

**POTENSI PENGEMBANGAN PEMBANGKIT TENAGA
LISTRIK BERBASIS BIOMASSA DI PAPUA SELATAN**

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Darma Persada**

Oleh

RA SATRYO MARTOYOEDO

NIM : 2021910010

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)

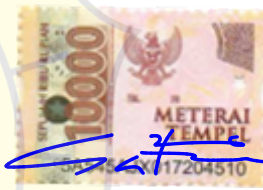


**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya"

Jakarta, April 2023



RA Satryo Martoyoedo

NIM : 2021-91-0010

ABSTRAK

RA SATRYO MARTOYOEDO (2021910010). Potensi Pengembangan Pembangkit Tenaga Listrik Berbasis Biomassa Di Papua Selatan. Dibawah Bimbingan Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp.,M.Eng. dan Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si.

Salah satu skenario pemerintah Indonesia dalam transisi energi menuju pencapaian NZE (Net Zero Emission) pada tahun 2060 atau lebih cepat adalah dengan membuat program yang menargetkan 23% bauran energi pada tahun 2025. Namun hingga Januari 2022 realisasi bauran energi baru mencapai 12,3%. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan biomassa kayu setempat dalam transisi energi di suatu daerah menuju kepada kemandirian energi. Penelitian ini dilakukan di sebuah kota di Indonesia bagian timur yang masih menggunakan fosil sebagai sumber energi utamanya.

Beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah: pertama, mengumpulkan data dan menganalisis beban pada sistem grid dan porsi bauran energi serta ketersediaan biomassa kayu dari kawasan hutan dengan membuat simulasi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) 2 x 12 MW dan penelitian pada PLTBm 3,5 MW setempat yang sudah ada. Kedua, meneliti hubungan antara *moisture content* dengan *calorific value* dari *woodchip* dan melakukan percobaan untuk mendapatkan konversi *woodchip* sebagai bahan bakar PLTBm dari log kayu, baik yang berasal dari *Natural Forest* (NF) maupun *Industrial Plantation Forest* (IPF), serta konversi kapasitas PLTBm terhadap luasan hutan yang dibutuhkan bagi pembangkit listrik tenaga biomassa. Ketiga, melakukan penelitian tentang penurunan *moisture content woodchip* dengan metoda alami maupun dengan metode pemanfaatan limbah panas dari boiler. Keempat, menganalisis beberapa manfaat penggunaan biomassa sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik dalam menggantikan bahan bakar minyak (bbm) diesel ditinjau dari sisi harga, pengurangan import bbm diesel, serta potensi besaran emisi karbon yang dapat dikurangi.

Hasil penelitian menunjukkan profil beban pada sistem grid untuk beban maksimum adalah sebesar 24,3 MW, dan bauran energi total sebesar 6,74% pada tahun 2020 dan 13,65% pada tahun 2021. Dengan *moisture content woodchip* 42,8% dan 22,8% akan diperoleh *calorific value* berturut-turut sebesar 2.373 kcal/kg dan 3.572 kcal/kg. Konversi log kayu dalam m³ menjadi m³ *woodchip* adalah sebesar 2,6. Konversi log kayu dalam m³ menjadi serpih kayu per ton dari NF dan IPF adalah masing-masing sebesar 0,85 dan 0,74. Untuk pengembangan PLTBm 24 MW, dengan *moisture content* 42,8% *woodchip* yang dibutuhkan adalah sebesar 43,53 tph dan 1,81 T/MWh, sedangkan luas area sumber biomassa yang dibutuhkan adalah sebesar 24.640 ha untuk NF dan 17.118 ha untuk IPF. Sedangkan saat *moisture content* dapat diturunkan menjadi 22,8%, maka

