

HEAT TRANSFER ANALYSIS IN THE HIGH PRESSURE HEATER CFB BOILER OF PLTU TELUK SIRIH UNIT 2

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA HIGH PRESSURE HEATER BOILER CFB PLTU TELUK SIRIH UNIT 2

Muhammad Anwar¹, Mukhnizar², Rizal Abu³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Dan Perencanaan, Universitas Ekasakti

E-mail: mukhnizar@yahoo.co.id

ARTICLE INFO

Correspondent:

Mukhnizar

mukhnizar@yahoo.co.id

Key words:

Steam Power Plant, High Pressure Heater, heat transfer, thermal efficiency, TTD, DCA, LMTD

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 460 - 471

ABSTRACT

Teluk Sirih Steam Power Plant (PLTU) is a coal-fired power plant with a capacity of 2×112 MW, utilizing a Circulating Fluidized Bed (CFB) boiler. One of the critical components in this system is the High Pressure Heater (HPH), which functions as a feedwater preheater to improve the thermal efficiency of the cycle. This research aims to analyze the heat transfer performance of HPH 1 and HPH 2, and to identify the factors contributing to the efficiency decline. The analysis methods include calculations of Terminal Temperature Difference (TTD), Drain Cooler Approach (DCA), Temperature Rise (TR), Log Mean Temperature Difference (LMTD), Heat Capacity Ratio, and thermal effectiveness (ϵ). Data were collected from performance tests conducted in 2024 and compared with commissioning data from 2014. The results indicate a performance degradation in the HPH units, as shown by increased TTD and DCA values and decreased effectiveness. This decline is suspected to be caused by fouling or damage to the heat exchange tubes, which adversely affects water heating efficiency. The study recommends regular maintenance and cleaning measures to restore the performance of the HPH units. This research is expected to contribute to improving plant efficiency and reducing fuel consumption.

Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Koresponden</p> <p>Mukhnizar <i>mukhnizar@yahoo.co.id</i></p> <p>Kata kunci: <i>PLTU, High Pressure Heater, perpindahan panas, efisiensi thermal, TTD, DCA, LMTD</i></p> <p>Website: <i>https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR</i></p> <p>Hal: 460 - 471</p>	<p>PLTU Teluk Sirih merupakan pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas 2×112 MW yang menggunakan boiler tipe Circulating Fluidized Bed (CFB). Salah satu komponen vital dalam sistem ini adalah High Pressure Heater (HPH), yang berfungsi sebagai pemanas awal air pengisi boiler guna meningkatkan efisiensi siklus termal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja perpindahan panas pada HPH 1 dan HPH 2, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan efisiensi. Metode analisis mencakup perhitungan Terminal Temperature Difference (TTD), Drain Cooler Approach (DCA), Temperature Rise (TR), Log Mean Temperature Difference (LMTD), Heat Capacity Ratio, serta thermal effectiveness (ϵ). Data diambil dari hasil pengujian pada tahun 2024 dan dibandingkan dengan data commissioning tahun 2014. Hasil analisis menunjukkan adanya penurunan kinerja HPH yang ditandai dengan meningkatnya nilai TTD dan DCA, serta penurunan nilai effectiveness. Penurunan ini diduga disebabkan oleh pengotoran atau kerusakan pipa yang berdampak pada efisiensi pemanasan air. Rekomendasi diberikan berupa tindakan pemeliharaan dan pembersihan rutin untuk memulihkan performa HPH. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya peningkatan efisiensi pembangkit serta pengurangan konsumsi bahan bakar.</p> <p style="text-align: right;"><i>Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.</i></p>

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi dan industrialisasi seperti saat ini energi listrik telah menjadi kebutuhan dasar bagi manusia. Hampir semua aktivitas kehidupan sangat bergantung pada energi listrik. Kebutuhan listrik di masa sekarang ini mengalami peningkatan yang sangat drastis, hal ini disebabkan karena meningkatnya jumlah penduduk, bertambah majunya teknologi yang ada disertai dengan meningkatnya industri. Untuk mencukupi kebutuhan listrik tersebut maka pemerintah membangun pembangkit pembangkit listrik untuk menjamin ketersediaan dan keandalan energi listrik. Salah satu pembangkit tenaga listrik yang memberikan pasokan listrik cukup besar adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari uap untuk memutar sudu turbin sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui generator. Secara garis besar sistem pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari beberapa peralatan utama diantaranya: *Boiler, Turbin, Generator, dan Kondensor*. Peralatan pendukung, misalnya: *Pompa, Air Pre Heater, Feed Water Heater, dan lainnya*.

