

EVALUASI KINERJA ALAT LOW PRESSURE HEATER PT PLN NUSANTARA POWER UP TANJUNG AWAR-AWAR

Salsabila Putri Rizaldi¹, Eko Naryono¹, Rizqi Rajiv Effendi²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PT PLN Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar, Jl. Tanjung Awar-Awar, Desa Wadung,
Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban, 62352, Indonesia

salsabilaputririzaldi@gmail.com ; [eko.naryono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

PT PLN Nusantara Power UP Tanjung Awar – Awar merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berkapasitas 2×350 MW di Indonesia yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utamanya. Proses pada PLTU melibatkan penggunaan *steam* untuk memutar sudu turbin guna menghasilkan gerakan mekanik yang kemudian dikonversi menjadi listrik melalui generator. *Steam* yang digunakan berasal dari pemanasan air di dalam boiler untuk di ubah fasenya menjadi uap kering melalui panas hasil pembakaran batubara. Guna meningkatkan efisiensi produksi pabrik, serta meringankan beban boiler dan konsumsi batubara maka diperlukan evaluasi alat *low pressure heater*. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja *low pressure heater* (LPH) apakah alat tersebut masih layak atau perlu dilakukan perbaikan. Metode yang digunakan untuk menghitung kinerja *low pressure heater* menggunakan *The American Society of Mechanical Engineers Performance Test Codes* (ASME PTC) 12.1, dengan menghitung variabel nilai *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), dan *Temperature Rise* (TR). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kinerja *low pressure heater* di PLTU Tanjung Awar – Awar masih berfungsi dengan baik. Kesimpulan dari evaluasi ini adalah bahwa alat *low pressure heater* masih layak digunakan dan tidak memerlukan perbaikan saat ini.

Kata kunci: *drain cooler approach, low pressure heater, temperature rise, terminal temperature difference*

ABSTRACT

PT PLN Nusantara Power UP Tanjung Awar - Awar is one of the 2×350 MW steam power plants (PLTU) in Indonesia that uses coal as its main fuel. The process at the PLTU involves the use of steam to rotate the turbine blades to produce mechanical motion which is then converted into electricity through a generator. The steam used comes from heating water in the boiler to change its phase into dry steam through the heat of coal combustion. In order to increase the efficiency of factory production, as well as lighten the boiler load and coal consumption, an evaluation of the low pressure heater is needed. This evaluation aims to determine the performance of the low pressure heater (LPH) whether the tool is still feasible or needs to be repaired. The method used to calculate the performance of the low pressure heater uses *The American Society of Mechanical Engineers Performance Test Codes* (ASME PTC) 12.1, by calculating the variable values of *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), and *Temperature Rise* (TR). The calculation results show that the performance of the low pressure heater at the Tanjung Awar - Awar PLTU is still functioning properly. The conclusion of this evaluation is that the low pressure heater is still suitable for use and does not require repair at this time.

Keywords: *drain cooler approach, low pressure heater, temperature rise, terminal temperature difference*



1. PENDAHULUAN

PT PLN Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar dengan kapasitas 2×350 MW merupakan salah satu pembangkit listrik di Indonesia yang berbahan bakar batu bara. Proses pada PLTU melibatkan penggunaan *steam* untuk memutar sudu turbin guna menghasilkan gerakan mekanik berupa putaran yang kemudian dikonversi menjadi listrik melalui generator [1]. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pada PLTU adalah dengan memaksimalkan pemanasan *feedwater heater* yaitu pemanasan awal air umpan boiler dengan memanfaatkan uap ekstraksi turbin untuk meningkatkan temperatur air umpan boiler [2] [3]. Peningkatan temperatur ini, bertujuan untuk mengurangi beban thermal boiler dan sekaligus meningkatkan efisiensi PLTU [4].

Komponen *feedwater heater* dibagi menjadi 2 yaitu *open feedwater heater* dan *closed feedwater heater*. *Open feedwater heater* merupakan alat pemanasan yang memungkinkan terjadi pencampuran antara uap ekstraksi turbin dan air umpan boiler [5]. *Closed feedwater heater* merupakan alat penukar kalor yang berjenis *Shell and Tube Heat Exchanger Type U* (Gambar 1) [6]. Pada jenis ini tidak terjadi kontak langsung antara fluida kerja baik pada sisi uap hasil ekstraksi turbin maupun air umpan boiler [4]. Pada HE tipe ini uap hasil ekstraksi turbin dialirkan pada sisi *shell* sedangkan air umpan boiler pada sisi *tube*.

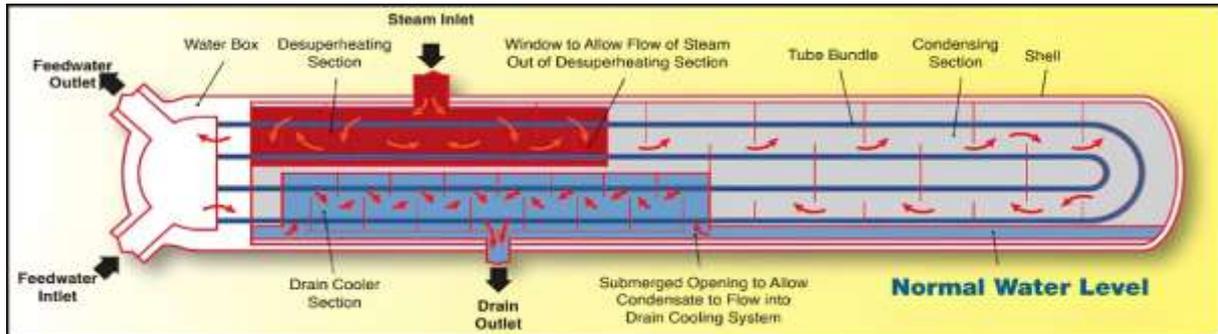
Pada PLTU Tanjung Awar – Awar, terdapat 1 komponen *open feedwater heater* yaitu deaerator dan 7 komponen *closed feedwater heater* dengan rincian 3 *high pressure heater* (HPH) dan 4 *low pressure heater* (LPH) yang disusun secara seri. *High pressure heater* merupakan alat penukar kalor yang diletakkan setelah *boiler feed pump* (BFP). *High pressure heater* berfungsi memanaskan lanjut pada air umpan boiler dengan tekanan tinggi [7]. *Low pressure heater* merupakan alat penukar kalor yang berfungsi memberi pemanasan awal pada air umpan boiler dengan tekanan rendah [8].

