Sinkronius	set	2	Rp40,584,664	Rp 81,169,327
6	Instalasi Alat		1	Rp20,292,332	Rp 20,292,332
7	Transportasi		1	Rp33,820,553	Rp 33,820,553
Subtotal					Rp 3,737,171,114
Bangunan Sipil					
8	Persiapan kerja dan mobilisasi				Rp 33,820,553
9	Bendung				Rp 112,508,741
10	Intake				Rp 11,680,335
11	Headrace				Rp 104,310,025
12	Head Tank				Rp 27,728,807
13	Spilway				Rp 5,059,131
14	Penstock				Rp 37,648,194
15	Powerhouse				Rp 60,876,996
16	Finishing				Rp 8,725,703
Subtotal					Rp 402,358,485
Sistem Transmisi dan Distribusi					
17	Tiang Listrik	unit	375	Rp 1,758,669	Rp 659,500,785
18	Cable Twisted	m	18739	Rp 74,405	Rp 1,394,279,357
19	Aksesoris	set	375	Rp 608,770	Rp 228,288,733
20	Instalasi	set	375	Rp 473,488	Rp 177,557,904
21	Transportasi		1	Rp27,056,442	Rp 27,056,442
22	Instalasi Sambungan Rumah	rumah	787	Rp 805,741	Rp 634,118,054
Subtotal					Rp 3,120,801,275
Lain-lain					
23	Pelatihan Masyarakat Lokal				Rp 5,000,000
24	Tanah				Rp 3,382,055,307
25	Pembangunan Jalan Akses				Rp 135,282,212
26	Biaya Perijinan				Rp 161,665,026
27	Pre FS & FS				Rp 107,776,684
28	Engineering Design				Rp 269,441,710
29	Komisioning				Rp 20,000,000
Subtotal					Rp 4,081,220,939
Jumlah Total					Rp 11,341,551,813

Lampiran D3. Biaya Investasi Pembangunan PLTMH Tahun 2025 (Peso)

No	Komponen	Unit	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah
Electrical & Mechanical Equipment					
1	Turbin	kW	220	Rp 5,048,556	Rp 1,110,682,372
2	Generator	HP	330	Rp 1,803,056	Rp 595,008,414
3	Switchgear / Control System	HP	330	Rp 2,163,667	Rp 714,010,097
4	Ballast Load	kW	275	Rp 1,442,445	Rp 396,672,276
5	Sinkronius	set	2	Rp 43,273,339	Rp 86,546,678
6	Instalasi Alat		1	Rp 21,636,670	Rp 21,636,670
7	Transportasi		1	Rp 36,061,116	Rp 36,061,116
Subtotal					Rp 2,960,617,622
Bangunan Sipil					
8	Persiapan kerja dan mobilisasi				Rp 36,061,116
9	Bendung				Rp 119,962,283
10	Intake				Rp 12,454,141
11	Headrace				Rp 111,220,414
12	Head Tank				Rp 29,565,801
13	Spilway				Rp 5,394,291
14	Penstock				Rp 40,142,333
15	Powerhouse				Rp 64,910,009
16	Finishing				Rp 9,303,768
Subtotal					Rp 429,014,155
Sistem Transmisi dan Distribusi					
17	Tiang Listrik	unit	268	Rp 1,875,178	Rp 502,547,712
18	Cable Twisted	m	13381	Rp 79,334	Rp 1,061,574,345
19	Aksesoris	set	268	Rp 649,100	Rp 173,958,824
20	Instalasi	set	268	Rp 504,856	Rp 135,301,307
21	Transportasi		1	Rp 28,848,893	Rp 28,848,893
22	Instalasi Sambungan Rumah	rumah	562	Rp 859,120	Rp 482,825,455
Subtotal					Rp 2,385,056,536
Lain-lain					
23	Pelatihan Masyarakat Lokal				Rp 5,000,000
24	Tanah				Rp 2,884,629,906
25	Pembangunan Jalan Akses				Rp 153,846,928
26	Biaya Perijinan				Rp 132,197,478
27	Pre FS & FS				Rp 88,131,652
28	Engineering Design				Rp 220,329,130
29	Komisioning				Rp 20,000,000
Subtotal					Rp 3,504,135,094
Jumlah Total					Rp 9,278,823,407

Lampiran D4. Biaya Investasi Pembangunan PLTMH Tahun 2026 (Peso Hilir)

No	Komponen	Unit	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah
Electrical & Mechanical Equipment					
1	Turbin	kW	60	Rp 5,204,653	Rp 312,279,183
2	Generator	HP	90	Rp 1,858,805	Rp 167,292,420
3	Switchgear / Control System	HP	90	Rp 2,230,566	Rp 200,750,903
4	Ballast Load	kW	75	Rp 1,487,044	Rp 111,528,280
5	Sinkronius	set	2	Rp 44,611,312	Rp 89,222,624
6	Instalasi Alat		1	Rp 22,305,656	Rp 22,305,656
7	Transportasi		1	Rp 37,176,093	Rp 37,176,093
Subtotal					Rp 940,555,159
Bangunan Sipil					
8	Persiapan kerja dan mobilisasi				Rp 40,146,241
9	Bendung				Rp 133,552,014
10	Intake				Rp 13,864,988
11	Headrace				Rp 123,819,836
12	Head Tank				Rp 32,915,114
13	Spilway				Rp 6,005,375
14	Penstock				Rp 44,689,791
15	Powerhouse				Rp 72,263,233
16	Finishing				Rp 10,357,730
Subtotal					Rp 477,614,322
Sistem Transmisi dan Distribusi					
17	Tiang Listrik	unit	75		Rp 144,986,764
18	Cable Twisted	m	3739		Rp 305,803,108
19	Aksesoris	set	75		Rp 50,187,726
20	Instalasi	set	75		Rp 39,034,898
21	Transportasi		1		Rp 29,740,875
22	Instalasi Sambungan Rumah	rumah	157		Rp 139,052,270
Subtotal					Rp 708,805,639
Lain-lain					
23	Pelatihan Masyarakat Lokal				Rp 5,000,000
24	Tanah				Rp 769,234,642
25	Pembangunan Jalan Akses				Rp 153,846,928
26	Biaya Perijinan				Rp 45,750,851
27	Pre FS & FS				Rp 30,500,567
28	Engineering Design				Rp 76,251,418
29	Komisioning				Rp 20,000,000
Subtotal					Rp 1,100,584,405
Jumlah Total					Rp 3,227,559,526

