

LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN

ANALISA PENGARUH KUALITAS BATU BARA TERHADAP
EFISIENSI BOILER DENGAN METODE *DIRECT* DAN
***INDIRECT* PADA PT PLN NUSANTARA POWER UNIT 2**

Periode 04 Agustus – 03 September



Disusun Oleh;

M.Daru Fathur R

NPM. 21036010023

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH KUALITAS BATU BARA TERHADAP EFISIENSI BOILER DENGAN METODE *DIRECT* DAN *INDIRECT* PADA PT PLN "NUSANTARA POWER" UNIT 2

Hormat Saya,



M. Daru FathurR
NPM. 21036010023

Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Koordinator Program Studi
Teknik Mesin



Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP 19940428 202203 2 011



Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 196406111992032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P
NIP. 19650403199103 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH KUALITAS BATU BARA TERHADAP EFISIENSI
BOILER DENGAN METODE *DIRECT* DAN *INDIRECT* PADA PT PLN
"NUSANTARA POWER" UNIT 2**

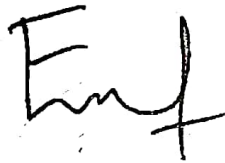
Disusun Oleh

**Nama Mahasiswa
NPM
Program Studi
Fakultas**

**M.Daru Fathur R
21036010023
Teknik Mesin
Teknik & Sains**

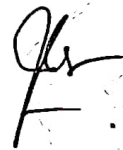
**Telah Disetujui Untuk
Praktik Kerja Lapangan 2024**

**Menyetujui,
Pembimbing Lapangan**



Enrico Gultom

**Menyetujui
Dosen Pembimbing**



**Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP 19940428 202203 2 011**

**Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Mesin
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP.196406111992032001**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah Nya, sehingga Laporan Praktik Kerja Lapangan ini dapat terselesaikan dengan baik. Laporan Praktik Kerja Lapangan ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat bagi mahasiswa Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur untuk menyelesaikan studinya. Oleh karena itu, Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT. Selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Enrico Gultom selaku pembimbing lapangan di PT. PLN “Nusantara Power” dan karyawan PT. PLN “Nusantara Power”
5. Orang tua kami yang telah memberikan dukungan dan semangat serta doa kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan meskipun telah berusaha sebaik mungkin dalam menyelesaikan Laporan Praktik Kerja Lapangan ini. Oleh sebab itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Paiton, 27 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PENGESAHAN i

LEMBAR PERSETUJUAN..... ii

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI..... iv

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL viii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan masalah 2

1.4 Tujuan Praktik Kerja Lapangan..... 2

1.5 Ruang Lingkup Pembahasan 3

1.6 Sistematika Penulisan..... 3

1.7 Manfaat Praktik Kerja 4

BAB II GAMBAR PERUSAHAAN 6

2.1 Sejarah Singkat Perusahaan..... 6

2.2 Visi dan Misi 8

2.3 Lokasi Perusahaan PLTU Paiton unit 1 dan 2..... 9

2.4 Bentuk dan Badan Hukum Perusahaan 9

2.5 Bidang Pekerjaan perusahaan 10

2.6 Struktur Organisasi..... 11

2.7 Struktur Organisasi Divisi Penempatan Kerja Praktik 12

2.8 Kesehatan dan Keselamatan kerja (K3) 14

2.8.1 Kebijakan..... 14

2.8.2 Rencana Kegiatan	14
2.8.3 Fire & Safety Academy	15
2.8.4 Aplikasi Nearmiss.....	15
2.8 Budaya perusahaan.....	16
BAB III LANDASAN TEORI.....	18
3.1 Pembangkit Listrik Tenaga uap.....	18
3.1.1 Siklus Loading dan Unloading Batu bara	18
3.1.2 Siklus Water Treatment	21
3.1.3 Siklus <i>Water to Steam</i>	22
3.2 Boiler	23
3.3 Turbin	25
3.4 Inovasi pengoprasian PLTU Paiton Unit 1-2	25
3.4.1 <i>Co - Firing</i>	25
3.5 Bahan Bakar Operasi.....	27
3.5.1 Batu Bara MRC	27
3.5.2 Batu Bara LRC.....	28
3.5.3 Jenis Jenis Biomassa.....	29
3.6 Efisiensi Boiler	30
3.6.1 Metode <i>Direct</i>	30
3.6.2 Metode <i>Indirect</i>	33
3.7 <i>Turbine Heat Rate</i>	41
3.8 Plant heat rate (PHR).....	42
BAB IV METODE PELAKSANAAN PKL	43
4.1 Pelaksanaan Praktik Kerja.....	43
4.2 Metode Pengambil Data	44
4.3 Skema Pengambilan Data.....	45

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
5.1 Data Kandungan Bahan Bakar	46
5.2 Hasil Coal blending	48
5.3 Perhitungan efisiensi Boiler pada Unit Pmebangkit.....	50
5.3.1 Metode <i>Direct</i>	51
5.3.2 Metode <i>Undirect</i>	55
5.3.3 <i>Credit</i>	59
5.3.4 Total efisiensi Boiler.....	62
5.4 Turbin heat rate (THR).....	63
5.5 Net plant heat rate (NPHR)	65
5.6 Analisa dan Pembahasan Hasil Perhitungan THR	67
5.7 Analisa dan pembahasan Hasil Perhitungan NPHR.....	68
5.8 Analisa dan pembahasan Hasil Efisiensi Boiler	69
BAB VI PENUTUP	71
6.1 Kesimpulan.....	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Peta Lokasi PT PLN Nusantara Power.....	9
Gambar 2.2 Struktur Organisasi PT PLN Nusantara Power	11
Gambar 2.3 Ruang Rencana dan Pengendalian Operasi	13
Gambar 2.4 Ruang Rencana dan Pengendalian Bahan Bakar dan Niaga	13
Gambar 2.5 Struktur 5S Rendal OP	14
Gambar 2.6 Budaya Perusahaan	16
Gambar 3.1 Proses Unloading Batubara PLTU paiton unit 1-2.....	19
Gambar 3.2 Proses Loading Batubara PLTU Paiton Unit 1-2	19
Gambar 3.3 Proses Direct Unloading Batubara PLTU Paiton 1-2.....	19
Gambar 3.4 Ship Unloader, Transfer House 1, Transfer House 2, Conveyor Belt	20
Gambar 3.5 Proses Pendorongan Batubara ke Reclaimer Hopper Menggunakan Alat Berat	21
Gambar 3.6 Tripper PLTU Paiton Unit 1-2	21
Gambar 3.7 Alur Water Treatment	22
Gambar 3. 8 (a) Direct co-firing, (b) indirect co-firing, (C) parallel co-firing	27
Gambar 3. 9 Medium Rank Coal (MRC).....	27
Gambar 3. 10 Low Rank Coal (LRC)	28
Gambar 3.11 (a) Sawdust, (b) cocopeat, (c) Sekam padi, (d) BBJP, (e) Wood pellet	29
Gambar 3.12 Skema Metode Direct.....	30
Gambar 3. 13 Skema Metode Indirect	33
Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan Data	45
Gambar 5.1 Grafik analisa kualitas batu bara terhadap THR	67
Gambar 5. 2 Gambar Grafik Analisa Pengaruh kualitas batu bara terhadap NPHR	68
Gambar 5. 3 Gambar Grafik Analisa pengaruh Kualitas batu bara terhadap efisiensi boieler dengan metode direct	69
Gambar 5. 4 Gambar Grafik Analisa pengaruh Kualitas Batu bara terhadap efisiensi Boiler Undirect Methode.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Logbook PKL.....	43
Tabel 5.1 Kandungan dari bahan bakar LRC.....	46
Tabel 5.2 Kandungan Bahan bakar MRC	47
Tabel 5.3 Kandungan Bahan Bakar Sawdust	47
Tabel 5.4 Hasil Perhitungan HHV 75 % LRC + 20% MRC + 5% Sawdust	49
Tabel 5.5 Tabel hasil perhitungan HHV 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust	50
Tabel 5.6 Tabel Perhitungan HHV 80% LRC + 20% MRC	50
Tabel 5.7 Tabel nilai Qin 75% LRC + 20% MRC + 5% Sawdust.....	51
Tabel 5.8 Tabel nilai Qin 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust.....	51
Tabel 5.9 Tabel Perhitungan Qin 80% LRC + 20% MRC.....	51
Tabel 5.10 Tabel Perhitungan Qout 55% LRC + 40% MRC + 5%Sawdust	53
Tabel 5. 11 Tabel Perhitungan Qout 80% LRC + 20% MRC.....	53
Tabel 5.12 Tabel Efisiensi Metode Direct 55%LRC + 40% MRC + 5% sawdust	54
Tabel 5. 13 Total Efisiensi MetodeDirect 80% LRC + 20% MRC	54
Tabel 5. 14 Tabel total Loses 55% LRC + 40% MRC + 5% sawdust	59
Tabel 5. 15 Tabel total losses 80% LRC + 20% MRC	59
Tabel 5.16 Tabel Hasil Total Credit 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust.....	61
Tabel 5. 17 Tabel Total Credit 80% LRC + 20% MRC	62
Tabel 5. 18 Tabel hasil efisiensi 55%LRC + 40%MRC + 5%Sawdust.....	63
Tabel 5. 19 Tabel hasil efisiensi 80%LRC + 20%MRC	63
Tabel 5. 20 Data untuk THR 75% LRC + 20%MRC + 5%Sawdust	63
Tabel 5. 21 Tabel hasil Perhitungan THR 55%LRC + 40%MRC + 5%Sawdust .	64
Tabel 5. 22 Tabel Hasil THR 80%LRC + 20%MRC.....	65
Tabel 5. 23 Tabel Perhitungan NPHR 55%LRC + 40%MRC + 5%Sawdust.....	66
Tabel 5. 24 Tabel Perhitungan NPHR 80% LRC + 20% MRC	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu dari sepuluh negara penghasil batu bara terbesar di Asia, total sumber daya dan cadangan batu bara nasional sebesar 105,2 miliar ton sedangkan nilai cadangan sebesar 21,13 miliar ton. Besarnya cadangan batu bara nasional menyebabkan peningkatan produksi batu bara setiap tahunnya. Perkembangan teknologi berlangsung sangat cepat terutama dalam bidang konversi energi, pemakaian Konsumsi *Global Energy* saat ini lebih terpusatkan dalam non *renewable energy* (Palupi et al., 2024).

Dilansir dari *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*, penggunaan Konsumsi energi fosil dunia yaitu batu bara sebesar 78,4 % yang merupakan presentase terbanyak dibandingkan dengan energi nuklir sebesar 2,3% dan *renewable* energi sebesar 19,3%, saat ini batu bara merupakan bahan bakar utama dalam industri pembangkitan terutama pada pembangkit listrik tenaga uap, total listrik yang dihasilkan secara global adalah 23.322 TWh pada tahun 2013 dimana 41,3% dihasilkan dari batu bara, oleh karena itu penggantian batu bara tidak mungkin dilakukan dalam waktu dekat meskipun batu bara mempunyai kontribusi terhadap emisi gas rumah kaca yang paling banyak, selama masa transisi dari fosil ke energi terbarukan, penggunaan kualitas batu bara dengan cara yang lebih efektif merupakan pilihan yang paling tepat (Febriani et al., 2024)

Unit pembangkit tenaga uap mempunyai desain boiler HRC *coal switching* untuk kualitas batu bara tinggi atau *high rank coal* (HRC), batu bara menengah atau *medium rank coal* (MRC), dan batu bara rendah atau *low rank coal* (LRC), Pembangkit listrik tenaga uap merupakan penyumbang terbesar untuk emisi karbon Indonesia, bahan bakar fosil memenuhi sekitar 80% dari total kebutuhan energi dunia dengan peningkatan emisi karbon dioksida global sebesar 2,5% per tahun selama beberapa decade terakhir, penerbitan kebijakan energi nasional adalah salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dalam pembangkit listrik, untuk mendukung Kebijakan Energi Nasional untuk mencapai 23% penggunaan energi baru dan terbarukan, salah satu cara pengembangan untuk sektor

pembangkit listrik adalah dengan melakukan teknik *co-firing* biomasa dan batu bara di Indonesia, dan tentunya akan berpengaruh ke performa dan efisiensi boiler pembangkit listrik oleh karena itu untuk meninjau nilai efisiensi boiler untuk hasil pencampuran bahan bakar maka dibutuhkan parameter berupa *Turbin heat rate* (THR) yang mengukur nilai efisiensi turbin dan kemudian *Net plant heat rate* atau (NPHR) untuk mengukur nilai efisiensi yang dihasilkan dari suatu pembangkit (Palupi et al., 2024)

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja kandungan yang ada di dalam bahan bakar batu bara dan biomassa sawdust
2. Bagaimana Pengaruh *Coal blending* pada efisiensi Boiler pada pembangkit tenaga uap
3. Bagaimana Pengaruh dan perbedaan dari metode *Direct* dan *Indirect* yang digunakan untuk menghitung efisiensi Boiler pada Unit Pembangkit Paiton, Unit 2

1.3 Batasan masalah

Batasan Masalah yang dibahas dalam penyusunan laporan praktik kerja lapangan ini yaitu :

1. Data yang digunakan merupakan hasil simulasi dengan coal blending yang sudah ditentukan
2. Data yang didapatkan merupakan data yang didapat dari laboratorium di PT PLN “Nusantara Power”
3. Efisiensi Boiler dan perhitungan Efisiensi lainnya adalah perhitungan untuk unit 2 PT PLN “Nusantara Power”

1.4 Tujuan Praktik Kerja Lapangan

Adapun tujuan dalam pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui apa saja kandungan senyawa dan nilai kalori untuk bahan bakar batu bara dan biomasa sawdust
2. Mengetahui bagaimana pengaruh *Coal Blending* terhadap efisiensi boiler pembangkit tenaga uap
3. Mengetahui kegunaan serta hasil dari metode *Direct* dan *Indirect* terhadap efisiensi Boiler pada pembangkit tenaga uap

1.5 Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup pembahasan merupakan batesan dari topik yang akan dibahas di dalam laporan Praktik Kerja Lapangan. Ruang lingkup pembahasan pada laporan Praktik Kerja Lapangan ini adalah sebagai berikut:

1. Membahas secara umum mengenai PLTU UP Paiton Unit 2
2. Membahas tentang Turbin dan Boiler secara umum
3. Perhitungan Efisiensi Boiler dan Efisiensi PLTU

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan merupakan sebuah metode atau urutan dalam menyelesaikan sebuah laporan Praktik Kerja Lapangan. Dengan adanya Sistematika penulisan maka penulisan laporan lebih terstruktur dan terarah. Laporan Praktik Kerja Lapangan di PLTU Paiton Unit 2 dibagi menjadi enam bab. Adapun susunan penulisan Praktik Kerja Lapangan ini sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN
Berisi mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup pembahasan, dan sistematika penulisan.
2. BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN
Berisi mengenai penjelasan tentang profil perusahaan yang meliputi sejarah singkat perusahaan, profil perusahaan, visi dan misi, struktur organisasi, hak dan wewenang unit kerja, lokasi perusahaan, kebijakan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), dan etika profesi.
3. BAB III LANDASAN TEORI
Berisi Mengenai Penjelasan dari Berbagai alat dan mesin yang digunakan untuk pengoprasian pada PT PLN “Nusantara Power” unit pembangkit 2

4. BAB 1V METODE PELAKSANAAN

Berisi Mengenai Pelaksanaan Kegiatan Praktik kerja Lapangan dan Logbook selama Praktik Kerja Lapangan dan pembahasan tentang Bagaimana Metode Pengambilan Data dan Skema Pengambilan Data

5. BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang bagaimana perhitungan dan Pengolahan data untuk perhitungan Efisiensi Boiler dan perhitungan Efisiensi Pembangkit dari NPHR.

6. BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil kegiatan Praktik Kerja Lapangan dan saran atau rekomendasi terakit topik yang dibahas.

1.7 Manfaat Praktik Kerja

Adapun manfaat dalam pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Mendapatkan pengetahuan dan pengalaman untuk merancang suatu sistem, komponen atau proses untuk memenuhi suatu kebutuhan.
 - b. Pemahaman tentang tanggung jawab professional dan etika.
 - c. Memahami teknik penyelesaian masalah dalam dunia industri
 - d. Dapat membangun kepercayaan diri dalam menghadapi tantangan di dunia kerja.
 - e. Mendapatkan wawasan tentang industri yang mungkin tidak dipelajari jika hanya belajar di dalam kelas.
2. Bagi Perguruan Tinggi
 - a. Untuk menjalin kemitraan dengan industri atau perusahaan untuk membuka peluang kolaborasi lebih lanjut.
 - b. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menghadapi dunia kerja.

3. Bagi Perusahaan
 - a. Membangun hubungane yang erat antara perguruan tinggi dan perusahaan serta membuka peluang untuk kolaborasi jangka panjang
 - b. Terciptanya hubungane sinergis, jelas dan terarah antar dunia perguruan tinggi dengan dunia kerja.

BAB II

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah Singkat Perusahaan

Sejarah PT. Pembangkitan Jawa Bali (PJB) atau sekarang bernama PT. PLN Nusantara Power lahir ketika perusahaan listrik dan gas di bentuk pada tahun 1945, setelah Indonesia merdeka. Pada tahun 1965, Perusahaan Listrik Negara dipisah dari Perusahaan Gas Negara. Di tahun 1972, PLN menjadi Badan Usaha Milik Negara dengan status Perusahaan Umum. Di mana, dalam sepuluh tahun kemudian, restrukturisasi dilakukan di Jawa Bali dengan pemisahan unit sesuai fungsinya, yaitu unit PLN Distribusi dan unit PLN Pembangkitan dan Penyaluran. Tahun 1994, status PLN diubah menjadi Persero. Setahun kemudian, dilakukan restrukturisasi internal di PT PLN (Persero) dengan membentuk dua anak perusahaan di bidang pembangkitan. Restrukturisasi dilakukan dengan tujuan memisahkan antara misi sosial dan misi komersial yang diemban.

Pada tanggal 3 Oktober 1995, PT Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali II, atau yang biasa dikenal dengan nama PLN PJB II berdiri. Tujuan utama dibentuknya anak perusahaan ini adalah untuk menyelenggarakan usaha ketenagalistrikan yang bermutu tinggi serta profesional berdasarkan prinsip industri dan niaga yang sehat dan efisien. Sejak berdiri pada tahun 1995, PLN PJB II senantiasa mengabdikan diri untuk bangsa dan negara Indonesia, serta mendorong pengembangan perekonomian nasional dengan menyediakan energi listrik yang bermutu tinggi, andal, dan ramah lingkungan. Dengan visi menjadi perusahaan pembangkit listrik tenaga uap yang berstandar internasional, PLN PJB II terus melakukan pembenahan dan melakukan inovasi dengan tetap memperhatikan ketentuan yang berlaku. PLN PJB II tumbuh dan berkembang sangat pesat dalam berbagai bidang usaha tanpa meninggalkan tanggung jawabnya dalam menjaga kelestarian lingkungan. Seiring dengan pengembangan strategi usaha, pada tahun 2000, PLN PJB II melakukan penyempurnaan organisasi dan mengubah nama perusahaan menjadi PT. Pembangkitan Jawa-Bali (PT. PJB). PT. PJB adalah anak perusahaan PT. PLN (Persero), yang didirikan pada tanggal 3 Oktober 1995, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan pelayanan, serta mampu berkembang

secara mandiri dengan menyelenggarakan usaha ketenagalistrikan berdasarkan prinsip industri dan niaga yang sehat dengan menerapkan prinsip-prinsip Perseroan Terbatas.