Efisiensi kinerja alat *feedwater heater* yang dioperasikan pada jangka waktu lama khususnya *low pressure heater*, akan mengalami penurunan oleh *fouling* yang terbentuk atau masalah kebocoran *tube*. Hal ini dikarenakan uap ekstraksi turbin yang memiliki tekanan tinggi dan terdapat perbedaan *temperatur* yang cukup tinggi antar fluida kerja yang dapat mempengaruhi *lifetime* [9]. Penurunan efisiensi alat akan mengakibatkan transfer panas antara uap ekstraksi turbin dan air umpan boiler tidak maksimal, menyebabkan diperlukannya pemanasan yang lebih besar. Hal ini berdampak pada penurunan efisiensi produksi pabrik, peningkatan beban boiler, dan konsumsi batu bara yang meningkat. Guna menjaga efisiensi produksi pabrik, perlu dilakukan evaluasi berkala untuk mengetahui kinerja pada *low pressure heater* apakah masih layak dioperasikan atau perlu perbaikan.

Metode evaluasi untuk mengetahui kinerja alat *low pressure heater* adalah menggunakan *The American Society of Mechanical Engineers Performance Test Codes* (ASMEPTC) 12.1. Evaluasi dilakukan dengan menghitung nilai *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), dan *Temperature Rise* (TR) [10]. Hasil perhitungan nilai aktual kemudian dibandingkan dengan standar pada spesifikasi *low pressure heater* sesuai *manual book* masing-masing. Hasil perbandingan keduanya kemudian digunakan sebagai dasar apakah *low pressure heater* tersebut masih layak beroperasi atau perlu dilakukan perbaikan. Variabel yang mempengaruhi kenaikan dan penurunan dari nilai TTD, DCA, dan TR adalah perubahan beban PLTU, level air umpan dan uap, dan laju alir air umpan maupun laju alir uap ekstraksi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

PLTU Tanjung Awar – Awar menggunakan alat penukar panas berupa *low pressure* berjenis *Shell and Tube Heat Exchanger Type U* [6]. Pada jenis ini tidak terjadi kontak langsung antara fluida kerja baik pada sisi uap hasil ekstraksi turbin maupun air umpan boiler [4]. Pada HE tipe ini uap hasil ekstraksi turbin dialirkan pada sisi *shell* sedangkan air umpan boiler pada sisi *tube* (Gambar 1).

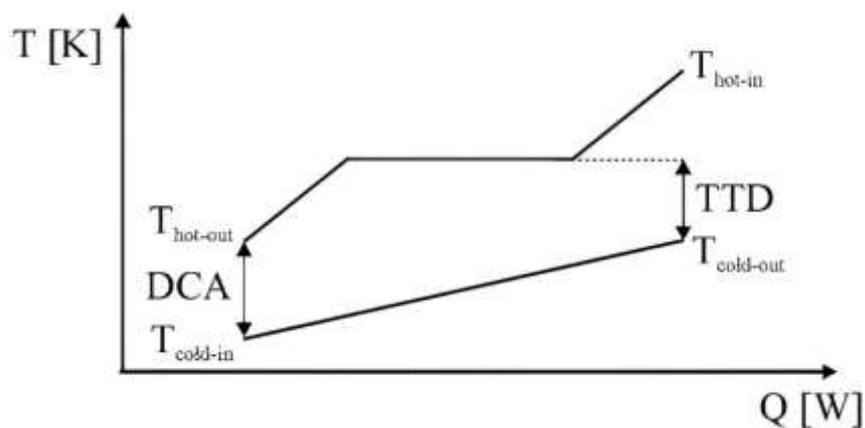


Gambar 1. Struktur pada *low pressure heater* [11]

Berdasarkan fase uap ekstraksinya, *feedwater heater* beroperasi pada tiga zona, yaitu *desuperheating zone*, *condensing zone*, dan *sub cooling zone* [12].

1. *Desuperheating zone* merupakan zona pada *feedwater heater*. Pada zona ini, uap ekstraksi mengalami penurunan temperatur menuju temperatur jenuhnya dan tidak terjadi perubahan fase.
2. *Condensing zone* adalah zona pada *feedwater heater* dimana uap ekstraksi mengalami perubahan fase menjadi cair jenuh.
3. *Sub cooling zone* adalah zona pada *feedwater heater* dimana terjadi penurunan temperatur sampai dibawah temperatur cair jenuh untuk mengurangi potensi kerusakan dan erosi pada pipa dan katup akibat flashing. Perubahan fase tidak terjadi pada zona ini.

Low pressure heater pada umumnya hanya memiliki 2 zona, yaitu *condensing* dan *subcooling zone* karena pada *low pressure heater* memiliki tekanan yang lebih rendah daripada *high pressure heater*, sehingga proses pemanasan air umpan pada *low pressure heater* lebih sederhana [11].



Gambar 2. Zona – zona pada *low pressure heater* [11]

Metode penelitian ini meliputi pengumpulan data suhu dan tekanan dari alat penukar panas, yang dilakukan selama periode 6 hari. Data-data ini diperoleh dari ruang CCR (*Central Control Room*). Evaluasi kinerja alat dilakukan dengan menggunakan beberapa indikator sesuai dengan panduan dari standar ASME PTC 12.1. Indikator kinerja ini didasarkan pada nilai *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), dan *Temperature Rise* (TR) [13].

