

Vol : 25 No.2, Juli 2023

ISSN : 1411-4143

PRESISI

JURNAL TEKNIK MESIN - FTI



INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moh Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

Tlp : 021-7874647 Fax : 021-7866955

PENANGGUNG JAWAB

Ka. Prodi Teknik Mesin FTI – ISTN

Dewan Redaksi

Razul Harfi, Ir, MM, MT
Ucok Mulyo Sugeng, Ir, MT
Rifki Darmawan, Ir. MT
Muhammad Firdausi, Ir, MT

DEWAN PAKAR

Bambang Teguh Prasetyo, Prof, Ir, Dipl.Ing, DEA, APU
Dewa Nyoman Adnyana, Prof, Dr, Ir, APU
Koswara KS, Dr, Ir, M.Sc

SEKRETARIS

Denti Rachmawati

EDITOR

Bambang Setiadi, ST, MT

LAY OUT

Ihsanuddin, S.Si

Alamat Redaksi

Kampus Bumi Srengseng Indah
Program Studi Teknik Mesin FTI-ISTN
Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta 12640
Telepon (021) 7270091 psw 20

PRESISI

Jurnal Teknik Mesin – FTI

Daftar Isi :

- 1. ANALISA PERHITUNGAN KAPASITAS DAYA GARDU TRAKSI PADA KERETA REL LISTRIK**
Oleh: Sugianto¹⁾, Hafidz Ahnap Alfiansyah²⁾Veriah Hadi³⁾, Ariman⁴⁾..... 1-15
- 2. ANALISIS PERANCANGAN POMPA MOBILE PENANGGULANGAN BANJIR DKI JAKARTA DENGAN DEBIT 550 LITER PER DETIK DAN HEAD 6 METER**
Oleh : Muhammad Septian Hariwibowo¹⁾,Harwan Ahyadi²⁾..... 16-27
- 3. ANALISIS PENGARUH HIGH PRESSURE HEATER TERHADAP TURBINE HEAT RATE DAN PEMAKAIAN BATUBARA DI PLTU 1 x 600 MW**
Oleh : Ucok Mulyo Sugeng¹⁾,Bambang Setiadi²⁾,Veriah Hadi³⁾ Sugianto⁴⁾..... 28-35
- 4. PERANCANGAN DAN PEMODELAN *HEAT EXCHANGER* TIPE SHELL AND TUBE DALAM MENURUNKAN TEMPERATUR OLI**
Oleh : Sandy Suryady¹⁾, Abdul Muchlis²⁾, Eko Aprianto Nugroho³⁾..... 36-46
- 5. METODE *GANTT CHART* UNTUK PERAWATAN KOMPRESOR SEKRUP MENGALAMI *HIGH OIL TEMPERATURE* DI PT. X**
Oleh : Razul Harfi¹⁾ Aji Saputro²⁾ Bambang Setiadi³⁾ Rifki Dermawan⁴⁾..... 47-51
- 6. DESAIN MESIN PEMARUT DAN PEMERAS KELAPA TERPADU DENGAN METODE PAHL DAN BEITZ**
Oleh : Sunyoto¹⁾, Supriyono^{2*)}, Heru Kuncoro³⁾..... 52-59
- 7. PENGARUH MEDIA PENDINGINAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK SETELAH PEMANASAN 850°C PADA BAJA STAINLESS STEEL 420**
Oleh : Sumiyanto¹⁾ Turbo Sato²⁾ 60-67

INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

JL. Moh. Kahfi ii, bhumi srengseng indah, jagakarsa, jakarta selatan 12640

Telp (021)7874647, FAX: (021)7866955

E-mail : ka_prodi_mesin@istn.ac.id

PENGANTAR REDAKSI

Jurnal PRESISI kembali hadir menjumpai pembaca pada edisi Volume 25 No.2, Juli 2023, yang memuat karya hasil penelitian dari para Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) dan Institusi lain.

Antusias yang tinggi dari para peneliti sebagai wujud nyata dalam melakukan pengembangan Iptek serta Tridharma Perguruan Tinggi tercermin dengan banyaknya naskah hasil penelitian yang dikirim ke meja redaksi. Tentunya hal ini merupakan suatu yang menggembirakan dan perlu dipertahankan keberlangsungannya. Dewan Redaksi tetap melakukan seleksi berdasarkan pertimbangan relevansi serta kualitas tulisan untuk dapat di terbitkan.

Dari meja redaksi, kami selalu menunggu hasil karya penelitian dari para Staf Pengajar dan Peneliti baik dari ISTN maupun Institusi Lain yang Relevan.