Siklus yang digunakan pada PLTU disebut juga dengan siklus *Rankine*. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi siklus *Rankine* adalah dengan regenerasi. Regenerasi adalah pemanasan awal air sebelum masuk ke *boiler* dengan memanfaatkan kalor dari uap ekstraksi turbin. Uap ekstraksi adalah uap yang diambil dari *stage-stage* tertentu pada turbin. Pemanasan awal air pengisi boiler dilakukan secara bertahap dengan alat yang disebut *Feedwater Heater*. PLTU Teluk Sirih yang mempunyai kapasitas 2×112 MW ini memiliki beberapa komponen *Feedwater Heater*, salah satunya adalah Pemanas

Awal. Peralatan ini berupa penukar kalor tipe *shell and tube* yang berfungsi memberi pemanasan awal air pengisi bertekanan tinggi. Uap ekstraksi mengalir di dalam *shell*, sedangkan air pengisi mengalir di dalam *tube-tube*. Dari dua unit yang ada masing-masing unit terdapat dua tingkat Pemanas Awal, yaitu HPH 1 dan HPH 2. Air pengisi *boiler* pertama-tama akan dipanaskan di HPH 2 lalu menuju ke HPH 1. Ekstraksi uap HPH 1 dan HPH 2 berasal dari HP (*High Pressure*) turbin.

Performa pada Pemanas Awal dapat mempengaruhi terhadap efisiensi pemanasan air dalam *boiler*, apabila kemampuan perpindahan panas pada *feedwater heater* kurang baik. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kerusakan pada pipa atau terjadinya pengotoran pada permukaan pipa, dan lainnya.

Penurunan performa Pemanas Awal atau *High Pressure Heater* akan berpengaruh terhadap meningkatnya penggunaan batu bara untuk proses terbentuknya uap dalam *boiler*, dan berpengaruh terhadap efisiensi siklus pembangkit secara keseluruhan. Untuk mengetahui performa alat ini perlu dilakukan analisis secara matematis terhadap berbagai parameter yang dipantau selama operasi, berdasarkan data commissioning *HPH 1 FW Outlet Temperature 232,99 DegC dan HPH 2 FW Outlet Temperature 203, 64 DegC* namun saat ini dilihat secara visual mengalami penurunan. Dari hasil analisis itulah sehingga dapat segera dilakukan tindakan yang tepat agar Pemanas Awal dapat beroperasi seperti semula apabila terjadi penurunan kinerja. Hal tersebutlah yang melatar belakangi penulis untuk mengambil judul "**Analisis Perpindahan Panas Pada High Pressure Heater Boiler CFB PLTU Teluk Sirih Unit 2**".

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Data-data yang diperlukan untuk pengerjaan tugas akhir ini semuanya didapat dari perusahaan PT PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Teluk Sirih pada tanggal 14 Mei – 20 September 2024.

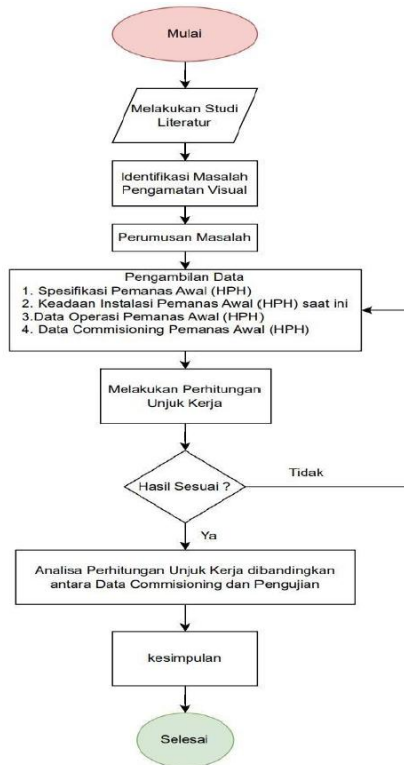
Metode Penyusunan

Adapun langkah dan prosedur penyusunan tugas akhir ini dilakukan dengan metode penyusunan yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi literatur, bertujuan untuk mendapatkan berbagai macam informasi dan data yang berkaitan dengan obyek penelitian, misalnya prinsip kerja *Pemanas Awal*, keadaan instalasi *Pemanas Awal* saat ini dan parameter unjuk kerja yang diinginkan.
2. Melakukan pengambilan data di PLTU Teluk Sirih unit 2 untuk mendapatkan spesifikasi Pemanas awal (HPH) serta proses kerja.
3. Analisa data, dalam hal ini dilakukan analisa berdasarkan data-data spesifikasi yang diperoleh, meliputi:
 - a. Spesifikasi *Pemanas Awal*
 - b. Spesifikasi Peralatan Penunjang
 - c. Keadaan instalasi *Pemanas Awal* saat ini
 - d. Data pengujian awal Pemanas awal (HPH) saat pertama kali operasi
4. Pembahasan dan evaluasi perbandingan, dalam tahap ini akan dilakukan pembahasan serta evaluasi perbandingan terhadap hasil-hasil yang di dapat.
5. Kesimpulan dan rekomendasi yang didapat setelah melakukan analisa dan evaluasi perhitungan.

