

SKRIPSI

**EFISIENSI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR
PADA PLTU DENGAN MENGGUNAKAN METODE
LEAST SQUARE**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2022/2023**

HALAMAN JUDUL
EFISIENSI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR
PADA PLTU DENGAN MENGGUNAKAN METODE
LEAST SQUARE

Skripsi

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

NURHALIS SABIR

105821107217

LISA SALSABILA

105821102517

PROGRAM STUDI TEKNIK ELETRO
FAKULTAS TEKNIK ELETRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2022/2023



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **EFISIENSI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR PADA PLTU DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEAST SQUARE**

Nama : 1. NURHALIS SABIR

2. LISA SALSABILA

Stambuk : 1. 105821107217

2. 105811202517

Makassar, 27 Agustus 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Suryani, S.T., M.T., IPM

Andi Abd Halik Lateko, ST., MT., Phd

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

NBM 1044 202

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama NURHALIS SABIR dengan nomor induk Mahasiswa 105821107217 dan LISA SALSABILA dengan nomor induk Mahasiswa 105821102517, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/20201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 26 Agustus 2023.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum
a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag
b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng
2. Penguji
a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, M.T.
b. Sekretaris : Dr. Ridwang, S.Kom., MT
3. Anggota
1. Andi Faharuddin, S.T., MT
2. Dr. Hj. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T., M.T.
3. Ir. Rahmania, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Suryani, S.T., M.T., IPM

Andi Abd Halik Lateko, ST., MT., Phd

Dekan



Dr. Hj. Nurhawaty, S.T., M.T., IPM
DEKAN NEM : 795 108

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala. yang telah melimpahkan karunia, rahmat kepada umat manusia dengan sebaik-baik bentuk dan telah memberikan petunjuk kepada manusia dengan firman-Nya. Betapa besar cinta kasih dan sayang Allah kepada seluruh umat manusia walaupun terkadang kita lalai atau dengan sengaja kufur terhadap nikmat-Nya. Salam dan sholawat tak lupa juga kita kirimkan kepada baginda Nabi besar kita Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam. Serta kepada sahabat-sahabat dan keturunan beliau, yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang-benderang seperti saat ini. Terima kasih banyak karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “EFISIENSI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR PADA PLTU DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEAST SQUARE” Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis tidak bisa lepas bantuan banyak pihak, maka dengan segala hormat penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini tepat pada waktunya.
2. Ayah, Ibu, Saudara dan segenap keluarga penulis yang telah memberikan motivasi, dukungan baik moril maupun materil dan juga kasih sayang kepada penulis.
3. Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Dr. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ibu Adriani, S.T., M.T dan Ibu Rahmania., S.T., M.T selaku ketua Program Studi dan sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

6. Seluruh karyawan dan staf tata usaha yang telah membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan proses administrasi Tugas Akhir.
7. Ibu Suryani,S.T.,M.T selaku Pembimbing 1 Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T,Ph.D Pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah banyak memberikan masukan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini
8. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah memberikan dukungan dan ilmunya kepada penulis.
9. Semua pihak yang tentunya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap skripsi ini bermanfaat untuk semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di kemudian hari. Terima kasih. Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

Makassar, 20 oktober 2023

PENULIS

DAFTAR ISI

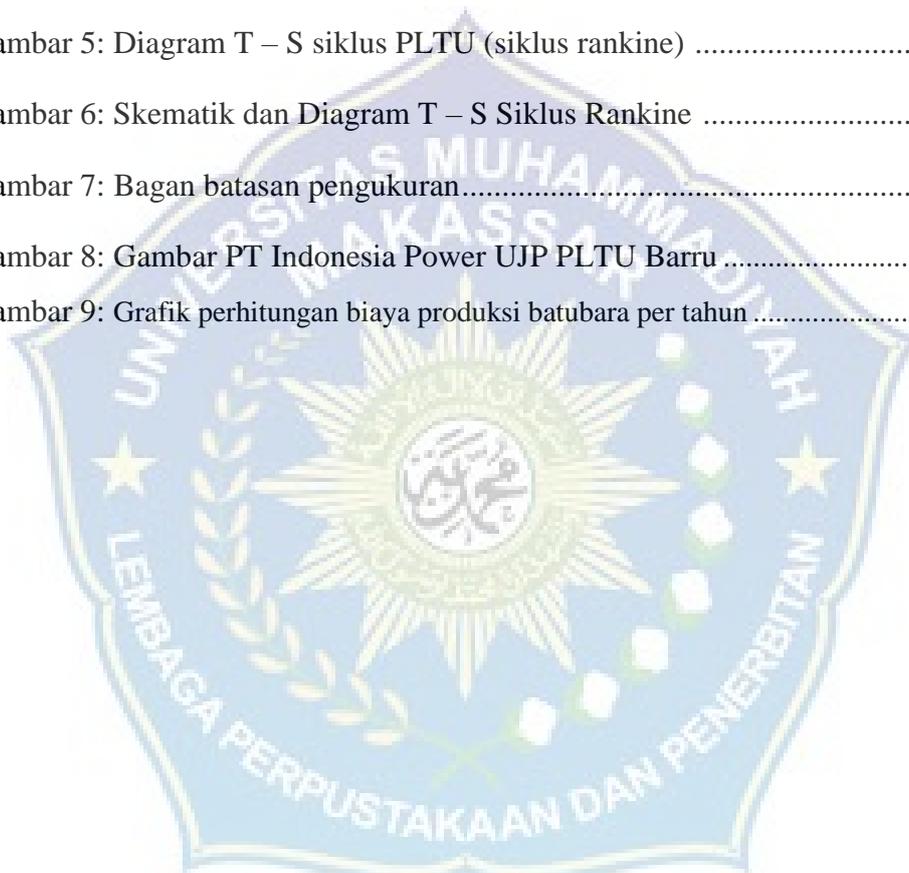
SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Masalah.....	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	5
B. Perhitungan Konsumsi Spesifik Bahan Bakar, Heatrate (Tara Kalor), dan Efisiensi Termal	20
C. Metode least square	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Waktu dan Tempat	24
B. Metode Penelitian.....	24
C. Langkah-langkah Penelitian	24
D. Teknik Pengumpulan Data	24
E. Sistematika Penulisan.....	24
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	26
A. Gambaran umum PT Indonesia Power UJP PLTU Baru.....	26
B. Hasil Penelitian	28
C. Pembahasan	32

BAB VPENUTUP	34
A. Kesimpulan.....	34
B. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1: Proses Konversi Energi PLTU	5
Gambar 2: Siklus ideal turbin uap.....	6
Gambar 3: Skema kerja PLTU	8
Gambar 4: Instalasi dua buah generator 66 MW yang digerakan oleh turbin	13
Gambar 5: Diagram T – S siklus PLTU (siklus rankine)	14
Gambar 6: Skematik dan Diagram T – S Siklus Rankine	16
Gambar 7: Bagan batasan pengukuran.....	20
Gambar 8: Gambar PT Indonesia Power UJP PLTU Baru	26
Gambar 9: Grafik perhitungan biaya produksi batubara per tahun	32



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan SFC perhitungan dengan pendekatan linear least square (harian Februari 2023)	28
Tabel 4.2 Perbandingan SFC perhitungan dengan pendekatan linear least square (harian Februari 2023)	29
Tabel 4.3 perbandingan laju aliran massa batu bara perhitungan dengan pendekatan linear least square (harian Februari 2023)	30
Tabel 4.4 parameter masukan untuk beban puncak 350 MW	31
Tabel 4.5 Perkiraan harga Batubara	32



ABSTRAK

Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar Pada PLTU Dengan Menggunakan Metode Least Square”. Skripsi Program Studi Program Studi Dan Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. Dibimbing Oleh Bapak Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T,Ph.D dan Ibu Suryani,S.T.,M.T

Sistem tenaga listrik terdiri atas pembangkitan, penyaluran dan distribusi. Salah satu jenis pembangkit adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Kualitas batubara merupakan salah satu penyebab yang dapat mempengaruhi performa unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dalam memenuhi kebutuhan pasokan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh penambahan beban terhadap konsumsi spesifik batubara, heat rate, laju aliran massa batubara dan efisiensi serta untuk mengetahui biaya produksi listrik dengan bahan bakar batubara pada pltu baru omu kabupaten barrules.

Dari hasil pembahasan cara menentukan efisiensi pemakaian bahan bakar pada PLTU dengan menggunakan metode least square yaitu Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Semakin tinggi beban/daya yang dibangkitkan maka konsumsi spesifik batubara semakin menurun. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan nilai rata-rata (SFC) 0,59 kg/kWh dan *least square* 0,59 kg/kWh). Artinya Semakin besar daya yang dibangkitkan maka *heat rate* semakin menurun. Dari hasil perhitungan menunjukkan nilai rata-rata (HR Brutto 2.667,50 kCal/kWh dan *least square* 2.667,50 kCal/kWh), (HR Netto 2.886 kCal/kWh dan *least square* 2.872,81 kCal/kWh) dengan Laju aliran massa batubara bulanan pada rata-rata 117,939 ton/jam dan *least square* 117,939 ton/jam. Sehingga daya maksimal yang dihasilkan sebesar 350 MW maka biaya produksi batubara minimal adalah Rp 397,996 per kWh dan Rp 30,15 Milyar per tahun. Adapun Misalkan dengan beban puncak 350 MW diketahui nilai SFC B 0,58 kg/kWh dan harga batubara Rp 686,20 maka harga produksi minimal adalah Rp 397,996/kWh.

Kata kunci : PLTU, Bahan Bakar, least square

ABSTRACT

Efficiency of Fuel Use in PLTU Using the Least Square Method". Thesis Study Program Study Program Secretary and Secretary of the Electrical Engineering Study Program, Muhammadiyah University of Makassar. Supervised by Mr. Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T,Ph.D and Mrs. Suryani,S.T.,M.T

The electric power system consists of generation, transmission and distribution. One type of generator is the Steam Power Plant (PLTU). Coal quality is one of the causes that can affect the performance of the Steam Power Plant (PLTU) unit in meeting the demand for electricity supply. This study aims to determine and analyze the effect of additional load on specific coal consumption, heat rate, coal mass flow rate and efficiency as well as to determine the cost of producing coal-fired electricity at the Barru Omu power plant, Barrules Regency.

From the results of the discussion on how to determine the efficiency of fuel use at PLTU using the least squares method, namely in Steam Power Plants, the higher the load/power generated, the specific coal consumption decreases. Based on the calculation results, the average value is obtained (SFC 0.59 kg/kWh and least square 0.59 kg/kWh). This means that the greater the power generated, the lower the heat rate. From the calculation results show the average value (HR Gross 2,667.50 kCal/kWh and least square 2,667.50 kCal/kWh), (Net HR 2,886 kCal/kWh and least square 2,872.81 kCal/kWh) with the mass flow rate of coal monthly at an average of 117,939 tonnes/hour and a least square of 117,939 tonnes/hour. So that the maximum power generated is 350 MW, the minimum coal production cost is IDR 397.996 per kWh and IDR 30.15 billion per year. For example, with a peak load of 350 MW, it is known that the SFC B value is 0.58 kg/kWh and the price of coal is IDR 686.20, so the minimum production price is IDR 397.996/kWh.