woodchip yang dibutuhkan adalah 28,92 tph dan 1,21 T/MWh dengan luas area biomassa yang dibutuhkan adalah sebesar 16.401 ha untuk NF dan 11.394 ha untuk IPF. Lahan yang dibutuhkan sebagai sumber biomassa secara lebih efisien adalah saat sudah mengelola IPF dibandingkan dengan saat kondisi NF, yaitu sebesar 30,53%. Dengan menurunkan *moisture content* sebesar 20%, akan berdampak positif terhadap pengurangan konsumsi *woodchip* dan luas area biomassa kayu yang dibutuhkan sebesar 33,43%. Penurunan *moisture content* dengan metoda *natural drying* memperlihatkan bahwa penurunan *moisture content* dari 54,8 % menjadi 20 % membutuhkan waktu 18 hari. Sedangkan penurunan *moisture content* dengan memanfaatkan limbah panas boiler memperlihatkan bahwa metoda P-5 adalah yang paling tepat di mana penurunan *moisture content* dari 40 % menjadi 20 %, lebih cepat 1,2 jam dari metoda P-15 dan 3,5 jam lebih cepat dari metoda TP. Biaya pembangkitan listrik dari sisi bahan bakar baik untuk biomassa maupun biodiesel berturut-turut adalah 1.296 Rp/kWh dan 6.604 Rp/kWh. Dengan memanfaatkan biomassa sebagai sumber energi akan mengurangi ketergantungan import bahan bakar minyak diesel dan mereduksi emisi karbon berturut-turut sejumlah 51.929 kiloliter dan 165.200 Ton. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan ketersediaan biomassa kayu yang besar dan efisiensi yang dilakukan, biomassa dapat berperan penting dalam transisi energi menuju kemandirian energi kawasan ini dengan menerapkan langkah strategis.

Kata kunci: *Woodchip*, Bioenergi, Hutan Tanaman Industri, De-dieselisasi, Transisi Energi.

ABSTRACT

RA SATRYO MARTOYOEDO (2021910010). The Potency for the Development of Biomass-Based Power Generation in South Papua. Under direction of Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng. and Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si.

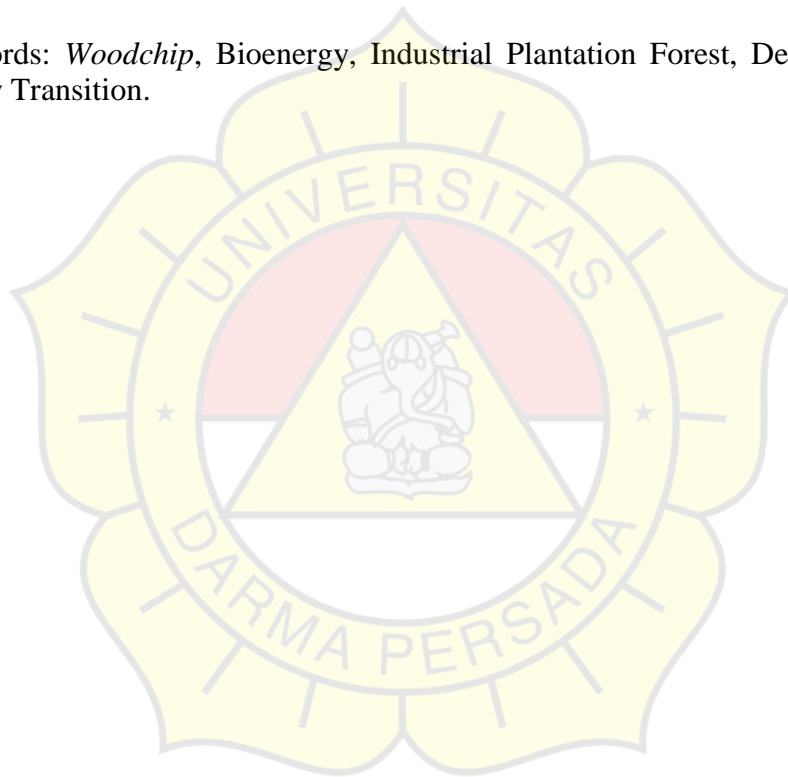
One scenario for the Indonesian government in the energy transition toward achieving NZE (Net Zero Emissions) in 2060 or faster is to create a program targeting 23% of the energy mix by 2025. However, until January 2022 the realization of the energy mix has only reached 12.3%. This research aims to optimize the utilization of local woody biomass in the energy transition in an area toward energy independence. This research was conducted in a city in eastern Indonesia that still uses fossils as its main energy source.