Terminal Temperature Difference (TTD) adalah perhitungan untuk mengetahui selisih antara *saturation temperature steam inlet* (T_{sat}) dengan *feedwater outlet temperature* (T_{fw-out}) [14]. *Saturation temperature steam inlet* adalah temperatur pengembunan *steam* pada tekanan *steam inlet*. *Feedwater outlet temperature* adalah temperatur air umpan yang keluar setelah dipanaskan di dalam *heater* [15].

$$TTD = T_{sat} - T_{fw-out} \quad (1)$$

Drain Cooler Approach (DCA) adalah perbedaan antara *drain outlet temperature* (T_d) dengan *feedwater inlet* (T_{fw-in}) [10]. *Feedwater inlet temperature* adalah temperatur sebelum air masuk ke dalam *heater*. *Drain outlet temperature* adalah temperatur *steam* (yang sebagian sudah mengembun) keluar dari *heater* setelah memanaskan air [15].

$$DCA = T_{drain} - T_{fw-in} \quad (2)$$

Temperature Rise (TR) adalah perubahan temperatur pada *feedwater* setelah melewati dan dipanaskan *heater* [10]. TR dihitung dengan mengurangkan *temperature feed water* yang keluar dari *heater* (T_{fw-out}) dengan temperatur *feedwater* memasuki *heater* (T_{fw-in}) [15].

$$TR = T_{fw-out} - T_{fw-in} \quad (3)$$

Untuk menentukan kinerja LPH hasil perhitungan akan dibandingkan dengan spesifikasi pabrik atau desain LPH PLTU. Nilai TTD, DCA, dan TR pada masing-masing alat *low pressure heater* tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai desain *terminal temperature difference*, *drain cooler approach*, dan *temperature rise* pada masing-masing *low pressure heater* yang sudah ditetapkan di unit 1 PT PLN Nusantara Power Up Tanjung Awar-Awar

Parameter	Low pressure heater 8	Low pressure heater 7	Low pressure heater 6	Low pressure heater 5
<i>Terminal temperature difference</i>	19.30	24.00	16.40	30.10
<i>Drain cooler approach</i>	0.40	2.56	7.44	6.62
<i>Temperature rise</i>	2.50	6.00	3.30	5.90

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi kinerja alat *low pressure heater*, dapat dilihat dari berbagai aspek termasuk nilai TTD, DCA, dan TR. Analisis kinerja ini bertujuan untuk memahami sejauh mana

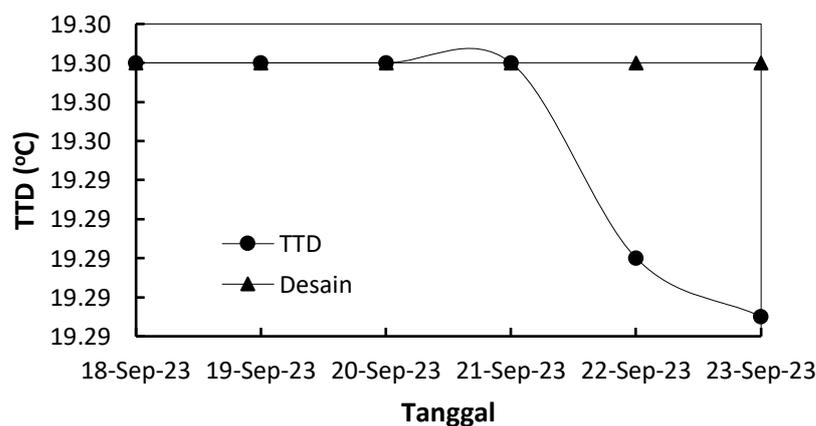
LP heater beroperasi sesuai dengan standar (desain) yang telah ditetapkan. Untuk mengetahui kinerja alat LP heater, berikut ini dilakukan perbandingan parameter aktual dengan nilai desainnya.

3.1 Terminal Temperature Difference (TTD)

Terminal Temperature Difference (TTD) adalah selisih *saturation temperature steam inlet* (T_{sat}) dan *feedwater outlet temperature* (T_{fw-in}) [10]. Pada prinsipnya semakin besar nilai TTD menunjukkan adanya pengurangan *heat transfer*, sebaliknya semakin kecil nilai TTD menunjukkan semakin baik *heat transfer* di dalam *low pressure heater* [16]. Apabila TTD aktual mencapai nilai yang direncanakan atau sesuai dengan nilai desain, maka kinerja alat sudah sesuai dengan spesifikasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa *heat transfer* di dalam *low pressure heater* berjalan sesuai dengan desain, pemanasan *feedwater* berlangsung normal.

Nilai TTD aktual yang lebih tinggi dari nilai desain menunjukkan adanya penurunan efisiensi transfer panas di dalam heater, yang dapat mengakibatkan peningkatan biaya operasi dan penurunan efisiensi siklus secara keseluruhan. Nilai TTD aktual yang lebih tinggi dari nilai TTD desain dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti, penumpukan kerak atau endapan pada permukaan penukar panas di dalam alat, pemanasan yang tidak efisien karena transfer panas *steam* tidak optimal ke *feedwater*, sehingga banyak energi yang terbuang selama proses pemanasan [10].

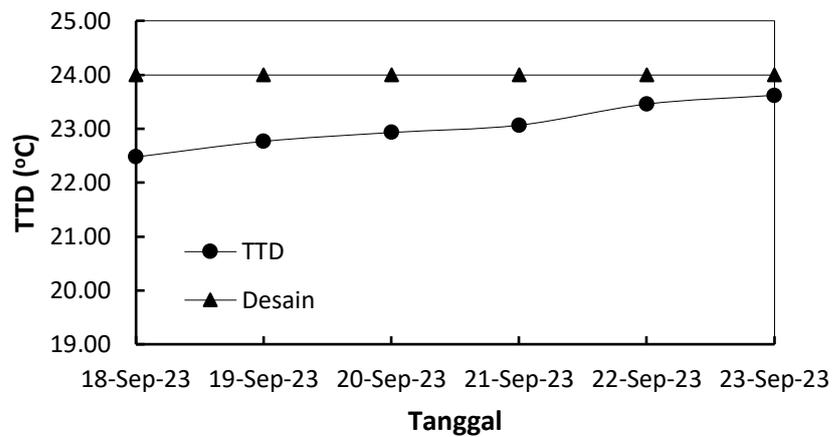
Nilai TTD aktual yang lebih kecil dari nilai desainnya menunjukkan bahwa *low pressure heater* mampu mentransfer panas dari *steam* ke *feedwater* dengan lebih efisien. Nilai TTD lebih kecil dari desain menunjukkan bahan bakar atau energi yang diperlukan akan lebih rendah sehingga dapat menghemat biaya operasi [17]. TTD yang rendah mengindikasikan bahwa pertukaran panas yang efisien, yaitu uap panas terkondensasi dengan cepat dan mentransfer sebagian besar energi panasnya ke *feedwater* optimal.