PT. PJB melaksanakan kegiatan usaha antara lain: sebagai penyedia tenaga listrik yang ekonomis, bermutu tinggi dan andal, melaksanakan pembangunan dan pemasangan pembangkit, pemeliharaan dan pengoperasian pembangkit, serta usaha-usaha lain yang berkaitan dengan kegiatan perseroan dalam rangka memanfaatkan secara maksimal potensi yang dimiliki. Seiring dengan perkembangan di tubuh PLN, mulai tanggal 1 Januari 2023 dibentuk holding dan subholding. Dalam hal ini PT. PJB sebagai subholding PLN, berganti nama menjadi PT. PLN Nusantara Power (PT. PLN NP). Dengan adanya holding subholding, aset-aset pembangkitan PLN yang tadinya tersebar akan dikonsolidasikan, proses bisnis pengelolaan pembangkitan disederhanakan dan utilisasi aset yang tadinya belum maksimal, akan makin dioptimalkan.

Unit Pembangkitan Paiton terbentuk berdasarkan surat keputusan direksi PLN No.030K/023/DIR/1993, tanggal 15 Maret 1992 merupakan unit kerja yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) Pembangkitan dan Penyaluran Jawa Bagian Timur 7 dan Bali (PLN KJT dan BALI) Sektor Paiton. Restrukturisasi di PT. PLN pada tahun 1995 mengubah PT. PLN menjadi PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali I dan PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II. Kemudian pada tahun 1997, pada sektor paiton namanya di ubah menjadi PT PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II Unit Pembangkitan Paiton (UP Paiton). Berdasarkan surat keputusan direksi No.039K/023/DIR/1998 tentang pemisahan fungsi pemeliharaan dan fungsi operasi PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II Unit Pembangkitan Paiton.

Organisasi UP Paiton sejak tanggal 3 Juni 1999 mengalami perubahan mengikuti perkembangan organisasi di PT. PLN. PJB. II yang fleksibel dan dinamis sehingga mampu menghadapi dan menyesuaikan situasi bisnis yang selalu berubah. Perubahan yang mendasar dari Unit Pembangkitan adalah dipisahkannya fungsi operasi dan fungsi pemeliharaan, sehingga Unit Pembangkitan menjadi organisasi yang Lean and Clean, dan hanya mengoperasikan pembangkitan untuk

menghasilkan GWh. Dengan perkembangan organisasi dan kebijaksanaan manajemen, maka sejak tanggal 3 Oktober 2000, PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II berubah menjadi PT. PLN Pembangkitan Jawa-Bali (PT PJB) dengan unit Pembangkitan Paiton sebagai satu unit pembangkitan utama. Pembangkitan PLTU tersebut diawali dengan pembangunan 2 unit (unit 1 dan unit 2) dan akan dikembangkan unit 3 dan unit 4 (digabung menjadi 1 unit) dalam rangka pelaksanaan pembangunan unit-unit pembangkitan tersebut, pemerintah menetapkan dalam Surat Keputusan Presiden Nomor 35 tahun 1957 untuk Pelaksanaan Pengawasan dan Koordinasi Pembangunan PLTU Unit Pembangkitan Paiton. Sesuai dengan program yang dirancang oleh pemerintah dalam rangka penghematan bahan bakar minyak dan deversifikasi sumber energi, maka PLTU Paiton telah didesain untuk menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utamanya. Seiring dengan proses transformasi yang tengah dilakukan oleh PT. PLN Nusantara Power Paiton dalam rangka menuju strategic holding.

PT. PLN NP juga melakukan beberapa perubahan strategis dari sisi organisasi. Salah satu yang dilakukan adalah penggabungan PLTU Paiton 1&2 (yang tergabung sebagai unit eksisting dan berada di bawah sebutan Unit Pembangkit) dan PLTU Paiton 9 (yang tergabung pada Unit Bisnis Jasa Operational & Maintenance/UBJOM). Pada Kamis (14/07), secara resmi dilakukan go-live penggabungan kedua PLTU ini oleh Gong Matua Hasibuan selaku Direktur Utama PT. PJB langsung di lingkungan komplek PLTU Paiton. Penggabungan Organisasi ini dilakukan berdasarkan Peraturan Direksi Nomor 0013.P/019/DIR/2022 tentang Organisasi Unit Pembangkitan Paiton tanggal 12 April 2022. Merger tersebut dilakukan guna mendukung transformasi organisasi PT PLN (Persero), khususnya sasaran lean organization. Optimasi dan penataan organisasi dua Unit sejenis dengan lokasi yang berdekatan tersebut dilakukan dengan memperhatikan aspek kinerja operasional Unit sehingga menjadi lebih efektif dan efisien.

2.2 Visi dan Misi

PT PLN Nusantara Power memiliki visi dan misi yang ditunjukkan sebagai arah gerak perusahaan. Visi PT PLN Nusantara Power adalah “Menjadi Perusahaan Terdepan dan Terpercaya dalam Bisnis Energi Berkelanjutan di Asia Tenggara” sedangkan misi PT PLN Nusantara Power adalah:

1. Menjalankan bisnis energi yang inovatif dan kolaboratif, tumbuh dan berkelanjutan, serta berwawasan lingkungan.
2. Menjaga tingkat kinerja tertinggi untuk memberikan nilai tambah bagi para pemangku kepentingan
3. Menarik minat dan mengembangkan talenta terbaik serta menjalankan organisasi yang agile dan adaptif

2.3 Lokasi Perusahaan PLTU Paiton unit 1 dan 2

Berdasarkan geografis dapat ditunjukkan dengan lokasi sekitar dan Gambar

2.1 Berikut :



Gambar 2.1 Gambar Peta Lokasi PT PLN Nusantara Power

- a. Lokasi Proyek : Desa Bhinor, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur
- b. Koordinat Geografis : $7^{\circ} 42'42''\text{S}$ dan $113^{\circ} 35'17''\text{E}$
- c. Luas Area : 420.187 m^2 atau 42 ha
- d. Perbatasan :
 - a. Sebelah Utara : Laut Jawa, Selat Madura
 - b. Sebelah Timur : Dataran Tinggi Situbondo
 - c. Sebelah Selatan : Jalan Raya Probolinggo – Situbondor
 - d. Sebelah Barat : Kompleks PLTU Paiton Unit 3-9

2.4 Bentuk dan Badan Hukum Perusahaan

Unit Pembangkit Paiton didirikan berdasarkan keputusan direksi PLN nomor 030K/023/DIR/1993, yang dikeluarkan pada tanggal 15 maret 1992/ Unit ini pada mulanya merupakan bagian dari manajemen PT PLN (Persero) Pembangkit dan

Penyaluran Jawa Bagian Timur dan Bali (PLN KJT dan BALI). Pada tahun 1995, PT PLN mengalami restrukturisasi dan berubah menjadi PT PLN Pembangkit Tenaga listrik Jawa-Bali II Unit Pembangkitan Paiton (UP PAITON).

Dalam keputusan direksi nomor 039K/023/DIR/1998 tentang pemisahan fungsi pemeliharaan dan fungsi operasi PT PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II unit Pembangkitan Paiton. Terjadi perubahan signifikan dalam organisasi UP. Paiton yang dimulai sejak tanggal 3 juni 1999. Organisasi ini berubah sesuai dengan perkembangan yang dinamis dan fleksibel di PT PLN PJB II, sehingga mampu menyesuaikan dengan perubahan ekonomi yang terjadi secara berkelanjutan, Perubahan Paling pokok dalam Unit Pembangkitan adalah pemisahan fungsi pemeliharaan dan operasi, sehingga Unit Pembangkitan menjadi organisasi yang lebih efisien dan hanya berfokus pada operasi pembangkitan guna menghasilkan GW (Giga Watt Hours).

Dengan evolusi organisasi dan kebijakan manajemen yang beragam, pada tanggal 3 Oktober 2000, PT PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II mengalami transformasi menjadi PT PLN Pembangkitan Jawa-Bali (PT PJB), dengan Unit Pembangkitan Paiton sebagai salah satu unit pembangkitan utama. Melalui surat dari Kementrian BUMN nomor SR590/MBU/0912022 tanggal 20 September 2022, perubahan status PT PJB yang awalnya merupakan anak perusahaan PT PLN (Persero) berubah menjadi subholding PLN Nusantara dan sejak saat itu, PT.PJB menjadi PT PLN Nusantara Power.

Mengikuti Program yang telah dirancang oleh pemerintah dengan tujuan mengurangi penggunaan bahan bakar minyak dan melakukan diversifikasi sumber energi, PLTU Paiton telah dirancang untuk memanfaatkan sebagai bahan bakar utama. Total kapasitas dari unit 1 dan unit 2 adalah 2x400 MW, dan keduanya mulai beroperasi pada tahun 1993/1994 untuk tahap pertama.

2.5 Bidang Pekerjaan perusahaan

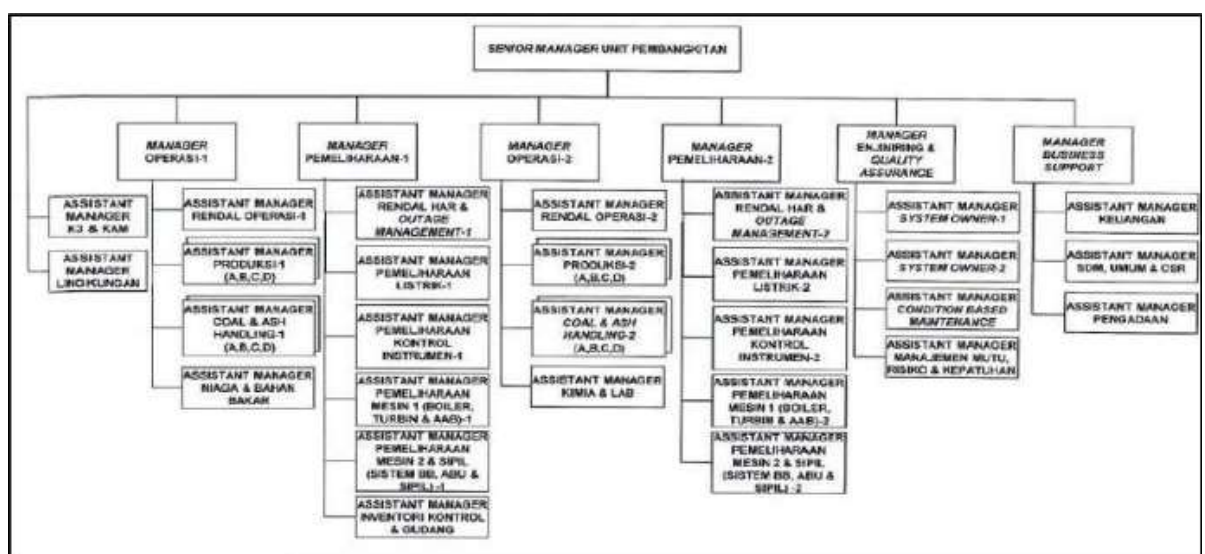
PLTU Paiton unit 1-2 memiliki dua unit generator dengan masing-masing memiliki kapasitas daya sebesar 400MW. Total produksi daya listrik dari PT PJB adalah 800MW. Pada kondisi normal, daya netto yang dihasilkan mencapai 760 MW, dengan rata-rata beban harian mencapai 88% atau sekitar 704 MW. Melalui

kedua unit pembangkit ini, PT PJB UP Paiton mampu menghasilkan rata-rata 4.924 GWh energi listrik setiap tahunnya, yang kemudian digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di wilayah Jawa, Bali, dan Madura. Energi Listrik tersebut dikirim ke pusat-pusat beban melalui jaringan transmisi saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) 500 kV dalam sistem interkoneksi Jawa-Bali.

Pembakaran di boiler menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama, dengan nilai kalori antara 4830 hingga 5140 kcal/kg, sedangkan HSD (High Speed Diesel) digunakan untuk proses awal (start up) hingga generator mencapai pembebanan sekitar 120 MW. Selama satu tahun, diperlukan sekitar 2.578.900 ton batubara dan sekitar 3.330 kiloliter HSD untuk konsumsi bahan bakar. Selain bahan bakar, proses ini juga membutuhkan air make up sebanyak 438.000-ton yang diambil dari air tanah, serta cooling water condenser yang menggunakan air laut. Cooling water condenser ini mengoperasikan sistem sirkulasi terbuka dengan satu jalur (one through).

2.6 Struktur Organisasi

Struktur organisasi adalah suatu kerangka yang menggambarkan seluruh tugas dan fungsi, interaksi, serta tanggung jawab di setiap bagian, yang memperlihatkan pembagian pekerjaan yang terdefinisi dengan jelas. Struktur organisasi di PT Nusantara Power Paiton Power Plant Unit 1-2 dapat digambarkan seperti Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.2 Struktur Organisasi PT PLN Nusantara Power

2.7 Struktur Organisasi Divisi Penempatan Kerja Praktik

Pada kegiatan kerja praktik, penulis mendapat kesempatan untuk belajar di bagian Rencana dan Pengendalian Operasi (Rendal Op). Divisi Rendal Operasi (Gambar 2.3) berada di gedung administrasi lantai 4 dan berada di satu ruangan yang sama dengan divisi Rencana dan Pengendalian Bahan Bakar dan Niaga (Rendal BB dan Niaga) (Gambar 2.4). Divisi Rendal secara umum bertanggung jawab untuk merencanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan operasi PLTU setiap harinya. Oleh sebab itu, divisi Rendal Op dan Rendal BB dan Niaga 15 diletakkan di ruangan yang sama untuk mempermudah komunikasi dan kerjasama antardivisi. Divisi Rendal Op secara spesifik bertanggung jawab untuk merencanakan, memantau, dan mengevaluasi program operasi dan pengendalian bahan bakar, yang mencakup evaluasi pelaksanaan operasi pembangkit secara efektif dan efisien, pengumpulan dan dokumentasi informasi terkait operasi dan bahan bakar sebagai dasar evaluasi kinerja, serta pengambilan tindakan teknis dalam menghadapi masalah yang muncul selama program operasi berlangsung.

Divisi Rendal BB dan Niaga sendiri secara spesifik bertanggung jawab untuk menyusun rencana unloading-loading batubara, menyusun anggaran untuk pasokan dan bisnis bahan bakar yang diperlukan dalam proses operasi PLTU, bekerja sama dengan bagian Laboratorium untuk menghitung dan menganalisa kandungan campuran bahan bakar yang digunakan untuk operasi PLTU, dan bekerja sama dengan pihak luar untuk melakukan uji coba pemanfaatan biomassa sebagai campuran bahan bakar PLTU. Oleh sebab kedua divisi saling berinteraksi, maka penulis juga berkesempatan untuk melaksanakan kegiatan kerja praktik bersama dengan divisi Rendal BB dan Niaga. Divisi Rendal Operasi terdiri dari satu manager, satu asisten manager yang dalam struktur divisi disebut ketua, satu sekretaris asisten manager, dan lima operator. Mahasiswa kerja praktik berada di bawah supervisi para operator. Struktur divisi Rendal Op dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.

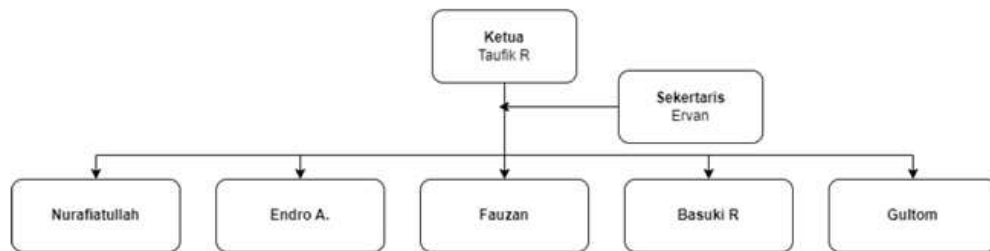


Gambar 2.3 Ruang Rencana dan Pengendalian Operasi



Gambar 2.4 Ruang Rencana dan Pengendalian Bahan Bakar dan Niaga

STRUKTUR ORGANISASI RENDAL OPERASI PT PLN NUSANTARA POWER UP PAITON



Gambar 2.5 Struktur 5S Rendal OP

2.8 Kesehatan dan Keselamatan kerja (K3)

2.8.1 Kebijakan

PT. PLN Nusantara Power mempunyai komitmen dan kesadaran untuk selalu meningkatkan budaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Hal ini dikarenakan, produktivitas pegawai akan meningkat seiring dengan meningkatnya rasa kenyamanan dan keamanan di lingkungan Perusahaan dengan mengacu pada:

1. Undang-undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja;
2. Keputusan Direksi Nomor: 41.K/010/IP/2012 tentang Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan di PT. PLN Nusantara Power;
3. Keputusan Direksi Nomor: 165.K/010/IP/2016 tentang Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja PLTU Batubara di PT. PLN Nusantara Power.

2.8.2 Rencana Kegiatan

Dalam pelaksanaan K3, PT. PLN Nusantara Power setiap tahunnya menyusun rencana kegiatan K3 sebagai berikut:

1. Pembangunan pusat pelatihan K3 (Fire Safety Academy) di Pandean Lamper Semarang;
2. Audit Resertifikasi SMK3
3. Pelatihan dan Workshop K3;
4. Bulan K3 Nasional;
5. Simulasi Tanggap Darurat;
6. Pemantauan dan Pengukuran lingkungan kerja;

7. Pemberian Zero Accident Award;
8. Penyediaan Wearpack Fire resistant bagi operator coal handling.
9. Assessment K3 terkait Fire Protection System based on NFPA
10. Lomba Pemadam kebakaran

2.8.3 Fire & Safety Academy

FSA (Fire & Safety Academy) merupakan fasilitas pelatihan K3 milik PT. PLN Nusantara Power yang berkonsentrasi pada penanganan keadaan darurat di unit pembangkit *Low rank coal*. FSA ini menyediakan program pendidikan dan pelatihan bidang K3 dengan menggunakan miniatur peralatan umum yang ada di pembangkit antara lain simulator control room pembangkit, miniatur coal handling, fire ground yang dilengkapi peralatan umum pembangkit seperti bunker, trafo, smoke chamber, peralatan ketanagalistrikan, gedung workshop dan fasilitas lainnya yang terlengkap di Indonesia. Berikut merupakan daftar pelatihan yang tersedia pada fasilitas FSA:

1. Training Damkar Level A/B/C/D
2. Sertifikasi AK3U, AK3 Listrik, K3 Teknisi Listrik
3. IHT P3K 11
4. Pelatihan dan Simulasi Tanggap Darurat
5. Training Safety Officer Tingkat Pelaksana dan Penyelia
6. Workshop Penyusunan HIRADC & Identifikasi Peraturan Perundangan
7. IHT Contractor Safety Management System
8. Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran *Low rank coal* pada PLTU

2.8.4 Aplikasi Nearmiss

Aplikasi Nearmiss merupakan aplikasi terbaru hasil kolaborasi Departemen K3L dan Departemen SIS PT. PLN Nusantara Power. Aplikasi ini dapat memudahkan pelaporan mengenai potensipotensi bahaya yaitu Unsafe Action (Perilaku Tidak Aman) dan Unsafe Condition (Kondisi Tidak Aman) yang menjadi penyebab nearmiss ataupun kecelakaan kerja di Lingkungan PT. PLN Nusantara Power. Dengan adanya aplikasi maka potensi-potensi bahaya di Lingkungan PT. PLN Nusantara Power dapat di deteksi dan ditindaklanjuti sedini mungkin.

2.8 Budaya perusahaan

PT PLN Nusantara Power merupakan salah satu bagian dari Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Sehingga, dalam rangka melaksanakan kegiatan keprofesian di PT PLN Nusantara Power menerapkan nilai-nilai utama (core values) dari BUMN, yang juga dilakukan oleh seluruh Sumber Daya Manusia Badan Usaha Milik Negara, mulai dari Direksi, Dewan Komisaris/Dewan Pengawas, Manajemen/Pegawai, Dan Karyawan/Pekerja di lingkungan Badan Usaha Milik Negara, anak perusahaan, serta perusahaan afiliasi terkonsolidasi. Adapun nilai-nilai utama (Core Values) Sumber Daya Manusia Badan Usaha Milik Negara seperti Gambar 2.6



Gambar 2.6 Budaya Perusahaan

Penjelasan lebih lanjut mengenai nilai-nilai AKHLAK yang diterapkan sebagai etika profesi atau budaya kerja di PT PLN Nusantara Power adalah sebagai berikut :

1. Amanah

Definisi : memegang teguh kepercayaan yang diberikan.