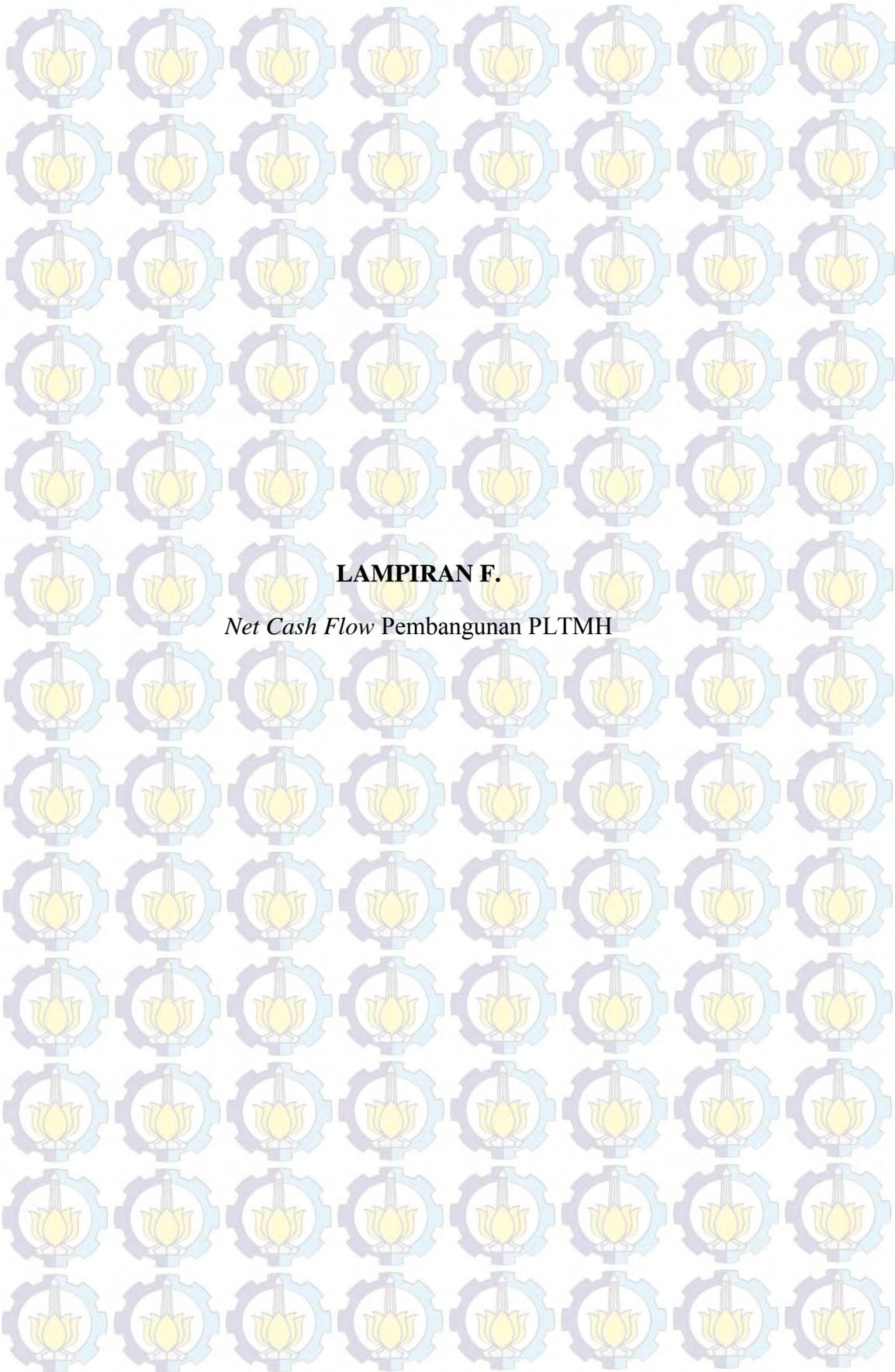


LAMPIRAN E.

Biaya Operasional dan Perawatan PLTMH

Lampiran E. Biaya Operasional dan Perawatan PLTMH Kecamatan Pesu Tahun 2015

No.	Uraian Investasi	Total Cost Investasi	Cost (Rp)					
			2015	2016	2017	2018	2019	
	Tangible Assets							
1	Tanah	2,500,000,000	1,250,000,000	1,250,000,000				
2	Pembangunan Jalan Akses	10,000,000	50,000,000	50,000,000				
3	Electrical & Mechanical Equipment	1,697,500,000	848,750,000	848,750,000				
4	Bangunan Sipil	297,421,574	148,710,787	148,710,787				
5	Sistem Transmisi dan Distribusi	1,334,721,200	667,360,600	667,360,600				
	Intangible Asset							
6	Pelatihan Masyarakat Lokal	5,000,000	2,500,000	2,500,000				
7	Biaya Perijinan	88,944,642	44,472,321	44,472,321				
8	Pre FS & FS	59,296,428	29,648,214	29,648,214				
9	Engineering Design	148,241,070	74,120,535	74,120,535				
10	Komisioning	20,000,000	10,000,000	10,000,000				
		6,251,124,914						
	Operational and Maintenance							
	Biaya Langsung dan Tidak Langsung							
11	Gaji Operator				5,000,000	5,100,000	5,202,000	
12	Gaji Teknisi				5,000,000	5,100,000	5,202,000	
13	Gaji Tenaga Pemeliharaan				2,000,000	2,040,000	2,080,800	
14	Pelumas				3,000,000	3,060,000	3,121,200	
15	Service				1,000,000	1,020,000	1,040,400	
	Biaya Pengelolaan							
16	Penyusutan Peralatan Elektrik				79,875,000	79,875,000	79,875,000	
17	Penyusutan Bangunan Sipil				13,298,579	13,298,579	13,298,579	
18	Penyusutan Jaringan Transmisi dan Distribusi				48,495,500	48,495,500	48,495,500	
19	Biaya Pemeliharaan Bendungan				1,000,000	1,000,000	1,000,000	
20	Biaya Pemeliharaan Bak Pengendap Pasir				500,000	500,000	500,000	
21	Biaya Pemeliharaan Saluran Pembawa				1,000,000	1,000,000	1,000,000	
22	Biaya Pemeliharaan Bak Penenang				1,000,000	1,000,000	1,000,000	
23	Biaya Pemeliharaan Penstock				500,000	500,000	500,000	
24	Biaya Pemeliharaan Rumah Pembangkit				500,000	500,000	500,000	
25	Biaya Pemeliharaan Turbin				2,000,000	2,000,000	2,000,000	
26	Biaya Pemeliharaan Generator				2,000,000	2,000,000	2,000,000	
27	Biaya Pemeliharaan Jaringan				2,500,000	2,500,000	2,500,000	
28	Biaya Pemeliharaan Jalan				1,000,000	1,000,000	1,000,000	
29	Biaya Administrasi				5,000,000	5,000,000	5,000,000	
30	Biaya Listrik dan Air				5,000,000	5,000,000	5,000,000	
31	Pajak				41,961,324	41,961,324	41,961,324	
	Total Biaya		3,125,562,457	3,125,562,457	221,630,402	221,950,402	222,276,802	



LAMPIRAN F.

