

ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR SPESIFIK TERHADAP
EFISIENSI SISTEM UNIT I PLTU PT. ANTAM Tbk.



PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2022

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi dengan judul “Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Terhadap Efisiensi Sistem Unit I PLTU PT. Antam Tbk.” oleh Muhammad Fathul Rabbani NIM 442 21 207 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 28 November 2022

Pembimbing I

Ir. La Ode Musa, M.T.
NIP. 19601231 199003 1 021

Pembimbing II

Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19590826 198803 1 002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi



Ir. Chandra Bhuana, M.T.
NIP. 19650319 199103 1 003

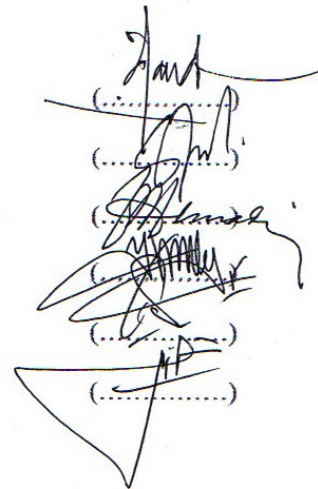
HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 28 November 2022, tim penguji ujian sidang Skripsi telah menerima hasil ujian sidang Skripsi oleh mahasiswa Muhammad Fathul Rabbani NIM 442 21 207 dengan judul “Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Terhadap Efisiensi Sistem Unit I PLTU PT. Antam Tbk”.

Makassar, 28 November 2022

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

- | | |
|-------------------------------------|--------------|
| 1. Ir. Chandra Bhuana, M.T. | (Ketua) |
| 2. Sri Suwasti, S.ST., M.T. | (Sekretaris) |
| 3. Dr. Jumadi Tangko, M.Pd | (Anggota) |
| 4. Yiyin Klistafani, S.T., M.T. | (Anggota) |
| 5. Ir. La Ode Musa, M.T. | (Anggota) |
| 6. Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. | (Anggota) |



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Skripsi ini yang berjudul ” Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Terhadap Efisiensi Sistem Unit I PLTU PT. Antam Tbk.” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan Skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami, namun berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan ini dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan kepada kami.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. Selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
3. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T, Ph.D. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang;
4. Bapak Ir. Chandra Bhuana, M.T. Selaku Koordinator Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang;
5. Bapak Ir. La Ode Musa, M.T. Sebagai Pembimbing I yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini;
6. Bapak Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. Sebagai Pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini;

7. Para dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyempurnaan Skripsi ini;
8. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Dosen pada Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi;
9. Seluruh staf pengajar dan instruktur pada Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang;
10. Seluruh Pegawai PLTU PT. Antam Tbk. yang telah mengarahkan dan membantu serta memudahkan dalam proses pengambilan data;
11. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman seperjuangan pada Kelas RPL D-4 Teknik Pembangkit Energi angkatan 2021 yang telah membantu dan member dukungannya;
12. Seluruh pihak-pihak yang telah membantu selesainya Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya konstruktif demi kesempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Semoga Allah SWT senantiasa meridhoi segala usaha dan kerja keras kita semua. Aamiin.

Makassar, Oktober 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
RINGKASAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	6
2.2 Batu bara.....	10

2.3 Jenis-jenis Batu bara.....	12
2.4 Bahan Bakar Batu bara pada PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap)	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Teknik Pengumpulan Data	21
3.3 Sumber Data	22
3.4 Teknik Analisa Data.....	22
3.5 Persamaan yang digunakan	22
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil.....	27
4.2 Analisis Data Menggunakan nilai kalori as Received.....	27
4.2.1 Menghitung nilai <i>Pin</i>	27
4.2.2 Menghitung nilai SFC.....	27
4.2.3 Menghitung nilai GPHR.....	28
4.2.4 Menghitung nilai NPHR.....	28
4.2.5 Menghitung efisiensi sistem PLTU	29
4.3 Analisis Data Menggunakan nilai kalori as Fired	30
4.3.1 Menghitung nilai <i>Pin</i>	30
4.3.2 Menghitung nilai SFC.....	30

4.3.3 Menghitung nilai GPHR	30
4.3.4 Menghitung nilai NPHR	31
4.3.5 Menghitung efisiensi sistem PLTU	32
4.3 Pembahasan	33
4.3.1 Pengaruh Beban Generator terhadap SFC	33
4.3.2 Pengaruh GPHR terhadap Beban Generator.....	34
4.3.3 Pengaruh NPHR terhadap Beban Generator.....	35
4.3.4 Pengaruh SFC terhadap Efisiensi Sistem.....	36
4.4 Perbandingan PLTU Antam dan PLTU Lainnya	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	41



DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2.1 Diagram Alir Pembangkit Listrik Tenaga Uap	6
Gambar 2.2 Siklus Rankine Ideal.....	8
Gambar 2.3 PLTU Antam Pomalaa 2 x 30 MW	16
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Beban Generator Terhadap SFC	27
Gambar 4.2 Grafik Hubungan GPHR Terhadap Beban Generator.....	28
Gambar 4.3 Grafik Hubungan NPHR Terhadap Beban Generator.....	29
Gambar 4.4 Grafik Hubungan SFC Terhadap Efisiensi Sistem.....	30



DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 2.1 Spesifikasi batu bara menurut ASTM (America Society for Testing and Material).....	13
Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir	20
Tabel 4.1 Perbandingan PLTU Antam dan PLTU Lainnya.....	31



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan	Keterangan
\dot{m}_{bb}	(kg/s)	laju aliran bahan bakar
GCV	(kJ/kg)	Gross Calorific Value
p_{in}	(kW)	Daya input
p_{out}	(kW)	Daya output
SFC	(kg/kWh)	Specific Fuel Consumption
η	(%)	Efisiensi Sistem
GPHR	(kJ/kWh)	Gross Plant Heat Rate
NPHR	(kJ/kWh)	Net Plant Heat Rate



DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks
Lampiran 1	Data-data Operasi Harian
Lampiran 2	Data-data Hasil Analisis
Lampiran 3	COA Shipment batu bara
Lampiran 4	Surat keterangan melakukan penelitian
Lampiran 5	Dokumentasi



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Fathul Rabbani

NIM : 442 21 207

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Skripsi ini, yang berjudul “Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Terhadap Efisiensi Sistem Unit I PLTU PT. Antam Tbk” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya, sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, kami siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Oktober 2022



Muhammad Fathul Rabbani
442 21 207

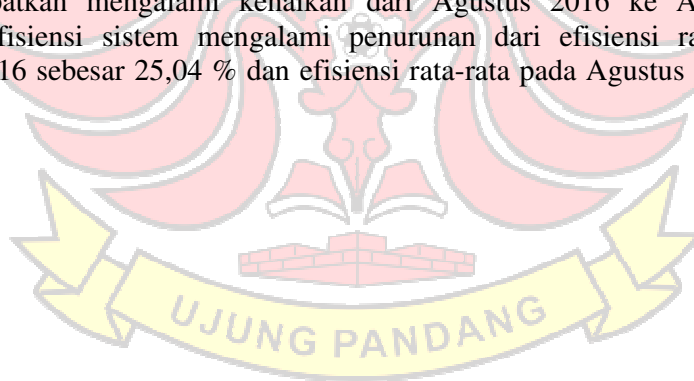
ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR SPESIFIK TERHADAP EFISIENSI SISTEM UNIT I PLTU PT. ANTAM TBK

RINGKASAN

Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Antam Pomalaa Unit I sangat penting untuk diketahui karena terkait dengan perbandingan total konsumsi bahan bakar dengan energi listrik yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hubungan beban generator terhadap SFC, untuk mengetahui karakteristik hubungan GPHR terhadap beban generator, dan untuk mengetahui karakteristik hubungan NPHR terhadap beban generator, serta untuk mengetahui karakteristik hubungan SFC terhadap efisiensi sistem unit I PLTU Antam.

Penelitian ini diawali dengan mengambil data sekunder logging sheet yang berupa data perhari terdiri dari nilai kalori bahan bakar batu bara, laju aliran bahan bakar, serta beban generator dengan menganalisis data menggunakan metode langsung. Pada penelitian ini juga di bahas perbandingan menggunakan nilai kalori as received dengan nilai kalori as fired kemudian membandingkan hasil perhitungan data awal operasi pada Agustus 2016 dan data terakhir pada Agustus 2022 serta melakukan perbandingan PLTU Antam dengan PLTU Lainnya.

Berdasarkan data dan hasil analisis didapatkan beban yang tinggi memberikan nilai SFC yang rendah kemudian GPHR berbanding terbalik dengan beban sama juga dengan NPHR berbanding terbalik dengan beban, serta SFC berbanding terbalik dengan Efisiensi sistem. Kemudian data GPHR, NPHR, SFC yang didapatkan mengalami kenaikan dari Agustus 2016 ke Agustus 2022 sehingga efisiensi sistem mengalami penurunan dari efisiensi rata-rata pada Agustus 2016 sebesar 25,04 % dan efisiensi rata-rata pada Agustus 2022 sebesar 18,87 %.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar batu bara merupakan sumber energi primer untuk pengoperasian suatu pembangkit listrik tenaga uap sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahun terus meningkat seiring bertambahnya populasi manusia dan perkembangan teknologi. Penggunaan listrik terbesar tidak hanya pada peralatan rumah tangga namun pada perusahaan-perusahaan besar. Salah satu perusahaan besar di Indonesia yang bergerak di bidang pertambangan nikel PT Antam Tbk UBPN Kolaka yang berlokasi di Pomalaa, Sulawesi Tenggara. Sebagai suatu perusahaan tambang PT Antam Tbk UBPN Kolaka membutuhkan listrik untuk menunjang agar hasil tambang bisa maksimal. PT Antam Tbk UBPN Kolaka sendiri membutuhkan listrik untuk proses peleburan feronikel pada pabrik, perumahan karyawan dan *auxiliary* pembangkitnya.

Melihat kebutuhan listrik yang besar, maka pada tahun 2016 dioperasikan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berlokasi di Pomalaa. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT Antam Tbk ini berkapasitas 2 X 30 MW. Sebuah pembangkit listrik membutuhkan *equipment-equipment* atau komponen yang akan

membantu dalam menghasilkan listrik. Salah satu komponen utama pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah Boiler.

Boiler merupakan suatu bejana tertutup dimana panas hasil pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuknya uap panas atau *steam*. Boiler yang digunakan pada

PLTU berbeda-beda, itu akan disesuaikan dengan design PLTUnya sendiri dan juga jenis bahan bakar yang akan digunakan. Boiler yang di gunakan pada PLTU PT Antam Tbk adalah boiler tipe CFB (*Circulating Fluidized Bed*), yang menggunakan bahan bakar batu bara. Boiler tipe CFB tidak menggunakan bahan bakar batu bara serbuk pada *furnace* tetapi masih berukuran 2 mm - 5 mm, batu bara akan tersirkulasi di dalam *furnace* selama pembakaran sampai habis terbakar dan menjadi *fly ash*.

Kebutuhan batu bara pada PLTU terus meningkat, dimana pada 2016 sebesar 74,1 juta ton, pada 2017 sebesar 82,3 juta ton, pada 2018 meningkat menjadi 89,3 juta ton dan pada 2019 menjadi 97,8 juta ton (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020).

Dalam Pembangkitan biaya operasi terbesar adalah biaya konsumsi bahan bakar .Harga bahan bakar batu bara yang tinggi mengakibatkan biaya produksi energi listrik juga tinggi, konsumsi bahan bakar spesifik sering digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai efisiensi unit pembangkit. Oleh karena itu penting untuk mengetahui bahan bakar spesifiknya (Basuki, 2011).

Bahan bakar batu bara dalam penggunaannya pada PLTU memiliki peranan penting karena setiap penambahan beban akan mendorong pertambahan kuantitas bahan bakar per satuan waktu yang dapat mengakibatkan pembangkit tidak efisien. Total konsumsi bahan bakar juga mempengaruhi koefisien efisiensi PLTU. Hal tersebut berpengaruh terhadap daya listrik yang dibangkitkan dalam sebuah industri pembangkitan listrik. Jika pemakaian bahan bakar batu bara tidak sebanding dengan daya listrik yang dihasilkan dapat

menimbulkan kerugian baik bagi PLTU itu sendiri maupun pihak yang terkait (Alihar, 2018).

Salah satu parameter yang digunakan pada suatu sistem pembangkit tenaga uap berbahan bakar batu bara adalah SFC atau konsumsi batu bara spesifik. SFC adalah jumlah batu bara yang dikonsumsi oleh suatu unit PLTU untuk menghasilkan daya satu kilowatt selama satu jam (kg/kWh). Nilai SFC dipengaruhi dengan kualitas bahan bakar batu bara dan kondisi beban yang harus dilayani PLTU. Semakin rendah nilai SFC maka semakin efisien pemakaian bahan bakarnya. Selain itu dengan diketahui nilai SFC, nilai biaya produksi listriknya dapat ditentukan (Burhani, 2017).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perlu dilakukan penelitian tentang perbandingan rasio konsumsi bahan bakar dengan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Antam untuk menentukan *Specific fuel Consumption (SFC)* dan juga karakteristik nilai *Gross Plant Heat Rate (GPHR)* dan *Net Plant Heat Rate (NPHR)* guna mengetahui seberapa efisien sistem pembangkitannya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik hubungan beban generator terhadap *SFC* pada unit I PLTU PT. Antam Tbk.?
2. Bagaimana karakteristik hubungan *GPHR* terhadap beban generator pada unit I PLTU PT. Antam Tbk.?
3. Bagaimana karakteristik hubungan *NPHR* terhadap beban generator pada unit I PLTU PT. Antam Tbk.?

4. Bagaimana karakteristik hubungan *SFC* terhadap efisiensi sistem pada unit 1 PLTU PT. Antam Tbk.?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Data yang digunakan dalam perbandingan konsumsi energi spesifik berasal dari data riil yang diambil dari PLTU PT. Antam Tbk dengan kapasitas pembangkit 2 x 30 MW
2. Tidak membahas biaya pada operasional dan pemakaian bahan bakar PLTU PT. Antam Tbk.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis karakteristik hubungan beban generator terhadap *SFC* pada unit I PLTU PT. Antam Tbk.
2. Untuk menganalisis karakteristik hubungan *GPHR* terhadap beban generator pada unit I PLTU PT. Antam Tbk.
3. Untuk menganalisis karakteristik hubungan *NPHR* terhadap beban generator pada unit I PLTU PT. Antam Tbk.
4. Untuk menganalisis karakteristik hubungan *SFC* terhadap efisiensi sistem pada unit I PLTU PT. Antam Tbk.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperoleh manfaat dan memberikan kegunaan sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang Teknik khususnya Teknik Pembangkit Energi dalam menerapkan suatu metode dalam persediaan dan pengendalian bahan baku di perusahaan.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Penelitian ini dapat menambah pengetahuan serta mempraktekkan teori-teori yang didapat dibangku kuliah agar dapat melakukan riset ilmiah dan menyajikan dalam bentuk tulisan dengan baik.

b. Bagi Lembaga/Perguruan Tinggi

Untuk menambah bahan pustaka perpustakaan BJ. Habibie bagi Politeknik Negeri Ujung Pandang pada umumnya dan Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Pembangkit Energi pada khususnya.

