

PERUBAHAN NILAI EFEKTIVITAS KONDENSER SEBELUM DAN SESUDAH PEMELIHARAAN UNIT 2 DI PLTGU PANARAN

Ronaldo Simangunsong^{1*} dan Muhammad Syafei Gozali²

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam
*Email: ronaldosimangunsong21@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received date:

21 March 2023

Received in revised form date:

28 May 2023

Accepted date

6 June 2023

Available online date

13 June 2023

Abstract

The condenser of the Batam Gas Steam Power Plant (PLTGU) is the main equipment that functions to convert the residual steam from the turbine into water that can be reused, in the process it uses cooling water from sea water which is used as a cooling medium, in the process of taking sea water there is still a lot of impurities that enter so that it can make the inside of the condenser tubes clean, besides that sea water can also cause corrosion in the waterbox. This can make the heat transfer process not optimal so the effectiveness of the condenser will decrease. Maintenance activities at the PLTGU will be carried out in September 2022. This research uses the effectiveness and heat transfer method, it will be seen the factors that make the condenser decrease. The results of the analysis for the highest heat transfer rate value before maintenance is 57,981.117 kW while the highest heat transfer rate ($Q_{condensing}$) value after maintenance is 58,456.218 kW. Whereas for the greatest effectiveness of the condenser before maintenance it was 54.8 % after maintenance the value of the greatest condenser effectiveness experienced an increase in value of 56.9 %.

Keywords: PLTGU, condenser, maintenance, effectiveness.

Kata kunci:

PLTGU

Kondenser

Pemeliharaan

Efektivitas

Abstrak

Kondenser Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Batam merupakan peralatan utama yang berfungsi untuk mengubah uap sisa dari turbin menjadi air yang dapat digunakan kembali, dalam prosesnya menggunakan air pendingin dari air laut yang digunakan sebagai media pendingin, pada proses pengambilan air laut masih banyak kotoran yang masuk sehingga dapat membuat kebersihan di dalam *tube-tube* kondenser, selain itu air laut juga dapat menyebabkan korosi pada *waterbox*. Hal ini bisa membuat proses perpindahan panas tidak maksimal sehingga membuat efektivitas kondenser akan mengalami penurunan, kegiatan pemeliharaan di PLTGU ini dilakukan pada bulan September 2022. penelitian ini menggunakan metode efektivitas dan perpindahan panas maka akan terlihat faktor yang membuat penurunan pada kondenser. Hasil dari analisa untuk nilai laju perpindahan panas terbesar sebelum pemeliharaan 57.981,117 kW sedangkan nilai laju perpindahan panas ($Q_{condensing}$) terbesar sesudah pemeliharaan 58.456,218 kW. Sedangkan untuk efektivitas terbesar kondenser sebelum pemeliharaan 54,8 % setelah pemeliharaan nilai efektivitas kondenser terbesar mengalami kenaikan nilai sebesar 56,9 %.

1. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi sekarang perkembangan industri setiap tahun mengalami peningkatan pesat sehingga membutuhkan pasokan energi listrik yang besar, pembangkit listrik merupakan penyedia cadangan tenaga listrik salah satunya pembangkit listrik yang ada di Indonesia ialah Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU). Listrik merupakan kebutuhan utama yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari penggunaan skala besar seperti pabrik, gedung, dan fasilitas umum hingga pengguna kecil seperti penggunaan rumah tangga dan industri rumah tangga, dalam rangka meningkatkan pasokan tenaga listrik khususnya pulau Batam, Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) dengan menggunakan Gas alam sebagai bahan bakar.

PLTGU memiliki 4 unit *Gas Turbin Generator* yaitu (GTG 1 dan GTG 2) memiliki kapasitas masing-masing 27,75 MW dan (GTG 3 dan GTG 4 + *Chiller*) memiliki kapasitas $2 \times 27,5 \text{ MW} + \text{Chiller } 6 \text{ MW}$, semua unit menggunakan mesin *Rolls Royce*, kemudian pada tahun 2010 mengoperasikan *Combine Cycle Power Plant* (CCPP) dengan 2 unit *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) dan satu unit *Steam Turbin Generator* (STG) yang memiliki kapasitas 20,6 MW.