Gambar 3. Perbandingan nilai *terminal temperature difference* dengan nilai desain *low pressure heater 8*

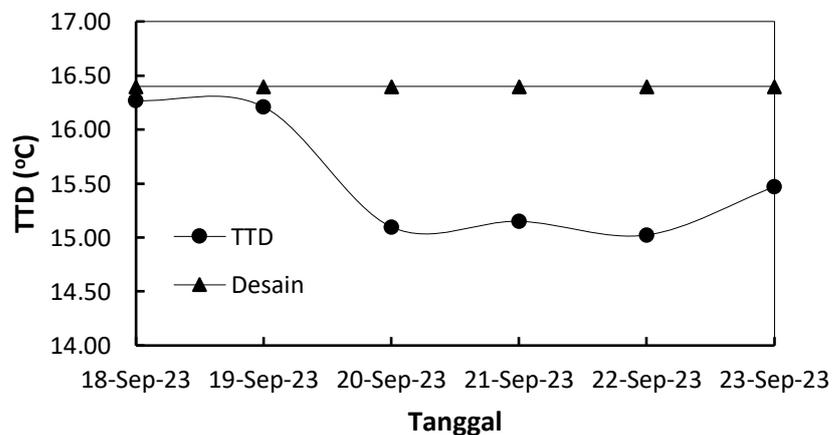
Pada Gambar 3 ditunjukkan kurva nilai TTD pada alat *low pressure heater 8* selama enam hari evaluasi. Nilai TTD aktual rata-rata pada LP heater 8 adalah 19.30°C sedangkan nilai TTD desain adalah 19.30°C. Berdasarkan perbandingan nilai TTD aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP heater 8 sudah sesuai dengan spesifikasi yang

diinginkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa *heat transfer* di dalam *low pressure heater* berjalan sesuai dengan desain, tidak ada permasalahan dalam proses pemanasan.



Gambar 4. Perbandingan nilai *terminal temperature difference* dengan nilai desain *low pressure heater 7*

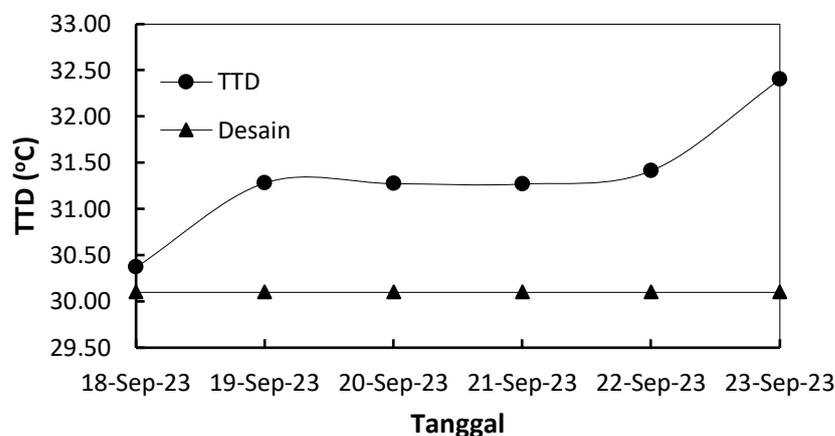
Pada Gambar 4 ditunjukkan kurva nilai TTD pada alat *low pressure heater 7* selama enam hari evaluasi. Nilai TTD aktual rata-rata pada LP heater 7 adalah 23.05 °C, sedangkan nilai TTD desain adalah 24.00°C. Berdasarkan perbandingan TTD aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP heater 7 mampu mentranfer panas dari *steam* ke *feedwater* dengan lebih efisien. Kondisi ini mengindikasikan energi yang terbuang selama proses pemanasan rendah.



Gambar 5. Perbandingan nilai *terminal temperature difference* dengan nilai desain *low pressure heater 6*

Pada Gambar 5 ditunjukkan kurva nilai TTD pada alat *low pressure heater 6* selama enam hari evaluasi. Nilai TTD aktual rata-rata pada LP heater 6 adalah 15.54°C sedangkan nilai TTD desain adalah 16.40°C. Berdasarkan perbandingan TTD aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP heater 6 mampu mentranfer panas dari *steam* ke *feedwater* dengan lebih efisien sehingga energi yang terbuang selama proses pemanasan rendah. Pada Gambar 6 ditunjukkan kurva nilai TTD pada alat *low pressure heater 5* selama

enam hari evaluasi. Nilai TTD aktual rata-rata pada LP heater 5 adalah 31.34 °C sedangkan nilai TTD desain adalah 30.10°C. Berdasarkan perbandingan TTD aktual dan desain, performa alat LP heater 5 belum efisien. Pemanasan yang tidak efisien disebabkan karena transfer panas *steam* ke *feedwater* kurang optimal, sehingga banyak energi yang terbuang selama proses pemanasan.