Flow Chart Penelitian

Berikut adalah Gambar 1. Flow Chart Penelitian



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Perhitungan

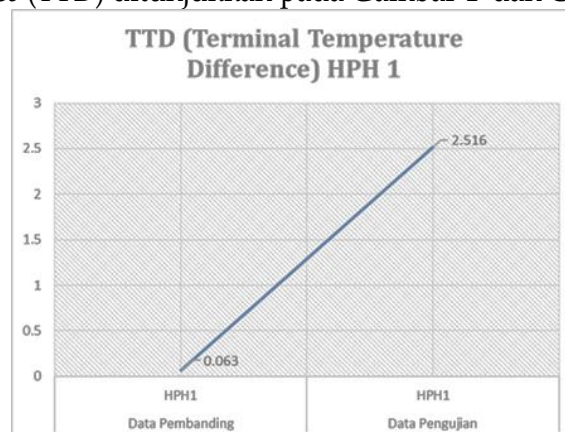
Dari hasil perhitungan di atas dapat dianalisa sebagai berikut:

TTD (Terminal Temperature Difference)

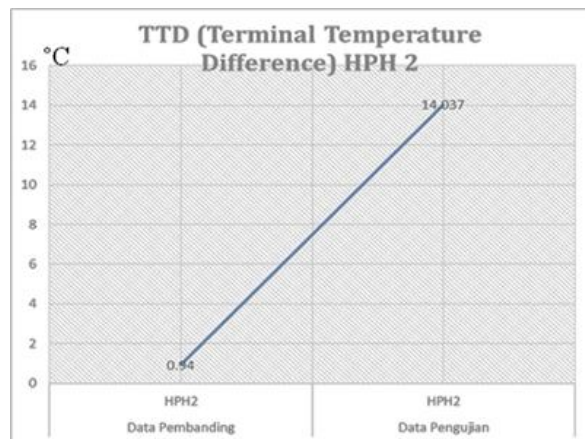
Terminal Temperature Difference (TTD) didefinisikan sebagai suhu saturasi uap ekstraksi dikurangi suhu outlet air umpan. Peningkatan TTD menunjukkan pengurangan perpindahan panas pada peralatan *exchanger*, sementara penurunan mengindikasikan perbaikan performa pada peralatan *exchanger*. Rentang tipikal untuk TTD pada pemanas awal bertekanan tinggi dengan dan tanpa zona desuperheat adalah -3°C sampai -5°C dan dibawah 1°C .

Analisa Hasil Perhitungan *Terminal Temperature Difference* (TTD)

Dari hasil Perhitungan yang didapat pada Bab 4 dan sesuai dengan Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan, maka dapat dibuatkan diagram hasil perhitungan *Terminal Temperature Difference* (TTD) ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Hasil Perhitungan TTD HPH 1



Gambar 2. Diagram Hasil Perhitungan TTD HPH 2

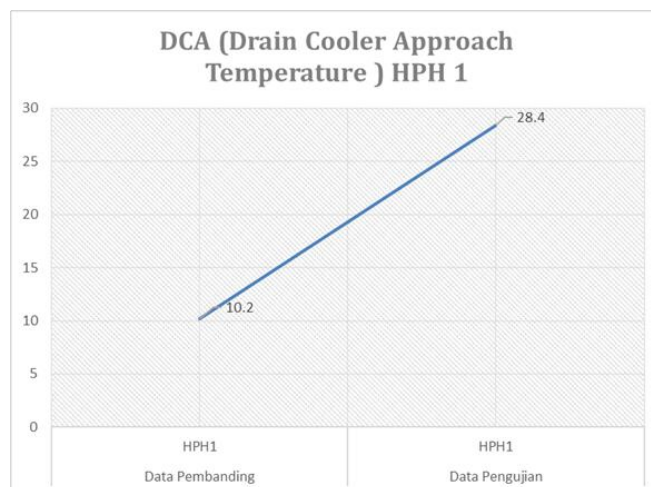
Berdasarkan perhitungan *Terminal Temperature Difference* (TTD) terlihat pada gambar 5.1 terjadi peningkatan nilai TTD HPH 1 dari perhitungan data pembanding $0.063\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan data pengujian $2.516\text{ }^{\circ}\text{C}$ terjadi kenaikan TTD pada Pemanas awal (HPH 1) sebesar $2.453\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan pada gambar 5.2 terjadi peningkatan nilai TTD HPH 1 dari perhitungan data pembanding $0.94\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan data pengujian $14.027\text{ }^{\circ}\text{C}$ terjadi kenaikan TTD pada pemanas awal (HPH 2) sebesar $13.097\text{ }^{\circ}\text{C}$. Peningkatan nilai TTD ini menyebabkan *performance* pemanas awal menurun. Peningkatan nilai TTD dapat disebabkan beberapa faktor seperti terjadinya *fouling* di pipa, level drain uap ekstraksi tinggi, tekanan dan temperature uap ekstraksi menurun atau meningkat.