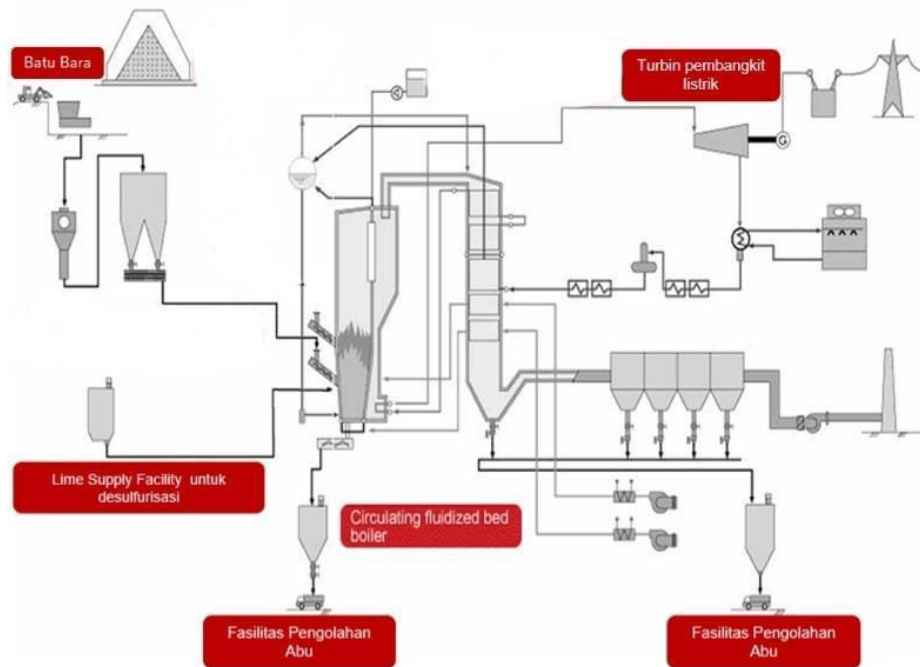
c. Bagi Perusahaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berupa konsumsi bahan bakar spesifik serta mengetahui nilai bahan bakar spesifik pada PLTU PT Antam Tbk.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Secara umum, pengertian pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Uap merupakan sumber energi sekunder di dalam sistem PLTU, sedangkan bahan bakar yang digunakan untuk memproduksi uap tersebut merupakan sumber energi primer.



Gambar 2.1 Diagram Alir Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Sumber: Sumitomo Heavy Industries Indonesia, 2014

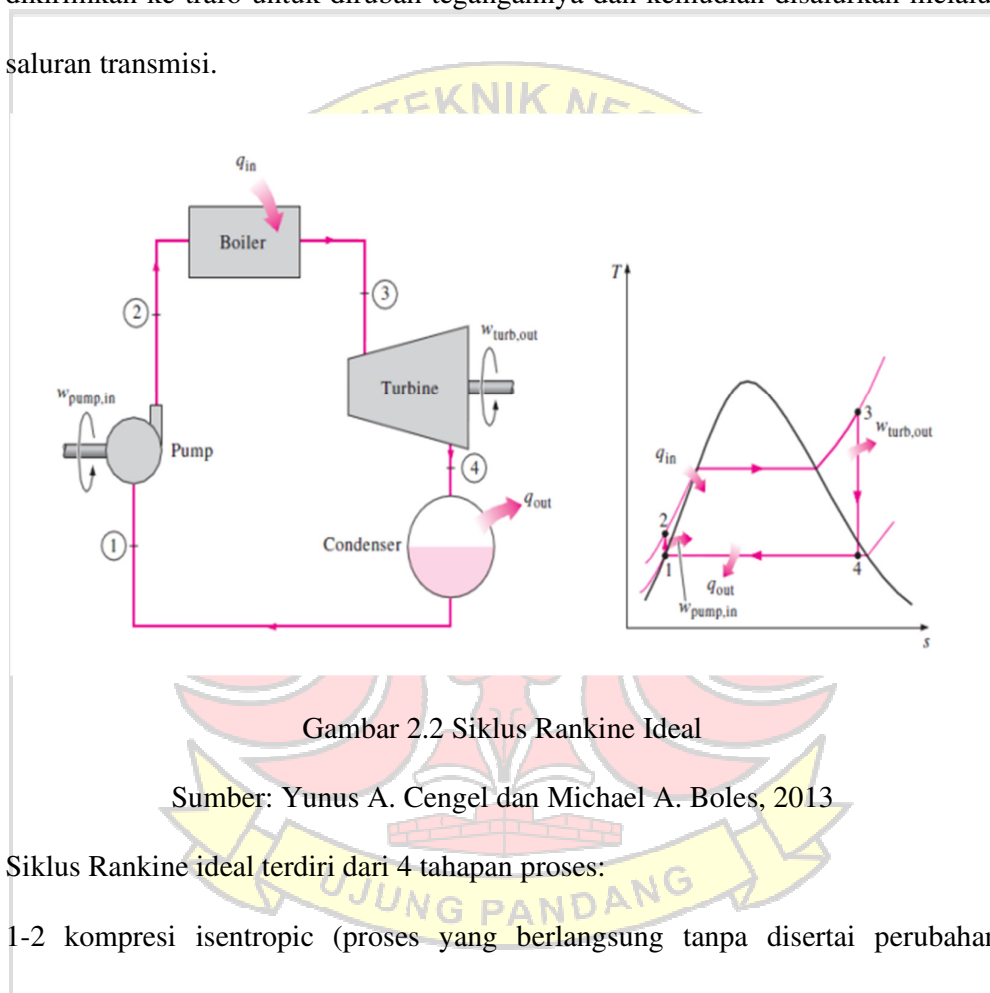
Untuk menghasilkan energi listrik pada PLTU Batu bara ini, awalnya batu bara yang ditampung dalam bak penampungan dibawa ke dalam mesin pencacah

batu bara melalui *conveyor belt* untuk dipecah menjadi ukuran yang lebih kecil/ halus, hal ini berguna agar batu bara lebih mudah terbakar pada saat di dalam boiler. Batu bara yang telah halus tadi dibawa ke dalam boiler untuk digunakan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran.

Proses pembakaran akan menghasilkan sisa abu batu bara. Abu yang berukuran relatif besar akan langsung jatuh ke bawah tungku Boiler dan akan dikumpulkan untuk diangkut ke tempat penyimpanan debu/abu (*Ash Storage*). Sedangkan abu ringan yang berterbangan akan ditangani oleh alat penangkap debu/abu (*Bag Filter*) dan akan dikumpulkan. Asap dan debu yang sangat kecil yang tidak tertangkap oleh *Bag Filter* kemudian akan dialirkan melalui cerobong asap untuk dibuang ke udara/ lingkungan luar.

Didalam boiler terjadi proses pemanasan air yang sebelumnya telah dimurnikan di WTP (*Water Treatment Plant*) agar tidak mudah menimbulkan korosi (untuk air laut), air tersebut melalui pipa-pipa boiler dan dipanaskan sehingga akan berubah menjadi uap panas yang bertekanan tinggi. Tetapi karena kadar air pada uap masih terlalu tinggi, maka kadar air harus dihilangkan terlebih dahulu melalui *superheater* sehingga akan berubah menjadi uap kering. Kemudian uap kering ini dialirkan menuju ke turbin untuk mendorong sudu-sudu turbin sehingga poros turbin akan berputar. Setelah digunakan untuk memutar turbin, maka uap kering akan turun kembali ke lantai dasar. Uap tersebut akan didinginkan di dalam kondensor, dengan menggunakan air pendingin (biasanya air laut atau air sungai) yang dialirkan melalui pipa-pipa di dalam kondensor akan mendinginkan uap sehingga kembali menjadi air, kemudian air tersebut dapat

disirkulasikan kembali ke Boiler untuk dipanaskan menjadi uap kembali dan digunakan untuk memutar turbin karena poros turbin ini sudah dikopel dengan generator sehingga ketika turbin berputar maka generator juga akan ikut berputar. Karena generator ikut berputar maka akan menghasilkan energi listrik yang akan dikirimkan ke trafo untuk dirubah tegangannya dan kemudian disalurkan melalui saluran transmisi.



Gambar 2.2 Siklus Rankine Ideal

Sumber: Yunus A. Cengel dan Michael A. Boles, 2013

Siklus Rankine ideal terdiri dari 4 tahapan proses:

- 1-2 kompresi isentropic (proses yang berlangsung tanpa disertai perubahan entropi) pada pompa.
- 2-3 penambahan panas dalam boiler secara isobar (proses termodinamika di mana tekanan tetap konstan).
- 3-4 ekspansi isentropic (proses yang berlangsung tanpa disertai perubahan entropi) pada turbin.

4-1 pelepasan panas pada kondensor secara isobar.

Air masuk pompa pada kondisi 1 sebagai cairan jenuh (*saturated liquid*) dan dikompresi sampai tekanan operasi boiler. Temperatur air akan meningkat selama kompresi isentropic karena menurunnya volume spesifik air. Air memasuki boiler sebagai cairan terkompresi (*compressed liquid*) pada kondisi 2 dan akan menjadi uap *superheated* pada kondisi 3. Dimana panas diberikan oleh boiler ke air pada tekanan yang tetap. Boiler dan seluruh bagian yang dihasilkan steam ini disebut sebagai *steam generator*. Uap *superheated* pada kondisi 3 kemudian akan memauki turbin untuk diekspansi secara isentropic dan akan menghasilkan kerja untuk memutar *shaft* yang terhubung dengan generator listrik sehingga dapat dihasilkan listrik. Tekanan dan temperatur dari steam akan turun selama proses ini menuju keadan 4 steam akan masuk kondensor dan biasanya sudah berupa uap jenuh. *Steam* ini akan dicairkan pada tekanan konstan didalam kondenser dan akan meninggalkan kondensor sebagai cair jenuh yang akan masuk pompa untuk melengkapi siklus ini.

Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Panas yang disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida bergerak. Pada *steam boiler*, ini akan menjadi *reversible* tekanan konstan pada proses pemanasan air untuk menjadi uap air, lalu pada turbin proses ideal akan menjadi *reversible* ekspansi adiabatik dari uap, pada kondenser akan menjadi *reversible* tekanan konstan dari panas uap kondensasi yang masih *saturated liquid* dan pada proses ideal dari pompa akan terjadi *reversible* kompresi adiabatik pada cairan akhir dengan mengetahui

tekanannya. Ini adalah siklus *reversible*, yaitu keempat proses tersebut terjadi secara ideal yang biasa disebut Siklus Rankine. Salah satu peralatan yang sangat penting di dalam suatu pembangkit tenaga listrik adalah Boiler atau yang biasanya disebut ketel uap. Alat ini merupakan alat penukar kalor, dimana energi panas yang dihasilkan dari pembakaran diubah menjadi energi potensial yang berupa uap. Uap yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi inilah yang nantinya digunakan sebagai media penggerak utama turbin uap. Energi panas diperoleh dengan jalan pembakaran bahan bakar di ruang bakar. Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.

2.2 Batu bara

Vineeta Thakree, dkk (2016) menjelaskan bahwa batu bara masih menyumbang 29% dari total pasokan energi dunia, urutan kedua setelah minyak (31%). Sementara bagian yang lainnya bahkan lebih tinggi yaitu (41%) dalam hal produksi listrik, yang dibagi dengan 22% untuk gas alam dan 22% untuk semua sumber terbarukan. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menjadikan penggunaan bahan bakar utama yaitu batu bara, dengan negara-negara konsumen

batu bara lebih besar penggunaannya seperti Republik Rakyat Cina dan India, dengan masing-masing 52% dan 65% dari batu bara yang mereka konsumsi untuk pembangkit listrik. Negaranegara pengguna batu bara lainnya seperti Amerika Serikat dan Australia memiliki konsumsi batu bara yang lebih tinggi lagi untuk produksi listrik, masing-masing 92% dan 90%, dengan 81% di negara-negara *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) secara keseluruhan.

Batu bara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang terjadi dari tumbuh tumbuhan dalam kondisi bebas oksigen yang berlangsung pada tekanan serta temperatur tertentu pada waktu yang cukup lama. Batu bara merupakan salah satu bahan galian strategis yang sekaligus menjadi sumber daya energi yang sangat besar. Indonesia memiliki cadangan batu bara yang sangat besar dan menduduki posisi ke4 di dunia sebagai negara pengekspor batu bara.

Indeks konsumsi bahan bakar yang dikembangkan menunjukkan khususnya komponen atau proses pada sistem termodinamika untuk konsumsi bahan bakar dalam sistem termal. Itu bisa digunakan untuk desain sistem termodinamika, pemantauan, diagnosis masalah dan pengiriman ekonomi. Ini memberitahu kita mengapa bahan bakar dikonsumsi. Sebagai contoh, ini mengkuantifikasi bahwa sebagian bahan bakar harus dikonsumsi agar dapat mengatasi dislokasi gesekan dalam turbin, penurunan tekanan masuk jalur ekstraksi, proses pembakaran, dan berapa banyak bahan bakar diperlukan untuk menghasilkan listrik.

Batu bara menjadi salah satu sumber energi alternatif potensial di masa yang akan datang untuk menggantikan potensi minyak dan gas bumi yang semakin menipis. Pengembangan perusahaan pertambangan batu bara secara ekonomis telah mendatangkan hasil yang cukup besar, baik sebagai pemenuhan kebutuhan dalam negeri maupun sebagai sumber devisa.

Banyaknya penggunaan pembangkit listrik tenaga batu bara yang beroperasi dan sudah dibangun selama 1960-an di Amerika Utara, sehingga kinerja efisiensi sebagian besar tidak berubah selama empat puluh tahun terakhir. Ketersediaan dari batu bara pribumi dengan harga bersaing dan kebutuhan untuk retrofit peralatan pengendalian pencemaran belum peningkatan efisiensi yang disukai.

Berdasarkan segi kuantitas batu bara termasuk cadangan energi fosil terpenting bagi Indonesia. Jumlahnya sangat berlimpah, mencapai puluhan milyar ton. Jumlah ini sebenarnya cukup untuk memasok kebutuhan energi listrik hingga ratusan tahun ke depan. Sayangnya, Indonesia tidak mungkin membakar habis batu bara dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui PLTU. Selain mengotori lingkungan melalui polutan CO_2 , SO_2 , NO_x dan C_xH_y cara ini dinilai kurang efisien dan kurang memberi nilai tambah tinggi.

2.3 Jenis-jenis Batu bara

Batubara merupakan bahan baku pembangkit energi listrik yang pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik tenaga uap. Batubara dibedakan berdasarkan nilai kalor serta lama proses pembentukannya.

Pengelompokan ini menunjukkan kualitas batubara yang akan membedakan nilai ekonomis serta kegunaan batubara tersebut. Terdapat empat jenis batubara mulai dari kualitas rendah hingga tinggi, yaitu: lignit, sub-bituminous, bituminous, dan antrasit.

Tabel 2.1 Spesifikasi batu bara berdasarkan standar ASTM (America Society for Testing and Material)

Class	Group		Fixed Carbon	Volatile matter	Heating values
	Name	Symbol	Dry (%)	Dry (%)	Drybasis (kkal/kg)
Anthracite	meta-anthracite	Ma	>98	>2	7740
	Anthracite	An	92-98	2.0-8.0	8000
	semiantrahracite	Sa	86-92	8.0-15	8300
Bituminous	low-volatile	Lvb	78-86	14-22	8741
	medium volatile	mvb	89-78	22-31	8640
	high-volatile A	hvAb	<69	>31	8160
	high-volatile B	hvBb	57	57	6750-8160
	high-volatile C	hvCb	54	54	7410-8375 6765-7410
Subbituminous	subbituminous A	subA	55	55	6880-7540
	subbituminous B	subB	56	56	6540-7230
	subbituminous C	subC	53	53	5990-6860
Lignite	lignite A	ligA	52	52	4830-6360
	lignite B	ligB	52	52	<5250

Sumber : Kirk Othmer, Volume 6

- a. Antrasit adalah Golongan berwarna hitam, keras, kilap tinggi, dan pecahannya memperlihatkan pecahan chocoidal. Pada proses pembakaran memperlihatkan warna biru dengan derajat pemanasan yang tinggi. Digunakan untuk berbagai macam industri besar yang memerlukan temperatur tinggi.
- b. Bituminous merupakan mineral padat, berwarna hitam dan kadang coklat tua, rapuh (brittle) dengan membentuk bongkah-bongkah prismatic berlapis dan

tidak mengeluarkan gas dan air bila dikeringkan sering digunakan untuk kepentingan transportasi dan industri serta untuk pembangkit listrik tenaga uap.