Keywords: PLTU, Fuel, Least Square

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Secara umum, konsep Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi kinetik uap untuk menghasilkan energi listrik. Uap merupakan sumber energi sekunder dalam sistem kogenerasi, sedangkan bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan uap merupakan sumber energi utama. Untuk menghasilkan energi listrik di pembangkit listrik tenaga batubara tersebut, batubara yang disimpan dalam tangki penyimpanan diumpankan terlebih dahulu ke penghancur batubara melalui sabuk konveyor, kemudian dipecah menjadi potongan-potongan kecil.

Hal ini berguna agar batubara di dalam boiler lebih mudah terbakar. Untuk digunakan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran boiler ini memiliki proses pemanasan air yang sebelumnya telah dimurnikan agar tidak mudah berkarat (air laut), air mengalir melalui pipa-pipa boiler dan dipanaskan sedemikian rupa. yang berubah menjadi uap super panas bertekanan tinggi.

Kemudian uap kering tersebut dialirkan ke turbin untuk menggerakkan sudu-sudu turbin sehingga menyebabkan poros turbin berputar. Setelah memutar turbin, uap kering jatuh kembali ke lapisan bawah.

Saat generator juga berputar, menghasilkan energi listrik yang dikirim ke trafo untuk mengubah tegangan dan kemudian dikirim melalui saluran transmisi PLN.

Bahan bakar memegang peranan penting dalam penggunaannya dalam suatu PLTU karena setiap kenaikan beban mendorong peningkatan jumlah bahan bakar per satuan waktu, yang dapat mengakibatkan operasi pembangkit tidak efisien. Total konsumsi bahan bakar juga mempengaruhi efisiensi PLTU.

Hal ini mempengaruhi listrik yang dihasilkan pada industri pembangkit listrik. Jika penggunaan batu bara tidak sebanding dengan listrik yang dihasilkan,

hal ini dapat menimbulkan kerugian baik bagi PLTU itu sendiri maupun daerah sekitarnya.

Pengaruh perbedaan besar biaya bahan bakar per kilowatt jam listrik yang dihasilkan terhadap harga jual (harga listrik) bagi konsumen. Oleh karena itu, ini efektif untuk pembangkit listrik dan memprediksi nilai kalor bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran. Salah satu parameter yang digunakan dalam sistem pembangkit listrik bahan bakar adalah SFC atau Specific Consumption. SFC adalah jumlah bahan bakar yang digunakan unit PLTU untuk menghasilkan satu kilowatt listrik per jam (kg/kWh). Nilai SFC dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar dan kondisi beban yang harus dilayani oleh PLTU.

Penggunaan bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap telah dipelajari, diantaranya studi kasus di PT. UBP kelistrikan Indonesia. Efisiensi konsumsi bahan bakar PLTU dengan metode least square.

Penelitian lain yang juga dilakukan adalah efisiensi penggunaan bahan bakar yang dikaitkan dengan kualitas bahan bakar. Saat ini bahan bakar banyak digunakan di Indonesia, sehingga pengaruh nilai kalori juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Kualitas bahan bakar juga mempengaruhi biaya produksi dan biaya produksi. Sistem kelistrikan terdiri dari pembangkitan, transmisi dan distribusi. Salah satu jenis pembangkit adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Komponen utama PLTU adalah boiler, turbin uap, kondensor, dan generator sinkron. Siklus Rankine teoritis digunakan untuk PLTU.

PLTU biasanya digunakan untuk menangani beban dasar karena waktu penyalannya cukup lama, sekitar 6-8 jam. Dalam produksi, konsumsi bahan bakar merupakan faktor biaya operasi terbesar. Tingginya harga minyak pemanas juga menyebabkan biaya pembangkitan listrik. Bahan bakar spesifik sering digunakan untuk memberikan gambaran tentang efisiensi suatu generator. Itulah mengapa penting untuk mengetahui konsumsi bahan bakar .

Pada tugas akhir ini, pemodelan sistem menggunakan metode least square untuk analisisnya. Salah satu upayanya adalah dengan mengganti bahan bakar

utama genset. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh peningkatan daya (beban) yang dihasilkan menyebabkan peningkatan aliran massa, penurunan konsumsi bahan bakar spesifik, penurunan kapasitas panas dan peningkatan efisiensi termal. HSD memiliki aliran massa terendah selama batubara.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah Bagaimana cara menentukan efisiensi pemakaian bahan bakar pada PLTU dengan menggunakan metode least square

C. Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan penelitian ini unuk menentukan efisiensi pemakaian bahan bakar pada PLTU dengan menggunakan metode least square

D. Manfaat penelitian

Adapun manfaat peneliti adalah:

1. Bagi penulis
Sebagai bahan referensi dalam memecahkan masalah yang berkaitan dengan masalah yang dikaji dalam penelitian ini
2. Bagi instansi
Dapat memberikan gambaran dan informasi dalam mengetahui penerapan Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar pada PLTU dengan Menggunakan Least Square.
3. Bagi akademisi
Sebagai bahan referensi bagi yang tertarik dan melakukan penelitian lebih lanjut tentang masalah yang sama dimasa yang akan datang.

E. Sistematika penulisan

Sistem penulisan yang digariskan dalam penelitian ini berbeda dalam banyak hal, yaitu:

Bab I Pendahuluan, yang terdiri dari latar belakang, batasan masalah, tujuan penelitian, dan kegunaan penelitian.

Bab II Penelitian literatur yang terdiri dari pendefinisian teori Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), komponen utama PLTU, siklus Rankine dan operasi siklus, bahan bakar, perhitungan konsumsi bahan bakar, kalor (kalori tara), efisiensi termal dan pemahaman metode least square dan bagaimana cara kerjanya.

Bab III Metodologi penelitian ini membahas tentang jadwal, waktu dan tempat penelitian yang dilakukan dalam disertasi ini.

Bab IV Hasil penelitian dan pembahasan ini membahas tentang penggunaan bahan bakar pada PLTU dan pengoperasiannya serta kegunaan atau keuntungan metode PLTU kuadrat terkecil.

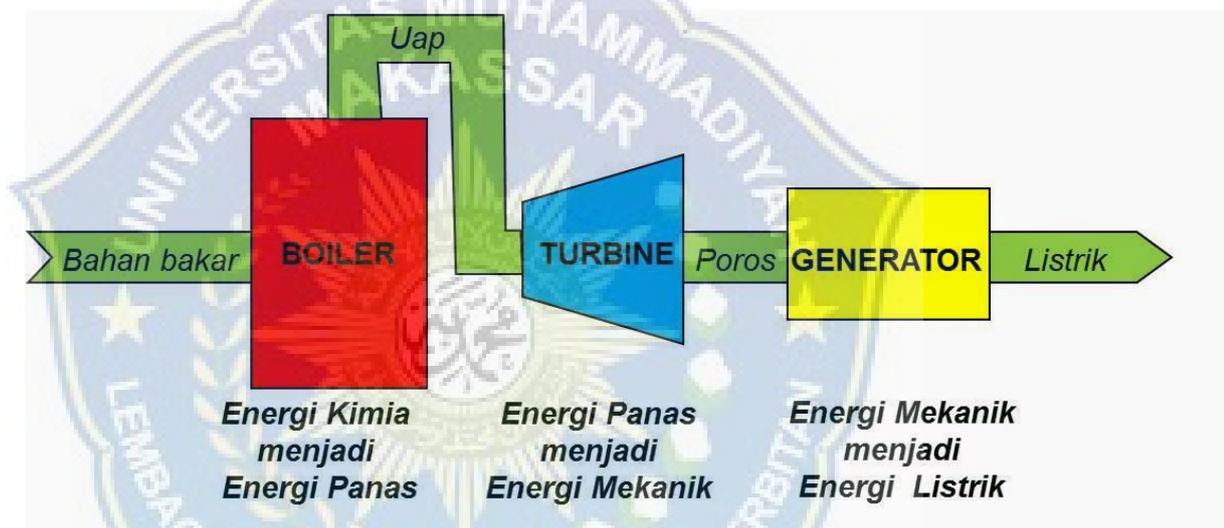
Bab V Kesimpulan terdiri dari kesimpulan, saran dan daftar pustaka.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PLTU adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik, dan sistem pembangkit listrik menggunakan uap sebagai fluida kerja untuk mengubah energi kimia menjadi listrik. Uap yang digunakan sebagai cairan berasal dari pembakaran di dalam boiler melalui reaksi kimia dari bahan bakar PLTU yang memanaskan air dari boiler.



Gambar 1 Proses Konversi Energi PLTU

Adapun penjelasan dari gambar 1. Proses Konversi Energi PLTU yaitu sebagai berikut :

Pertama, boiler diisi air hingga memenuhi seluruh permukaan heat exchanger. Di sini ketel dipanaskan oleh bahan bakar pembakaran gas panas di udara, mengubahnya menjadi uap.

Kedua, uap yang dihasilkan boiler pada tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi mekanik berupa putaran.

Ketiga, generator yang terhubung langsung dengan turbin yang berputar menghasilkan energi listrik sebagai akibat medan magnet yang berputar dari

kumpulan, sehingga pada saat turbin berputar, dihasilkan energi listrik pada port keluaran generator.

Keempat, uap yang keluar dari turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan oleh air pendingin, setelah itu diubah kembali menjadi air yang dikenal sebagai kondensat. Kondensat yang dihasilkan dari kondensasi steam kemudian didaur ulang sebagai air pengisi boiler.

Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang dikopel langsung dengan turbin sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator.



Gambar 2. Siklus Ideal Turbin Uap

Penjelasan dari gambar 2. diatas sebagai berikut yaitu ada 4 komponen proses Ideal Turbin Uap diantaranya :

1. Kompresi isentropik pada pompa
2. Input panas isobarik di boiler
3. Ekspansi isentropik pada turbin
4. Disipasi panas isobarik di kondensor

Siklus Banyak kekurangan dari siklus Carnot dapat diatasi dengan memanaskan uap dalam ketel dan mengembunkannya sepenuhnya dalam kondensor, seperti yang ditunjukkan secara skematis pada diagram T-s pada Gambar 2. Hasilnya adalah siklus Rankine, yang merupakan siklus ideal untuk pembangkit uap. Siklus Rankine yang ideal tidak mengandung irreversibilitas internal (gesekan yang dapat diabaikan antara fluida dan tabung, dll.)

