

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi listrik diproduksi dari berbagai pembangkit listrik, antara lain : PLTU (Batubara, Minyak atau Gas), PLTG, PLTGU, PLTA, PLTD, PLTP, PLTS, PLTMG, PLTB, & PLT Biogas. Pada tahun 2021 produksi listrik Indonesia baik *On Grid* dan *Off Grid* mencapai 309,4 TWh, dimana total produksi yang bersumber dari Batubara adalah yang paling besar dengan persentase sekitar 61,5% atau senilai 189,96 TWh (DEN, 2022). Pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) masih sangat penting untuk menjaga produksi listrik di Indonesia. Salah satu alasan kuat mengapa penggunaan batu bara dalam PLTU menjadi pilihan utama adalah karena *generation cost* yang dianggap masih relatif murah, sehingga membuat industri semakin kompetitif. Meski begitu, perlu dilakukan pengembangan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan efisien guna memenuhi kebutuhan energi nasional dan mempersiapkan diri untuk menghadapi masa depan yang lebih berkelanjutan (Indrawan, 2021).

Saat ini terjadi pergolakan harga batubara dimana permintaan batubara semakin tinggi yang diikuti dengan turunnya pasokan. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menetapkan harga batubara acuan (HBA) pada Februari 2022 sebesar US\$188,38 per metrik ton. Angka tersebut menunjukkan kenaikan sebesar US\$29,88 per metrik ton dibandingkan dengan harga HBA pada Januari 2022, yang sebesar US\$158,50 per ton (KESDM, 2023). Kenaikan harga batubara acuan (HBA) dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kendala pasokan gas alam di Eropa. Akibatnya, beberapa negara di Eropa beralih menggunakan batubara sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan listrik. (Mudassir, 2022). Dikarenakan harga batubara yang saat ini semakin tinggi, maka langkah konservasi yang bisa dilakukan adalah mengoptimalkan peralatan-peralatan pembangkit PLTU Batubara sehingga dapat beroperasi handal dan seefisiensi mungkin, sehingga dapat menghemat pemakaian bahan bakar seoptimal mungkin.

Konservasi energi merupakan tindakan sistematis, terencana, dan terpadu yang bertujuan untuk menjaga keberlangsungan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi penggunaannya. Ketentuan tentang konservasi energi bagi pengguna sumber energi dan pengguna energi dengan sumber energi dan/atau energi setara minyak sebesar 6.000 metrik ton per tahun atau lebih telah diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 70 tahun 2009 tentang konservasi energi. Salah satu aplikasi dari konservasi energi adalah melalui Manajemen Energi yang bertujuan untuk mengontrol penggunaan energi secara efektif dan efisien melalui tindakan teknis terstruktur dan

ekonomis untuk meminimalkan penggunaan energi dan bahan baku serta pendukung yang dibutuhkan dalam proses produksi guna mendapatkan hasil optimal (*The British Standards Institution*, 2012).

PLTU Batubara Suralaya dengan kapasitas 400 MW memiliki 5 peralatan utama, antara lain : Turbin, Kondensor, Pompa, *Boiler & Generator*. Untuk menaikkan efisiensi atau performa unit PLTU Batubara maka dibutuhkan peralatan-peralatan bantu lainnya. *Feedwater heater* merupakan salah satu peralatan pada PLTU dimana fungsinya untuk menaikkan temperatur air pengumpan sebelum memasuki *Boiler*. Sumber pemanas dari *Feedwater heater* sendiri adalah uap ekstrasi dari Turbin yang biasa disebut *bled steam*. Suralaya PGU memiliki 7 *feedwater heater*, dimana 6 diantaranya merupakan sistem tertutup dengan tipe *shell & tube* sedangkan 1 lagi adalah sistem terbuka dengan tipe *nozzle & tray* yang disebut *Deaerator*. Daftar *Feedwater heater* beserta tipenya pada Suralaya PGU dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut :

Tabel 1. 1: Daftar *Feedwater heater* Suralaya PGU

Deskripsi <i>Feedwater Heater</i>	Tipe
<i>Low pressure Feedwater heater 1 (LP Heater 1)</i>	<i>Shell & Tube Closed System</i>
<i>Low pressure Feedwater heater 2 (LP Heater 2)</i>	<i>Shell & Tube Closed System</i>
<i>Low pressure Feedwater heater 3 (LP Heater 3)</i>	<i>Shell & Tube Closed System</i>
<i>Low pressure Feedwater heater 4 (Deaerator)</i>	<i>Nozzle & Tray Open System</i>
<i>High Pressure Feedwater heater 5 (HP Heater 5)</i>	<i>Shell & Tube Closed System</i>
<i>High Pressure Feedwater heater 6 (HP Heater 6)</i>	<i>Shell & Tube Closed System</i>
<i>High Pressure Feedwater heater 7 (HP Heater 7)</i>	

Penggunaan *Feedwater heater* di setiap pembangkit listrik memiliki nilai penting, karena mampu memberikan hasil yang signifikan dalam menurunkan kebutuhan bahan bakar pada *Boiler*. Hal tersebut dikarenakan *Feedwater heater* dapat menaikkan suhu air pengumpan yang akan masuk ke dalam *Boiler*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi termal pada sistem pembangkit listrik. Selain itu, penggunaan *Feedwater heater* juga dapat menurunkan beban tegangan pada komponen-komponen *Boiler*, sehingga dapat meningkatkan umur dari mesin dan menurunkan biaya perawatannya. Oleh karena itu, penggunaan *Feedwater heater* perlu dipertimbangkan dalam pembangunan pembangkit listrik (EPRI, 2010).

Pada sistem *Feedwater heater shell & tube closed system*, terdapat berbagai jenis kegagalan yang umum terjadi. Melalui penelitian yang dilakukan oleh *Nuclear Plant Reliability Data System* (NPRDS) dan *Equipment Performance and Information Exchange* (EPIC) dari tahun 1976 hingga

1996, tercatat ada sekitar 166 kasus kegagalan yang terjadi pada *feedwater heater*. Dari keseluruhan kejadian tersebut, kegagalan yang paling umum terjadi adalah kebocoran pada *tube*, mencapai 144 kasus atau sekitar 87% dari total kejadian. Hal ini menunjukkan perlunya perbaikan dan pemeriksaan yang rutin pada sistem *Feedwater heater shell & tube closed system* pada suatu pembangkit listrik untuk mencegah kejadian-kejadian yang dapat mengganggu kinerja sistem tersebut (EPRI, 2002).

Kegagalan yang terjadi pada *tube Feedwater heater* bisa disebabkan oleh beberapa hal, yaitu korosi, erosi, pengoperasian dan pengendalian serta isu-isu terkait mekanikal. Korosi pada *tube* dapat terjadi pada semua jenis material sehingga pemilihan material yang tepat dapat mempengaruhi umur pengoperasian *feedwater heater*. Umumnya material pada *tube* antara lain, *stainless steel 304*, *90/10 CuNi*, *carbon steel* dan *chrome moly steels*. Setiap jenis material tersebut mempunyai kerentanan atau ketahanan korosi yang berbeda baik dari sisi air dan uap. *Tube* dengan jenis material *carbon steel* memiliki daya tahan korosif yang rendah dibandingkan dengan yang lainnya namun memiliki harga yang ekonomis. Daerah yang sudah mengalami korosif akan mudah terlepas dikarenakan laju dari air pengumpan sehingga membentuk suatu permukaan yang khas atau dikenal dengan istilah erosi. Bagian *tube inlet* sangat rentan terjadinya erosi dikarenakan *area* tersebut terdapat turbulen yang sangat tinggi dan menyebabkan adanya hantaman sehingga pengelupasan lapisan pada *tube* dapat terjadi. Jika hal ini terjadi terus menerus dengan frekuensi pengoperasian dan pengendalian yang bervariasi maka pada suatu waktu kebocoran pada *tube* dapat terjadi. Untuk tetap menjaga ketersediaan pengoperasian *Feedwater heater* maka *plugging* atau penyumbatan pada *tube* yang mengalami kebocoran perlu dilakukan (EPRI, 2010).