- c. Sub-bituminus Golongan ini memperlihatkan ciri-ciri tertentu yaitu warna yang kehitam-hitaman dan sudah mengandung lilin. Endapan ini dapat

digunakan untuk pemanfaatan pembakaran yang cukup dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi. Subbituminous umum digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga uap. Subbituminous juga merupakan sumber bahan baku yang penting dalam pembuatan hidrokarbon aromatis dalam industri kimia sintetis.

- d. Lignit atau batu bara coklat adalah Lignit sering disebut juga brown-coal, golongan ini sudah memperlihatkan proses selanjutnya berupa struktur kekar dan gejala pelapisan. Apabila dikeringkan, maka gas dan airnya akan keluar. Endapan ini bisa dimanfaatkan secara terbatas untuk kepentingan yang bersifat sederhana, karena panas yang dikeluarkan sangat rendah sehingga seringkali digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik.

Berdasarkan segi kualitas, batubara yang sudah di kecilkan ukurannya (crushing) kemudian dibakar dan menyisakan abu. Pengotor ini merupakan pengotor bawaan pada saat pembentukan batubara, pengotor tersebut dapat berupa

gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4), pirit (FeS_2), silika (SiO_2)

dapat pula berbentuk tulang-tulang binatang (diketahui dari senyawa-senyawa fosfor dari analisis abu). Pengotor bawaan ini tidak mungkin dihilangkan sama sekali, tetapi dapat dikurangi dengan cara pembersihan. Proses ini dikenal dengan

tenologi batubara bersih.

Komposisi kimiawi batubara berpengaruh kuat pada daya pembakarannya. Sifat-sifat batubara secara luas diklasifikasikan kedalam sifat fisik dan sifat kimia. Sifat fisik batubara termasuk nilai panas, kadar air, bahan mudah menguap dan abu. Sifat kimia batubara tergantung dari kandungan berbagai bahan kimia seperti karbon, hidrogen, oksigen, dan sulfur.

2.4 Bahan Bakar Batu bara pada PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap)

PLTU jenis bahan bakar batu bara yang digunakan adalah *steam coal* yang terdiri dari kelas sub bituminus dan bituminus. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hidrogen, dan sulfur. Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “Tiga T” yaitu :

- a. T-Temperatur Temperatur yang digunakan dalam pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia
- b. T-Turbulensi Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi
- c. T-Time (Waktu) Waktu yang cukup agar input panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia.

Pembakaran batu bara ini akan menghasilkan uap dan gas buang yang panas. Gas buang itu berfungsi juga untuk memanaskan pipa boiler yang berada di atas lapisan mengambang. Gas buang selanjutnya dialiri ke pembersih yang di dalamnya terdapat alat pengendap abu setelah gas itu bersih lalu dibuang ke udara melalui cerobong. Batu bara yang dibakar di sub sistem boiler menghasilkan

panas yang digunakan untuk mengubah air dalam pipa yang dilewatkan ke boiler tersebut menjadi uap, yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin dan memutar generator.

Adapun Spesifikasi Boiler dan Generator PLTU Antam Pomalaa Berdasarkan dari Manual Book sebagai berikut:

1. Boiler

- Manufaktur : Foster Wheeler - Sumitomo Heavy Industries, Ltd.
- Type : Circulating Fluidized Bed (CFB)
- Capacity : 125 ton/hour
- Steam temp : 541 °C
- Steam pressure : 13,7 Mpa
- Fuel : Oil and Coal

2. Generator

- Manufaktur : Toshiba Mitsubishi – Electric Industries Systems Corporation
- Output : 31.875 MW
- Voltage : 11.000 V
- Current : 1969 A
- Frekuensi : 50 Hz
- Speed : 1500 rpm



Gambar 2.3 PLTU Antam Pomalaa 2 x 30 MW

Sumber: Sumitomo Heavy Industries Indonesia

Kinerja pembangkitan listrik pada PLTU sangat ditentukan oleh efisiensi proses pembakaran batu bara tersebut, karena selain berpengaruh pada efisiensi pembangkitan, juga mempengaruhi biaya pembangkitan. Klasifikasi kualitas batu bara secara umum terbagi 3 yaitu pembagian secara ilmiah dalam hal ini berdasarkan tingkat pembatu baraan dan pembagian berdasarkan tujuan penggunaannya. Berdasarkan urutan pembatu baraan batu bara terbagi menjadi batu bara muda (*brown coal* atau *lignite*), bituminus dan antrasit. Sedangkan berdasarkan tujuan penggunaannya batu bara terbagi menjadi batu bara uap (*steam coal*), batu bara kokas (*coking coal* atau *metallurgical coal*) dan antrasit yang merupakan batu bara tertua jika dilihat dari sudut pandang geologi yang merupakan batu bara keras, tersusun dari komponen utama karbon dengan sedikit kandungan bahan yang mudah menguap dan kandungan air dengan kadar *fixed carbon* rendah (Nurmalita, 2012).

Terdapat 2 metode untuk menganalisis batu bara yaitu analisis *ultimate* dan analisis *proximate*. Analisis *ultimate* menganalisis seluruh komponen batu bara, termasuk komponen padat dan gas, sedangkan analisis *proximate* hanya menganalisis *fixed carbon*, bahan yang mudah menguap, kadar air dan persen abu.

Steam coal yang termasuk dalam kelompok batu bara bituminus merupakan batu bara yang skala penggunaannya paling luas. Berdasarkan metodenya pemanfaatan batu bara uap terdiri dari pemanfaatan secara langsung yaitu batu bara yang telah memenuhi spesifikasi tertentu langsung digunakan setelah melalui proses peremukan (*crushing milling*) terlebih dahulu seperti pada PLTU batu bara, kemudian pemanfaatan dengan memproses terlebih dahulu untuk memudahkan penanganan (*handling*) seperti CWM (*Coal Water Slurry*), COM (*Coal Oil Mixture*), dan CCS (*Coal Cartridge System*), dan selanjutnya permintaan melalui proses konversi seperti gasifikasi dan pencairan batu bara.

Gas yang dihasilkan proses gasifikasi batu bara, dapat pula dipakai sebagai bahan bakar untuk sebuah pembangkit listrik tenaga uap. Umumnya hal ini dapat dipertimbangkan untuk gas yang mempunyai nilai kalori yang terendah. Gas yang dengan kalori yang tinggi dapat dipakai dengan lebih baik untuk keperluan industri lainnya (Kadir, 1995).

Di industri, batu bara di *handling* secara manual maupun dengan conveyor. Pada saat *handling* diusahakan supaya sesedikit mungkin batu bara yang hancur membentuk partikel kecil dan sedikit mungkin partikel keci yang tercecer.

Persiapan batu bara sebelum pengumpanan ke boiler merupakan tahap penting untuk mendapatkan pembakaran yang baik. Bongkahan batu bara yang besar dan tidak beraturan dapat menyebabkan permasalahan yaitu kondisi pembakaran yang buruk dan suhu tungku yang tidak mencukupi, udara berlebih yang terlalu banyak mengakibatkan kerugian cerobong yang tinggi, dan rendahnya efisiensi pembakaran.

Keunggulan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan bahan bakar batu bara adalah harga bahan bakarnya lebih murah dibandingkan dengan minyak dan cadangannya tersedia dalam jumlah besar serta tersebar di seluruh Indonesia.

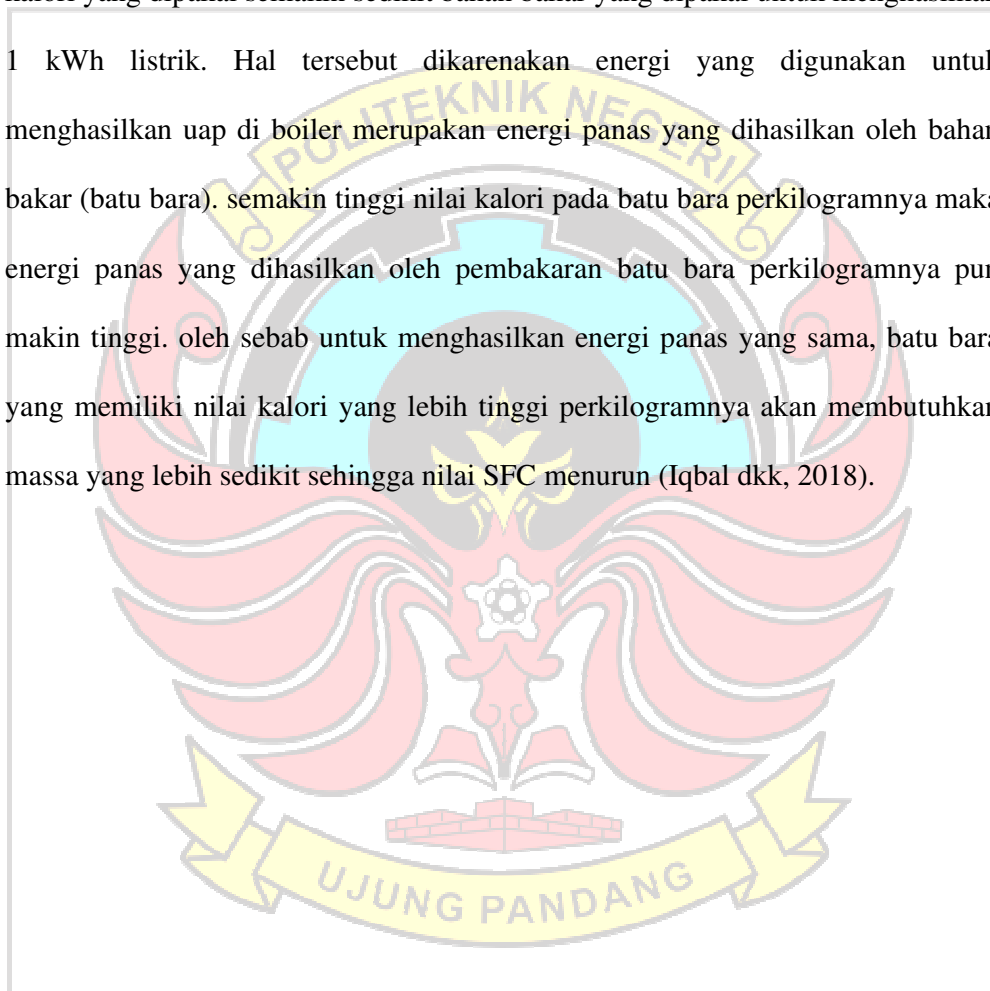
Berdasarkan Penelitian Sebelumnya yang dilakukan oleh La Hasanuddin dkk (2020) yang berjudul Analisis Spesifik Konsumsi Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Nii Tanasa dengan Menggunakan Bahan Bakar Rendah Kalori. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi bahan bakar spesifik di pembangkit listrik tenaga uap di Nii Tanasa dan juga untuk kemungkinan nilai kalor bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran dan didapatkan hasil Konsumsi Bruto pada bulan Januari terlihat 1,08 kg / kWh sedangkan Konsumsi Bahan Bakar Bersih adalah 1,25 kg / kWh. Pada bulan Desember nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Bruto adalah 1,04kg / kWh sedangkan jumlah Konsumsi Bahan Bakar Spesifik adalah 1,17kg / kWh. Nilainya relatif tinggi pada kapasitas ≤ 100 MW.

Pengukuran SFC sebaiknya dilakukan pada beban yang tetap selama minimum dua jam, kemudian diukur seberapa banyak jumlah pemakaian bahan bakar selama periode dua jam tersebut. Jika periode waktu ini dirasa terlalu lama,

maka dapat dipersingkat dengan pengambilan data minimum selama satu jam (Hendra, 2015).

Semakin tinggi nilai kalori yang terdapat pada batu bara maka konsumsi bahan bakar spesifiknya (SFC) semakin bagus, yang artinya semakin tinggi nilai kalori yang dipakai semakin sedikit bahan bakar yang dipakai untuk menghasilkan

1 kWh listrik. Hal tersebut dikarenakan energi yang digunakan untuk menghasilkan uap di boiler merupakan energi panas yang dihasilkan oleh bahan bakar (batu bara). semakin tinggi nilai kalori pada batu bara perkilogramnya maka energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara perkilogramnya pun makin tinggi. oleh sebab untuk menghasilkan energi panas yang sama, batu bara yang memiliki nilai kalori yang lebih tinggi perkilogramnya akan membutuhkan massa yang lebih sedikit sehingga nilai SFC menurun (Iqbal dkk, 2018).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PLTU PT. Antam Tbk UBPN Sultra yang berlokasi di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Penelitian dan pembuatan skripsi ini dilakukan selama 4 bulan mulai dari bulan juli sampai bulan oktober 2022

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan prosedur untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian ini. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah:

- a. Studi Kepustakaan (*library search*). Teknik pengumpulan data dengan cara membaca buku, catatan, diktat kuliah serta artikel yang berhubungan dengan analisis konsumsi bahan bakar batu bara pada PLTU.
- b. Penelitian Lapangan (*Filed Research*). Metode ini terbagi 2 yaitu :

1. Metode Observasi lapangan (Pengamatan).

Merupakan proses pengamatan langsung kelokasi PLTU PT Antam Tbk UBPN Sultra. Metode ini lebih objektif karena hasil yang didapat teratur dan sesuai dengan sistem yang berlaku

2. Wawancara.

Wawancara dilakukan dengan berkomunikasi langsung dan tanya jawab dengan beberapa pegawai dan operator PLTU PT Antam Tbk UBPN Sultra mengenai konsumsi batu bara spesifik.

3.3 Sumber Data

Data untuk kegiatan penulisan penelitian ini diperoleh melalui dua sumber data yaitu :

1. Wawancara langsung kepada pegawai dan operator PLTU PT Antam Tbk UBPN Sultra.
2. Membaca literatur-literatur yang ada, catatan-catatan dan dokumen dokumen yang dimiliki perusahaan .

3.4 Teknik Analisa Data

Berdasarkan pada tujuan penelitian, maka dalam pengolahan data berdasarkan data-data yang telah didapat secara lengkap Di PLTU PT Antam Tbk.

Adapun data- data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini yaitu:

1. Data perjam dan data perhari
 - a. Nilai Kalori Bahan Bakar (kcal/kg)
 - b. Laju Aliran Bahan Bakar (T/h)
 - c. Beban Generator (MW)

3.5 Persamaan yang digunakan

- a. Menghitung nilai P_{in}

untuk mengetahui daya input pembangkit listrik tenaga uap dengan menggunakan persamaan :

$$P_{in} = \dot{m}_{bb} \times GCV \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana :

P_{in} = Daya input (kW)

\dot{m}_{bb} = Laju Aliran Batu Bara (kg/s)

GCV = *Gross Calorific Value* (kJ/kg)

b. Menghitung nilai SFC (Specific Fuel Consumption)

SFC adalah jumlah batubara yang konsumsi oleh suatu unit PLTU untuk menghasilkan daya satu kilowatt selama satu jam (kg/kWh). Nilai SFC dipengaruhi dengan kualitas bahan bakar batubara dan kondisi beban yang harus dilayani PLTU. Berdasarkan standar perusahaan listrik negara (SPLN) No. 80 tahun 1989 .