DCA (Drain Cooler Approach Temperature)

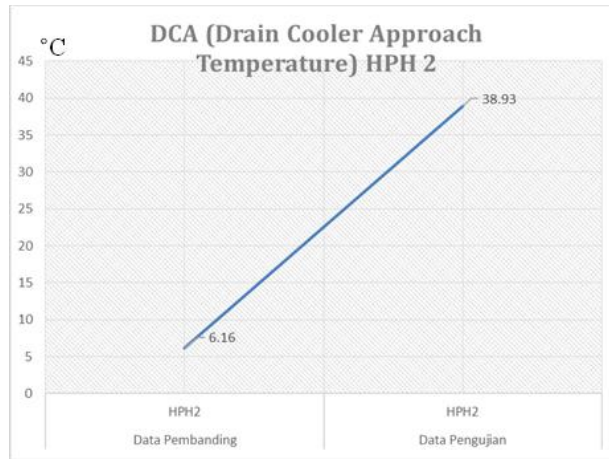
Perhitungan nilai *Drain Cooler Approach* (DCA) adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat performa pemanas awal air pengumpan berdasarkan perbedaan suhu antara saluran pembuangan *drainase* dan *inlet* air umpan, dimana biasanya nilai untuk DCA adalah 10°C . Perbedaan suhu DCA yang meningkat mengindikasikan adanya penurunan performa peralatan pemanas awal.

Analisa Hasil Perhitungan *Drain Cooler Approach* (DCA)

Dari hasil Perhitungan yang didapat pada Bab 4 dan sesuai dengan Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan, maka dapat dibuatkan diagram hasil perhitungan *Drain Cooler Approach* (DCA) ditunjukkan pada Gambar 5.3 dan Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Hasil Perhitungan DCA HPH 1



Gambar 4. Diagram Hasil Perhitungan DCA HPH 2

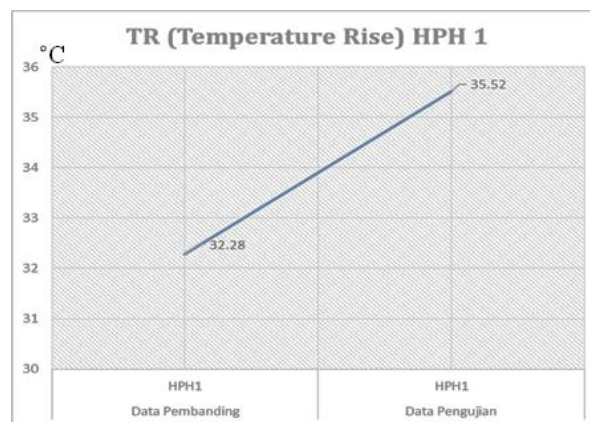
Berdasarkan perhitungan *Drain Cooler Approach* (DCA) yang terlihat pada Gambar 5.3 dari perhitungan data pembandingan 10.2 °C dengan data pengujian 28.4 °C terjadi kenaikan DCA pada Pemanas awal (HPH 1) sebesar 18.2 °C, sedangkan pada Gambar 5.4 dari perhitungan data pembandingan 6.16 °C dengan data pengujian 38.93 °C terjadi kenaikan DCA untuk pemanas awal 2 (HPH 2) sebesar 32.77°C. dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa unjuk kerja pemanas awal (HPH 1 dan 2) menurun. Penurunan performa pemanas awal pada pemanas awal (HPH) dapat disebabkan beberapa faktor seperti terjadinya fouling atau kebocoran di pipa, level drain uap ekstraksi tinggi, tekanan dan temperature uap ekstraksi tidak sesuai commisioining.

TR (Temperature Rise)

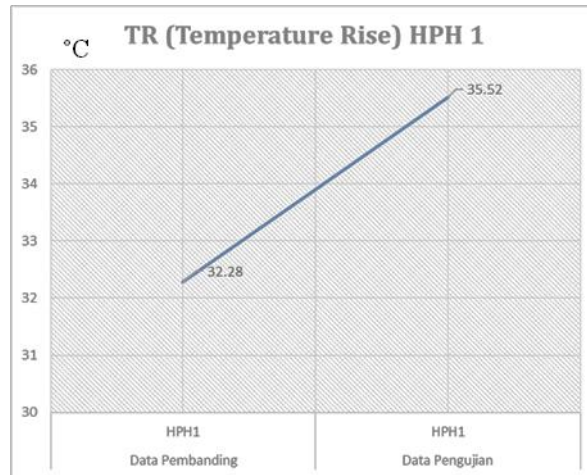
Temperature Rise adalah perbedaan antara suhu air pengumpan masuk dengan suhu air pengumpan keluar pemanas awal (HPH). Performa pemanas awal (HPH) yang baik harus memenuhi spesifikasi desain pabrik dengan pengaturan level air drainase pada pemanas awal dijaga dengan baik sesuai dengan prosedurnya. Apabila terjadi kenaikan temperature rise, maka performance penyerapan panas pada peralatan pemanas awal (HPH) baik.