Semoga Presisi tetap konsisten dalam memberikan sumbangsih bagi kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Jakarta , Juli 2023

Redaksi

Petunjuk Penulisan Jurnal

I. Format Makalah

1. Naskah tulisan berupa hasil penelitian atau kajian IPTEK, merupakan naskah asli yang belum pernah di terbitkan di dalam / luar negri
2. Naskah di ketik pada kertas A-4, 1 spasi , margin kiri 3 cm atas/ bawah 2,5 cm dan margin kanan 2 cm , diketik dalam 2 kolom , jumlah halaman 6-15.
3. Setiap penulisan rumus , tabel, gambar yang dikutip dari daftar pustaka harus di beri nomor urut sesuai dengan urutan pemunculannya.
4. Naskah di tulis menurut Pedoman Ejaan yang disempurnakan menggunakan microsoft word dengan huruf Times New Roman 12 dan di kirim ke redaksi PRESISI kampus bhumi srengseng indah , Progra studi Teknik mesin FTI- ISTN, Jl. Moh Kahfi II jagakarsa , Jakarta 12640, Telepon (021) 7270091 Pesawat 20
5. Naskah yang masuk akan di evaluasi dan di sunting untuk keseragaman format, Istilah dan tatacara Penulisannya
6. Hak Penerbitan Seluruhnya merupakan dewan Redaksi .

II. Sistematika Penulisan

1. **Judul** , Memberikan gambaran mengenai hasil penelitian atau hasil kajian yang telah dilakukan di batasi antara 5 s/d 12 kata
2. **Nama penulis** , di tulis tanpa gelar akademik atau gelar apapun dan dilengkapi nama lembaga / instansi unit kerja lengkap dengan alamatnya (email)
3. **Abstrak**, ditulis dengan bagasa inggris dan Indonesia , disajikan dalam format informatif dan deskriptif dalam satu paragraf terdiri dari 200 – 250 kata. Disertai dengan kata kunci (merupakan kata-kata yang mengandung konsep pokok yang ada dalam pembahasan , kata kunci di tempatkan sesudah abstrak , di tulis mendatar terdiri dari 3 sampai 5 kata.
4. **Pendahuluan** , berisi tentang latar belakang permasalahan penelitian , tujuan dan alasan penelitian , teori pendukung (tinjauan pustaka)
5. **Metodologi penelitian** , berisi tentang rancangan penelitian dan prosedur pengumpulan data
6. **Hasil pembahasan**, memuat hasil dan bahasan dari pengolahan data yang dapat disertai dengan tabel , grafik atau ilustrasi lain yang di sajikan secara bersistem
7. **Simpulan** , Menyajikan ringkasan dari pembahasan hasil penelitian
8. **Saran**, dapat diberikan sebagai tindak lanjut dari penelitian atau kajian yang telah dilakukan
9. **Daftar pustaka**, di tulis tanpa nomor urut, berdasarkan abjad dengan menuliskan nama pengarang , tahun penerbitan, judul pustaka, pemerbit, kota penerbittan (jumlah pustaka minimal 10 referensi)

**Jurnal terbitan bulan januari untuk semester ganjil dan
bulan juli untuk semester genap**

**ANALISIS PENGARUH *HIGH PRESSURE HEATER* TERHADAP *TURBINE HEAT RATE* DAN PEMAKAIAN BATUBARA
DI PLTU 1 X 600 MW**

Ucok Mulyo Sugeng⁽¹⁾, Bambang Setiadi⁽²⁾, Veriah Hadi⁽³⁾ Sugianto⁽⁴⁾

^(1,2)Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ⁽³⁾ Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Informatika ⁽⁴⁾Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Institut Sains Dan Teknologi Nasional Jl. Moh. Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640 Indonesia., Telp. : (021)7270090
e-mail : Ucok@istn.ac.id, bambangsetiadi13@gmail.com, veriahadi@istn.ac.id, sugiantoistn13@gmail.com