Dengan menggunakan persamaan :

$$SFC = \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600}{Power\ Gross} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana :

SFC = *Specific Fuel Consumption* (kg/kWh)

\dot{m}_{bb} = Laju Aliran Batu Bara (kg/s)

Power Gross = Beban generator (MW)

c. Menghitung nilai *Heat Rate*

Heat rate adalah jumlah energi yang dibutuhkan suatu pembangkit untuk membangkitkan daya per kWh. Nilai dari plant heat rate akan memberikan gambaran tentang seberapa besar efisiensi dari suatu pembangkit secara

keseluruhan. Dengan menggunakan metode energi input-output yang merupakan metode sederhana untuk menentukan performance pembangkit melalui nilai heat rate karena hanya melibatkan sedikit parameter yaitu dari nilai kalor batubara, jumlah batubara yang masuk ke dalam boiler dan energi yang dibangkitkan. Metode ini secara umum digunakan oleh operator control room atau perencanaan dan pengendalian operasi dengan kondisi normal operasi.

Dengan menggunakan persamaan :

$$GPHR = \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600 \times GCV}{Power\ Gross} \dots\dots\dots(3.3)$$

Untuk Net Plant Heat Rate dapat dihitung dengan rumus:

$$NPHR = \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600 \times GCV}{Power\ Gross - Auxiliary\ Load} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

GPHR = Gross Plant Heat Rate (kJ/kWh)

NPHR = Net Plant Heat Rate (kJ/kWh)

\dot{m}_{bb} = Laju Aliran Batu Bara (kg/s)

GCV = Gross Calorific Value (kJ/kg)

Power Gross = Beban generator (MW)

Auxiliary Load = Beban untuk pemakaian sendiri (MW)

d. Menghitung Efisiensi Sistem

Efisiensi sistem PLTU adalah efisiensi yang dihitung atas dasar kerja bruto atau daya bruto turbin-generator. Kerja atau daya bruto adalah daya

yang dihasilkan sebelum sebagian daya diambil untuk menjalankan instalasi-
daya itu sendiri, yaitu untuk menjalankan pompa, kompresor, peralatan
penanganan bahan bakar, dan lain sebagainya.

Dengan menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.4)$$

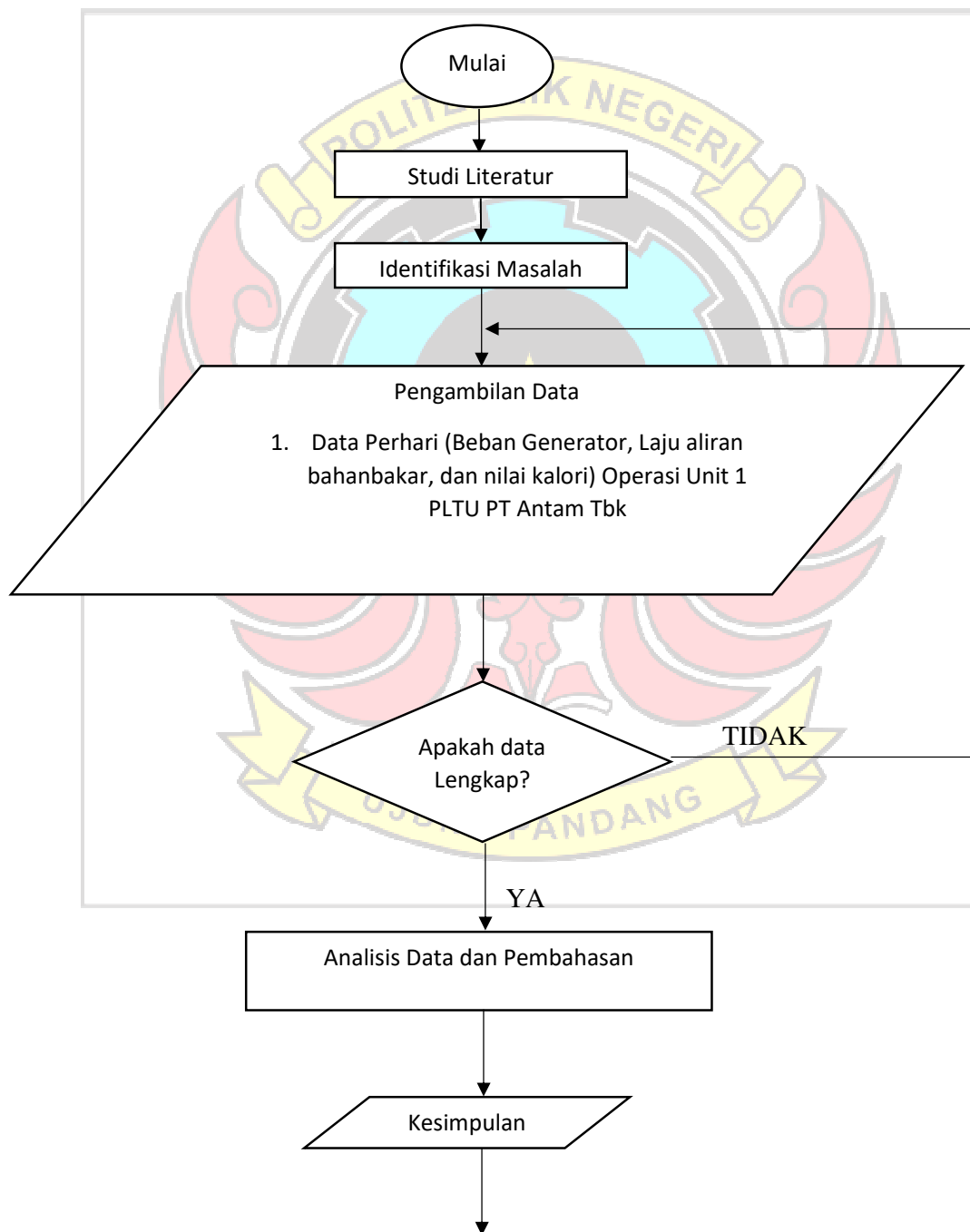
Dimana :

P_{out} = Daya output (kW)

P_{in} = Daya Input (kW)



3.6 Diagram Alir Penelitian



Selesai

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Setelah melaksanakan penelitian ± 2 minggu, yang dimulai pada tanggal 08-16 September 2022 pada PLTU PT. Antam Tbk, diperoleh hasil penelitian berupa data parameter untuk menganalisis specific fuel consumption dan efisiensi sistem unit 1 PLTU PT. Antam Tbk dengan menggunakan metode langsung (*input/output*). Dari sampel data awal operasi Agustus 2016 dan data pada Agustus 2022.

4.2 Analisis Data Menggunakan nilai kalori as Received

4.2.1 Menghitung nilai P_{in}

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$GCV = 15610,50 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

dengan menggunakan persamaan 3.1 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} P_{in} &= \dot{m}_{bb} \times GCV \\ &= 3,55 \text{ kg/s} \times 15610,50 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$= 55417,29 \text{ kW}$$

4.2.2 Menghitung nilai SFC

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

$$\text{Power Gross} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.2 maka diperoleh:

$$\text{SFC} = \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600}{\text{power gross}}$$

$$= \frac{3,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3600}{19490 \text{ kW}}$$

$$= 0,66 \text{ kg/kWh}$$

4.2.3 Menghitung nilai GPHR

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

$$\text{GCV} = 15610,50 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Power Gross} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.3 maka diperoleh:

$$\text{GPHR} = \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600 \times \text{GCV}}{\text{Power Gross}}$$

$$= \frac{3,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3600 \times 15610,50 \text{ kJ/kg}}{19490 \text{ kW}}$$

$$= 10236,13 \text{ kJ / kWh}$$

4.2.4 Menghitung nilai NPHR

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

$$\text{GCV} = 15610,50 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Power Gross} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

$$\text{Auxiliary Load} = 3,12 \text{ MW} = 3120 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.4 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{NPHR} &= \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600 \times \text{GCV}}{\text{Power Gross} - \text{Auxiliary Load}} \\ &= \frac{3,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3600 \times 15610,50 \text{ kJ/kg}}{(19490 \text{ kW} - 3120 \text{ kW})} \\ &= 7116,13 \text{ kJ / kWh} \end{aligned}$$

4.2.5 Menghitung efisiensi sistem PLTU

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$P_{out} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

$$P_{in} = 55417,29 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.5 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{19490 \text{ kW}}{55417,29 \text{ kW}} \times 100 \% \\ &= 35,17 \% \end{aligned}$$

4.3 Analisis Data Menggunakan nilai kalori as Fired

4.3.1 Menghitung nilai P_{in}

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$GCV = 20727,54 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

dengan menggunakan persamaan 3.1 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} P_{in} &= \dot{m}_{bb} \times GCV \\ &= 3,55 \text{ kg/s} \times 20727,54 \text{ kJ/kg} \\ &= 73582,75 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.3.2 Menghitung nilai SFC

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

$$\text{Power Gross} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.2 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{SFC} &= \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600}{\text{Power Gross}} \\ &= \frac{3,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3600}{19490 \text{ kW}} \end{aligned}$$

$$= 0,66 \text{ kg/kWh}$$

4.3.3 Menghitung nilai GPHR

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

$$\text{GCV} = 20727,54 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Power Gross} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.3 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{GPHR} &= \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600 \times \text{GCV}}{\text{Power Gross}} \\ &= \frac{3,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3600 \times 20727,54 \text{ kJ/kg}}{19490 \text{ kW}} \\ &= 13591,48 \text{ kJ / kWh} \end{aligned}$$

4.3.4 Menghitung nilai NPHR

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

$$\dot{m}_{bb} = 3,55 \text{ kg/s}$$

$$\text{GCV} = 20727,54 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Power Grosss} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

$$\text{Auxiliary Load} = 3,12 \text{ MW} = 3120 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.4 maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{NPHR} &= \frac{\dot{m}_{bb} \times 3600 \times \text{GCV}}{\text{Power Gross} - \text{Auxiliary Load}} \\ &= \frac{3,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3600 \times 20727,54 \text{ kJ/kg}}{19490 \text{ kW} - 3120 \text{ kW}} \\ &= 10471,48 \text{ kJ / kWh} \end{aligned}$$

4.3.5 Menghitung efisiensi sistem PLTU

Berdasarkan data nomor 1 pada tabel 1 yang terdapat dilampiran 1

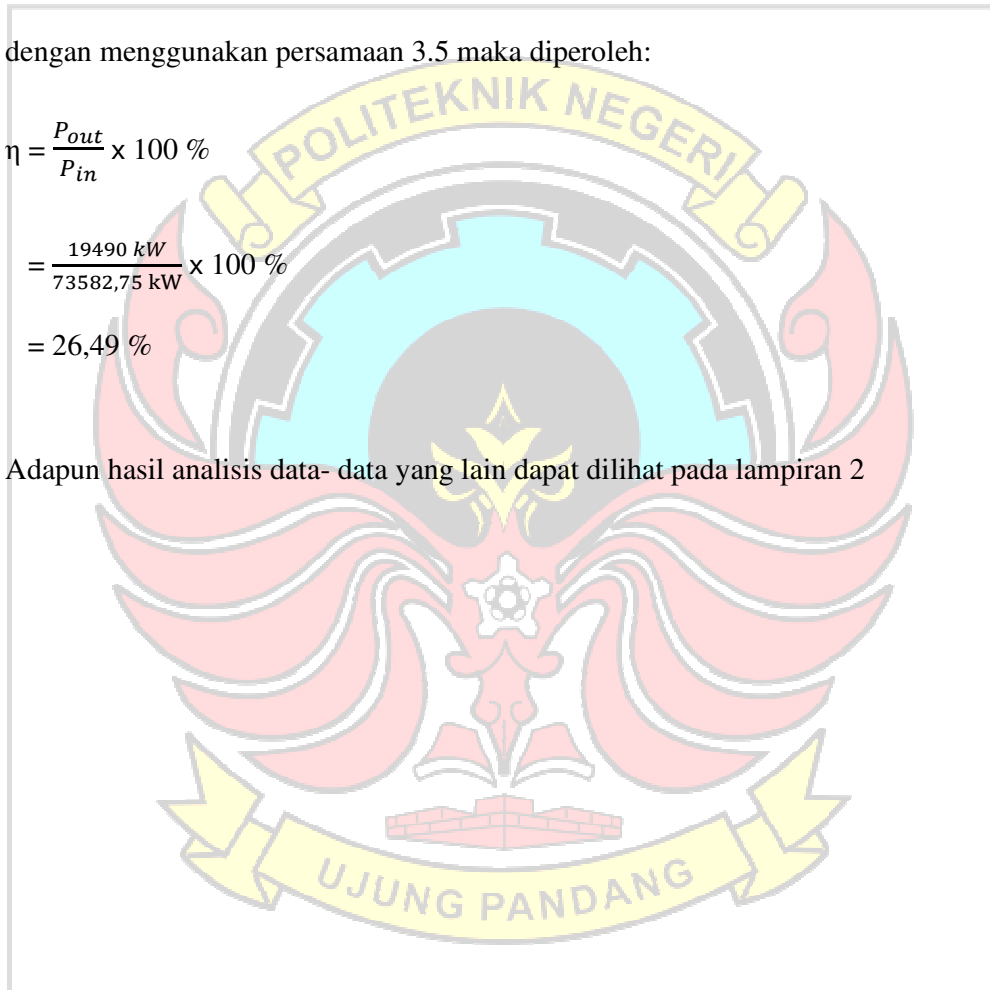
$$P_{out} = 19,49 \text{ MW} = 19490 \text{ kW}$$

$$P_{in} = 73582,75 \text{ kW}$$

dengan menggunakan persamaan 3.5 maka diperoleh:

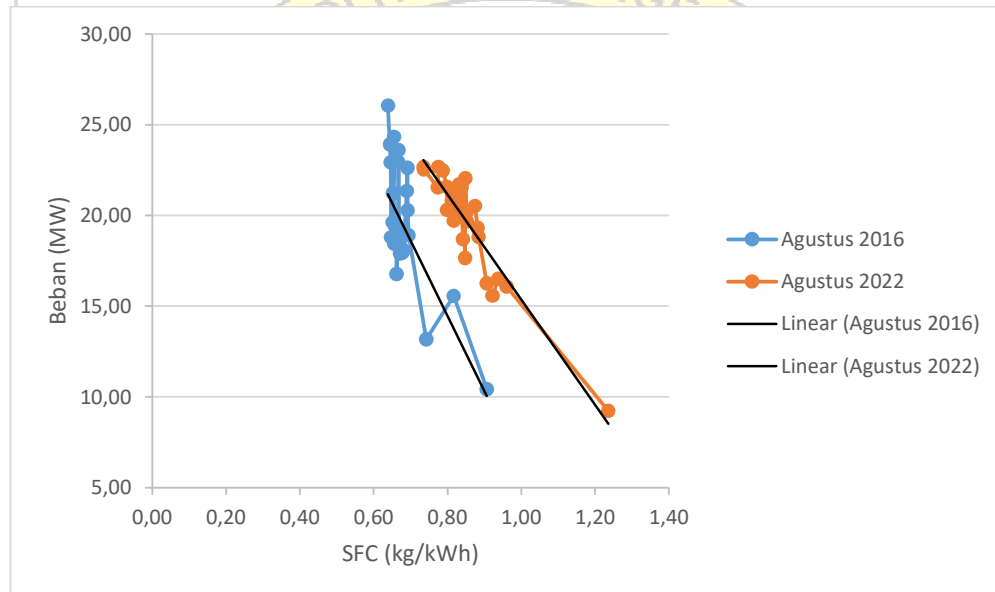
$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{19490 \text{ kW}}{73582,75 \text{ kW}} \times 100 \% \\ &= 26,49 \%\end{aligned}$$

