



# Pengaruh Jumlah *Plugging Tube* Terhadap Efektivitas Dikaitkan Dengan Spesifikasi *High Pressure Heater 05* Unit 01 PLTU Ombilin

Astry Afrilia Hamzah<sup>1</sup>, Gun Gun Ramdhan G<sup>2\*</sup>, dan Cecep Slamet Abadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

---

## Abstrak

*Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik dari uap untuk membangkitkan energi listrik. peralatan di PLTU Ombilin adalah High Pressure Heater merupakan komponen penukar panas yang digunakan untuk memanaskan feed water sebelum masuk ke boiler. Penelitian ini dilakukan di PLTU Ombilin peralatan High Pressure Heater terdapat kebocoran tube yang mempengaruhi proses heat transfer dan Efektivitas High Pressure Heater. Metode pemeliharaan yang dilakukan proses plugging. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah plugging tube terhadap Efektivitas High Pressure Heater. Tahapan awal penelitian ini dilakukan perhitungan perpindahan panas High Pressure Heater 5 unit 1 hasilnya menunjukkan bahwa besar perpindahan maksimum 235,081 MW. dan perpindahan panas minimum sebesar 17,206 MW. Penelitian ini juga melakukan analisis tentang Efektivitas jumlah plugging. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan Efektivitas High pressure dengan jumlah plugging 40 tube hasilnya menunjukkan efektivitas sebesar 91%.*

*Kata kunci : High Pressure Heater, Efektivitas, plugging*

## Abstract

*Steam Power Plant (PLTU) is a power plant that utilizes the kinetic energy of steam to generate electrical energy. The equipment at PLTU Ombilin is a High Pressure Heater which is a heat exchanger component that is used to heat feed water before it enters the boiler. This research was conducted at PLTU Ombilin with High Pressure Heater equipment, there was a tube leak that affected the heat transfer process and the effectiveness of the High Pressure Heater. The maintenance method carried out by the plugging process. This study aims to determine the effect of the number of plugging tubes on the Effectiveness of the High Pressure Heater. The initial stage of this research is to calculate the heat transfer of High Pressure Heater 5 units 1, the results show that the maximum displacement is 235,081 MW. and a minimum heat transfer of 17.206 MW. This study also conducted an analysis of the effectiveness of the number of plugging. Based on the results of the calculation, it was found that the effectiveness of High pressure with the number of plugging 40 tubes the results showed an effectiveness of 91%.*

*Keywords: High Pressure Heater, effectiveness, plugging*

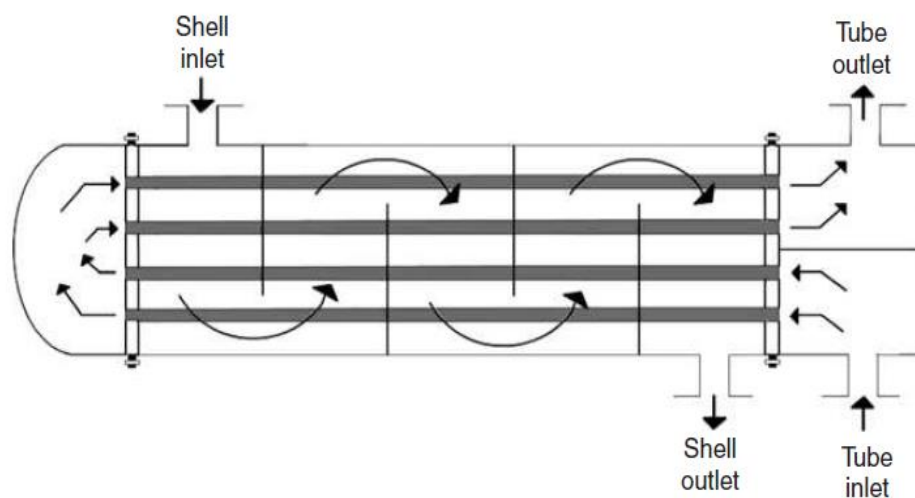
---

\* Corresponding author E-mail address: [gungun.rg@mesin.pnj.ac.id](mailto:gungun.rg@mesin.pnj.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik dari uap untuk membangkitkan energi listrik [1] PLTU menggunakan bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam sebagai sumber energi primernya [2]