Gambar 6. Perbandingan nilai *terminal temperature difference* dengan nilai desain *low pressure heater 5*

3.2 Drain Cooler Approach (DCA)

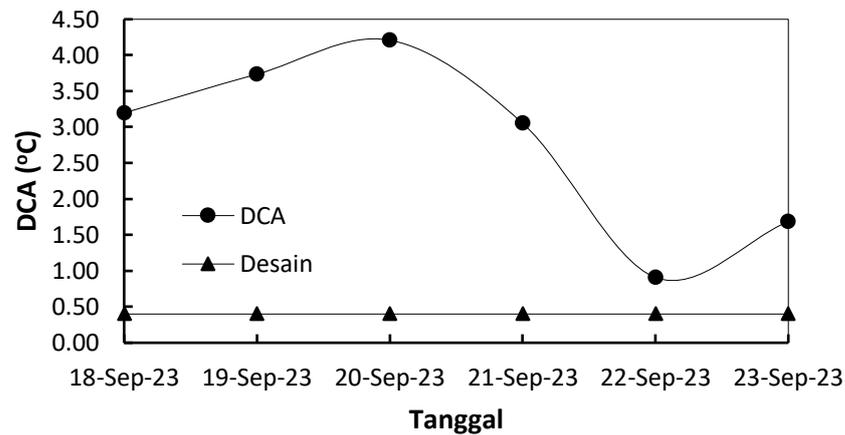
Drain Cooler Approach (DCA) adalah perbedaan temperature antara *drain outlet* (T_d) dengan *feedwater inlet* (T_{fw-in}). Secara prinsipnya pada saat nilai DCA aktual sama dengan nilai desainnya maka diindikasikan alat LP heater beroperasi sesuai dengan spesifikasi awal. Pada kondisi ini, alat bekerja pada tingkat efisiensi yang diinginkan. Proses pemanasan air *feedwater* berjalan dengan efisien, dan transfer panas dari *steam* ke *feedwater* terjadi sesuai dengan desain.

Nilai DCA aktual yang melebihi nilai desain mengindikasikan kinerja pada LPH tidak optimal. Kondisi ini akibat perbedaan suhu yang besar antara *steam* keluar (T_{drain}) dan air *feedwater* masuk (T_{fw-in}), sehingga mengurangi efisiensi pemanasan air *feedwater*. Nilai DCA yang lebih tinggi dari nilai DCA desainnya dapat disebabkan oleh beberapa faktor [10].

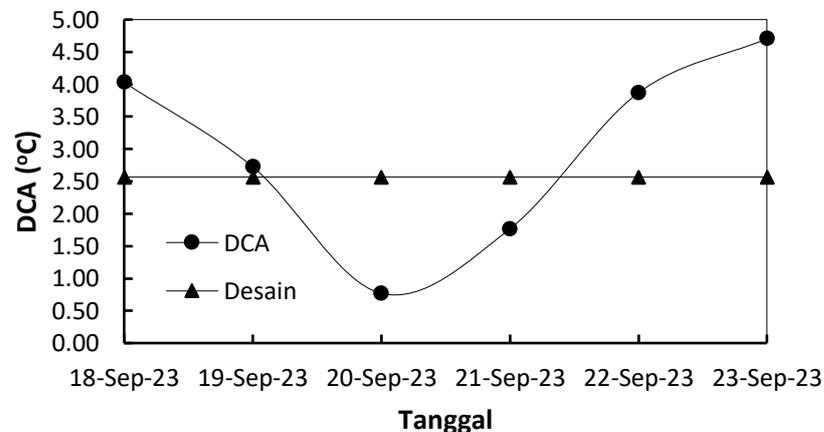
1. DCA yang tinggi menunjukkan bahwa *drain heater* memiliki suhu yang tinggi, yang dapat menyebabkan terjadinya *steaming* atau *flashing* di area tersebut.
2. Terjadi penumpukan kerak atau endapan pada permukaan penukar panas di dalam LP heater yang dapat menghalangi transfer panas. Kondisi ini mengakibatkan sebagian besar panas yang tersedia dalam *steam* tidak dimanfaatkan sepenuhnya untuk memanaskan air *feedwater*

Nilai DCA aktual yang lebih rendah dari nilai desainnya mengindikasikan bahwa proses pemanasan air *feedwater* oleh LP heater berjalan dengan lebih efisien. Penurunan DCA ini disebabkan oleh kenaikan level air *feedwater* dalam LP heater, yang mengakibatkan air *feedwater* memiliki lebih banyak kontak panas dengan *steam* yang sedang dipanaskan. Kondisi ini menyebabkan perbedaan suhu antara keduanya menjadi lebih kecil. Nilai DCA yang rendah ini menguntungkan karena efisiensi transfer panas dari *steam* ke air *feedwater* meningkat. Kondisi ini berdampak menurunkan konsumsi bahan bakar, biaya operasional yang lebih rendah, dan potensi peningkatan kapasitas pembangkit listrik. Pada Gambar 7

ditunjukkan kurva nilai DCA pada alat *low pressure heater* 8 selama enam hari evaluasi. Nilai DCA aktual rata-rata pada LP *heater* 8 adalah 2.79°C sedangkan nilai DCA desain adalah 0.40°C. Berdasarkan perbandingan nilai DCA aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP *heater* 8 belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Kondisi ini mengindikasikan performa alat LP *heater* 8 tidak berjalan dengan efisien. Tingginya nilai DCA disebabkan oleh penurunan level air dalam LP *heater* dan penumpukan kerak atau endapan pada permukaan penukar panas di dalam LP *heater*.



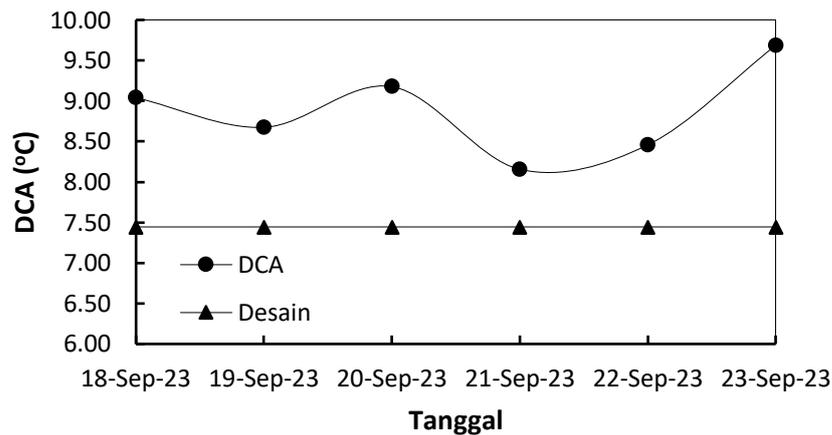
Gambar 7. Perbandingan nilai *drain cooler approach* dengan nilai desain *low pressure heater* 8