ABSTRAKSI

Kinerja dari sebuah unit pembangkit listrik merupakan hal yang terpenting dalam pengoperasian pembangkit listrik tenaga uap. Untuk meningkatkan efisiensi suatu unit sangat diperlukan peralatan tambahan, salah satunya dengan menggunakan *high pressure heater*. Umumnya pada unit pembangkit mempunyai tiga buah *high pressure heater*. Dan jika pada salah satu *high pressure heater* tidak berfungsi, maka akan terjadi penurunan efisiensi yang dapat menyebabkan tingginya nilai *turbine heat rate* dan besarnya pemakaian bahan bakar batubara. Pemakaian batubara yang berlebih dapat menyebabkan kerugian secara materi. Penelitian ini membahas tentang besarnya kenaikan *turbine heat rate* dan pemakaian bahan bakar batubara pada salah satu *high pressure heater out service* di PLTU yang berkapasitas 1 x 600 MW, serta kerugian yang di dapatkan pada setiap kenaikan 1 °C. Analisis dilakukan menggunakan metode perhitungan *indirect*, dengan hasil penelitian yang di dapatkan adalah pada saat *high pressure heater* tidak berfungsi dan pada saat *high pressure heater out service* di dapatkan hasil perhitungan sebesar 7779,561 [kJk W/h] pada saat tidak berfungsi dengan *coal flow* sebesar 349,4746 [t/h]. Lalu pada saat *high pressure heater out service* di dapatkan hasil lebih besar, yaitu sebesar 8111,3648 [kJk W/h] dan *coal flow* sebesar 364,3561 [t/h]. Serta kerugian sebesar Rp. 1.990.358.956.08.- per tahun setiap penurunan 1 °C.

Kata kunci : *high pressure heater, turbine heat rate, high pressure heater out service*, bahan bakar batubara, kerugian

ABSTRACTION

The performance of a power generation unit is the most important thing in the operation of a steam power plant. To increase the efficiency of a unit, additional equipment is needed, one of which is by using a high pressure heater. Generally, the generating unit has three high pressure heaters. And if one of the high pressure heaters does not work, there will be a decrease in efficiency which can cause a high value of turbine heat rate and the amount of coal fuel consumption. Excessive use of coal can cause material losses. This study discusses the magnitude of the increase in the turbine heat rate and the use of coal fuel in one of the high pressure heater out service at a steam power plant with a capacity of 1 x 600 MW, as well as the losses obtained for every 1 °C increase. The analysis was carried out using the indirect calculation method, with the research results obtained when the high pressure heater was not functioning and when the high pressure heater was out of service, the calculation results were 7779.561 [kJk W/h] when it was not functioning with coal flow. of 349.4746 [t/h]. Then at the time of high pressure heater out service, the result is bigger, which is 8111.3648 [kJk W/h] and coal flow is 364.3561 [t/h]. And a loss of Rp. 1,990,358,956.08.- per year for every 1 °C decrease.

Keywords: *high pressure heater, turbine heat rate, high pressure heater out service, coal fuel, losses*

1. Pendahuluan

Pembangkit tekanan *super critical* merupakan teknologi menaikkan efisiensi thermal dengan cara menaikkan tekanan dan suhu pada uap dan menurunkan tekanan kondensor. Panas ditambahkan kedalam siklus uap untuk menaikkan suhu rata-rata dan efisiensi thermal yang menyebabkan tekanan menjadi lebih tinggi. Pada saat air dalam kondisi *critical*-nya yaitu pada saat tekanan 213,8 [kg/Cm²] atau 3206 [psia] dan suhu 372,4 °C atau 706 °F, tidak ada perubahan tekanan dari uap air. Untuk membangkitkan uap di kondisi *super critical*, air bertekanan masuk melalui boiler dimana air *feedwater* akan menyerap energi panas dan volume air akan bertambah secara bertahap tanpa terjadi *internal bubbling* atau perubahan fasa yang terlihat, dan dikonversikan ke dalam gas padat.

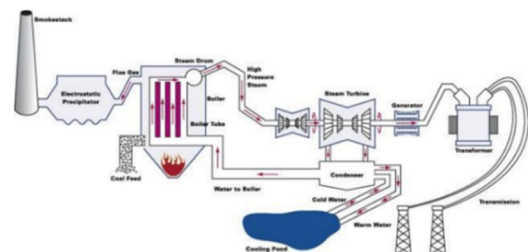
Kinerja dari sebuah unit merupakan hal yang terpenting dalam pengoperasian PLTU. Semakin besar efisiensi, maka semakin baik pengoperasian dan kinerjanya. Untuk meningkatkan efisiensi, maka diperlukan alat bantu salah satunya dengan memakai alat bantu *high pressure heater*. pada PLTU x terdapat tiga unit *high pressure heater*. Apabila salah satu *heater* tidak bekerja, maka efisiensi akan turun: ditandai oleh naiknya *turbine heat rate* yang mengakibatkan kebutuhan bahan bakar agar pembakaran di boiler semakin banyak. Pada PLTU X *high pressure heater* mengalami gangguan sehingga para komponen tidak dapat berfungsi dengan baik, hal tersebut mempengaruhi besarnya *heat rate* pada unit dan pemakaian bahan bakar di *boiler*. Dengan bertambahnya pemakaian batubara, maka dapat mengakibatkan kerugian, karna melebihi pemakaian bahan bakar batubara yang sudah sesuai aturan pemakaian. Dalam penelitian ini akan membandingkan *turbine heat rate* sebagai salah satu penentu besarnya efisiensi unit dan pemakaian bahan bakar untuk pembakaran pada *boiler* pada saat *high preassure heater*, kondisi normal dan saat kondisi

