

**LAPORAN
KERJA PRAKTEK**



**ANALISIS EFISIENSI BOILER TIPE *SUBCRITICAL* PADA
UNIT I DI PLTU BANTEN 2 LABUAN PGU**

**Disusun oleh:
Mochamad Diaz Ilyasa
NPM. 3331200047**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2023**



LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN

No: 006/UN.43.3.1/PK.04.02/2024

Kerja Praktik

ANALISIS EFISIENSI BOILER TIPE SUBCRITICAL PADA UNIT I DI PLTU BANTEN 2 LABUAN PGU

Dipersiapkan dan disusun oleh:
Mochamad Diaz Ilyasa
3331200047

Telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan diseminarkan
pada tanggal, 20 Desember 2023

Pembimbing Utama

Dr. Drs. Rina Lusiani, MT.
NIP. 195904141986032002

Anggota Dewan Pengu

Dr. Dwinanto, ST.MT.
NIP. 198301122008121001

Iman Saefuloh, ST.M.Eng.
NIP. 197212072005011001

Kordinator Kerja Praktik

Shofiatul Ulg, S.pd.I., M.Eng.
NIP. 198403132019032009

Kerja Praktik ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk melanjutkan Tugas Akhir



Tanggal: 22 Mei 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dhimas Satria, ST.M.eng.
NIP. 198305102012121006



LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN
PT. PLN INDONESIA POWER
PLTU BANTEN 2 LABUAN

“ANALISIS EFISIENSI BOILER TIPE *SUBCRITICAL*
PADA UNIT I DI PLTU BANTEN 2 LABUAN PGU”

Disusun Oleh:

Nama : Mochamad Diaz Ilyasa
NIM : 3331200047
Jurusan : Teknik Mesin
Institusi : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Waktu Kerja Praktik : 01 Agustus s.d 31 Agustus 2023

Menyetujui,
Pembimbing I

*Assistant Manager Efisiensi, Kinerja
dan Sistem Informasi BLB PGU*

Muhammad Sofiyudin Aziiz

NIP: 8209210711

Mengetahui,

Pembimbing II

*Officer Enjiniring Efisiensi
BLB PGU*

Asep Nurul Aprianto

NIP: 9417310441



LEMBAR PENILAIAN DARI PERUSAHAAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

PENILAIAN KERJA PRAKTIK LAPANGAN OLEH INSTANSI/PERUSAHAAN

Nama Pembimbing Lapangan : Muhammad Sofiyudin Aziiz
Nama Mahasiswa : Mochamad Diaz Ilyasa NPM : 3331200047
Nama Instansi/Perusahaan : PT PLN Indonesia Power/PLTU Banten 2 Labuan PGU
Alamat Instansi/Perusahaan : Jln Laba Terusan Panimbang, Labuan-Pandeglang
Periode Waktu Pelaksanaan KP : 1 Agustus s/d 31 Agustus 2023
Judul Laporan : Analisis Efisiensi Boiler Tipe Subcritical Pada Unit 1 di PLTU Banten 2 Labuan PGU

NO	ASPEK PENILAIAN	NILAI
Kemampuan Teknis/Materi		
1	Pengetahuan tentang pekerjaan	85
2	Kemampuan komunikasi secara ilmiah (cara berbicara dan mengemukakan pendapat)	85
3	Kemampuan analisa	88
Kemampuan Non Teknis		
4	Disiplin/Tanggung Jawab	95
5	Kehadiran	98
6	Sikap	95
7	Kerjasama	92
8	Potensi Berkembang	90
9	Inisiatif	88
10	Adaptasi	90
Nilai Total		906
Nilai Rata-rata		90.6 (A)

Skala Penilaian :
50,00-54,99 = D
55,00-59,99 = C
60,00-64,99 = C+
65,00-69,99 = B-
70,00-74,99 = B
75,00-79,99 = B+
80,00-84,99 = A-
85,00-100,00 = A

Labuan,
Pembimbing Lapangan



Muhammad Sofiyudin Aziiz
NIP/NIK. 8209210711



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT, atas Rahmat dan karunia-Nya yang pada akhirnya penyusun mampu menyelesaikan laporan kerja praktik yang berjudul “Analisis Efisiensi Boiler Tipe *Subcritical* Pada Unit I di PLTU Banten 2 Labuan PGU” Laporan ini berisi tentang pelaksanaan kerja praktik satu bulan oleh mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan rendah hati, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penyusunan laporan ini:

1. Bapak Prof. Dr. Jayanudin, S.T., M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknik UNTIRTA.
2. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UNTIRTA.
3. Ibu Shofiatul Ula, S.PdI., M.Eng, selaku Koordinator Kerja Praktik Jurusan Teknik Mesin FT. UNTIRTA.
4. Ibu Dr. Drs. Hj Rina Lusiani, M.T selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktik Jurusan Teknik Mesin FT. UNTIRTA.
5. Bapak Wisnu Kurniawan Selaku Senior Manager PT. PLN Indonesia Power.
6. Bapak Muhammad Sofiyudin Aziiz selaku *Assistant* Manager Efisiensi, Kinerja dan Sistem Informasi BLB PGU serta Pembimbing yang sudah membantu saya dalam melaksanakan kerja praktik.
7. Bapak Asep Nurul Aprianto selaku *Officer* Enjiniring Efisiensi BLB PGU dan Pembimbing lapangan sudah membantu saya dalam melaksanakan kerja praktik.
8. Bapak Arbi Maulana Malik selaku *Staff Officer* Enjiniring Efisiensi BLB PGU yang sudah membantu saya dalam pengambilan data operasional kinerja boiler.



9. Kak Hayatun Nufus selaku Pelaksana *Knowledge Management*, Kinerja, dan Sistem Manajemen Terpadu yang telah membantu saya dalam pembuatan laporan kerja praktik.
10. Tim Divisi Efisiensi, Kinerja dan Sistem Informasi yang sudah membantu saya dalam melaksanakan kerja praktik.
11. Kedua orang tua saya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan secara mental dan materil.
12. Teman-teman kerja praktik periode bulan Agustus - September yang telah membantu dan menemani dalam melaksanakan kerja praktik dan penyusunan laporan kerja praktik.
13. Dan seluruh pihak yang telah membantu dalam melaksanakan kerja praktik sampai dengan proses pembuatan laporan kerja praktik ini.

Saya merasa terhormat untuk dapat mempersembahkan hasil kerja keras dalam bentuk karya tulis ini kepada para pembaca. Laporan kerja praktik ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penyusun sebagai masukan yang berguna. Penyusun sangat berharap semoga laporan kerja praktik ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan pembaca pada umumnya.

Cilegon, November 2023

Penyusun



DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN	iii
LEMBAR PENILAIAN DARI PERUSAHAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Kerja Praktik	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Manfaat Kerja Praktik	2
BAB II TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN	
2.1 Sejarah Singkat PT. PLN Indonesia Power	4
2.2 Profil Unit PLTU Banten 2 Labuan PGU	4
2.3 Visi, Misi dan Motto PLTU Banten 2 Labuan PGU	5
2.4 Logo Perusahaan	7
2.5 Struktur Organisasi PLTU Banten 2 Labuan PGU	9
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	
3.1 Pengertian Boiler	10
3.2 Jenis – Jenis Boiler	11
3.3 Komponen – Komponen Boiler	15
3.4 Efisiensi	20
3.5 Rumus – Rumus yang Digunakan	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Spesifikasi Boiler	25
4.2 Data Operasional	26



4.3 Perhitungan	29
4.3.1 Perhitungng Data 1	29
4.3.2 Perhitungan Data 2	30
4.3.3 Perhitungan Data 3	31
4.4 Analisis Hasil Perhitungan.....	32
4.5 Analisis Hasil Efisiensi Boiler	34
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 PLTU Banten 2 Labuan PGU	5
Gambar 2.2 Logo PT. PLN Indonesia Power	7
Gambar 2.3 Struktur Organisasi PLTU Banten 2 Labuan PGU.....	9
Gambar 3.1 Boiler Pipa Api	12
Gambar 3.2 Boiler Pipa Air	13
Gambar 3.3 <i>Vertical Firing</i>	16
Gambar 3.4 <i>Horizontal Firing</i>	16
Gambar 3.5 <i>Tangential Firing</i>	17
Gambar 4.1 Spesifikasi Boiler.....	25
Gambar 4.2 Diagram Hasil Efisiensi Boiler	33
Gambar 4.3 Shootblower	35
Gambar 4.4 <i>Wall tubes</i>	36
Gambar 4.5 <i>Tangential Burner</i>	37



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode Langsung.....	21
Tabel 4.1 Data Operasional	26
Tabel 4.2 Spesifikasi Batubara	28



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, energi merupakan dasar dari kebutuhan sehari-hari umat manusia, yang seiring dengan berjalannya waktu terus menerus meningkat yang salah satunya merupakan energi listrik. Energi listrik telah menjadi kebutuhan dasar bagi umat manusia. Hampir semua aktivitas kehidupan sangat bergantung pada energi listrik. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan pasokan energi listrik yang selalu dapat diandalkan. Boiler adalah perangkat yang digunakan untuk menghasilkan uap atau panas dalam suatu sistem. Efisiensi boiler mengacu pada kemampuan boiler untuk menghasilkan uap atau panas dengan menggunakan sejumlah energi yang sesedikit mungkin. Efisiensi yang tinggi pada boiler sangat penting karena dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi yang dihasilkan, yang pada gilirannya dapat mengurangi biaya operasional serta dampak negatif terhadap lingkungan.

PLTU 2 Labuan merupakan bagian dari proyek percepatan pembangunan PLTU 10.000MW yang dilaksanakan oleh PLN berdasarkan peraturan presiden No. 71 tanggal 05 Juli 2006 tentang penugasan kepada PT. PLN (Persero) untuk melakukan percepatan pembangunan pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar batubara. Pada laporan kerja praktik ini mengkaji mengenai efisiensi boiler (ketel uap). Ketel uap merupakan sebuah alat yang berbentuk bejana, yang mempunyai fungsi untuk mengubah energi kimia yang terdapat pada bahan bakar (baik berbentuk padat, cair, dan gas) menjadi panas berupa uap, yang digunakan untuk berbagai macam kebutuhan.

Meningkatkan efisiensi boiler tidak hanya menguntungkan dari segi ekonomi dengan mengurangi biaya operasional, tetapi juga membantu dalam upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dengan mengurangi emisi gas buang. Banyak upaya dilakukan oleh industri dan peneliti untuk terus



meningkatkan efisiensi boiler dengan cara mengembangkan teknologi yang lebih canggih dan ramah lingkungan. Pada laporan kerja praktek untuk proses perhitungan efisiensi boiler dilakukan dengan cara metode input-output (langsung) pada boiler tipe *subcritical* pada unit I dengan mengambil data di PLTU Banten 2 Labuan. Pada PLTU Banten 2 Labuan terdapat 2 unit pembangkit tenaga uap, dimana setiap 1 bulan sekali dilakukan performant test untuk mengetahui adanya penurunan efisiensi yang mungkin dapat menyebabkan produk yang dihasilkan menurun, Tujuan kerja praktek ini adalah untuk mengetahui sitem kerja boiler pada pembangkit listrik tenaga uap, mengetahui komponen-komponen yang terdapat pada boiler, dan mengetahui nilai efisiensi boiler pada pembangkit listrik tenaga uap di labuan.