Analisa Hasil Perhitungan Temperature Rise (TR)

Dari hasil Perhitungan yang didapat pada Bab 4 dan sesuai dengan Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan, maka dapat dibuatkan diagram hasil perhitungan Temperature Rise (TR) ditunjukkan pada Gambar 5. dan Gambar 6.



Gambar 5. Diagram Hasil Perhitungan TR HPH 1

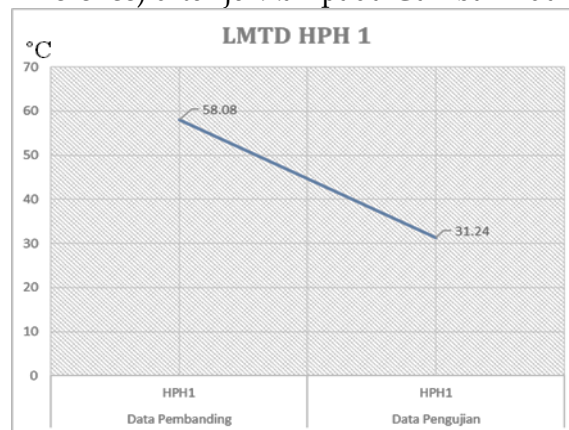


Gambar 6. Diagram Hasil Perhitungan TR HPH 2

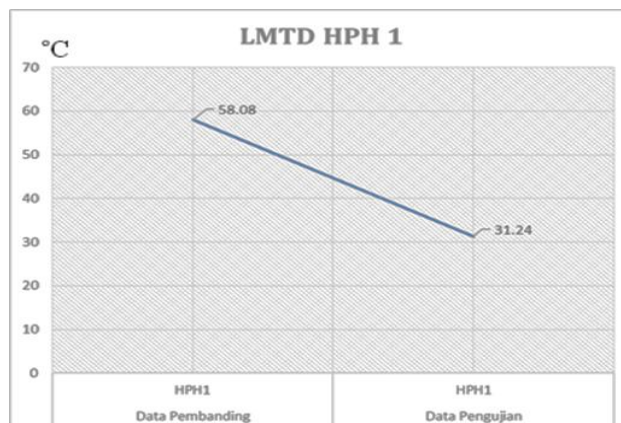
Berdasarkan perhitungan Temperature Rise (TR) pada Gambar 5.5 dari perhitungan data pembanding 32.28 °C dengan data pengujian 35.52°C terjadi Peningkatan Temperature Rise pada Pemanas awal (HPH 1) sebesar 3.24 °C, sedangkan pada Gambar 5.6 dari perhitungan data pembanding 36.89 °C dengan data pengujian 44.94 °C terjadi Peningkatan Temperature Rise untuk pemanas awal 2 (HPH 2) sebesar 9.42 °C. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja pemanas awal (HPH 1 dan 2) menunjukkan penyerapan panas pada pemanas sangat baik.

LMTD (Log Mean Temperature Difference)

Dari hasil Perhitungan yang didapat pada Bab 4 dan sesuai dengan Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan, maka dapat dibuatkan diagram hasil perhitungan LMTD (Log Mean Temperature Difference) ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Diagram Hasil Perhitungan LMTD HPH 1



Gambar 8. Diagram Hasil Perhitungan LMTD HPH 2

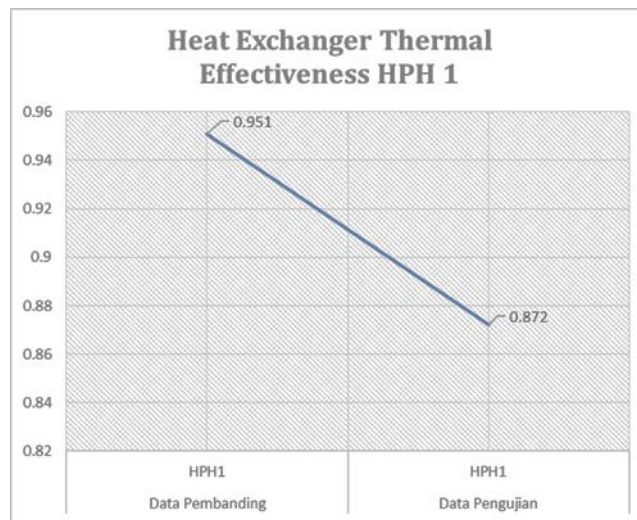
Berdasarkan perhitungan LMTD pada Gambar 5.7 dari perhitungan data pembanding 58.08 °C dengan data pengujian 31.24 °C terjadi Penurunan Log Mean Temperature Difference pada Pemanas awal (HPH 1) sebesar 26.84 °C, sedangkan pada Gambar 5.8 dari perhitungan data pembanding 40.72 °C dengan data pengujian 80.4 °C terjadi Peningkatan Temperature Rise untuk pemanas awal 2 (HPH 2) sebesar 39.68 °C. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja pemanas awal HPH 1 menunjukkan penyerapan panas pada pemanas kurang baik sedangkan kinerja pemanas awal HPH 1 menunjukkan penyerapan panas pada pemanas sangat baik.