tidak beroperasi dan juga menghitung besar kerugian pemakaian bahan bakar per °C pada saat tidak berfungsi.

2. Tinjauan Pustaka

PLTU adalah suatu pembangkit listrik tenaga termal yang menggunakan uap untuk fluida kerjanya. Uap yang digunakan adalah hasil dari proses pemanasan air pada katel uap (*boiler*). *Boiler* di PLTU umumnya menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi panasnya.

Boiler adalah bejana yang digunakan untuk memanaskan air menjadi uap yang memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi. Uap yang dihasilkan *boiler* tadi digunakan untuk menggerakkan sudu-sudu turbin dimana turbin yang digerakkan ini telah terkopling dengan generator, dan generator ini mengubah energi gerak pada turbin menjadi energi listrik. Selanjutnya, uap sisa menggerakkan turbin ini mengalami penurunan tekanan dan temperatur dan masuk ke kondensor untuk dikondensasikan. Air kondensat sebagai hasil dari proses kondensasi di kondensor dialirkan kembali menuju *boiler* dengan pompa air umpan (*boiler feed water pump*), secara garis besarnya, sistem di PLTU dapat dilihat pada Gambar 2.1.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Sistem di PLTU

2.1 Bagian – Bagian Turbin

- Cassing* adalah sebagai penutup rumah bagian-bagian utama turbin.
- Rotor* adalah bagian turbin yang berputar terdiri dari:
- Poros berfungsi sebagai komponen utama tempat dipasangnya cakram-cakram sepanjang sumbu.
- Sudu turbin atau deretan sudu berfungsi sebagai alat yang

- menerima gaya dari energi kinetik uap melalui nosel.
- e. Cakram berfungsi sebagai tempat sudu-sudu dipasang secara radial pada poros.
 - f. Nosel berfungsi sebagai media ekspansi uap yang merubah energi potensial menjadi energi kinetik.
 - g. Bantalan merupakan bagian yang berfungsi untuk menyokong kedua ujung poros dan banyak menerima beban.
 - h. Kopling berfungsi sebagai penghubung antara mekanisme turbin uap dengan mekanisme yang digerakkan.

2.1.1 Zona Konveksi

Setelah pembakaran terjadi pada zona radiasi, secara *natural* (dan beberapa dibantu oleh *fan*) udara panas akan bergerak keatas. Pada bagian atas zona radiasi, pipa-pipa yang sangat banyak jumlahnya sudah menghadang aliran gas panas tersebut. Pada pipa-pipa tersebut terdapat sebagian air dan sebagian uap air yang berubah fasa karena pemanasan dari gas panas tersebut (Pada tipe *supercritical boiler*, perubahan air menjadi uap terjadi secara spontan tanpa melalui percampuran air dan uap). Karena perpindahan panas yang dominan antara gas panas dan pipa, maupun pipa dan air atau uap didalam pipa adalah konveksi, maka zona ini sering disebut juga dengan istilah zona konveksi.

a. Superheater

Dalam zona konveksi ini, tube-tube yang menghadang pertama kali gas panas dinamakan dengan *superheater*. Karena pada bagian ini air yang telah sempurna menjadi uap memiliki suhu yang sangat tinggi dan siap digunakan untuk memutar turbin. Uap ini disebut juga dengan uap kering, *dry steam* atau *superheated steam*.

b. Reheater

Reheater digunakan untuk memanfaatkan suhu *flue gas* yang masih cukup panas setelah melewati *superheater*. Uap hasil pemanasan *reheater* juga digunakan untuk memutar turbin pada *secondary stage*.

c. Economizer

Proses tubing terakhir dari zona konveksi adalah *economizer*. Pada bagian ini, gas panas yang sudah diambil panasnya oleh *superheater* dan *reheater* masih memiliki sebagian kalor yang masih bisa dimanfaatkan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan, panas dari *flue gas* setelah *reheater* ini digunakan untuk memanaskan sistem *feed water* yang menurunkan kalor total yang dibutuhkan oleh sistem untuk merubah air menjadi uap.

d. Air-preheater

Belum sepenuhnya dingin, *flue gas* yang melewati *economizer* dimanfaatkan kembali panasnya untuk memanaskan udara yang akan dimasukkan kedalam sistem *boiler* untuk pembakaran. Pemanasan ini berfungsi untuk mengurangi jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk memanaskan udara masuk sampai suhu yang diinginkan setelah pembakaran yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi total.