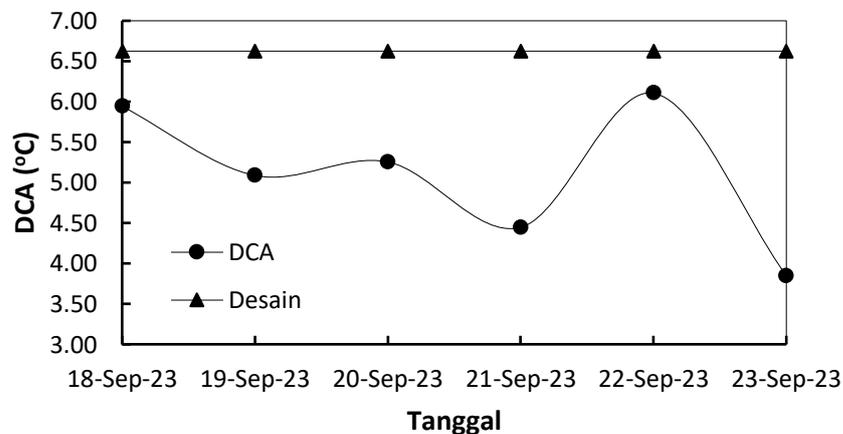
Gambar 8. Perbandingan nilai *drain cooler approach* dengan nilai desain *low pressure heater* 7

Pada Gambar 8 ditunjukkan kurva nilai DCA pada alat *low pressure heater* 7 selama enam hari evaluasi. Nilai DCA aktual rata-rata pada LP *heater* 7 adalah 2.98°C sedangkan nilai DCA desain adalah 2.58°C. Berdasarkan perbandingan nilai DCA aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP *heater* 7 belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Kondisi ini mengindikasikan performa alat LP *heater* 7 tidak berjalan dengan efisien. Tingginya nilai DCA disebabkan oleh penurunan level air dalam LP *heater* dan penumpukan kerak atau endapan pada permukaan penukar panas di dalam LP *heater*.

Pada Gambar 9 ditunjukkan kurva nilai DCA pada alat *low pressure heater* 6 selama enam hari evaluasi. Nilai DCA aktual rata-rata pada LP heater 6 adalah 8.87°C sedangkan nilai DCA desain adalah 7.44°C. Berdasarkan perbandingan nilai DCA aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP heater 6 belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Kondisi ini mengindikasikan performa alat LP heater 6 tidak berjalan dengan efisien. Tingginya nilai DCA disebabkan oleh penurunan level air dalam LP heater dan penumpukan kerak atau endapan pada permukaan penukar panas di dalam LP heater.



Gambar 9. Perbandingan nilai *drain cooler approach* dengan nilai desain *low pressure heater* 6



Gambar 10. Perbandingan nilai *drain cooler approach* dengan nilai desain *low pressure heater* 5

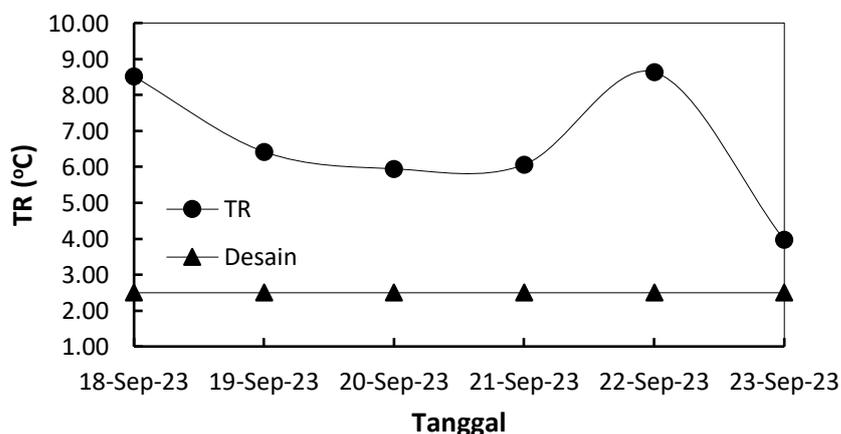
Pada Gambar 10 ditunjukkan kurva nilai DCA pada alat *low pressure heater* 5 selama enam hari evaluasi. Nilai DCA aktual rata-rata pada LP heater 5 adalah 5.11°C sedangkan nilai DCA desain adalah 6.62°C. Berdasarkan perbandingan nilai DCA aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP heater 5 sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yang mengindikasikan LP heater 5 berjalan dengan efisien. Penurunan DCA ini disebabkan oleh kenaikan level air *feedwater* dalam LP heater, yang mengakibatkan air *feedwater* memiliki kontak lebih lama dengan *steam*.

3.3 Temperature Rise (TR)

Temperature Rise (TR) adalah perubahan temperatur pada *feedwater* setelah melewati dan dipanaskan oleh LP *heater*. Temperatur TR dihitung dengan mengurangkan temperatur *feedwater* yang keluar dari LP *heater* (T_{fw-out}) dengan temperatur *feedwater* yang masuk LP *heater* (T_{fw-in}). Berdasarkan perhitungan TR dapat diketahui performa dari LP *heater* dengan membandingkan TR dengan nilai desainnya. Semakin tinggi nilai TR dari dibandingkan nilai normalnya mengindikasikan besarnya kenaikan suhu yang terjadi. Kondisi sebaliknya semakin rendah nilai TR mengindikasikan bahwa kenaikan suhu menjadi lebih rendah dan semakin rendah efisiensi dari *heater*.

Pada kondisi nilai TR aktual melebihi nilai desainnya mengindikasikan bahwa kinerja pada LP *heater* dan proses pemanasan air *feedwater* berjalan dengan sangat baik dan efisien. Air *feedwater* yang masuk ke dalam LP *heater* dipanaskan oleh *steam* dengan sangat efisien sehingga perubahan suhunya menjadi besar ($T_{fw-out} - T_{fw-in}$). Semakin besar TR, semakin baik kinerja LP *heater*-nya. Kondisi ini berdampak pembangkit listrik tenaga uap dapat bekerja lebih efisien dan menghemat energi serta biaya operasional.