1.2 Tujuan Kerja Praktik

Adapun tujuan dari kerja praktik dengan judul Analisis Efisiensi Boiler Tipe Subcritical Pada Unit I di PLTU Banten 2 Labuan PGU ini yaitu:

1. Mengetahui sistem kerja boiler pada pembangkit listrik tenaga uap?
2. Mengetahui komponen boiler pada pembangkit listrik tenaga uap?
3. Mengetahui nilai efisiensi boiler pada pembangkit listrik tenaga uap di labuan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada laporan kerja praktek dengan judul “Analisis Efisiensi Boiler Pada Unit I di PLTU Banten 2 Labuan PGU” yaitu hanya mengetahui hasil efisiensi boiler tanpa membandingkan pengaruh dari beban yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Kerja Praktik

Adapun manfaat dari kerja praktek bagi mahasiswa yang dilaksanakan di PLTU Banten 2 Labuan PGU yaitu:

1. Menambah pengetahuan tentang sistem pembangkit listrik tenaga uap.



2. Menambah pengetahuan yang tidak didapatkan di kampus.
3. Menambah pemahaman tentang proses operasional
4. Menambah pengalaman dalam dunia kerja.
5. Menambah jaringan dan relasi
6. Menambah pengembangan dalam segi keterampilan



BAB II

TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah Singkat PT. PLN Indonesia Power

PT PLN Indonesia Power (“IP”) merupakan salah satu *subholding generation company* Perusahaan PT PLN (Persero) yang didirikan pada tanggal 3 Oktober 1995 dengan nama PT PLN Pembangkitan Jawa Bali I (PT PJB I). Pada tanggal 8 Oktober 2000, PT PJB I berganti nama menjadi Indonesia Power sebagai penegasan atas tujuan Perusahaan untuk menjadi Perusahaan pembangkit tenaga listrik independen yang berorientasi bisnis murni. Kegiatan utama bisnis Perusahaan saat ini yakni fokus sebagai penyedia tenaga listrik melalui pembangkitan tenaga listrik dan sebagai penyedia jasa operasi dan pemeliharaan pembangkit listrik yang mengoperasikan pembangkit yang tersebar di Indonesia. Selain mengelola Unit Pembangkit, Indonesia Power memiliki 5 Anak Perusahaan, 2 Perusahaan Patungan (*Joint Venture Company*), 1 Perusahaan Asosiasi, 3 Cucu Perusahaan (Afiliasi dari Anak Perusahaan) untuk mendukung strategi dan proses Bisnis Perusahaan.

2.2 Profil Unit PLTU Banten 2 Labuan PGU

PT PLN Indonesia Power Banten 2 Labuan PGU merupakan salah satu unit PT PLN Indonesia Power berlokasi di Desa Sukamaju Kec. Labuan Kab. Pandeglang Provinsi Banten. Resmi beroperasi pada 28 Januari 2010, PLN Indonesia Power Banten 2 Labuan PGU merupakan bagian dari pembangunan 10 pembangkit listrik di Jawa dan 25 pembangkit listrik di luar Jawa dengan bahan bakar batubara dalam Program Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik 10.000 MW Tahap I.

Dengan kapasitas 300 x 2 MegaWatt (MW), Energi Listrik pada PLN Indonesia Power Banten 2 Labuan PGU ditransmisikan melalui Gardu Induk terdekat, yaitu Gardu Induk Menes dan Gardu Induk Saketi. Dengan



beroperasinya PLTU Banten 2 Labuan Labuan PGU, diharapkan mampu memenuhi kebutuhan pasokan listrik seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi bangsa, secara efektif dan efisien dengan mutu dan keandalan yang baik. PLTU Labuan ini merupakan bagian dari proyek percepatan pembangunan PLTU 10.000 MW yang dilaksanakan oleh PLN berdasarkan Peraturan Presiden No. 71 tanggal 05 Juli 2006 tentang penugasan kepada PT. PLN (Persero) untuk melakukan Percepatan Pembangunan Pembangkit Tenaga Listrik yang menggunakan batubara. Perpres ini menjadi dasar bagi pembangunan 10 PLTU di Jawa dan 25 PLTU di Luar Jawa Bali atau yang dikenal dengan nama proyek percepatan PLTU 10.000 MW. Pembangunan proyek-proyek PLTU tersebut guna mengejar kekurangan pasokan tenaga listrik sampai beberapa tahun ke depan.



Gambar 2.1 PLTU Banten 2 Labuan PGU

(Sumber: Dokumen Pribadi)

PLTU Labuan ini dibangun selain untuk menunjang program diversifikasi energi ke non bahan bakar minyak (BBM) dengan memanfaatkan batubara berkalori rendah yang cadangannya tersedia melimpah di tanah air, juga bertujuan lain yakni menekan harga pokok produksi (HPP). Proyek percepatan pembangunan pembangkit 10.000 MW mulai menunjukkan hasilnya dengan masuknya PLTU Labuan unit 1 ke



sistem interkoneksi Jawa Bali sejak Juli 2009. Sedangkan unit 2 yang berkapasitas sama, mulai masuk ke interkoneksi Jawa Bali sejak Maret 2010. Proyek PLTU Banten 2 Labuan dilaksanakan konsorsium antara *Chengda Engginering Cooperation of China* dan PT. Indonesia Power Truba Jaya *Engineering* sesuai dengan kontrak No.050.PJ/041/DIR/2007, Tanggal 12 Maret 2007. Program ini di cetuskan dalam rangka mengantisipasi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat di tahun-tahun mendatang.

PLTU Banten 2 Labuan adalah salah satu jenis instalasi pembangkit tenaga listrik di mana tenaga listrik didapat dari turbin generator yang diputar oleh uap yang dihasilkan boiler melalui pemanasan air oleh pembakaran batubara. PLTU batubara merupakan sumber utama dari listrik duni saat ini. Sekitar 60% listrik dunia bergantung pada batubara, hal ini dikarenakan PLTU batubara bisa menyediakan listrik dengan harga yang murah. Jika beroperasi penuh, PLTU Banten 2 Labuan membutuhkan batubara sekitar 7.600 ton untuk 2 unit perhari. Pasokan batubara berasal dari pulau Kalimantan dan Sumatra.

Pekerjaan konstruksi (*ground breaking*) pembangunan PLTU Banten 2 Labuan ini di mulai 28 april 2007 untuk memasok kebutuhan listrik Jawa-Bali sebesar 2 x 300 mega watt (MW). Unit 1 telah beroperasi sejak 29 Oktober 2009 dan unit 2 dioperasikan pada bulan maret 2010 hal ini diharapkan dapat menyumbang kebutuhan listrik yang naik sekitar 7% pertahunnya. PLTU Banten 2 Labuan ini mendukung program deversifikasi energi untuk pembangkit tenaga listrik dari bahan bakar minyak (BBM) ke non BBM dengan memanfaatkan batubara berkalori rendah (41200 kCal/kg).

Dalam menghadirkan pasokan listrik yang andal dan efisien, pembangkit listrik PLN Indonesia Power Banten 2 Labuan PGU menggunakan teknologi yang ramah lingkungan seperti CEMS (*Continous Emission Monitoring System*), ESP (*Electrostatic Precipilator*) dan *LOW NOx Buner* serta batubara berkalori rendah (*Coal Blending*), sehingga emisi yang dikeluarkan selalu aman dan di bawah ambang batas pemenuhan baku



mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 15/2019.

2.3 Visi, Misi, dan Motto PLTU Banten 2 Labuan PGU

A. Visi:

“Menjadi Perusahaan Perusahaan Pembangkit Listrik Terkemuka dan Berkelanjutan di Asia Tenggara”.

B. Misi:

“Menyelenggarakan Bisnis Solusi Energi yang Andal, Efisien, Inovatif dan Mampu Melampaui Harapan Pelanggan Menuju Energi Bersih yang Terjangkau”

C. Kompetensi Inti

“Rekayasa, Pengembangan, Operasi & Pemeliharaan Pembangkit Listrik dan Bisnis Solusi Energi”

D. Motto

“Energy of Things”

2.4 Logo Perusahaan

Logo perusahaan adalah representasi visual dari identitas sebuah perusahaan. Ini adalah simbol yang digunakan untuk mengidentifikasi perusahaan secara visual. Filosofi logo PLN Indonesia Power yaitu “Masing-masing bentuk dan warna dalam logogram memiliki makna visual yang terinspirasi dari cita & citra Insan PLN sebagai sumber daya utama pengelola bisnis perusahaan.”



Gambar 2.2 Logo PT. PLN Indonesia Power

(Sumber: Dokumen Pribadi)



Gambar diatas merupakan logo dari PLN Indonesia Power. Berikut arti dari logo PLN Indonesia Power tersebut.

1. Persegi

Bidang persegi sebagai dasar, berwarna kuning, dan tanpa garis pinggir. Bidang persegi melambangkan bahwa PLN merupakan wadah atau organisasi yang terorganisir dengan sempurna. Warna kuning menggambarkan pencerahan, seperti yang diharapkan PLN bahwa listrik mampu menciptakan pencerahan bagi kehidupan masyarakat. Kuning juga melambangkan semangat yang menyala-nyala yang dimiliki tiap insan yang berkarya di PLN.

2. Petir/Kilat

Petir/kilat, berwarna merah, bentuk atas tebal, bentuk bawah runcing, dan memotong/menembus tiga gelombang. Petir atau kilat melambangkan tenaga listrik yang terkandung di dalamnya sebagai produk jasa utama yang dihasilkan oleh PLN. Selain itu, Petir juga mengartikan kerja cepat dan tepat para insan PLN dalam memberikan solusi terbaik bagi pelanggannya. Warna merah memberikan representasi kedewasaan PLN selaku perusahaan listrik pertama di Indonesia dan dinamisme gerak laju PLN beserta insan perusahaan, serta keberanian dalam menghadapi tantangan perkembangan zaman.

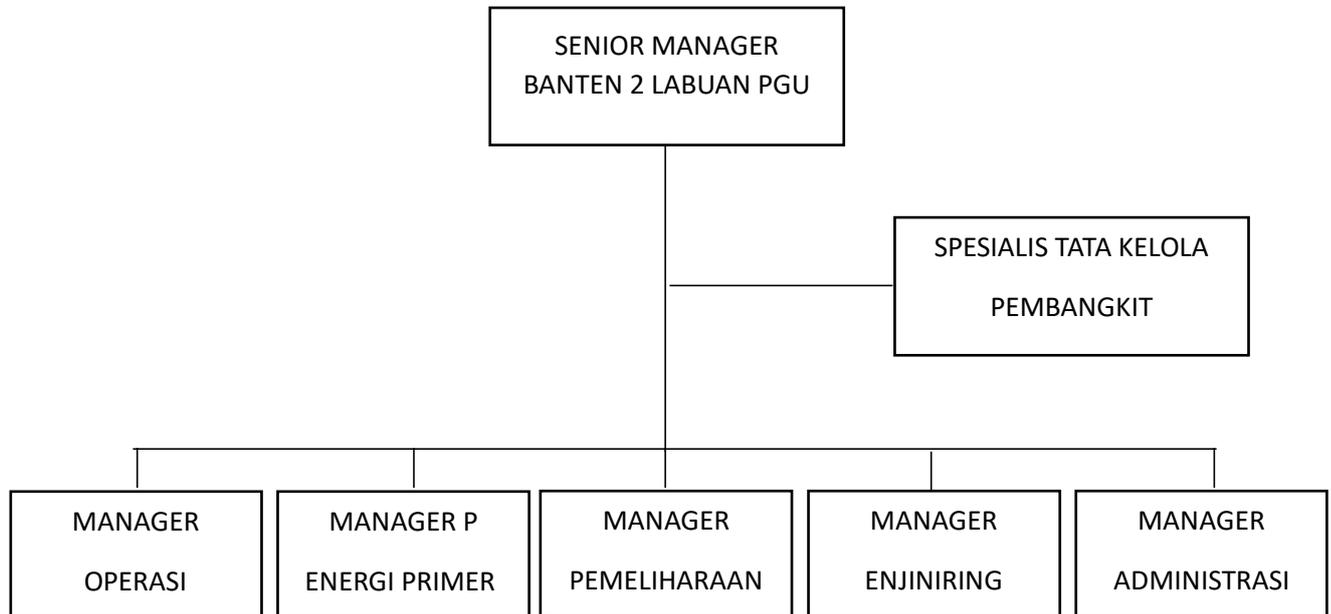
3. Tiga Gelombang (Ujung Gelombang Menghadap Ke bawah)

Tiga gelombang, berwarna biru, berbentuk sinusodia, ujung gelombang menghadap ke bawah, tersusun sejajar dalam arah mendatar, dan terletak di tengah-tengah pada dasar kuning. Tiga gelombang memiliki arti gaya rambat energi listrik yang dialirkan oleh tiga bidang usaha utama yang digeluti oleh PLN yaitu pembangkitan, penyaluran dan distribusi yang seiring sejalan dengan kerja para insan PLN guna memberikan layanan terbaik bagi pelanggannya. Warna biru melambangkan kesetiaan dan pengabdian pada tugas untuk menuju dan mencapai kemakmuran dan kesejahteraan rakyat Indonesia, serta keandalan yang dimiliki oleh insan PLN dalam memberikan layanan terbaik bagi para pelanggannya.