PLTGU Batam mempunyai komponen mesin utama salah satunya adalah kondenser *surface*, alat ini merupakan komponen yang dapat mengubah uap sisa dari turbin menjadi air yang dapat digunakan kembali, kinerja dari suatu kondenser dapat dilihat dari perhitungan efektivitasnya. Faktor yang mempengaruhi tersebut adalah aliran *steam* turbin uap dan aliran *cooling water*, sehingga parameter yang perlu diperhatikan dalam melihat efektivitas kondenser antara lain massa aliran fluida *cooling water*, massa aliran *steam* turbin, temperatur fluida panas yang masuk, temperatur fluida panas yang keluar, temperatur fluida dingin yang masuk dan temperatur fluida dingin yang keluar.

Semakin lama waktu kondenser bekerja maka harus dilakukan pemeliharaan (*maintenance*) dengan dilakukan pemeliharaan diharapkan kondenser dapat dioperasikan normal sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Penurunan kinerja kondenser diakibatkan dari kebocoran aliran *cooling tower* dan terdapat *scalling* pada *tube*, sehingga membuat kinerja dari kondenser menurun oleh sebab itu perlu dilakukan pemeliharaan (*maintenance*) pada unit 2 PLTGU Batam. Dari latar belakang tersebut penulis mengambil judul “Perubahan Nilai Efektivitas Kondenser Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan Unit 2 di PLTGU Panaran”.

2. METODE PENELITIAN

Untuk mendefinisikan efektivitas merupakan perbandingan antara laju perpindahan panas aktual untuk sebuah alat penukar panas pada kemungkinan laju perpindahan panas maksimum. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode deskriptif, untuk melakukan penelitian dengan benar karena sudah terdapat langkah-langkah yang akan digunakan dalam melaksanakan penelitian, metode ini diartikan sebagai prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan keadaan objek dalam penelitian ini.

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang dibutuhkan adalah data kondenser yang diambil secara primer data didapat dari CCR data mulai tanggal 1 – 7 Agustus 2022 sebelum pemeliharaan sedangkan data yang sesudah pemeliharaan dimulai dari tanggal 1 Oktober 2022 – 7 Oktober 2022. Selain itu data yang lain seperti spesifikasi desain alat menganalisa faktor yang mempengaruhi nilai efektivitas sebelum dan sesudah pemeliharaan, faktor tersebut seperti perpindahan panas dan temperatur *cooling water inlet*, untuk mencapai tujuan seperti yang telah diuraikan maka diperlukan data-data yang akurat sebagai dasar penelitian data untuk dasar penelitian ini.

2.2. Teknik Pengolahan Data

Pada pengolahan data penulis menggunakan *software steam property* untuk memudahkan mencari *constant pressure cooling* dan *constant pressure hot* serta entalphi. Teknik pengolahan data ini memaparkan tentang cara pengolahan data yang penulis kerjakan dalam mengerjakan penelitian ini. Analisis data dilakukan untuk menjelaskan hasil dari perhitungan dengan cara membuat grafik perubahan nilai efektivitas kondenser sebelum dan sesudah pemeliharaan unit 2 PLTGU Panaran.

2.3. Menentukan Parameter Fluida

$$T_{fc} = \frac{T_{cin} + T_{cout}}{2} \quad (1)$$

$$T_{fh} = \frac{T_{hin} + T_{hout}}{2} \quad (2)$$

Untuk menentukan nilai dari parameter Temperatur Fluida *Cooling* (T_{fc}) dan temperatur *Fluida hot* (T_{fh}) dari hasil perhitungan yang didapat menggunakan *Software Steam Property* dengan persamaan.

2.4. Perhitungan Specific Enthalpy (Hfg)

$$H_{fg} = h_g - h_f \quad (3)$$

Untuk menentukan nilai entalpi dan fluida panas maka diambil data vakum kondenser Bar a lalu dimasukkan ke *Software Steam Property* dengan persamaan diatas.