Nilai TR yang lebih kecil mengindikasikan bahwa pemanasan air *feedwater* dalam LP *heater* tidak berlangsung dengan efisien. Kondisi ini menyebabkan perubahan suhu air *feedwater* setelah melalui LP *heater* relatif rendah daripada kondisi ideal. Dampaknya adalah efisiensi pemanasan air *feedwater* rendah, mengakibatkan energi panas yang masih tersisa dalam *steam* tidak digunakan dengan baik. Kondisi ini dapat mengurangi efisiensi keseluruhan pembangkit listrik tenaga uap, sehingga meningkatkan konsumsi bahan bakar dan biaya operasi. Untuk itu perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan pada LP *heater* untuk meningkatkan kinerjanya sesuai dengan nilai TR yang diinginkan dan meminimalkan penyimpangan yang terjadi.

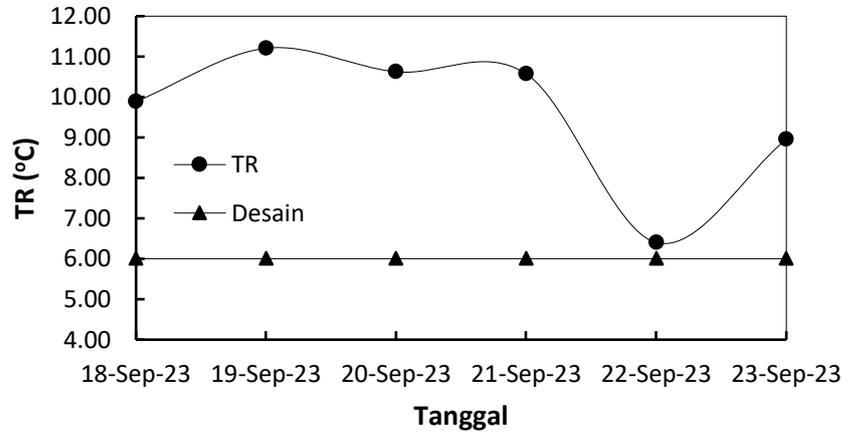


Gambar 12. Perbandingan nilai *temperature rise* dengan nilai desain *low pressure heater 8*

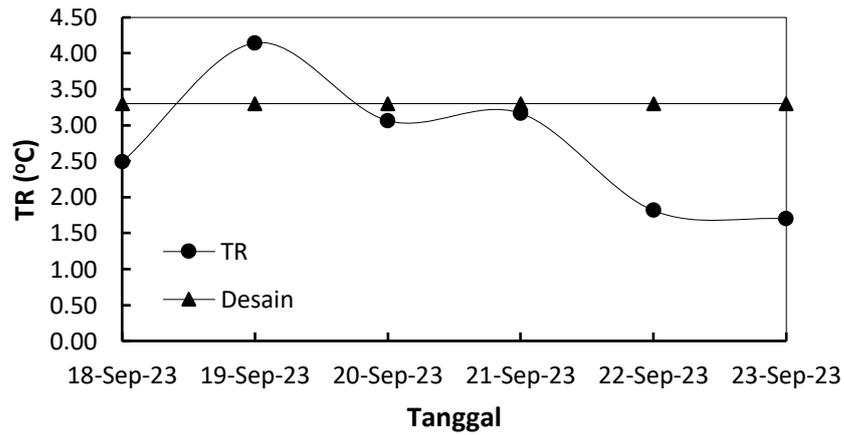
Pada Gambar 12 ditunjukkan kurva nilai TR pada alat *low pressure heater 8* selama enam hari evaluasi. Nilai TR aktual rata-rata pada LP *heater 8* adalah 6.59°C sedangkan nilai TR desain adalah 2.50°C. Berdasarkan perbandingan nilai TR aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP *heater 8* dan proses pemanasan air *feedwater* berjalan dengan sangat baik dan efisien.

Pada Gambar 13 ditunjukkan kurva nilai TR pada alat *low pressure heater 7* selama enam hari evaluasi. Nilai TR aktual rata-rata pada LP *heater 7* adalah 9.60°C sedangkan nilai

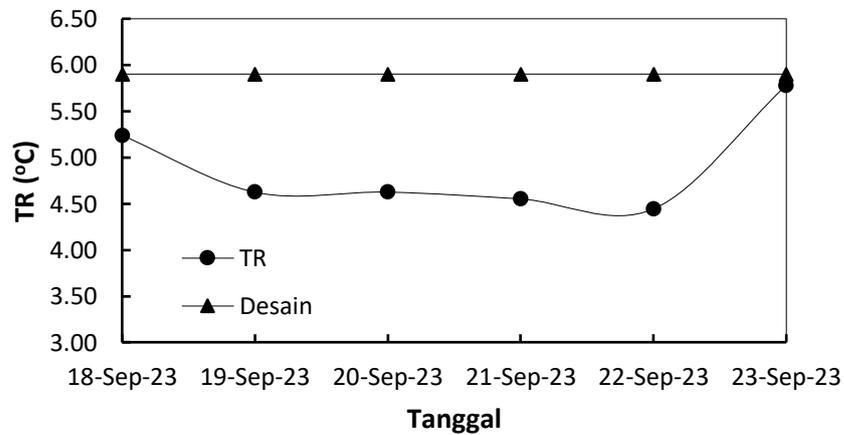
TR desain adalah 6.00°C. Berdasarkan perbandingan nilai TR aktual dan desain menunjukkan bahwa performa alat LP heater 7 dan proses pemanasan air *feedwater* berjalan dengan sangat baik dan efisien.