2.5 Struktur Organisasi PLTU Banten 2 Labuan PGU

Pada setiap perusahaan pasti memiliki garis koordinasi untuk mencapai suatu tujuan perusahaan. Untuk mendapat hasil maksimal maka dibentuk suatu struktur organisasi agar tidak terjadi kesalahan dalam penggunaan wewenang karena setiap bagian memiliki tugas masing-masing. Berikut adalah struktur organisasi PLTU Banten 2 Labuan PGU:



Gambar 2.3 Struktur Organisasi PLTU Banten 2 Labuan PGU

(Sumber: Dokumen Pribadi)



BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pengertian Boiler

Boiler dapat didefinisikan sebagai suatu alat berbentuk bejana tertutup tempat terjadinya proses pemanasan air sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan uap panas atau *steam* bertekanan di atas tekanan atmosfer. Proses perubahan air menjadi uap panas dilakukan dengan mentransferkan energi panas hasil pembakaran yang dilakukan secara terus-menerus dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Steam yang dihasilkan dari proses ini dapat digunakan sebagai fluida kerja maupun media pemanas untuk berbagai keperluan baik sebagai pendukung proses produksi seperti pemanfaatan panas dari steam untuk pengolahan dan pemanasan pada industri kecil, maupun sebagai instalasi tenaga atau pembangkit tenaga listrik. (Djokosetyoarjo, 1987)

Boiler juga dapat dikatakan sebagai pesawat uap yang akan mentransferkan energi-energi kimia menjadi kerja (usaha). Energi yang terkandung di dalam air akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur dan tekanan yang terjadi. Boiler berfungsi untuk merubah air menjadi uap *superheat* yang bertemperatur dan bertekanan tinggi. Proses memproduksi uap ini disebut '*Steam Raising*' (Pembuat Uap). Unit/alat yang digunakan untuk membuat uap disebut "Boiler" (Boiler) atau lebih tepat *steam generator* (Pembangkit Uap).

Pada umumnya prinsip kerja boiler cukup sederhana dan sama seperti pada saat kita sedang mendidihkan air menggunakan panci. Proses pendidihan air ini akan selalu diiringi proses perpindahan panas serta melibatkan bahan bakar, udara, material wadah air, serta air itu sendiri. Dalam tahapannya terbagi lagi menjadi tiga jenis perpindahan panas yang sudah sangat familiar dengan kita yakni konduksi, konveksi, dan radiasi. Proses pertama adalah konduksi, di mana ini terjadi saat boiler mendapatkan energi



panas untuk mengubah air menjadi uap dari penghantar panas. (Djokosetyoarjo, 1987)

Lalu dilanjutkan dengan distribusi antar molekul air dalam aliran yang terjadi secara konveksi. Perpindahan panas konvektif antar molekul air, seolah-olah menciptakan aliran fluida yang terpisah dari aliran air di pipa-pipa boiler. Selanjutnya, bahan bakar gas yang mengandung energi panas terus mengalir ke sisi knalpot mengikuti bentuk boiler. Panas yang terkandung dalam gas buang diserap oleh permukaan tabung ketel dan dipindahkan ke air di dalam tabung. Air secara bertahap mengubah fase menjadi uap basah (jenuh) dan selanjutnya dapat bertransisi menjadi uap kering (super panas).

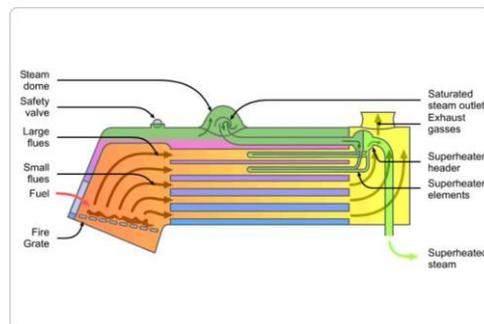
3.2 Jenis – Jenis Boiler

Klasifikasi Boiler berdasarkan bahan bakarnya dibagi menjadi dua yaitu, Boiler pipa api dan Boiler pipa air. Jenis Boiler pipa api banyak digunakan oleh industri yang memerlukan tekanan uap yang relatif rendah, misalnya pabrik-pabrik gula. Sedangkan jenis pipa air digunakan oleh industri/pembangkit listrik yang memerlukan tekanan uap yang tinggi, misalnya pada pusat-pusat listrik tenaga uap.

1. Boiler Pipa Api

Pada *fire tube boiler*, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran), yang membawa energi panas (*thermal energy*) dan akan ditransfer ke air yang ada pada boiler melalui bidang pemanas (*heating surface*). Biasanya penggunaan *fire tube boilers* pada kapasitas *steam* yang relative kecil dengan tekanan *steam* rendah hingga sedang. Bahan bakar yang dipergunakan pada jenis boiler *fire tube boilers* dapat berupa bakar minyak, gas atau bahan bakar padat dalam pengoperasiannya. Untuk alasan yang lebih hemat dan ekonomis biasanya sebagian besar *fire tube boilers* telah dikonstruksi sebagai paket boiler (dirakit oleh pabrik) untuk semua bahan bakar.

Boiler pipa api menjadi tipe boiler yang paling sederhana. Boiler ini memungkinkan untuk diaplikasikan pada kebutuhan uap air rendah hingga menengah. Hal tersebut dimungkinkan karena desainnya yang tidak lebih rumit dari boiler pipa air. Ukuran boiler pipa api juga relatif lebih kecil, dan memungkinkan untuk dipindah tempatkan dengan sangat mudah. Kelebihan tersebut yang kemudian membuat boiler ini sangat populer ketika dikembangkan bersamaan dengan mesin uap. Di abad ke-19 hingga awal abad ke-20, boiler pipa api dikembangkan secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan transportasi di masa itu. Kereta uap, kapal laut, hingga model awal mobil, menjadi moda transportasi berdapur pacu boiler pipa api yang paling canggih di masa itu. (Djokosetyoarjo, 1987)



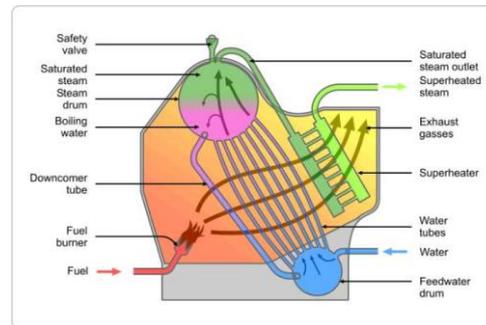
Gambar 3.1 Boiler Pipa Api

(Sumber: Djokosetyoarjo, 1987)

2. Boiler Pipa Air

Pengertian boiler pipa air adalah boiler dengan pipa-pipa berisikan air tersirkulasi, yang dipanaskan oleh api di sisi luar pipa. Boiler pipa air memiliki desain berkebalikan dengan boiler pipa api. Boiler ini mensirkulasikan air melewati saluran-saluran pipa dengan sumber panas berasal dari ruang bakar (*furnace*). Pipa-pipa yang menjadi saluran sirkulasi air-uap air ini, berada di dalam selimut api ruang bakar hingga saluran gas panas hasil pembakaran. Pada boiler-boiler pipa air modern dengan beban produksi besar, ada beberapa bagian pipa-pipa air yang

didesain menjadi dinding dari ruang bakar boiler. Pipa-pipa tersebut biasa kita kenal dengan istilah *wall tubes*.



Gambar 3.2 Boiler Pipa Air

(Sumber: Djokosetyoarjo, 1987)

Sebuah tanki air yang biasa disebut dengan *steam drum*, menjadi salah satu karakteristik boiler pipa air. Steam drum berfungsi sebagai tanki air yang dijaga levelnya untuk memastikan selalu ada air tersirkulasi ke pipa-pipa air. Selain itu steam drum juga berfungsi untuk memisahkan uap air basah dengan air. Uap air basah yang keluar dari steam drum biasanya akan dipanaskan lebih lanjut untuk menghasilkan uap panas lanjut (*superheated steam*). Boiler pipa-air sekalipun memiliki desain yang sedikit lebih kompleks daripada boiler pipa-api, namun boiler pipa-air cenderung lebih mampu menghasilkan kualitas uap air yang lebih tinggi (lebih *superheated*), serta kapasitas yang jauh lebih besar. Oleh karena itulah boiler pipa air lebih cocok diaplikasikan pada industry-industri besar yang lebih menuntut kuantitas, sekaligus kualitas uap air tinggi seperti pembangkit listrik tenaga uap. (Djokosetyoarjo, 1987)

Pada boiler terdapat juga jenis – jenis boiler berdasarkan *phase* nya terbagai menjadi 3, yaitu:

1. *Subcritical* Boiler, adalah jenis boiler yang beroperasi pada tekanan dan suhu di bawah titik kritis air. Titik kritis air adalah titik di mana fase gas dan fase cair dari air tidak dapat dibedakan dan air berada pada keadaan supercritical. Boiler jenis ini memiliki beberapa karakteristik, termasuk



yaitu lebih umum dan murah, efisiensi yang lebih rendah, proses pembangkitan listrik yang umum dan daer beroperasi pada beban variabel. Jadi, dalam *subcritical* boiler, air tetap dalam keadaan cair pada tekanan dan suhu operasionalnya. Biasanya, boiler ini beroperasi pada tekanan di bawah 221 bar dan suhu di bawah 374 °C, yang merupakan nilai kritis air. Ketika boiler bekerja pada kondisi ini, air tetap berada dalam bentuk cair, bukan gas.

2. *Supercritical* Boiler, *Supercritical* boiler adalah jenis boiler yang beroperasi pada tekanan dan suhu di atas titik kritis air. Titik kritis air adalah titik di mana fase gas dan fase cair dari air tidak dapat dibedakan lagi dan air berada pada keadaan *supercritical*. Dalam *supercritical* boiler, air bekerja pada tekanan dan suhu di atas 221 bar dan 374 derajat celsius, yaitu nilai tekanan dan suhu kritis air. Pada kondisi ini, air berada dalam keadaan *supercritical*, di mana perbedaan antara fase cair dan fase gas tidak lagi ada. Beberapa karakteristik dari *supercritical* boiler meliputi, efisiensi tinggi, reduksi emisi, operasi pada beban tinggi, dan konstruksi lebih canggih. Meskipun *supercritical* boiler memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan manfaat lingkungan yang signifikan, konstruksi dan biaya produksinya biasanya lebih mahal daripada *subcritical* boiler. Namun, karena keunggulannya dalam efisiensi dan pengurangan emisi, mereka menjadi pilihan yang umum untuk pembangkit listrik, terutama dalam upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dan memaksimalkan efisiensi energi.
3. *Ultra Supercritical* Boiler, *Ultra Supercritical* boiler (USC) adalah jenis boiler yang lebih maju dan bekerja pada tekanan dan suhu yang lebih tinggi dari pada *supercritical* boiler konvensional. Mereka beroperasi pada tekanan dan suhu yang jauh di atas nilai kritis air, melebihi 240 bar (tekanan) dan 600 °C, tergantung pada desain dan teknologi yang digunakan. Beberapa karakteristik utama dari ultra-supercritical boiler (USC) meliputi, efisiensi yang lebih tinggi, pengurangan emisi yang signifikan, kinerja lebih stabil pada beban tinggi dan teknologi konstruksi



yang canggih. Penggunaan USC dalam industri pembangkit listrik menjadi tren karena keunggulan efisiensi dan pengurangan emisi yang signifikan. Meskipun biaya produksinya cenderung lebih tinggi daripada boiler supercritical konvensional, keuntungan jangka panjang dalam hal efisiensi energi dan dampak lingkungan yang lebih rendah membuatnya menjadi pilihan yang menarik dalam usaha untuk memaksimalkan efisiensi dan mengurangi jejak karbon.