2.5. Perhitungan Laju Perpindahan panas dengan $Q_{subcooling}$ dan $Q_{condensing}$

$$Q_{subcooling} = m_h \times C_{ph} \times \Delta T \quad (4)$$

$Q_{subcooling}$ merupakan zona perubahan fase dari temperatur cair jenuh sampai dengan perubahan fase temperatur cair.

$$Q_{condensing} = m_h \times h_{fg} \quad (5)$$

$Q_{condensing}$ sebagai zona perubahan fase dari kondisi uap jenuh sampai menjadi kondisi cair jenuh.

2.6. Perhitungan Laju Aliran Air Pendingin (m_c)

$$m_c = \frac{Q_{condenser}}{c_{pc} \times (T_{cout} - T_{cin})} \quad (6)$$

Air pendingin yang masuk kondenser merupakan air yang berasal dari laut, air ini digunakan sebagai media pendingin untuk mengubah fase uap menjadi cair, semakin cepat laju aliran pendingin maka semakin bagus perubahan fase yang terjadi.

2.7. Perhitungan Kapasitas fluida panas dan dingin serta kapasitas rasio C

$$C_c = m_h \times h_{fg} \quad (7)$$

$$C_h = \frac{m_h \times h_{fg}}{(T_{hin} - T_{hout})} \quad (8)$$

$$C = \frac{c_{min}}{c_{max}} \quad (9)$$

C_c merupakan kapasitas fluida dingin yang digunakan untuk mencari *Heat capacity rate* untuk fluida dingin, sedangkan C_h digunakan untuk mencari *Heat capacity rate* untuk fluida panas, dan untuk kapasitas rasio digunakan untuk mencari nilai kapasitas fluida dingin atau fluida panas.

2.8. Perhitungan Laju perpindahan panas maksimum ($Q_{max condensing}$)

$$T_x = T_{co} - \frac{Q_{condensing}}{c_{min}} \quad (10)$$

Untuk dapat menentukan nilai dari laju perpindahan panas maksimum maka harus terlebih dahulu menentukan nilai T_x , nilai T_x merupakan suhu yang digunakan untuk mencari temperatur *saturated*.

$$Q_{\max \text{ condensing}} = C_{\min} \times (T_{\text{in}} - T_x) \quad (11)$$

$Q_{\max \text{ condensing}}$ merupakan laju perpindahan panas maksimum yang digunakan untuk mencari kondisi cair jenuh pada kondenser PLTGU.

2.9. Perhitungan Efektivitas (ϵ)

$$\epsilon = \frac{Q_{\text{condensing actual}}}{Q_{\max \text{ condensing}}} \quad (12)$$

Untuk kerja suatu heat exchanger dapat ditinjau dari besaran efektivitas, untuk suatu nilai efektivitas berkisar antara 0 sampai dengan 1. Semakin mendekati angka 1 nilai efektivitas kondenser akan semakin bagus karena nilai laju perpindahan panas aktual mendekati jumlah energi panas yang dapat di pindahkan. Setelah mendapat nilai laju perpindahan panas aktual dan laju perpindahan panas maksimal maka dapat menentukan nilai dari efektivitas kondenser.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Adapun langkah-langkah dari perhitungan ditunjukkan pada gambar 1. Tahapan 1 studi literatur dengan membaca jurnal-jurnal pendukung dan buku yang ditemukan dari internet, Tahapan 2 dengan mengolah data yang di dapat dari CCR selanjutnya di lakukan perhitungan. Tahapan 3 hasil

perhitungan di dapat dari tahapan ke 2. Tahapan 4 dilakukan analisa dari perhitungan yang didapat dari tahapan 3, Tahapan 5 setelah di lakukan analisa lalu bisa didapat kesimpulannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Data

Data perhitungan ini diambil sebelum dan sesudah pemeliharaan pada tanggal 1 – 7 Agustus 2022 dan 1 – 7 Oktober 2022 pada unit 2 PLTGU Panaran, berikut datanya.