Net Cash Flow Pembangunan PLTMH

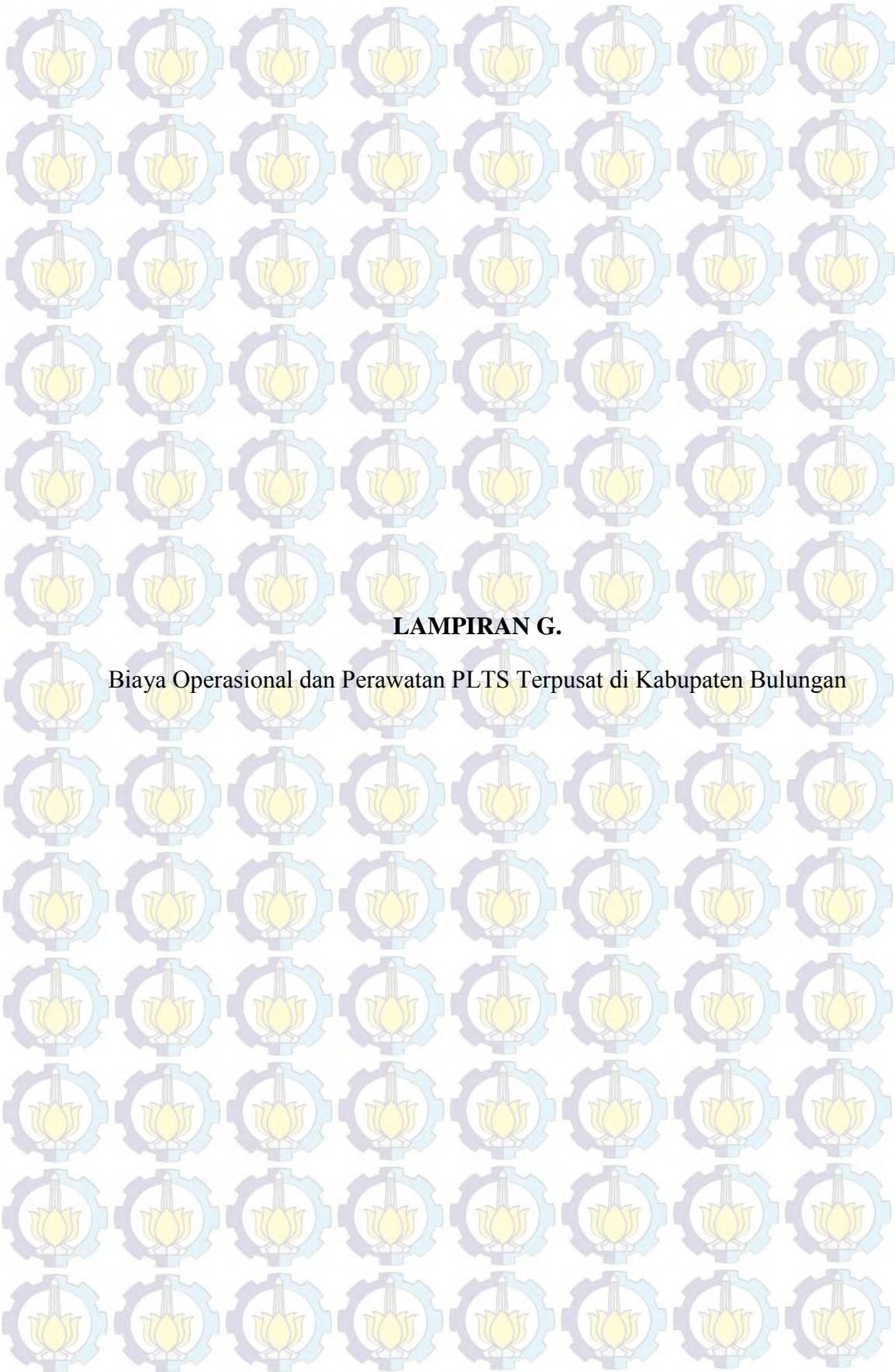
Lampiran F. *Net Cash Flow* PLTMH Kecamatan Peso Tahun 2015

No.	Tahun	Cost		Benefit			Revenue Before Tax
		Investasi	Operational & Maintenance	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil	
0	2015	3,125,562,457					
0	2016	3,125,562,457					
1	2017		221,630,402	2,345,241,600	132,000,000	2,004,771,264	904,085,566
2	2018		221,950,402	2,462,503,680	139,920,000	2,105,009,827	903,765,566
3	2019		222,276,802	2,585,628,864	148,315,200	2,210,260,318	903,439,166
4	2020		222,609,730	2,714,910,307	157,214,112	2,320,773,334	903,106,238
5	2021		222,949,317	2,850,655,823	166,646,959	2,436,812,001	902,766,651
6	2022		223,295,695	2,993,188,614	176,645,776	2,558,652,601	902,420,273
7	2023		223,649,001	3,142,848,044	187,244,523	2,686,585,231	902,066,967
8	2024		224,009,373	3,299,990,447	198,479,194	2,820,914,493	901,706,595
9	2025		224,376,952	3,464,989,969	210,387,946	2,961,960,217	901,339,016
10	2026		224,751,883	3,638,239,467	223,011,223	3,110,058,228	900,964,085
11	2027		225,134,313	3,820,151,441	236,391,896	3,265,561,140	900,581,655
12	2028		225,524,391	4,011,159,013	250,575,410	3,428,839,197	900,191,577
13	2029		225,922,271	4,211,716,963	265,609,934	3,600,281,157	899,793,697
14	2030		226,328,108	4,422,302,812	281,546,530	3,780,295,214	899,387,860
15	2031		226,742,063	4,643,417,952	298,439,322	3,969,309,975	898,973,905
16	2032		227,164,296	4,875,588,850	316,345,681	4,167,775,474	898,551,672
17	2033		227,594,974	5,119,368,292	335,326,422	4,376,164,248	898,120,994
18	2034		228,034,265	5,375,336,707	355,446,008	4,594,972,460	897,681,703
19	2035		228,482,342	5,644,103,542	376,772,768	4,824,721,083	897,233,626
20	2036		228,939,381	5,926,308,719	399,379,134	5,065,957,137	896,776,587

Lampiran F. *Net Cash Flow* PLTMH Kecamatan Pesow Tahun 2015 (lanjutan)

Revenue After Tax	Depresiasi	Cash Inflow	Disbenefit		Net Cash Flow	Total Cost	Total Benefit
			Penurunan kualitas sungai	Penurunan jumlah flora dan fauna			
			60,000,000	62,400,000	(3,247,962,457)	3,125,562,457	(122,400,000)
			61,200,000	63,648,000	(3,250,410,457)	3,125,562,457	(124,848,000)
678,064,174	141,669,079	819,733,253	62,424,000	64,920,960	4,952,770,755	221,630,402	5,174,401,157
677,824,174	141,669,079	819,493,253	63,672,480	66,219,379	5,175,084,499	221,950,402	5,397,034,901
677,579,374	141,669,079	819,248,453	64,945,930	67,543,767	5,408,686,337	222,276,802	5,630,963,139
677,329,678	141,669,079	818,998,757	66,244,848	68,894,642	5,654,147,290	222,609,730	5,876,757,020
677,074,988	141,669,079	818,744,067	67,569,745	70,272,535	5,912,067,252	222,949,317	6,135,016,569
676,815,205	141,669,079	818,484,283	68,921,140	71,677,986	6,183,076,454	223,295,695	6,406,372,149
676,550,225	141,669,079	818,219,304	70,299,563	73,111,545	6,467,836,993	223,649,001	6,691,485,994
676,279,946	141,669,079	817,949,025	71,705,554	74,573,776	6,767,044,455	224,009,373	6,991,053,828
676,004,262	141,669,079	817,673,340	73,139,665	76,065,252	7,081,429,603	224,376,952	7,305,806,556
675,723,063	141,669,079	817,392,142	74,602,459	77,586,557	7,411,760,162	224,751,883	7,636,512,045
675,436,241	141,669,079	817,105,320	76,094,508	79,138,288	7,758,842,688	225,134,313	7,983,977,001
675,143,683	141,669,079	816,812,761	77,616,398	80,721,054	8,123,524,538	225,524,391	8,349,048,929
674,845,273	141,669,079	816,514,351	79,168,726	82,335,475	8,506,695,934	225,922,271	8,732,618,205
674,540,895	141,669,079	816,209,973	80,752,100	83,982,184	8,909,292,137	226,328,108	9,135,620,245
674,230,429	141,669,079	815,899,508	82,367,142	85,661,828	9,332,295,724	226,742,063	9,559,037,787
673,913,754	141,669,079	815,582,833	84,014,485	87,375,065	9,776,738,993	227,164,296	10,003,903,288
673,590,746	141,669,079	815,259,825	85,694,775	89,122,566	10,243,706,472	227,594,974	10,471,301,446
673,261,277	141,669,079	814,930,356	87,408,670	90,905,017	10,734,337,578	228,034,265	10,962,371,843
672,925,219	141,669,079	814,594,298	89,156,844	92,723,118	11,249,829,388	228,482,342	11,478,311,730
672,582,440	141,669,079	814,251,519	90,939,981	94,577,580	11,791,439,568	228,939,381	12,020,378,949