Alat penukar kalor atau Heat Exchanger (HE) adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan satu fluida ke fluida lainnya. Pada umumnya fluida yang digunakan sebagai pendingin memakai air biasa (Cooling Water), dan media panas memakai uap panas sebagai pemanas (Superheated Steam). [3] High pressure heater adalah sebuah closed feedwater heater yang merupakan salah satu komponen di dalam instalasi suatu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Alat ini berfungsi untuk memanaskan air pengisi boiler feedwater sebelum air tersebut memasuki boiler.[4] permasalahan yang sering terjadi pada High Pressure Heater yaitu kebocoran pada tube sehingga dilakukan plugging tube (pentupan sisi inlet dan outlet feed water) yang menyebabkan kinerja High Pressure Heater kurang optimal. Penelitian ini akan membahas pengaruh jumlah plugging tube terhadap Efektivitas High Pressure Heater 5 dikaitkan dengan spesifikasi di PLTU Ombilin.

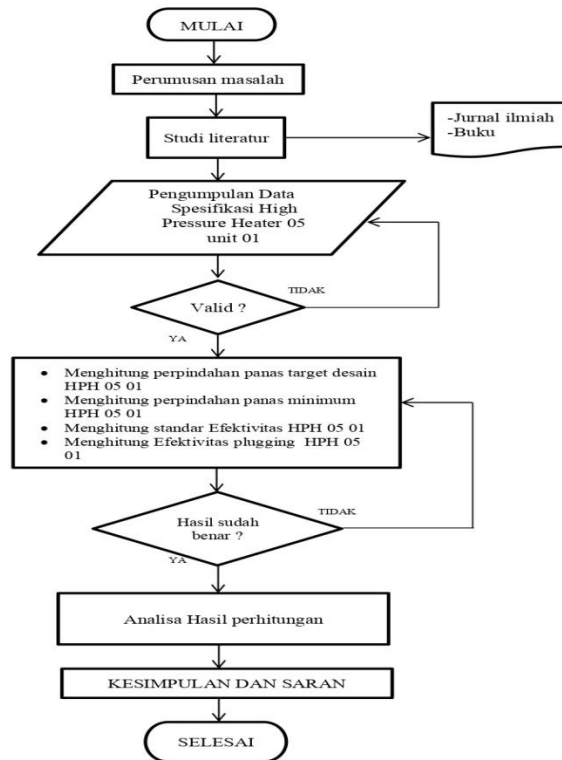


Gambar 1. Heat Exchanger tipe shell and Tube

## 2. METODE PENELITIAN

### Diagram Alir

Diagram alir ini menjelaskan proses yang dilakukan secara sistematis. Proses penelitian dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam perhitungan penelitian ini merupakan data spesifikasi *High Pressure Heater 5* yang didapatkan dari manual book GE Alstom PLTU Ombilin.

Tabel 1 Data Operasi dan data spesifikasi

Parameter	Notasi	Performance Test	Satuan
Feed water flow	Mc	386,42	T/h
Feed water pressure in	Pci	119	Bar
Feed water pressure out	Pco	118	Bar
Feed water inlet temperature	Tci	191,1	°C
Feed water outlet temperature	Tco	219,3	°C
Enthalpy feed water in	Hin	817,420	KJ/kg
Enthalpy feed water out	Hout	943,264	KJ/kg
Steam flow	Mh	38,0409	T/h
Steam pressure	Pin	27,5	Bar
Enthalpy steam in	Hin	3088,853	KJ/kg
Enthalpy steam out	Hout	861,860	KJ/kg
Steam inlet temperature	Thi	366	°C
Steam outlet temperature	Tho	202	°C
Number of Tube	N	458	-
Diameter Tube	D	15,88	Mm
Panjang Tube	L	10,5	m

## Perhitungan

Selanjutnya dilakukan perhitungan heat transfer dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari studi kepustakaan. Dari data diatas dapat dilihat target desain perpindahan panas yang diizinkan oleh pabrikan.