Damayanti (2016) telah melakukan penelitian analisis termal HPH di pembangkit listrik tenaga uap PT. IPMOMI Unit 2, 7 & 8 dengan total kapasitas 2030 MW. Dari hasil penelitiannya diperoleh nilai *effectiveness* dan *pressure drop* dengan variasi beban dan sumbatan (*plugging*). Perhitungan *cost benefit analysis* dan perhitungan waktu yang tepat untuk melakukan *retubing high pressure Feedwater heater* juga belum dibahas.

Wibowo (2021) telah melakukan audit energi pada peralatan utama maupun peralatan bantu pada PLTU Batubara secara detil. Penelitian dilakukan dengan membandingkan parameter operasi aktual dengan komisioning. Salah satu peralatan yang diaudit adalah *Feedwater heater* dimana terdapat kerugian efisiensi pada unit akibat kenaikan parameter *terminal temperature difference*. Solusi perbaikan peralatan serta biaya yang dibutuhkan untuk menurunkan parameter *terminal temperature difference Feedwater heater* telah dibahas diaudit ini. Namun pengaruh parameter *plugging* HPH terhadap efisiensi unit PLTU Batubara belum diperhitungkan. Selain itu perhitungan *cost benefit*

analysis dan perhitungan waktu yang tepat untuk melakukan *retubing high pressure Feedwater heater* juga belum dibahas

HP Heater 5 Unit 2 Suralaya PGU telah mengalami *plugging* sebanyak 480 *tube* atau 30,4% dari 1579 *tube*. Dengan keadaan tersebut diduga terdapat penurunan performa pada *HP Heater 5* Unit 2 yang bisa berdampak pada kehandalan peralatan maupun efisiensi unit pembangkit. Semenjak dioperasikan dari 13 Maret 2010 setidaknya *HP Heater 5* Unit 2 telah mengalami permasalahan kebocoran pada *tube* sebanyak 21 kali. Namun frekuensi terjadi kebocoran meningkat dalam 2 tahun terakhir, dimana data yang didapatkan terjadi kebocoran sebanyak 10 kali dari tahun 2021 s/d 2022 dengan total *plugging tube* sebanyak 215 titik. Untuk tetap menjaga ketersediaan pengoperasian *HP Heater* tersebut maka perlu dilakukan perbaikan atau *plugging* dimana dibutuhkan waktu 2 s/d 3 hari dengan kondisi *HP Heater 5 & 6* diharuskan *shutdown*. Akibat peristiwa ini terdapat kerugian efisiensi yang berarti pada Suralaya PGU, sehingga perlu diketahui seberapa besar dampak jumlah persentase *plugging tube* terhadap performa *HP Heater 5* dan efeknya terhadap efisiensi unit Suralaya PGU.

I.2 Perumusan Masalah

Dalam suatu unit pembangkit listrik, biaya produksi terbesar berkaitan dengan bahan bakar dan dapat mencapai persentase 80% hingga 88% dari total biaya operasional. Oleh karena itu, tindakan konservasi harus diambil untuk mengurangi penggunaan bahan bakar dan meningkatkan efisiensi unit pembangkit (Syahputera, 2018). Salah satu parameter untuk mengukur efisiensi pembangkit listrik adalah *Net Plant Heat rate* (NPHR), yang merupakan jumlah kalori bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 KWh listrik. Semakin rendah nilai NPHR, semakin efisien pembangkit listrik tersebut. Dengan mengurangi nilai NPHR melalui konservasi pada peralatan pembangkit listrik, efisiensi unit pembangkit listrik dapat ditingkatkan (Kumar et al., 2018).

Feedwater heater adalah salah satu alat bantu yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi unit pembangkit listrik dengan menaikkan suhu air pengumpan menggunakan sumber panas uap ekstraksi turbin. Semakin banyak *Feedwater heater* digunakan, semakin tinggi efisiensi pembangkit listrik tersebut. Akan tetapi, jika jumlah *Feedwater heater* melebihi 7, penambahan lebih lanjut tidak akan memberikan peningkatan performa yang signifikan (Junaidi et al., 2010). Untuk mengetahui performa *feedwater heater*, terdapat tiga parameter utama, yaitu *temperature rise (TR)*, *drain cooler approach (DCA)*, dan *terminal temperature difference (TTD)*. Kenaikan nilai TTD dan DCA akan berdampak pada peningkatan NPHR. Dengan demikian, penggunaan *Feedwater heater* yang optimal dan perawatannya benar-benar penting untuk menjaga performa optimal sistem pembangkit listrik (EPRI, 2002).