Gambar 13. Perbandingan nilai *temperature rise* dengan nilai desain *low pressure heater 7*



Gambar 14. Perbandingan nilai *temperature rise* dengan nilai desain *low pressure heater 6*



Gambar 15. Perbandingan nilai *temperature rise* dengan nilai desain *low pressure heater 5*

Pada Gambar 14 ditunjukkan kurva nilai TR pada alat *low pressure heater* 6 selama enam hari evaluasi. Nilai TR aktual rata-rata pada LP heater 6 adalah 2.73°C sedangkan nilai TR desain adalah 3.30°C. Berdasarkan perbandingan nilai TR aktual dan desain menunjukkan bahwa pemanasan air *feedwater* dalam LP heater tidak berlangsung dengan efisien seperti yang diharapkan. Kondisi ini menunjukkan perubahan suhu pada air *feedwater* setelah melalui LP heater 6 tidak sebesar yang diinginkan.

Pada Gambar 15 ditunjukkan kurva nilai TR pada alat *low pressure heater* 5 selama enam hari evaluasi. Nilai TR aktual rata-rata pada LP heater 5 adalah 4.88°C sedangkan nilai TR desain adalah 5.90°C. Berdasarkan perbandingan nilai TR aktual dan desain, menunjukkan bahwa pemanasan air *feedwater* dalam LP heater kurang efisien. Kondisi ini mengindikasikan perubahan suhu pada air *feedwater* setelah melalui LP heater 6 tidak sesuai dengan yang diinginkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi, kinerja LPH 8, LPH 7, LPH 6, dan LPH 5 di PT PLN Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar dinilai masih berfungsi dengan baik dan layak digunakan. Penilaian ini didasarkan pada nilai *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), dan *Temperature Rise* (TR). Faktor-faktor yang mempengaruhi fluktuasi nilai TTD, DCA, dan TR meliputi perubahan beban pembangkit, level drain uap dan air, serta laju aliran air umpan dan laju aliran uap ekstraksi.

Berdasarkan hasil evaluasi perbandingan parameter TTD, DCA, dan TR hasil perhitungan dan desain pada *low pressure heater*, disarankan untuk dilakukan perhitungan kinerja alat *low pressure heater* secara rutin. Hasil perhitungan ini dapat digunakan untuk dasar evaluasi rutin, sehingga diharapkan dapat diketahui performa *low pressure heater* pada rentang waktu tertentu.

REFERENSI

- [1] A. Rachman dan B. Arianto, "Exergy Study of Steam Flash Cycle & Kalina Cycle at Waste Heat Recovery Power Generation Operation System," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10, no. 1, hal. 16–32, 2020.
- [2] H. B. P. Parapa, "Dampak Perubahan Parameter Closed Feedwater Heater terhadap Heat Rate Losses pada PLTU Kapasitas 110 MW," *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, hal. 1–4, 2021.
- [3] A. Aqila, N. Safitri, dan Suprihardi, "Analisis Kerja High Pressure Heater Tipe Shell and Tube Heat Exchanger di PLTU PT PLN Nusantara Power UPK Nagan Raya 2 X 110 MW," *Jurnal Tektro*, vol. 7, no. 2, hal. 225–233, 2023.
- [4] K. B. Fajry, J. Pratilastiarso, dan R. Amalia, "Analisis Pengaruh Out Service Closed Feedwater Heater Terhadap Performa Pltu Menggunakan Software Cycle Tempo 5.0," *ISAS Publishing*, vol. 6, no. 1, hal. 72–80, 2020.
- [5] S. Chantasiriwan, "Comparative thermo-economic analysis of regenerative Rankine cycles with two feed water heaters," *Elsevier*, vol. 28, no. September, hal. 101476, 2021.
- [6] E. Erwin, H. Asbanu, Y. Chan, D. Sugiyanto, dan H. Susanto, "Studi Aplikasi Heat Transfer Menggunakan Sistem Penukar Panas Tipe Shell & Tube di Industri Manufaktur," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 12, no. 1, hal. 29–42, 2024.

- [7] Y. A. Saputri, K. Sa'diyah, dan E. Yulianto, "Analisis Efisiensi Heater Pada Pengolahan Steam Unit 7 Pembangkit Listrik Tenaga Uap," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 54–63, 2023.
- [8] N. S. A. Salsabila, "Analisis Perpindahan Panas Performa Low Pressure Heater Nomor 2 Pltu Unit III Di PT PJB UP Gresik," *Tugas Akhir*, 2015.
- [9] N. Hernawan, "Evaluasi Unjuk Kerja Low Pressure Heater PLTU PT X.," *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, vol. 4, no. 2, hal. 67–74, 2022.
- [10] J. R. Almedilla, L. L. Pabilona, dan E. P. Villanueva, "Feed Water Heaters Performance Indicators and Characteristics on the 405MW Coal-Thermal Power Plant," *Mindanao Journal of Science and Technology Vol.16*, vol. 16, hal. 171–186, 2018.
- [11] D. Hite, "Improve Plant Heat Rate with Feedwater Heater Control," *Powermag*, 2023. Tersedia pada: <https://www.powermag.com/improve-plant-heat-rate-with-feedwater-heater-control/>
- [12] S. Sinaga dan G. Gabriel, "Analisis Efektivitas High Pressure Heater Pada Unit 4 PLTU PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkit Belawan," *Doctoral dissertation, Universitas Medan Area*, 2019.
- [13] N. Antie, Belyamin, dan Fachruddin, "Analisis Performa High Pressure Heater (HPH) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, no. January, hal. 1190–1198, 2019.
- [14] P. U. Akpan dan W. F. Fuls, "Generic approach for estimating final feed water temperature and extraction pressures in Pulverised Coal Power Plants," *Applied Thermal Engineering*, 2018.
- [15] *American Society of Mechanical Engineers (ASME) A.S. Performance Test Code 12.1 Closed Feed Water Heaters*. New York, NY., 1978.
- [16] H. Azizah, "Bagaimana Cara Memonitor Performa Heater pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap," *linkedin*, 2022.
- [17] K. C. Kushwaha dan B. Koshti, "Performance Analysis and Off Design Behaviour of Feed Water Heater," *Urame*, vol. 3, no. 10, hal. 9–15, 2015.