Adapun hasil analisis data- data yang lain dapat dilihat pada lampiran 2



4.3 Pembahasan

4.3.1 Pengaruh Beban Generator terhadap SFC

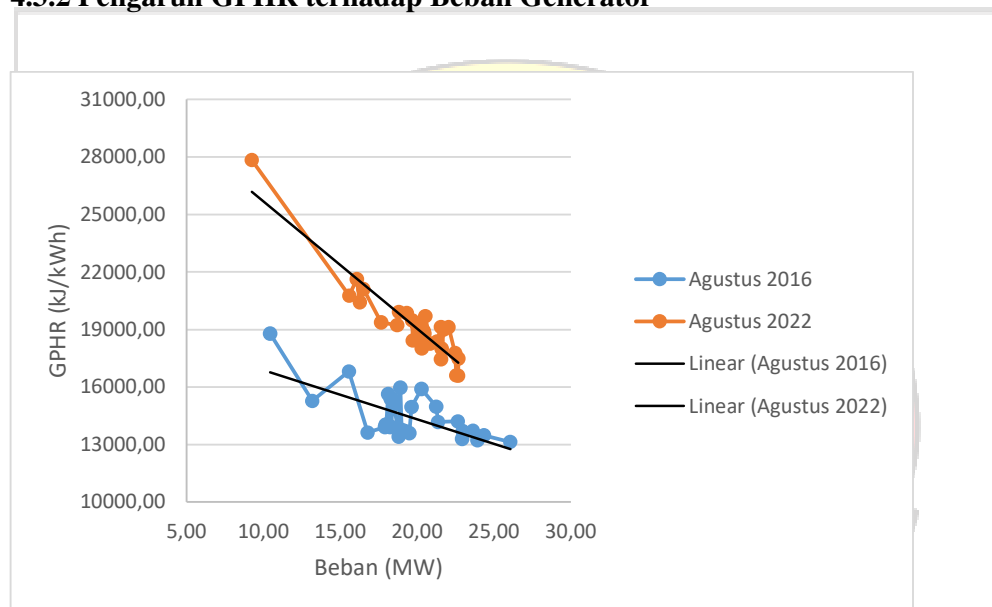


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Pengaruh Beban Generator Terhadap SFC

Gambar 4.1 Menunjukkan Hubungan Pengaruh Beban Generator terhadap SFC. Terlihat trendline menunjukkan Semakin tinggi Beban Generator maka nilai SFC nya semakin rendah begitupun sebaliknya,hal ini karena pada beban tinggi energi panas dapat dimanfaatkan lebih maksimal yang mempengaruhi nilai SFC sehingga unit akan lebih optimal jika dioperasikan pada beban yang relatif tinggi. Pada Bulan Agustus 2016 nilai rata-rata SFC sebesar 0,68 kg/kWh lebih rendah

dari Bulan Agustus 2022 dengan nilai rata-rata SFC sebesar 0,85 kg/kWh. Sehingga terjadi kenaikan nilai SFC sebesar 0,17 kg/kWh artinya pada Bulan Agustus 2022 pemakaian batu bara lebih besar dibandingkan dengan Bulan Agustus 2016 yang menyebabkan nilai SFC meningkat.

4.3.2 Pengaruh GPHR terhadap Beban Generator

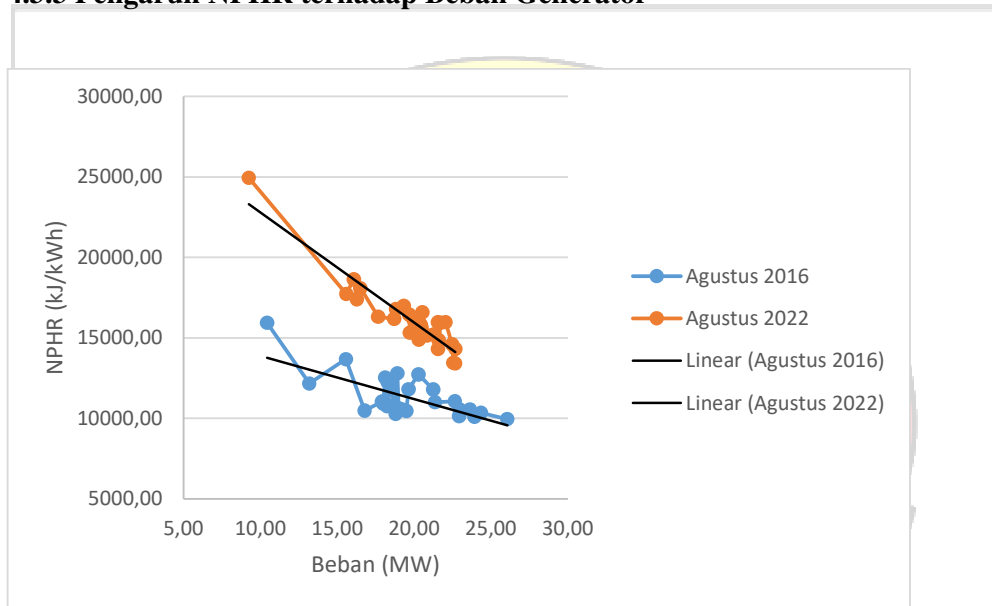


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Pengaruh GPHR terhadap Beban Generator

Gambar 4.2 Menunjukkan Hubungan Pengaruh GPHR terhadap Beban Generator. Terlihat trendline menunjukkan Semakin tinggi GPHR maka nilai beban generatornya semakin rendah begitupun sebaliknya, hal ini karena energi panas dapat dimanfaatkan lebih maksimal ketika unit beroperasi pada beban tinggi. Terlihat pula nilai GPHR pada Bulan Agustus 2022 cenderung lebih besar dari Bulan Agustus 2016. Pada bulan Agustus 2016 nilai rata-rata GPHR sebesar 14466,73 kJ/kWh dan pada bulan Agustus 2022 nilai rata-rata GPHR sebesar 19238,28

kJ/kWh sehingga terjadi kenaikan nilai GPHR sebesar 4771,55 kJ/kWh artinya PLTU membutuhkan energi yang lebih besar untuk menghasilkan 1 kWh listrik pada Agustus 2022 daripada Agustus 2016.

4.3.3 Pengaruh NPHR terhadap Beban Generator

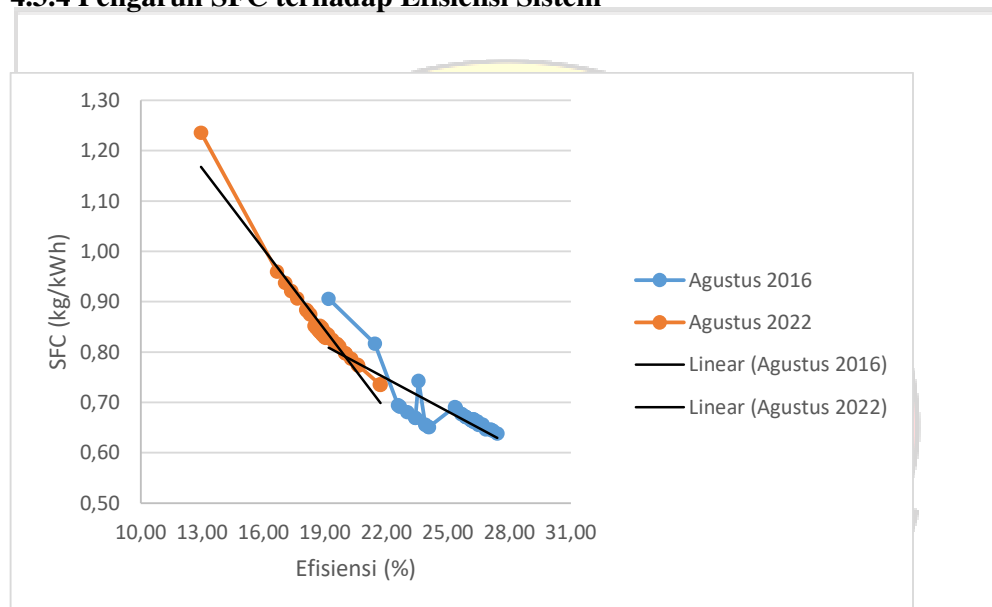


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Pengaruh NPHR terhadap Beban Generator

Gambar 4.3 Menunjukkan Hubungan Pengaruh Beban NPHR terhadap beban generator. Terlihat trendline menunjukkan Semakin tinggi NPHR maka beban generator nya semakin rendah begitupun sebaliknya, hal ini berhubungan dengan nilai GPHR, dengan menurunnya GPHR maka SFC akan menurun sehingga pemakaian daya sendiri pun berkurang. Jika pemakaian daya sendiri menurun maka daya keluaran generator nett akan semakin besar. Terlihat pula nilai NPHR pada Bulan Agustus 2022 cenderung lebih besar dari Bulan Agustus 2016. Pada

bulan Agustus 2016 nilai rata-rata NPHR sebesar 11359,95 kJ/kWh dan pada bulan Agustus 2022 nilai rata-rata NPHR sebesar 16153,44 kJ/kWh artinya terjadi kenaikan nilai NPHR sebesar 4793,49 kJ/kWh dari Agustus 2016 sampai Agustus 2022.

4.3.4 Pengaruh SFC terhadap Efisiensi Sistem



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Pengaruh SFC terhadap Efisiensi Sistem

Gambar 4.4 Menunjukkan Hubungan Pengaruh SFC terhadap Efisiensi Sistem. Terlihat trendline menunjukkan Semakin tinggi SFC maka Efisiensi Sistem nya semakin rendah begitupun sebaliknya, hal ini sesuai dengan teori semakin rendah nilai SFC maka semakin optimal unit dalam beroperasi karena bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik semakin kecil kebutuhan bahan bakar yang semakin kecil membuat unit lebih efisien. Terlihat pula nilai Efisiensi sistem pada Bulan Agustus 2016 nilai rata-rata efisiensi sistem sebesar 25,04 %

cenderung lebih tinggi dari Bulan Agustus 2022 dengan nilai rata-rata Efisiensi Sistem sebesar 18,87 %. sehingga terjadi Penurunan Efisiensi sistem sebesar 6,17 dari Agustus 2016 sampai Agustus 2022. Artinya pada Agustus 2016 PLTU Antam lebih efisien dibandingkan dengan Agustus 2022.

4.4 Perbandingan PLTU Antam dan PLTU Lainnya

Kinerja	PLTU Antam	PLTU Tonasa I	PLTU Tonasa II	PLTU
Daya terpasang (MW)	2 x 30	2 x 25	2 x 35	Antam
Gross Plant Heat Rate (kJ/kWh)	19238,28	21980,87	19671,99	dapat
Net Plant Heat Rate (kJ/kWh)	16153,44	22257,57	17597,77	diketahui
Specific Fuel Consumption (kg/kWh)	0,85	1,16	0,77	baik atau tidaknya

maka diperlukan data perbandingan dari PLTU lainnya yang kapasitasnya setara atau tidak berbeda jauh dari kapasitas PLTU Antam.

Tabel 4.1 Perbandingan PLTU Antam dan PLTU Tonasa

Pada tabel 4.1 dapat dilihat untuk nilai rata-rata GPHR dan NPHR PLTU Antam membutuhkan lebih sedikit energi untuk menghasilkan 1 kWh listrik jika dibandingkan dengan PLTU Tonasa yang kapasitas terpasangnya kurang lebih sama. Demikian juga untuk nilai SFC PLTU Antam nilai rata-ratanya adalah 0,85 kg/kWh lebih besar dari PLTU Tonasa II. Namun jika dibandingkan dengan PLTU Tonasa I, maka nilai SFC rata-rata PLTU Antam lebih kecil.. Jadi jika dilihat performance PLTU Antam dapat dikatakan masih dalam kondisi yang baik dengan tingkat pemakaian bahan bakar yang relatif masih efisien.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

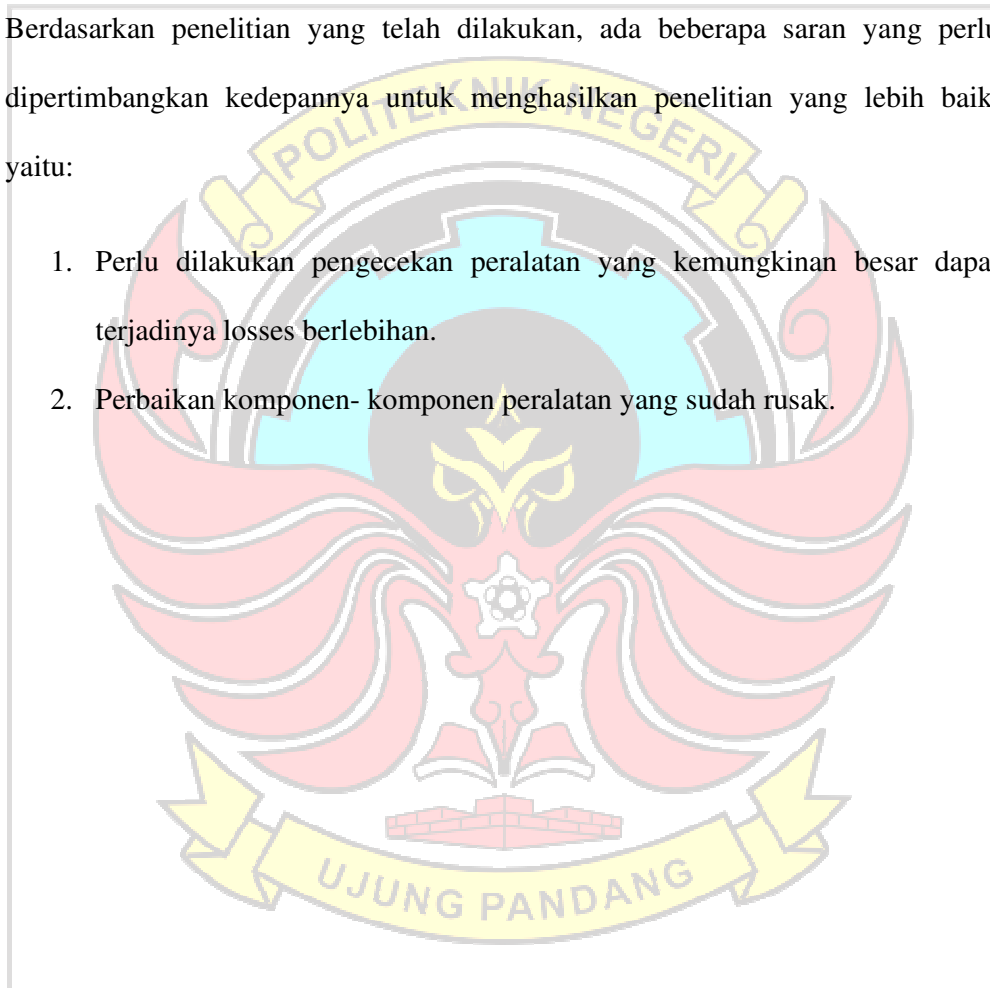
1. Beban yang tinggi memberikan nilai SFC yang rendah begitupun sebaliknya. Dalam hal ini nilai optimum SFC cenderung berada pada beban maksimum PLTU.
2. Beban Berbanding terbalik dengan nilai GPHR. hal ini menunjukkan semakin tinggi beban maka semakin rendah nilai GPHRnya begitupun sebaliknya.
3. Beban Berbanding terbalik dengan nilai NPHR. hal ini semakin tinggi beban maka semakin rendah nilai NPHRnya begitupun sebaliknya.