$$Q = (mh_{in} \times h_{in}) - (mh_{out} \times h_{out}) \quad (1)$$

Q merupakan total perpindahan panas pada HPH (W),  $mh_{in}$  adalah laju alir massa uap masuk HPH (kg/s),  $h_{in}$  adalah entalpi uap masuk (kJ/kg),  $mh_{out}$  adalah laju alir massa uap keluar HPH (kg/s), dan  $h_{out}$  adalah entalpi uap keluar (kJ/kg). Selanjutnya melakukan perhitungan jumlah plugging maksimal yang diizinkan dengan persamaan LMTD atau Log Mean Temperature Different. sebelum melakukan perhitungan dengan rumus tersebut, harus mencari nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh dengan (U) dengan persamaan:

$$Q = U \times A \times F \times \Delta T_{LMTD_{CF}} \quad (2)$$

Nilai U merupakan koefisien perpindahan ppanas menyeluruh pada HPH ( $W/m^2 K$ ), A adalah luar area perpindahan panas ( $m^2$ ), F adalah faktor koreksi untuk heat exchanger untuk tipe shell and tube, dan  $\Delta T_{LMTD}$  merupakan log mean temperature difference.

$$U = \frac{1}{(1/h_i) + (1/h_o)} \quad (3)$$

$$\Delta T_{LMTD}, CF = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln(T_{hi} - T_{co}) / (T_{ho} - T_{ci})} \quad (4)$$

$T_{hi}$  merupakan temperatur uap masuk,  $T_{ho}$  merupakan temperatur uap keluar,  $T_{ci}$  temperatur feedwater masuk dan  $T_{co}$  temperatur feed water keluar. Selanjutnya menghitung standar Efektivitas High Pressure Heater yang diizinkan atau batasan yang diizinkan agar High Pressure Heater tetap Efektif, dengan rumus

$$\varepsilon = \frac{Q_{in}}{Q_{out}} \quad (5)$$

$$Q_{in} = mc \times (T_{co} - T_{ci}) \quad (6)$$

$$Q_{out} = mh \times (T_{ho} - T_{hi}) \quad (7)$$

Selanjutnya menghitung Efektivitas jumlah plugging tube dengan rumus:

$$\varepsilon = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \quad (8)$$

$$\varepsilon = \frac{U \times A_{ct} \times F \times \Delta T_{LMTD}}{U \times A_{max} \times F \times \Delta T_{LMTD}} \quad (9)$$

Nilai U merupakan koefisien perpindahan ppanas menyeluruh pada HPH ( $W/m^2 K$ ),  $A_{ct}$  adalah luar area perpindahan panas aktual ( $m^2$ ),  $A_{max}$  adalah luar area perpindahan panas maksimal tanpa plugging ( $m^2$ ).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa penurunan Heat Transfer

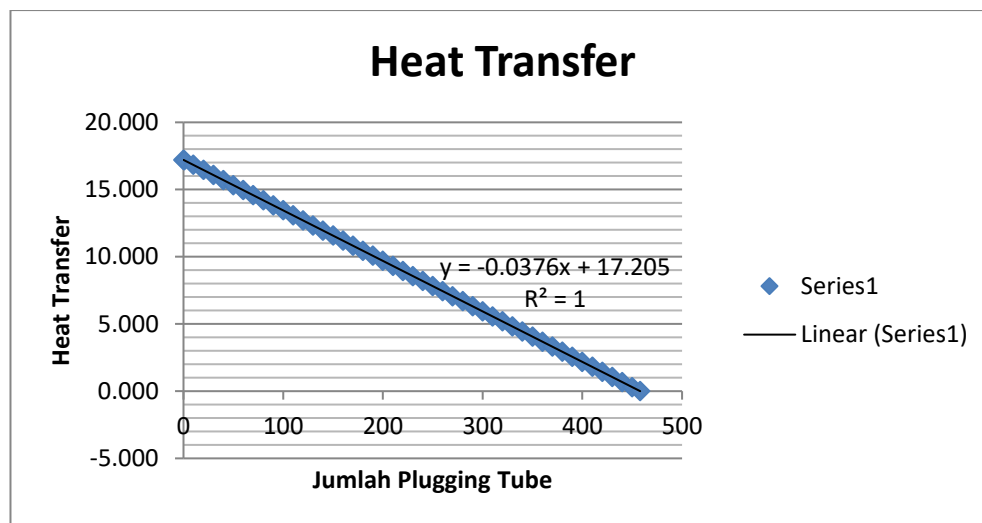
Untuk mengetahui pengaruh jumlah plugging tube terhadap efektivitas yang terjadi kita dapat simulasikan pada tabel dibawah ini dengan rumus.