Suku Bunga Bank	10.50%
NPV Cost	\$6,897,563,747.11
NPV Benefit	\$47,121,150,775.24
BCR	6.83
Kesimpulan	Layak

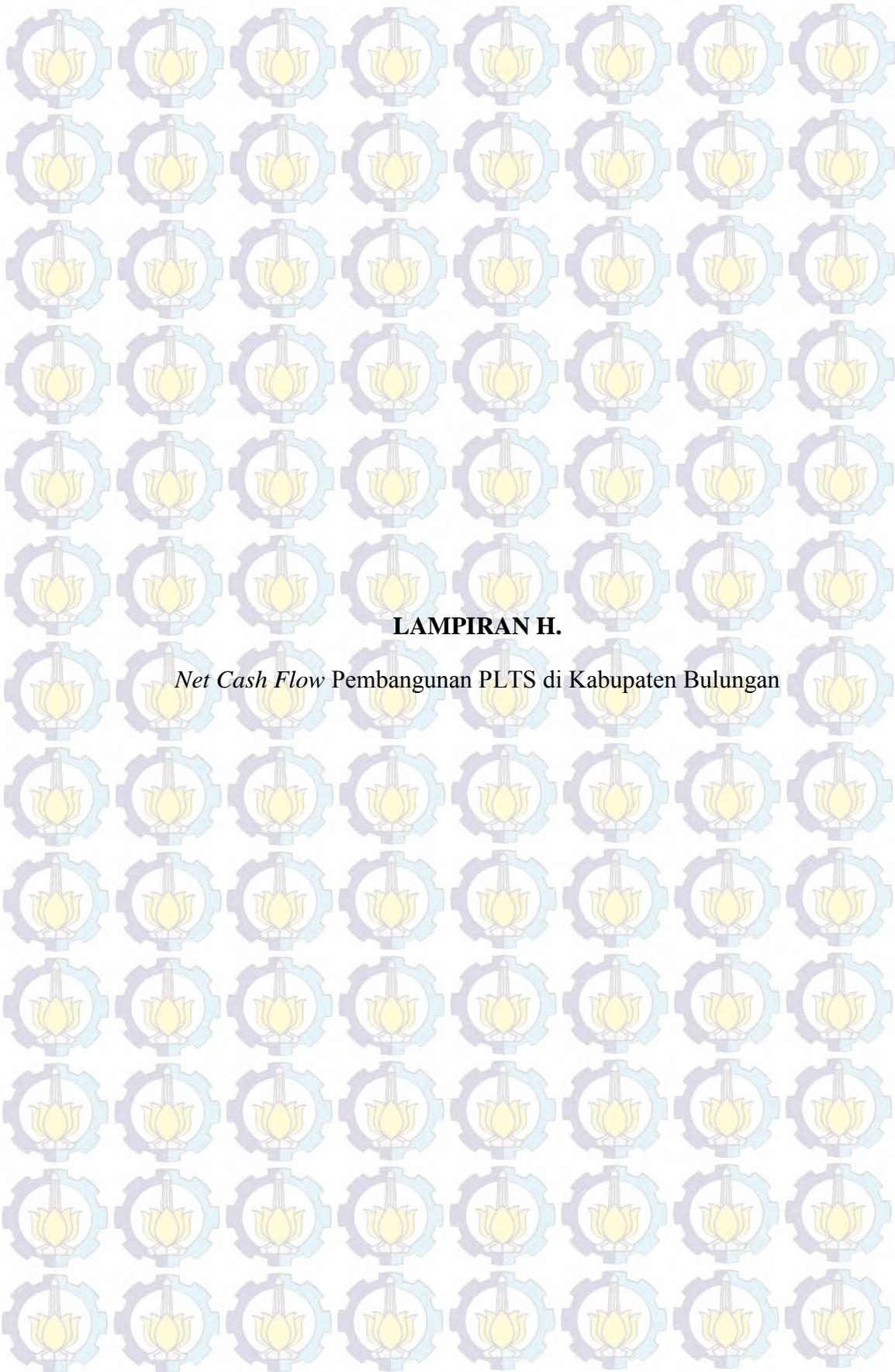


LAMPIRAN G.

Biaya Operasional dan Perawatan PLTS Terpusat di Kabupaten Bulungan

Lampiran G. Biaya Operasional dan Perawatan PLTS Terpusat Kecamatan Tanjung Palas Barat Tahun 2017

No.	Uraian	Total Cost Investasi	Cost (Rp)				
			2017	2018	2019	2020	2021
	Investasi						
	Tangible Assets						
1	Tanah	2,183,687,413	1,091,843,707	1,091,843,707			
2	Solar Farm	6,830,943,867	3,415,471,933	3,415,471,933			
3	Power House	1,452,891,810	726,445,905	726,445,905			
4	Jaringan Transmisi dan Distribusi	1,700,130,095	850,065,047	850,065,047			
	Intangible Asset						
5	Pelatihan Masyarakat Lokal	2,000,000	1,000,000	1,000,000			
6	Biaya Perijinan	182,514,798	91,257,399	91,257,399			
7	Pre FS & FS	121,676,532	60,838,266	60,838,266			
8	Engineering Design	304,191,330	152,095,665	152,095,665			
9	Komisioning	5,000,000	2,500,000	2,500,000			
	Operational and Maintenance						
	Biaya Langsung dan Tidak Langsung						
10	Gaji Operator				2,000,000	2,040,000	2,080,800
11	Gaji Teknisi				4,000,000	4,080,000	4,161,600
12	Gaji Tenaga Pemeliharaan				2,000,000	2,040,000	2,080,800
13	Service				5,000,000	5,100,000	5,202,000
	Biaya Pengelolaan						
14	Penyusutan Panel Surya				341,201,158	341,201,158	341,201,158
15	Penyusutan Rak Panel				346,035	346,035	346,035
16	Penyusutan Power House				72,644,591	72,644,591	72,644,591
17	Penyusutan Jaringan				71,358,458	71,358,458	71,358,458
18	Biaya Perawatan Solar Farm				1,000,000	1,000,000	1,000,000
19	Biaya Perawatan Power House				1,500,000	1,500,000	1,500,000
20	Biaya Administrasi				2,000,000	2,000,000	2,000,000
21	Biaya Listrik dan Air				2,500,000	2,500,000	2,500,000
22	Pajak Bumi dan Bangunan				33,410,417.42	33,410,417	33,410,417
	Total Biaya		6,391,517,922	6,391,517,922	538,960,660	539,220,660	539,485,860



LAMPIRAN H.