Panduan Perilaku:

- Memenuhi Janji dan Komitmen
- Bertanggung Jawab atas tugas, Keputusan, dan tindakan yang dilakukan.
- Berpegang teguh kepada nilai moral dan etika.

2. Kompeten

Definisi: Terus belajar dan mengembangkan kapabilitas.

Panduan perilaku:

- Meningkatkan kompetensi diri untuk menjawab tantangan yang selalu berubah
- Membantu orang lain belajar
- Menyelesaikan tugas dengan kualitas terbaik

3. Harmonis

Definisi Saling peduli dan menghargai perbedaan

Panduan Perilaku :

- Menghargai setiap orang apapun latar belakangnya
- Suka menolong orang lain
- Membangun lingkungan kerja yang kondusif

4. Loyal

Definisi: berdedikasi dan mengutamakan kepentingan bangsa dan negara.

Panduan perilaku :

- Menjaga nama baik sesama karyawan, pimpinan, BUMN, dan negara.
- Rela berkorban untuk mencapai tujuan yang lebih besar
- Patuh Kepada pemimpin sepanjang tidak bertentangan dengan hukum dan etika.

5. Adaptif

Definisi : Terus berinovasi dan antusias dalam menggerakan ataupun menghadapi perubahan

Panduan perilaku:

- Terus – menerus melakukan perbaikan mengikuti perkembangan teknologi
- Bertindak Proaktif

6. Kolaboratif

Definisi : Membangun Kerja sama yang sinergis

Panduan perilaku :

- Memberi kesempatan kepada berbagai pihak untuk berkontribusi
- Terbuka dalam bekerja sama untuk menghasilkan nilai tambahan

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pembangkit Listrik Tenaga uap

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan pembangkit listrik yang termasuk pada pembangkit listrik tenaga termal sesuai dengan peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. PLTU bekerja dengan memanfaatkan uap panas (energi termal) untuk menggerakkan turbin yang akan digunakan untuk menggerakkan generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik (Sihombing, 2020) Uap panas yang dimanfaatkan oleh PLTU berasal dari *demineralized water* (air tanpa mineral) yang dipanaskan di dalam *boiler*. Pada *boiler*, terjadi pembakaran dengan menggunakan batubara dan menghasilkan abu (*ash*) dan gas hasil pembakaran. Gas hasil pembakaran pada *boiler* akan digunakan untuk memanaskan *demineralized water* dan keluar menuju udara sekitar melalui *stack*. Proses produksi listrik pada PT PLN Nusantara Power Paiton Power Plant Unit 1- 2 secara garis besar terbagi menjadi beberapa siklus.

Siklus *loading-unloading* batubara berfungsi untuk memindahkan batubara dari *vessel ship* menuju *stockpile* atau *pulverizer* Pada siklus *fuel to ash* dimulai dari batubara pada *pulverizer* disalurkan menuju boiler untuk dibakar sehingga hasil pembakaran batubara ini berupa *ash* Pada proses pembakaran batubara pada *boiler* diperlukan udara tambahan. Udara hasil pembakaran ini akan disalurkan keluar melalui cerobong (*stack*). Proses ini dijelaskan melalui siklus *air to flue gas*. Pada sistem penjernihan air yang digunakan dalam proses produksi wajib melalui siklus *water treatment* . Air yang telah melalui siklus *water treatment* akan digunakan dalam siklus *water to steam*. Siklus ini berfungsi sebagai pengubah fasa air (*liquid*) menjadi uap (*steam*) sehingga dapat menggerakkan turbin uap.

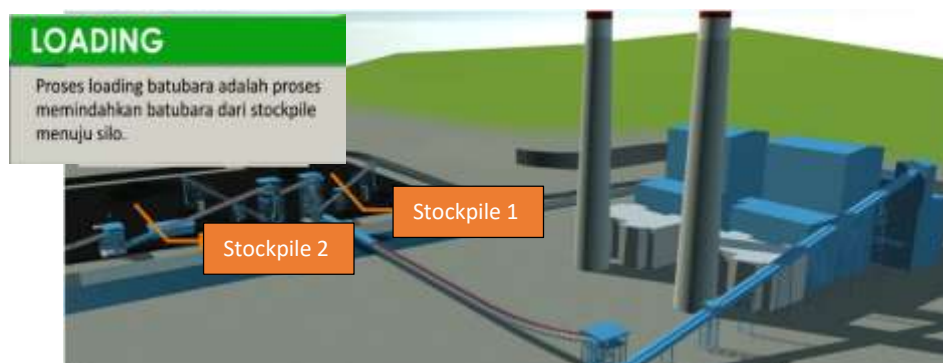
3.1.1 Siklus Loading dan Unloading Batu bara

Siklus perpindahan batubara pada PLTU Paiton merupakan proses pengangkutan batubara dari kapal dan *stockpile* hingga menuju *mill* yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Pada PLTU Paiton, siklus perpindahan batubara terbagi menjadi dua, yaitu proses *loading* dan *unloading*. Proses *unloading* adalah proses perpindahan batubara dari kapal

pengangkut menuju *stockpile* atau tempat penampungan cadangan batubara seperti pada Gambar 3.1 sedangkan proses *loading* adalah proses perpindahan batubara dari *stockpile* menuju *silo* seperti pada Gambar 3.2. Proses perpindahan batubara dari kapal pengangkut menuju *silo* disebut sebagai *direct unloading* seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.1 Proses *Unloading* Batubara PLTU paiton unit 1-2



Gambar 3.2 Proses Loading Batubara PLTU Paiton Unit 1-2

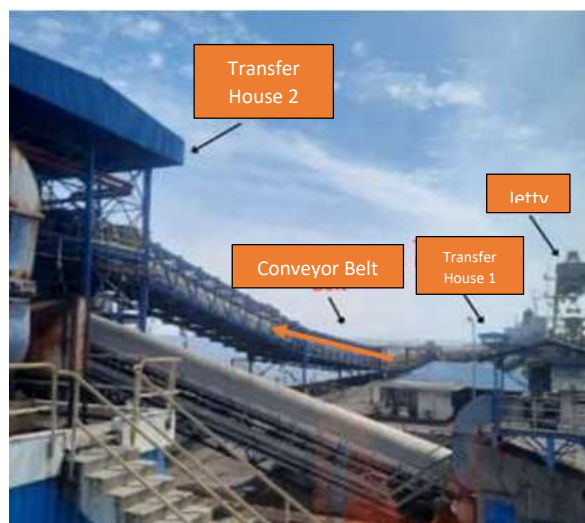


Gambar 3.3 Proses *Direct Unloading* Batubara PLTU Paiton 1-2

Proses *direct unloading* dimulai dari pembongkaran muatan batubara pada kapal pengangkut batubara menuju *conveyor belt* dengan menggunakan *ship unloader*. *Conveyor belt* yang terhubung dengan *ship unloader* akan membawa batubara

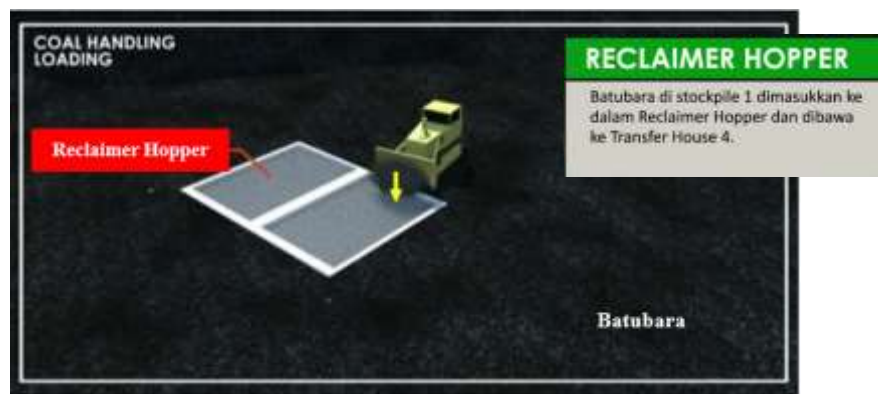
menuju *transfer house* 1 seperti pada Gambar 3.1. Pada *transfer house* 1, batubara akan dipindahkan menggunakan *conveyor belt* yang terhubung dengan *transfer house* 2 seperti pada Gambar 3.1. Pada *transfer house* 2, batubara akan dipindahkan menggunakan *conveyor belt* yang terhubung dengan *transfer house* 3. Pada *transfer house* 3, perpindahan batubara terbagi menjadi dua, yaitu menuju *stockpile* 2 dan *transfer house* 4 menggunakan *splitter gate* yang terdapat pada *transfer chute*.

Batubara berjenis *low rank coal* (LRC) akan diarahkan oleh *splitter gate* untuk menuju *stockpile* 2 dengan melewati *telescopic chute* sedangkan batubara dengan *caloric value* selain itu akan diarahkan untuk menuju *transfer house* 4. Apabila proses perpindahan batubara berhenti hingga *stockpile* 2, maka proses tersebut dinamakan proses *unloading*. Pada *transfer house* 4, perpindahan batubara terbagi menjadi dua, yaitu menuju *stockpile* 1 dan *transfer house* 5 menggunakan *splitter gate* yang terdapat pada *transfer chute*. Batubara berjenis *medium rank coal* (MRC) akan diarahkan oleh *splitter gate* untuk menuju *stockpile* 1 dengan melewati *telescopic chute* sedangkan batubara yang akan digunakan untuk proses pembakaran akan diarahkan untuk menuju *transfer house* 5. Apabila proses perpindahan batubara berhenti hingga *stockpile* 1, maka proses tersebut dinamakan proses *unloading*. Pada *transfer house* 5, batubara akan dipindahkan menggunakan *conveyor belt* yang terhubung dengan *transfer tower*. Pada *transfer tower*, batubara diarahkan menggunakan *tripper* (Gambar 3.6) untuk menuju *silo* yang berada di bawahnya, dimana *tripper* dapat berpindah tempat sesuai dengan kebutuhan.

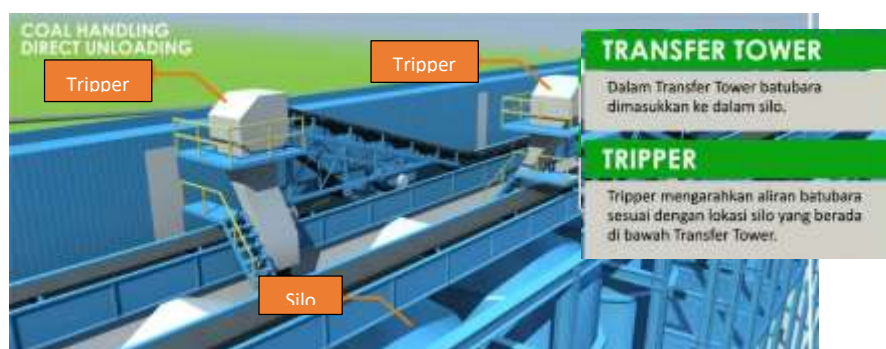


Gambar 3.4 Ship Unloader, Transfer House 1, Transfer House 2, Conveyer Belt

Proses *loading* batubara pada Gambar 3.2 dimulai dari perpindahan batubara pada *stockpile* menuju *transfer house*. Batubara pada *stockpile* 1 didorong oleh alat berat menuju *reclaimer hopper* seperti pada untuk dipindahkan ke *conveyor belt* yang tersambung dengan *transfer house* 4 sedangkan batubara pada *stockpile* 2 didorong oleh alat berat menuju *reclaimer hopper* untuk dipindahkan ke *conveyor belt* yang tersambung dengan *transfer house* 2 hingga menuju *transfer house* 4. Pada *transfer house* 4, batubara akan dipindahkan menggunakan *conveyor belt* yang terhubung dengan *transfer house* 5. Pada *transfer house* 5, batubara akan dipindahkan menggunakan *conveyor belt* yang terhubung dengan *transfer tower*. Pada *transfer tower*, batubara diarahkan menggunakan *tripper* untuk menuju *silo* yang berada di bawahnya.



Gambar 3.5 Proses Pendorongan Batubara ke *Reclaimer Hopper* Menggunakan Alat Berat

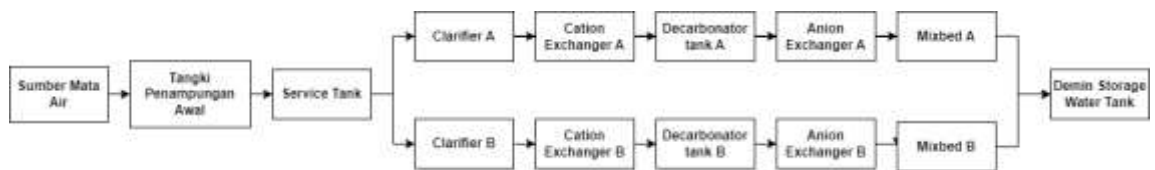


Gambar 3.6 *Tripper* PLTU Paiton Unit 1-2

3.1.2 Siklus Water Treatment

Siklus *water treatment* adalah proses untuk menjernihkan air dari zat dan mineral yang terlarut (*demineralized water*). Air hasil penjernihan ini akan dipakai

dalam siklus *water to steam*. (Aris et al., 2019) Alur *water treatment* dapat dilihat pada. Proses berawal dari air yang berasal dari sumber mata air kelontong dipompa menuju tangki penampungan awal, kemudian air tersebut dipompa menuju *service tank*. Air tersebut turun menuju *clarifier A* dan *clarifier B* secara alami dengan bantuan gravitasi yang berfungsi sebagai penyaring kotoran yang tercampur. Air hasil proses pada *clarifier* dipompa ke *cation exchanger A* dan *B*. Di dalam tangki ini, air melalui resin kation yang berguna untuk menghilangkan kandungan mineral. Air yang tidak mengandung mineral ini masuk ke *decarbonator tank* untuk menghilangkan udara yang terlarut dalam air. Penyaringan mineral dalam air pada tahap dua dengan menggunakan *resin anion* yang terdapat pada *anion exchanger tank*. Air yang telah melalui *anion exchanger tank* dimasukkan dalam *mixbed* melalui 2 resin yaitu anion dan kation secara bersamaan untuk dihilangkan mineral dalam air. Air yang telah melalui seluruh proses tersebut ditampung dalam *demin water storage tank*. Air ini siap dipakai dalam siklus pembangkit.



Gambar 3.7 Alur *Water Treatment*

3.1.3 Siklus *Water to Steam*

Siklus *water to steam* adalah proses mengubah fasa dari air (liquid) menjadi uap (*steam*) dengan menggunakan beberapa proses pemanasan sebelum masuk *boiler* sehingga dapat memutar turbin (Aris et al., 2019). Siklus ini diawali pada kondenser yang merubah *outlet steam* dari *low pressure (LP) turbine* menjadi air (liquid) dengan menggunakan pendinginan berupa air laut. Hasil air ekstraksi tersebut dipompakan oleh CEP (*Condensate Extraction Pump*) melewati 3 LPH (*Low pressure heater*), lalu menuju *deaerator*.

LPH berfungsi sebagai pemanas air sebelum masuk ke *dearator*. *Dearator* adalah pemanas dengan sistem *open feedwater heater* yang mana fluida pemanas dengan fluida yang dipanaskan berkontak secara langsung. Air yang keluar dari *dearator* dipompakan oleh *Boiler Feedwater Pump (BFP)* melalui beberapa tingkatan HPH (*High Pressure Heater*) sebelum menuju ke *ecomonizer panel*.

Economizer hot water secara natural akan mengalir ke *steam drum* yang mana pemisahan fluida terjadi pada alat ini. Fluida yang berwujud cair akan turun melalui *down corer pipe* melalui *Boiler Water Circulation Pump* (BWCP) dan dialirkan ke *lower header water wall*. *Water wall* adalah kumpulan tube – tube yang berada pada dinding *boiler*.

Proses ini, air melalui mengalami pemanasan utama menjadi *bubble* dan *steam* basah yang dikumpulkan di *water wall upper header* dan diteruskan ke *steam drum*. Air yang telah menguap di *steam drum* akan melalui pipa *boiler* menuju ke *first superheater* atau *primary superheater* atau *low temperature superheater*, kemudian *steam* masuk ke *secondary superheater* atau *division panel superheater* untuk pemanasan lebih lanjut. Pada *final superheater steam* yang dihasilkan pada kondisi *saturated steam* atau uap. *Steam* akan masuk terlebih dahulu ke *high pressure turbine* (HP turbine), kemudian masuk kembali menuju *reheater* di dalam boiler. Pada *reheater*, *steam* dipanaskan kembali untuk memutar *intermediate pressure turbine* (IP turbine). Hasil *steam IP Turbine* akan menuju ke *LP turbine*. Siklus ini secara keseluruhan dapat dilihat pada

3.2 Boiler

Boiler merupakan alat yang berguna untuk memproduksi uap pada tekanan dan suhu tertentu sehingga dihasilkan uap dengan tekanan dan suhu yang tinggi untuk menggerakkan Turbin Uap (Winardi, 2019). Jenis Boiler yang digunakan pada pembangkit tenaga uap adalah (PF) *Pulverizier Fuel Boiler*, untuk menghasilkan listrik yang besar maka diperlukan efisiensi boiler yang besar juga. Berbagai cara dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi dari Boiler yaitu dengan memasang *economizer*, *High Pressure Heater* (HPH), *Low pressure heater* (LPH).[8]. Bagian-bagian yang ada di dalam boiler adalah :

a. Furnace

Komponen ini merupakan tempat pembakaran bahan bakar. Beberapa bagian dari *furnace* diantaranya: *refractory*, ruang perapian, *burner*, *exhaust for flue gas*, *charge and discharge door*.

b. Drum Boiler

Drum boiler berfungsi untuk menampung dan mengontrol kebutuhan air di boiler. Fungsi lain yang tidak kalah pentingnya adalah memisahkan uap dan air. Pengontrolan dilakukan pada kebutuhan air boiler untuk menjaga level air di drum agar selalu konstan pada level normalnya. Uap didalam boiler dipisahkan melalui *separator cyclone*.

c. *Wall Tube/Riser*

Wall Tube/Riser adalah pipa uap yang tersusun secara vertikal dari bottom header menuju drum boiler. *Wall Tube/Riser* berfungsi sebagai media tempat untuk memanaskan air menjadi uap.

d. *Superheater*

Superheater merupakan alat yang berfungsi untuk menaikkan temperatur uap jenuh sampai menjadi uap panas lanjut (*superheat vapour*). Uap panas lanjut bila digunakan untuk melakukan kerja dengan jalan ekspansi di dalam turbin atau mesin uap tidak akan mengembun, sehingga mengurangi kemungkinan timbulnya bahaya yang disebabkan

e. *Reheater*

Fungsi *reheater* untuk memanaskan uap yang keluar dari turbin yang memiliki tekanan tinggi dengan suhu 540°C. Adanya *reheater* memudahkan boiler untuk mengendalikan temperatur proses pembakaran. Uap yang keluar dari turbin tidak kehilangan panas yang cukup tinggi karena mendapatkan perlakuan panas dari *reheater*, sehingga panas yang terbuang tidak banyak.

f. *Economizer*

Economizer adalah alat yang digunakan untuk memanaskan air pengisi/air umpan yang digunakan untuk menghasilkan uap sebelum dialirkan ke steam drum. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan air pengisi yang suhunya tidak jauh berbeda dengan air yang terdapat pada steam drum, serta untuk menaikkan efisiensi boiler

3.3 Turbin

Turbin uap adalah suatu mesin yang berfungsi untuk merubah energi panas (thermis) menjadi energi mekanik (energi putar) (Cahyo Adi Basuki, Ir. Agung Nugroho, 2018). Energi panas dalam uap mula- mula diubah menjadi energi kinetik oleh *nozzle*. Selanjutnya uap dengan kecepatan tinggi ini uap masuk ke turbin membentur / mendorong sudu putar pada turbin. Uap setelah keluar dari sudu putar diterima oleh sudu putar pada turbin yang akhirnya menghasilkan tenaga putar pada turbin. Uap setelah keluar dari sudu putar diterima sudu tetap kemudian dipantulkan lagi ke sudu putar, begitu sudu putar diterima sudu tetap kemudian dipantulkan lagi ke sudu putar, begitu seterusnya hingga keluar melalui *exhaust* turbin menuju kondensor. Jadi energi kinetik diubah menjadi energi mekanik terjadi pada sudu-sudu putar turbin. Terdapat tiga jenis turbin pada UP Paiton yaitu *High Pressure Turbine, Intermediate Pressure Turbine, dan Low Pressure turbin*

Spesifikasi turbin

Pabrik Pembuatan	: Toshiba Corporation Tokyo Japan Tipe TC4F
Kapasitas	: 400000 kW
Tekanan Uap	: 169 kg/cm ²
Tempeatur Uap	: 538 c
Kecepatan	: 3000 rpm

3.4 Inovasi pengoprasian PLTU Paiton Unit 1-2

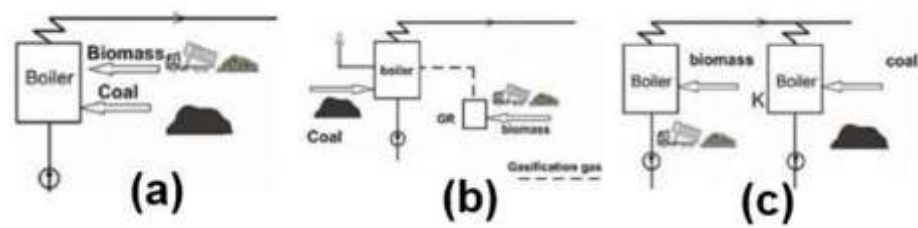
3.4.1 Co - Firing

Co-firing adalah metode untuk membakar dua jenis bahan bakar yang berbeda dalam satu siklus yang sama. Pada pembangkit listrik tenaga uap, bahan bakar yang digunakan adalah batubara dan biomassa. *Co-firing* saat ini telah diterapkan pada pembangkit listrik tenaga uap di seluruh dunia. Keunggulan dari *co-firing* adalah investasi yang dibutuhkan untuk proses produksi relatif lebih rendah dibandingkan dengan membangun pembangkit listrik biomassa baru, penggunaan biomassa sebagai alternatif bahan bakar lebih ramah lingkungan karena biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan (EBT). Pada PLTU, dalam teknik penggunaan *co-firing* mempunyai beberapa metode yang digunakan.