Several steps were taken in this study: first, collecting data and analyzing the load on the grid system and the portion of the energy mix as well as the availability of wood biomass from forest areas by simulation the development of a 2 x 12 MW Biomass Power Plant (BPP) and research on a local existing of 3.5 MW BPP. Second, examining the relationship between moisture content and the calorific value of woodchips and conducting experiments to obtain the conversion of woodchips as BPP fuel from wood logs, both from Natural Forest (NF) and Industrial Plantation Forest (IPF), as well as the conversion of BPP capacity to area forest needed for biomass power generation. Third, research reduces woodchip moisture content using natural drying methods and waste heat from boilers. Fourth, to analyze some of the benefits of using biomass as a fuel for power plants in replacing oil diesel fuel in terms of price, reduced imports of diesel fuel, and the potential amount of carbon emissions that can be reduced.

The results show that the maximum load profile on the grid system is 24.3 MW, and the total energy mix is 6.74% in 2020 and 13.65% in 2021. With a woodchip moisture content of 42.8% and 22.8% will obtain a calorific value of 2,373 kcal/kg and 3,572 kcal/kg, respectively. The conversion of wood logs in m³ to m³ of woodchips is 2.6. The conversion of wood logs in m³ to wood chips per tonne of NF and IPF was 0.85 and 0.74, respectively. For the development of a 24 MW PLTBm, with a moisture content of 42.8% woodchip, the required woodchip is 43.53 tph and 1.81 T/MWh, while the required biomass resource area is 24,640 ha for NF and 17,118 ha for IPF. Meanwhile, when the moisture content can be reduced by 20% to 22.8%, the required woodchips are 28.92 tph and 1.21 T/MWh with the required biomass area of 16,401 ha for NF and 11,394 ha for IPF. The land needed as a more efficient source of biomass is when it has managed IPF compared to the NF condition, which is equal to 30.53%. Reducing the moisture content by 20% will decrease woodchip consumption and the required area of woody biomass by 33.43%. Reducing the moisture content using the natural drying method showed that reducing the moisture content from 54.8% to 20%

took 18 days. The decrease in moisture content by utilizing waste heat from the boiler shows that the P-5 method is the most appropriate in that the decrease in moisture content from 40% to 20% is 1.2 hours faster than the P-15 method and 3.5 hours faster than the TP method. The cost of electricity generation in terms of fuel for both biomass and biodiesel is 1,296 Rp/kWh and 6,604 Rp/kWh respectively. Utilizing biomass as an energy source will reduce dependence on imported diesel fuel and reduce carbon emissions by 52,770 kiloliters and 165,200 tons respectively. This research shows that with the large availability of woody biomass and the efficiency that has been carried out, biomass can play an important role in the energy transition towards energy independence in this region by implementing strategic steps.

Keywords: *Woodchip*, Bioenergy, Industrial Plantation Forest, De-dieselization, Energy Transition.



LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Judul Tesis : Potensi Pengembangan Pembangkit Tenaga Listrik Berbasis Biomassa Di Papua Selatan
Nama : RA Satrio Martoyoedo
NIM : 2021910010

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.
(Pembimbing Utama/Penguji)

Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si.
(Anggota/Penguji)

Dr. Andy Tirta, M.Sc.
(Anggota/Penguji)

Dr. Ir. As Natio Lasman
(Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

(Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.)

(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian : 08 Agustus 2023
Tanggal Yudisium : 16 Agustus 2023

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim,

Dengan mengucapkan rasa syukur ke hadirat Allah Azza wa Jalla, karena berkat atas kehendak dan berharap mendapatkan ridho-Nya lah maka penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Potensi Pengembangan Pembangkit Tenaga Listrik Berbasis Biomassa Di Papua Selatan”. Tesis ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Program Magister Teknik Energi Terbarukan Universitas Darma Persada, Jakarta.