3.3 Komponen – Komponen Boiler

Pada boiler terdapat komponen utama yang diperlukan agar proses untuk menghasilkan uap dari pembakaran yang terjadi di dalam boiler dapat sempurna, di antaranya yaitu:

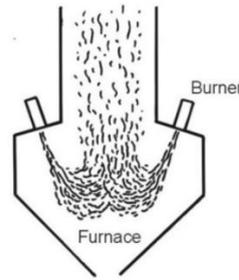
1. Ruang Pembakaran (*Furnace*)

Furnace merupakan ruang dapur tempat terjadinya proses pembakaran bahan bakar. Pada *furnace* biasanya terdapat pipa-pipa berisi air ketel yang menempel pada dinding dapur dan akan menerima panas dari hasil bahan bakar. Panas yang diterima oleh pipa air tersebut akan mengubah fasa air di dalam pipa menjadi uap panas bertekanan yang nantinya akan digunakan untuk kebutuhan produksi maupun pembangkit.

2. *Burner*

Burner merupakan alat untuk menghasilkan sumber api bagi boiler. Yaitu dengan cara membakar campuran bahan bakar (batubara) dan udara di dalam ruang bakar boiler. Jenis-jenis *burner* berdasarkan arah masuknya batubara terbagi menjadi 3 metode, yaitu:

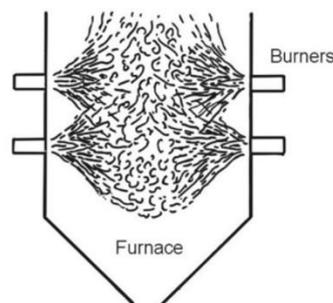
- a. *Vertical/Downshot Firing*, Serbuk batubara diinjeksikan pada area *lower furnace*. Area *lower furnace* didesain dengan *lining refractory* sehingga mempunyai temperatur yang tinggi untuk proses penyalaan. (Abi Tonjo Buono, 2020)



Gambar 3.3 *Vertical Firing*

(Sumber: Yolanda Pravitasari, 2017)

- b. *Horizontal Firing*, Konfigurasi *burner* terpasang pada sisi dinding *furnace*, pada satu sisi *front wall* maupun kedua sisi *front* dan *back wall*. Serbuk batubara diinjeksikan secara horisontal dengan tingkat *turbulent swirl* yang tinggi untuk menghasilkan pembakaran secara cepat. Masing masing *burner* membentuk nyala api secara individual dan *independent*. Perbandingan batubara dan udara pembakaran pada masing masing *burner* harus tepat untuk menghasilkan pembakaran yang baik. (Abi Tonjo Buono, 2020)

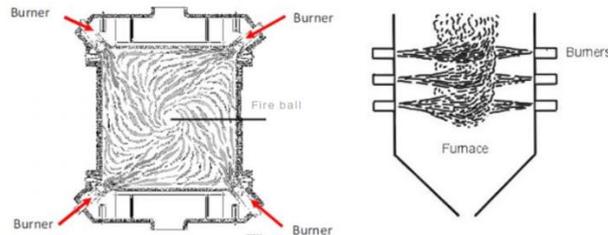


Gambar 3.4 *Horizontal Firing*

(Sumber: Yolanda Pravitasari, 2017)

- c. *Tangential Firing*, Pembakaran tangensial merupakan salah satu sistem pembakaran yang dilakukan pada *pulverized fuel boiler* berfungsi untuk menciptakan bola api (*fire ball*) pada pusat *furnace*. Pada masing-masing *corner* memiliki *burner* yang bertingkat.

Pembakaran tangensial memiliki kekurangan, yaitu pada pengaturan sudut pembakaran dan apabila ada gangguan pada *burner* akan mengakibatkan ketidakstabilan pembentukan lingkaran bola api (*fire ball*). (Abi Tonjo Buono, 2020)



Gambar 3.5 *Tangential Firing*

(Sumber: Yolanda Pravitasari, 2017)

3. Ketel Drum (*Steam Drum*)

Ketel drum merupakan bejana yang berfungsi sebagai tempat pemisahan antara air dan uap yang berasal dari pipa-pipa air yang menguap. Steam drum ini terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian bawah tempat penampungan air dan bagian atas tempat penampungan uap penguapan. Uap jenuh hasil pemasakan pada *walltube* kemudian akan dialirkan lagi ke daerah *superheater* untuk dipanaskan kembali

4. *Superheater*

Superheater merupakan bagian penting dalam unit pembangkit uap. Tujuannya adalah untuk meningkatkan temperatur uap jenuh tanpa menaikkan tekanannya dengan melakukan pemanasan ulang. *Superheater* memproduksi *superheated steam* atau uap kering. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari uap yang masih memiliki kandungan air karna akan menyebabkan terjadi kondensasi yang terlalu cepat di dalam mesin yang menggunakan uap air tersebut. Uap air ini menyimpan lebih banyak energi panas daripada uap air saturated (uap air basah), ditandai dengan nilai entalpi yang lebih tinggi. Uap air yang diproduksi oleh boiler konvensional umumnya hanya mencapai fasa *saturated* dan pada *superheater* uap ini akan dipanaskan lebih lanjut untuk mencapai fasa *superheated*.



5. *Economizer*

Economizer adalah *Heat Exchanger* (penukar kalor) yang dipasang pada saluran air pengisi sebelum air masuk ke Boiler Drum. Konstruksi *Economizer* berupa sekelompok pipa-pipa kecil yang disusun berlapis-lapis. Di bagian dalam pipa mengalir air pengisi yang dipompakan oleh *Boiler Feed Pump* dan dibagian luar pipa mengalir gas panas hasil pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Karena temperatur gas panas lebih tinggi dari temperatur air pengisi maka gas panas menyerahkan panas kepada air pengisi sehingga temperatur air pengisi menjadi naik dan diharapkan mendekati titik didihnya, tapi jangan melampaui titik didih karena akan menyebabkan terbentuknya uap di dalam pipa *economizer* dengan akibat lebih lanjut terjadi *overheating* pada pipa tersebut.

6. *Air Preheater*

Air Preheater adalah komponen pada boiler yang berfungsi untuk memanaskan udara sebelum udara tersebut masuk ke dalam *furnace* atau tungku pembakaran untuk membantu pembakaran bahan bakar secara lebih efisien. Udara yang dipanaskan ini kemudian digunakan sebagai udara pembakaran dalam proses pembakaran bahan bakar di dalam *furnace*. Fungsi utama dari air preheater adalah peningkatan efisiensi pembakaran, penghematan energi, pengurangan emisi polutan, dan peningkatan kinerja boiler. *Air Preheater* biasanya terdiri dari serangkaian pipa atau elemen pemanas yang memanaskan udara menggunakan panas dari gas buang sebelum udara masuk ke *furnace*. Hal ini memungkinkan untuk menggunakan panas yang akan terbuang untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan boiler.

7. *Wall tubes*

Wall tubes pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah serangkaian pipa-pipa yang membentuk dinding boiler. Pipa-pipa ini merupakan bagian vital dari boiler yang berfungsi sebagai bagian dari proses pertukaran panas. Fungsi utama dari *wall tubes* adalah pertukaran



panas, meningkatkan efisiensi boiler, struktur penyangga, peran dalam sirkulasi air dan uap. *Wall tubes* umumnya terbuat dari material yang tahan terhadap suhu tinggi dan tekanan, seperti baja tahan karat atau logam khusus lainnya yang dapat menahan kondisi ekstrem di dalam boiler. Kondisi yang baik dari *wall tubes* sangat penting untuk menjaga efisiensi dan kinerja keseluruhan dari boiler dalam menghasilkan uap untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Oleh karena itu, pemeliharaan dan perawatan yang baik pada *wall tubes* merupakan bagian penting dari operasi boiler di PLTU

8. Sootblower

Sootblower adalah perangkat atau alat yang digunakan dalam boiler PLTU untuk membersihkan deposit atau endapan yang terbentuk pada permukaan pemanas di dalam boiler. Endapan tersebut umumnya terdiri dari abu, kerak, atau partikel lain yang terbentuk selama proses pembakaran bahan bakar. Fungsi utama dari sootblower adalah, membersihkan endapan, memperahankan kinerja optimal boiler, mencegah kerusakan dan keasuan dan meningkatkan efisiensi boiler. *Sootblower* umumnya menggunakan uap atau udara bertekanan tinggi yang disemprotkan ke permukaan pemanas untuk membersihkan endapan. Ada beberapa jenis sootblower, seperti *Long Retractable Sootblower (LRSB)*, *Rotary Sootblower*, *Wall Blowers*, dan lainnya, yang dapat digunakan sesuai dengan desain dan kebutuhan spesifik boiler dalam PLTU. Penggunaan sootblower secara teratur adalah bagian penting dari perawatan preventif dalam PLTU. Dengan membersihkan endapan secara rutin, efisiensi boiler dapat dipertahankan, risiko kerusakan dapat dikurangi, dan umur pakai dari peralatan dapat diperpanjang.

9. Safety Valves

Safety valve pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah perangkat penting yang berfungsi untuk melindungi boiler dari peningkatan tekanan yang berlebihan yang dapat mengakibatkan ledakan



atau kerusakan pada boiler. Fungsi utama *safety valve* adalah melepaskan tekanan berlebih, mencegah kegagalan struktural menjaga kestabilan operasional dan perlindungan terhadap ledakan. Ketepatan fungsi dan ketersediaan *safety valve* yang baik sangat penting dalam menjaga keselamatan operasional pada PLTU. Karena itu, perawatan, pengujian, dan penggantian *safety valve* secara teratur merupakan bagian penting dari pemeliharaan boiler dan keselamatan operasional PLTU secara keseluruhan.

3.4 Efisiensi

Efisiensi adalah kata yang menunjukkan keberhasilan seseorang atau organisasi atas usaha yang dijalankan yang diukur dari segi besarnya sumber yang digunakan untuk mencapai hasil kegiatan yang dijalankan. Dengan kata lain, efisiensi merupakan perbandingan antara sumber dan hasil. Jika dikaitkan dengan teori sistem, maka efisiensi merupakan perbandingan antara masukan (*input*) dan keluaran (*output*). (Yolanda Pravitasari, 2017)

Pengujian efisiensi dari boiler dapat didefinisikan sebagai prestasi kerja atau tingkat unjuk kerja boiler atau ketel uap yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan ke atau diserap oleh fluida kerja di dalam ketel dengan masukan energi kimia dari bahan bakar. Efisiensi boiler adalah ukuran kemampuan boiler untuk mengubah bahan bakar menjadi uap. Efisiensi boiler dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti beban kerja, jenis bahan bakar, dan perawatan. Dikenal ada dua metode untuk menghitung efisiensi bahan bakar pada boiler, yaitu metode langsung dan metode tak langsung. (Yolanda Pravitasari, 2017)

1. Metode Langsung

Metode langsung, atau dikenal juga sebagai metode input-output, dilakukan dengan jalan membandingkan secara langsung energi panas yang diserap oleh air sehingga berubah fase menjadi uap air (energi output), dengan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar boiler (energi input). (Surindra, 2013)



Tabel 3.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode Langsung

Kelebihan	Kekurangan
Parameter primer dari definisi efisiensi bahan bakar boiler (input-output) dihitung secara langsung.	Debit dan heating value bahan bakar, maupun debit dan properties uap air, harus dihitung seakurat mungkin untuk meminimalisir ketidaktepatan.
Tidak memerlukan asumsi nilai untuk kerugian tak terukur	Tidak mampu menunjukkan potensi penyebab inefisiensi.