Siklus pembangkitan tenaga uap terdiri dari pompa, generator uap, turbin, dan kondenser dimana fluida kerjanya umumnya adalah air mengalami perubahan fasa dari cair ke uap atau sebaliknya. Sekalipun siklus fluida kerjanya merupakan siklus tertutup, namun jumlah air dalam siklus akan mengalami pengurangan. Pengurangan air ini disebabkan oleh kebocoran kebocoran baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Untuk mengganti air yang hilang, maka perlu adanya penambahan air ke dalam siklus. Kriteria air penambah (make up water) ini harus sama dengan air yang ada dalam siklus

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga uap adalah dengan menurunkan tekanan kondensor maka beban turbin uap akan naik dan efisiensi pembangkit listrik meningkat penelitian dilakukan dengan menurunkan tekanan kondenser dan menganalisis dampaknya pada kerja turbin uap.

Dalam PLTU, batu bara digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi panas yang kemudian berfungsi untuk mengubah fasa fluida kerja dari air menjadi uap. Energi kinetik yang terkandung dalam uap kemudian dimanfaatkan untuk memutar turbin yang tersambung dengan generator.

Sedangkan pembangkit listrik tenaga uap adalah pembangkit listrik dimana generator listrik digerakan uap air dipanaskan lalu berubah menjadi uap yang menggerakan generator listrik. Setelah melewati turbin, uap di kondensasikan dalam kondensor.

Prinsip kerja PLTU adalah jenis pembangkit listrik tenaga termal yang banyak digunakan, karena efisiensinya tinggi sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis. PLTU merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik.

Adapun juga Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu :

- Pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
- Kedua, energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
- Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik.

Pembangkit tenaga listrik umumnya dapat menggunakan Bahan bakar atau minyak untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit tenaga listrik uap merupakan salah satu pembangkit listrik yang dapat memanfaatkan tenaga uap untuk diubah menjadi energi listrik.

Secara umum, prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ditunjukkan seperti gambar berikut:



Gambar 3 Skema kerja PLTU

Berdasarkan gambar 3 Skema Kerja PLTU diatas dibagi beberapa bagian yaitu:

1. Gas buang adalah sisa pembakaran yang terjadi di dalam ruang pembakaran pada kendaraan bermotor. Sisa pembakaran tersebut terdiri dari berbagai zat berbahaya yang nantinya dikeluarkan melalui knalpot.

2. Boiler digunakan untuk menghasilkan uap.
3. Uap berfungsi untuk memutar turbin yang tersambung dengan generator.
4. Turbin uap berfungsi untuk menghasilkan tenaga mekanik atau tenaga listrik.
5. Putaran berfungsi untuk menghasilkan generator ke listrik
6. Generator Bisa menjadi pembangkit tenaga listrik. Sumber energinya bisa berupa air, matahari, gelombang laut, dan lain sebagainya. Generator juga bisa menjadi cadangan pasokan listrik.
7. Listrik berfungsi bisa menjadi pembangkit tenaga listrik. Sumber energinya bisa berupa air, matahari, gelombang laut, dan lain sebagainya. Generator juga bisa menjadi cadangan pasokan listrik.
8. Eksitasi yaitu Bagian dari sistem dari generator yang fungsi membentuk/menghasilkan fluksi yang berubah terhadap waktu, sehingga dihasilkan satu GGL induksi. Setelah generator AC mencapai kecepatan nominal, medannya dieksitasi dari satu DC.
9. Kondenser adalah suatu alat yang digunakan untuk mengkondensasikan uap hasil pembuangan ekstraksi turbin menjadi titik-titik air (air kondensat) dan uap yang terkondensasi menjadi air ditampung ...
10. Air pengisi berfungsi untuk memasuk kebutuhan air ke boiler dengan spesifikasi dan kualitas air sesuai dengan yang ada diboiler.
11. Bahan bakar udara digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energy panas yang kemudian berfungsi untuk mengubah fasa fluida kerja dari cair menjadi uap. Energi kinetik yang terkandung dalam uap kemudian dimanfaatkan untuk memutar turbin yang tersambung dengan generator.

Kemudian uap yang sudah bertekanan dan bertemperatur tertentu dialirkan ke dalam turbin uap, lalu energi uap tersebut digunakan untuk memutar turbin untuk memperoleh energi mekanik. Turbin uap yang dikopel dengan generator, akan memutar generator secara langsung.

Kemudian, uap yang sudah digunakan untuk memutar turbin akan masuk ke kondensor dan akan diubah kembali menjadi air. Air hasil kondensasi di kondensor disebut air kondensat. Kemudian menggunakan pompa, air kondensat dialirkan kembali ke boiler dan begitu seterusnya dilakukan secara berulang ulang.

Pada kondensor, jika volume air berkurang, maka akan ditambahkan kembali (makeup water) sehingga volume air tetap.

Komponen PLTU Adapun komponen-komponen utama PLTU sebagai berikut :

1. Boiler

Boiler merupakan bagian dari sistem PLTU yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanfaatkan panas dari pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Uap yang di hasilkan boiler adalah uap superheat dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang digunakan pada PLTU adalah boiler yang konstruksinya terdiri dari pipapipa berisi air yang disebut dengan water tube boiler.

Penggunaan Boiler Dengan pembangkit uap energi bahan bakar dapat diubah menjadi energi uap yang dapat dimanfaatkan. Pada boiler yang menggunakan bahan bakar biasanya terjadi banyak kehilangan panas. Tidak dapat disangkal lagi bahwa monitoring secara berkala dan menjaga boiler beroperasi pada tingkat efisiensi yang optimal adalah penting sekali. Berikut ini hal yang perlu diperhatikan pada pengoperasian boiler.

2. Turbin Uap

Turbin uap adalah mesin konversi energi dengan mengkonversikan energi kalor menjadi energi mekanik, dan energi mekanik menjadi energi listrik pada generator.

Turbin uap berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar. Uap yang telah melakukan kerja diturbin tekanan dan temperatur turun hingga kondisinya menjadi uap basah. Uap keluar turbin ini kemudian dialirkan ke dalam kondensor untuk didinginkan agar menjadi air kondesat, sedangkan tenaga putar yang dihasilkan digunakan untuk memutar generator.

Secara singkat prinsip kerja Turbin Uap adalah sebagai berikut : Uap masuk kedalam Turbin melalui nosel. Didalam nosel energi panas dari uap dirubah menjadi energi kinetis dan uap mengalami pngembangan.

3. Kondensor

Kondensor merupakan bagian pada sistem PLTU yang berfungsi untuk mengubah fase uap menjadi fase cair dimana uap yang telah digunakan untuk memutar turbin diubah kembali menjadi air dengan sistem kondensasi. Hasil dari kondensasi ditampung dengan hotwell yang kemudian akan dipompakan kembali ke boiler. Kondensor ini terdiri dari tube-tube kecil yang digunakan untuk mengalirkan air pendingin.

Sedangkan uap yang akan dikondensasikan, mengalir dari atas menuju kebawah agar mengalami pengembunan. Sebelum masuk ke dalam kondensor, air pendingin yang berasal dari sungai, dilakukan penyaringan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran atau lumpur. Disamping itu, agar uap dapat bergerak turun dengan lancar setelah melewati suhu terakhir turbin, maka vakum kondensor harus dijaga untuk membuat tekanan udara pada kondensor menjadi rendah. Dengan tekanan yang lebih rendah maka uap akan bergerak dengan mudah menuju kondensor.

4. Pompa

Pompa adalah bagian dari sistem yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari tekanan rendah ke tekanan yang tinggi. Pompa pada pembangkit listrik

tenaga uap terdiri dari beragam jenis dan fungsi, salah satunya adalah boiler feed pump. Boiler feed pump menjadi bagian yang tidak terpisahkan dimana pompa ini memiliki fungsi untuk mensuplai air dalam proses pembakaran didalam boiler. Air yang dimaksud merupakan penyubliman uap keluaran dari kondensor dimana fluida dalam kondisi uap membutuhkan energi yang lebih besar untuk dialirkan dibandingkan dalam kondisi cair. Selain itu, daya pompa yang digunakan oleh boiler feed pump berbanding lurus dengan peningkatan jumlah uap pada pembangkit.

5. Generator

Generator merupakan produksi untuk menghasilkan energi listrik target dari proses konversi energi di PLTU. Generator yang dikopel langsung dengan turbin akan menghasilkan tegangan listrik ketika turbin berputar. Proses konversi energi didalam generator adalah dengan memutar medan magnet didalam kumparan. Rotor generator sebagai medan magnet menginduksi kumparan yang dipasang pada stator sehingga timbul tegangan diantara kedua ujung kumparan generator. Untuk membuat rotor agar menjadi medan magnet, maka dialirkan arus DC ke kumparan rotor.

Generator sering juga disebut sebagai pembangkit atau suatu sarana yang berfungsi untuk membangkitkan arus listrik. jenis generator ada 2 macam yaitu generator arus searah dan generator arus bolak balik. pada prinsipnya antara generator arus searah dengan generator arus bolak balik tidak jauh berbeda tetapi memiliki konstruksi yang tidak sama. untuk generator arus searah kumparan jungkar dihubungkan dengan sebuah komutator sedangkan untuk generator arus bolak balik kumparan jungkar dihubungkan dengan dua cincin geser.

Jika dibandingkan dengan generator DC, generator AC lebih cocok untuk pembangkit tenaga listrik yang berkapasitas besar. Umumnya generator arus bolak balik, yang kadang kadang disebut generator sinkron atau alternator, memberikan hubungan penting dalam proses yang lama dari perubahan energi

dalam batu bara,minyak,gas,atau uranium ke dalam bentuk yang bermamfaat untuk digunakan dalam industri dan rumah tangga.hal ini didasarkan atas pertimbangan pertimbangan antara lain;

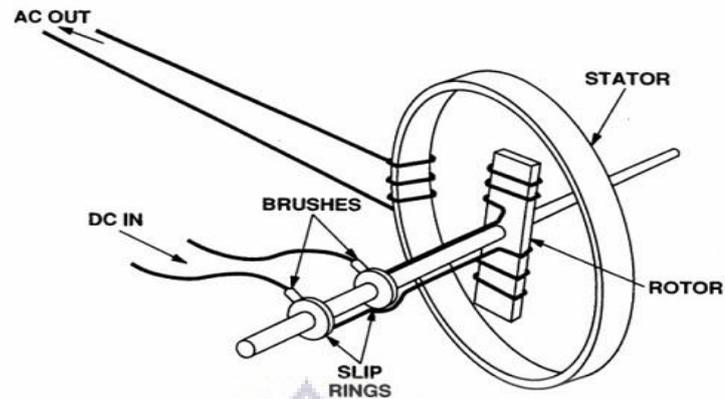
- Timbulnya masalah komutasi pada generator DC
- Timbulnya persoalan dalam menaikkan dan menurunkan tegangan pada listrik DC, hal ini menimbulkan persoalan untuk hantaran dalam pengiriman tenaga listrik (tranmisi / distribusi) listrik AC mudah untuk diubah menjadi listrik DC.masalah efisiensi mesin dan pertimbangan lainnya.