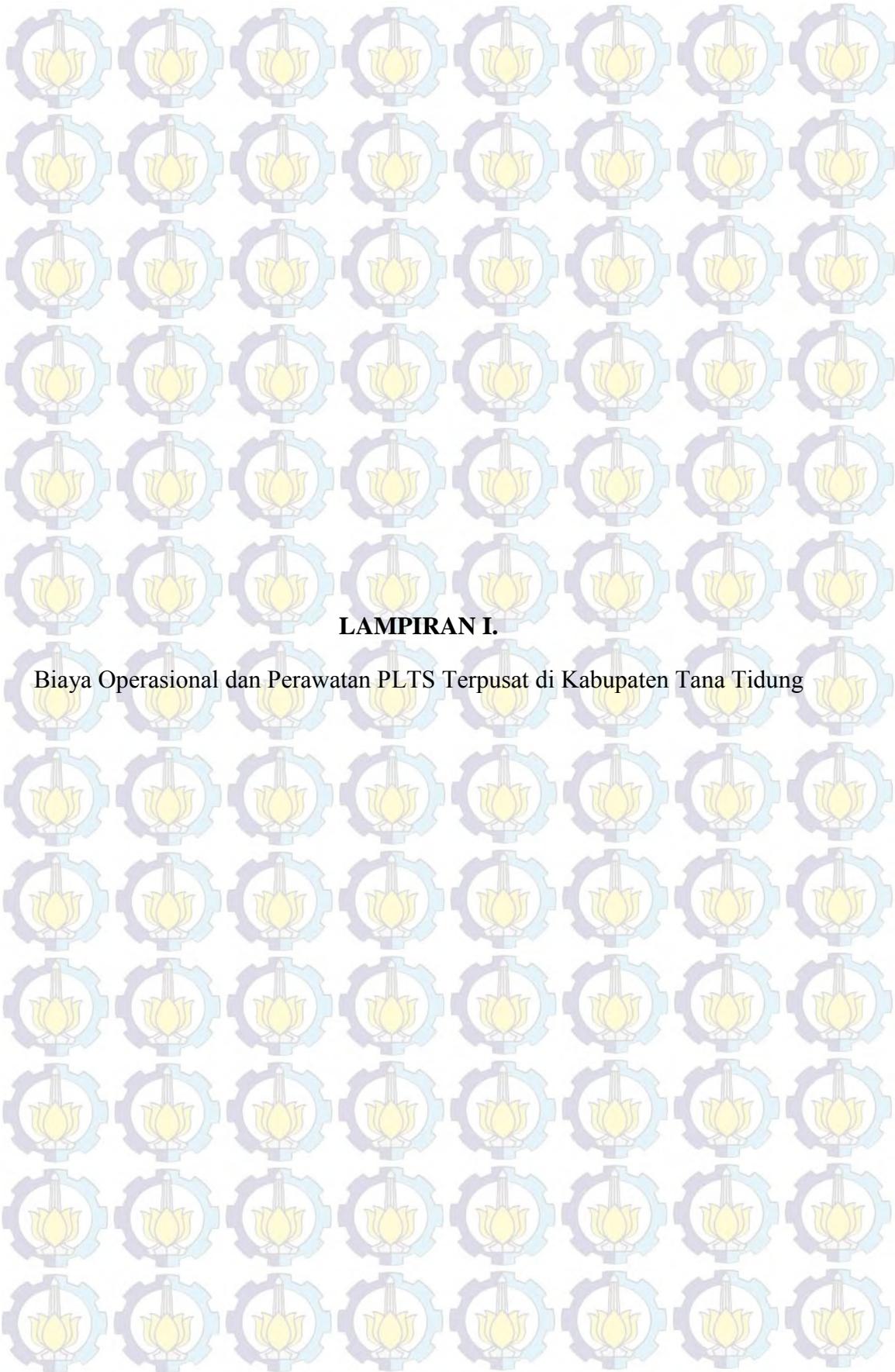
Net Cash Flow Pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan

Lampiran H. *Net Cash Flow* PLTS Terpusat Kecamatan Tanjung Palas Barat Tahun 2017

No.	Tahun	Cost		Benefit			Revenue Before Tax	Revenue After Tax	Depresiasi
		Investasi	Operational & Maintenance	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil			
0	2017	6,391,517,922							
0	2018	6,391,517,922							
1	2019		538,960,660	592,740,111.42	115,298,695.41	169,708,366.54	2,194,159,340	1,645,619,505	485,550,242
2	2020		539,220,660	622,377,116.99	122,216,617.14	178,193,784.87	2,193,899,340	1,645,424,505	485,550,242
3	2021		539,485,860	653,495,972.84	129,549,614.17	187,103,474.11	2,193,634,140	1,645,225,605	485,550,242
4	2022		539,756,364	686,170,771.48	137,322,591.02	196,458,647.82	2,193,363,636	1,645,022,727	485,550,242
5	2023		540,032,278	720,479,310.06	145,561,946.48	206,281,580.21	2,193,087,722	1,644,815,792	485,550,242
6	2024		540,313,710	756,503,275.56	154,295,663.27	216,595,659.22	2,192,806,290	1,644,604,717	485,550,242
7	2025		540,600,771	794,328,439.34	163,553,403.06	227,425,442.18	2,192,519,229	1,644,389,422	485,550,242
8	2026		540,893,573	834,044,861.31	173,366,607.25	238,796,714.29	2,192,226,427	1,644,169,820	485,550,242
9	2027		541,192,232	875,747,104.37	183,768,603.68	250,736,550.00	2,191,927,768	1,643,945,826	485,550,242
10	2028		541,496,863	919,534,459.59	194,794,719.90	263,273,377.50	2,191,623,137	1,643,717,353	485,550,242
11	2029		541,807,587	965,511,182.57	206,482,403.10	276,437,046.38	2,191,312,413	1,643,484,310	485,550,242
12	2030		542,124,526	1,013,786,741.70	218,871,347.28	290,258,898.70	2,190,995,474	1,643,246,606	485,550,242
13	2031		542,447,803	1,064,476,078.78	232,003,628.12	304,771,843.63	2,190,672,197	1,643,004,148	485,550,242
14	2032		542,777,546	1,117,699,882.72	245,923,845.81	320,010,435.81	2,190,342,454	1,642,756,841	485,550,242
15	2033		543,113,884	1,173,584,876.86	260,679,276.55	336,010,957.60	2,190,006,116	1,642,504,587	485,550,242
16	2034		543,456,948	1,232,264,120.70	276,320,033.15	352,811,505.48	2,189,663,052	1,642,247,289	485,550,242
17	2035		543,806,874	1,293,877,326.74	292,899,235.14	370,452,080.76	2,189,313,126	1,641,984,845	485,550,242
18	2036		544,163,798	1,358,571,193.07	310,473,189.24	388,974,684.80	2,188,956,202	1,641,717,151	485,550,242
19	2037		544,527,861	1,426,499,752.73	329,101,580.60	408,423,419.04	2,188,592,139	1,641,444,104	485,550,242
20	2038		544,899,205	1,497,824,740.36	348,847,675.43	428,844,589.99	2,188,220,795	1,641,165,596	485,550,242

Lampiran H. *Net Cash Flow* PLTS Terpusat Kecamatan Tanjung Palas Barat Tahun 2017 (lanjutan)