Karena kompleksitas dari pola aliran 3D pada *boiler*, interaksi thermo-kimia, serta interaksi dengan tubin-tubin yang ada, membuat *boiler* sulit untuk dianalisis secara komprehensif menggunakan metode analitis. Salah satu metode yang cukup berkembang pesat untuk desain, optimasi maupun analisis kegagalan dari unit *boiler* adalah menggunakan metode komputasi atau *Computational Fluid Dynamics* (CFD), yaitu metode permodelan menggunakan komputer untuk memperoleh parameter-parameter aliran seperti kecepatan, tekanan, temperatur.

Bahan Bakar Batubara

Batubara adalah sumber energi terpenting untuk pembangkitan listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi baja dan semen. Namun demikian, batubara juga memiliki karakter negatif yaitu disebut sebagai sumber energi yang paling banyak menimbulkan polusi akibat tingginya kandungan karbon. Sumber energi penting lain, seperti gas alam,

memiliki tingkat polusi yang lebih sedikit namun lebih rentan terhadap fluktuasi harga di pasar dunia. Dengan demikian, semakin banyak industri di dunia yang mulai mengalihkan fokus energi mereka ke batubara.



Gambar 2.2. Batu Bara

Terbentuknya Batubara

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori in-situ biasanya terjadi di hutan basah dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut, dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna, berakhir menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik.

1. Teori *Drift* : Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan di tempat dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori *drift* biasanya terjadi di *delta-delta*, mempunyai ciri-ciri lapisan batubara tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi). Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap yaitu tahap biokimia (penggambutan) dan tahap geokimia (pembatubaraan).
2. Tahap penggambutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (*anaerobik*) di daerah rawa dengan

sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5 - -[10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut (Stach, 1982, op cit Susilawati 1992).

3. Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia, dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan, dan waktu terhadap komponen organik dari gambut (Stach, 1982, op cit Susilawati 1992). Pada tahap ini prosentase karbon akan meningkat, sedangkan prosentase hidrogen dan oksigen akan berkurang (Fischer, 1927, op cit Susilawati 1992). Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit.

Ada tiga faktor yang mempengaruhi proses pembentukan batubara yaitu: umur, suhu dan tekanan.

Mutu endapan batubara juga ditentukan oleh suhu, tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai 'maturitas organik. Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (*carboniferous period*) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Proses awalnya, endapan tumbuhan berubah menjadi gambut/*peat* (C₆₀H₆O₃₄) yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignite*) atau disebut pula batubara coklat (*brown coal*). Batubara muda adalah batubara dengan jenis maturitas organik rendah.

Setelah mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi

batubara sub-bituminus (*sub-bituminous*). Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam sehingga membentuk bituminus (*bituminous*) atau antrasit (*anthracite*). Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit.

Dalam proses pembatubaraan, maturitas organik sebenarnya menggambarkan perubahan konsentrasi dari setiap unsur utama pembentuk batubara.

Disamping itu, semakin tinggi peringkat batubara, maka kadar karbon akan meningkat, sedangkan hidrogen dan oksigen akan berkurang. Karena tingkat pembatubaraan secara umum dapat diasosiasikan dengan mutu atau mutu batubara, maka batubara dengan tingkat pembatubaraan rendah disebut pula batubara bermutu rendah seperti lignite dan sub-bituminus biasanya lebih lembut dengan materi yang rapuh dan berwarna suram seperti tanah, memiliki tingkat kelembaban (*moisture*) yang tinggi dan kadar karbon yang rendah, sehingga kandungan energinya juga rendah. Semakin tinggi mutu batubara, umumnya akan semakin keras dan kompak, serta warnanya akan semakin hitam mengkilat. Selain itu, kelembabannya pun akan berkurang sedangkan kadar karbonnya akan meningkat, sehingga kandungan energinya juga semakin besar.