Tabel 1. Data sebelum dan sesudah pemeliharaan kondenser

Tanggal	Tc in (°C)	Tc out (°C)	Th in (°C)	Th out (°C)	Vakum (Bar a)	Mh (T/h)	STG (MW)
01/08/2022	36,133	47,235	57	54	0,182	88,124	19.151
02/08/2022	36,117	47,255	57	54	0,178	88,114	19.155
03/08/2022	36,675	47,031	56	53	0,175	88,103	19.165
04/08/2022	36,642	47,074	56	53	0,174	88,124	19.192
05/08/2022	36,059	47,462	57	54	0,178	88,240	19.196
06/08/2022	36,688	47,781	57	54	0,178	88,268	19.260
07/08/2022	36,114	47,022	56	53	0,174	88,265	19.277
01/10/2022	36,620	46,850	55	52	0,121	87,934	19.438
02/10/2022	36,885	46,450	54	51	0,118	88,146	19.453
03/10/2022	36,659	46,376	54	51	0,124	88,153	19.459
04/10/2022	36,398	46,321	54	51	0,120	88,099	19.468
05/10/2022	36,358	46,341	54	51	0,119	88,121	19.494
06/10/2022	36,915	46,041	53	51	0,114	88,132	19.527
07/10/2022	36,810	46,027	53	51	0,112	88,175	19.593

Data yang diambil antaranya air yang masuk kondenser, air yang keluar kondenser, tekanan vakum dan lain-lain. Selanjutnya akan dihitung menggunakan perhitungan efektivitas dan menganalisis perubahan nilai efektivitas kondenser sebelum dan sesudah pemeliharaan, berikut ini tabel 1 merupakan contoh data tanggal 1 Agustus 2022 sebelum pemeliharaan:

Tabel 2. Data sebelum pemeliharaan bulan agustus kondenser unit 2

Parameter	1 Agustus Sebelum Pemeliharaan
Tc in (°C)	36,133
Tc out (°C)	47,235
Th in (°C)	57
Th out (°C)	54
Mh (Kg/s)	24,479
Vakum (Bar a)	0,182

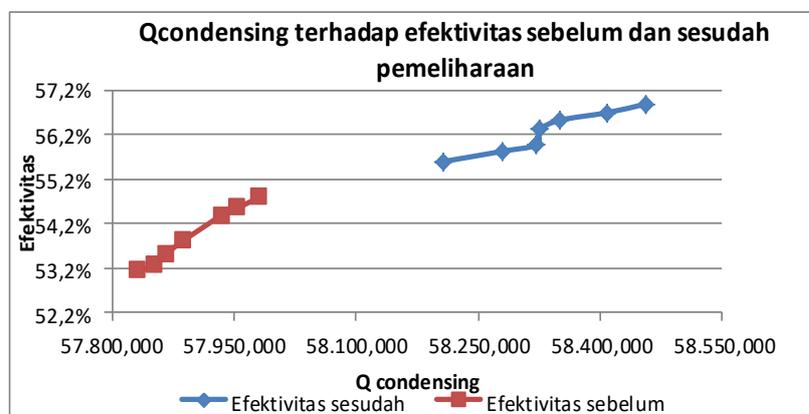
Setelah di dapat data lalu dilakukan perhitungan sesuai dengan teknik pengolahan data lalu masukan persamaan sesuai dengan rumus, Tabel 3 merupakan contoh hasil perhitungan yang diambil tanggal 1 Agustus sebelum pemeliharaan kondenser unit 2 PLTGU Panaran berikut hasil perhitungan:

Tabel 3. Perubahan laju perpindahan panas terhadap efektivitas kondenser sebelum dan sesudah pemeliharaan

Qcondensing sebelum (kW)	Efektivitas sebelum (%)	Qcondensing sesudah (kW)	Efektivitas sesudah (%)
57.831,826	53,1	58.206,914	55,6
57.853,621	53,3	58.279,202	55,8
57.866,905	53,5	58.321,423	56,0
57.888,493	53,8	58.326,320	56,3
57.935,036	54,4	58.350,412	56,5
57.953,945	54,6	58.408,728	56,7
57.981,117	54,8	58.456,218	56,9

Qcondensing didapat dari persamaan (5) sedangkan untuk efektivitas didapat dari persamaan (12) Semua hasil ini didapat dari tabel 1 lalu dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan (5) dan (12).