2. Metode Tidak Langsung

Metode tidak langsung (*heat losses*) adalah perhitungan yang tidak langsung melibatkan komponen utama rumusan efisiensi boiler yakni energi output dan input, melainkan dengan jalan menghitung kerugian-kerugian (*losses*) yang ada. Perhitungan efisiensi tak-langsung dilakukan dengan cara terbalik yakni fokus ke parameter-parameter *losses* serta *energy credit* (kredit energi). Yang dimaksud dengan kredit energi adalah energi-energi sekunder yang masuk ke boiler selain energi primer dari bahan bakar. Sedangkan *losses* adalah parameter-parameter energi terbuang yang tidak terkonversikan menjadi energi panas di dalam uap air. Petunjuk perhitungan dan pengukuran dari parameter-parameter tersebut sangat detail dijabarkan melalui standarisasi yang dikeluarkan oleh *The American Society of Mechanical Engineers* (ASME).

Metode tidak langsung dilakukan dengan sangat detail pada setiap parameter yang diukur, sehingga tingkat keakuratannya dianggap jauh lebih baik dibandingkan dengan metode langsung. Namun tentu metode tak-langsung ini membutuhkan biaya yang lebih besar karena membutuhkan peralatan-peralatan khusus di dalamnya. Atas dasar itulah banyak yang menganggap metode tak-langsung ini lebih cocok



digunakan pada boiler-boiler skala besar, dan tentu tidak terlalu cocok digunakan untuk menghitung efisiensi boiler kecil. (Surindra, 2013)

3.5 Rumus – Rumus yang Digunakan

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung nilai efisiensi boiler tipe *subcritical* pada unit I di PLTU Banten 2 Labuan PGU adalah sebagai berikut.

1. Energi Supply to Main Steam

Adapun rumusnya yaitu:

$$Q_{ms} = (m_{ms} - m_{psw}) (h_{ms} - h_{fw}) \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

Q_{ms} : Energi Supply to Main Steam (kJ/h)

m_{ms} : Main Seam Flow (kg/h)

m_{psw} : SH Spray Water Flow (kg/h)

h_{ms} : Main Steam Enthalpy (kJ/kg)

h_{fw} : Feed Water Enthalpy (kJ/kg)

2. Energi Supply to SH Spray Water

Adapun rumusnya yaitu:

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

Keterangan:

Q_{psw} : Energi Supply to SH Spray Water (kJ/h)

m_{psw} : SH Spray Water Flow (kg/h)

h_{ms} : Main Steam Enthalpy (kJ/kg)

h_{psw} : SH Spray Water Enthalpy (kJ/kg)

3. Energi Supply to Reheat Steam

Adapun Rumusnya yaitu:

$$Q_{rs} = m_{fw} (h_{rho} - h_{rhi}) \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

Q_{rs} : Energi Supply to Reheat Steam (kJ/h)

m_{fw} : Feed Water Flow (kg/h)

h_{rho} : Hot Reheat Steam Enthalpy (kJ/kg)



h_{rhi} : Cold Reheat Steam Enthalpy (kJ/kg)

4. Energi Supply to Reheat Spray Water

Adapun Rumusnya yaitu:

$$Q_{rsw} = m_{rsw} (h_{rhi} - h_{rsw}) \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan:

Q_{rsw} : Energi Supply to Reheat Spray Water (kJ/h)

m_{rsw} : Reheat Spray Water Flow (kg/h)

h_{rhi} : Cold Reheat Steam Enthalpy (kJ/kg)

h_{rsw} : Reheat Spray Water Enthalpy (kJ/kg)

5. Total Energi Output

Adapun rumusnya yaitu:

$$Q_{out} = Q_{ms} + Q_{psw} + Q_{rs} + Q_{rsw} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

Q_{out} : Total Energi Output (kJ/h)

Q_{ms} : Energi Supply to Main Steam (kJ/h)

Q_{psw} : Energi Supply to SH Spray Water (kJ/h)

Q_{rs} : Energi Supply to Reheat Steam (kJ/h)

Q_{rsw} : Energi Supply to Reheat Spray Water (kJ/h)

6. Total Energi Input

Adapun rumusnya yaitu:

$$Q_{in} = m_{bb} \times N_k \times 4.184 \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

Q_{in} : Total Energi Input (kJ/h)

m_{bb} : Massa batubara (kg/h)

N_k : Nilai Kalori (kCal/kg)

4.184 : Nilai konversi dari kCal ke kJ

7. Efisiensi Boiler

Adapun rumusnya yaitu:

$$\eta = (Q_{out} / Q_{in}) (100\%) \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

η : Efisiensi Boiler (%)



Q_{out} : Total Energi Output (kJ/h)

Q_{in} : Total Energi Input (kJ/h)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Boiler

Boiler atau ketel uap merupakan komponen utama dalam pembangkit listrik tenaga uap yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pemanasan air sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan uap panas atau *steam* yang bertekanan di atas tekanan atmosfer. Boiler yang digunakan pada PLTU Banten 2 Labuan memiliki tipe boiler *subcritical*. Boiler tipe *subcritical* adalah jenis boiler yang memiliki fase yang tidak homogen (masih bisa dibedakan antara cair dan uap) sehingga membutuhkan *steam drum* untuk memisahkan kedua fase untuk lanjut dipanaskan kembali menjadi *superheated steam* yang digunakan untuk memutar sudu turbin. Tekanan operasi *subcritical* boiler adalah kurang dari 22,1 MPa. Adapun spesifikasi boiler di PLTU Banten 2 Labuan unit I adalah seperti terlihat pada gambar 4.1 berikut.

电站锅炉		UTILITY BOILER	
许可证级别 CERT. CLASS	A	DG1025/17.4-II13	检验单位 SUPERVISORY DEPT.
许可证编号 CERT. NO.	FSZ110524-2010		检验标志 SUPERVISOR MARK
最大连续蒸发量 B-MCR	1055.75 t/h	额定蒸汽压力 NOMINAL STEAM PRESS.	17.4 MPa
额定蒸汽温度 NOMINAL STEAM TEMP.	541 °C	给水温度 FEED WATER TEMP.	280 °C
再热蒸汽进出口温度 RH STEAM IN./OUT. TEMP.	330/541 °C	再热蒸汽进出口压力 RH STEAM IN./OUT. PRESS.	3,8/3,63 MPa
锅炉编号 BOILER NUMBER	W117167	制造年月 MANUFACTURE DATE	2008-06
DEC 中华人民共和国东方锅炉(集团)股份有限公司制造 DONGFANG BOILER GROUP CO., LTD. THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA			

Gambar 4.1 Spesifikasi Boiler

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Boiler yang terdapat di PLTU Banten 2 Labuan merupakan boiler jenis pipa air. Boiler jenis ini memiliki prinsip kerja dimana pipa-pipa yang berisikan air tersirkulasi dipanaskan oleh api di sisi luar pipa. Boiler pipa air memiliki desain berkebalikan dengan boiler pipa api. Boiler ini



mensirkulasikan air melewati saluran-saluran pipa dengan sumber panas berasal dari ruang bakar (*furnace*). Pipa-pipa yang menjadi saluran sirkulasi air-uap air ini, berada di dalam selimut api ruang bakar hingga saluran gas panas hasil pembakaran. Pada boiler-boiler pipa air modern dengan beban produksi besar, ada beberapa bagian pipa-pipa air yang didesain menjadi dinding dari ruang bakar boiler. Pipa-pipa tersebut biasa kita kenal dengan istilah *wall-tube*. Tekanan steam yang dihasilkan oleh boiler pipa air jauh lebih besar dibandingkan dengan boiler pipa api. Boiler pipa air memiliki nilai efisiensi yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan boiler pipa api dengan kapasitas pengoperasian boiler pipa air dapat mencapai hingga 100 bar.

4.2 Data Operasional

Pengambilan data dilakukan dengan metode langsung atau lebih dikenal metode input – output yang dilakukan dengan cara membandingkan secara langsung energi panas yang diserap oleh air sehingga berubah fase menjadi uap air (energi output), dengan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar boiler (energi input). Banyak data yang diambil yaitu sebanyak tiga sampel, yang dibedakan berdasarkan waktunya. Adapun pengambilan data awal yang dilakukan untuk melakukan perhitungan data dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Operasional

No	Parameter	Output			Satuan
		Data 1	Data 2	Data 3	
1	Main Steam Flow (m_{ms})	845019	835034	843648	kg/h
2	Feed Water Flow (m_{fw})	845019	835034	843648	kg/h
3	SH Spray Water Flow (m_{psw})	66294.3	75421.1	84096.7	kg/h
4	Reheater Spray Water Flow (m_{rsw})	72499.6	79663.8	81999.5	kg/h
5	Main Steam Pressure (P_{ms})	155	154.3	155.4	Bar
6	Main Steam Temperatur (T_{ms})	537.9	537.1	536.2	°C



7	Main Steam Enthalpy (h_{ms})	3411.9	3410.5	3406.5	kJ/kg
8	Feed Water Pressure (P_{fw})	171.6	170.5	171.8	Bar
9	Feed Water Temperatur (T_{fw})	275.2	276.3	277.4	°C
10	Feed Water Enthalpy (h_{fw})	1207.9	1213.5	1219.1	kJ/kg
11	Hot Reheat Steam Pressure (P_{rhi})	35.5	36.2	36.9	Bar
12	Hot Reheat Steam Temperatur (T_{rhi})	340.2	343.1	343.3	°C
13	Hot Reheat Steam Enthalpy (h_{rhi})	3079.7	3085.3	3083.9	kJ/kg
14	Cold Reheat Steam Pressure (P_{rho})	33.8	34.5	35.2	Bar
15	Cold Reheat Steam Temperatur (P_{rho})	535.7	535.5	530.9	°C
16	Cold Reheat Steam Enthalpy (h_{rho})	3533.6	3532.4	3521.3	kJ/kg
17	SH Spray Water Pressure (P_{sw})	175.5	174.1	175.3	Bar
18	SH Spray Water Temperature (T_{sw})	175.7	178.5	179.5	°C
19	SH Spray Water Enthalpy (h_{psw})	753.4	765.5	769.4	kJ/kg
20	Reheater Spray Water Pressure (P_{rsw})	88.9	87.5	86.7	Bar
21	Reheater Spray Water Temperatur (T_{rsw})	173.8	177	177.4	°C
22	Reheater Spay Water Enthalpy (h_{rsw})	740.2	754.2	755.7	kJ/kg

Pada tabel di atas merupakan data awal untuk mencari nilai efisiensi dari boiler. Setiap data yang diambil pada sistem kontrol boiler dilakukan dengan mengamati nilai temperature dan pressure selama 15 menit sekali dalam waktu 2 jam yang kemudian hasil dari data tersebut di rata-ratakan, sama halnya dengan pengambilan data spesifikasi bahan bakar dilakukan pengamatan selama 15 menit sekali dalam waktu 2 jam yang kemudian hasil



dari data tersebut di rata-ratakan. Di mana untuk nilai enthalpi sudah diketahui sehingga data yang perlu ditambah untuk lanjut ke proses perhitungan yaitu spesifikasi dari batubara. Adapun data spesifikasi bahan bakar dari batubara dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Spesifikasi Batubara

No	Mill	Nilai Kalori (kCal/kg)			Massa Batubara (kg/h)		
		Data 1	Data 2	Data 3	Data 1	Data 2	Data 3
1	A	4391	-	-	43098.6	-0.1	-0.1
2	B	-	4391	4363	-0.1	45614	46013.3
3	C	4499	4499	3914	45102.8	45119.6	42079.1
4	D	4391	4391	4363	44322.1	44852.1	45879.5
5	E	4391	4391	4363	45501	42445.3	44190.9

Pada tabel di atas merupakan data dari spesifikasi batubara yang digunakan pada tanggal 7, 8 dan 9 - Agustus - 2023. Pada unit I dan II di PLTU Banten 2 labuan terdapat alat untuk menghaluskan batubara yang sering disebut Mill. Setiap unit terdapat 5 alat penghalus batubara yang berfungsi untuk mengubah ukuran menjadi sangat halus seperti bedak. Batubara yang telah halus ini kemudian didorong oleh *Primary Air Fan (PA fan)* ke area boiler untuk menjadi bahan bakar dan memanaskan air. Dari 5 alat tersebut ada satu alat yang tidak akan beroperasi, karena satu alat yang tidak beroperasi tersebut berfungsi sebagai cadangan untuk sewaktu waktu terjadi *trouble* pada alat lain. Contohnya pada tabel tersebut terdapat Mill yang tidak beroperasi yaitu Mill B pada data 1 sedangkan untuk Mill A di data 2 dan 3. Ketika salah satu alat tersebut tidak beroperasi maka spesifikasi batubara seperti nilai kalor dan massa batubara tidak ada nilai yang harus diambil.