Gambar 4 instalasi dua buah generator 66 MW yang digerakan oleh turbin.

1. prinsip kerja generator sinkron

Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromagnetik setelah diputar oleh penggerak mula, dengan demikian kutub kutub yang ada pada motor akan berputar. Jika kumparan diberi arus searah, maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis garis gaya fluks) yang berputar, kecepatannya sama dengan putaran kutub.



Gambar 5. Generator sikron

Generator sinkron adalah mesin listrik yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan perantara induksi medan magnet. Generator listrik juga kerap disebut dengan istilah alternator. Dikatakan sebagai generator sinkron karena memiliki jumlah putaran rotor dan jumlah putaran medan magnet pada stator yang sama.

Garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar yang ada di stator sehingga pada kumparan jangkar tersebut timbul GGL atau tegangan induksi. Frekuensi tegangan induksi tersebut mengikuti persamaan:

$P = \text{banyaknya kutub}$

$NS = \text{kecepatan sinkron (rpm)}$

Karena frekuensi dari tegangan induksi di Indonesia sudah tertentu yaitu 50 Hz dan jumlah kutub selalu genap, maka putaran kutub / putaran rotor / putaran pergerakan mula sudah tertentu. Besarnya kapasitas daya pada generator dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = \sqrt{3} \cdot v \cdot i \cdot \cos \theta$$

Dengan:

$P = \text{Daya (watt)}$

$V =$ Tegangan (Volt)

$I =$ Arus (ampere)

$\cos \theta =$ factor daya

2. jenis generator AC

Ada dua jenis generator dilihat dari letak kontruksi kumparamnya,yaitu:

A.generator kutub luar

B. Generator kutub dalam

: 1. Generator kutub luar

Pada generator kutub luar, belitan jangkar diletakan pada rotornya yang berputar, sedangkan belitan medan diletakan pada statornya. Tegangan dan arus keluaran generator dihasilkan dari kumparan jangkar dengan menggunakan cincin keluaran generator dihasilkan dari kumparan jangkar dengan menggunakan cincin geser serta sikat arang. Karena cincin geser dan sikat tidak mampu menyalurkan arus dan tegangan yang besar sehingga penggunaan untuk kapasitas besar tidak dapat digunakan.

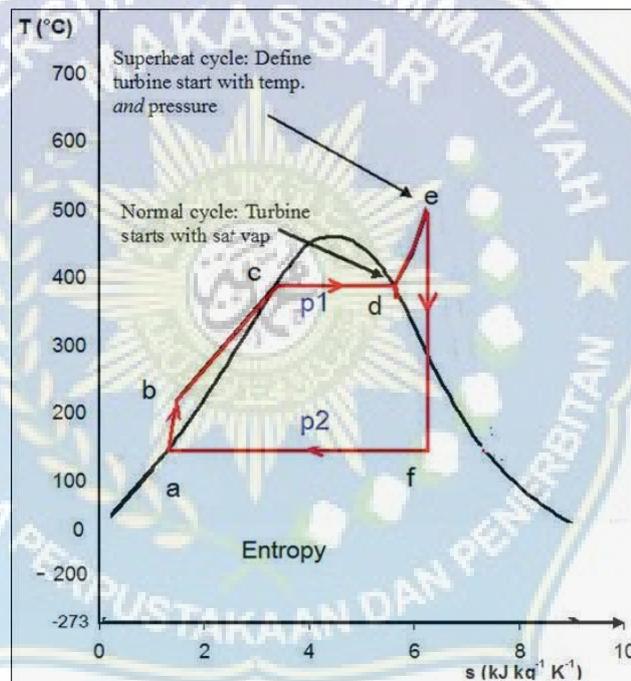
Tujuan utama dari kegiatan di PLTU adalah menghasilkan energi listrik. Produksi energi listrik merupakan target dari proses konversi energi di PLTU. Generator dikopel langsung dengan turbin, akan menghasilkan tegangan listrik manakala turbin berputar.

Proses konversi energi didalam generator adalah dengan memutar medan magnet didalam kumparan. Rotor generator sebagai medan magnet menginduksi kumparan yang dipasang pada stator sehingga timbul tegangan diantara kedua ujung kumparan generator. Untuk membuat rotor agar menjadi medan magnet, maka dialirkan ke arus DC ke kumparan rotor. Sistem pemberian arus DC kepada rotor agar menjadi magnet yang disebut eksitasi. Eksitasi adalah bagian dari

sistem dari generator yang fungsi membentuk atau menghasilkan fluksi yang berubah terhadap waktu, sehingga dihasilkan satu GGL induksi.

Siklus Rankine

Siklus rankine adalah sebuah siklus yang mengkonversikan energi panas menjadi kerja / energi gerak. Sistem kerja pada siklus rankine panas disuplay secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida yang bergerak. Fluida yang digunakan akan mengalir secara konstan. Aliran fluida terjadi karena adanya masukan panas eksternal dan akan terjadi perubahan tekanan dalam aliran.



Gambar 6. Diagram T – S siklus PLTU (siklus rankine)

Adapun penjelasan dari gambar 6. Diagram T-S siklus PLTU (siklus rankine) sebagai berikut :

1. a - b: Air dipompa dari tekanan P₂ ke tekanan P₁. Tahapan ini merupakan tahapan kompresi isentropik dan proses ini berlangsung di intake water pump.
2. b - c : Suhu air bertekanan ini meningkat hingga mencapai titik didih. Muncul

di Pemanas Tekanan Rendah, Pemanas HP, dan Economaiser.

3. c – d : Air menjadi uap jenuh. Langkah ini disebut evaporasi (penguapan) melalui proses isobarik isothermal yang berlangsung di boiler yaitu wall tube (naik) dan steam drum.

4. d – e : Uap terus dipanaskan hingga mencapai suhu operasinya, pada saat itu menjadi uap super panas. Langkah ini berlangsung di boiler superheater menurut proses isobarik.

5. e – f : Uap bekerja sedemikian rupa sehingga tekanan dan suhunya menurun. Tahap ini merupakan tahap ekspansi isentropik dan berlangsung di dalam turbin.

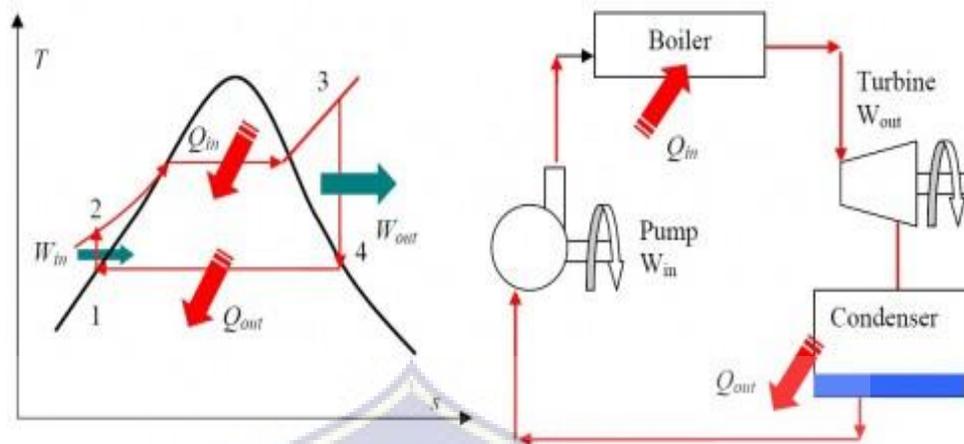
6. f – a : Penguraian panas laten steam sehingga menjadi kondensat. Langkah ini isothermal isobarik dan berlangsung di kondensor

Cara Meningkatkan Efisiensi siklus Rankine yaitu untuk meningkatkan efisiensi siklus Rankine Menaikkan temperatur rata-rata dimana energi kalor dimasukkan ke fluida kerja dalam boiler (sisi boiler) atau menurunkan temperatur dimana energi kalor dilepas dari fluida dalam condenser.

Adapun kerugian dalam siklus Rankine yang terjadi karena Adanya friksi fluida yang menyebabkan turunnya tekanan di boiler dan kondenser; Adanya kalor yang hilang ke lingkungan; Penyimpangan siklus aktual dari siklus ideal dikarenakan berapa faktor seperti gesekan fluida, atau kerugian panas.

Cara Kerja Siklus

Rankine Siklus rankine terdiri dari 4 komponen dasar yaitu boiler, turbin, kondenser dan pump (pompa). Setiap komponen ini mempunyai fungsi yang sangat penting dalam melakukan kerja dalam siklus rankine.



Gambar 7. Skematik dan Diagram T – S Siklus Rankine

Penjelasan dari gambar 7. Skema dan Diagram T-S Siklus Rankine dibagi menjadi 6 bagian yaitu :

1. Air dipompakan oleh pompa sehingga mengalami kenaikan temperature dan tekanan. Proses ini terjadi dipompa air pengisi yang disebut kompresi isentropis.
2. Air yang dipompakan ini selanjutnya dipanaskan sampai mencapai titik didihnya. Proses ini terjadi LP heater, HP heater dan Economizer.
3. Pada tahap ini terjadi proses penguapan secara isobar isotermis karena air yang berubah wujud menjadi uap jenuh. Proses ini terjadi diboiler yaitu pada wall tube.
4. Uap dipanaskan lebih lanjut hingga uap mencapai temperatur kerjanya menjadi uap panas lanjut (superheated vapour). Langkah ini terjadi disuperheater boiler dengan proses isobar.
5. Uap melakukan kerja sehingga tekanan dan temperaturnya turun. Langkah ini adalah langkah ekspansi isentropis dan terjadi didalam turbin.
6. Pembuangan panas laten uap sehingga berubah menjadi air kondensat. Langkah ini adalah isobar isotermis dan terjadi didalam kondensor. Proses ini adalah proses sederhana yang berlangsung pada saat

memanaskan air. Proses ini hampir sama dengan proses yang terjadi didalam boiler pada unit pembangkit uap di PLTU.

Bahan Bakar

Bahan bakar adalah bahan yang dapat dibakar untuk menghasilkan kalor (panas). Proses pembakaran merupakan proses kimiawi antara bahan bakar, udara dan panas. Proses pembakaran di dalam ruang bakar boiler cenderung mengubah fase air menjadi fase uap. Berbagai jenis bahan bakar (seperti bahan bakar cair, padat, dan gas) bergantung pada sejumlah faktor termasuk biaya, ketersediaan, penyimpanan, penanganan, polusi, dan lokasi boiler, tungku, dan peralatan pembakaran lainnya. Batubara dan cangkang sawit digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk pembangkit uap.

Bahan bakar padat adalah bahan bakar padat dan sebagian besar merupakan sumber energi panas. Misalnya kayu dan batu bara. Energi panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memanaskan air menjadi uap agar peralatan lebih efisien dan menghasilkan tenaga.

Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya tidak padat, dibandingkan dengan bahan bakar padat, molekulnya bebas bergerak.