Dalam pengoperasiannya *Feedwater heater* bisa saja mengalami gangguan, dimana salah satunya adalah kebocoran *tube*. Ketika kebocoran *tube* terjadi, maka harus diupayakan secepat mungkin agar peralatan *Feedwater heater* dapat dimatikan, karena semakin lama ditunda maka dampak kebocoran akan semakin besar dan dapat merusak bagian-bagian lainnya seperti *tube* dan *impingement plate* disekitarnya (EPRI, 2002). Dalam proses perbaikannya, opsi tercepat yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan *plugging* atau *plugging*. Opsi ini diambil karena biaya yang dikeluarkan relatif rendah dan waktu pengerjaannya relatif cepat dibandingkan dengan melakukan *retubing*. Namun semakin banyak *tube* yang ditambal maka keandalan dan performa *Feedwater heater* akan menurun. Seperti yang terjadi pada *High pressure Feedwater heater 5 Suralaya PGU*, dimana *plugging tube* sudah mencapai 480 titik atau 30,4 % dari 1579 *tube* dan kejadian kebocoran terjadi sebanyak 10 kali dari tahun 2021 s/d 2022. Dengan kejadian tersebut maka langkah *retubing* atau penggantian *tube* yang bocor dengan *tube* yang baru perlu dilakukan sehingga performa dan keandalan *HP Heater 5 Unit 2 Suralaya PGU* dapat dikembalikan ke semula.

Atas dasar pemaparan tersebut maka peneliti merumuskan permasalahan yang ada dalam bentuk pertanyaan berikut ini :

- a) *Plugging* pada *tube HP Heater* dapat menurunkan performa peralatan tersebut dan efisiensi unit pembangkit. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan bagaimana pengaruh jumlah *plugging tube* terhadap penurunan performa *HP Heater* dan efisiensi unit Suralaya PGU?
- b) Perencanaan *retubing HP Heater* dibutuhkan untuk mengembalikan performa peralatan tersebut. Pada jumlah persentase *plugging tube* berapakah yang tepat untuk melakukan investasi *Retubing HP Heater* dengan parameter jumlah *plugging tube* (Perhitungan *cost benefit analysis*)?

Adapun batasan-batasan masalah untuk menjawab perumusan masalah tersebut antara lain :

- a) Analisis berdasarkan data *commisioning* dan *performance test* Suralaya PGU.
- b) Dalam proses perhitungan, kondisi operasi adalah tunak.
- c) Perhitungan dilakukan berdasarkan analisis termal

I.3 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah pada pemaparan sebelumnya, maka dibuatlah tujuan penelitian yang dilakukan pada *HP Heater 5 Unit 2 Suralaya PGU* sebagai berikut :

- a) Menganalisis parameter performa *HP Heater 5* dengan variasi jumlah *plugging tube* dan variasi beban unit pembangkit. Parameter performa yang dimaksud antara lain Efektifitas & *Pressure drop* sisi *tube* dan *shell HP Heater*
- b) Menentukan kriteria parameter dilakukan *retubing* pada *HP Heater 5 Suralaya PGU*

- c) Menganalisis pengaruh jumlah *plugging tube HP Heater 5* terhadap efisiensi Suralaya PGU.
- d) Menganalisis waktu yang tepat untuk melakukan investasi *retubing* pada *HP Heater 5* Suralaya PGU berikut perhitungan *cost benefit analysis & Net Present Value*.

I.4 Manfaat Penelitian

Research benefit yang bisa dihasilkan penelitian ini diantaranya adalah:

- a) Mengetahui bagaimana *trend* performa *HP Heater 5* akibat pengaruh jumlah *plugging tube*.
- b) Mengetahui kriteria parameter dilakukan *retubing* pada *HP Heater 5* Suralaya PGU
- c) Mengetahui seberapa besar dampak jumlah *plugging HP Heater 5* terhadap efisiensi Suralaya PGU.
- d) Mengetahui *cost benefit analysis & NPV* investasi *retubing feedwater heater*, sehingga hal ini bisa membantu para pemegang kebijakan di Suralaya PGU untuk dapat mengambil keputusan kapan waktu yang tepat untuk melakukan *retubing feedwater heater*.