4.3 Perhitungan

Setelah dilakukan pengambilan data operasional, data spesifikasi batubara dan telah diketahui nilai *enthalpy* maka langkah selanjutnya yaitu proses perhitungan, di antaranya yaitu:

4.3.1 Perhitungan Data 1

Berikut merupakan langkah – langkah perhitungan untuk mengetahui nilai efisiensi boiler pada data 1.

1. Energi Supply to Main Steam

$$Q_{ms} = (m_{ms} - m_{psw}) (h_{ms} - h_{fw})$$

$$Q_{ms} = (845019 \text{ kg/h} - 66294.3 \text{ kg/h}) (3411.9 \text{ kJ/kg} - 1207.9 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{ms} = 1716309238.8 \text{ kJ/h}$$

2. Energi Supply to SH Spray Water

$$Q_{psw} = m_{psw} (h_{ms} - h_{psw})$$

$$Q_{psw} = 66294.3 \text{ kg/h} (3411.9 \text{ kJ/kg} - 753.4 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{psw} = 176243396.6 \text{ kJ/h}$$

3. Energi Supply to Reheat Steam

$$Q_{rs} = m_{fw} (h_{rho} - h_{rhi})$$

$$Q_{rs} = 845019 \text{ kg/h} (3533.6 \text{ kJ/kg} - 3079.7 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{rs} = 383554124 \text{ kJ/h}$$

4. Energi Supply to Reheat Spray Water

$$Q_{rsw} = m_{rsw} (h_{rhi} - h_{rsw})$$

$$Q_{rsw} = 72499.6 \text{ kg/h} (3079.7 \text{ kJ/kg} - 740.2 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{rsw} = 169612814.2 \text{ kJ/h}$$

5. Total Energi Output

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

$$Q_{out} = 1716309238.8 \text{ kJ/h} + 176243396.6 \text{ kJ/h} + 383554124 \text{ kJ/h} \\ + 169612814.2 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{out} = 2445719573.6 \text{ kJ/h}$$

6. Efisiensi Boiler

$$\eta = (Q_{out} / Q_{in}) (100\%)$$

Diketahui $Q_{in} = (m_{bb} \times N_k \times 4.184)$



$$Q_{in} = 3291025813 \text{ kJ/h}$$

$$\eta = (2445719573.6 \text{ kJ/h} / 3291025813 \text{ kJ/h}) (100\%)$$

$$\eta = 74.3\%$$

4.3.2 Perhitungan Data 2

Berikut merupakan langkah – langkah perhitungan untuk mengetahui nilai efisiensi boiler pada data 2.

1. Energi Supply to Main Steam

$$Q_{ms} = (m_{ms} - m_{psw}) (h_{ms} - h_{fw})$$

$$Q_{ms} = (835033.9 \text{ kg/h} - 75421.1 \text{ kg/h}) (3410.5 \text{ kJ/kg} - 1213.5 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{ms} = 1668869321 \text{ kJ/h}$$

2. Energi Supply to SH Spray Water

$$Q_{psw} = m_{psw} (h_{ms} - h_{psw})$$

$$Q_{psw} = 75421.1 \text{ kg/h} (3410.1 \text{ kJ/kg} - 765.5 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{psw} = 199458641.1 \text{ kJ/h}$$

3. Energi Supply to Reheat Steam

$$Q_{rs} = m_{fw} (h_{rho} - h_{rhi})$$

$$Q_{rs} = 835033.9 \text{ kg/h} (3532.4 \text{ kJ/kg} - 3085.3 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{rs} = 373343656.7 \text{ kJ/h}$$

4. Energi Supply to Reheat Spray Water

$$Q_{rsw} = m_{rsw} (h_{rhi} - h_{rsw})$$

$$Q_{rsw} = 79663.8 \text{ kg/h} (3085.3 \text{ kJ/kg} - 754.2 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{rsw} = 185704284.2 \text{ kJ/h}$$

5. Total Energi Output

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

$$Q_{out} = 1668869321 \text{ kJ/h} + 199458641.1 \text{ kJ/h} + 373343656.7 + 185704284.2 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{out} = 2427375903 \text{ kJ/s}$$

6. Efisiensi Boiler

$$\eta = (Q_{out} / Q_{in}) (100\%)$$



$$\begin{aligned} \text{Diketahui} \quad Q_{in} &= (m_{bb} \times N_k \times 4.184) \\ Q_{in} &= 3291163846.2 \text{ kJ/h} \\ \eta &= (2427375903 \text{ kJ/h} / 3291163844 \text{ kJ/h}) (100\%) \\ \eta &= 73.8 \% \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan Data 3

Berikut merupakan langkah – langkah perhitungan untuk mengetahui nilai efisiensi boiler pada data 3.

1. *Energi Supply to Main Steam*

$$\begin{aligned} Q_{ms} &= (m_{ms} - m_{psw}) (h_{ms} - h_{fw}) \\ Q_{ms} &= (843648 \text{ kg/h} - 84096.7 \text{ kg/h}) (3406.5 \text{ kJ/kg} - 1219.1 \text{ kJ/kg}) \\ Q_{ms} &= 1716309238.8 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

2. *Energi Supply to SH Spray Water*

$$\begin{aligned} Q_{psw} &= m_{psw} (h_{ms} - h_{psw}) \\ Q_{psw} &= 84096.7 \text{ kg/h} (3406.5 \text{ kJ/kg} - 769.4 \text{ kJ/kg}) \\ Q_{psw} &= 221771407.6 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

3. *Energi Supply to Reheat Steam*

$$\begin{aligned} Q_{rs} &= m_{fw} (h_{rho} - h_{rhi}) \\ Q_{rs} &= 843648 \text{ kg/h} (3521.3 \text{ kJ/kg} - 3083.9 \text{ kJ/kg}) \\ Q_{rs} &= 369011635.2 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

4. *Energi Supply to Reheat Spray Water*

$$\begin{aligned} Q_{rsw} &= m_{rsw} (h_{rhi} - h_{rsw}) \\ Q_{rsw} &= 81999.5 \text{ kg/h} (3083 \text{ kJ/kg} - 755.7 \text{ kJ/kg}) \\ Q_{rsw} &= 190837436.4 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

5. Total Energi Output

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{ms} + Q_{psw} + Q_{rs} + Q_{rsw} \\ Q_{out} &= 1716309238.8 \text{ kJ/h} + 221771407.6 \text{ kJ/h} + 369011635.2 \text{ kJ/h} \\ &\quad + 190837436.4 \text{ kJ/h} \\ Q_{out} &= 2497929718 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

6. Efisiensi Boiler

$$\eta = (Q_{out} / Q_{in}) (100\%)$$



$$\begin{aligned} \text{Diketahui} \quad Q_{in} &= (m_{bb} \times N_k \times 4.184) \\ Q_{in} &= 3173274385.6 \text{ kJ/h} \\ \eta &= (2497929718 \text{ kJ/h} / 3173274385.6 \text{ kJ/h}) (100\%) \\ \eta &= 78.7 \% \end{aligned}$$

4.4 Analisis Hasil Perhitungan

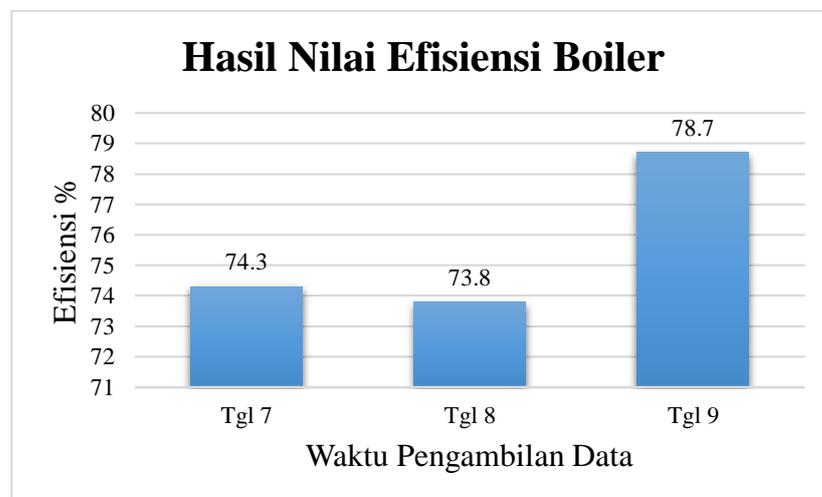
Pembangkit listrik tenaga uap merupakan salah satu dari beberapa jenis pembangkit listrik yang digunakan di seluruh dunia dan merupakan salah satu yang paling umum digunakan karena keandalannya dalam memproduksi listrik dalam jumlah besar. Salah satu komponen utama yang terdapat dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap yaitu boiler. Boiler adalah sebuah perangkat atau sistem yang digunakan untuk menghasilkan uap atau panas. Dalam konteks PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), boiler merupakan komponen kunci yang memanaskan air untuk menghasilkan uap yang akan digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Namun, perlu kita ketahui setiap suatu alat yang bekerja pasti memiliki kendala ketika alat tersebut beroperasi yang mengakibatkan alat tersebut tidak bisa beroperasi secara optimal. Pada boiler output yang dihasilkan yaitu suhu dengan temperatur tinggi dan menghasilkan uap bertekanan tinggi, output tersebut bisa dikatakan optimal ketika operasinya memenuhi beberapa kriteria utama yang meliputi efisiensi, keandalan, dan keamanan.

Boiler dianggap optimal jika dapat mengubah bahan bakar (seperti batubara, minyak, atau gas) menjadi energi dengan efisiensi tinggi, agar dapat meminimalkan kerugian energi dalam proses pemanasan. Memanfaatkan sebanyak mungkin panas yang dihasilkan dari pembakaran untuk memanaskan air, sehingga menghasilkan lebih banyak uap dengan jumlah bahan bakar yang sama. Boiler yang optimal harus dapat beroperasi secara konsisten dengan sedikit *downtime* atau gangguan. Ketika perawatan rutin dilakukan secara teratur dan tepat waktu, boiler memiliki masa pakai yang lebih panjang dan mampu beroperasi tanpa kendala yang serius. Sistem kontrol yang baik dan pemantauan yang teratur dari tekanan, suhu, dan



komponen kunci lainnya sangat penting untuk mencegah kegagalan atau bahaya potensial dan harus memiliki sistem keamanan yang kuat untuk mencegah kebocoran, ledakan, atau masalah serius lainnya. Dari ketiga faktor agar boiler dapat beroperasi secara optimal, nilai efisiensi boiler menjadi salah satu faktor utama agar uap yang dihasilkan bisa optimal untuk memutar turbin, untuk mengetahui nilai efisiensi boiler harus diperlukan data operasional dan kemudian dilakukan proses perhitungan.