Penelitian dilakukan dalam kurun waktu tahun 2021-2022 di kota Merauke, Propinsi Papua Selatan. Dalam penyelesaian Tesis ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Energi Terbarukan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada dan sebagai Ketua Komisi Pembimbing.
2. Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur M.Si. selaku dosen Pembimbing pada penulisan Tesis ini.
3. Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat. dosen pengampu mata kuliah yang selalu memberikan dukungan dengan penuh semangat kepada penulis.
4. Semua rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian Tesis ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan akan penulis terima dengan hati dan tangan terbuka.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandung pada tanggal 13 Nopember 1968. Sebagai anak ke-3 dari pasangan Bapak HR Hadi Martoyoedo, S.H. dan Ibu RA Annie Sri Sayekti. Pada tahun 1992, penulis menyelesaikan Pendidikan S-1 di Institut Teknologi Indonesia, Jurusan Teknik Sipil. Melanjutkan pendidikan di John Luther University, Salt Lake City, Utah, USA, dengan gelar MBA pada tahun 1994. Pada tahun 2021 melanjutkan Pendidikan Strata S-2 di Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada pada Program Studi Teknik Energi Terbarukan.

Pernah menjabat sebagai seorang *Project Manager* pada satu perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi dan energi serta saat ini bekerja di salah satu perusahaan IPP (*Independence Power Producer*) sebagai *General Manager*.

Penulis pernah sebagai peserta dan pembicara dalam *DBFZ (Deutches Biomasseforschungszentrum) Annual Conference 2022* di Leipzig, Jerman pada Juni 2022 dengan topik “*Green Deal and Beyond-The contribution of biomass-based research and innovation*” mempresentasikan poster berjudul “*Reducing Moisture content of Woodchip by Utilizing Heat Waste from Biomass Power Plant in Papua, Indonesia*”. Sebagai narasumber pada kegiatan BIOSHARE #11, dengan tema “Penyediaan Biomassa Yang Berkelanjutan Untuk Pengembangan Pembangkit Listrik” yang diselenggarakan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Energi Baru, Terbarukan dan Konversi Energi bekerjasama dengan USAID pada tahun 2023. Tulisan ilmiah lainnya yang pernah dipublikasikan adalah berjudul “*Incentive Strategy for Energy Efficiency Programs in Industries Consuming 6000 TOE/year with Sustainable Energy Performance*” pada tahun 2023.

Penulis sebagai anggota PII (Persatuan Insinyur Indonesia) dengan status IPM (Insinyur Profesional Madya), anggota MEBI (Masyarakat Energi Biomassa Indonesia), anggota APLIBI (Asosiasi Produsen Listrik Bioenergi Indonesia), anggota IAMPI (Ikatan Ahli Manajemen Proyek Indonesia) dengan status MPU (Manajer Proyek Utama), dan anggota *The Asean Federation of Engineering Organisations (AFEO)* dengan status *Asean Engineer (Asean Eng)*.

Dipersembahkan untuk kedua orang tuaku,

Untuk Isteri dan anak-anakku.

Keep moving on, until the time to stop comes



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian Tesis ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir, As Natio Lasman, Direktur Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada yang terus-menerus memberikan support pada para mahasiswa.
2. Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Energi Terbarukan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada dan sebagai Ketua Komisi Pembimbing.
3. Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si. selaku dosen Pembimbing pada penulisan Tesis ini yang tidak henti-hentinya memberikan semangat, ide-ide, arahan, dan panduan serta kritiknya selama penulisan tesis ini.
4. Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat. dosen pengampu mata kuliah yang selalu memberikan dukungan dengan penuh semangat kepada para mahasiswa agar mampu membuat suatu karya ilmiah dengan baik dan benar.
5. Bapak dan Ibu Dosen Sekolah Pasca Sarjana Energi Terbarukan Universitas Darma Persada.
6. Bapak dan Ibu staff dan administrasi Sekolah Pasca Sarjana Energi Terbarukan Universitas Darma Persada.
7. Orang tua dan keluargaku tercinta atas doa dan dukungannya.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam proses penyelesaian tesis ini.