1. Batubara Secara umum, semakin tinggi grade batubara, semakin tinggi kandungan karbonnya, sedangkan kandungan hidrogen dan oksigennya semakin berkurang. Batubara adalah bahan yang mudah terbakar heterogen terdiri dari banyak komponen dengan sifat yang berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai sedimen yang dibentuk oleh dekomposisi massa tanaman selama sekitar 300 juta tahun. Dekomposisi tumbuhan ini disebabkan oleh proses biologis yang melibatkan mikroba, mengubah sebagian besar oksigen dari selulosa menjadi karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O).
2. Cangkang sawit, sering juga disebut cangkang sawit, adalah bagian keras dari buah kelapa sawit yang melindungi isi atau inti buah sawit. Saat membuat kulit pohon palem, potongan besar dan kecil dicampur dengan debu dan serat kecil. Kandungan air sekam sawit tergolong rendah (11% - 13%) dibandingkan dengan residu biomassa lain dari sumber yang berbeda.

Konsumsi bahan bakar spesifik

Berdasarkan SPLN no. 80/1989, rumus untuk menghitung konsumsi spesifik adalah sebagai berikut:

Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

$$SFC = qf / kWh \dots\dots\dots (1)$$

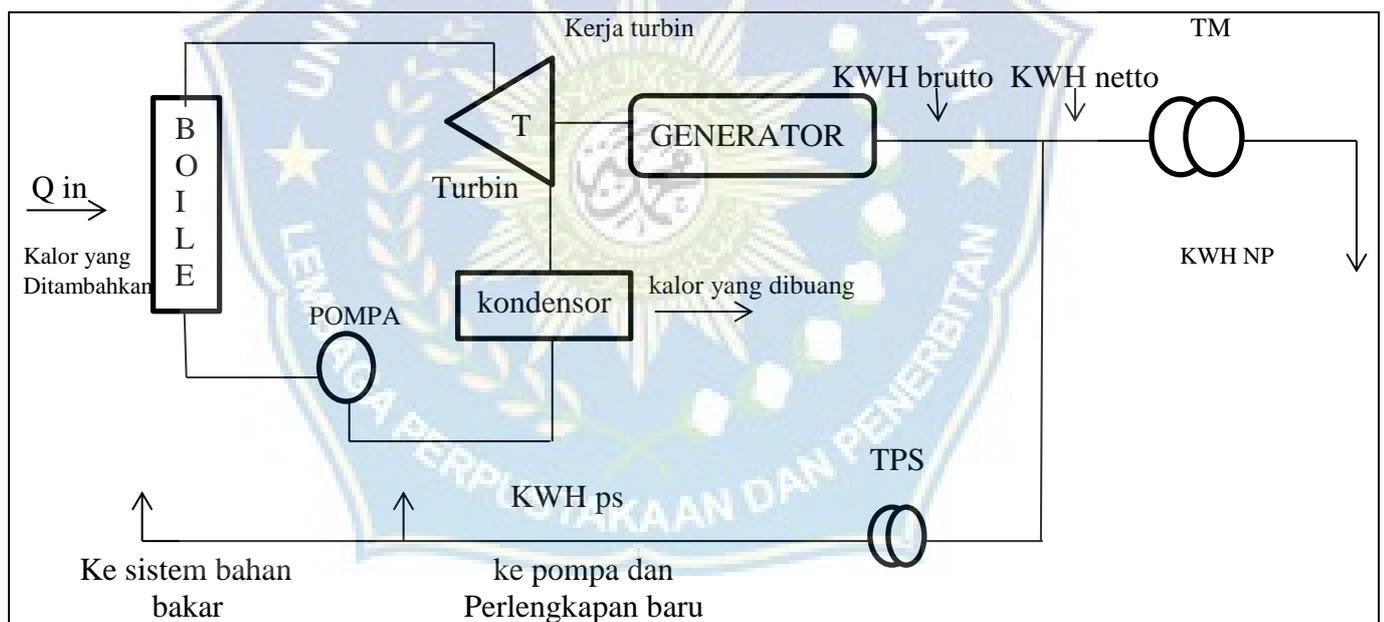
Di mana:

SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)

qf = Jumlah bahan bakar digunakan (kg)

KWh = Data dihasilkan oleh Generator (kWh)

B. Perhitungan Konsumsi pemakaian Bahan Bakar, Heatrate (Tara Kalor) dan efisiensi termal



Gambar 7 Bagan batasan pengukuran

Keterangan gambar:

Q_{in} : Masukan kalor yang ditambahkan

kWh_B : kiloWatt jam brutto (energi yang dihasilkan terminal generator) N_u

kWh_{Nu} : kiloWatt jam neto unit pembangkit (energi bersih yang dihasilkan terminal generator/ unit pembangkit)

kWh_{Ps} : kiloWatt jam pemakaian sendiri TM : Trafo Mesin (Generator Transformers) TPS : Trafo Pemakaian Sendiri (Main Auxillary Transformers)

kWh_{Np} : kiloWatt jam pusat pembangkit

Berdasarkan SPLN No. 80 tahun 1989, persamaan yang digunakan untuk menghitung konsumsi spesifik bahan bakar adalah sebagai berikut:

1. Pemakaian bahan bakar spesifik brutto (B SFC)

$$SFC_B = \frac{Q_f}{kWh_B}$$

2. Pemakaian bahan bakar netto (SFCN)

$$SFC_N = \frac{Q_f}{KWh_B - KWh_{PS}}$$

Dimana :

Q_f : Jumlah bahan bakar yang dipakai (dalam liter)

LHV : Nilai kalor bawah bahan bakar yang digunakan (dalam kJ/ kg atau kKal/ kg).

HHV : Nilai kalor atas bahan bakar yang digunakan (dalam kJ/ kg atau kcal/ kg).

kWh_B : Jumlah kWh yang dibangkitkan generator (dalam kWh).

kWh_{Ps} : Jumlah kWh yang dibutuhkan untuk pemakaian sendiri (dalam kWh).

M_f : Berat bahan bakar selama pengujian (dalam kg)

Sedangkan, persamaan yang digunakan untuk menghitung tara kalor (heat rate) sebagai berikut:

1. Tara kalor brutto (HRB)

$$HR_B = \frac{M_f \times LHV}{kWh_B}$$

2. Tara kalor netto (HRN)

$$HR_N = \frac{M_f \times LHV}{KWh_B - KWh_{PS}}$$

Dimana:

Tara kalor unit brutto (HRB) adalah jumlah kalor bahan bakar dihitung berdasarkan nilai kalor bawah (LHV) untuk menghasilkan setiap kWh brutto. Tara kalor unit netto (HRN) adalah jumlah kalor bahan bakar yang dihitung berdasarkan nilai kalor bawah (LHV) untuk menghasilkan setiap kWh netto.

Efisiensi boiler didefinisikan sebagai perbandingan antara laju energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut (superheated) dengan laju aliran energi bahan bakar.

C. Metode Least Square

Metode kuadrat terkecil menyatakan bahwa "Jumlah kuadrat dari selisih antara nilai sebenarnya dan nilai yang dihitung dikalikan dengan jumlah pengukuran adalah minimum". Metode kuadrat terkecil adalah metode untuk memperkirakan parameter sistem, yang meminimalkan fungsi kriteria dari jumlah kuadrat dari kesalahan peramalan (criterion of least square).

Metode least square adalah metode berupa data time series yang membutuhkan data masa lalu untuk memprediksi penjualan di masa depan untuk menentukan hasil guna digunakan dalam mendeteksi trend pada data time series.

Metode kuadrat terkecil, juga dikenal sebagai metode kuadrat terkecil, adalah metode untuk menentukan hubungan linier data sedemikian rupa sehingga dapat diprediksi nilai yang datanya tidak terdapat dalam data properti.

Metode kuadrat terkecil digunakan untuk menentukan persamaan trend data yang terbagi menjadi dua kasus, yaitu kasus data genap dan kasus data ganjil. Keuntungan dari metode kuadrat terkecil adalah dapat digunakan untuk membuat persamaan biaya yang didasarkan secara ilmiah. Kelemahan dari metode kuadrat terkecil, di sisi lain, adalah kesulitan ketika perhitungan digunakan secara manual.

➤ Rumus Metode Least Square.

Persamaan tren yang dicari adalah

$$Y' = a_0 + bx$$

$$a = (\Sigma Y) / N$$

$$b = (\Sigma Yx) / \Sigma x^2$$

Dengan:

Y' = data periodik (time series) = estimasi nilai trend.

a_0 = nilai tren tahun dasar.

b = pertumbuhan nilai tren rata-rata per tahun.

x = variabel waktu (hari, minggu, bulan atau tahun).

N = Jumlah data

Σx^2 = Nilai dari persamaan kuadrat

Suatu nilai tertentu untuk variabel waktu (x) diperlukan untuk melakukan perhitungan, sehingga nilai total variabel waktu adalah nol atau $\Sigma x = 0$.

Untuk n ganjil, $n = 2k + 1 \rightarrow \Sigma x^{k+1} = 0$

- Jarak antara dua waktu adalah satu satuan.
- Tanda negatif ditentukan di atas nilai 0
- Di bawah ini adalah tanda positif.

untuk n , genap, $n = 2k \rightarrow \Sigma x^{1/2} [k+(k+1)] = 0$

Jarak antara dua kali memiliki nilai dua satuan.

- Tanda negatif ditentukan di atas nilai 0
- Di bawah ini adalah tanda positif.

BAB III.

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

1. Waktu

Pembuatan tugas akhir akan dilaksanakan pada November 2022 hingga Januari 2023 sesuai dengan timeline dalam rencana penelitian.

2. Tempat

Penelitian dilakukan di pltu baru kab.barru

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah kuantitatif yang mengumpulkan informasi dari lapangan dan menganalisis data untuk menarik kesimpulan dari penelitian ini.

C. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penulis untuk membuat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode Pustaka

Yakni mengambil materi penulisan penelitian ini dari narasumber dan literatur tentang topik yang dibahas.

2. Metode Penelitian

Melakukan penelitian dan pendataan pltu baru omu kab.barrules, dilanjutkan dengan pembahasan/analisis hasil dan kesimpulan hasil analisis.

3. Metode Diskusi/Wawancara

Ini adalah diskusi/wawancara dengan narasumber yang lebih mengetahui materi yang sedang kami kerjakan atau dengan operator pltu baru omu kab.barrules.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data penelitian ini adalah:

1. Penelitian sastra

Metode ini merupakan metode yang digunakan dalam penelitian yang bertujuan untuk mencari dasar-dasar yang dibutuhkan dalam penelitian yang dapat membantu penulis dalam perhitungan analitik seperti konsumsi bahan bakar (SFC).

2. Observasi Lapangan.

Observasi adalah teknik atau cara pengumpulan informasi dengan mengamati kegiatan yang sedang berlangsung. Teknik ini mengharuskan pengamat berada baik secara langsung maupun tidak langsung di atas obyek penelitian.