4. Efisiensi sistem berbanding terbalik dengan nilai SFC. Efisiensi sistem pada Agustus 2016 lebih tinggi dibandingkan dengan Efisiensi sistem pada Agustus 2022

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang perlu dipertimbangkan kedepannya untuk menghasilkan penelitian yang lebih baik, yaitu:

1. Perlu dilakukan pengecekan peralatan yang kemungkinan besar dapat terjadinya losses berlebihan.
2. Perbaiki komponen- komponen peralatan yang sudah rusak.



DAFTAR PUSTAKA

- Burhani S, Muhammad. 2017. "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Ditinjau dari Nilai Kalor Batubara dan Perubahan Beban di PLTU Tanjung Jati B Unit 2". Teknik Mesin, POLINES.
- Dadang SP, Yuriadi Kusuma, dan Agung W. 2020. "Effect of Loading Fluctuation on Efficiency Boiler PLTU Unit I South Minahasa". Mechanical Engineering, Mercu Buana University.
- F Alihar. 2018. "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Jeneponto". Teknik Mesin, PNUP.
- Hendra Y. 2015. "*Specific Fuel Consumption*" (Online) <http://berbagienergi.com/2015/03/22/specific-fuel-consumption/#>(Diakses pada tanggal 14 Juli 2022).
- Hertati Rita. 2014. "Pembuatan Biocoal dari Campuran batu bara lignit, Sekam padi dan Tempurung Kelapa". Skripsi. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Iqbal Muhammad, Kamal Dianta, dan Ekayuliana Arifia. 2018. "Analisis Pengaruh Nilai Kalori Batu bara Terhadap Konsumsi bahan Bakar dan Biaya Produksi Listrik". Teknik Mesin, PNJ.
- Kadir A. 1995. "Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi". Cet. 1.Edisi kedua/revisi. Jakarta, Universitas Indonesia.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2020."Kebutuhan Batu Bara pada PLTU Di Indonesia"
- Kirk Othmer. 1979 "Klasifikasi batu bara berdasarkan standar ASTM Vol. 6".
- La Hasanuddin, Imran Al Ichlas, dkk. 2020."Analisis Spesifik Konsumsi Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Nii Tanasa dengan Menggunakan Bahan Bakar Rendah Kalori". *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 11, No.2.
- Nurmalita. 2012. "Analisis Efisiensi Energi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Energi Alamraya Semesta Di Kabupaten Nagan Raya Nanggroe Aceh Darussalam". Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB.
- P. U. L. negara, "Standar Operasi Pusat Listrik Tenaga Uap" in Faktor- faktor perusahaan vol. SPLN 80,ed. Jakarta,1980.
- Sumitomo Heavy Industries Indonesia. 2014. "Manual Book PLTU Antam Pomalaa 2 x 30 MW".

Thakree Vineeta, Vishwavidyalaya rajiv, dkk. 2016. " *Energy Management Approach to Reduce Auxiliary Power Consumption and Improve the Efficiency of 500 MW Thermal Power Plant*". IJSRD Vol. 4, Issue 10.

Yunus A. Cengel dan Michael A. Boles. 2013. "Thermodynamics : AnEngineering Approach". Penerbit McGraw-Hill.



Tanggal Operasi (Thn 2016)	Beban Generator (MW)	Beban Pemakaian Sendiri (MW)	Laju Bahan Bakar	Nilai Kalori Bahan Bakar As Received	Nilai Kalori Bahan Bakar As Fired
----------------------------	----------------------	------------------------------	------------------	--------------------------------------	-----------------------------------



			(ton/jam)	(kg/s)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)
1 Agustus	19,49	3,12	12,78	3,55	3731	15610,50	4954	20727,54
2 Agustus	19,44	3,12	12,78	3,55	3731	15610,50	4954	20727,54
3 Agustus	18,98	3,11	12,60	3,50	3731	15610,50	4954	20727,54
4 Agustus	18,80	3,11	12,16	3,38	3731	15610,50	4954	20727,54
5 Agustus	17,91	2,85	12,02	3,34	3731	15610,50	4954	20727,54
6 Agustus	18,25	3,12	12,24	3,40	3731	15610,50	4954	20727,54
7 Agustus	17,96	2,99	12,16	3,38	3731	15610,50	4954	20727,54
8 Agustus	17,99	3,11	12,18	3,38	3731	15610,50	4954	20727,54
9 Agustus	18,33	3,11	12,32	3,42	3731	15610,50	4954	20727,54
10 Agustus	18,79	3,12	12,42	3,45	3731	15610,50	4954	20727,54
11 Agustus	19,23	3,14	12,72	3,53	3731	15610,50	4954	20727,54
12 Agustus	18,75	3,14	12,48	3,47	3731	15610,50	4954	20727,54
13 Agustus	18,38	3,11	12,30	3,42	4276	17890,78	5492	22978,53
14 Agustus	18,10	3,09	12,32	3,42	4276	17890,78	5492	22978,53
15 Agustus	18,29	3,11	12,24	3,40	4276	17890,78	5492	22978,53
16 Agustus	18,46	3,12	12,10	3,36	4276	17890,78	5492	22978,53
17 Agustus	19,63	3,14	12,78	3,55	4276	17890,78	5492	22978,53
18 Agustus	21,24	3,17	13,84	3,84	4276	17890,78	5492	22978,53
19 Agustus	20,29	3,17	14,04	3,90	4276	17890,78	5492	22978,53
20 Agustus	18,92	3,14	13,14	3,65	4276	17890,78	5492	22978,53
21 Agustus	21,35	3,17	14,72	4,09	3872	16200,45	4916	20568,54
22 Agustus	22,93	3,14	14,82	4,12	3872	16200,45	4916	20568,54
23 Agustus	23,62	3,15	15,76	4,38	3872	16200,45	4916	20568,54
24 Agustus	23,93	3,12	15,40	4,28	3872	16200,45	4916	20568,54
25 Agustus	24,35	3,11	15,96	4,43	3872	16200,45	4916	20568,54
26 Agustus	15,57	3,12	12,72	3,53	3872	16200,45	4916	20568,54
27 Agustus	22,97	3,15	15,30	4,25	3872	16200,45	4916	20568,54
28 Agustus	26,06	3,17	16,64	4,62	3872	16200,45	4916	20568,54
29 Agustus	13,18	3,11	9,79	2,72	3872	16200,45	4916	20568,54
30 Agustus	16,78	3,12	11,11	3,09	3872	16200,45	4916	20568,54
31 Agustus	22,64	3,14	15,64	4,34	3872	16200,45	4916	20568,54

Lampiran 1

Tabel 1 Data Operasi PLTU Unit 1 Per-hari pada Agustus 2016

Tabel 2 Data Operasi PLTU Unit 1 Per-hari pada Agustus 2022

			(ton/jam)	(kg/s)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)
1 Agustus	16,51	3,03	15,48	4,30	4095	17133,48	5383	22522,47
2 Agustus	16,26	3,01	14,74	4,09	4095	17133,48	5383	22522,47
3 Agustus	15,59	3,01	14,37	3,99	4095	17133,48	5383	22522,47
4 Agustus	18,82	3,11	16,64	4,62	4095	17133,48	5383	22522,47
5 Agustus	20,53	3,11	17,96	4,99	4095	17133,48	5383	22522,47
6 Agustus	22,05	3,10	18,71	5,20	4095	17133,48	5383	22522,47
7 Agustus	19,32	2,85	17,03	4,73	4095	17133,48	5383	22522,47
8 Agustus	9,24	2,89	11,42	3,17	4095	17133,48	5383	22522,47
9 Agustus	16,08	2,99	15,44	4,29	4095	17133,48	5383	22522,47
10 Agustus	20,24	3,11	17,25	4,79	4095	17133,48	5383	22522,47
11 Agustus	20,48	3,11	17,09	4,75	4095	17133,48	5383	22522,47
12 Agustus	20,84	3,12	16,91	4,70	4095	17133,48	5383	22522,47
13 Agustus	21,30	3,14	17,38	4,83	4095	17133,48	5383	22522,47
14 Agustus	20,12	3,11	16,87	4,69	4104	17171,14	5394	22568,50
15 Agustus	19,71	3,09	16,09	4,47	4104	17171,14	5394	22568,50
16 Agustus	20,20	3,11	16,65	4,63	4104	17171,14	5394	22568,50
17 Agustus	20,31	3,12	16,22	4,51	4104	17171,14	5394	22568,50
18 Agustus	21,56	3,14	16,68	4,63	4104	17171,14	5394	22568,50
19 Agustus	22,48	3,17	17,70	4,92	4104	17171,14	5394	22568,50
20 Agustus	21,59	3,14	17,22	4,78	4104	17171,14	5394	22568,50
21 Agustus	22,68	3,17	17,57	4,88	4104	17171,14	5394	22568,50
22 Agustus	22,55	3,14	16,59	4,61	4104	17171,14	5394	22568,50
23 Agustus	22,67	3,15	16,66	4,63	4104	17171,14	5394	22568,50
24 Agustus	20,09	3,12	16,78	4,66	4163	17417,99	5462	22853,01
25 Agustus	20,44	3,11	16,93	4,70	4163	17417,99	5462	22853,01
26 Agustus	19,94	3,12	16,83	4,68	4163	17417,99	5462	22853,01
27 Agustus	21,55	3,15	18,05	5,01	4163	17417,99	5462	22853,01
28 Agustus	18,70	3,05	15,74	4,37	4163	17417,99	5462	22853,01
29 Agustus	17,66	3,05	14,97	4,16	4163	17417,99	5462	22853,01
30 Agustus	19,68	3,03	16,77	4,66	4163	17417,99	5462	22853,01
31 Agustus	21,73	3,06	18,07	5,02	4163	17417,99	5462	22853,01



1 Agustus	55417,29	0,66	10236,13	7116,13	35,17
2 Agustus	41020,94	0,91	14145,15	11305,15	25,45
3 Agustus	54636,76	0,66	10363,14	7253,14	34,74
4 Agustus	52728,81	0,65	10097,01	6987,01	35,65
Tanggal Operasi (1 Agustus)	52121,74 53075,71	0,67 (kg/kWh)	10416,73 (10469,73)	7826,73 (7349,73)	34,36 34,28
7 Agustus	52728,81	0,68	10569,25	7579,25	34,06
8 Agustus	52815,54	0,68	10568,98	7458,98	34,06
9 Agustus	53422,61	0,67	10492,17	7382,17	34,31
10 Agustus	53856,24	0,66	10318,39	7198,39	34,89
11 Agustus	55157,11	0,66	10325,82	7185,82	34,86
12 Agustus	54116,41	0,67	10390,35	7250,35	34,65
13 Agustus	61126,85	0,67	11972,61	8862,61	30,07
14 Agustus	61226,24	0,68	12177,59	9087,59	29,56
15 Agustus	60828,67	0,67	11972,84	8862,84	30,07
16 Agustus	60132,91	0,66	11726,90	8606,90	30,70
17 Agustus	63512,28	0,65	11647,69	8507,69	30,91
18 Agustus	68780,13	0,65	11657,65	8487,65	30,88
19 Agustus	69774,06	0,69	12379,82	9209,82	29,08
20 Agustus	65301,36	0,69	12425,21	9285,21	28,97
21 Agustus	66241,83	0,69	11169,58	7999,58	32,23
22 Agustus	66691,84	0,65	10470,59	7330,59	34,38
23 Agustus	70921,96	0,67	10809,44	7659,44	33,30
24 Agustus	69301,92	0,64	10425,70	7305,70	34,53
25 Agustus	71821,99	0,66	10618,45	7508,45	33,90
26 Agustus	57241,58	0,82	13235,05	10115,05	27,20
27 Agustus	68851,90	0,67	10790,89	7640,89	33,36
28 Agustus	74882,07	0,64	10344,41	7174,41	34,80
29 Agustus	44056,22	0,74	12033,56	8923,56	29,92
30 Agustus	49996,38	0,66	10726,28	7606,28	33,56
31 Agustus	70381,95	0,69	11191,48	8051,48	32,17
AVERAGE	59747,42	0,68	11168,66	8061,89	32,46

Lampiran 2

Tabel 1. Tabel hasil analisis dengan menggunakan nilai kalori as Received pada Agustus 2016

Tabel 2. Tabel hasil analisis dengan menggunakan nilai kalori as Received pada Agustus 2022

1 Agustus	73673,96	0,94	16064,58	13034,58	22,41
2 Agustus	70152,08	0,91	15531,83	12521,83	23,18
3 Agustus	68391,14	0,92	15792,69	12782,69	22,80
4 Agustus	79194,75	0,88	15148,84	12038,84	23,76
Tanggal Operasi 5 Agustus (Thur 2016)	8547,03	SFC 0,87 (kg/kWh)	GPHR 14988,67 (kJ/kWh)	NPHR 11878,67 (kJ/kWh)	24,02 (%)
6 Agustus	89046,50	0,85	14538,20	11418,20	24,76
7 Agustus	81050,88	0,88	15102,65	12252,65	23,84
8 Agustus	54351,21	1,24	21175,79	18285,79	17,00
9 Agustus	73483,59	0,96	16451,55	13461,55	21,88
10 Agustus	82097,93	0,85	14602,40	11492,40	24,65
11 Agustus	81336,44	0,83	14297,42	11187,42	25,18
12 Agustus	80479,76	0,81	13902,45	10782,45	25,89
13 Agustus	82716,63	0,82	13980,28	10840,28	25,75
14 Agustus	80465,85	0,84	14397,47	11287,47	25,00
15 Agustus	76745,44	0,82	14017,43	10927,43	25,68
16 Agustus	79416,50	0,82	14153,44	11043,44	25,44
17 Agustus	77365,51	0,80	13713,24	10593,24	26,25
18 Agustus	79559,60	0,77	13284,53	10144,53	27,10
19 Agustus	84424,75	0,79	13519,98	10349,98	26,63
20 Agustus	82135,27	0,80	13695,55	10555,55	26,29
21 Agustus	83804,68	0,77	13302,33	10132,33	27,06
22 Agustus	79130,32	0,74	12632,78	9492,78	28,50
23 Agustus	79464,20	0,73	12618,93	9468,93	28,53
24 Agustus	81187,20	0,84	14548,23	11428,23	24,75
25 Agustus	81912,95	0,83	14426,94	11316,94	24,95
26 Agustus	81429,11	0,84	14701,34	11581,34	24,49
27 Agustus	87331,88	0,84	14589,08	11439,08	24,68
28 Agustus	76155,33	0,84	14660,92	11610,92	24,56
29 Agustus	72429,82	0,85	14764,86	11714,86	24,38
30 Agustus	81138,81	0,85	14842,47	11812,47	24,25
31 Agustus	87428,64	0,83	14484,27	11424,27	24,85
AVERAGE	79128,31	0,85	14642,94	11558,10	24,79

Tabel 3. Tabel hasil analisis dengan menggunakan nilai kalori as Fired pada Agustus 2016