Jakarta, April 2023

Salam hormat,

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
BAB 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	7
2.1 <i>Load Profile</i> dan <i>Energy Mix</i>	7
2.2 Bioenergi sebagai Sumber Energi Terbarukan.....	8
2.2.1 Biofuel, Kelebihan dan Kekurangannya.....	9
2.2.2 Biomassa Kayu sebagai Sumber Bahan Bakar Listrik.....	11
2.3 Pengaruh <i>Moisture Content Woodchip</i>	13
2.4 <i>Drying Woodchip</i>	13
2.5 Ekonomi, Keuangan dan Transisi Energi.....	15
2.5.1 Pembiayaan dan Transisi Energi.....	15
2.5.2 Pertumbuhan Ekonomi dalam Transisi Energi.....	16
2.6 Kebijakan Dalam Pengembangan dan Pengelolaan Biomassa.....	17
2.6.1 Kebijakan Mandiri Wilayah untuk Pembangkitan Biomassa.....	17
2.6.2 Skenario <i>Business as Usual (BAU)</i> dan <i>Set - Aside</i>	18

2.7	Rantai Pasokan Biomassa.....	19
2.8	Kelebihan Biomassa Hutan Dibandingkan Bahan Bakar Minyak	23
BAB 3	Metodologi Penelitian.....	26
3.1	Beban pada Sistem Grid dan Bauran Energi	27
3.2	Konsumsi <i>Woodchip</i> untuk PLTBm.....	28
3.3	Pengukuran <i>Moisture Content</i> dan <i>Calorific Value Woodchip</i>	29
3.4	Volume Log Kayu dan Luas Area Biomassa Kayu yang Dibutuhkan... 30	
3.5	Chipper Machine yang Dipergunakan.....	32
3.6	Pengeringan <i>Woodchip</i>	33
3.6.1	Metoda Pengeringan Alami	33
3.6.2	Metoda Pengeringan Memanfaatkan Limbah Panas Boiler.....	33
3.7	Komparasi Biaya Pembangkitan Listrik.....	35
BAB 4	Hasil dan Pembahasan	36
4.1	Langgam Beban Kelistrikan Setempat.....	36
4.2	Bauran Energi.....	39
4.3	Simulasi Pengembangan PLTBm 2 x 12 MW	41
4.3.1	Hubungan <i>Moisture Content</i> dan <i>Calorific Value Woodchip</i>	41
4.3.2	Konsumsi <i>Woodchip</i>	42
4.3.3	Hubungan <i>Calorific Value</i> dan Konsumsi <i>Woodchip</i>	47
4.3.4	Konversi Log Kayu Menjadi <i>Woodchip</i>	47
4.3.5	Luas Area Hutan yang Dibutuhkan.....	49
4.4	Luas Area Hutan Berdasarkan Besaran Kapasitas PLTBm	52
4.5	Penurunan <i>Moisture Content Woodchip</i>	54
4.5.1	Pengeringan Alami (PA).....	54
4.5.2	Pengeringan Tanpa Pengadukan (TP).....	55
4.5.3	Pengeringan Dengan Pengadukan.....	59
4.5.4	<i>Summary</i> Pengeringan Memanfaatkan Limbah Panas Boiler.....	67
4.5.5	Pengaruh terhadap Luas Hutan Biomassa.....	69