Heat Exchanger Thermal Effectiveness

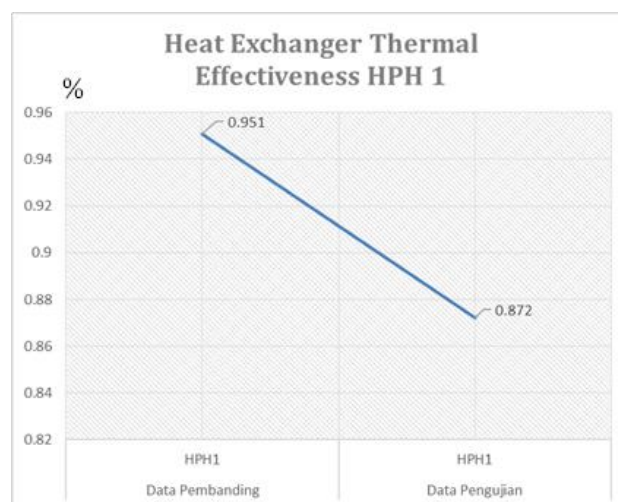
Heat Exchanger Thermal Effectiveness didefinisikan sebagai rasio laju perpindahan panas aktual terhadap laju perpindahan panas maksimum yang dimungkinkan untuk kondisi aliran dan suhu yang diberikan. Kecepatan perpindahan panas maksimum yang mungkin dapat dicapai jika fluida dengan nilai minimum Heat Capacity Ratio (HCR) mengalami kenaikan temperature yang maksimum pada pemanas awal (HPH). Nilai effectiveness semakin mendekati nilai 1 maka kinerja alat pemanas awal (HPH) semakin baik, dan sebaliknya apabila nilai effectiveness menurun maka kinerja peralatan pemanas awal (HPH) menurun.

Analisa Hasil Perhitungan Heat Exchanger Effectiveness

Dari hasil Perhitungan yang didapat pada Bab 4 dan sesuai dengan Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan, maka dapat dibuatkan diagram hasil perhitungan Heat Exchanger Effectiveness ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Diagram Hasil Perhitungan Heat Exchanger Effectiveness



Gambar 10. Diagram Hasil Perhitungan Heat Exchanger Effectiveness

Berdasarkan perhitungan Heat Exchanger Effectiveness pada Gambar 5.9 dari perhitungan data pembanding 0.951% dengan data pengujian 0.872 % terjadi Penurunan Heat Exchanger Effectiveness pada Pemanas awal (HPH 1) sebesar 0.079 % , sedangkan pada Gambar 5.10 dari perhitungan data pembanding 0.963 % dengan data pengujian 0.794 % terjadi Penurunan Heat Exchanger Effectiveness untuk pemanas awal 2 (HPH 2) sebesar 0.169 % . Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa unjuk kerja pada pemanas awal 1 dan 2 (HPH 1 dan 2) mengalami penurunan. Penurunan nilai effectiveness biasanya disebabkan terjadinya pengotor pada pipa heat exchanger sehingga menyebabkan tidak maksimalnya penyerapan panas pada peralatan tersebut.

Analisa Pengaruh Komponen & Parameter Terhadap Performance Perpindahan Panas Pemanas Awal HPH 1 dan 2

Dari hasil analisa diatas dapat dianalisa pengaruhnya sebagai berikut:

Analisa Pengaruh TTD (Terminal Temperature Difference)

Berdasarkan analisa perhitungan Terminal Temperature Difference (TTD) pada HPH 1 dan 2 terjadi peningkatan. Peningkatan nilai TTD dapat disebabkan beberapa faktor seperti terjadinya fouling di pipa, level drain uap ekstraksi tinggi, tekanan dan temperature uap ekstraksi menurun atau meningkat. Dampak dari Peningkatan TTD selain unjuk kerja Pemanas awal menurun juga menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat dan efisiensi dari unit menurun.

Terkait ada nya peningkatan tersebut penulis membuat rekomendasi perawatan dari pemanas awal HPH 1 dan 2 saat kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

1. Melakukan Pengecekan Flange atau sambungan dari setiap pertemuan pipa
2. Melakukan Cleaning Tube pemanas awal atau High Pressure Heater
3. Melakukan pengecekan atau kalibrasi alat ukur di pemanas awal atau
4. High Pressure Heater
5. Pengecekan Jangka Panjang melakukan pengecekan sudu-sudu turbin dimana tempat keluar nya extraction steam untuk pemanas awal

Analisa Pengaruh DCA (Drain Cooler Aproach)

Berdasarkan analisa perhitungan Drain Cooler Aproach (DCA) pada HPH 1 dan 2 terjadi peningkatan. Sama hal nya TTD peningkatan nilai DCA dapat disebabkan beberapa faktor seperti terjadinya fouling atau kebocoran di pipa, level drain uap ekstraksi tinggi, tekanan dan temperature uap ekstraksi tidak sesuai commisiointing. Dampak dari Peningkatan DCA selain unjuk kerja Pemanas awal menurun juga menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat dan efisiensi dari unit menurun.