1 Agustus	73582,75	0,66	13591,48	10471,48	26,49
2 Agustus	54467,36	0,91	18781,85	15941,85	19,17
3 Agustus	72546,38	0,66	13760,11	10650,11	26,16
4 Agustus	70013,01	0,65	13406,75	10296,75	26,85
5 Agustus	69206,94	0,67	13910,94	11060,94	25,88
Tanggal Operasi (The 2022)	70475,82	(kg/kWh)	(kg/kWh)	(kg/kWh)	(%)
7 Agustus	70013,01	0,68	14033,79	11043,79	25,65
8 Agustus	70128,16	0,68	14033,43	10823,43	25,65
9 Agustus	70937,23	0,67	13931,44	10821,44	25,84
10 Agustus	71510,00	0,66	13700,69	10580,69	26,28
11 Agustus	73237,29	0,66	13710,57	10570,57	26,26
12 Agustus	71855,46	0,67	13796,25	10656,25	26,09
13 Agustus	78509,97	0,67	15377,36	12267,36	23,41
14 Agustus	78637,63	0,68	15640,63	12550,63	23,02
15 Agustus	78127,00	0,67	15377,65	12267,65	23,41
16 Agustus	77233,39	0,66	15061,77	11941,77	23,90
17 Agustus	81573,77	0,65	14960,04	11820,04	24,06
18 Agustus	88339,67	0,65	14972,83	11802,83	24,04
19 Agustus	89616,26	0,69	15900,37	12730,37	22,64
20 Agustus	83871,63	0,69	15958,66	12818,66	22,56
21 Agustus	84102,49	0,69	14181,22	11011,22	25,39
22 Agustus	84673,84	0,65	13293,76	10153,76	27,08
23 Agustus	90044,51	0,67	13723,97	10573,97	26,23
24 Agustus	87987,66	0,64	13236,76	10116,76	27,20
25 Agustus	91187,21	0,66	13481,48	10371,48	26,70
26 Agustus	72675,52	0,82	16803,59	13683,59	21,42
27 Agustus	87416,31	0,67	13700,42	10550,42	26,28
28 Agustus	95072,38	0,64	13133,56	9963,56	27,41
29 Agustus	55935,01	0,74	15278,15	12168,15	23,56
30 Agustus	63476,81	0,66	13618,39	10498,39	26,43
31 Agustus	89358,90	0,69	14209,01	11069,01	25,34
AVERAGE	77284,14	0,68	14466,73	11359,95	25,04

Tabel 4. Tabel hasil analisis dengan menggunakan nilai kalori as Fired pada Agustus 2022

3 Agustus	89902,20	0,92	20759,97	17749,97	17,34
4 Agustus	104103,87	0,88	19913,60	16803,60	18,08
5 Agustus	112362,11	0,87	19703,05	16593,05	18,27
6 Agustus	117054,29	0,85	19110,90	15990,90	18,84
7 Agustus	106543,81	0,88	19852,88	17002,88	18,13
8 Agustus	71446,29	1,24	27836,22	24946,22	12,93
9 Agustus	96596,38	0,96	21626,06	18636,06	16,65
10 Agustus	107920,18	0,85	19195,29	16085,29	18,75
11 Agustus	106919,18	0,83	18794,39	15684,39	19,15
12 Agustus	105793,06	0,81	18275,19	15155,19	19,70
13 Agustus	108733,49	0,82	18377,49	15237,49	19,59
14 Agustus	105758,48	0,84	18922,99	15812,99	19,02
15 Agustus	100868,64	0,82	18423,50	15333,50	19,54
16 Agustus	104379,29	0,82	18602,25	15492,25	19,35
17 Agustus	101683,61	0,80	18023,68	14903,68	19,97
18 Agustus	104567,36	0,77	17460,23	14320,23	20,62
19 Agustus	110961,77	0,79	17769,68	14599,68	20,26
20 Agustus	107952,64	0,80	18000,44	14860,44	20,00
21 Agustus	110146,80	0,77	17483,62	14313,62	20,59
22 Agustus	104003,15	0,74	16603,61	13463,61	21,68
23 Agustus	104441,98	0,73	16585,41	13435,41	21,71
24 Agustus	106520,41	0,84	19087,78	15967,78	18,86
25 Agustus	107472,62	0,83	18928,64	15818,64	19,02
26 Agustus	106837,81	0,84	19288,67	16168,67	18,66
27 Agustus	114582,44	0,84	19141,38	15991,38	18,81
28 Agustus	99918,43	0,84	19235,63	16185,63	18,72
29 Agustus	95030,42	0,85	19372,00	16322,00	18,58
30 Agustus	106456,93	0,85	19473,83	16443,83	18,49
31 Agustus	114709,40	0,83	19003,86	15943,86	18,94
AVERAGE	103959,05	0,85	19238,28	16153,44	18,87

Lampiran 3

Certificate of Sampling and Analysis Bulan Agustus 2016



SI 01- 109169
LIK-MINBA05-01
Rev 03

SERTIFIKAT PENGAMBILAN SAMPEL DAN ANALISA
(Certificate of Sampling and Analysis)
No : COA-2307160057/1050.K/30/DJB/2014/VII/2016

Nama Kapal / Tongkang / (Name of vessel / barge) : TB. TRANS ENERGY 1945 / BG. RAJA AMPAT 3002
 Komoditas / (Commodity) : Coal in Bulk (LCV)
 Kuantitas / (Quantity) : 7.525.358 MT
 Pelabuhan Muat / (Port of Loading) : Jetty R Sungai Puting, Provinsi Kalimantan Selatan
 Pelabuhan Bongkar / (Port of Discharging) : Jetty PT. ANTAM, Tbk., Pomalaa, Kab. Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara
 Pembeli / (Notify Party) : PT. ANEKA TAMBANG (Persero) Tbk.
 Penerima / (Consignee) : PT. ANEKA TAMBANG (Persero) Tbk.
 Pengirim / (Shipper) : PT. Indonesia Coal Resources
 Tanggal Survei / (Date of Survey) : July 03rd Up To July 06th, 2016

Spesifikasi / Specification

Parameter	Unit	Result				Methods	
		AR	ADB	DB	DAFB		
Total Moisture	%	25.72	17.49	-	-	ASTM D 3302-12	
Proximate	Moisture in the Analysis Sample	%	17.49	-	-	ASTM D 3174-12	
	Ash Content	%	2.37	3.04	3.68	ASTM D 3174-12	
	Volatile Matter	%	34.35	44.09	53.44	55.48	ASTM D 3175-11
	Fixed Carbon	%	27.56	35.38	47.88	44.52	By Different
Total Sulphur	%	0.87	0.99	0.11	0.12	ASTM D 4239-14	
Gross Calorific Value (GCV)	Kcal/Kg	4112	5278	5397	6641	ASTM D 5865-13	
	Total Carbon	%	-	56.37	68.32	-	-
Ultimate	Total Hydrogen	%	3.36	4.31	3.22	-	ASTM D 5373-14
	Nitrogen	%	-	0.73	0.88	0.92	-
	Oxygen	%	-	17.97	-	-	By Different
Net Calorific Value (NCV)	Kcal/Kg	3721	4954	5129	-	ASTM D 5865-13	
Hardgrove Grindability Index	Index Point	53				ASTM D 409-12	
Swelling Index		0.10 (LOW)					
Feeding Index		0.49 (MEDIUM)					
Sieve Test	Size Fraction	- 70 mm	- 50 mm	- 30 mm	- 2.38 mm	ASTM D 4749-12	
	%	95.5	87.1	72.8	16.1		
Ash Fusion Temperature (Reduction)	Initial Deformation temp.	°C	1180			ASTM D 1857-10	
	Spherical Temp.	°C	1190				
	Hemispherical Temp.	°C	1200				
	Fluidized Temp./Fluid	°C	1210				

Ash Analysis Parameter	Unit	Result	Ash Analysis Parameter	Unit	Result	Methods
SiO ₂	%	31.89	H ₂ O	%	0.53	Ignited at 800°C ASTM D 3682-13
Al ₂ O ₃	%	19.72	K ₂ O	%	0.45	
Fe ₂ O ₃	%	26.83	TiO ₂	%	3.00	
CaO	%	10.89	MnO ₂	%	0.49	
MgO	%	4.62	P ₂ O ₅	%	0.17	
SO ₂	%	10.34				ASTM D 5016-06 th

Tanggal dikeluarkan : July 19th, 2016
 Date of issued
 Dilaporkan oleh / Reported by
 Analis / Analyst



MURTIA MURTAH
2014/SI-Minerba/021

*Coret yang tidak perlu
 *Sertifikat ini ditembuskan ke :
 1) Direktorat Pembinaan Pengusahaan Batubara
 2) Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi
 3) Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten / Kota

Ditsetujui oleh / Approved by



ZULKIPLI KURNIAS MUBAR
Head of UB MINBA Sulamapa Area

This certificate/report reflects our finding at time and place of inspection and does not refer to any other matter. This certificate/report is issued without prejudice and on the understanding that it does not relieve parties from their contractual obligations. All inspection covered in this certificate/report have been carried out to the best of our knowledge and ability and in accordance with practice and standard generally accepted in trade. Our responsibility is limited to the exercise of reasonable care and due diligence.
 This certificate is issued under our General Terms and Conditions, copy of which is available upon request or may be accessed at www.ptal.co.id



SI 01- 114312

LIK-MINBA05-01
REV 03

SERTIFIKAT PENGAMBILAN SAMPEL DAN ANALISA
(Certificate of Sampling and Analysis)

No : COA-2207164041/1050.K/30/DJB/2014/07/2016

Nama Kapal/ Tongkang / (Name of tugboat / barge) : TB. ALFI 5412-01/ BG. LAOURA 5412 IE 01
 Komoditas / (Commodity) : Indonesian Steam Coal in bulk
 Kuantitas / (Quantity) : 7,533.553 Metric Tons
 Pelabuhan Muat / (Port of Loading) : Jetty PPM/BHJ, Sungai Danau, South Kalimantan, Indonesia
 Pelabuhan Bongkar / (Port of Discharging) : Pelabuhan Tersus (Terminal Khusus)
 PT. Antam (Persero) Tbk., Pomalaa Sulawesi Tenggara
 Penerima / (Consignee) : PT. Antam (Persero) TBK
 Pembeli / (Notify Party) : PT. Antam (Persero) TBK
 UBP Nikel Sulawesi Tenggara
 Pengirim / (Shipper) : PT. Surya Mega Adiperkasa
 Gedung Equity Tower Lt. 47 Unit A-F SCBD Lot. 9
 Jl. Jend Sudirman Kav. 52-53
 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, Indonesia
 Tanggal Survei / (Date of Survey) : July 18th up to July 19th, 2016

General Condition of Sample : Coal sampling taken at the time of loading with sampling point on belt conveyor at Jetty BHJ, Sungai Danau, South Kalimantan. Condition of coal is crushed, moist-dry, and no dust. The color coal is black to brown
 Sampling Method : In Accordance with ASTM Method, representative sample was taken by manual scope from barge loading by conveyor from the above source in 2 lot. Total increment was collected in 136 increments or 28 bags and 10 bags SA.
 Sample Preparation : Gross sample was crushed, mixed, reduced and pulverized into one analysis sample for laboratory test.

Spesifikasi / Specification :

Parameter	Unit	Result				Methods
		AR	ADB	DB	DAFB	
Total Moisture	%	33.03	-	-	-	ASTM D 3302-12
Moisture in the Analysis Sample	%	-	13.98	-	-	ASTM D 3173-11
Proximate	Ash Content	4.03	5.18	6.02	-	ASTM D 3174-12
	Volatile Matter	31.83	40.89	47.54	50.58	ASTM D 3175-11
	Fixed Carbon	31.10	39.95	46.44	49.42	By Different
Total Sulphur	%	0.15	0.19	0.22	0.24	ASTM D 4239-14
Gross Calorific Value	Kcal/Kg	4276	5492	6385	6794	ASTM D 5865-13
Hardgrove Grindability Index	Index Point	-	-	54	-	ASTM D 409-12
Size Test	Size Fraction	- 70 mm	- 50 mm	- 32 mm	- 2.38 mm	ASTM D 4749-12
	%	98.8	79.9	61.8	14.9	

Tanggal dikeluarkan : July 22nd, 2016
Date of issued

Dilaporkan oleh / Reported by

Analyst,

Lutfia Apipah
 2014/SI-Minba/021

Disetujui oleh / Approved by

Helmy Satria Yudha
 Deputy Operation Manager

Sertifikat ini ditembuskan ke :

- 1) Direktorat Pembinaan Pengusahaan Batubara
- 2) Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi
- 3) Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten /Kota

This certificate/report reflects our finding at time and place of inspection and does not refer to any other matter. This certificate/report is issued without prejudice and on the understanding that it does not relieve parties from their contractual obligations. All inspection covered in this certificate/report have been carried out to the best of our knowledge and ability and in accordance with practice and standard generally accepted in trade. Our responsibility is limited to the exercise of reasonable care and due diligence.

This certificate is issued under our General Terms and Conditions, copy of which is available upon request or may be accessed at www.ptal.co.id

17.9 MJ/kg 23.0 MJ/kg



SI 01- 109191

LIK-MINBA05-01
Rev 03**SERTIFIKAT PENGAMBILAN SAMPEL DAN ANALISA***(Certificate of Sampling and Analysis)*

No : COA-2308160068/1050.K/30/DJB/2014/08/2016

Nama Kapal / Tongkang / (Name of vessel / barge) : TB. SYUKUR 28 / BG. SAMUDRA 300-2
 Komoditas / (Commodity) : Coal in Bulk (LCV)
 Kuantitas / (Quantity) : 7,557.080 MT
 Pelabuhan Muat / (Port of Loading) : Jetty BHJ Sungai Danau, Provinsi Kalimantan Selatan
 Pelabuhan Bongkar / (Port of Discharging) : Jetty PT. ANTAM, Tbk., Pomalaa, Kab. Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara
 Pembeli / (Notify Party) : PT. ANEKA TAMBANG (Persero) Tbk.
 Penerima / (Consignee) : PT. ANEKA TAMBANG (Persero) Tbk.
 Pengirim / (Shipper) : PT. Surya Mega Adiperkasa ^{> chiprent - 4.}
 Tanggal Survei / (Date of Survey) : August 21st Up To August 23rd, 2016

Spesifikasi / Specification

Parameter	Unit	Result				Methods
		AR	ADB	DB	DAFB	
Total Moisture	%	31.71	-	-	-	ASTM D 3302-12
Moisture in the Analysis Sample	%	-	15.71	-	-	ASTM D 3173-11
Proximate	Ash Content	5.02	6.20	7.36	-	ASTM D 3174-12
	Volatile Matter	33.66	41.55	49.29	53.21	ASTM D 3175-11
	Fixed Carbon	29.60	36.54	43.35	46.79	By Different
		%	0.10	0.12	0.14	0.15
Total Sulphur	%	0.10	0.12	0.14	0.15	ASTM D 5865-13
Gross Calorific Value (GCV)	Kcal/Kg	4224	5214	6186	6677	ASTM D 5865-13
Ultimate	Total Carbon	-	55.79	66.19	-	ASTM D 5373-14
	Total Hydrogen	3.24	4.00	4.75	-	
	Nitrogen	-	0.82	0.97	1.05	
	Oxygen	-	17.36	-	-	By Different
Net Calorific Value (NCV)	Kcal/Kg	3872	4916	5941	-	ASTM D 5865-13
Hardgrove Grindability Index	Index Point	-	-	54	-	ASTM D 409-12
Slagging Index				0.07 (LOW)		
Fouling Index				0.49 (LOW)		
Size Test	Size Fraction	- 70 mm	- 50 mm	- 32 mm	- 2.38 mm	ASTM D 4749-12
	%	98.5	95.1	69.0	10.6	
Ash Fusion Temperature (Reduction)	Initial Deformation temp.	°C		1220		ASTM D 1657-10
	Spherical Temp.	°C		1230		
	Hemispherical Temp.	°C		1240		
	Fluidized Temp./Fluid	°C		1250		
Ash Analysis Parameter	Unit	Result	Ash Analysis Parameter	Unit	Result	Methods
SiO ₂	%	20.45	Na ₂ O	%	0.99	Ignited at 800°C ASTM D 3682-13
Al ₂ O ₃	%	17.00	K ₂ O	%	1.48	
Fe ₂ O ₃	%	10.00	TiO ₂	%	3.10	
CaO	%	0.94	MnO ₂	%	0.21	
MgO	%	7.49	P ₂ O ₅	%	0.17	
SO ₂	%	7.54				ASTM D 5016-08 ¹

Tanggal dikeluarkan : August 30th, 2016

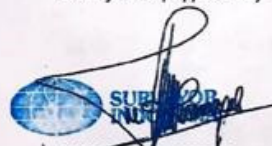
Date of issued

Dilaporkan oleh / Reported by

Analisis / Analys

Disetujui oleh / Approved by


LUTFI ARIFAL
 2014/51 Merba/021


MUHAMMAD IRWANSYAH
 Project Manager


Sertifikat ini ditembuskan ke :

- 1) Direktorat Pembinaan Pengusahaan Batubara
- 2) Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi
- 3) Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten / Kota

This certificate/report reflects our finding at time and place of inspection and does not refer to any other matter. This certificate/report is issued without prejudice and on the understanding that it does not relieve parties from their contractual obligations. All inspection covered in this certificate/report have been carried out to the best of our knowledge and ability and in accordance with practice and standard generally accepted in trade. Our responsibility is limited to the exercise of reasonable care and due diligence.