4.6	Keuntungan Biomassa sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik	69
4.6.1	Lebih Ekonomis dibandingkan dengan Bahan Bakar Minyak.....	70
4.6.2	Mengurangi Import Bahan Bakar dan Emisi Karbon	71
BAB 5	Kesimpulan dan Saran	73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Ilustrasi Kerangka Kerja Studi	16
Gambar 2-2 Hasil Produksi Kayu dari Hutan dan Penanaman	18
Gambar 2-3 Struktur Umum Suatu Rantai Pasokan Biomassa Hutan.....	20
Gambar 2-4 Klasifikasi Studi Penilaian pada Rantai Pasok Biomassa	21
Gambar 2-5 Klasifikasi Studi Optimasi pada Rantai Pasok Biomassa	22
Gambar 2-6 Proses dari Suatu Rantai Pasok Biomassa.....	23
Gambar 3-1 Lokasi Penelitian Merauke, Papua Selatan	26
Gambar 3-2 Langkah Penentuan Nilai Beban Maksimum dan Minimum Daya Listrik pada Sistem Grid pada Tahun 2020 dan 2021	27
Gambar 3-3 Oven Pengukur MC (a) dan Bomb Calorimeter (b).....	30
Gambar 3-4 Proses Penentuan Jumlah Log Kayu (a) dan Penentuan Luasan Area NF dan IPF (b).	30
Gambar 3-5 Pengukuran Densitas <i>Woodchip</i>	32
Gambar 3-6 Proses Penurunan <i>Moisture Content Woodchip</i> dengan Memanfaatkan Limbah Panas dari Boiler.	34
Gambar 3-7 Penempatan <i>Woodchip</i> di dalam Drum Pengering.....	34
Gambar 4-1 Langgam Beban Kelistrikan pada Tahun 2020 Dan 2021	39
Gambar 4-2 Bauran Energi pada Tahun 2020	40
Gambar 4-3 Bauran Energi pada Tahun 2021	40
Gambar 4-4 Hubungan <i>Moisture Content</i> dan <i>Calorific Value Woodchip</i>	41
Gambar 4-5 Diagram Alir Proses Pembangkit Listrik Tenaga Biomass.....	43
Gambar 4-6 Diagram Alir <i>Flue Gas</i> Boiler Biomass Power Plant.....	44
Gambar 4-7 Kebutuhan <i>Woodchip</i> untuk Pembangkit Setempat yang Sudah Beroperasi, (a) Tahun 2021 dan (b) Tahun 2022.....	45

Gambar 4-8 Kebutuhan <i>Woodchip</i> per Tahun (a) Skenario #1, dan(b) Skenario #2	46
Gambar 4-9 Hubungan <i>Calorific value</i> dan Konsumsi <i>Woodchip</i> PLTBm	47
Gambar 4-10 Pola Penanaman dan Pemanenan Pada IPF.....	51
Gambar 4-11 Luas Area Hutan yang Dibutuhkan, NF (a) dan IPF (b)	54
Gambar 4-12 Penurunan Kadar Air <i>Woodchip</i> Metoda Pengeringan Alami (PA).	55
Gambar 4-13 Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda TP hari ke-1 (a), ke-2 (b) dan ke- 3(c).....	56
Gambar 4-14 Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda TP hari ke-1 (d), ke-2 (e) dan ke- 3(f).	58
Gambar 4-15 Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda P-15 hari ke-1 (a), ke-2 (b) dan ke- 3(c).....	60
Gambar 4-16 Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda P-15 hari ke-1 (d), ke-2 (e) dan ke- 3(f).	62
Gambar 4-17 Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda P-5 hari ke-1 (a), ke-2 (b) dan ke- 3(c).....	64
Gambar 4-18 Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda P-5 hari ke-1 (d), ke-2 (e) dan ke- 3(f)	66
Gambar 4-19 Hubungan <i>Moisture Content Woodchip</i> terhadap Luas Area Biomassa.....	69
Gambar 4-20 Harga Bahan Bakar Minyak Diesel Tahun 2022.....	70
Gambar 4-21 Specific Fuel Consumption dari PLTD setempat.....	70
Gambar 4-22 Saving bagi PLN per Tahun dengan Mengoptimalkan PLTBm	71
Gambar 4-23 Hubungan antara PLTBm dengan Listrik yang Diproduksi, Pengurangan Penggunaan BBM Diesel dan Pengurangan Emisi Karbon	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Kelebihan dan Kekurangan dari Biofuel.....	10
Tabel 2-2 Konsumsi Bahan Bakar Industri Ekuivalen dengan Biomasa Hutan...	24
Tabel 3-1 Spesifikasi Teknis <i>Chipper Machine</i> yang Digunakan.....	33
Tabel 4-1 Beban Listrik Maksimal (kW) PLN per Bulan pada Tahun 2020	37
Tabel 4-2 Beban Listrik Maksimal (kW) PLN per Bulan pada Tahun 2021	38
Tabel 4-3 Konversi Log Kayu NF ke <i>Woodchip</i>	48
Tabel 4-4 Konversi Log Kayu NF ke <i>Woodchip</i>	49
Tabel 4-5 Siklus Penanaman dan Pemanenan Pada IPF	50
Tabel 4-6 Luas Area Hutan yang Dibutuhkan.....	52
Tabel 4-7 Summary Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda TP	67
Tabel 4-8 Summary Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda P-15	68
Tabel 4-9 Summary Pengeringan <i>Woodchip</i> Metoda P-5	68