Metode pertama adalah metode *Direct Co-Firing* dengan metode ini, biomassa (sebagai bahan bakar sekunder) dimasukkan bersamaan dengan batubara (sebagai bahan bakar primer) ke dalam boiler yang sama *Direct Co-Firing* lebih umum digunakan karena paling murah pada *Direct Co-Firing* sendiri, ada dua pendekatan yang dapat dilakukan yang pertama adalah pencampuran dan perlakuan awal terhadap biomassa dan batu bara dilakukan bersamaan sebelum diumpan ke pembakar, yang kedua perlakuan awal biomassa dan batubara dilakukan secara terpisah, kemudian baru diumpankan ke pembakar untuk gambar skema dapat dilihat pada gambar 3.8 (a) dibawah.

Metode kedua adalah metode *indirect co-firing* metode ini mengacu pada proses gasifikasi biomassa dimana gas hasil gasifikasi biomassa kemudian diumpankan ke dalam pembakar dan dibakar bersama batubara, dengan menggunakan metode ini abu dari biomassa akan terpisah dari abu batubara dengan tetap menghasilkan rasio *co-firing* yang sangat tinggi, kekurangan nya adalah pada biaya investasi yang tinggi untuk skema gambar dapat dilihat pada gambar 3.8 (b) dibawah.

Metode ketiga adalah *Parallel Co-Firing* dan boiler terpisah untuk biomasa, dimana hasil pembakaran dari biomasa akan membangkitkan uap yang kemudian akan digunakan pada sirkuit power plant pembakaran batubara. Walaupun konfigurasi ini membutuhkan investasi yang lebih besar daripada *direct co-firing*, konfigurasi ini memiliki kelebihan tersendiri. Dengan menggunakan konfigurasi ini, sangatlah mungkin untuk digunakan bahan bakar dengan kandungan logam alkali dan klorin tinggi dan abu dari hasil pembakaran batubara serta biomasa akan dihasilkan terpisah untuk gambar skema dapat dilihat pada gambar 3.8 (c) dibawah ini.



Gambar 3. 8 (a) Direct co-firing, (b) indirect co-firing, (C) parallel co-firing

3.5 Bahan Bakar Operasi

3.5.1 Batu Bara MRC

Batubara MRC (Medium Rank Coal) merupakan salah satu jenis batubara yang memiliki karakteristik antara batubara bituminous dan sub-bituminous. Kandungan kalorinya umumnya berada pada kisaran yang lebih tinggi dibandingkan batubara sub-bituminous, namun lebih rendah dari batubara bituminous. Hal ini membuat batubara MRC menjadi pilihan yang cukup populer dalam industri energi, terutama untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan kandungan kalori sebesar 4400-5000 kcal/kg.



Gambar 3. 9 Medium Rank Coal (MRC)

Selain kandungan kalorinya, batubara MRC juga memiliki karakteristik lain seperti kadar air, kadar abu, dan kadar sulfur yang bervariasi tergantung dari sumbernya. Kandungan air yang tinggi dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran, sementara kadar abu yang tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pada peralatan pembakaran dan meningkatkan emisi. Kandungan sulfur juga perlu diperhatikan karena dapat menghasilkan gas SO_2 saat dibakar, yang merupakan salah satu penyebab hujan asam. Oleh karena itu, pemilihan jenis batubara MRC yang tepat

sangat penting untuk memastikan kinerja yang optimal dan meminimalkan dampak lingkungan.

3.5.2 Batu Bara LRC

Batubara LRC (Low Rank Coal) adalah jenis batubara dengan tingkat kematangan yang rendah. Ini berarti batubara LRC memiliki kandungan karbon yang lebih rendah dan kadar oksigen yang lebih tinggi dibandingkan jenis batubara lainnya seperti bituminous atau anthracite. Akibatnya, nilai kalori batubara LRC umumnya lebih rendah, berkisar antara 3.800 hingga 4.200 kcal/kg. Kandungan air dalam batubara LRC juga cenderung lebih tinggi, yang dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran. Selain kandungan air, batubara LRC juga sering mengandung kadar abu dan sulfur yang cukup tinggi.



Gambar 3. 10 Low Rank Coal (LRC)

Meskipun memiliki nilai kalori yang lebih rendah, batubara LRC tetap memiliki beberapa keunggulan. Salah satunya adalah ketersediaannya yang melimpah di beberapa wilayah. Selain itu, batubara LRC juga dapat diolah menjadi produk turunan seperti briket atau gasifikasi untuk meningkatkan nilai kalorinya. Namun, penggunaan batubara LRC dalam pembangkit listrik memerlukan penyesuaian pada peralatan pembakaran agar dapat mencapai efisiensi yang optimal. Beberapa tantangan dalam penggunaan batubara LRC antara lain adalah tingkat abrasi yang tinggi pada peralatan, pembentukan slag, dan emisi polutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara bermutu tinggi.

3.5.3 Jenis Jenis Biomassa

Biomassa umumnya memiliki kadar belerang dan nitrogen yang lebih rendah daripada batubara. Oleh karena itu, pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar *co-firing* diharapkan dapat mengurangi emisi *nitrogen oksida* (NO_x) dan *sulfur dioksida* (SO₂). Pada PLTU Paiton Unit 1-2, biomassa yang umumnya digunakan sebagai bahan bakar *co-firing* adalah *sawdust*, sekam padi, BBJP, dan cocopeat. *Sawdust* (serbuk gergaji) adalah limbah berupa serbuk yang berasal dari proses produksi berbahan dasar kayu *Sawdust* mudah didapat karena industri kayu yang tersebar luas di Indonesia sehingga cocok digunakan untuk bahan bakar *co-firing*. *Sawdust* juga merupakan limbah padat langsung yang tidak melalui proses lain sehingga harga jual *sawdust* cukup rendah. Namun, *sawdust* memiliki bentuk geometri yang beragam sehingga dapat mempengaruhi kinerja grinder pada *pulverizer* dan efisiensi pembakaran. Sekam padi adalah lapisan pelindung luar dari biji padi atau beras yang melindungi biji dari lingkungan luar Sekam padi merupakan produk sampingan yang tidak dimanfaatkan sebagai konsumsi pangan langsung, namun sekam padi memiliki potensi pemanfaatan yang tinggi. Sekam padi memiliki kalor tertinggi diantara biomassa lainnya sehingga efisiensi pembakaran dari *co-firing* sekam padi tinggi.



Gambar 3.11 (a) Sawdust, (b) cocopeat, (c) Sekam padi, (d) BBJP, (e) Wood pellet

Pemanfaatan sekam padi sebagai bahan bakar *co-firing* masih minim dikarenakan ketersediaannya terbatas dan memerlukan beberapa proses tambahan, seperti pengeringan dan pemadatan yang memakan waktu lebih lama. Bahan bakar jumputan padat (BBJP) atau RDF (*Refuse-Derived Fuel*) merupakan limbah padat

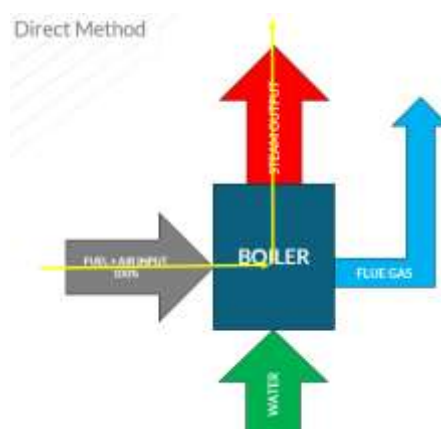
domestik dan komersial sehingga ketersediannya berlimpah, namun BBJP memiliki kandungan fixed sulphur tertinggi diantara biomassa lainnya. Kandungan fixed sulphur bahan bakar mempengaruhi besar SO_2 yang dihasilkan oleh pembakaran sehingga pemanfaatan BBJP perlu melalui analisa lebih lanjut untuk meminimalisasikan SO_2 yang akan dihasilkan. Coccopeat (serbuk kelapa) adalah limbah berupa serbuk kecil yang dihasilkan dari produksi berbahan dasar serat kelapa. Ketersediaan cocopeat di Indonesia berlimpah sehingga cocopeat dapat dijadikan sebagai opsi bahan bakar *co-firing*, namun ketersediaan cocopeat bergantung pada lokasi geografis dan skala produksi. Coccopeat juga memiliki kalor yang rendah sehingga analisa lebih lanjut perlu dilakukan untuk memaksimalkan efisiensi pembakaran yang menggunakan cocopeat.

Umumnya biomassa yang digunakan sebagai *co-firing* adalah *sawdust* (Gambar 3.8 a), cocopeat (Gambar 3.8 b), sekam padi (Gambar 3.8 c), BBJP (Bahan Bakar Jumputan Padat) (Gambar 3.8 d), pellet kayu (wood pellet) (Gambar 3.8 e), dan LRUK (Limbah Racik Uang Kertas).

3.6 Efisiensi Boiler

3.6.1 Metode *Direct*

Metode *direct* atau bisa disebut metode langsung adalah metode yang menghitung efisiensi boiler dengan penjelasan yang dianggap bahwa bahan bakar dan udara masuk sebesar 100% menuju ke boiler dan setelah melakukan pembakaran dan menghasilkan uap yang akan keluar ke jalur steam output untuk skema dari metode *Direct* dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut,



Gambar 3.12 Skema Metode *Direct*

untuk variable yang dihitung dari metode *direct* ini ada dua yaitu *energy* output dan *energy* input (Q_{in}) yang dimana untuk rumus perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$Q_{in} = m_{coal} \times HHV \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana

M_{coal} : *Coal flow* (kg/s)

HHV : *High heating value* (Kj/kg)

Dan untuk perhitungan dari nilai *energy* output (Q_{out}) yang memiliki beberapa parameter yang digunakan untuk menghitung *energy* output yaitu, (Q_{ms}) atau *energy* supply to main steam, (Q_{psw}) atau *energy* supply to SH spray water, (Q_{rs}) atau *energy* supply to reheat steam, (Q_{rsw}) atau energi supply to reheat spray water, (Q_{blw}) atau energi supply to blowdown dengan detail perhitungan setiap variabel dapat dilihat sebagai berikut;

a. *Energy Supply to main steam*

$$Q_{ms} = (m_{ms} - m_{psw}) \times (h_{ms} - h_{fw}) \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana

Q_{ms} = *Energy supply to main steam* (kJ/s)

$\dot{m}_{ms}$ = Laju massa uap utama (kg/s)

$\dot{m}_{psw}$ = Laju massa air pengumpan (kg/s)

h_{ms} = Entalpi spesifik uap utama (kJ/g)

h_{fw} = Entalpi spesifik air pengumpan (kJ/g)

b. *Energy Supply to SH spray water*

$$Q_{psw} = \dot{m}_{psw} \times (h_{ms} - h_{psw}) \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana

Q_{psw} = *Energi supply to SH spray water* (kJ/s)

$\dot{m}_{psw}$ = Laju massa air semprot super heater (kg/s)

h_{ms} = Entalpi spesifik uap utama (kJ/g)

h_{psw} = Entalpi Spesifik air semprot superheater (kJ/g)

c. *Energy Supply to reheat steam*

$$Q_{rs} = m_{rs} \times (h_{rso} - h_{rsi}) \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana

Q_{rs} = *Energy supply to reheat steam* (kJ/s)

$\dot{m}_{rs}$ = Laju massa uap reheat (kg/s)

h_{rso} = Entalpi spesifik uap reheat outlet heater (kJ/g)

h_{rsi} = Entalpi spesifik uap reheat inlet heater (kJ/g)

d. *Energy Supply to reheat spray water*

$$Q_{rsw} = m_{rsw} \times (h_{rsi} - h_{rsw}) \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana

Q_{rsw} = *Energy supply to reheat spray water* (kJ/s)

$\dot{m}_{rsw}$ = Laju massa air semprot *reheater* (kg/s)

h_{rsi} = Entalpi spesifik uap reheat di inlet *reheater* (kJ/g)

h_{rsw} = Entalpi spesifik air semprot *reheater* (kJ/g)

e. *Energy Supply to blowdon*

$$Q_{blw} = m_{blw} \times (h_{blw} - h_{rw}) \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana

Q_{blw} = *Energy Supply to blowdon* (kJ/s)

$\dot{m}_{blw}$ = Laju massa blowdown (kg/s)

h_{blw} = Entalpi spesifik blowdown (kJ/g)

h_{rw} = Entalpi spesifik air pengumpan (kJ/g)

Variable variable diatas akan dihitung sehingga akan memenuhi persyaratan untuk menghitung energi output dengan persamaan sebagai berikut :

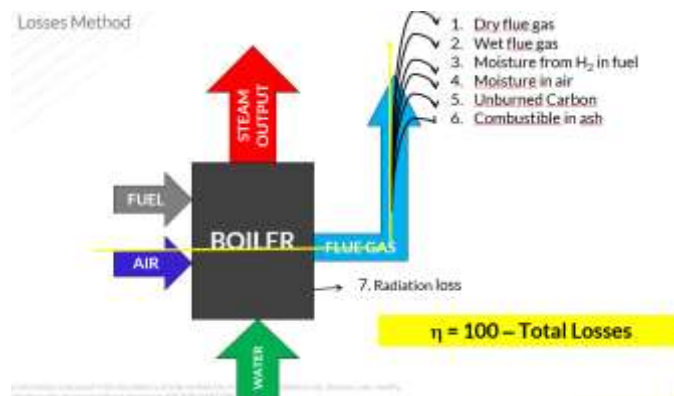
$$Q_{out} = Q_{ms} + Q_{psw} + Q_{rs} + Q_{rsw} + Q_{blw} \dots \dots \dots (3.7)$$

Efisiensi boiler dengan metode *direct* dapat dihitung bila telah mengetahui nilai dari energi input (Q_{in}) dan total dari energi output (Q_{out}) dengan persamaan untuk efisiensi sebagai berikut;

$$\eta = \left(\frac{Q_{out}}{Q_{in}} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.8)$$

3.6.2 Metode *Indirect*

Efisiensi boiler juga dapat dihitung juga dengan metode yang lain yaitu metode *undirect* dimana metode ini diasumsikan bahwa aliran masuk udara dan bahan bakar tidak tercampur dan yang diperhatikan adalah aliran gas buang yang berasal dari boiler menuju ke gas buang yang skema nya dapat dilihat pada gambar 3.13 berikut.



Gambar 3. 13 Skema Metode *Indirect*

Dimana terdapat beberapa parameter yang dihitung yaitu *heat loss* karena *unburned carbon*, *heat loss* karena *exhaust gass*, *heat loss* karena *fuel moisture*, *heat losses* karena *hydrogen*, *heat loss* karena *air moisture*, *heat loss* karena karbon monoksida, dan yang terakhir *heat losses* karena *fly ash sensible*, dan yang selanjutnya adalah perhitungan nilai *credit* atau nilai energi yang dibawah oleh system boiler dan aliran massa yang masuk ke dalam sistem boiler dimana ada dua variable yaitu *credit due to entering dry air* dan selanjutnya *credit due to moisture in entering air*. Setelah semua variable dihitung maka perhitungan untuk efisiensi boiler dengan *direct method* adalah

$$\eta = \frac{output}{input} = \frac{(input - heat\ Loss + Credit)}{input} \dots \dots \dots (3.8)$$

Variable pendukung lain yaitu beberapa losses yang sudah disebutkan di atas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

a. *Heat loss karena unburned carbon*

Heat loss ini dapat terjadi karena adanya karbon dalam bahan bakar yang tidak terbakar di dalam boiler. Karbon yang tidak terbakar tersebut masih ada dalam sisa-sisa seperti abu dasar (bottom ash) dan abu terbang (fly ash). Dinamakan sebagai kerugian karena karbon yang tidak terbakar seharusnya sudah terbakar di dalam tungku atau ruang pembakaran, dan menjadi sumber energi panas untuk menghasilkan uap. *Heat loss* karena *unburned carbon* (Luc) dipengaruhi oleh dua variable, yaitu Mean *Unburned carbon* (Hdp) dan Weight of total dry refuse (Wdp). Berikut merupakan perumusan yang digunakan dalam *Heat loss* karena *unburned carbon* (Luc)

$$Luc = 33727 \times Wdp \times Hdp \dots \dots \dots (3.9)$$

Nilai Mean *Unburned carbon* (Hdp) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut,

$$Hdp = \frac{0.01 \times Cs}{100 - Cs} + \frac{0.85 \times Cf}{100 - Cf} + \frac{0.1 \times Cah}{100 - Cah} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dengan

C_s = Carbon Content Of refuse (%)

C_f = Carbon Content of fly Ash (%)

C_{ah} = Carbon of Eco reduce (%)

Weight of total dry refuse (Wdp) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut,

$$Wdp = \frac{0.01 \times Aar}{1 - Hdp} \dots \dots \dots (3.11)$$

Dengan

A_{ar} = Ash Content (%)

Hdp = Mean unburn Carbon (kg/kg)

b. *Heat loss* karena *Exhaust* gas

Heat loss karena *Exhaust* Gas adalah hasil dari gas buangan kering yang keluar dari sistem boiler dan masih membawa panas. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam boiler, seharusnya bisa digunakan untuk memanaskan uap yang terbawa oleh gas buangan kering tersebut. Jenis *Heat loss* karena *Exhaust* Gas dipengaruhi oleh Temperatur air outlet heater, dry gas flow, dan lain – lain. Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan :

$$LG = Wg \times Cpg \times (Tg - Tr).....(3.12)$$

Dengan

W_g = Dry Gas Flow at Leaving Air heater (kg/kg)