This certificate is issued under our General Terms and Conditions, copy of which is available upon request or may be accessed at www.ptbl.co.id

Certificate of Sampling and Analysis Bulan Agustus 2022



PT. GEOSERVICES ORIGINAL
MARINE CARGO SURVEYING

Head Office : BANDUNG, Jl. Setiabudi No. 79-81, Ph. 022-2031316, Fx. 022-2030990, 2030436 Branch Office : BALIKPAPAN, Jl. M.T. Haryono No. 161, Ph. 0542-872156/872155, Fx. 0542-872151;
 SAMARINDA, Jl. H.M. Kadrie Oering No. 94, Ph. 0541-7773628, Fx. 0541-203727; BANJARBARU, Jl. Jend. A. Yani Barat No. 8, Ph. 0511-4772616 (Hording), Fx. 0511-4772324; KOTABARU, Jl. Jend. Sudirman No. 335A8, Paliao Laut, South Kalimantan, Ph. 0518-21529, Fx. 0518-21529; TANJUNG REDES-BENAU, Jl. Mutiara RT. 13 Gunung Tabur, Berau 77352, Ph. 0554-2030207
 GUNUNG SAYAN, Manau Laboratory, Manau-Muara Pinang, Kutai Barat, Ph. 0542-583704; TANAH GROGOT, Jl. R.A. Kartes No. 2 (Kating), Ph. 0543-2702645, Fx. 0543-2709997; ASAM-ASAM, Jl. A. Yani RT. 12 RW. 03, Desa Asam-asam, Kec. Jorong, Ph. 0512-636075, Fx. 0512-636078; BATULICIN, Jl. Raya Batulicin No. 94 RT. 14, RW. 03, Ph. Fx. 0518-71972; PADANG, Jl. By Pass Kiri 25, Anak Air, Ph. 0751-484758, 484760, 484761; PALEMBANG, Jl. Lajen, Harun Sohar, Kamp. Pergudangan Gilya Bandara Indah Blok F No. 8 Sumatera Selatan Ph. 0711-418614 Fx. 0711-418601 ;
 MJOJKERTO, Jl. Empu Nala No. 48, Ph. 0321-390258, Fx. 0321-390257; SANGATTA, Jl. Poros Kuto No. 136, Ph. 0549-22192, Fx. 0549-22192

CERTIFICATE OF SAMPLING AND ANALYSIS

Issued at Discharge Port
 For and on behalf of
 PT. Geoservices
 June 29, 2022



PT. Geoservices
Andi Sukiman
 Laboratory Manager

Page 1 of 1
 Job No. : 03822 00031

REF NO. : **555063**

This Certificate is the true expression of our inspection findings and the relevant method of calculations following standards as generally accepted in trade. We are responsible only up to the limit as it is possible over a reasonable care and due diligence of exercise. However, this certificate is issued on the understanding that it may not relieve parties from their contractual obligations.



PT. GEOSERVICES ORIGINAL

MARINE CARGO SURVEYING

Head Office : BANDUNG, J. Setiabudi No. 79-81, Ph. 022-2631315, Fx. 022-2039090, 2035-036; Branch Office : BALIKPAPAN, J. M.T. Haryono No. 161, Ph. 0542-872456/872155, Fx. 0542-872151; SAMARINDA, J. H.M. Kadri Dering No. 94, Ph. 0541-7779626, Fx. 0541-203727; BANJARBARU, J. Jend. A. Yani Barat No. 8, Ph. 0511-4772916 (Hutbing), Fx. 0511-4772324; KOTABARU, J. Jend. Sudirman No. 335A3, Pulau Laut, South Kalimantan, Ph. 0518-21529, Fx. 0518-21529; TALJUNG NEDES-BERAU, J. Mutiara RT. 13 Gunung Tabur, Berau 77352, Ph. 0564-2030207; GUNUNG BAYAN, Manaja Laboratory, Manau-Muara Pahu, Kutai Barat, Ph. 0542-503704; TANAH GROGOT, J. R.A. Kardeli No. 2 (Kubing), Ph. 0543-2702646, Fx. 0543-2709997; ASAM-ASAM, J. A. Yani RT. 12 RW. 03, Desa Asam-asam, Kec. Jorong, Ph. 0512-639078; BATULICIN, J. Raya Batulicin No. 94 RT. 14, RW. 03, Ph./Fx. 0518-71972; PADANG, J. By Pass Km. 25, Anak Air, Ph. 0751-484759, 484760, 484761; PALEMBANG, J. Letjen. Harau Sohar, Komp. Pergudangan Gtaya Bandara Indah Blok F No. 6 Sumatera Selatan Ph. 0711-419614, Fx. 0711-419601; MOJOKERTO, J. Eregu Nala No. 48, Ph. 0321-390258, Fx. 0321-390257; SANGATTA, J. Puros Kabo No. 136, Ph. 0549-22192, Fx. 0549-22192

CERTIFICATE OF SAMPLING AND ANALYSIS

Name of Tug Boat/Barge : **TB. MAHESA 101 / BG. ALIKA 101**
 Shipper : **PT. ASAS EMPAT SAUDARA**
 Consignee : **PT. ANTAM Tbk**
NICKEL MINING BUSINESS UNIT, SOUTH EAST SULAWESI
JL. JEND. AHMAD YANI NO. 5
POMALAA, KOLAKA 93562 - INDONESIA
 Description of Goods : **INDONESIAN STEAM COAL IN BULK**
 Quantity : **7,562.718 MT**
 Port of Discharge : **JETTY PT. ANTAM Tbk, POMALAA SOUTH EAST SULAWESI**
 Discharged Dates : **JUNE 24 UP TO JULY 01, 2022**

THIS IS TO CERTIFY, that we have performed in inspection, sampling and analysis of the coal consignment nominated above. Samples were taken during barge unloading in accordance with ASTM D2234/D2234M 2020 II-B-1/2 to II-C-1/2. The analysis were performed at PT. Geoservices Laboratory in accordance with the appropriate to ASTM Standards.

The Actual results are as follows:

Specification	As	Air	Dry	
	Received	Dried		
	Basis	Basis	Basis	
TOTAL MOISTURE	35.36	-	-	PCT
INHERENT MOISTURE	-	15.04	-	PCT
ASH CONTENT	3.99	5.25	6.18	PCT
VOLATILE MATTER	31.78	41.77	49.16	PCT
FIXED CARBON	28.87	37.94	44.66	PCT (BY DIFFERENCE)
TOTAL SULPHUR	0.11	0.14	0.16	PCT
GROSS CALORIFIC VALUE	4,104	5,394	6,349	KCAL/KG
HARDGROVE GRINDABILITY INDEX		55		INDEX
SIZE (+ 50 MM)		9.72		PCT
(0 - 50 MM)		90.28		PCT
(- 2 MM)		23.25		PCT

Issued at Discharge Port
 For and on behalf of
 PT. Geoservices
 July 05, 2022


Andi Sukiman
 Laboratory Manager

Page 1 of 1
 Job No. : 03822.00033

REF NO. : **555078**

This Certificate is the true expression of our inspection findings and the relevant method of calculations following standards as generally accepted in trade. We are responsible only up to the limit as it is possible over a reasonable care and due diligence of exercise. However, this certificate is issued on the understanding that it may not relieve parties from their contractual obligations.



PT. GEOSERVICES ORIGINAL

MARINE CARGO SURVEYING

Head Office : BANDUNG, Jl. Setiabudi No. 79-81, Ph. 022-2031316, Fx. 022-2038090, 2035436; Branch Office : BALIKPAPAN, Jl. M.T. Haryono No. 161, Ph. 0542-872156/872155, Fx. 0542-872151; SAMARINDA, Jl. H.M. Kadrie Gemng No. 94, Ph. 0541-7773628, Fx. 0541-203727; BANJARBARU, Jl. Jend. A. Yani Barat No. 8, Ph. 0511-4772616 (Kuning), Fx. 0511-4772324; KOTABARU, Jl. Jend. Sudirman No. 335A8, Pulau Laut, South Kalimantan, Ph. 0518-21529, Fx. 0518-21529; TANJUNG REDEB-BERAU, Jl. Mulara RT. 13 Gunung Tabur, Berau 77352, Ph. 0554-2630207; GUNUNG BAYAN, Manau Laboratory, Manau-Muara Pahau, Kuala Barat, Ph. 0543-593704; TANAH GROGOT, Jl. R.A. Kartini No. 2 (Kotrim), Ph. 0543-2702646, Fx. 0543-2709897; ASAM-ASAM, Jl. A. Yani RT. 12 RW. 03, Desa Asam-asam, Kec. Jorong, Ph. 0512-636075, Fx. 0512-636078; BATULICIN, Jl. Raya Babakan No. 94 RT. 14, RW. 03, Ph. Fx. 0518-71972; PADANG, Jl. By Pass Km. 25, Anak Aik, Ph. 0751-484769, 484790, 484781; PALEMBANG, Jl. Letjen. Harun Sohar, Komp. Pergudangan Griya Bandara Indah Blok F No. 8 Sumbawa Selatan Ph. 0711-418614, Fx. 0711-418601; MJOJKERTO, Jl. Empu Nala No. 48, Ph. 0321-390258, Fx. 0321-390257; SANGIATTA, Jl. Pesisir Kato No. 136, Ph. 0549-22190, Fx. 0549-22190

CERTIFICATE OF SAMPLING AND ANALYSIS

Name of Tug Boat/Barge : TB. PANCARAN 311 / BG. PST 713
 Shipper : PT. ASAS EMPAT SAUDARA
 Consignee : PT. ANTAM Tbk
 NICKEL MINING BUSINESS UNIT, SOUTH EAST SULAWESI
 JL. JEND. AHMAD YANI NO. 5
 POMALAA, KOLAKA 93562 - INDONESIA
 Description of Goods : INDONESIAN STEAM COAL IN BULK
 Quantity : 10,179.105 MT
 Port of Discharge : JETTY PT. ANTAM Tbk, POMALAA SOUTH EAST SULAWESI
 Discharged Dates : JUNE 06 UP TO JUNE 10, 2022

THIS IS TO CERTIFY, that we have performed in inspection, sampling and analysis of the coal consignment nominated above. Samples were taken during barge unloading in accordance with ASTM D2234/D2234M 2016 II-B-1/2 to II-C-1/2. The analysis were performed at PT. Geoservices Laboratory in accordance with the appropriate to ASTM Standards.

The Actual results are as follows:

Specification	As	Air	Dry	
	Received	Dried		
	Basis	Basis	Basis	
TOTAL MOISTURE	34.66	-	-	PCT
INHERENT MOISTURE	-	14.27	-	PCT
ASH CONTENT	3.54	4.65	5.42	PCT
VOLATILE MATTER	31.78	41.70	48.64	PCT
FIXED CARBON	30.01	39.38	45.93	PCT (BY DIFFERENCE)
TOTAL SULPHUR	0.09	0.12	0.14	PCT
GROSS CALORIFIC VALUE	4,163	5,462	6,371	KCAL/KG
HARDGROVE GRINDABILITY INDEX		58		INDEX
SIZE (+ 50 MM)		9.75		PCT
(0 - 50 MM)		90.25		PCT
(- 2 MM)		20.27		PCT

Issued at Discharge Port

For and on behalf of

PT. Geoservices

June


 PT. Geoservices
 Anil Sukman
 Laboratory Manager

Page 1 of 1

Job No. : 03822.00029

REF NO. : 555047

This Certificate is the true expression of our inspection findings and the relevant method of calculations following standards as generally accepted in trade. We are responsible only up to the limit as it is possible over a reasonable care and due diligence of exercise. However, this certificate is issued on the understanding that it may not relieve parties from their contractual obligations.

Lampiran 4



Surat Keterangan

Nomor : 015/603/NHP/2022

Yang bertanda tangan di bawah ini Learning Assistant Manager PT ANTAM Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel Kolaka, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Muhammad Fathul Rabbani
NIM : 44221207
Program Studi : Teknik Pembangkit Energi
Fakultas : Teknik Mesin
Mahasiswa : Politeknik Negeri Ujung Pandang

Benar telah melaksanakan **Penelitian** di PT ANTAM Tbk Unit Bisnis Pertambangan Nikel Kolaka, terhitung mulai tanggal 08 s.d. 16 September 2022.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dikeluarkan di : P o m a l a a
Pada Tanggal : 19 September 2022

Learning Asst. Manager,

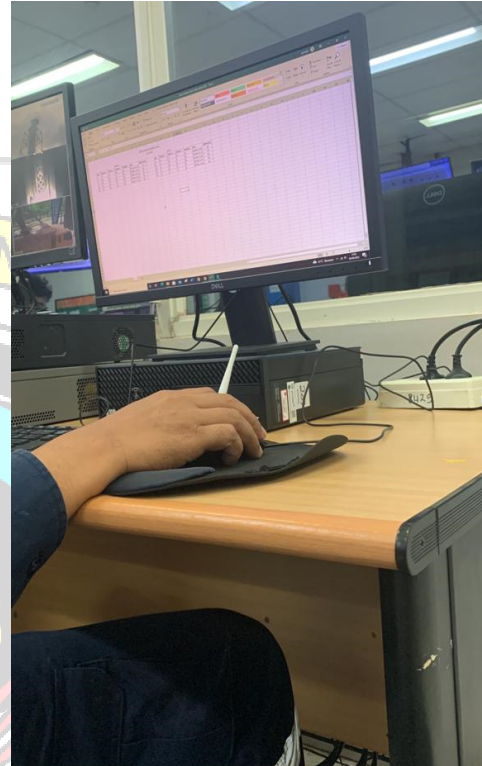

Rusny S.P
NPP.3009817B35

PT ANTAM Tbk
Kolaka Nickel Mining Business Unit
Jl. Jend. Ahmad Yani No. 5
Pomalaa, Kolaka 93562
Southeast Sulawesi, Indonesia
T 62-405 310 171
F 62-405 310 833
E mis_nickel@antam.com
www.antam.com



Surat keterangan melakukan penelitian

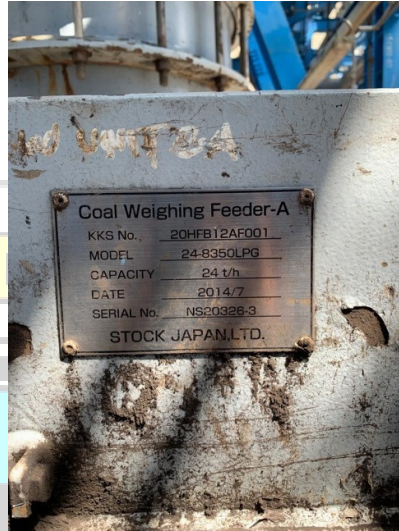
- Briefing dan proses wawancara ke pegawai PLTU



- Jetty (kedatangan batu bara di PLTU Antam)



- Coal Weighing Feeder dan Rotary Feeder



- Ruang arsip Logging sheet