Pada laporan ini membahas tentang analisis efisiensi boiler, dengan data operasionalnya diambil di PLTU Banten 2 Labuan pada unit I. Efisiensi merupakan penilaian/tolok ukur suatu alat dalam berkerja, efisiensi boiler pada PLTU adalah persentase unjuk kerja boiler yang didapatkan dari energi yang diserap oleh fluida kerja yaitu air di dalam boiler dengan energi masukan dari bahan bakar. Pada 4.2 merupakan data operasional yang diambil yaitu sebanyak 3 data, yang dibedakan berdasarkan waktu. Setiap data yang diambil pada sistem kontrol boiler dilakukan dengan mengamati nilai temperature dan pressure selama 15 menit sekali dalam waktu 2 jam yang kemudian hasil dari data tersebut di rata-ratakan, sama halnya dengan pengambilan data spesifikasi batubara dilakukan pengamatan selama 15 menit sekali dalam waktu 2 jam yang kemudian hasil dari data tersebut di rata-ratakan.



Gambar 4.2 Diagram Hasil Efisiensi Boiler

(Sumber: Dokumen Pribadi)



Setelah dilakukan pengambilan data langkah selanjutnya dilakukan proses perhitungan. Proses perhitungan efisiensi boiler dapat dilihat pada sub bab 4.3, dimana untuk hasil perhitungan efisiensi boiler pada data kesatu didapat nilai efisiensi sebesar 74.3%, kemudian pada data kedua didapat nilai efisiensi sebesar 73.8% dan untuk data ketiga didapat nilai efisiensi sebesar 78.7%. Dari 3 data tersebut secara literatur belum mencapai nilai efisiensi yang optimal, untuk rata-rata nilai efisiensi boiler yaitu kisaran 85-87% (Surindra, 2013). Jika dilihat pada hasil data ketiga nilai efisiensi boiler lebih mendekati dibandingkan dengan hasil data kesatu dan kedua. Namun, bila mengacu pada literatur tetap saja untuk hasil dari ketiga perhitungan efisiensi boiler tidak optimal dalam menghasilkan uap.

4.5 Analisis Hasil Efisiensi Boiler

Analisis efisiensi boiler adalah untuk memahami sejauh mana boiler tersebut mengkonversi energi menjadi panas yang berguna, dan memberikan wawasan tentang cara meningkatkan efisiensi serta mengurangi biaya operasional yang terkait dengan penggunaan energi. Pada hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai efisiensi yang masih jauh dari batas minimal, untuk rata-rata nilai efisiensi boiler yaitu sebesar 85-87% (Surindra, 2013). Sehingga perlu di analisis faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja dari boiler tersebut. Setelah dilakukan analisis hasil efisiensi boiler ada 3 faktor utama yang mungkin mempengaruhi hasil kinerja boiler. Ketiga faktor tersebut di antaranya *Sootblower*, *Wall tubes* dan Sudut *Burner*.

Faktor pertama yang mungkin mempengaruhi hasil kinerja boiler yaitu sootblower. Sootblower adalah perangkat yang digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) untuk membersihkan deposit atau endapan yang terbentuk pada permukaan pemanas dalam boiler. Endapan tersebut dapat terdiri dari abu, kerak, atau partikel-partikel lain yang terbentuk dari hasil pembakaran bahan bakar. Fungsi utama dari sootblower adalah untuk membersihkan permukaan pemanas di dalam boiler agar tidak terjadi akumulasi yang berlebihan dari endapan tersebut. Jika endapan tersebut tidak

dibersihkan secara teratur, dapat mengganggu aliran panas, mengurangi efisiensi pemanasan, dan bahkan meningkatkan risiko kerusakan pada boiler.

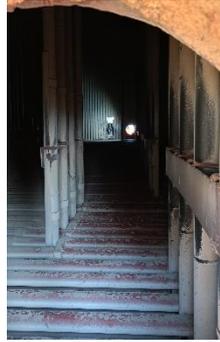


Gambar 4.3 Sooblower

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Pada gambar diatas merupakan alat sootblower yang dapat menjadi salah satu faktor hasil efisiensi tidak optimal. Ketika alat tersebut tidak bekerja secara optimal maka yang terjadi pada boiler terdapat abu atau kerak yang terbentuk pada permukaan pemanas dalam boiler akibat hasil dari proses pembakaran bahan bakar. Penggunaan sootblower secara teratur adalah bagian penting dari perawatan preventif dalam PLTU. Dengan membersihkan endapan secara rutin, efisiensi boiler dapat dipertahankan, risiko kerusakan dapat dikurangi, dan umur pakai dari peralatan dapat diperpanjang.

Faktor kedua yang mungkin mempengaruhi hasil kinerja boiler yaitu *wall tube*. *Wall tube* adalah serangkaian pipa yang membentuk bagian dari dinding boiler. Pipa – pipa ini merupakan bagian vital dari boiler yang berperan dalam proses perpindahan panas. Mereka berfungsi sebagai penerima panas dari pembakaran bahan bakar yang ada di dalam boiler. Panas yang dihasilkan membantu memanaskan air dan mengubahnya menjadi uap, yang kemudian digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. *Wall tube* umumnya terdiri dari material yang tahan terhadap panas tinggi dan tekanan, seperti baja tahan karat atau logam khusus lainnya yang dapat menahan kondisi ekstrem di dalam boiler.

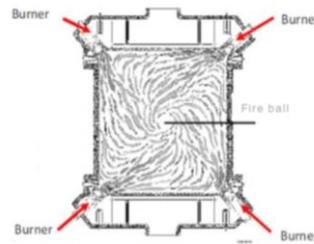


Gambar 4.4 *Wall tubes*

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Pada gambar diatas merupakan *wall tube* yang disusun di dalam boiler yang dapat menjadi salah satu faktor hasil efisiensi tidak optimal. Ketika pipa – pipa tersebut mengalami penipisan dan korosi maka dampak yang ditimbulkan yaitu banyaknya uap yang keluar dan proses perpindahan panas tidak optimal. Ketahanan dan kinerja *wall tube* sangat penting dalam operasi PLTU karena mereka terpapar pada suhu tinggi dan lingkungan yang keras akibat proses pembakaran. Kerusakan pada *wall tube* bisa mengganggu proses perpindahan panas, mengurangi efisiensi boiler, dan bahkan dapat mengakibatkan kegagalan dalam operasi unit pembangkit listrik. Oleh karena itu, pemeliharaan yang baik pada *wall tube* dan bagian boiler lainnya sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dan keamanan operasional PLTU.

Faktor ketiga yang mungkin mempengaruhi hasil kinerja boiler yaitu sudut *burner*. Sudut *burner* pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) mengacu pada sudut di mana *burner* (pembakar) disusun atau diatur di dalam boiler untuk membakar bahan bakar, seperti batubara, minyak, atau gas. *Burner* diatur pada sudut yang telah dirancang secara spesifik untuk memaksimalkan efisiensi pembakaran dan penyaluran panas ke dalam boiler. Sudut ini penting untuk menjamin bahwa pembakaran bahan bakar terjadi secara optimal, menghasilkan panas yang cukup untuk mengubah air menjadi uap dengan efisiensi tinggi.



Gambar 4.5 *Tangential Burner*

(Sumber: Yolanda Pravitasari, 2017)

Pada gambar diatas merupakan salah satu dari ketiga jenis *burner* berdasarkan arah masuknya batubara yang ada PLTU Banten 2 labuan yaitu *tangensial firing*. Pembakaran tangensial merupakan salah satu sistem pembakaran yang dilakukan pada pulverized fuel boiler. jenis *burner* ini berfungsi untuk menciptakan bola api (*fire ball*) pada pusat *furnace*. Turbulensi pada *fireball* tersebut menghasilkan *vortex motion* sehingga terbentuk aliran pembakaran ke atas. *Tangential boiler* menghasilkan *heat flux* pada *waterwall tube* yang lebih merata sehingga meminimalkan potensi *overheating* maupun *thermal stress*.

Penyusunan/peletakan *burner* pada sudut tertentu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk desain boiler, karakteristik bahan bakar yang digunakan, dan efisiensi termal yang diinginkan. Sudut-sudut ini dapat diatur dan disesuaikan agar pembakaran berlangsung secara merata, efisien, dan tidak menghasilkan polusi berlebih. Ketika sudut *burner* tidak sesuai maka yang terjadi maka yang akan terjadi yaitu pembakaran tidak optimal, kehilangan energi panas, penurunan efisiensi boiler, dan bahkan bisa merusak komponen internal boiler. Oleh karena itu, penyesuaian dan pemeliharaan yang tepat pada sudut-sudut *burner* sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dan keamanan operasional dari pembangkit listrik.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat setelah melakukan kerja praktik dengan judul Analisis Efisiensi Boiler Tipe *Subcritical* Pada Uni I di PLTU Banten 2 Labuan adalah sebagai berikut.

1. Boiler dapat didefinisikan sebagai suatu alat berbentuk bejana tertutup tempat terjadinya proses pemanasan air sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan uap panas atau *steam* bertekanan di atas tekanan atmosfer. Sistem kerja boiler pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap diawali dengan proses pembakaran bahan bakar, ketika proses pembakaran terjadi api tersebut memanaskan pipa-pipa yang berisikan air hingga lanjut ke proses pembentukan uap yang bertekanan tinggi untuk dialirkan dari boiler ke turbin uap sehingga menggerakkan bilah-bilah turbin yang terhubung dengan generator untuk menghasilkan listrik.
2. Pada boiler pembangkit listrik tenaga uap terdapat kompoen-komponen agar proses untuk menghasilkan uap dari pembakaran yang terjadi di dalam boiler dapat sempurna.
 - a. *Furnace*, merupakan ruang dapur tempat terjadinya proses pembakaran bahan bakar.
 - b. *Burner*, merupakan alat untuk menghasilkan sumber api bagi boiler,
 - c. *Superheater*, untuk meningkatkan temperatur uap jenuh tanpa menaikkan tekanannya dengan melakukan pemanasan ulang.
 - d. *Steam Drum*, merupakan bejana yang berfungsi sebagai tempat pemisahan antara air dan uap yang berasal dari pipa-pipa air yang menguap.
 - e. *Economizer*, adalah *Heat Exchanger* (penukar kalor) yang dipasang pada saluran air pengisi sebelum air masuk ke *steam drum*.



- f. *Air Preheater*, adalah komponen pada boiler yang berfungsi untuk memanaskan udara sebelum udara tersebut masuk ke dalam *furnace* atau tungku pembakaran untuk membantu pembakaran bahan bakar secara lebih efisien
 - g. *Wall tubes*, adalah serangkaian pipa-pipa yang membentuk dinding boiler.
 - h. Sootblower, adalah perangkat atau alat yang digunakan dalam boiler PLTU untuk membersihkan deposit atau endapan yang terbentuk pada permukaan pemanas di dalam boiler.
 - i. *Safety valve*, adalah perangkat penting yang berfungsi untuk melindungi boiler dari peningkatan tekanan yang berlebihan yang dapat mengakibatkan ledakan atau kerusakan pada boiler.
3. Hasil nilai efisiensi boiler pada data 1 didapat nilai efisiensi sebesar 74.3%, kemudian pada data kedua didapat nilai efisiensi sebesar 73.8% dan untuk data ketiga didapat nilai efisiensi sebesar 78.7%. dari ketiga data tersebut secara literatur belum mencapai nilai efisiensi yang optimal, untuk rata-rata nilai efisiensi boiler yaitu sebesar 85-87% (Surindra, 2013). Jika dilihat pada hasil data ketiga nilai efisiensi boiler lebih mendekati dibandingkan dengan hasil data kesatu dan kedua. Namun, bila mengacu pada literatur tetap saja untuk hasil dari ketiga perhitungan efisiensi boiler tidak optimal dalam menghasilkan uap.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan analisis hasil efisiensi boiler adalah sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Sootblower, ketika alat tersebut tidak bekerja secara optimal maka yang terjadi pada boiler terdapat abu atau kerak yang terbentuk pada permukaan pemanas dalam boiler akibat hasil dari proses pembakaran bahan bakar. Penggunaan *sootblower* secara teratur adalah bagian penting dari perawatan preventif dalam PLTU. Dengan membersihkan endapan



secara rutin, efisiensi boiler dapat dipertahankan, risiko kerusakan dapat dikurangi, dan umur pakai dari peralatan dapat diperpanjang.