Terkait ada nya peningkatan tersebut penulis membuat rekomendasi perawatan dari pemanas awal HPH 1 dan 2 saat kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

1. Melakukan Cleaning Tube pemanas awal atau *High Pressure Heater*
2. Melakukan pengecekan atau kalibrasi alat ukur di pemanas awal atau
3. *High Pressure Heater*
4. Pengecekan dan perbaikan kebocoran tube pemanas awal atau *High Pressure Heater*
5. Pengecekan dan perbaikan drain valve pemanas awal atau *High Pressure Heater* jika mengalami *leaktrought*.

Analisa Pengaruh TR (Temperature Rise)

Berdasarkan analisa perhitungan Temperature Rise (TR) pada HPH 1 dan 2 terjadi peningkatan dibandingkan data commisiointing. Kenaikan temperature rise, maka

performance penyerapan panas pada peralatan pemanas awal (HPH) baik. Namun perlu diperhatikan Terminal Temperature Difference (TTD) dan Drain Cooler Approach (DCA) selisih data commissioning dan pengujian saat ini semakin meningkat menunjukkan perpindahan panas nya berkurang sehingga berdampak pada konsumsi bahan bakar meningkat dan efisiensi dari unit menurun.

Terkait ada nya peningkatan tersebut penulis membuat rekomendasi perawatan dari pemanas awal HPH 1 dan 2 saat kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan atau kalibrasi alat ukur di pemanas awal atau High Pressure Heater
2. Pengecekan dan Kalibrasi Level Tank pemanas awal atau High Pressure Heater

Analisa Pengaruh LMTD (Log Mean Temperature Difference)

Berdasarkan analisa perhitungan *Log Mean Temperature Difference* (LMTD) pada HPH 1 terjadi penurunan dibandingkan data *commissioning*. Sedangkan Log Mean Temperature Difference (LMTD) pada HPH 2 terjadi peningkatan temperature. Penurunan Log Mean Temperature Difference, maka performance penyerapan panas pada peralatan pemanas awal (HPH 1) kurang baik. Namun jika kenaikan Log Mean Temperature Difference maka Performance penyerapan panas pada peralatan pemanas awal (HPH 2) baik. Terkait ada nya penurunan pada HPH 1 dan kenaikan pada HPH 2 tersebut penulis membuat rekomendasi perawatan dari pemanas awal HPH saat kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan atau kalibrasi alat ukur di pemanas awal atau High Pressure Heater
2. Pengecekan dan Kalibrasi Level Tank pemanas awal atau High Pressure Heater.
3. Melakukan Cleaning Tube pemanas awal atau High Pressure Heater
4. Pengecekan kondisi tube pemanas awal atau High Pressure Heater

Heat Exchanger Thermal Effectiveness (ϵ)

Berdasarkan analisa perhitungan *Heat Exchanger Thermal Effectiveness* (ϵ) pada HPH 1 dan 2 terjadi penurunan dibandingkan data *commissioning*. Penurunan *Heat Exchanger Thermal Effectiveness* (ϵ) menunjukkan penyerapan panas pada peralatan pemanas awal (HPH) kurang baik biasanya disebabkan terjadinya pengotoran pada pipa heat exchanger. Dampak dari Penurunan Effectiveness (ϵ) selain unjuk kerja Pemanas awal menurun juga menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat dan efisiensi dari unit menurun.

Terkait ada nya penurunan *Effectiveness* tersebut penulis membuat rekomendasi perawatan dari pemanas awal HPH 1 dan 2 saat kegiatan pemeliharaan sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan atau kalibrasi alat ukur di pemanas awal atau High Pressure Heater
2. Melakukan Cleaning Tube pemanas awal atau High Pressure Heater

SIMPULAN

Simpulan

Setelah dilakukan pembahasan dan analisa terhadap data hasil perhitungan data operasional pemanas awal (HPH 1 dan 2) PLTU Teluk Sirih unit 1 pada data pembanding tanggal 08 - 10 Agustus 2014 dan data pengujian pada tanggal 11 September 2024, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dan analisa didapatkan terjadinya penurunan performance pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) yang dapat dilihat pada peningkatan TTD (Terminal Temperature Difference), DCA (Drain Cooler Approach Temperature) serta penurunan nilai Thermal Effectiveness pemanas awal 1 dan 2 (HPH 1 dan 2). Namun berbanding terbalik dengan nilai Temperature Rise dan LMTD (Log Mean