Cash Inflow	Disbenefit		Net Cash Flow	Total Cost	Total Benefit		
	Penurunan jumlah flora dan fauna	Pengurangan lahan produktif					
	66,820,835	146,743,794	(6,605,082,551)	6,391,517,922	(213,564,629)		
	68,157,252	149,678,670	(6,609,353,844)	6,391,517,922	(217,835,922)		
2,131,169,747	69,520,397	152,672,243	2,247,763,621	538,960,660	2,786,724,281		
2,130,974,747	70,910,805	155,725,688	2,287,905,114	539,220,660	2,827,125,774		
2,130,775,847	72,329,021	158,840,202	2,330,269,826	539,485,860	2,869,755,686		
2,130,572,969	73,775,601	162,017,006	2,374,976,009	539,756,364	2,914,732,373		
2,130,366,034	75,251,113	165,257,346	2,422,148,134	540,032,278	2,962,180,411		
2,130,154,960	76,756,135	168,562,493	2,471,917,219	540,313,710	3,012,230,929		
2,129,939,664	78,291,258	171,933,743	2,524,421,176	540,600,771	3,065,021,947		
2,129,720,062	79,857,083	175,372,418	2,579,805,171	540,893,573	3,120,698,744		
2,129,496,069	81,454,225	178,879,866	2,638,222,004	541,192,232	3,179,414,236		
2,129,267,595	83,083,309	182,457,464	2,699,832,516	541,496,863	3,241,329,379		
2,129,034,552	84,744,975	186,106,613	2,764,806,008	541,807,587	3,306,613,596		
2,128,796,848	86,439,875	189,828,745	2,833,320,690	542,124,526	3,375,445,216		
2,128,554,390	88,168,673	193,625,320	2,905,564,145	542,447,803	3,448,011,948		
2,128,307,083	89,932,046	197,497,826	2,981,733,829	542,777,546	3,524,511,375		
2,128,054,830	91,730,687	201,447,783	3,062,037,587	543,113,884	3,605,151,471		
2,127,797,531	93,565,301	205,476,739	3,146,694,203	543,456,948	3,690,151,151		
2,127,535,087	95,436,607	209,586,273	3,235,933,976	543,806,874	3,779,740,850		
2,127,267,394	97,345,339	213,777,999	3,329,999,325	544,163,798	3,874,163,123		
2,126,994,347	99,292,246	218,053,559	3,429,145,434	544,527,861	3,973,673,295		
2,126,715,839	101,278,090	222,414,630	3,533,640,919	544,899,205	4,078,540,124		
						Suku Bunga Bank	10.50%
						NPV Cost	Rp14,664,211,426
						NPV Benefit	Rp20,724,928,577
						BCR	1.413
						Kesimpulan	Layak

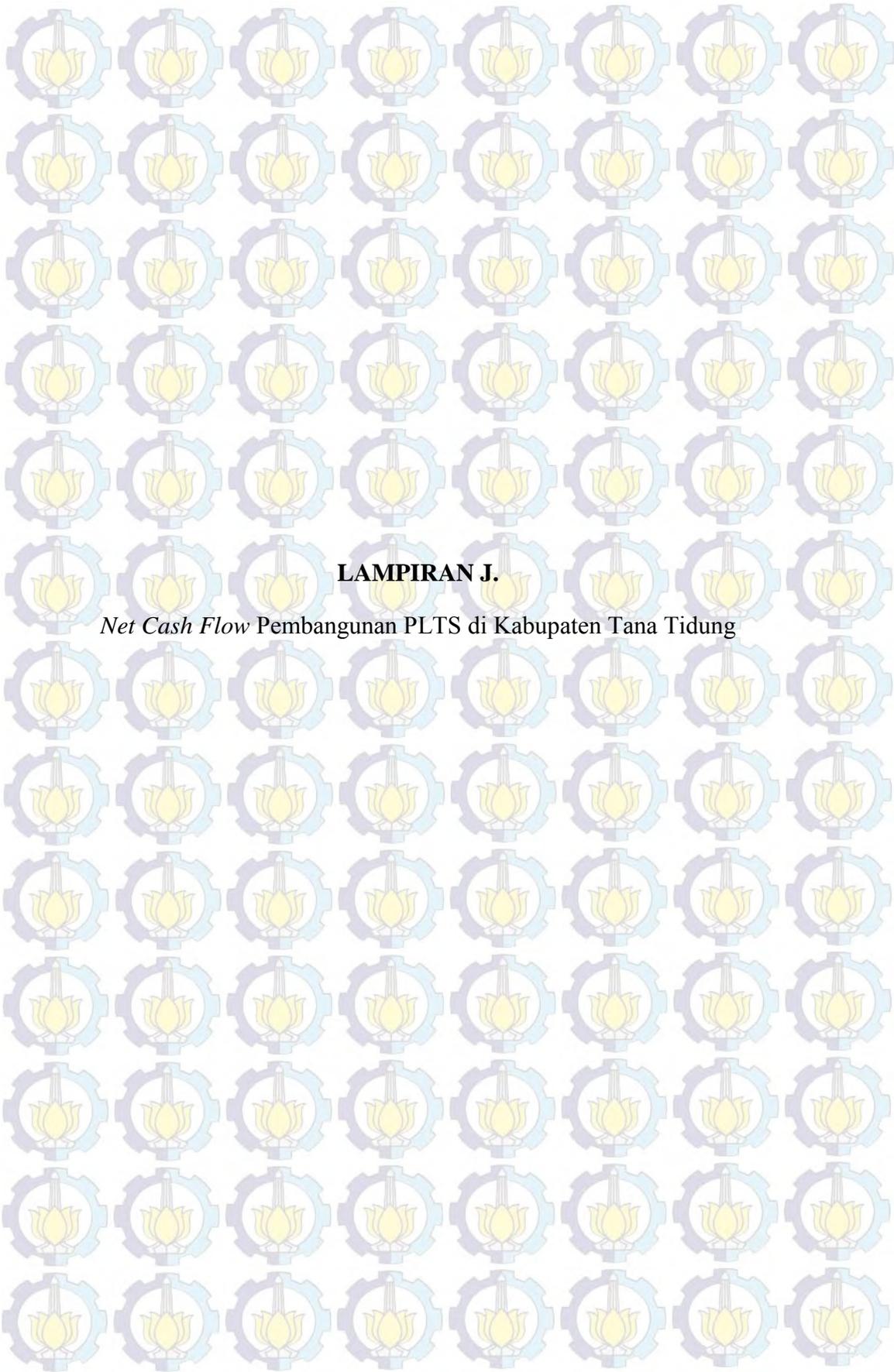


LAMPIRAN I.