3. Diskusi

Adalah pengumpulan data melalui wawancara langsung dengan berbagai narasumber yang lebih mengetahui permasalahan seputar pembahasan skripsi ini.

Fungsi dan peran dalam peningkatan penghematan bahan bakar di PLTU.

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi generator adalah dengan menurunkan tekanan kondensor, yang meningkatkan beban pada turbin uap dan meningkatkan efisiensi pembangkit listrik.

Pada PLTU, batu bara digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi panas yang tugasnya adalah mengubah fase medium kerja dari air menjadi uap, setelah itu energi kinetik yang terkandung dalam uap digunakan untuk menggerakkan turbin. . terhubung ke generator.

Pembangkit uap, di sisi lain, adalah pembangkit listrik di mana generator listrik ditenagai oleh uap, yang kemudian mengubah air panas menjadi uap, yang menggerakkan generator listrik. Setelah melewati turbin, uap diembunkan di kondensor.

Dalam PLTU, batu bara digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi panas yang mengubah fasa cair dari cair menjadi uap. Energi kinetik yang terkandung dalam uap yang digunakan untuk memutar turbin dihubungkan dengan generator.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum PT Indonesia Power UJP PLTU Barru



PT. Indonesia Power merupakan salah satu anak 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. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Barru merupakan salah satu unit bisnis dari PT. Indonesia Power yang berkapasitas 2x50 MW yang merupakan suatu pembangkit listrik dimana energi listrik dihasilkan oleh generator yang diputar oleh turbin uap yang memanfaatkan tekanan uap hasil dari penguapan air yang dipanaskan oleh bahan bakar di dalam boiler.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Barru sendiri mulai dibangun pada tahun 2008, yang secara geografis terletak pada S : 4° 17'872" dan E : 119° 37'753" atau lebih tepatnya bertempat tinggal di Dusun Bawasalo, Desa Lampoko, Kecamatan Balusu, Kabupaten Barru sekitar 2KM dari jalan trans Sulawesi pare-pare – Makassar. Sekitar 15KM dari pusat Kota kabupaten Barru dan sekitar 110KM dari Kota Makassar Sulawesi selatan Pembangkit ini dibangun dengan berbahan bakar Batubara yang memiliki kalori rendah yaitu LHV : 3800-4100 kcal / kg yang membutuhkan batubara dalam setahun sekitar +- sebesar 564.000 Ton yang di angkut memakai kapal tongkang/barge menuju ke lokasi pembangkit melalui jetty sebagai tempat khusus bongkar dan muat batubara. Adapun untuk hasil energy listrik dari PLTU ini kemudian disalurkan melalui SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) 150 Kv ke GI (Gardu Induk) 150 Kv sepanjang +- 40KM pare-pare dan GI 150KV pangkep sekitar +- 50KM.

Owner PLTU Barru adalah PT PLN(Persero) dengan alamat di Jl.Trunojoyo Blok M 1/135,Kebayoran Baru, Jakarta 12160, Indonesia. PLTU Barru menggunakan bahan bakar batubara berkalori rendah (LHV: 3800-4100 kcal/Kg) yang memerlukan batubara pertahun sebesar 564.00 ton dan diangkut menggunakan barge/tongkang menuju ke PLTU melalui jetty sebagai sarana pelabuhan khusus bongkar muat batubara. Energi listrik yang dihasilkan PLTU disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV ke Gardu Induk (GI) 150 kV Pare-Pare sepanjang ±40km dan Gardu Induk 150 kV Pangkep sepanjang ±50km.

Seiring meningkatnya kebutuhan energy listrik di negeri ini. Pemerintah kemudian mengeluarkan salah satu kebijakan yaitu Pembangunan PLTU Barru merupakan salah satu program pembangunan kelistrikan nasional yang didasarkan pada proyek percepatan PLTU 10.000 MW, sesuai dengan Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2006 tentang penugasan kepada PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang menggunakan batubara sebagai bahan utama pasokan listrik. saat ini pembangunan unit baru dengan kapasitas 2 X 100 MW sedang dalam tahap pembangunan.

B. Hasil Penelitian

1. Analisis Pengaruh Penambahan Beban Terhadap Konsumsi Spesifik Batubara (SFC) dan Heat Rate

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan perbandingan dengan model *least square* sebagai berikut :

Tabel 4.1. Perbandingan SFC perhitungan dengan pendekatan linier *least square* (Harian Februari 2023)

tgl	beban MW	SFC B Kg/kWh	Least square	Error (MAPE)	SFC N Kg/kWh	Least square	Error (MAPE)
1	276.58	0.5786231	0.5766231	0.345648143	0.6212845	0.6182845	0.482870569
2	296.85	0.5735058	0.5716797	0.318410032	0.6132805	0.6105414	0.446630865
3	287.83	0.5808898	0.5792377	0.284408506	0.6211698	0.6186915	0.398973034
4	294.79	0.5748077	0.5733295	0.257164266	0.6150714	0.6125675	0.407090949
5	259.83	0.5704144	0.56911	0.228675854	0.6101314	0.6081749	0.32066863
6	320.21	0.5536137	0.5524833	0.204185698	0.5890433	0.6128428	4.040365114
7	323.89	0.5409223	0.5399658	0.176827615	0.5757317	0.5742969	0.249213305
8	320.31	0.5985305	0.5977479	0.130753571	0.6373511	0.6361772	0.184184196
9	295.03	0.6156621	0.6150534	0.098869169	0.6585898	0.6576767	0.138644722
10	279.53	0.5851155	0.5846807	0.074310115	0.6271406	0.6264885	0.103979873
11	313.5	0.5776495	0.5773886	0.045165797	0.61587	0.6154787	0.063536136
12	309.98	0.5307328	0.5306459	0.016373588	0.566134	0.5660036	0.023033416
13	303.7	0.610768	0.6108549	0.014227988	0.6528528	0.6529832	0.019973875
14	274.01	0.6010681	0.601329	0.043406063	0.646272	0.6466633	0.060547262
15	263.3	0.6204349	0.6208696	0.070063757	0.6678584	0.6685106	0.097655431
16	271.15	0.6436064	0.6442151	0.094576437	0.6918436	0.6927566	0.131966242
17	280.94	0.6536374	0.65442	0.119729991	0.7010919	0.7022658	0.167438819
18	310.13	0.6147178	0.6156743	0.155599854	0.6560991	0.6575338	0.218671234
19	295.38	0.6314877	0.6326181	0.179005862	0.675794	0.6774896	0.250904862
20	311.68	0.5560417	0.5573461	0.234586723	0.5943155	0.596272	0.32920225
21	305.1	0.5302592	0.5317375	0.278788185	0.5663225	0.5685399	0.391543688
22	266.76	0.5807301	0.5823822	0.284486718	0.625551	0.6280293	0.396178729
23	300.6	0.5259724	0.5277985	0.347185518	0.5622966	0.5650357	0.487127256
24	319	0.5590436	0.5610436	0.35775385	0.5965128	0.5995128	0.502922988

Olahan data 2023

Catatan:

SFCB (Specific Fuel Consumption)= Pemakaian bahan bakar spesifik brutto

SFC N (Specific Fuel Consumption)= Pemakaian bahan bakar spesifik netto

Least Squar = Metode untuk memperkirakan parameter sistem, yang meminimalkan fungsi kriteria dari jumlah kuadrat dari kesalahan peramalan

Error MAPE (Mean Absolute Percentage Error)= ukuran kesalahan relatif

Rumus MAPE= $ABS ((A_i - F_i) / A_i) \times 100\%$

Keterangan : A_i = nilai data actual

F_i = nilai data ramalan

Pada tabel, terlihat bahwa semakin bertambahnya beban atau daya yang dibangkitkan oleh generator maka konsumsi spesifik batubara semakin menurun baik brutto maupun netto. Artinya, jumlah konsumsi spesifik batubara per kWh yang dikonsumsi pada beban yang relatif kecil lebih besar daripada beban yang relatif besar. Alasannya adalah PLTU yang beroperasi baik pada beban rendah maupun pada beban tinggi mempunyai kWh pemakaian sendiri yang relatif rata-rata sama yaitu 489,43 kWh guna menjalankan *auxilliary* pembangkit seperti motor pompa (*boiler feed pump*), dsb. Atau kebutuhan listrik kantor seperti penerangan, komputer dan lain-lain. Secara umum kurva konsumsi spesifik batubara semakin menurun dengan bertambahnya beban. Pada beban rendah, konsumsi spesifik batubara lebih tinggi daripada beban tinggi.

Berikut merupakan evaluasi penambahan data bulanan konsumsi spesifik batubara, perbandingan perhitungan dengan model *least square*.

Tabel 4.2. Perbandingan HR perhitungan dengan pendekatan linier *least square* (Harian februari 2023)

Tgl	Beban MW	HR B kCal/kWh	least square	HR N kCal/kWh	least square	Eff Termal
1	276.58	2430.796	2430.794	2610.0164	2610.0134	32.94
2	296.85	2409.2982	2409.2963	2576.3917	2576.389	33.37
3	287.83	2440.3185	2440.3167	2809.5343	2809.5318	32.95
4	294.79	2414.7674	2414.7659	2583.9152	2583.913	33.28
5	259.83	2396.3109	2396.3096	2563.1621	2563.1601	33.55
6	320.21	2325.7314	2325.7303	2474.5709	2474.5692	34.75
7	323.89	2272.4148	2272.4139	2418.6491	2418.6476	35.55
8	320.31	2514.4266	2514.4259	2677.5121	2677.5109	35.11
9	295.03	2586.3966	2586.396	2766.7357	2766.7348	31.08
10	279.53	2458.0704	2458.07	2634.6179	2634.6173	32.64

11	313.5	2426.7057	2426.7054	2587.2702	2587.2698	33.23
12	309.98	2229.6088	2229.6087	2378.3292	2378.3291	35.15
13	303.7	2565.8364	2565.8365	2742.6346	2742.6347	31.35
14	274.01	2525.0873	2525.0875	2714.9888	2714.9892	31.67
15	263.3	2606.447	2606.4475	2805.6732	2805.6739	30.65
16	271.15	2703.7905	2703.7911	2906.435	2906.4359	29.58
17	280.94	2745.931	2745.9317	2945.2872	2945.2883	29.19
18	310.13	2582.4297	2582.4306	2765.2723	2765.2738	31.2
19	295.38	2652.88	2652.8811	2839.0106	2839.0122	30.29
20	311.68	2335.9315	2335.9328	2496.7159	2496.7215	34.44
21	305.1	2227.619	2227.6205	2379.1211	2379.1233	35.14
22	266.76	2439.6471	2439.6488	2627.9401	2627.9426	32.72
23	300.6	2209.6102	2209.612	2362.208	2362.2109	35.04
24	319	2348.5424	2348.5444	2505.9506	2505.9536	34.31
rata	295.00333	2452.0248	2452.02488	2632.16425	2632.16441	32.882

Olahan data 2023

Efisiensi termal atau siklus 35,5% pada beban 323 MW berarti kerja yang dihasilkan turbin (W) sebesar 35,5% dari kalor yang ditambahkan (Qin). Kesimpulannya, besarnya efisiensi termal tergantung beban, makin tinggi beban makin besar efisiensinya. Hal ini biasa dipahami karena variabel pemakaian sendiri (kWh PS) akan cenderung tetap, sehingga bila generator dibebani lebih tinggi maka perbandingan keluaran dan total daya akan semakin besar. Selain itu dapat disebabkan pula oleh kualitas batubara dan derating yaitu pengurangan daya mampu beban sebesar 25% karena faktor kesiapan peralatan utama (*boiler*, turbin, dan generator).