- Temperature Difference) yang mengalami kenaikan sehingga menunjukkan penyerapan panas pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) sangat baik.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan perpindahan panas sebagai berikut:
 - a. Peningkatan nilai Temperature Rise dan LMTD (Log Mean Temperature Difference) dapat disebabkan beberapa faktor seperti ketidakakuratan pembacaan alat ukur temperature air pengumpan yang masuk menuju pemanas awal (HPH 1 dan 2).
 - b. Kenaikan TTD (Terminal Temperature Difference) , DCA (Drain Cooler Approach Temperature) dapat disebabkan tingginya level air drainase, kebocoran pada pipa Heat Exchanger dan Plugging pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) sehingga perpindahan panas tidak maksimal.
 - c. Penurunan Effectiviness pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) dapat disebabkan adanya pengotor atau Fouling pada pipa heat exchanger sehingga penyerapan panas tidak maksimal.
 3. Tindakan pemulihan performance perpindahan panas pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) dapat dilakukan saat ada kegiatan pemeliharaan rutin seperti Melakukan Cleaning Tube, Pengecekan kondisi tube, Pengecekan dan Kalibrasi Level Tank, Melakukan pengecekan atau kalibrasi alat ukur, Melakukan pengecekan flange atau sambungan dari setiap pertemuan pipa.
 4. Dalam mencari nilai Tsat (Temperature Saturated) menggunakan software Steam Tab yang telah diinstal dilaptop dan juga menghitung menggunakan Rumus Antoine diketahui hasil nya sama.

Saran

1. Untuk menjaga performa pemanas awal (HPH 1 dan 2) tetap terjaga harus sesuai dengan Standard operasional (SOP) desain dengan menjaga parameter operasi seperti pengaturan level air hasil condensasi pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) sesuai dengan desain agar penyerapan panas pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) maksimal dan pengaturan tekanan air pengumpan masuk pemanas awal (HPH 1 dan 2).
2. Faktor-faktor penyebab performance pemanas awal diperlukan maintenance atau pengecekan berkala untuk semua alat ukur pada pemanas awal (HPH 1 dan 2) yang merupakan parameter acuan untuk pengoperasian peralatan pemanas awal (HPH 1 dan 2).
3. Perlu dilakukan pemeriksaan dan pembersihan kondisi pipa pemanas awal (HPH 1 dan 2) pada saat overhaul, pengecekan dan penggantian jumlah pipa yang dizinkan untuk di plug sesuai dengan manual book.
4. Dalam mencari nilai parameter dengan menggunakan aplikasi/software diharapkan juga mencari perbandingan dengan metode manual untuk memastikan nilai tersebut sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Harsono, S. (1985). Turbin uap (W. Moore, Trans.). Bina Samudra.
- PT PLN (Persero). (2014). Operation regulations for turbine: PLTU Sumatera Barat 2 x 112 MW (Teluk Sirih) [Versi modifikasi]. PT PLN (Persero).
- American Society of Mechanical Engineers. (2000). ANSI/ASME PTC 12.1- 2000: Performance test code – Closed feedwater heaters. ASME.
- American Society of Mechanical Engineers. (2000). ANSI/ASME PTC 12.5- 2000: Single phase heat exchangers. ASME.
- PT PLN (Persero). (2014). Performance Test Report For Unit 2 Steam Turbin Section, PT PLN (Persero) Pusat Sertifikasi.

- ASME (An American National Standard) PTC 4-2008 Fired Steam Generators, 2009
- Pusdiklat PLN. (2020). Diktat pendidikan dan pembelajaran prinsip kerja PLTU. Jakarta: Pusat Pendidikan dan Pelatihan PLN.
- Shah, R. K., & Sekulic, D. P. (2003). Fundamentals of heat exchanger design. Wiley.
- Holman, J. P. (2010). Heat transfer (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Brain, Marshall. 2008. How Steam Engine Works. New York: Wiley Publishing.
- Kern, D. Q. (1965). Process heat transfer. McGraw-Hill Book Company
- Laman Website
- <https://fahmi0026.wordpress.com/2010/03/15/sejarah-mesin-uap/> (diakses pada tanggal 29 Mei 2024 Pukul 12:00 wib)
- <https://www.babcock.com/home/about/corporate/history/> (diakses pada tanggal 29 Mei 2024 Pukul 13:00 wib)
- <https://4.imimg.com/data4/OD/QB/MY-8390618/boiler-feed-water-heater-250x250.jpg> (diakses pada tanggal 30 Mei 2024 Pukul 14:37 wib)
- <https://www.slideshare.net/SHIVAJICHOUHDHURY/feedwater-heaters-in-thermal-power-plants> (diakses pada tanggal 29 Mei 2024 Pukul 11:39 wib)
- <https://thermodynamicsproject.blogspot.com/2015/05/siklus-rankine.html> (diakses pada tanggal 30 Mei 2024 Pukul 13:00 wib)