I.5 Orisinalitas Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini penulis mengumpulkan beberapa penelitian yang ada kaitannya dengan *Feedwater heater* sebagaimana terlihat pada Tabel 1.2. Dari 7 penelitian tersebut penulis melihat tidak ada penelitian spesifik mengenai hubungan persentase *plugging tube Feedwater heater* terhadap efisiensi unit pembangkit. Selain itu perhitungan kelayakan ekonomi untuk dilakukan *retubing Feedwater heater* ketika mencapai *plugging tube* tertentu juga belum dilakukan. Oleh karena itu penulis mengambil *opportunity* untuk melakukan penelitian sehingga dapat mengisi *gap* penelitian-penelitian terdahulu.

Tabel 1. 2: Kumpulan ringkasan dan gap penelitian terdahulu

No.	Peneliti (tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
1	Yong Li, Chao Wang (2012)	<i>Study on The Effect of Regenerative System on Power Type Relative Internal Efficiency of Nuclear Steam Turbine</i> (Li & Wang, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Semakin besar penurunan tekanan uap yang terjadi dikarenakan ekstrasi uap turbin akan mengurangi <i>relative internal efficiency</i> suatu pembangkit ▪ Semakin besar kenaikan <i>terminal temperature difference</i> pada peralatan <i>Feedwater heater</i> akan menurunkan <i>relative</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belum menghitung pengaruh jumlah <i>plugging tube Feedwater heater</i> terhadap efisiensi unit pembangkit ▪ Objek penelitian di PLTN ▪ Belum menghitung <i>cost benefit analysis & NPV</i> investasi

			<i>internal efficiency</i> suatu pembangkit	<i>retubing</i> HPH
2	Akbar Kurnia (2015)	Simulasi <i>Gatecycle</i> Pengaruh <i>Off Service High pressure heater</i> Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap 200 MW PT. PJB Gresik (Kurnia, 201	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada tekanan dan temperatur uap yang sama pada <i>Boiler</i> serta variasi jumlah laju bahan bakar, hasil simulasi <i>software gatecycle</i> menunjukkan semakin banyak jumlah <i>high pressure heater</i> dalam kondisi <i>off</i> maka semakin rendah efisiensi pembangkit, namun 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belum menghitung pengaruh jumlah <i>plugging tube Feedwater heater</i> terhadap efisiensi unit pembangkit ▪ Belum menghitung <i>cost benefit analysis & NPV</i> investasi <i>retubing</i> HPH
3	Suriyan Arif Wibowo (2021)	Audit Energi <i>Detail</i> Pada PLTU Batubara Dengan Membandingkan Parameter Operasi Aktual Dengan Komisioning (Wibowo, 2021)	<p>Tabel 1.2 : Lanjutan</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dilakukan audit pada PLTU XYZ Unit 2 65 MW berbahan bakar batubara dan didapatkan kenaikan <i>NPHR</i> sebesar 511,91 kcal/kwh pada saat <i>actual performance test</i> terhadap komisioning. ▪ Terdapat 14 faktor yang menyebabkan kenaikan <i>NPHR</i> PLTU XYZ, dimana yang paling besar diakibatkan oleh kenaikan tekanan kondensor sebesar 9,89 kPa mengakibatkan peningkatan <i>NPHR</i> sebesar 337,38 kCal/kWh ▪ Pengaruh <i>Feedwater heater</i> berdasarkan kenaikan indikator <i>TTD</i> pada <i>actual test</i> menyebabkan penurunan <i>NPHR</i> sebesar 48,87 kCal/kWh 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belum menghitung pengaruh jumlah <i>plugging tube Feedwater heater</i> terhadap efisiensi unit pembangkit. ▪ Obyek penelitian di PLTU Batubara berkapasitas di bawah 100 MW. ▪ Belum menghitung <i>cost benefit analysis & NPV</i> investasi <i>retubing</i> HPH
4	Maria Ulfa Damayanti (2016)	Analisis Termal <i>High Pressure Feedwater Heater</i> di PLTU PT. XYZ (Damayanti et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisis termal menunjukkan nilai <i>effectiveness</i> paling tinggi ketika pembebanan 100% dengan nilai 0,83. Selain itu nilai <i>effectiveness</i> menurun jika semakin banyak <i>plugging tube</i> dikarenakan luas permukaan perpindahan panas berkurang ▪ Analisis termal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belum menghitung pengaruh jumlah <i>plugging tube Feedwater heater</i> terhadap efisiensi unit pembangkit. ▪ Belum menghitung <i>cost benefit analysis & NPV</i> investasi <i>retubing</i> HPH.