2. Analisis Pengaruh Penambahan Beban Terhadap Laju Aliran Massa Batubara dan Efisiensi Boiler

Besarnya laju aliran massa uap lanjut (*superheated*) yang ada dalam *boiler* mengalami perubahan setiap saat. Hal ini mengakibatkan adanya perubahan laju aliran massa batubara yang berbeda-beda setiap saat mengikuti besarnya perubahan beban. Akibat yang ditimbulkan dari peristiwa ini adalah efisiensi termal atau efisiensi siklus juga mengalami perubahan setiap saat sesuai dengan perubahan beban.

Tabel 4.3 Perbandingan laju aliran massa batubara perhitungan dengan pendekatan linier *least square* (Harian februari 2023)

Tgl	Beban MW	Mb ton/jam	Least square
1	276.58	173.00833	173.00533
2	296.85	178.79045	178.78771
3	287.83	176.73575	176.73327
4	294.79	178.90891	178.90669
5	259.83	178.5397	178.53775
6	320.21	187.53666	187.53497
7	323.89	183.77837	183.77694
8	320.31	201.85441	201.85324
9	295.03	192.54833	192.54742
10	279.53	173.63304	173.63238
11	313.5	191.202	191.2016
12	309.98	175.67258	175.67245
13	303.7	192.85	192.85013
14	274.01	174.91083	174.91122
15	263.3	173.56666	173.56731
16	271.15	184.71504	184.71595
17	280.94	194.94737	194.94854
18	310.13	201.62745	201.62889
19	295.38	197.65566	197.65736
20	311.68	182.93775	182.9397
21	305.1	170.87604	170.87825
22	266.76	163.6207	163.62318
23	300.6	166.99625	166.99898
24	319	185.6205	185.6055
rata	295.003333	182.6055325	182.6047817
Eff boiler	87.2654		

Olahan data 2023

Berdasarkan tabel terlihat bahwa sedikitnya jumlah batubara yang digunakan dengan nilai kalor batubara sebesar Berdasarkan tabel terlihat bahwa sedikitnya jumlah batubara yang digunakan dengan nilai kalor batubara sebesar 4420.99 kCal/kg, sehingga laju aliran massa batubara adalah yang terbesar yaitu sebesar 201,854.42 kg/jam bila dibandingkan yang lainnya.

3. Prakiraan Biaya Produksi Batubara Untuk Beban 350 MW

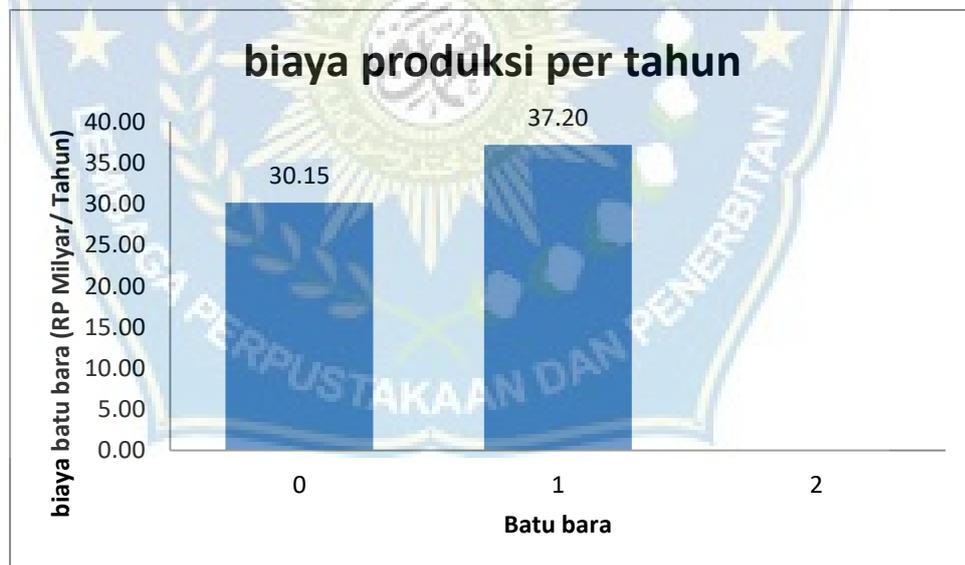
Tabel adalah parameter masukan yang digunakan untuk memudahkan dalam perhitungan dan analisis.

Tabel 4.4 Parameter masukan untuk beban puncak 350 MW

parameter	nilai	satuan
daya output generator	350	MW
laju aliran massa uap	1158630	Kg/jam
uap keluar <i>superheater</i>		
temperature	539.71	°c
tekanan	159.9	bar
air umpan masuk economizer		
temperature	273.4	°c
tekanan	186.9	bar
efisiensi boiler	87.27	%

Olahan data 2023

Dengan menggunakan program, hasil perhitungan biaya batubara per tahun (asumsi 1 tahun = 320 hari) dapat ditampilkan dalam grafik berikut:



Gambar 4.1. Grafik perhitungan biaya produksi batubara pertahun

Pada gambar terlihat bahwa biaya produksi batubara minimal berkisar Rp 30,15 Milyar per tahun

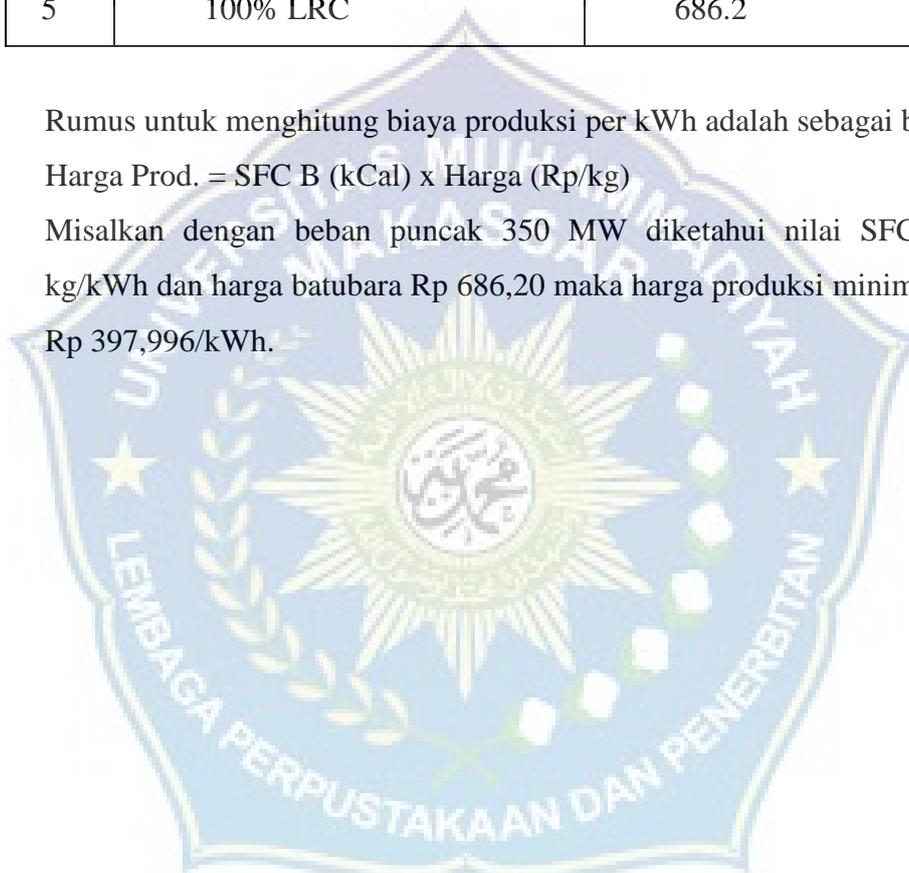
Tabel 4.5. Tabel perkiraan Harga Batubara

No	Komposisi batubara	Total harga (Rp/Kg)
1	100% MRC	978.11
2	75% MRC,25% LRC	905.14
3	50% MRC,50% LRC	832.16
4	25% MRC,75% LRC	759.18
5	100% LRC	686.2

Rumus untuk menghitung biaya produksi per kWh adalah sebagai berikut:

$$\text{Harga Prod.} = \text{SFC B (kCal)} \times \text{Harga (Rp/kg)}$$

Misalkan dengan beban puncak 350 MW diketahui nilai SFC B 0,58 kg/kWh dan harga batubara Rp 686,20 maka harga produksi minimal adalah Rp 397,996/kWh.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan cara menentukan efisiensi pemakaian bahan bakar pada PLTU dengan menggunakan metode least square maka kesimpulan pada penelitian ini menunjukkan bahwa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Semakin tinggi beban/daya yang dibangkitkan maka konsumsi spesifik batubara semakin meningkat. Dari hasil perhitungan menunjukkan daya maksimal yang dihasilkan sebesar 350 MW maka biaya produksi batubara minimal adalah Rp 397,996 per kWh dan Rp 30,15 Milyar per tahun. Adapun Misalkan dengan beban puncak 350 MW diketahui nilai SFC B 0,58 kg/kWh dan harga batubara Rp 686,20 maka harga produksi minimal adalah Rp 397,996/kWh.

B. Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat dikemukakan bagi para pembaca yang berminat melanjutkan untuk menyempurnakan penelitian tentang konsumsi bahan bakar di waktu mendatang.

1. Dalam penelitian konsumsi bahan bakar selanjutnya, diperlukan perhitungan efisiensi termal dari segi termodinamika berdasarkan siklus rankine non-ideal sehingga hasil perhitungan yang didapatkan lebih realistis atau mendekati kenyataan.
2. Penelitian konsumsi bahan bakar selanjutnya dengan menggunakan alternatif bahan bakar yang lain, misalnya biofuel.
3. Perlu memperhitungkan jumlah investasi yang diperlukan sehingga didapatkan harga jual energi listrik per kWh yang realistis. Harga jual listrik terdiri atas 2 variabel, yaitu variable tetap (biaya investasi) dan variable tidak tetap (perawatan, bahan bakar, dan transportasi).