Turbine Heat Rate

Turbine heat rate adalah jumlah kalor yang dibutuhkan untuk memproduksi listrik sebesar 1 kWh dan dinyatakan dalam satuan (kJ/kWh). *Turbine heat rate* menunjukkan perbandingan dari energi total yang digunakan untuk memutar turbin, dengan energi listrik yang dihasilkan oleh generator dan dinyatakan dalam kJ/kWh.

Penjelasan Rumus

$$\frac{\text{Turbine Heat Rate} = \text{Heat input from boiler (kJ/h)}}{\text{Electrical output from generator kW}}$$

Dan

$$\frac{M_1 (H_1 - H_2)}{\text{Goutput}} \text{ kJ/kWh}$$

Di mana:

H1 = Enthalpy Steam Out Boiler (kJ/kg)

H2 = Enthalpy Water In Boiler (kJ/Kg)

M1= Laju Aliran Massa fluida (kg/h)

Goutput = Generator keluar

Rumus selisih batubara

$$\Delta \text{THR} - \text{THR}_D$$

Rumus kerugian batubara

$$\frac{\text{THR} \times \text{LOAD}}{\text{Nilai kalor Batubara}}$$

Pengaruh Off High Pressure Heater

Salah satu cara meningkatkan efisiensi sebuah pembangkit listrik tenaga listrik menambahkan feedwater heater yang berjenis *High Pressure Heater* (HPH). HPH berfungsi meningkatkan temperatur air yang akan dipanaskan di dalam boiler, sehingga pemasukkan bahan bakar lebih sedikit dibandingkan tanpa HPH. Namun dalam kondisi aktual, HPH sering menghadapi masalah sehingga dilakukan perbaikan yang mengharuskan HPH *off service*. Diperlukan studi lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh *off service* HPH terhadap performa pembangkit.

Penelitian ini memvariasikan off service HPH menggunakan analisa termodinamika dengan bantuan *software Gatecycle*. Semua perhitungan menggunakan parameter input tekanan dan temperature uap yang sama pada boiler dengan memvariasikan jumlah laju bahan bakar. Berdasarkan *Piping and Instrumentation Diagram (PID)* dan data properties, permodelan dilakukan di dalam *Gatecycle* sehingga dapat dilakukan pemvariasian sebanyak tujuh *variasi off service* HPH. Hasil penelitian yang didapatkan adalah pengaruh komposisi off

service HPH terhadap pembangkit berupa efisiensi boiler, daya pembangkit, heat rate, dan efisiensi pembangkit. Semakin banyak jumlah HPH dalam kondisi *off service*, semakin tinggi efisiensi boiler, namun semakin rendah efisiensi pembangkit. HPH yang paling berdampak buruk terhadap efisiensi pembangkit ketika dalam kondisi *off service* adalah HPH kedua. High Pressure Heater merupakan alat pemanas awal feedwater sebelum masuk boiler. Peralatan ini berfungsi untuk menaikkan efisiensi system secara keseluruhan, dalam pengoperasiannya, high pressure heater harus dijaga performanya karena berhubungan langsung dengan kehandalan unit pembangkit listrik. Sumber panas yang didapat oleh heater merupakan steam ekstraksi dari high pressure, low pressure dan intermediate pressure. Turbin yang berbeda dalam satu poros heater yang mengalami kebocoran pada line feed water outlet yang akan berpengaruh terhadap efisiensi turbin.

3. Metodologi Penelitian

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan menggunakan metode penelitian 'Kuantitatif'. Disebut dengan kuantitatif karena data – data yang terkumpul dalam penelitian ini dapat di analisis dengan menggunakan analisis statistik (suatu penelitian yang data nya berupa angka yang digunakan sebagai alat untuk menemukan sebuah keterangan).

Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya. Demikian pula pada tahap kesimpulan penelitian ini akan lebih baik bila disertai dengan gambar, tabel, grafik atau tampilan lainnya.

3.1 Eksperimen

Pada penelitian ini untuk menganalisis pengaruh tidak berfungsinya *High Pressure Heater* pada *Turbine Heat rate*