3.2. Grafik Qcondensing Terhadap Efektivitas Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan



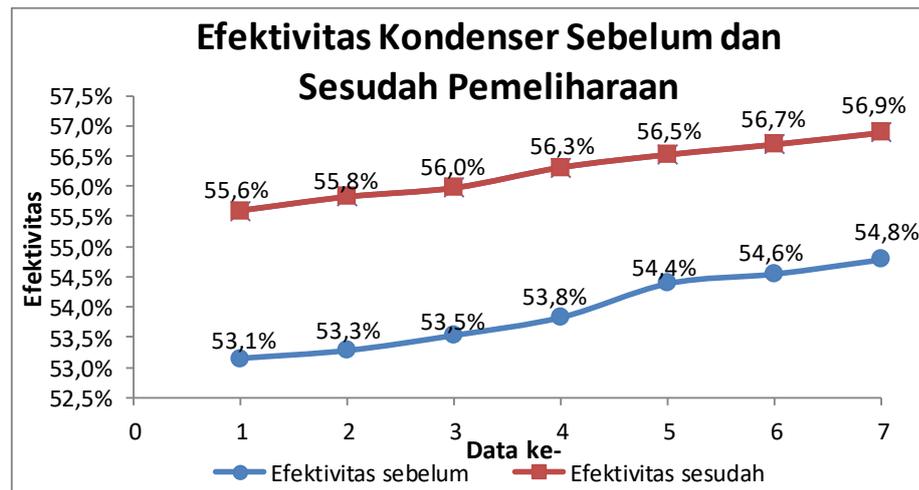
Gambar 2. Qcondensing Terhadap Efektivitas Sebelum Dan Sesudah Pemeliharaan

Pada saat sebelum pemeliharaan 1 Agustus 2022 – 7 Agustus 2022, nilai laju perpindahan panas (Qcondensing) cenderung lebih kecil dari pada sesudah pemeliharaan 1 Oktober 2022 – 7 Oktober 2022. Dimana nilai laju perpindahan panas (Qcondensing) terbesar sebelum pemeliharaan adalah 57.981,117 kW dan nilai efektivitasnya 54,8 % sedangkan nilai laju perpindahan panas (Qcondensing) terbesar sesudah pemeliharaan adalah 58.456,218 kW dan nilai efektivitasnya 56,9 %. Perubahan laju perpindahan panas dikarenakan adanya scale dan kebocoran di kondenser.

Jadi selisih nilai Qcondensing sesudah dan Qcondensing sebelum pemeliharaan $58.456,218 \text{ kW} - 57.981,117 \text{ kW} = 475,101 \text{ kW}$.

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai laju perpindahan panas sebelum pemeliharaan lebih kecil dari pada sesudah pemeliharaan. dan semakin besar nilai laju perpindahan panas (Qcondensing) pada kondenser, maka akan semakin besar pula efektivitas kondensernya. Sebaliknya jika semakin kecil nilai laju perpindahan (Qcondensing) pada kondenser maka akan semakin kecil juga efektivitas kondensernya.

3.3. Grafik Perubahan Nilai Efektivitas Kondenser Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan



Gambar 3. Efektivitas kondenser sebelum dan sesudah pemeliharaan

Dari hasil Grafik tersebut bisa dilihat efektivitas sebelum dan efektivitas sesudah mengalami perubahan nilai, Hal ini disebabkan karena adanya *scale* dan kebocoran sehingga membuat perpindahan panasnya menjadi tidak maksimal, efektivitas terbesar sebelum pemeliharaan adalah 54,8 % sedangkan nilai efektivitas terbesar sesudah pemeliharaan terbesar 56,9 % jadi selisih nilai efektivitas sesudah dan sebelum pemeliharaan adalah 2,1 %.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Pemeliharaan dapat meningkatkan efektivitas kondenser pada unit 2 PLTGU Panaran dengan membersihkan *scale* pada *tube – tube* kondenser sehingga membuat perpindahan panas berjalan lancar dan menambah anoda tumbal untuk menutup kebocoran yang disebabkan korosi maka proses kondensasi menjadi maksimal sehingga dapat meningkatkan efektivitas kondenser.

Pada laju perpindahan panas ($Q_{condensing}$) berpengaruh terhadap efektivitas kondenser, hal ini karena kurang maksimal laju perpindahan panas akibat adanya *scale* pada *tube* dengan nilai $Q_{condensing}$ sebelum pemeliharaan adalah 57.981,117 kW dan sesudah pemeliharaan perpindahan panas mengalami kenaikan sebesar 58.456,218 kW. Proses pembersihan *scale* pada *tube* berpengaruh terhadap laju perpindahan panas hal karena *scaling* yang ada pada *tube* menghambat perpindahan panas sehingga proses kondensasi menjadi normal, jadi semakin besar laju perpindahan panas ($Q_{condensing}$) maka semakin besar juga efektivitasnya.