			menunjukkan nilai <i>pressure drop</i> sisi <i>tube</i> tertinggi ketika pembebanan 105% dengan nilai 231445,40 Pa. Selain itu nilai <i>pressure drop</i> naik jika semakin banyak <i>plugging tube</i> dikarenakan peningkatan kecepatan aliran sehingga <i>Reynolds number</i> meningkat	
5	Irwin Bizzy & Rachmat Setiadi (2013)	Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell & tube</i> Dengan Program <i>Heat Transfer Research Inc.</i> (Bizzy & Setiadi, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perancangan sebuah alat penukar kalor tipe <i>shell & tube</i> dengan fluida dingin berupa air, didasarkan pada data yang diberikan oleh PT Pupuk Sriwijaya ▪ Setelah dilakukan analisa perhitungan dimensi, hasilnya menunjukkan bahwa alat penukar kalor yang dirancang sudah memenuhi syarat minimum faktor pengotoran yang ditetapkan. Dalam hal ini, semakin rendah faktor pengotoran, semakin tinggi pula kualitas alat penukar kalor ▪ Begitu juga menurunnya nilai penurunan tekanan dan ukuran dimensi alat penukar kalor akan berdampak positif pada kualitasnya. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belum menghitung pengaruh jumlah <i>plugging tube Feedwater heater</i> terhadap efisiensi unit pembangkit. ▪ Objek penelitian di Pabrik Pupuk ▪ Belum menghitung <i>cost benefit analysis & NPV</i> investasi <i>retubing</i> HPH.
6	Devia Gahana Cindi Alfian & Didik Supriyadi (2018)	Analisis Kinerja <i>High pressure heater</i> (HPH) Tipe <i>Shell & tube Heat exchanger</i> (Alfian & Supriyadi, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perhitungan nilai efektifitas dari <i>HP Heater</i> pada pembangkit listrik di lingkungan industri. ▪ Penentuan efektifitas berdasarkan analisis termodinamika dan perpindahan panas dengan metode <i>Log Mean Temperature Difference</i> (LMTD) dan <i>Number of Transfer Unit</i> (NTU). ▪ Perolehan hasil analisis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belum menghitung pengaruh jumlah <i>plugging tube Feedwater heater</i> terhadap efisiensi unit pembangkit. ▪ Belum menghitung <i>cost benefit analysis & NPV</i> investasi <i>retubing</i> HPH

			antara lain : Nilai laju perpindahan panas 37013 kW, nilai koefisien <i>overall heat transfer</i> sebesar 502,48 kW/m ² °C, nilai efektifitas sebesar 0,47 dan nilai penurunan tekanan sebesar 23498,06 Pa	
7	R Mahendra, C G Wiratama & A Setiyawan (2021)	<i>Simulation of Effects Off Service Closed Feedwater heater on Steam Power Plant Performance Using Cycle-tempo 5.0</i> (Mahendra et al., 2021)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ketika <i>Feedwater heater</i> tidak beroperasi berdampak menaikkan NPHR unit pembangkit. ▪ Dampak kenaikan terbesar NPHR ketika HPH tingkat akhir tidak beroperasi yaitu senilai 30,58 kCal/kWH ▪ Ketika semua <i>Feedwater heater</i> tidak beroperasi maka berdampak menaikkan NPHR sebesar 126,33 kCal/kWh 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Belum menghitung pengaruh jumlah <i>plugging tube Feedwater heater</i> terhadap efisiensi unit pembangkit. ▪ Belum menghitung <i>cost benefit analysis & NPV</i> investasi <i>retubing</i> HPH.