C_{pg} = Spesific Heat gas at reference temperature (kJ/kg)

T_g = Air heater Outlet Gas Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

T_r = Refrence Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

Pada Dry gas flow pada outlet *air heater* (W_g) dipengaruhi oleh kandungan gas CO_2 , O_2 , N_2 , dan CO . Selain itu, *weight of carbon* (C_b) merupakan variabel penting yang mana dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$C_b = 0,01 \times C_{ar} - W_{dp} \times H_{dp}.....(3.13)$$

Dimana

C_{ar} = Carbon (%)

W_{dp} = Weight of total dry refuse (kg/kg)

H_{dp} = Mean Unburned carbon content (kg/kg)

Semua variable sudah ditemukan maka nilai *Dry gas flow* pada outlet *air heater* (W_g) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_g = \frac{44,01 \times \text{CO}_2 + 32 \times \text{O}_2 + 28,02 \times \text{N}_2 + 28,01 \text{ CO}}{12,01 \times (\text{CO}_2 + \text{CO})} \times (C_b + \frac{0,1201 \times S_y}{32,07}).....(3.14)$$

c. *Heat loss karena fuel moisture*

Heat loss ini dapat terjadi karena hasil dari air yang terkandung dalam bahan bakar dan menyerap panas saat pembakaran, lalu keluar dari sistem dalam bentuk uap. Uap yang berasal dari air dalam bahan bakar yang keluar dari sistem masih membawa energi panas sehingga energi panas yang seharusnya untuk membakar bahan bakar digunakan untuk membakar air yang terkandung dalam bahan bakar terlebih dahulu. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut,

$$Lmf = 0,01 \times War \times (Hg - Hrv).....(3.15)$$

Dengan

W_{ar} = Moisture content (%)

H_g = Enthalphy of steam at AH outlet gas (kJ/kg)

H_{rv} = Enthalphy of water at refrence temperature (kJ/kg)

d. *Heat loss karena hydrogen*

Heat loss karena hydrogen disebabkan oleh kerugian karena penguapan air dari hasil reaksi pembakaran *hydrogen* dimana pada boiler pembakaran memerlukan oksigen. Hal ini dapat menyebabkan reaksi dengan Hidrogen sehingga terbentuk H₂O (air). Air tersebut menyerap energi dari panas pembakaran dan berbuah fase menjadi uap yang kemudian keluar dari sistem boiler dan masih membawa panas. Persamaan yang digunakan sebagai berikut,

$$LH = \frac{8,963 \times Har \times (Hg - Hrv)}{100}.....(3.16)$$

Dengan,

H_{ar} = Hydrogen Content (%)

H_g = Enthalphy of steam at AH outlet gas (kj/kg)

H_{rv} = Enthalphy of water at refrence temperature (kJ/kg)

e. *Heat loss karena Air moisture*

Pada *heat loss* jenis ini dapat terjadi karena rugi rugi dari uap air dalam *secondary* atau *primary air*. Uap air menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan ketika keluar sistem, uap masih membawa energi panas. Energi panas yang terbawa keluar sistem *boiler* inilah yang disebut *moisture in air loss*. Adapun *Air moisture* dipengaruhi oleh *Weight of moisture in air* dan *Weight of dry air*. Berikut merupakan persamaan yang digunakan,

$$L_{ma} = W_{ma} \times W_a \times (H_g - H_r) \dots \dots \dots (3.17)$$

Dimana

W_{ma} = *Weight of moisture in air* (kg/kg)

W_a = *Weight of dry air* (kg/kg)

H_g = *Entalphy of steam at AH outlet gas* (kJ/kg)

H_r = *Entalphy of refrence tempratur air* (kJ/kg)

Dalam mencari nilai *heat loss* karena *air moisture* dibutuhkan variabel *weight of moisture in air* (W_{ma}) dan *Weight of dry air* (W_a). Nilai *weight of moisture in air* (W_{ma}) sendiri didapat dari perumusan sebagai berikut:

$$W_{ma} = \frac{(0,622 \times \theta \times P_s)}{100 \times P_a - \theta \times P_s} \dots \dots \dots (3.18)$$

θ = *Relative Humidity* (%)

P_s = *Partial Pressure of Saturated Vapor* (psi)

P_a = *Atmospheric Pressure* (psi)

Nilai *weight of dry air* (W_a) didapat dengan perumusan sebagai berikut:

$$W_a = \frac{28,02 \times N_2 \times \left(C_b + \frac{0,1201 \times S_y}{32,07} \right) - 0,1201 \times N_y \times (C_o + CO_2)}{0,7685 \times 12,01 \times (CO_2 + CO)} \dots \dots \dots (3.19)$$

Dengan,

CO_2 = *Carbon dioxide Content at outlet Air Heater* (%)

O_2 = *Oxygen Content at outlet Air Heater* (%)

N_2 = Nitrogen Oxide Content at outlet Air Heater (%)

CO = Carbon Monoxide Content at outlet Air Heater (%)

N_y = Nitrogen Content (%)

S_y = Sulfur Content (%)

f. *Heat loss* karena karbon monoksida

Pembakaran batubara dengan udara pada *boiler* terdapat gas buang berupa karbon monoksida. Pembakaran yang tidak sempurna dapat menimbulkan gas karbon monoksida. Oleh karena itu, pembakaran tidak sempurna dapat dikatakan sebagai kerugian panas. Terdapat dua variabel yang perlu diperhatikan yaitu kadar CO dan CO₂ pada gas buang. Berikut merupakan persamaan yang digunakan pada *Heat loss* karena karbon monoksida

$$L_{CO} = \frac{23632 \times C_b \times CO}{CO_2 + CO} \dots\dots\dots(3.20)$$

Dimana

CO_2 = Carbon dioxide Content at outlet Air heater (%)

CO = Carbon Monoxide Content at outlet Air heater (%)

C_b = Weight of Carbon Burned (kg/kg)

g. *Heat loss* karena *fly ash* sensible

Pembakaran batu bara pada boiler akan menghasilkan *bottom ash* dan *fly ash*, *fly ash* yang sangat halus akan ditangkap oleh electrostatic precipitator (ESP). Oleh karena itu, pembakaran yang menghasilkan banyak *fly ash* merupakan indikator terdapat kalor terbang pada saat pembakaran. Jenis *Heat loss* ini dipengaruhi oleh *flow rate* dari batu bara dan jenis batu bara yang digunakan, adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$L_d = 0,9 \times \frac{T_g - T_r}{W_{fc}} \times W_{dp} \dots\dots\dots(3.21)$$

Dimana

T_g = Air heater outlet gas temperature (°C)

T_r = Refrence Temperature (°C)

W_{fc} = Coal flow (ton/h)

W_{dp} = Weight of total dry refuse (kg/kg)

Selain itu, terdapat nilai lain yaitu nilai *Credit* yaitu energi yang ditransfer ke dalam system boiler dari aliran massa yang masuk kedalam sistem boiler (kecuali energi dari bahan bakar). Terdapat beberapa jenis *Credit* antara lain *Credit due to entering dry air* dan *Credit due to Moisture in Entering Air*.

a. *Credit Due to entering Dry air*

Credit ini terjadi karena *dry air*/udara kering masuk ke dalam boiler boundary. *Dry air* yang dimaksud berasal dari primary air dan secondary air yang digunakan untuk pembakaran ataupun apabila ada udara tambahan yang masuk ke boiler. Udara kering ini membawa energi. Dalam kajian perhitungan *Credit* karena *Entering Dry air* dipengaruhi oleh dua variabel yaitu *weight of dry air* dan Entalpi Inlet Air heater. Perumusan *weight of dry air* dijelaskan sebagai berikut sebagai berikut :

$$Da = (1 + \frac{X_{pa}}{100}) \times Ta \dots \dots \dots (3.22)$$

Dengan

D_A = Weight of dry air (kg/kg)

X_{pa} = Excess Air (%)

T_a = Weight Theoretical Air (kg/kg)

Adapun entalpi inlet *air heater* tergantung dari temperature inlet *air heater*. Apabila kedua variable tersebut telah dihitung maka perhitungan untuk mencari *credit* karena *Entering Air* dapat diitung dengan perumusan sebagai berikut

$$Bah = Hah \times Da \dots \dots \dots (3.23)$$

Dengan,

B_{ah} = Entering Air heater Credit (kJ/kg)

H_{ah} = Entalpi Inlet Air heater (kJ/kg)

D_A = Weight of dry air (kg/kg)

b. *Credit Due to Moisture in Entering Air*

Credit due to moisture in entering air adalah energi yang dibawa oleh *moisture*/uap air yang terkandung dari udara yang masuk ke dalam sistem boiler. Udara terdiri dari udara kering dan *moisture*. *Credit* karena *moisture entering air* dapat dihitung dengan perumusan yang berbeda. Pada metode ini perlu diperhatikan beberapa parameter seperti *Partial pressure of water vapor in air*, *Absolute humidity*, dan *Mositure In Air*. Berikut merupakan perumusan yang digunakan dalam mencari *Partial pressure of water vapor in air* :

$$A\phi = 0,01 \times \phi \times P_s \dots \dots \dots (3.24)$$

Dimana

$A\phi$ = partial pressure of water vapor in air (psia)

ϕ = Relative Humidity (%)

P_s = Saturation Pressure of water vapor in air (psia)

Adapun perhitungan *credit* karena *Moisture Entering Air* adalah menentukan *Absolute humidity* dengan perumusan sebagai berikut:

$$H_{absolute} = 0,622 \times \frac{A\phi}{(P_{baro} - A\phi)} \dots \dots \dots (3.25)$$

Dimana

$H_{absolute}$ = Absolute Humidity (kJ/kg)

$A\phi$ = Partial pressure of water vapor in air (psia)

P_{baro} = Barometric pressure (psia)

Moisture in air merupakan perkalian dari *absolute humidity* dengan *weight of dry air* yang telah dicari pada perhitungan *credit* karena *entering air* sehingga dengan mudah dikalkulasi sebagai berikut:

$$Ba = H_{absolute} \times Da \dots \dots \dots (3.26)$$

Temperatur dari *dry vapor* at *AH inlet air* mempengaruhi dari perhitungan *credit* karena *Moisture Entering Air* with inlet *Air heater*. Hal ini berhubungan dengan nilai entalpi dari *dry vapor* at *AH inlet air*. Dengan demikian *credit* karena *Moisture Entering Air* dapat dirumuskan sebagai berikut

$$Bma = H_{vh} \times Ba \dots \dots \dots (3.27)$$

3.7 Turbine Heat Rate

Performa dari suatu turbin dapat diidentifikasi dari nilai *Turbin heat rate*, *Turbin Heat Rate* merupakan jumlah energi panas yang diperlukan untuk menghasilkan 1 kWh listrik, diukur dalam satuan kcal/kWh, ini mencerminkan perbandingan antara total energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin dengan energi listrik yang dihasilkan oleh generator, diungkapkan dalam kJ/kWh. *Turbin heat rate* dipengaruhi oleh beberapa parameter penting yaitu, flow steam, feed water, dan spray water, perumusan *Turbin heat rate* sebagai berikut:

$$THR = \frac{(Gms \cdot Hms - Gfw \cdot Hfw + Ghrsh \cdot Hrsh - Hcrsc \cdot Gcrsc - Gshs \cdot Hshs - Grsh \cdot Hrsh)}{Pgro} \dots \dots \dots (3.28)$$

dengan

Pgro : Output daya elektrik dari terminal generator (KW)

Gms : Main Steam Flow (Kg/h)

Hms : Entalpi dari Main Steam (Kcal/Kg)

Gfw : Final Feed Water Flow (Kg/h)

Hfw : Entalpi dari Final Feed water (Kcal/Kg)

Ghrsh : Hot Reheat Steam Flow (Kg/h)

Hhrsh : Entalpi dari Hot Reheat Steam (Kcal/Kg)

Gcrsc : Cooler Reheat Steam Flow (Kg/h)

Hcrsc : Entalpi dari Cooler Reheat Steam (Kcal/Kg)

Grsh : Reheater Spray Water Flow (Kg/h)

Hrsh : Entalpi dari Reheater Spray Water Flow (Kcal/kg)

3.8 Plant heat rate (PHR)

Plant heat rate merupakan metode perhitungan kinerja sebuah pembangkit yang menggunakan data-parameter dari bagian boiler, turbin, dan generator. *Plant heat rate* memberikan indikasi tentang tingkat efisiensi keseluruhan pembangkit. Oleh karena itu jika efisiensi suatu pembangkit mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi awal yang bersih, langkah pertama adalah mengidentifikasi sumber penurunan efisiensi, apakah berasal dari boiler, turbin ataupun generator *plant heat rate* merupakan gambaran banyaknya energi yang dibutuhkan (bahan bakar) pada setiap energi yang dihasilkan. Oleh karena itu satuan yang bisa digunakan adalah Kcal/kWh. Terdapat dua jenis *Plant heat rate* yaitu *Gross Plant heat rate* (GPHR) dan *Net plant heat rate* (NPHR), Perbedaan NPHR dan GPHR adalah pertimbangan pemakaian sendiri (*auxiliary power*) perumusan yang digunakan dalam NPHR adalah sebagai berikut

$$NPHR = THR \times \frac{100}{\eta_{boiler}} \times \frac{P_{gross}}{P_{net}} \dots\dots\dots(3.29)$$

dengan,

NPHR = *Net plant heat rate* (Kcal/Kwh)

THR = *Turbine Heat Rate* (Kcal/Kwh)

P_{gross} = Daya kotor yang dihasilkan pembangkit (Kw)

P_{net} = Daya bersih yang dihasilkan suatu pembangkit (Kw)

BAB IV METODE PELAKSANAAN

4.1 Pelaksanaan Praktik Kerja

Tabel 4.1 menunjukkan kegiatan yang dilakukan selama melaksanakan praktik kerja lapangan di PT. PLN “Nusantara Power” pada tanggal 04 Agustus 2024 – 03 September 2024.

Tabel 4.1 Tabel Logbook PKL

No	Tanggal	Jenis Kegiatan
1	05 Agustus 2024	KKN Tematik Bela Negara
2	06 Agustus 2024	KKN Tematik Bela Negara
3	07 Agustus 2024	KKN Tematik Bela Negara
4	08 Agustus 2024	KKN Tematik Bela Negara
5	09 Agustus 2024	KKN Tematik Bela Negara
6	12 Agustus 2024	Literatur Materi Pembangkit dan safety inductin
7	13 Agustus 2024	Pembahasan dan Overview CCR pada unit 1 dan 2
8	14 Agustus 2024	Pembahan dan overview turbin unit 1 dan 2
9	15 Agustus 2024	Preparasi batu bara
10	16 Agustus 2024	Pembahasan tentang sistem kerja HPH dan LPH
11	19 Agustus 2024	Mempelajari dan memahami bentuk <i>Coal Feeder</i> dan <i>Mill Coal</i>
12	20 Agustus 2024	Overview dan memahami proses <i>unloading</i> dan <i>loading</i> batu bara
13	21 Agustus 2024	Mempelajari dan Memahami sistem kerja <i>Daerator</i> dan Kerusakan Pada Sundu tetap turbin
14	22 Agustus 2024	Melihat dan memahami Proses Penyaringan Oli untuk <i>main trafo</i> dan proses <i>overhaul CFP</i> (<i>Condensor Feed Pump</i>)
15	23 Agustus 2024	Mempelajari dan Memahami Sistem kerja di Ruang Kontrol <i>Fly ash</i> dan <i>Bottom ash</i>

16	26 Agustus 2024	Mengunjungi dan mempelajari Berbagai macam Alat test untuk Pengujian Bahan Bakar di Laboratorium
17	27 Agustus 2024	Memahami dan melihat proses Overhaul dari dalam Boiler
18	28 Agustus 2024	Mempelajari dan memahami sistem kerja dari Steam Drum
19	29 Agustus 2024	Mengikuti dan mempelajari cara dari Performance Test Pembangkit
20	30 Agustus 2024	Mengunjungi dan Memahami Sistem Kerja dari CHCB (<i>Coal Handling Control Building</i>)
21	02 September 2024	Memahami dan melihat alat alat pada <i>Transfer Tower</i> dan <i>Transfer house</i>
22	03 September 2024	Presentasi dan Penyelesaian Tugas

4.2 Metode Pengambil Data

Praktik kerja Lapangan dilakukan di PT. Pembangkit Listrik Negara “Nusantara Power” (PLN NP) pada tanggal 04 Agustus sampai dengan 03 September 2024, Praktik Kerja dilaksanakan secara offline di fungsi Randal Operasi, Saat melakukan Praktik Kerja Lapangan, dilakukan pengumpulan data terkait tugas khusus melalui:

1. Diskusi

Melakukan diskusi secara langsung baik kepada dosen pembimbing, operator unit, maupun pembimbing lapangan yang ditunjuk oleh PT. PLN “Nusantara Power” Unit Pembangkit Paiton serta pihak terkait.

2. Studi Literatur

Studi literature merupakan metode penelitian yang melibatkan pengumpulan dan analisis sumber tertulis untuk mempelajari topik tertentu, mengembangkan argument, membandingkan perspektif, mengevaluasi bukti, dan mensintesis informasi.

3. Wawancara

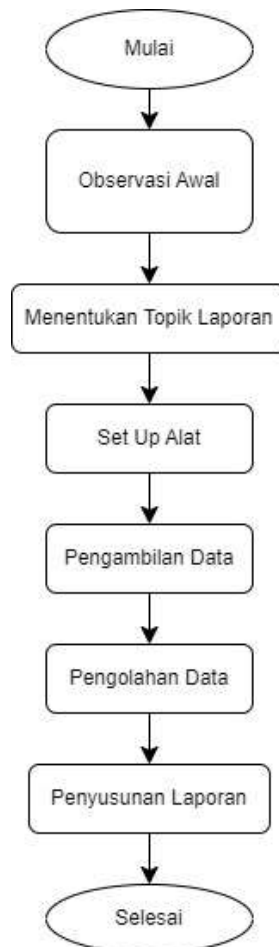
Metode penelitian ini melibatkan diskusi antara sesama mahasiswa, mentor lapangan, operator unit, dan dosen pembimbing, yang dapat berupa tanya jawab dan penjelasan dari narasumber terkait saat praktik kerja lapangan.

4. Observasi

Observasi melibatkan pengamatan secara langsung terhadap objek di sekitar kita, baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini memungkinkan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang lingkungan dan fenomena yang diamati

4.3 Skema Pengambilan Data

Gambar (4.1) merupakan diagram alir pada saat melaksanakan praktik kerja lapangan di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Paiton.



Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan Data

BAB V HASIL PEMBAHASAN

5.1 Data Kandungan Bahan Bakar

Penggunaan data yang akan dibandingkan adalah hasil dari pencampuran dari tiga bahan bakar yang digunakan dalam pembangkit yaitu bahan bakar batu bara yang mempunyai dua jenis kualitas yaitu MRC (*Medium rank coal*) dan LRC (*Low rank coal*) dan Sawdut atau bisa disebut Biomassa, setiap bahan bakar yang digunakan mempunyai nilai Kalori yang bisa disebut dengan dan beberapa nilai kandungan sendiri, dan untuk data yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

a. LRC

Tabel 5.1 Kandungan dari bahan bakar LRC

LRC (<i>Low rank coal</i>)	
Proximate Analysis	
Volatile (%)	31,22
Fixed Carbon (%)	29,38
Ultimate Analysis	
Carbon (AR) (%)	45,38
Hydrogen (AR) (%)	3,38
Nitrogen (AR) (%)	0,64
Sulfur (AR) (%)	0,14
Oxygen (AR) (%)	11,58
Ash (AR) (%)	3,32
Total Moisture (AR) (%)	35.63
Total Content (%)	100
HHV (Kcal/g)	4336

b. MRC

Tabel 5.2 Kandungan Bahan bakar MRC

MRC (<i>Medium rank coal</i>)	
Proximate Analysis	
Volatile (%)	33,01
Fixed Carbon (%)	34,22
Ultimate Analysis	
Carbon (AR) (%)	50,09
<i>Hydrogen</i> (AR) (%)	3,75
Nitrogen (AR) (%)	0,86
Sulfur (AR) (%)	0,38
Oxygen (AR) (%)	12,15
Ash (AR) (%)	4,52
Total <i>Moisture</i> (AR) (%)	28,25
Total Content (%)	100
HHV (Kcal/g)	4743
<i>Coal flow</i> (T/h)	207.48

c. Sawdust

Tabel 5.3 Kandungan Bahan Bakar Sawdust

Sawdust	
Proximate Analysis	
Volatile (%)	
Fixed Carbon (%)	
Ultimate Analysis	
Carbon (AR) (%)	28,06
<i>Hydrogen</i> (AR) (%)	3,17
Nitrogen (AR) (%)	0,15
Sulfur (AR) (%)	0,07
Oxygen (AR) (%)	24,8

Ash (AR) (%)	
Total Moisture (AR) (%)	35.92
Total Content (%)	100
HHV (Kcal/g)	2990

5.2 Hasil Coal blending

Data yang diberikan di atas merupakan data hasil analisa laboratorium dari bahan bakar yang ada, dan kemudian dilakukan pendekatan secara analitik untuk menghitung berapa nilai karbon karbon yang ada di setiap bahan bakar dengan perbandingan untuk pencampuran bahan bakar sebanyak 3 sample yaitu; 55 % LRC + 40% MRC + 5% *Sawdust*, Sampel ke dua sebesar 75% LRC+ 20% MRC+ 5% *Sawdust* dan untuk sample terakhir sebesar 80% LRC + 20% MRC, dan sebagai salah satu contoh perhitungan untuk Komposisi 55% LRC + 40% MRC + 5% *Sawdust* dapat dilihat sebagai berikut :

$$\%C = (55\% \times 45,38 \%wt) + (40\% \times 50,09 \%wt) + (5\% \times 28,06 \%wt)$$

$$\%C = 46,38 \%wt$$

$$\%H = (55\% \times 3,38 \%wt) + (40\% \times 3,75 \%wt) + (5\% \times 3,17 \%wt)$$

$$\%H = 3,51 \%wt$$

$$\%O = (55\% \times 11,58 \%wt) + (40\% \times 12,15 \%wt) + (5\% \times 24,8 \%wt)$$

$$\%O = 12,46 \%wt$$

$$\%N = (55\% \times 0,64 \%wt) + (40\% \times 0,86 \%wt) + (5\% \times 0,15 \%wt)$$

$$\%N = 0,73 \%wt$$

$$\%S = (55\% \times 0,14 \%wt) + (40\% \times 0,38 \%wt) + (5\% \times 0,07 \%wt)$$

$$\%S = 0,23 \%wt$$

$$\begin{aligned} HHV &= (55\% \times 4336 \text{ Kcal/Kg}) + (40\% \times 4743 \text{ Kcal/kg}) \\ &+ (5\% \times 2990 \text{ Kcal/Kg}) \end{aligned}$$

$$HHV = 4431 \text{ Kcal/Kg}$$

Dan dibutuhkan data *Coal flow* sebagai salah satu variable dari perhitungan efisiensi, sedangkan hanya terdapat data *Coal flow* pada variasi blending dengan komposisi 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust*, oleh karena itu diperlukan pendekatan untuk mendapatkan besar *Coal flow* dari variasi komposisi bahan bakar lainnya, Berikut adalah contoh perhitungan *Coal flow* untuk variasi komposisi bahan bakar 55% LRC + 40% MRC +5% *Sawdust*.

$$Coal\ Flow\ dicari = HHV\ diketahui \times \frac{Coal\ Flow\ diketahui}{HHV\ dicari}$$

$$Coal\ Flow\ dicari = 4350.1\ Kcal/Kg \times \frac{207.48\ (t/h)}{4431.5\ Kcal/Kg}$$

$$Coal\ Flow\ (55\% LRC + 40\% MRC + 5\% Sawdust = 203.669\ (t/h)$$

Variasi komposisi bahan bakar untuk variasi lainya dapat disajikian dalam bentuk tabel seperti dibawah ini.

a. 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust*

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan HHV 75 % LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust*

No	Nama Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Kadar Karbon	%C	46,38	%wt
2	Kadar Hidrogen	%H	3,51	%wt
3	Kadar Oksigen	%O	12,46	%wt
4	Kadar Nitrogen	%N	0,70	%wt
5	Kadar Sulfur	%S	0,23	%wt
6	<i>Coal flow</i>	-	207,49	t/hr
7	Higher Heating value	HHV	4431,5	Kcal/kg
			18541,4	Kj/kg

b. 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust

Tabel 5.5 Tabel hasil perhitungan HHV 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust

No	Nama Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Kadar Karbon	%C	45,05	%wt
2	Kadar Hidrogen	%H	3,44	%wt
3	Kadar Oksigen	%O	12,35	%wt
4	Kadar Nitrogen	%N	0,65	%wt
5	Kadar Sulfur	%S	0,18	%wt
6	<i>Coal flow</i>	-	203.66	t/hr
7	Higher Heating value	HHV	4350	Kcal/kg
			18200,8	Kj/kg

c. 80% LRC + 20% MRC

Tabel 5.6 Tabel Perhitungan HHV 80% LRC + 20% MRC

No	Nama Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Kadar Karbon	%C	46,32	%wt
2	Kadar Hidrogen	%H	3,45	%wt
3	Kadar Oksigen	%O	11,69	%wt
4	Kadar Nitrogen	%N	0,68	%wt
5	Kadar Sulfur	%S	0,18	%wt
6	<i>Coal flow</i>	-	204,319	t/hr
7	Higher Heating value	HHV	4417,4	Kcal/kg
			18482,4	Kj/kg

5.3 Perhitungan efisiensi Boiler pada Unit Pmebangkit

Data data yang sudah didapat dan diolah akan dilanjut ke proses perhitungan efisiensi Boiler dimana terdapat dua jenis perhitungan yaitu metode *direct* dan metode *undirect* sesuai dengan acuan yang digunakan yaitu ASME PTC 4-2013 Fired Steam Generators Performance Test Code .

5.3.1 Metode *Direct*

5.3.1.1 Perhitungan nilai total input

Parameter yang digunakan untuk perhitungan dari nilai total input (Q_{in}) yaitu *Coal flow* dan Juga *High heating value* dan dari 3 sampel yang sudah nilai total input dapat dihitung dengan rumus persamaan pada (3.1) dan disajikan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 5.7 Tabel nilai Q_{in} 75% LRC + 20% MRC + 5% Sawdust

75% LRC + 20 % MRC + 5% Sawdust				
No	Parameter	Symbol	Unit	Result
1	<i>Coal flow</i>	Mcoal	Kg/s	57.63
2	<i>High heating value</i>	HHV	Kcal/kg	4431
			Kj/kg	18541,39
3	Energi Input	Q_{in}	Kj/s	1048983,95

Tabel 5.8 Tabel nilai Q_{in} 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust

55% LRC + 40%MRC + 5% Sawdust				
No	Parameter	Symbol	Unit	Result
1	<i>Coal flow</i>	Mcoal	Kg/s	56.57
2	<i>High heating value</i>	HHV	Kcal/kg	4350
			Kj/kg	18200,81
3	Energi Input	Q_{in}	Kj/s	1048983,95

Tabel 5.9 Tabel Perhitungan Q_{in} 80% LRC + 20% MRC

80% LRC + 20% MRC				
No	Parameter	Symbol	Unit	Result
1	<i>Coal flow</i>	Mcoal	Kg/s	56.75
2	<i>High heating value</i>	HHV	Kcal/kg	4417,4
			Kj/kg	18482,40
3	Energi Input	Q_{in}	Kj/s	1048983,95

5.3.1.2 Perhitungan nilai total output

Nilai total Output Terdiri dari beberapa variable yang dihitung dengan detail perhitungan untuk salah satu variasi komposisi bahan bakar yaitu 75% LRC + 20% MRC + 5% Sawdust yang kemudian akan disajikan tabel untuk perhitungan variasi lainnya.

a. *Energy Supply to main steam (Qms)*

$$Qms = (mms - mpsw) * (hms - hfw)$$

$$Qms = (315,22 \text{ kg/s} - 10,41 \text{ kg/s}) * (3397,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 1104,77 \text{ kJ/kg})$$

$$Qms = 698972,0034 \text{ kJ/s}$$

b. *Energy Supply to Sh Spray Water (Qpsw)*

$$Qpsw = (mpsw * (hms - hpsw))$$

$$Qpsw = (10,41 \text{ kg/s} * (3397,91 \text{ kJ/kg} - 665,27 \text{ kJ/kg}))$$

$$Qpsw = 28446,7824 \text{ kJ/s}$$

c. *Energy Supply to reheat steam (Qrs)*

$$Qrs = (mrs * (hrso - hrsi))$$

$$Qrs = (258,07 \text{ kg/s} * (3543,5 \text{ kJ/kg} - 3069,99 \text{ kJ/kg}))$$

$$Qrs = 122198,7257 \text{ kJ/kg}$$

d. *Energy Supply to reheat Spray Water (Qrsw)*

$$Qrsw = (mrsw * (hrsi - hrsw))$$

$$Qrsw = (19,45 \text{ kg/s} * (3069,99 \text{ kJ/kg} - 665,27 \text{ kJ/kg}))$$

$$Qrsw = 46771,804 \text{ kJ/kg}$$

e. *Energy Supply to blowdown (Qblw)*

$$Qblw = (mblw * (hblw - hfw))$$

$$Q_{blw} = (0,42 \text{ kg/s} * (1728,81 \text{ kJ/kg} - 1104,77 \text{ kJ/kg}))$$

$$Q_{blw} = 262,0968 \text{ kJ/kg}$$

f Total energi Output

$$Q_{out} = Q_{ms} + Q_{psw} + Q_{rs} + Q_{rsw} + Q_{blw}$$

$$Q_{out} = 698972,0034 \text{ kJ/s} + 28446,7824 \text{ kJ/s} + 122198,7257 \text{ kJ/kg} \\ + 46771,804 \text{ kJ/kg} + 262,0968 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{out} = 896651,4123 \text{ kJ/kg}$$

Variasi komposisi bahan bakar dari sample kedua dan ketiga untuk perhitungan nilai total output dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.10 Tabel Perhitungan Qout 55% LRC + 40% MRC + 5%Sawdust

55% LRC + 40%MRC + 5% Sawdust		
Symbol	Hasil	Units
Qms	731487,24	kJ/s
Qpsw	31034,29	kJ/s
Qrs	135109,47	kJ/s
Qrsw	27362,5156	kJ/s
Qblw	258,0438	kJ/s
Qout	925251,5785	kJ/s

Tabel 5. 11 Tabel Perhitungan Qout 80% LRC + 20% MRC

80% LRC + 20%MRC		
Symbol	Hasil	Units
Qms	711886,43	kJ/s
Qpsw	37947,22	kJ/s
Qrs	132799,94	kJ/s
Qrsw	32444,7312	kJ/s
Qblw	214,8545	kJ/s

Qout	915293,1833	kJ/s
------	-------------	------

5.3.1.2 Perhitungan total efisiensi Boiler

Efisiensi Boiler dengan metode *direct*, setelah mendapatkan berbagai macam data di atas dan diolah sehingga mendapatkan variabel yang dibutuhkan untuk menghitung efisiensi boiler sesuai dengan acuan yang digunakan, dan untuk hasil perhitungan efisiensi boiler untuk detail perhitungan contoh salah satu variabel komposisi yaitu 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* dapat dilihat seperti rumus dibawah dan selanjutnya akan disajikan data untuk hasil efisiensi dari variabel komposisi lainnya

$$\eta = \left(\frac{Q_{out}}{Q_{in}} \right) \times 100$$

$$\eta = \left(\frac{896651,4123 \text{ kJ/kg}}{1048983,95 \text{ kJ/kg}} \right) \times 100$$

$$\eta = 85,47 \%$$

Tabel 5.12 Tabel Efisiensi Metode Direct 55%LRC + 40% MRC + 5% sawdust

55% LRC + 40% MRC +5% <i>Sawdust</i>		
Qin	1048983,95	kJ/kg
Qout	925251,5785	kJ/kg
Efisiensi Boiler	86,58	%

Tabel 5. 13 Total Efisiensi MetodeDirect 80% LRC + 20% MRC

80% LRC + 20% MRC		
Qin	1048983,95	kJ/kg
Qout	915293,1833	kJ/kg
Efisiensi Boiler	87,25	%

5.3.2 Metode *Indirect*

Metode *Indirect* merupakan metode yang dilakukan dengan menghitung losses atau gas buang dari boiler dengan acuan yang sama yaitu *ASME PTC 4-2013 Fired Steam Generators Performance Test Code*, dengan acuan rumus yang sudah disebutkan diatas dan perhitungan tiap losses untuk salah satu variasi komposisi bahan bakar yaitu 75%LRC + 20% MRC + 5% sawdust adalah sebagai berikut

5.3.2.1 Heat loss karena unburned carbon

Adapun perhitungan *Heat loss* karena *unburned carbon* adalah sebagai berikut:

$$Wdp = \frac{0.01 \times Aar}{1 - Hdp}$$

$$Wdp = \frac{0.01 \times 3,17 \%}{1 - 0,004908 \text{ kg/kg}}$$

$$Wdp = 0,031856 \text{ kg/kg}$$

$$Hdp = \frac{0.01 \times Cs}{100 - Cs} + \frac{0,85 \times Cf}{100 - Cf} + \frac{0,1 \times Cah}{100 - Cah}$$

$$Hdp = \frac{0.01 \times 4,35 \text{ wt}\%}{100 - 4,35 \text{ wt}\%} + \frac{0,85 \times 0,04 \text{ wt}\%}{100 - 0,04 \text{ wt}\%} + \frac{0,1 \times 0,02 \text{ wt}\%}{100 - 0,02 \text{ wt}\%}$$

$$Hdp = 0,004908 \text{ kg/kg}$$

Setelah didapat dua nilai yaitu Mean *Unburned carbon* (Hdp) dan weight of total dry refuse (Wdp) maka nilai *Heat loss* karena *Unburned carbon* menjadi

$$Luc = 33727 \times Wdp \times Hdp$$

$$Luc = 33727 \times 0,031856 \text{ kg/kg} \times 0,004908 \text{ kg/kg}$$

$$Luc = 5,27321 \text{ kJ/kg}$$

5.3.2.2 Heat loss karena Exhaust Gas

Heat losess karena *exhaust* gas dapat dihitung bila sudah menemukan beberapa variable yang ditentukan sebagai perhitungan untuk losses dan untuk variabel pertama adalah weight of carbon (Cb) kemudian selanjutnya adalah

perhitungan untuk *Dry gas flow at leaving air heater* (W_g) yang perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$C_b = 0,01 \times C_{ar} - W_{dp} \times H_{dp}$$

$$C_b = 0,01 \times 42,262 \text{ wt\%} - 0,03185 \text{ kg/kg} \times 0,004908 \text{ kg/kg}$$

$$C_b = 0,422464 \text{ kg/kg}$$

$$W_g = \frac{44,01 \times CO_2 + 32 \times O_2 + 28,02 \times N_2 + 28,01 \times CO}{12,01 \times (CO_2 + CO)} \times \left(C_b + \frac{0,1201 \times S_y}{32,07} \right)$$

$$W_g = \frac{44,01 \times 13,43\% + 32 \times 5,23\% + 28,02 \times 1,54\% + 28,01 \times 0,01035\%}{12,01 \times (13,43\% + 0,01035\%)} \times \left(0,422464 \text{ kg/kg} + \frac{0,1201 \times 0,238\%}{32,07} \right)$$

$$W_g = 2,103037 \text{ kg/kg}$$

$$LG = W_g \times C_{pg} \times (T_g - T_r)$$

$$LG = 2,103037 \text{ kg/kg} \times 1,003 \text{ C} \times (168,56 \text{ C} - 35,56 \text{ C})$$

$$LG = 280,5404 \text{ kJ/kg}$$

5.3.2.3 Heat loss karena *fuel moisture*

Heat loss karena *fuel moisture* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$L_{mf} = 0,01 \times W_{ar} \times (H_g - H_{rv})$$

$$L_{mf} = 0,01 \times 36,49\% \times (2818,9 \text{ kJ/kg} - 125,6 \text{ kJ/kg})$$

$$L_{mf} = 982,7852 \text{ kJ/kg}$$

5.3.2.4 Heat loss karena *hydrogen*

Heat loss karena *hydrogen* dapat dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut

$$LH = \frac{8,963 \times Har \times (Hg - Hrv)}{100}$$

$$LH = \frac{8,963 \times 2,91 \% \times (2818,9 \frac{kJ}{kg} - 125,6 kJ/kg)}{100}$$

$$LH = 700,3593 kJ/kg$$

5.3.2.5 Heat loss karena Air moisture

Perhitungan pada Heat losses karena *air moisture* memiliki dua variable yang harus dihitung terlebih dahulu yaitu *weight of moisture in air* (Wma) dan kemudian dilakukan perhitungan untuk *weight of dry air*, dan perhitungan dari dua variabel diatas dapat dilihat pada persamaan di bawah sebagai berikut :

$$Wma = \frac{(0,622 \times \theta \times Ps)}{100 \times Pa - \theta \times Ps}$$

$$Wma = \frac{(0,622 \times 58,22 \% \times 0,42 psi)}{100 \times 14,62 psi - 58,22 \% \times 0,42 psi}$$

$$Wma = 0,01058 kg/kg$$

$$Wa = \frac{28,02 \times N2 \times \left(Cb + \frac{0,1201 \times Sy}{32,07} \right) - 0,1201 \times Ny \times (Co + CO2)}{0,7685 \times 12,01 \times (CO2 + CO)}$$

$$\frac{28,02 \times 81,32\% \times \left(0,422 + \frac{0,1201 \times 0,23\%}{32,07} \right) - 0,1201 \times 0,62\% \times (0,10\% + 13,43\%)}{0,7685 \times 12,01 \times (13,43\% + 0,1035 \%)}$$

$$Wa = 7,7155 kg/kg$$

Setelah perhitungan dua variable diatas telah dihitung maka proses selanjutnya adalah untuk menghitung losses karena *air moisture* dengan persamaan sebagai berikut

$$Lma = Wma \times Wa \times (Hg - Hr)$$

$$Lma = 0,01058 kg/kg \times 7,71557 kg/kg \times (2818,9 kJ/kg - 125,6 kJ/kg)$$

$$Lma = 219,8582 kJ/kg$$

5.3.2.6 Heat loss karena Karbon Monoksida

Heat losses karena karbon monoksida dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_{co} = \frac{23632 \times C_b \times CO}{CO_2 + CO}$$
$$L_{co} = \frac{23632 \times 0,422 \text{ kg/kg} \times 0,1035 \%}{13,43 \% + 0,1035 \%}$$
$$L_{co} = 76,35193 \text{ kJ/kg}$$

5.3.2.7 Heat loss karena fly ash sensible

Heat losses karena fly ash dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

$$L_d = 0,9 \times \frac{T_g - T_r}{W_{fc}} \times W_{dp}$$
$$L_d = 0,9 \times \frac{168,56 \text{ } ^\circ\text{C} - 35,56 \text{ } ^\circ\text{C}}{203,67 \text{ t/h}} \times 0,031856$$
$$L_d = 0,018722$$