peneliti mengambil sample pada saat *High Pressure Heater 7* tidak berfungsi. Analisa dilakukan dengan menggunakan Analisa termodinamika dengan metode perhitungan *indirect*. Studi ini dilakukan secara Analisa termodinamika dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempelajari skema PLTU , siklus sistem *Closed Feed Water* dan uap ekstraksi pada turbin.
2. Melakukan pencarian data yang terukur dan dibutuhkan dalam perhitungan , dalam system *Closed Feed Water* dan sistem *High Pressure Turbine*.
3. Melakukan *Trending* untuk mendapatkan data.
 - a. Suhu, tekanan dan laju aliran pada *Main Steam* saat *HP Heater 7* normal dan tidak berfungsi.
 - b. Suhu, tekanan dan laju aliran pada *Final Feedwater* saat *HP Heater 7* kondisi normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - c. Suhu dan tekanan pada *Hot Reheat* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - d. Suhu dan tekanan pada *Cold Reheat* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - e. Suhu, tekanan dan laju aliran pada *Reheat Spray* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - f. Suhu dan Tekanan keluaran dan masukan air *feedwater* serta uap pemanas pada *High Pressure 7* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - g. Suhu *Drain* pada *High Pressure 7* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - h. Suhu dan Tekanan keluaran dan masukan air *feedwater* serta Uap pemanas pada *High Pressure 8* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - i. Suhu *Drain* pada *High Pressure 8* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - j. Daya generator pada saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak

- berfungsi.
- k. Laju aliran batubara pada saat HP Heater 7 normal dan kondisi tidak berfungsi.
 4. Melakukan pencarian *enthalpy* untuk setiap data dengan menggunakan pendekatan interpolasi dan tabel uap.
 5. Mencari data pendukung seperti data harga dan kalor batubara serta *Turbine Heat Balance*.
 6. Melakukan perhitungan dengan metode *indirect* untuk mencari *Turbine Heat Rate* dan batubara yang dibutuhkan.
 7. Menghitung kerugian materi pada saat *High Pressure Heater* tidak berfungsi.

4. Hasil Dan Pembahasan

Data pada saat kondisi *High Pressure Heater 7* tidak berfungsi

Tabel.4.1. Hasil pengambilan data pada saat *High Pressure Heater* Normal.

No	Subjek	Uap			Generator Daya [MW]	Batubara Flow [t/h]
		P [MPa]	Flow [t/h]	T[° C]		
1	Main Steam	24.0452	1.935.8073	558.6056	666.4067	393.8781
2	Final Feedwater	27.0914	1.924.9900	273.7540		
3	Hot Reheat	4.2557	-	558.2574		
4	Cold Reheat	4.4290	-	293.5814		
5	Reheat Spray	10.7970	36.7247	187.3984		
6	HPH 7 In	28.0754	-	214.8091		
7	HPH 7 Out	27.2995	-	214.8764		
8	HPH 7 Drain	-	-	211.7060		
9	HPH 7 Steam	1.9420	-	211.3025		
10	HPH 8 In	27.7995	-	214.8764		
11	HPH 8 Out	27.6405	-	272.2802		
12	HPH 8 Drain	-	-	230.5199		
13	HPH 8 Steam	5.7083	-	384.067		

Tabel.4.2 Hasil pengambilan data pada saat *High Pressure Heater* Normal.

No	Subjek	Uap			Generator Daya [MW]	Batubara Flow [t/h]
		P [MPa]	Flow [t/h]	T[° C]		
1	Main Steam	24.3005	1.915.8073	568.3624	666.5364	346.0407
2	Final Feedwater	27.6053	1.902.3450	280.5295		
3	Hot Reheat	4.0643	-	568.3699		
4	Cold Reheat	4.4311	-	305.7324		
5	Reheat Spray	11.1212	0	30.0420		
6	HPH 7 In	28.0754	-	214.1778		
7	HPH 7 Out	28.2630	-	253.0766		
8	HPH 7 Drain	-	-	220.5490		
9	HPH 7 Steam	4.2258	-	306.0668		
10	HPH 8 In	28.2630	-	253.0766		
11	HPH 8 Out	28.1480	-	278.9871		
12	HPH 8 Drain	-	-	258.2300		
13	HPH 8 Steam	6.1882	-	357.4371		

Perhitungan *Turbine Heat Rate*

$$THR = \frac{m1 (H1 - H2)}{Gout}$$

Diketahui pada *High Pressure Heater 7* tidak berfungsi

- $m1 = 29282057,6$
 $H1 = 929,5243$
 $H2 = 929,3388$
 $Gout = 666,4067$

Jawab :

$$THR = \frac{m1 (H1 - H2)}{Gout} = \frac{29282057,6 (929,5243 - 929,3388)}{666,4067} = 8111,3648 \text{ kJ/Kwh}$$

$$THR = \frac{m1 (H1 - H2)}{Gout}$$

Diketahui pada *High Pressure Heater 7* Normal

- $m1 = 29991,60 \text{ kg/h}$
 $H1 = 1102,6225 \text{ kJ/kg}$
 $H2 = 929,7321 \text{ kJ/kg}$
 $Gout = 666,5364$