Tabel 2 Simulasi perhitungan heat transfer

NO	Plug	Tube Aktif	Surface Area	Heat transfer (MW)	Penurunan heat transfer (MW)
1.	0	458	239,79	17,206	0
2.	1	457	239,27	17,168	0,038
3.	10	448	234,56	16,830	0,376
4.	20	438	229,32	16,454	0,752
5.	30	428	224,09	16,078	1,128
6.	40	418	218,85	15,703	1,503
7.	50	408	213,61	15,703	1,503
8.	60	398	208,38	15,327	1,879
9.	70	388	203,14	14,951	2,255
10.	80	378	197,91	14,576	2,63
11.	90	368	192,67	14,200	3,006
12.	100	358	187,44	13,824	3,382
13.	110	348	182,20	13,449	3,757
14.	120	338	176,96	13,073	4,133
15.	130	328	171,73	12,697	4,509
16.	140	318	166,49	11,946	5,26
17.	150	308	161,26	11,570	5,636
18.	160	298	156,02	11,195	6,011
19.	170	288	150,79	10,819	6,387
20.	180	278	145,55	10,443	6,763
21.	190	268	140,32	10,068	7,138

22.	200	258	135,08	9,629	7,557
23.	210	248	129,84	9,316	7,89
24.	220	238	124,61	8,941	8,265
25.	230	228	119,37	8,565	8,641
26.	240	218	114,14	8,189	9,017
27.	250	208	108,90	7,814	9,392
28.	260	198	103,67	7,438	10,068
29.	270	188	98,43	7,062	10,144
30.	280	178	93,19	6,687	10,519
31.	290	168	87,96	6,311	10,895
32.	300	158	82,72	5,935	11,271
33.	310	148	77,49	5,560	11,646
34.	320	138	72,25	5,184	12,002
35.	330	128	67,02	4,808	12,398
36.	340	118	61,78	4,432	12,774
37.	350	108	56,54	4,057	13,149
38.	360	98	51,31	3,681	13,525
39.	370	88	46,07	3,305	13,901
40.	380	78	40,84	2,930	14,276
41.	390	68	35,60	2,554	14,652
42.	400	58	30,37	2,178	15,028
43.	410	48	25,13	1,803	15,403
44.	420	38	19,90	1,427	15,779
45.	430	28	14,66	1,051	16,155
46.	440	18	9,42	0,676	16,529
47.	450	8	4,19	0,300	16,906

Gambar grafik di bawah merupakan analisis hasil penurunan heat Transfer dengan jumlah plugging tube yang berbeda dengan menggunakan rumus di atas.



Gambar 2 . Grafik Penurunan Heat Transfer

Pada Gambar 2 grafik penurunan heat transfer Apabila dilihat dari hubungan plugging dan heat transfer terlihat bahwa semakin banyak plugging pada High Pressure Heater (HPH) 5 heat transfer yang dihasilkan akan berkurang, maka dari itu dalam menentukan jumlah plug yang akan di pasang harus diperhatikan agar tidak mengganggu performa dari peralatan tersebut. Namun jika jumlah plug yang dipasang melebihi batas maksimal maka retubing merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan dan jika sudah tidak memungkinkan lagi dilakukan retubing maka harus dilakukan penggantian komponen High Pressure Heater secara menyeluruh dengan mempertimbangkan keefektivannya. Pada PLTU Ombilin actual jumlah plugging tube sebanyak 40 tube dengan heat transfer sebesar 15,703 MW dan penurunan heat transfer sebesar 1,503 MW.

#### Analisis pengaruh Efektivitas Jumlah Plugging Tube

Untuk mengetahui pengaruh jumlah plugging tube terhadap efektivitas yang terjadi kita dapat simulasi pada tabel dibawah ini dengan rumus.