Biaya Operasional dan Perawatan PLTS Terpusat di Kabupaten Tana Tidung

Lampiran I. Biaya Operasional dan Perawatan PLTS Terpusat Kecamatan Muruk Rian Tahun 2015

No.	Uraian	Total Cost Investasi	Cost (Rp)					
			2015	2016	2017	2018	2019	
	Investasi							
	Tangible Assets							
1	Tanah	800,000,000	400,000,000	400,000,000				
2	Solar Farm	2,557,535,420	1,278,767,710	1,278,767,710				
3	Power House	274,968,220	137,484,110	137,484,110				
4	Jaringan Transmisi dan Distribusi	1,258,768,555	629,384,278	629,384,278				
	Intangible Asset							
5	Pelatihan Masyarakat Lokal	2,000,000	1,000,000	1,000,000				
6	Biaya Perijinan	73,369,083	36,684,542	36,684,542				
7	Pre FS & FS	48,912,722	24,456,361	24,456,361				
8	Engineering Design	122,281,805	61,140,903	61,140,903				
9	Komisioning	5,000,000	2,500,000	2,500,000				
	Operational and Maintenance							
	Biaya Langsung dan Tidak Langsung							
10	Gaji Operator				2,000,000	2,040,000	2,080,800	
11	Gaji Teknisi				4,000,000	4,080,000	4,161,600	
12	Gaji Tenaga Pemeliharaan				2,000,000	2,040,000	2,080,800	
13	Service				5,000,000	5,100,000	5,202,000	
	Biaya Pengelolaan							
14	Penyusutan Panel Surya				127,750,000	127,750,000	127,750,000	
15	Penyusutan Rak Panel				126,771	126,771	126,771	
16	Penyusutan Power House				13,748,411	13,748,411	13,748,411	
17	Penyusutan Jaringan				50,438,428	50,438,428	50,438,428	
18	Biaya Perawatan Solar Farm				1,000,000	1,000,000	1,000,000	
19	Biaya Perawatan Power House				1,500,000	1,500,000	1,500,000	
21	Biaya Administrasi				2,000,000	2,000,000	2,000,000	
22	Biaya Listrik dan Air				2,500,000	2,500,000	2,500,000	
23	Pajak Bumi dan Bangunan				12,600,000	12,600,000	12,600,000	
	Total Biaya		2,571,417,903	2,571,417,903	224,663,610	224,923,610	225,188,810	



LAMPIRAN J.

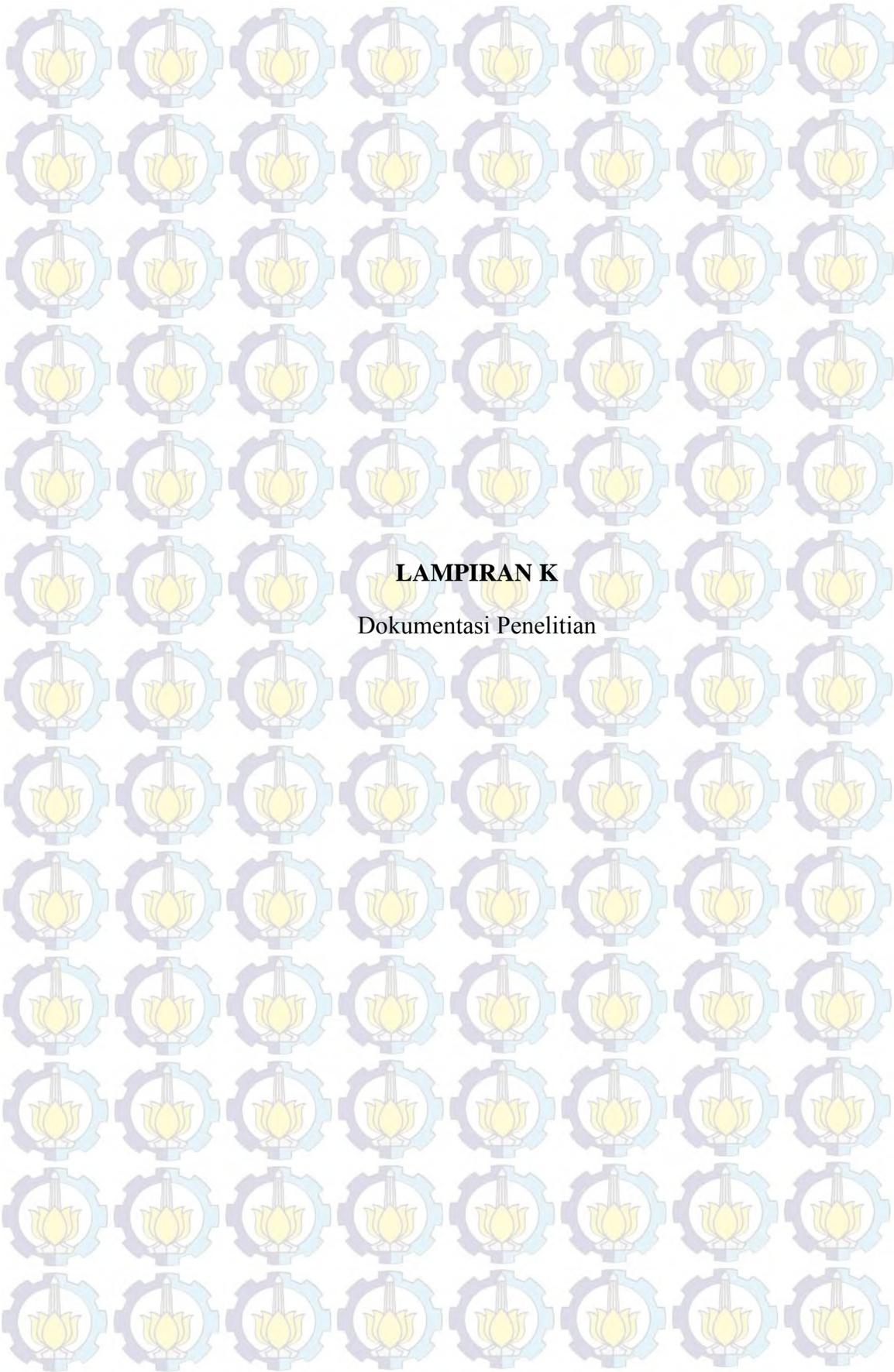
Net Cash Flow Pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung

Lampiran J. Net Cash Flow PLTS Terpusat Kecamatan Muruk Rian Tahun 2015

No.	Tahun	Cost		Benefit			Revenue Before Tax	Revenue After Tax	Depresiasi
		Investasi	Operational & Maintenance	Penghematan Bahan Bakar Solar	Kesempatan Kerja	Mengurangi emisi bahan bakar fosil			
0	2015	2,571,417,903							
0	2016	2,571,417,903							
1	2017		224,663,610	226,200,000.00	105,600,000.00	64,763,682.72	868,584,390	651,438,293	192,063,610
2	2018		224,923,610	237,510,000.00	111,936,000.00	68,001,866.86	868,324,390	651,243,293	192,063,610
3	2019		225,188,810	249,385,500.00	118,652,160.00	71,401,960.20	868,059,190	651,044,393	192,063,610
4	2020		225,459,314	261,854,775.00	125,771,289.60	74,972,058.21	867,788,686	650,841,515	192,063,610
5	2021		225,735,228	274,947,513.75	133,317,566.98	78,720,661.12	867,512,772	650,634,579	192,063,610
6	2022		226,016,660	288,694,889.44	141,316,620.99	82,656,694.18	867,231,340	650,423,505	192,063,610
7	2023		226,303,721	303,129,633.91	149,795,618.25	86,789,528.88	866,944,279	650,208,209	192,063,610
8	2024		226,596,523	318,286,115.60	158,783,355.35	91,129,005.33	866,651,477	649,988,607	192,063,610
9	2025		226,895,182	334,200,421.39	168,310,356.67	95,685,455.59	866,352,818	649,764,614	192,063,610
10	2026		227,199,813	350,910,442.45	178,408,978.07	100,469,728.37	866,048,187	649,536,140	192,063,610
11	2027		227,510,537	368,455,964.58	189,113,516.75	105,493,214.79	865,737,463	649,303,097	192,063,610
12	2028		227,827,476	386,878,762.81	200,460,327.76	110,767,875.53	865,420,524	649,065,393	192,063,610
13	2029		228,150,753	406,222,700.95	212,487,947.43	116,306,269.31	865,097,247	648,822,935	192,063,610
14	2030		228,480,496	426,533,835.99	225,237,224.27	122,121,582.77	864,767,504	648,575,628	192,063,610
15	2031		228,816,834	447,860,527.79	238,751,457.73	128,227,661.91	864,431,166	648,323,375	192,063,610
16	2032		229,159,898	470,253,554.18	253,076,545.19	134,639,045.01	864,088,102	648,066,076	192,063,610
17	2033		229,509,824	493,766,231.89	268,261,137.90	141,370,997.26	863,738,176	647,803,632	192,063,610
18	2034		229,866,748	518,454,543.49	284,356,806.18	148,439,547.12	863,381,252	647,535,939	192,063,610
19	2035		230,230,811	544,377,270.66	301,418,214.55	155,861,524.48	863,017,189	647,262,892	192,063,610
20	2036		230,602,155	571,596,134.19	319,503,307.42	163,654,600.70	862,645,845	646,984,384	192,063,610