2. Pemeriksaan *Wall tubes*, Kerusakan pada *wall tube* bisa mengganggu proses perpindahan panas, mengurangi efisiensi boiler, dan bahkan dapat mengakibatkan kegagalan dalam operasi unit pembangkit listrik. Oleh karena itu, pemeliharaan yang baik pada *wall tubes* dan bagian boiler lainnya sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dan keamanan operasional PLTU.
3. Pemeriksaan Sudut *Burner*, ketika sudut *burner* tidak sesuai maka yang terjadi maka yang akan terjadi yaitu pembakaran tidak optimal, kehilangan energi panas, penurunan efisiensi boiler, dan bahkan bisa merusak komponen internal boiler. Oleh karena itu, penyesuaian dan pemeliharaan yang tepat pada sudut-sudut *burner* sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dan keamanan operasional dari pembangkit listrik.



DAFTAR PUSTAKA

- Abi Tonjo Buono, C. D. (2020). Analisis Variasi Sudut Tilting *Burner* Terhadap Distribusi Temperatur Pada Boiler *Furnace*. *Jurnal Mekanik Terapan Vol 01 No 01*, 001 - 008.
- Ahmad Mahmoudi Lahijani, E. F. (2018), *A Review of Indirect Method For Measuring Thermal Efficiency In Fire Tube Steam Boilers*. *Journal of Industrial Pollution Control Vol 34, No 01*, 1825-1832.
- Archie W. Culp, (1991). Prinsip-prinsip Konversi Energi, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bekti Santoso, A. I. (2019). Perhitungan Debit Uap Boiler dan Ketercapaian Kebutuhan Uap Pabrik Kapasitas 45 Ton/Jam, *Jurnal Citra Widya Edukasi*, Vol XI No. 1, 01-05.
- Djokosetyoarjo, M.J. (1987). Ketel Uap, Penerbit: Pradnya Paramita, Jakarta.
- H. Y. Park, S. H. (2016). *Reduction of Main Steam Temperature Deviation in a Tangentially Coal-Fired, Two Pass Boiler Fuel*. vol. 166, 509-516.
- Muin, Syamsir. (1988). Pesawat – Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap), Rajawali Pers, Jakarta.
- P. Tan, D. Q. (2017). *Effects of Burner Tilt Angle on the Combustion and NOX Emission Characteristics of a 700 MWe Deep-Air-Staged Tangentially Pulverised-Coal-Fired Boiler Fuel*, Vol. 196, 314-324.
- S. K. Thrangaraju, K. S. (2017). *Research in Varying Burner Tilt Angle to Reduce Rear Pass Temperature in Coal Fired Boiler*. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 822.
- Surindra, M. D. (2013). Analisis Perubahan Efisiensi Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tanjung Jati B Unit 1 dan 2, 2x660 Megawatt. *Jurnal Seminar Nasional*, 01-09.
- Yolanda Pravitasari, M. B. (2017). Analisa Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung. *Prisma Fisiak Vol V, No 01*, 09-12.

LAMPIRAN



1. Lampiran Bimbingan dengan Pembimbing Lapangan

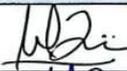
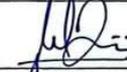


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

BIMBINGAN KERJA PRAKTIK

(Pembimbing Lapangan)

Nama : Mochamad Diaz Ilyasa
NPM : 3331200047
Judul : Analisis Efisiensi Boiler Tipe Subcritical Pada
Unit 1 di PLTU Banten 2 Labuan PGU
Tempat Kerja Praktik : PLTU BANTEN 2 LABUAN
Periode Waktu Kerja Praktik : 1 Agustus – 31 Agustus 2023

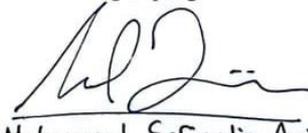
NO	HARI/TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
1	Kamis 10 Agustus 2023	Konsultasi terkait pengambilan judul dan menjelaskan tentang siklus PLTU labuan	
2	Rabu 16 Agustus 2023	Konsultasi data yang akan diambil dan Persiapan performant test	
3	Kamis 24 Agustus 2023	Konsultasi hasil data perhitungan efisiensi boiler	
4	Kamis 31 Agustus 2023	Revisi hasil data efisiensi boiler	

Mengetahui,
Koordinator Kerja Praktik



Shofiatul Ula, M.Eng
NIP. 198403132019032009

Labuan, 31 Agustus 2023
Pembimbing Lapangan



Muhammad Sofiyudin Aziz
NIP/NIK. 8209210711



2. Lampiran Bimbingan dengan Pembimbing Dosen

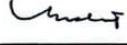


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

BIMBINGAN KERJA PRAKTIK

(Dosen Pembimbing)

Nama : Mochamad Diaz Ilyasa
NPM : 3331200047
Judul : Analisis Efisiensi Boiler Tipe Subcritical pada Unit I di PLTU Banten 2 Labuan PGU
Tempat Kerja Praktik : PLTU Banten 2 Labuan PGU
Periode Waktu Kerja Praktik : 1 Agustus s.d 31 Agustus 2023

NO	HARI/TANGGAL	URAIAN	PARAF DOSEN PEMBIMBING KP
1	Jumat 4/08/2023	Konsultasi tentang judul KP	
2	Senin 14/08/2023	Bimbingan Bab I & II Laporan kp	
3	Kamis 31/08/2023	Bimbingan Bab III & IV laporan KP	
4	Selasa 5/12/2023	Bimbingan & Revisi laporan final KP	
5			

Mengetahui,
Koordinator Kerja Praktik


Shofiatul Ula, M.Eng
NIP. 198403132019032009

Cilegon, 5 Desember 2023

Dosen Pembimbing Kerja Praktik


Dr. Drs. Hj Rina Lusiani, M.T
NIP. 195904141986032002



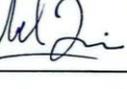
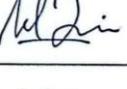
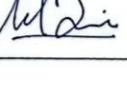
3. Lampiran Daftar Hadir Kerja Praktek



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

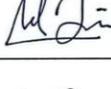
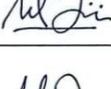
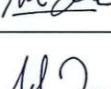
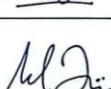
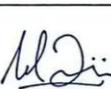
DAFTAR HADIR DAN KEGIATAN KERJA PRAKTIK

NAMA : Mochamad Diaz Ilyasa
NPM : 3331200047
JUDUL : Analisis Efisiensi Boiler Tipe Subcritical
Pada Unit 1 di PLTU Banten 2 Labuan PGU
NAMA TEMPAT KERJA PRAKTIK : PLTU Banten 2 Labuan PGU
WAKTU KERJA PRAKTIK : 01 Agustus s.d 31 Agustus 2023

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
1	Selasa 01/08/2023	Pengenalan dan sosialisasi K3 serta tata tertib yang harus di ikuti	
2	Rabu 02/08/2023	Pelengkapan berkas administrasi	
3	Kamis 03/08/2023	Pengenalan pembimbing lapangan dan bidang yang akan ditempati	
4	Jumat 04/08/2023	Mempelajari siklus PLTU dan sistem kerja boiler	
5	Sabtu 05/08/2023	Libur	
6	Minggu 06/08/2023	Libur	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
7	Senin 07/08/2023	Mengikuti briefing dan pelatihan tentang efisiensi boiler	
8	Selasa 08/08/2023	Konsultasi judul kerja praktek yang akan diambil	
9	Rabu 09/08/2023	Konsultasi data yang akan di perlukan dan krus yang digunakan	
10	Kamis 10/08/2023	Monitoring ke center control room (CCR)	
11	Jumat 11/08/2023	Pengambilan data operasional Unit I	
12	Sabtu 12/08/2023	libur	
13	Minggu 13/08/2023	libur	
14	Senin 14/08/2023	Keliling Unit II pengenalan, Boiler, turbine dan kondensor	
15	Selasa 15/08/2023	Pelaksanaan untuk performant test	
16	Rabu 16/08/2023	Pengambilan data dengan melakukan performant test.	



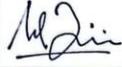
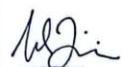
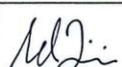
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN

Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
17	Kamis 17/08/2023	Libur	
18	Jum'at 18/08/2023	Bimbingan cara pengolahan data efisiensi boiler	
19	Sabtu 19/08/2023	Libur	
20	Minggu 20/08/2023	Libur	
21	Senin 21/08/2023	Pengambilan data beban yang dihasilkan pada unit 1	
22	Selasa 22/08/2023	Pengambilan data massa batubara yang digunakan pada unit 1	
23	Rabu 23/08/2023	Pengambilan data Super heater Spray dan heater Spray pada unit 1	
24	Kamis 24/08/2023	Bimbingan dan konsultasi hasil perhitungan	
25	Jum'at 25/08/2023	Monitoring ke Center Control Room (CCR)	
26	Sabtu 26/08/2023	Libur	

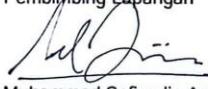


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
27	Minggu 27/08/2023	Libur	
28	Senin 28/08/2023	Mengikuti pengambilan data efisiensi pembimbing lapangan	
29	Selasa 29/08/2023	Mengikuti kegiatan rapat kinerja karyawan.	
30	Rabu 30/08/2023	Membantu dan mengikuti kegiatan presentasi dari vendor	
31	Kamis 31/08/2023	Revisi hasil perhitungan efisiensi	

Mengetahui,
Koordinator Kerja Praktek

Shofiatul Ula, M.Eng
NIP. 198403132019032009

Labuan, 31 Agustus 2023
Pembimbing Lapangan

Muhammad Sofiyudin Aziiz
NIP/NIK. 8209210711



4. Lampiran Penilaian Perusahaan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

PENILAIAN KERJA PRAKTIK LAPANGAN OLEH INSTANSI/PERUSAHAAN

Nama Pembimbing Lapangan : Muhammad Sofiyudin Aziiz
Nama Mahasiswa : Mochamad Diaz Ilyasa NPM : 3331200047
Nama Instansi/Perusahaan : PT PLN Indonesia Power/PLTU Banten 2 Labuan PGU
Alamat Instansi/Perusahaan : Jln Laba Terusan Panimbang, Labuan-Pandeglang
Periode Waktu Pelaksanaan KP : 1 Agustus s/d 31 Agustus 2023
Judul Laporan : Analisis Efisiensi Boiler Tipe Subcritical Pada Unit 1 di PLTU Banten 2 Labuan PGU

NO	ASPEK PENILAIAN	NILAI
Kemampuan Teknis/Materi		
1	Pengetahuan tentang pekerjaan	85
2	Kemampuan komunikasi secara ilmiah (cara berbicara dan mengemukakan pendapat)	85
3	Kemampuan analisa	88
Kemampuan Non Teknis		
4	Disiplin/Tanggung Jawab	95
5	Kehadiran	98
6	Sikap	95
7	Kerjasama	92
8	Potensi Berkembang	90
9	Inisiatif	88
10	Adaptasi	90
Nilai Total		906
Nilai Rata-rata		90.6 (A)

Skala Penilaian :
50,00-54,99 = D
55,00-59,99 = C
60,00-64,99 = C+
65,00-69,99 = B-
70,00-74,99 = B
75,00-79,99 = B+
80,00-84,99 = A-
85,00-100,00 = A

Labuan,
Pembimbing Lapangan



Muhammad Sofiyudin Aziiz
NIP/NIK. 8209210711



5. Lampiran Foto Dokumentasi