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
COP	Conference of the Parties	1
NZE	Net Zero Emission	2
KTT	Konferensi Tingkat Tinggi	2
RUPTL	Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik	2
PLN	Perusahaan Listrik Negara	2
EBT	Energi Baru Terbarukan	2
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap	3
NF	Natural Forest	3
IPF	Industrial Plantaton Forest	3
PLTBm	Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa	3
MC	<i>Moisture content</i>	3
CV	<i>Calorific value</i>	3
BTG	Boiler Turbine Generator	5
PV	PhotoVoltaic	7
RE	Renewable Energy	7
PDB	Product Domestic Brutto	8
ET	Energy Transition	9
RET	Renewable Energy Transition	9
IEA	International Energy Agency	10
RET	Renewable Energy Transition	15
GRK	Gas Rumah Kaca	16
LPG	Liquified Pteroleum Gas	20
EMCS	Energy Management Control System	32
PLTD	Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	32

LAMBANG	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
E_{tot}	Energi Total (MWh)	24
E_{fo}	Energi berasal dari fossil (MWh)	24
E_{re}	Energi berasal dari RE (MWh)	24
E_m	<i>Energy Mix</i> (Bauran Energi) %	24
W_c	Konsumsi <i>Woodchip</i> (T/MWh)	25
W_v	Jumlah <i>Woodchip</i> (T)	25
E_{gen}	Energi Listrik dihasilkan PLTBm (MWh)	25
P_{gen}	Daya listrik dihasilkan PLTBm (MWh)	25
h	Durasi (jam)	25
W_{cph}	Konsumsi <i>Woodchip</i> di Boiler	25
G_s	Laju Steam (t/h)	25
E_s	<i>Entalphy Steam</i> (kcal/kg)	25
E_{bfw}	<i>Entalphy Boiler Feed Water</i> (kcal/kg)	25
B_{eff}	<i>Boiler Efficiency</i> (%)	25
LHV	<i>Low Heating Value</i> (kcal/kg)	25
W_{iwc}	Berat Awal Sample <i>Woodchip</i> (gram)	26
W_{fwc}	Berat Akhir Sampel <i>Woodchip</i> (gram)	26
W_c	Berat Mangkuk Kosong (gram)	26
L_v	Volume Log Kayu (m3)	27
W_v	Volume <i>Woodchip</i> (m3)	27
c_y	Konstanta Log Kayu (m3) ke <i>Woodchip</i> (m3)	27
B_w	Bobot <i>Woodchip</i> (kg)	27
c_{lw}	Konstanta Log ke <i>Woodchip</i> (m3/T)	27
A_f	Luas area biomassa (ha)	29
D_f	Densitas biomassa NF atau IPF (m3/ha)	29
MC_{tp}	MC Tanpa Pengadukan	51
D_{tp}	<i>Drying Time</i> Tanpa Pengadukan	51
MC_{p15}	MC Dengan Pengadukan setiap 15 menit	55

D_{p15}	<i>Drying Time</i> Pengadukan setiap 15 menit	55
MC_{p5}	MC Dengan Pengadukan setiap 5 menit	59
D_{p5}	<i>Drying Time</i> Pengadukan setiap 5 menit	59



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Incentive Strategy for Energy Efficiency Programs in Industries Consuming 6 000 TOE/year with Sustainable Energy Performance.....	84
Lampiran 2 Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) Certificate	93
Lampiran 3 Reducing <i>Moisture content</i> of <i>Woodchips</i> by Utilizing Heat Waste from Boiler Power Plant in Papua, Indonesia- Poster.	94
Lampiran 4 Bioshare Series #11- “Penyediaan Biomassa yang Berkelanjutan untuk Pengembangan Pembangkit Listrik”.	95