5.3.2.8 Total Heat loss

Total Heat losses merupakan variable perhitungan yang dapat dihitung bila semua variable yang ada telah diketahui dan kemudian semua variable di jumlah, dan untuk sample variasi komposisi bahan bakar yang lainnya akan disajikan pada tabel dibawah:

$$Total \text{ Heat loss} = L_{uc} + L_G + L_{mf} + L_H + L_{mA} + L_{co} + L_d$$
$$Total = 5,273218 \text{ kJ/kg} + 280,5404 \text{ kJ/kg} + 982,7852 \text{ kJ/kg}$$
$$+ 700,3593 \text{ kJ/kg} + 219,8582 \text{ kJ/kg}$$
$$+ 76,3519 \text{ kJ/kg} + 0,018722 \text{ kJ/kg}$$
$$Total \text{ Heat loss} = 2930,556 \text{ kJ/kg}$$

Tabel dibawah adalah tabel yang disajikan untuk perhitungan dari losses variasi komposisi bahan bakar untuk komposisi 55 % LRC + 40% MRC + 5% *Sawdust* dan 80 % LRC + 20% MRC sebagai berikut :

Tabel 5. 14 Tabel total Loses 55% LRC + 40% MRC + 5% sawdust

55% LRC + 40% MRC + 5% <i>Sawdust</i>		
Symbol	Hasil	Units
Luc	14,89269	(kJ/kg)
LG	951,118	(kJ/kg)
Lmf	924,695	(kJ/kg)
LH	708,5417	(kJ/kg)
LmA	203,0309	(kJ/kg)
Lco	7,232103	(kJ/kg)
Ld	0,017738	(kJ/kg)
Total <i>Heat losses</i>	2809,528	(kJ/kg)

Tabel 5. 15 Tabel total losses 80% LRC + 20% MRC

80% LRC + 20% MRC +		
Symbol	Hasil	Units
Luc	7,535969	(kJ/kg)
LG	954,391	(kJ/kg)
Lmf	922,8911	(kJ/kg)
LH	704,0259	(kJ/kg)
LmA	200,3636	(kJ/kg)
Lco	15,2447	(kJ/kg)
Ld	0,018716	(kJ/kg)
Total <i>Heat losses</i>	2804,471	(kJ/kg)

5.3.3 Credit

Energi tambahan yang masuk atau ditransfer ke dalam sistem boiler disebabkan oleh beberapa faktor dan untuk kajian kali ini akan dibagi menjadi dua

jenis energi tambahan yaitu jenis pertama adalah *Credit due to entering dry air* dan selanjutnya adalah *Credit Due to Moisture in Entering Air*, dan untuk perhitungan akan menggunakan salah satu variasi komposisi bahan bakar sebesar 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* yang dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut

a *Credit Due to Entering Dry air*

$$Da = \left(1 + \frac{X_{pa}}{100} \right) \times Ta$$

$$Da = \left(1 + \frac{32,77\%}{100} \right) \times 5,86 \text{ kg/kg}$$

$$Da = 7,7803 \text{ kg/kg}$$

Dan selanjutnya adalah perhitungan untuk *Entering Air heater credit* yang persamaanya dapat dilihat sebagai berikut;

$$Bah = Hah \times Da$$

$$Bah = 20,86 \text{ kJ/kg} \times 7,7803 \text{ kg/kg}$$

$$Bah = 162,3 \text{ kJ/kg}$$

b. *Credit Due to Moisture in entering Air*

Credit ini adalah energi yang dibawa oleh uap air yang terkandung dari udara yang masuk ke dalam sistem boiler, pada metode kali ini terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan yaitu *partial pressue of water vapor in air*, *Absolute humidity*, dan *Moisture in Air* dan kemudian untuk detail perhitungan dari tiap variable diatas menggunakan persamaan sebagai berikut:

a. *Partial Pressure of water Vapor in air*

$$A\phi = 0,01 \times \phi \times Ps$$

$$A\phi = 0,01 \times 58,22\% \times 0,71 \text{ Psia}$$

$$A\phi = 0,42 \text{ psia}$$

b. Absolute humidity

$$H_{absolute} = 0,622 \times \frac{A\phi}{(P_{baro} - A\phi)}$$

$$H_{absolute} = 0,622 \times \frac{0,42 \text{ Psia}}{(14,62 \text{ Psu} - 0,42 \text{ Psia})}$$

$$H_{absolute} = 0.02 \text{ kJ/kg}$$

c, Moisture in Air

$$Ba = H_{absolute} \times Da$$

$$Ba = 0,02 \text{ kg/kg} \times 7,7803 \text{ kg/kg}$$

$$Ba = 0,1556 \text{ kJ/kg}$$

d. Moisture Entering Air

$$Bma = H_{vh} \times Ba$$

$$Bma = 38,73 \text{ kJ/kg} \times 0,1556 \text{ kJ/kg}$$

$$Bma = 6,0266 \text{ kJ/kg}$$

e. Total Credit

$$Total \text{ Credit} = Bah + Bma$$

$$Total \text{ Credit} = 162,3 \text{ kJ/kg} + 6,0266 \text{ kJ/kg}$$

$$Total \text{ Credit} = 168,32 \text{ kJ/kg}$$

Variable Komposisi Bahan bakar untuk 55%MRC + 40% LRC + 5% Sawdust dan sample selanjutnya sebesar 80%MRC + 20% LRC untuk perhitungan total *credit* disajikan pada tabel tabel sebagai berikut:

Tabel 5.16 Tabel Hasil Total Credit 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust

55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust		
Symbol	Hasil	Units
DA	5,695	Kg/kg

Bah	114,36	kJ/kg
AØ	0,42	psia
Habsolute	0,02	(kJ/kg)
Ba	0,113	(kJ/kg)
Bma	4,24754	(kJ/kg)
Total Credit	118,6089	(kJ/kg)

Tabel 5. 17 Tabel Total Credit 80% LRC + 20% MRC

80% LRC + 20% MRC		
Symbol	Hasil	Units
DA	5,527	Kg/kg
Bah	95,463	kJ/kg
AØ	0,42	psia
Habsolute	0,02	(kJ/kg)
Ba	0,110554	(kJ/kg)
Bma	3,5443	(kJ/kg)
Total Credit	99,00779	(kJ/kg)

5.3.4 Total efisiensi Boiler

Data Terakhir Merupakan Data perhitungan dari total Efisiensi Boiler yang dapat dihitung setelah variabel total *heat loss credit* sudah ditemukan dan setelah menemukan nilai kalori maka dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta_{Boiler} = \frac{HHV - Total\ Heat\ losses + Credit\ total}{HHV}$$

$$\eta_{Boiler} = \frac{18541,4 \frac{kJ}{kg} - 2930,5564 \frac{kJ}{kg} + 168,3242 \frac{kJ}{kg}}{18541,4 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\eta_{Boiler} = 0,851024$$

Sample Dua dan tiga untuk perhitungan efisiensi boiler dapat dilihat pada tabel tabel dibawah ini:

Tabel 5. 18 Tabel hasil efisiensi 55%LRC + 40%MRC + 5%Sawdust

55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust		
HHV	18200,82	kJ/kg
Total <i>Heat losses</i>	2809,52	kJ/kg
Total <i>Credit</i>	118,6089	kJ/kg
Efisiensi Boiler	0,8521539	
	85,21	%

Tabel 5. 19 Tabel hasil efisiensi 80%LRC + 20%MRC

80% LRC + 20% MRC		
HHV	18482,4	kJ/kg
Total <i>Heat losses</i>	2809,52	kJ/kg
Total <i>Credit</i>	99,0077	kJ/kg
Efisiensi Boiler	0,85362	
	85,36	%

5.4 Turbin heat rate (THR)

Berikut merupakan contoh perhitungan dari *Turbin heat rate* (THR) untuk komposisi variasi bahan bakar 75%MRC + 20%MRC + 5%Sawdust dan kemudian akan dilanjutkan untuk data perhitungan THR dari komposisi variasi bahan bakar yang lainnya.

Tabel 5. 20 Data untuk THR 75% LRC + 20%MRC + 5%Sawdust

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Output daya Elektrik dari terminal Generator	Pgro	400,5	Kw
Main Steam Flow	Gms	1134792	Kg/h
Entalpi dari Main Steam	Hms	812,12	Kcal/Kg
Final Feed Water Flow	Gfw	1096128	Kg/h
Entalpi dari Final Feed Water	Hfw	264,0464	Kcal/Kg
Hot reheat Steam flow	Ghrsh	999077,8	Kg/h

Entalpi dari Hot reheat Steam	Hhrsh	846,9168	Kcal/Kg
Cooler reheat Steam Flow	Gcrsc	929061,4	Kg/h
Entalpi dari Cooler Reheat Steam	Hcrsc	733.7452	Kcal/Kg
Superheated Spray Flow	Gshs	70020	Kg/h
Entalpi dari Superheated Spray Flow	Rshs	159.003	Kcal/Kg
Reheater Spray Water flow	Grsg	37476	Kg/h
Entalpi dari Reheater Spray water Flow	Hrsh	159,0033	Kcal/Kg

Semua Variable telah didapatkan dari data diatas dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$THR = \frac{(Gms \cdot Hms - Gfw \cdot Hfw + Ghrsh \cdot Hhrsh - Hcrsc \cdot Gcrsc - Gshs \cdot Hshs - Grsh \cdot Hrsh)}{Pgro}$$

$$= \frac{(1134792 \cdot (812,12) - 1096128 (264,0464) + 999077 (846,9168) - 733,7452 \cdot (929061) - 37476 \cdot (159,003) - 70020 \cdot (159,003))}{400500}$$

$$THR = 2030,35 \text{ Kcal/kwh}$$

Berikut merupakan Tabel Hasil perhitungan dari Turbine Heat Rate untuk Variasi komposisi bahan bakar yang lainnya.

Tabel 5. 21 Tabel hasil Perhitungan THR 55%LRC + 40%MRC + 5%Sawdust

55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust			
Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Output daya Elektrik dari terminal Generator	Pgro	396500	Kw
Main Steam Flow	Gms	1191132	Kg/h
Entalpi dari Main Steam	Hms	812,653	Kcal/Kg
Final Feed Water Flow	Gfw	1155444	Kg/h
Entalpi dari Final Feed Water	Hfw	265,5067	Kcal/Kg
Hot reheat Steam flow	Ghrsh	1100097	Kg/h
Entalpi dari Hot reheat Steam	Hhrsh	845,4947	Kcal/Kg
Cooler reheat Steam Flow	Gcrsc	1059319	Kg/h
Entalpi dari Cooler Reheat Steam	Hcrsc	735,7648	Kcal/Kg
Superheated Spray Flow	Gshs	40788	Kg/h

Entalpi dari Superheated Spray Flow	Rshs	158,6759	Kcal/Kg
<i>Reheater</i> Spray Water flow	Grsg	40824	Kg/h
Entalpi dari <i>Reheater</i> Spray water Flow	Hrsh	158,554	Kcal/Kg
<i>Turbin heat rate</i> Sebesar	2015,058 Kcal/kwh		

Tabel 5. 22 Tabel Hasil THR 80%LRC + 20%MRC

80% LRC + 20% MRC			
Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Output daya Elektrik dari terminal Generator	Pgro	396500	Kw
Main Steam Flow	Gms	1171152	Kg/h
Entalpi dari Main Steam	Hms	811,8451	Kcal/Kg
Final Feed Water Flow	Gfw	1125837	Kg/h
Entalpi dari Final Feed Water	Hfw	265,5282	Kcal/Kg
Hot reheat Steam flow	Ghrsh	1091052	Kg/h
Entalpi dari Hot reheat Steam	Hhrsh	845,3991	Kcal/Kg
Cooler reheat Steam Flow	Gcrsc	1042719	Kg/h
Entalpi dari Cooler Reheat Steam	Hcrsc	735,815	Kcal/Kg
Superheated Spray Flow	Gshs	48348	Kg/h
Entalpi dari Superheated Spray Flow	Rshs	158,4154	Kcal/Kg
<i>Reheater</i> Spray Water flow	Grsg	49968	Kg/h
Entalpi dari <i>Reheater</i> Spray water Flow	Hrsh	158,4154	Kcal/Kg
<i>Turbin heat rate</i> Sebesar	1995,975 Kcal/Kwh		

5.5 Net plant heat rate (NPHR)

NPHR tergantung dari beberapa parameter yaitu efisiensi boiler, *Turbin heat rate*, daya kotor dan daya bersih yang dihasilkan oleh suatu pembangkit, semua parameter telah ditemukan sehingga dapat dibuat contoh perhitungan NPHR pada variasi komposisi bahan bakar untuk 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* dapat dihitung sebagai berikut Diketahui

- THR : 1946,337 Kcal/kwh
- Efisiensi Boiler : 0,8510

- c. P_{gross} : 400.500 KW
d. P_{net} : 357.344 KW

Sehingga untuk persamaan perhitungan adalah sebagai berikut:

$$NPHR = THR \times \frac{100}{\eta_{boiler}} \times \frac{P_{gross}}{P_{net}}$$

$$NPHR = THR \times \frac{100}{0,8510} \times \frac{400500}{357344}$$

$$NPHR = 2563,259 \text{ Kcal/kwh}$$

Variasi komposisi bahan bakar untuk sample kedua dan ketiga dapat dilihat pada tabel dibawah ini

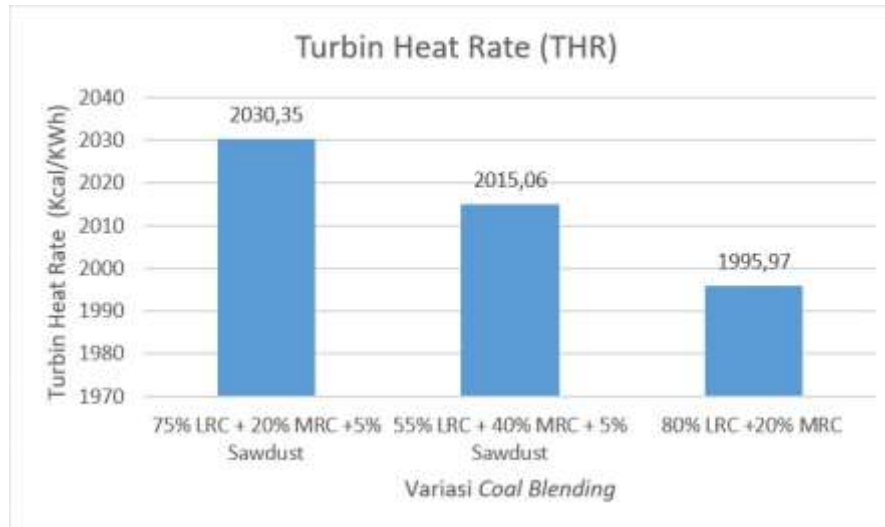
Tabel 5. 23 Tabel Perhitungan NPHR 55%LRC + 40%MRC + 5%Sawdust

55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust			
Code	Parameter	Valiue	Units
THR	<i>Turbin heat rate</i>	2015,058	Kcal/KWh
Eff Boiler	Efisiensi Boiler	85,2154	%
Pgro	Daya kotor Dibangkitkan	396500	KW
Pnet	Daya Bersih dibangkitkan	366080	KW
NPHR		2561,16	Kcal/KWh

Tabel 5. 24 Tabel Perhitungan NPHR 80% LRC + 20% MRC

80% LRC + 20% MRC			
Code	Parameter	Valiue	Units
THR	<i>Turbin heat rate</i>	1995,975	Kcal/KWh
Eff Boiler	Efisiensi Boiler	85,3619	%
Pgro	Daya kotor Dibangkitkan	396500	KW
Pnet	Daya Bersih dibangkitkan	363555	KW
NPHR		2550,138	Kcal/KWh

5.6 Analisa dan Pembahasan Hasil Perhitungan THR

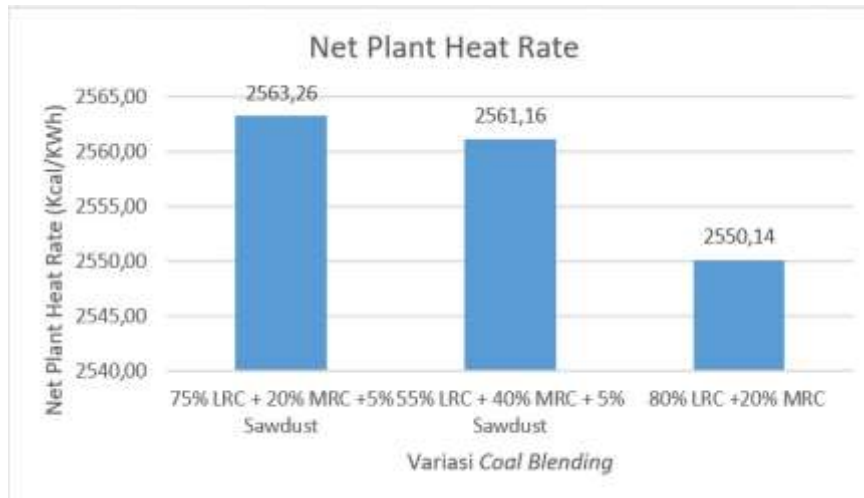


Gambar 5.1 Grafik analisa kualitas batu bara terhadap THR

Gambar 5.1 diatas merupalam grafik pengaruh variasi komposisi bahan bakar terhadap nilai *Turbin heat rate* (THR). Adapun beban yang dibutuhkan diasumsikan untuk semua sampel variasi komposisi bahan bakar sama yaitu sebesar 396.500 Kw dan pada grafik tersebut menunjukkan bahawa nilai THR terbesar berada pada komposisi variasi bahan bakar sebesar 75% LRC + 20%MRC +5% *Sawdust* sebesar 2030,35 Kcal/KWh, dan nilai THR terendah ada pada bahan variasi bahan bakar dengan komposisi 80%LRC + 20%MRC yaitu sebesar 199,9745 data ini menunjukkan bahwa dengan dua variasi yang memiliki nilai komposisi *Sawdust* memiliki nilai *turbin heat rate* yang tinggi daripada pencampuran dua variabel batu bara yaitu *Medium rank coal* dan *Low rank coal*

Energi total yang digunakan pada turbin merupakan parameter pertambahan dari main steam, hot reheat steam dan pengurangan loses dari Feed water, Cold Reheat Steam, Superheated dan *reheater spray*. Bila dilihat dari gambar (5.1) diatas dapat diketahui bahwa nilai THR terendah ada pada data sample C yang dimana memiliki nilai komposisi bahan bakar yaitu 80% LRC + 20% MRC dengan nilai 1995,975 Kcal/Kwh, dengan rendahnya nilai *Turbin heat rate* maka selaras dengan menurun nya jumlah bahan bakar yang digunakan hal ini selaras dengan data yang sudah di dapatkan dimana untuk variasi komposisi bahan bakar di atas, *coal flow* yang didapatkan adalah sebesar 204,32 ton/hours

5.7 Analisa dan pembahasan Hasil Perhitungan NPHR

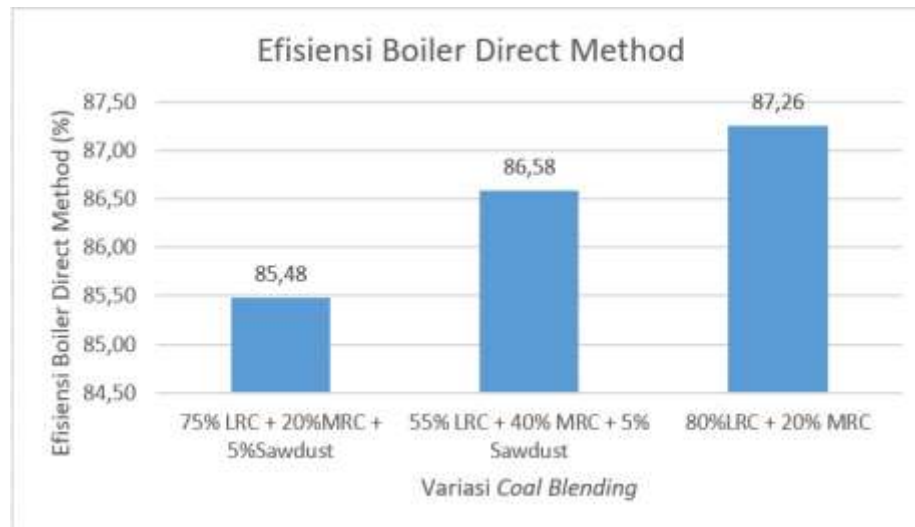


Gambar 5. 2 Gambar Grafik Analisa Pengaruh kualitas batu bara terhadap NPHR

Gambar 5.2 diatas merupakan grafik pengaruh variasi komposisi bahan bakar terhadap nilai *Net plant heat rate* (NPHR). Adapun hasil dari perhitungan NPHR untuk Komposisi Blending Bahan bakar 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* adalah sebesar 2563,26 Kcal/KWh dan kemudian untuk nilai variasi blending bahan bakar 55% LRC + 40% MRC + 5% *Sawdust* adalah sebesar 2561,15 Kcal/KWh dan kemudian untuk nilai variasi bahan bakar 80% MRC + 20% LRC memiliki nilai sebesar 2550,21 Kcal/Kwh, data nilai NPHR merupakan data yang memiliki parameter yaitu Daya kotor yang dihasilkan pembangkit, daya bersih yang dihasilkan pembangkit, Efisiensi Boiler dan *Turbin heat rate* atau (THR).