Nilai efektivitas sebelum dan efektivitas sesudah mengalami perubahan nilai yang tidak signifikan, Efektivitas terbesar sebelum pemeliharaan adalah 54,8 % sedangkan nilai efektivitas sesudah pemeliharaan terbesar 56,9 % jadi selisih nilai efektivitas sesudah dan sebelum pemeliharaan adalah 2,1 %.

4.2. Saran

Mengingat faktor kebersihan *tube* berpengaruh dalam proses perpindahan panas, maka sebaiknya dilakukan secara rutin pemeriksaan terhadap temperatur air yang masuk dan keluar di kondenser, karena cepat atau lambat pengotoran pada *tube* dipengaruhi dari kondisi air laut, Karena apabila pada beban yang sama dan kondisi temperatur *inlet* air pendingin sama tetapi pada temperatur *outlet* air pendingin menurun maka perlu diperhatikan, mungkin saja telah terjadi pengotoran didalam permukaan *tube* dan segera lakukan proses pembersihan di *tube-tube* dengan Hcl dan *Water Jet Air*. Diharapkan lebih memperhatikan dalam melaksanakan pemeliharaan dan pengamatan pada alat utama maupun pendukung secara rutin dan mengikuti standar operasi yang ada sehingga performa dari alat-alat tersebut lebih maksimal dalam bekerja.

4.3. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Politek Negeri Batam dan PLTGU Batam atas bantuan material dan moril dalam pengerjaan penelitian ini, Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim atas dipublikasikannya penelitian ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Yohana, B. Farizki, N. Sinaga, M. E. Julianto, I. Hartati, “Analisis Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Massa Cooling Water Terhadap Efektivitas Kondenser di PT.Geo Dipa Energi Unit Dieng,” *Rotasi*, vol. 6, pp. 155-159, 2019.
- [2] J. C. Bhuana, I. Muh, and A. Maulana, “ Analisis Efektivitas Kondenser di PLTU PT. Semen Tohasa BTG unit 2x25 MW,” *Poli Grid*, vol. 2, pp. 20-23, 2021.
- [3] B. A. Saputro, B. Sudia and A. Kadir, “Analisis Pengaruh Perubahan Tekanan Vakum Kondenser Terhadap Heat Rate Turbin di PLTGU Moramo Sebelum dan Sesudah Perawatan,” *Entalphy, Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp.18-25, 2022.
- [4] A. Ghozali, Nofirman, H. Rusjdi, “Pengaruh Overhaul Terhadap Efektivitas Kondenser di PT Indonesia Power Up Suralaya Unit III”, *Jurnal Power Plant*, vol. 8, pp. 59 -70, 2020.
- [5] T. Zakaria, T. Suryaman, “Analisa Kerusakan Kondenser Unit 1 – 4 PLTU – XYZ Banten,” *Jurnal InTent*, vol. 3, pp. 111–121, 2020.
- [6] D. Sumardiyanto, A. Januar, ”Penentuan Nilai Efektivitas Kondenser Di PLTGU BLOK 1-2 PT.Indonesia Power UJJP Priok,” *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, vol. 5, pp. 98-103, 2022.
- [7] Holman, J.P., “*Perpindahan Kalor*”, E. Jasjfi. Jakarta, Penerbit : Erlangga, 1994.
- [8] Gunarto, Riyanto, D. Irawan, “*Studi Kasus Variasi Perubahan Tekanan Vakum Terhadap Performance Kondensor Pada PLTU di PT. Icatayan Kalimantan Barat*”. Universitas Muhammadiyah Pontianak, pp. 182-186, 2019.
- [9] Prayudi, Hendri, “ANALISIS PERFORMA KONDENSOR DI PT.INDONESIA POWER UJP PLTU LONTAR BANTEN UNIT 2”, *Jurnal Power Plant*, vol. 4, pp. 271-278, 2017.