Lampiran J. *Net Cash Flow* PLTS Terpusat Kecamatan Muruk Rian Tahun 2015 (lanjutan)

Cash Inflow	Disbenefit		Net Cash Flow	Total Cost	Total Benefit		
	Penurunan jumlah flora dan fauna	Pengurangan lahan produktif					
	61,200,000	53,760,000	(2,686,377,903)	2,571,417,903	(114,960,000)		
	62,424,000	54,835,200	(2,688,677,103)	2,571,417,903	(117,259,200)		
843,501,902	63,672,480	55,931,904	895,797,591	224,663,610	1,120,461,201		
843,306,902	64,945,930	57,050,542	913,834,688	224,923,610	1,138,758,298		
843,108,002	66,244,848	58,191,553	932,922,412	225,188,810	1,158,111,222		
842,905,124	67,569,745	59,355,384	953,118,804	225,459,314	1,178,578,118		
842,698,189	68,921,140	60,542,492	974,485,071	225,735,228	1,200,220,299		
842,487,115	70,299,563	61,753,341	997,085,755	226,016,660	1,223,102,415		
842,271,819	71,705,554	62,988,408	1,020,988,916	226,303,721	1,247,292,637		
842,052,217	73,139,665	64,248,176	1,046,266,328	226,596,523	1,272,862,852		
841,828,223	74,602,459	65,533,140	1,072,993,677	226,895,182	1,299,888,859		
841,599,750	76,094,508	66,843,803	1,101,250,775	227,199,813	1,328,450,588		
841,366,707	77,616,398	68,180,679	1,131,121,789	227,510,537	1,358,632,326		
841,129,003	79,168,726	69,544,292	1,162,695,475	227,827,476	1,390,522,951		
840,886,545	80,752,100	70,935,178	1,196,065,431	228,150,753	1,424,216,184		
840,639,238	82,367,142	72,353,882	1,231,330,361	228,480,496	1,459,810,857		
840,386,984	84,014,485	73,800,960	1,268,594,354	228,816,834	1,497,411,187		
840,129,686	85,694,775	75,276,979	1,307,967,179	229,159,898	1,537,127,077	Suku Bunga Bank	10.50%
839,867,242	87,408,670	76,782,518	1,349,564,596	229,509,824	1,579,074,420	NPV Cost	Rp5,959,835,242
839,599,549	89,156,844	78,318,169	1,393,508,685	229,866,748	1,623,375,433	NPV Benefit	Rp8,413,916,441
839,326,502	90,939,981	79,884,532	1,439,928,188	230,230,811	1,670,158,999	BCR	1.412
839,047,994	92,758,780	81,482,223	1,488,958,878	230,602,155	1,719,561,033	Kesimpulan	Layak



LAMPIRAN K
Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Diskusi dengan Bappeda Kabupaten Tana Tidung (KTT)



Gambar 5. Kondisi Jalan di Kabupaten Bulungan



Gambar 2. Mengunjungi Distamben KTT



Gambar 6. Kondisi Jalan di KTT-Malinau



Gambar 3. Keadaan Rumah Penduduk di KTT



Gambar 7. PT. PLN Rayon Tanjung Selor, Bulungan



Gambar 4. Keadaan Sekolah di KTT



Gambar 8. Sepanjang aliran sungai di Kabupaten Bulungan



Gambar 9. Power house PLTS Terpusat di Sebatik



Gambar 11. Pelabuhan di Kabupaten Bulungan



Gambar 10. Lahan PLTS Terpusat di Sebatik



Gambar 12. Pelabuhan di Kabupaten Tana Tidung

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.

Prakiraan Jumlah Penduduk dan Perekonomian Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Tana Tidung Tahun 2015-2030

LAMPIRAN B.

Kondisi Kelistrikan dan Potensi Energi Terbarukan di Kabupaten Bulungan

LAMPIRAN C.

Prioritas Lokasi Pembangunan Pembangkit dengan Metode Brown-Gibson

LAMPIRAN D.

Biaya Investasi Pembangunan PLTMH

LAMPIRAN E.

Biaya Operasional dan Perawatan PLTMH

LAMPIRAN F.

Net Cash Flow Pembangunan PLTMH

LAMPIRAN G.

Biaya Operasional dan Perawatan PLTS Terpusat di Kabupaten Bulungan

LAMPIRAN H.

Net Cash Flow Pembangunan PLTS di Kabupaten Bulungan

LAMPIRAN I.

Biaya Operasional dan Perawatan PLTS Terpusat di Kabupaten Tana Tidung

LAMPIRAN J.

Net Cash Flow Pembangunan PLTS di Kabupaten Tana Tidung

LAMPIRAN K

Dokumentasi Penelitian

BIODATA PENULIS



Indah Purnama Sari lahir di Surabaya, 26 September 1993. Penulis yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, lahir dan besar di Surabaya. Penulis merupakan lulusan dari SDN Trosobo III Taman Sidoarjo pada tahun 2005, SMPN 6 Surabaya pada tahun 2008, dan SMAN 1 Surabaya pada tahun 2011. Penulis kini menjadi lulusan Institut terbaik di Indonesia, yaitu Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Jurusan Teknik Industri.

Sejak menjadi siswa SMA, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi yaitu menjadi anggota OSIS dan mengembangkan minat bakatnya di bidang kemanusiaan dengan menjadi Ketua Palang Merah Remaja di SMAN 1 Surabaya. Saat menjalani kuliah, penulis juga aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan, diantaranya menjadi staf Departemen Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS (HMTI ITS) periode 2012-2013 dan Kepala Biro Keprofesionalitas Departemen Keprofesionalitas dan Keilmiah HMTI ITS. Selama kuliah penulis juga menjadi Asisten Laboratorium Sistem Manufaktur periode semester ganjil dan genap 2013-2014 dan periode semester genap 2014-2015.

Penulis memiliki pengalaman yang banyak baik di bidang *soft skill* maupun *hard skill*. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan *soft skill* dan *hard skill*, seperti Pelatihan Keterampilan dan Kepemimpinan, Seminar Entrepreneur, Pelatihan AutoCAD, Pelatihan *software* DFMA, dan kepanitiaan lainnya. Penulis tertarik dengan pengalaman dan hal-hal baru. Penulis juga tertarik untuk berbagi cerita dan saran untuk saling berbagi ide. Penulis dapat dihubungi melalui email: indahpsri@gmail.com atau akun facebook di www.facebook.com/indahpsri.