Jawab :

$$THR = \frac{m1 (H1 - H2)}{Gout} = \frac{29991,60 (1102,6225 - 929,7321)}{666,5364} = 7779,561 \text{ kJ/Kwh}$$

Hasil perhitungan bahwa *High Pressure Heater* yang beroperasi secara normal memiliki nilai *Turbine Heat Rate* yang lebih rendah dibandingkan pada saat kondisi sebuah *High Pressure Heater* tidak beroperasi. Pada saat *High Pressure Heater* dalam kondisi normal nilai *Turbine Heat Rate* nya adalah 7779.561 [kJ/kWh] dan pada saat kondisi salah satu *High Pressure Heater* tidak beroperasi sebesar 8111.3648[kJ/kWh] dalam keadaan beban penuh atau maksimal. Kenaikan *Turbine Heat Rate* dapat dilihat dari gambar 1. Bahwa *High Pressure Heater* tidak beroperasi maka akan semakin tinggi nilai *Turbine Heat Rate* nya.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa kesimpulan yakni sebagai berikut:

Hasil perhitungan bahwa *High Pressure Heater* yang beroperasi secara normal memiliki nilai *Turbine Heat Rate* yang lebih rendah dibandingkan pada saat

kondisi sebuah *High Pressure Heater* tidak beroperasi. Pada saat *High Pressure Heater* dalam kondisi normal nilai *Turbine Heat Rate* nya adalah 7779.561 [kJ/kWh] dan pada saat kondisi salah satu *High Pressure Heater* tidak beroperasi sebesar 8111.3648[kJ/kWh] dalam keadaan beban penuh atau maksimal.

Pada kondisi normal, batubara yang dibutuhkan untuk pembakaran di *boiler* sebesar 349, 4746105 [ton/jam]. Hasil penelitian menjelaskan bahwa terdapat selisih kerugian sebesar 14, 8815 ton/jam pada saat kondisi salah satu *High Pressure Heater* tidak berfungsi.

1. Semakin besar *Turbine Heat Rate* maka akan semakin besar pula pemakaian batubara. Hal tersebut disebabkan panas yang dibutuhkan dalam pemanasan air pada *boiler* untuk menghasilkan 1 [kWh] lebih besar.
2. Dapat diperhitungkan kerugian yang dihasilkan dalam setiap penurunan suhu 1[°C] di dalam *Final Feedwater* yaitu sebesar 0, 3846 ton/jam.
3. Besarnya kerugian yang akan dialami PLTU dalam konversi Rupiah jika *High Pressure Heater* tidak beroperasi yakni sebesar Rp. 230.341.99 per jam setiap penurunan 1[°C] atau jika ditotalkan dalam setahun akan mengalami kerugian sebesar Rp. 1.990.358.956,08 setiap penurunan 1[°C].

DAFTAR PUSTAKA

1. Hicks Tyler G. 2012 Hanbook of energy engineering calculation United State of America The McGraw – hill Companies, inc
2. Hakimah, Y. (2019). Analisis Kebutuhan Energi Listrik Danprediksi Penambahan Pembangkit Listrik Di Sumatera Selatan. Jurnal Desiminasi Teknologi, 7(2).
3. Sunarwo supriyo 2015 . Analisa heat rate pada turbin uap berdasarkan performance test PLTU Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 39 K/20/MEM/2019 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero)
4. Prasetyo, B. (2016). Heat Rate Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Baru (Unit 9) berdasarkan Performance Test tiap Bulan dengan Beban 100%. Eksergi: Jurnal Teknik Energi, 12(2).
5. Tenriabeng, B. (2013). Peranan PT. PLN (PERSERO) dalam Pelayanan Kelistrikan (Suatu Kajian Hukum Ekonomi) (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
6. V. V Bode, P. V. G. Gore, P. G. Student, P. R. P. P. Welfare, and E. Trust (2016) “Performance Analysis of Regenerative Feed Water Heating system in 270 MW Thermal Power Plant,” Int. Res. J. Eng. Technol., vol. 03, no. 04, pp. 1180–1186
7. <http://eprints.undip.ac.id/44918/>
8. <http://repository.ppns.ac.id/735/>
9. https://id.wikipedia.org/wiki/PLTU_Suralaya
10. <https://www.indonesiapower.co.id/id/komunikasiberkelanjutan/berita/Pages/Lebih-Dekat-dengan-PLTU-Suralaya.aspx>