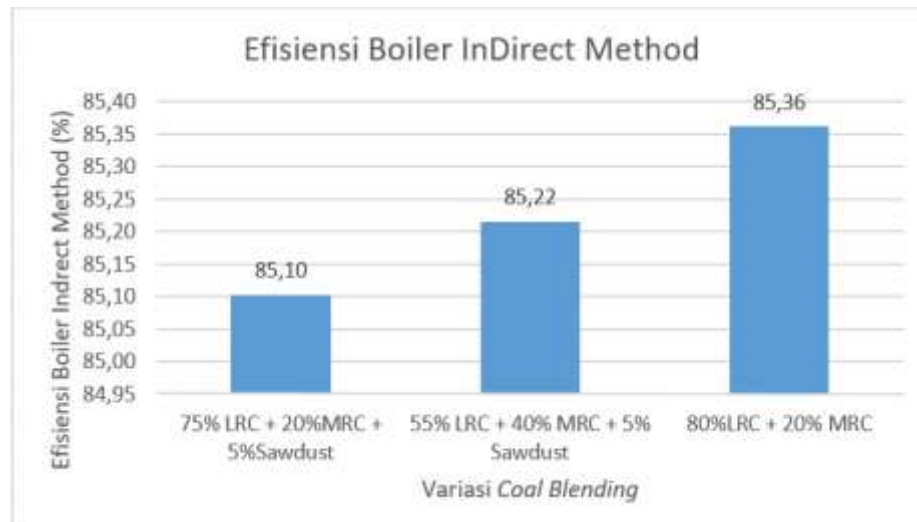
Hasil nilai Terbesar untuk *Net plant heat rate* pada gambar (4..) terdapat pada komposisi bahan bakar sebesar 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* dengan nilai NPHR 2563,26 Kcal/KWh yang dimana ini menunjukkan bahwa efisiensi untuk pembangkit tenaga uap pada variasi komposisi bahan bakar tersebut adalah yang terendah, dan ini didukung juga dengan hasil efisiensi boiler dengan variasi tersebut adalah yang terendah yang disebabkan oleh nilai THR atau *turbin heat rate* pada komposisi tersebut adalah yang terbesar yaitu dengan nilai 2030,35 Kcal/Kwh dan juga efisiensi yang paling rendah yaitu 85,10%

5.8 Analisa dan pembahasan Hasil Efisiensi Boiler



Gambar 5. 3 Gambar Grafik Analisa pengaruh Kualitas batu bara terhadap efisiensi boiler dengan metode direct

Gambar 5.3 merupakan grafik yang menunjukkan nilai efisiensi boiler dengan *direct method* adapun untuk hasil dari efisiensi boiler dengan komposisi bahan bakar yang berbeda beda adalah untuk sample A dengan 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* sebesar 85,47 % dan untuk sample B dengan 55% LRC + 40% MRC + 5% *Sawdust* sebesar 86,58 % dan yang terakhir untuk sampel C dengan nilai variasi komposisi bahan bakar 80% LRC + 20% MRC memiliki nilai sebesar 87,25%, dari tiga data diatas dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi terkecil ditunjukan oleh variasi komposisi bahan bakar 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* dengan nilai sebesar 85,47% yang disebabkan oleh nilai campuran *Sawdusts* yang memiliki nilai kalori atau HHV yang rendah sehingga membutuhkan lebih banyak MRC yang dibutuhkan untuk pembakaran yang maksimal yang akan berpengaruh pada efisiensi yang dihasilkan, hasil paling signifikan adalah akibat losses dikarenakan oleh karbon monoksida pada nilai bahan bakar 80% LRC + 20% MRC dimana mempunyai angka sebesar 7,2321 Kj/kg ini merupakan data yang terkecil daripada perbandingan lainnya dimana ini diakibatkan oleh Karbon Monoksida Content yang memiliki angka paling besar daripada variasi lainnya yaitu sebesar 40,45 % tanpa ada campuran dari carbon sawdust yang biasanya memiliki nilai paling tinggi sehingga ini mengakibatkan peningkatan efisiensi boiler pada variabel tersebut.



Gambar 5. 4 Gambar Grafik Analisa pengaruh Kualitas Batu bara terhadap efisiensi Boiler Undirect Methode

Gambar 5.4 merupakan grafik yang menunjukkan nilai efisiensi boiler dengan *Indirect* method adapun untuk hasil dari efisiensi boiler dengan komposisi bahan bakar yang berbeda beda adalah untuk sample A dengan 75% LRC + 20% MRC + 5% Sawdust sebesar 85,10 % dan untuk sample B dengan 55% LRC + 40% MRC + 5% Sawdust sebesar 85,21 % dan yang terakhir untuk sampel C dengan nilai variasi komposisi bahan bakar 80% LRC + 20% MRC memiliki nilai sebesar 85,35%, dari tiga data diatas dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi terkecil ditunjukkan oleh variasi komposisi bahan bakar 75% LRC + 20% MRC + 5% Sawdust dengan nilai sebesar 85,10%, Dan untuk efisiensi terbesar ada pada data dengan nilai komposisi bahan bakar 80% LRC + 20% MRC dengan nilai sebesar 85,36% yang merupakan efisiensi tertinggi dan hal ini disebabkan oleh kandungan yang dimiliki oleh batu bara MRC dan LRC memiliki nilai untuk kandungan karbon yang lebih tinggi daripada sawdust yaitu senilai MRC (50,09 %) dan LRC (45,38%) sedangkan untuk sawdust hanya (28,06%) sehingga pembakaran yang paling maksimal masih dipegang oleh bahan bakar batu bara daripada sawdust dan kemudian nilai satuan kalori batu bara masih memiliki nilai tertinggi yaitu untuk MRC (4743 Kcal/g) dan LRC sebesar (4336 Kcal/g) dan untuk sawdust masih terendah yaitu (2990 Kcal/g) yang kemudian nilai kalorie membuktikan bahwa semakin besar nilai kalori mengakibatkan pembakaran yang dihasilkan akan lebih maksimal daripada nilai kalori yang lebih sedikit sehingga menaikkan efisiensi boiler.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil setelah menganalisa data dan mengolah data, hingga mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Nilai *Turbine Heat Rate* tertinggi ada pada variasi komposisi bahan bakar dengan nilai 75% LRC + 20%MRC + 5%*Sawdust* dengan nilai THR sebesar 2030,35 Kcal/KWh, dan kemudian untuk nilai *Turbin heat rate* terendah berada pada variasi komposisi bahan bakar dengan nilai 80% LRC + 20% MRC dengan nilai THR sebesar 1995,97 Kcal/KWh hal ini menyatakan bahwa untuk data variasi 80%LRC + 20% MRC memiliki nilai *coal flow* yang lebih rendah daripada data yang lain nya.
2. Nilai *Net Plant Heat Rate* menyatakan Bahwa semakin nilai NPHR tinggi maka nilai efisiensi suatu pembangkit dinyatakan makin rendah, dan untuk hasil dari pengolahan data kajian ini didapatkan nilai NPHR paling tinggi sebesar 2563,26 Kcal/KWh untuk data variasi bahan bakar 75%LRC + 20%MRC + 5% *Sawdust* dan untuk nilai NPHR terendah berada pada data variasi bahan bakar 80%LRC + 20%MRC dengan nilai NPHR sebesar 2550,13 Kcal/KWh dan dapat dinyatakan bahwa Efisiensi pembangkit lebih tinggi nilainya bila pencampuran bahan bakar dilakukan tanpa menggunakan *sawdust*.
3. Nilai Efisiensi Turbin dengan Metode *direct* untuk variasi bahan bakar 80%LRC + 20% MRC memiliki nilai efisiensi terbesar yaitu 87,25% dan kemudian didukung dengan data dari efisiensi turbin dengan metode *undirect* dimana variasi bahan bakar di atas memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 85,36% dan kemudian untuk metode *direct* nilai efisiensi terkecil berada pada variasi komposisi bahan bakar 75% LRC + 20% MRC + 5% *Sawdust* dengan nilai sebesar 85,47% dan kemudian pada metode *undirect* memiliki nilai yang terendah yaitu sebesar 85,10 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris, L., Yopa Eka, P., & Ivanto, M. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Tekanan Kondensor (Vakum) terhadap Efisiensi Heat Rate Turbin Uap di PT.PJB (Pembangkit Jawa Bali) PLTU Ketapang 10 MW. *The New Oxford Shakespeare: Modern Critical Edition*, 2010–2013. <https://doi.org/10.1093/oseo/instance.00196454>
- Cahyo Adi Basuki, Ir. Agung Nugroho, I. B. W. (2018). Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan menggunakan Metode Least Square. *Isbn*, 4, 280–288.
- Dima Naufal, I., Mustofa Kamal, D., Sukandi, A., & Mumpuni Adhi, P. (2019). Analisis Pengaruh Kualitas Batu Bara Terhadap Performa. *Seminar Nasional Teknik Mesin POLITEKNIK NEGERI JAKARTA, June*, 520–529.
- Febriani, A. V., Hanum, F. F., & Rahayu, A. (2024). *Review : Analisis Potensi dan Tantangan Biomassa Sebagai Bahan Bakar pada PLTU dan PLTBm. April 2024*, 1–11.
- Palupi, D. N., Sundari, S., Syahtaria, M. I., & Sianipar, L. (2024). Analisis Dampak Lingkungan dan Keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Co-firing Biomassa dan Baru bara sebagai Upaya Bauran Energi Terbarukan. *El-Mal: Jurnal Kajian Ekonomi & Bisnis Islam*, 5(3), 1627–1635. <https://doi.org/10.47467/elmal.v5i3.781>
- Sihombing, C. (2020). Analisa Efisiensi Termal Turbin, Kondensor dan Menara Pendingin pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 10(1), 05–12. <https://doi.org/10.37525/sp/2020-1/220>
- Singko, A., Yandri, & Kho hie, K. (2021). Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Studi Kasus PLTU Harjohn Timber Kubu Raya). *Jurnal Teknik Mesin*.
- Winardi, B. (2019). *Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik tenaga Uap (Studi Kasus di PT Indonesia Power Semarang)*. 2, 34–37.

LAMPIRAN



Nomor : 0483/335/PLNNP020001/2024 24 April 2024
Lampiran : -
Sifat : Biasa
Hal : Persetujuan PKL universitas Kepada
Pembangunan Nasional "Veteran" M. Daru Yth. Dekan Universitas Pembangunan
Fathur R Cs Nasional "Veteran"

Menindaklanjuti surat dari Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Nomor : 44/UN.63.3/TU.TM/2024 tanggal : 16 April 2024, Perihal : Permohonan Izin Praktek Kerja Lapangan, Sehubungan dengan perihal tersebut diatas, dengan ini kami sampaikan bahwa pada dasarnya **kami dapat menerima** permohonan mahasiswa saudara atas nama :

No.	Nama	Jurusan	Pembimbing
1.	M. Daru Fathur Rizki	Teknik Mesin	Enrico Gultom
2.	Mokh Ausin Al - Qoroni	Teknik Mesin	Enrico Gultom

Untuk melaksanakan Kerja Praktek di PT PLN NP Unit Pembangkitan Paiton pada tanggal **04 Agustus 2024 - 03 September 2024 di Fungsi RENTAL Operasi Unit 1-2.**

Adapun ketentuan Kerja Praktek sebagai berikut :

1. Mahasiswa/Siswa tersebut supaya menyelesaikan persyaratan dengan menyerahkan **Foto Copy KTP 2 lembar, Pas Photo 3x4 2 lembar, Foto Copy BPJS/KIS 2 Lembar, Surat Keterangan Sehat, Materai Rp 10.000,- 1 lembar** untuk tiap Mahasiswa/Siswa, **membawa surat bukti balasan (Surat persetujuan PKL dari PT PLN Nusantara Power UP Paiton)**, Serta mengisi dan **menandatangani Surat Pernyataan** di PT PLN Nusantara Power UP Paiton.
2. Sebagai bagian dari sistem manajemen pengamanan perusahaan, siswa/mahasiswa wajib melampirkan Fotocopy **Surat Keterangan Catatan Kepolisian (SKCK) terbaru dan telah dilegalisir.**
3. Persyaratan kerja praktek offline saat kunjungan lapangan, siswa/mahasiswa **Wajib menggunakan APD** (Safety Shoes, Safety Helmet Warna Kuning, Rompi Reflector Warna Kuning) dengan blaya menjadi tanggungjawab siswa/mahasiswa
4. Setelah selesai pelaksanaan kegiatan kerja praktek, Soft file laporan dapat dikirimkan ke email **sdmubjompaiton@gmail.com.**
5. Sertifikat akan diberikan kepada mahasiswa apabila laporan telah kami terima dan divalidasi oleh pembimbing.
6. Persyaratan dan Ketentuan terkait pelaksanaan Praktek Kerja Lebih detail terdapat pada lampiran.
7. Untuk koordinasi lebih lanjut perihal pelaksanaan Kerja Praktek dapat menghubungi sdr. Misbiantoro bagian SDM, No HP 085228283892.



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik (BSrE), Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN)

Jl. Raya Surabaya-Silubondo Km. 142, Paiton-Probolinggo
T. (0335) 771905
F. (0335) 771810 W -

1 dari 2

Sesuai dengan kebijakan perusahaan tentang **"PLN NP Bersih"**, mohon untuk **tidak memberikan souvenir, cinderamata ataupun bingkisan** terkait pelaksanaan Kerja Praktek.

Demikian kami sampaikan atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Tembusan:

1. ASMAN RENDAL OPERASI PLTU 1-2 UP PAITON PLN NP
2. Enrico Gultom



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik (BSrE), Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN)



**PERSYARATAN MAHASISWA / SISWA DALAM
KERJA PRAKTIK / TA / PENELITIAN
DI PLN NUSANTARA POWER UNIT
PEMBANGKITAN PAITON**

1. Mahasiswa/Siswa tersebut supaya menyelesaikan persyaratan dengan menyerahkan **Foto Copy KTP 3 lembar, Pas Photo 3x4 2 lembar, Materai Rp 10.000,- 1 lembar** untuk tiap Mahasiswa/Siswa, **membawa surat bukti balasan (Surat persetujuan PKL dari PT PLN Nusantara Power UP Paiton)**. Serta mengisi dan **menandatangani Surat Pernyataan** di PT PLN Nusantara Power UP Paiton.
2. Mahasiswa/Siswa tersebut **agar mematuhi persyaratan / ketentuan yang berlaku di perusahaan kami**, karena PT PLN Nusantara Power UP Paiton merupakan Objek Vital Nasional sehingga factor-faktor keamanan harus benar-benar diperhatikan.
3. Mahasiswa/Siswa penempatan Bidang Teknik (**Operasi, Pemeliharaan dan Engineering**) **diwajibkan** membawa dan memakai **Safety Shoes, Safety Helmet (Warna Kuning), dan Rompi Reflector (WarnaHijau / Kuning)**, berpakaian sopan (Baju Kemeja, Celana Panjang yang tidak ketat dan beralmamater) atau Wearpack Reflector.
4. Mahasiswa/Siswa **dilarang** merokok dan tidak diperkenankan membawa senjata tajam selama melakukan kegiatan praktek kerja / TA di Area PT PLN Nusantara Power UP Paiton.
5. Mahasiswa/Siswa tidak diperkenankan bertato, bertindik, dan rambut harus pendek rapi (Khusus Laki-laki).
6. Selama melakukan kegiatan kerja praktek / TA Mahasiswa/Siswa **DILARANG** mengambil foto dan video di Area Unit Pembangkit tanpa seizing mentor.
7. **Sarana biaya transportasi, kendaraan, biaya penginapan, biaya makanan dan lain sebagainya bukan menjadi tanggungan PT PLN Nusantara Power UP Paiton.**
8. Selama melakukan kegiatan kerja praktek / TA Mahasiswa/Siswa diwajibkan mengisi daftar absensi dan monitoring serta pada hari jumat **Wajib** mengikuti senam pagi.
9. Laporan Hasil Kerja praktek Mahasiswa/Siswa tersebut akan dikirim/diserahkan kepada PT PLN Nusantara Power UP Paiton dalam bentuk soft copy yang disertakan surat pengesahan laporan dengan tanda tangan dari pembimbing lapangan.
10. Apabila sampai dengan tanggal pelaksanaan ijin kerja praktek Mahasiswa/Siswa yang bersangkutan belum menyelesaikan persyaratan maka kami nyatakan mengundurkan diri (tidak jadi kerja praktik / TA).
11. Mahasiswa/Siswa tersebut **WAJIB** memiliki Asuransi dan membawa foto copy Surat Asuransi Kecelakaan (BPJS Ketenagakerjaan / BPJS Kesehatan / Askes / Kartu Indonesia Sehat).
12. Perlengkapan administrasi pelaksanaan PKL di laksanakan 1 hari sebelum jadwal PKL (10.00 – 15.00 WIB)

DATA ABSENSI "M.DARU FATHUR R" PER TANGGAL 12-08-2024 S/D 02-09-2024

No.	Tanggal	Waktu Masuk	Waktu Pulang	Status	Keterangan
1	Senin, 12 Agustus 2024	09:39:00 Telat	16:08:39	Hadir	
2	Selasa, 13 Agustus 2024	07:30:00 Tepat Waktu	15:56:09 Pulang Cepat	Hadir	
3	Rabu, 14 Agustus 2024	07:25:26 Tepat Waktu	16:07:57	Hadir	
4	Kamis, 15 Agustus 2024	07:25:36 Tepat Waktu	16:34:12	Hadir	
5	Jumat, 16 Agustus 2024	07:39:52 Tepat Waktu	16:31:35	Hadir	
6	Senin, 19 Agustus 2024	07:28:36 Tepat Waktu	16:14:35	Hadir	
7	Selasa, 20 Agustus 2024	07:26:09 Tepat Waktu	16:17:51	Hadir	
8	Rabu, 21 Agustus 2024	07:42:10 Tepat Waktu	16:07:56	Hadir	
9	Kamis, 22 Agustus 2024	07:40:15 Tepat Waktu	16:07:11	Hadir	
10	Jumat, 23 Agustus 2024	07:32:50 Tepat Waktu	16:10:19	Hadir	
11	Senin, 26 Agustus 2024	07:27:12 Tepat Waktu	16:12:54	Hadir	
12	Selasa, 27 Agustus 2024	07:40:32 Tepat Waktu	16:02:58	Hadir	
13	Rabu, 28 Agustus 2024	07:38:28 Tepat Waktu	16:04:33	Hadir	
14	Kamis, 29 Agustus 2024	07:41:10 Tepat Waktu	16:15:45	Hadir	
15	Jumat, 30 Agustus 2024	07:37:34 Tepat Waktu	16:16:43	Hadir	
16	Senin, 02 September 2024	07:34:28 Tepat Waktu	00:00:00 Pulang Cepat	Hadir	

Hadir : 16

Telat : 1

Pulang Cepat : 2

Sakit : 0

Izin : 0