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, Syamsir, dan Widadi, J.P. “Mencegah Terjadinya Monopoli dengan Menggunakan Metode Price – Cost dalam Pasar Listrik”, Makalah Seminar Nasional Ketenagalistrikan 2005 – Semarang.
- Abdul Wahid, Muh.,”Perbandingan Biaya Pembangunan Pembangkit Listrik di Indonesia”.
- Bellman, D.K., “Power Plant Efficiency Outlook”, NPC Global Oil and Gas Study, July 18, 2007.
- Basuki, Cahyo Adi. “Proteksi Relai Arus Lebih Tipe CO – 9 pada Motor Induksi 3 Fasa Boiler Feed Pump 3A di PLTU Unit 3 PT. Indonesia Power UBP Semarang, Laporan Kerja Praktik Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2007.
- El – Wakil, M.M. “Instalasi Pembangkit Daya”, Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1992.
- Kadir, Abdul.“Pembangkit Tenaga Listrik”, UI – Press, Universitas Indonesia, Jakarta, 1996.
- Kadir, Abdul. “Pemrograman Database dengan Delphi 7 Menggunakan Access ADO”, Andi, Yogyakarta, 2005.
- Klein, Joel B.,”The Use Of Heatrates in Production Cost Modeling And Market Modeling”, Electricity Analysis Office, California Energy Commision, April 1998.
- Mangkulo, H.A.,” Pemrograman Database Menggunakan Delphi 7.0 dengan Metode ADO”, PT. Elex Media Komputindo, Gramedia, Jakarta, 2004.
- Marno. “Optimasi Pembagian Beban Pada Unit PLTG Di PLTGU Tambak Lorok Dengan Metode Lagrange Multiplier”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2001.
- Marsudi, Djiteng. “Pembangkitan Energi Listrik”, Erlangga, Jakarta, 2005.
- Moran, M.J., dan Shaparo, H.N. ”Termodinamika Teknik”, Jilid 1, Edisi 4, Erlangga, Jakarta, 200

LAMPIRAN

Hasil Perhitungan Menggunakan Excel

Beban (MW)	SFC B		SFC N		HR B		HR N		Eff. Termal		m Batubara	
	Least	Square	Least	Square	Least	Square	Least	Square	Least	Square	Least	Square
	kg/kWh		kg/kWh		kCal/kWh		kCal/kWh				kg/jam	
276,58	0,58	0,62	0,62	0,62	2,443,25	2,430,80	2,611,34	2,610,02	32,94	32,94	183,099,40	173,008,33
296,85	0,58	0,62	0,61	0,62	2,444,01	2,409,30	2,612,40	2,576,39	32,94	33,37	183,066,40	178,790,46
287,83	0,58	0,62	0,62	0,62	2,444,78	2,440,32	2,613,45	2,609,53	32,94	32,95	183,013,40	176,735,75
294,79	0,58	0,62	0,62	0,62	2,445,54	2,414,77	2,614,50	2,583,92	32,93	33,28	182,970,40	178,908,92
295,83	0,58	0,62	0,61	0,62	2,446,30	2,396,31	2,615,56	2,563,16	32,90	33,55	182,927,40	178,539,71
320,21	0,58	0,62	0,59	0,62	2,447,07	2,325,73	2,616,61	2,474,57	32,92	34,75	182,884,40	187,536,67
323,89	0,58	0,62	0,58	0,62	2,447,83	2,272,41	2,617,66	2,418,65	32,92	35,55	182,841,30	183,778,38
320,31	0,58	0,62	0,64	0,62	2,448,59	2,514,43	2,618,72	2,677,51	32,92	32,11	182,798,30	201,854,42
295,03	0,58	0,62	0,66	0,62	2,449,36	2,586,40	2,619,77	2,766,74	32,91	31,08	182,755,30	192,548,33
279,53	0,58	0,62	0,63	0,62	2,450,12	2,458,07	2,620,82	2,634,62	32,91	32,64	182,712,30	173,633,04
313,50	0,58	0,62	0,62	0,62	2,450,88	2,426,71	2,621,88	2,587,27	32,90	33,23	182,669,30	191,202,00
309,98	0,58	0,62	0,57	0,62	2,451,65	2,229,61	2,622,93	2,378,33	32,90	36,15	182,626,30	175,672,58
303,70	0,58	0,62	0,65	0,62	2,452,41	2,565,84	2,623,98	2,742,63	32,90	31,35	182,583,30	192,850,00
274,01	0,58	0,62	0,65	0,62	2,453,17	2,525,09	2,625,04	2,714,99	32,89	31,67	182,540,30	174,910,83
263,30	0,58	0,62	0,67	0,63	2,453,94	2,606,45	2,626,09	2,805,67	32,89	30,65	182,497,30	173,566,67
271,15	0,58	0,62	0,69	0,63	2,454,70	2,703,79	2,627,14	2,906,44	32,88	29,58	182,454,20	184,715,04
280,94	0,58	0,62	0,70	0,63	2,455,46	2,745,93	2,628,20	2,945,29	32,88	29,19	182,411,20	194,947,38
310,13	0,58	0,62	0,66	0,63	2,456,23	2,582,43	2,629,25	2,756,27	32,88	31,20	182,368,20	201,627,46
295,38	0,58	0,62	0,68	0,63	2,456,99	2,652,88	2,630,30	2,839,01	32,87	30,29	182,325,20	197,655,67
311,68	0,59	0,62	0,59	0,63	2,457,75	2,335,93	2,631,36	2,496,72	32,87	34,44	182,282,20	182,937,75
305,10	0,59	0,62	0,57	0,63	2,458,52	2,227,62	2,632,41	2,379,12	32,86	36,14	182,239,20	170,876,04
266,76	0,59	0,62	0,63	0,63	2,459,28	2,439,65	2,633,46	2,627,94	32,86	32,72	182,196,20	163,620,71
300,60	0,59	0,62	0,56	0,63	2,460,04	2,209,61	2,634,51	2,362,21	32,86	36,40	182,153,20	166,996,25
319,00	0,59	0,62	0,60	0,63	2,460,81	2,348,54	2,635,57	2,505,95	32,85	34,31	182,110,20	185,602,50
					2,452,03			2,623,46				182,604,79

Query Harian PLTU)

NMC	GAG	MAG	Susut Trafo	Pemakaian Sendiri	Batubara	OH	Kalor Batubara	PH	SH	RSH	AH	EAF WITH OMC	EAF NON OMC	EFOR
	kWh	kWh	kWh	kWh	Ton	Jam	kCal/kg							
323	7176000	6780000	12000	492750	4152.2	24	4704.64	24	24	0	24	100	100	0
323	7482000	7080000	18000	485250	4290.971	24	4740.73	24	24	0	24	100	100	0
323	7302000	6900000	26000	473500	4241.558	24	4751.05	24	24	0	24	100	100	0
323	7470000	7050000	36000	483000	4293.814	24	4737.07	24	24	0	24	100	100	0
323	7512000	7110000	18000	489000	4284.953	24	4747.36	24	24	0	24	100	100	0
323	8130000	7710000	35000	489000	4500.88	24	4647.33	24	24	0	24	100	100	0
323	8154000	7740000	26000	493000	4410.681	24	4545.8	24	24	0	24	100	100	0
323	8094000	7680000	26000	493000	4844.506	24	4593.93	24	24	0	24	100	100	0
323	7506000	7110000	8000	489250	4621.16	24	4592.52	24	24	0	24	100	100	0
323	7122000	6720000	26000	477250	4167.183	24	4817.45	24	24	0	24	100	100	0
323	7944000	7530000	26000	493000	4588.848	24	4691.1	24	24	0	24	100	100	0
323	7944000	7530000	26000	495750	4216.142	24	4789.03	24	24	0	24	100	100	0
323	7578000	7170000	32000	488500	4628.1	24	4294.91	24	24	0	24	100	100	0
323	6984000	6600000	8000	488500	4197.86	24	4207	24	24	0	24	100	100	0
323	6714000	6300000	46000	476750	4165.6	24	4206	24	24	0	24	100	100	0
323	6888000	6510000	14000	480250	4433.161	24	4400	24	24	0	24	100	100	0
323	7158000	6750000	36000	484500	4678.737	24	4201	24	24	0	24	100	100	0
323	7872000	7470000	18000	496500	4839.059	24	4309.9	24	24	0	24	100	100	0
323	7512000	7110000	22000	492500	4743.735	24	4520	24	24	0	24	100	100	0
323	7896000	7470000	30000	508500	4390.506	24	4478.96	24	24	0	24	100	100	0
323	7734000	7350000	4000	492500	4101.025	24	4672.53	24	24	0	24	100	100	0
323	6762000	6360000	30000	484500	3926.897	24	4420.99	24	24	0	24	100	100	0
323	7620000	7230000	14000	492250	4007.91	24	4487.54	24	24	0	24	100	100	0
323	7968000	7560000	20000	500500	4454.46	24	4520.55	24	24	0	24	100	100	0
							4201					4817.45		
							LHV					HHV		



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl Sultan Alauddin NO 259 Makassar 90221 Tlp. (0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Lisa Salsabila/Nurhalis Sabir

NIM : 105821102517/105821107217

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	1 %	10 %
2	Bab 2	14 %	25 %
3	Bab 3	3 %	10 %
4	Bab 4	5 %	10 %
5	Bab 5	3 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 27 Juni 2023

Mengetahui

Kepala UPT Perpustakaan dan Penerbitan,


S.Hum., M.I.P.
NEM. 964 591

Jl. Sultan Alauddin no 259 makassar 90222
Telepon (0411)866972,881 593, fax (0411)865 588
Website: www.library.unismuh.ac.id
E-mail : perpustakaan@unismuh.ac.id

BAB I - lisa salsabila /Nurhalis sabir
105821102517/105821107217

ORIGINALITY REPORT

1 %	1 %	0 %	0 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	jasaptk.blogspot.com Internet Source	1 %
---	---	-----

Exclude quotes
Exclude bibliography



AB II - lisa salsabila /Nurhalis
labir105821102517/105821107217

ORIGINALITY REPORT

14%	13%	0%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PLAGIARISM SOURCES

1	jurnal.untan.ac.id Internet Source	8%
2	Submitted to Universitas Madyah Makassar turnitin	2%
3	pt.scribd.com Internet Source	2%
4	jurnal.harianesloba.com Internet Source	2%
5	pt.scribd.com Internet Source	2%

Exclude quotes On
Exclude bibliography On
Exclude matches

BAB III - lisa salsabila /Nurhalis
sabr105821102517/105821107217

ORIGINALITY REPORT

3%	3%	0%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.uma.ac.id Internet Source	3%
---	---	----

Exclude matches Exclude bibliography On Exclude matches



AB IV - lisa salsabila /Nurhalis sabir
05821102517/105821107217

ORIGINALITY REPORT

5%	5%	0%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

VIEW ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

Submitted to Universitas Diponegoro
Student Paper

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

LULUS

LEMBAGA PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Exclude quote Exclude bibliography Exclude footnote

BAB V - lisa salsabila /Nurhalis sabir
105821102517/105821107217

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

3%

★ dokumen.tips

Internet Source