Tabel 3 Simulasi perhitungan Efektivitas plugging

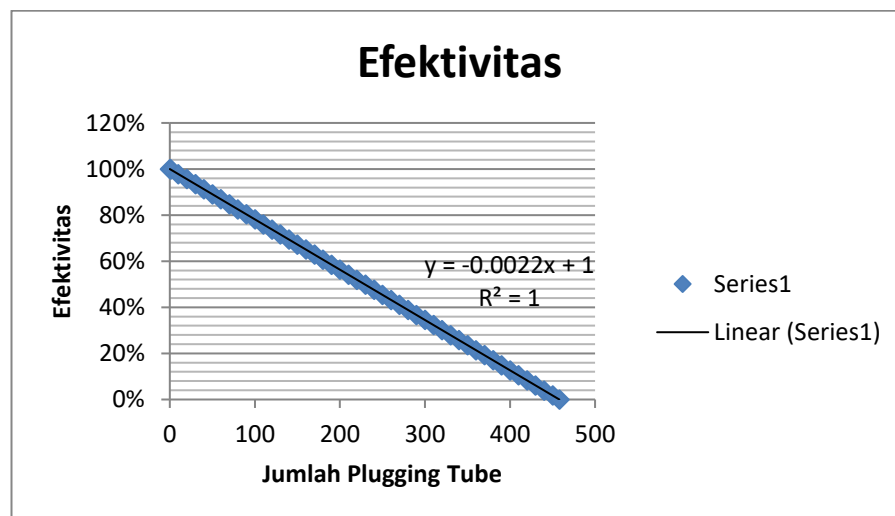
NO	Plug	Heat transfer (MW)	Evektifitas	Penurunan heat transfer (MW)
1.	0	17,206	100%	0%
2.	1	17,168	99,8%	0,2%
3.	10	16,830	97,8%	2,2%
4.	20	16,454	95,6%	4,4%
5.	30	16,078	93,4%	6,5%
6.	40	15,703	91,3%	8,7%
7.	50	15,327	89,1%	10,1%
8.	60	14,951	86,9%	13,1%

9.	70	14,576	84,7%	15,3%
10.	80	14,200	82,5%	17,5%
11.	90	13,824	80,3%	19,6%
12.	100	13,449	78,2%	21,8%
13.	110	13,073	76,0%	24%
14.	120	12,697	73,8%	26,2%
15.	130	12,322	71,6%	28,4%
16.	140	11,946	69,4%	30,6%
17.	150	11,570	67,2%	32,7%
18.	160	11,195	65,1%	34,9%
19.	170	10,819	62,9%	37,1%
20.	180	10,443	60,7%	39,3%
21.	190	10,068	58,5%	41,5%
22.	200	9,692	56,3%	43,7%
23.	210	9,316	54,1%	45,9%
24.	220	8,941	52,0%	48%
25.	230	8,565	49,8%	50,2%
26.	240	8,189	47,6%	52,4%
27.	250	7,814	45,4%	54,6%
28.	260	7,438	43,2%	56,8%
29.	270	7,062	41,0%	59%
30.	280	6,687	38,9%	61,1%
31.	290	6,311	36,7%	63,3%
32.	300	5,935	34,5%	65,5%
33.	310	5,560	32,3%	67,7%
34.	320	5,184	30,1%	69,9%
35.	330	4,808	27,9%	72,1%
36.	340	4,432	25,8%	74,8%



37.	350	4,057	23,6%	76,4%
38.	360	3,681	21,4%	78,6%
39.	370	3,305	19,2%	80,8%
40.	380	2,930	17,0%	83%
41.	390	2,554	14,8%	85,2%
42.	400	2,178	12,7%	87,3%
43.	410	1,803	10,5%	89,5%
44.	420	1,427	8,3%	91,7%
45.	430	1,051	6,1%	93,9%
46.	440	0,676	3,9%	96,1%
47.	450	0,300	1,7%	98,3%

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan grafik pengaruh jumlah plugging tube terhadap Efektivitas



Gambar 3. Efektivitas Jumlah Plugging Tube

Pada grafik 3 Apabila dilihat dari hubungan Efektivitas dan banyaknya plugging terlihat pada grafik semakin banyak jumlah plugging maka Efektivitas yang dihasilkan High Pressure Heater (HPH) semakin menurun. Pada HPH 5 nilai saat jumlah plugging 0 nilai efektifitas yang dihasilkan 100% namun saat jumlah plugging bertambah nilai efektifitas pun menuru, saat jumlah plugging 440 nilai efektifitas yang dihasilkan 0% menandakan bahwa High Pressure Heater sudah tidak efektif lagi. Pada PLTU Ombilin jumlah maksimal plugging tube 10% dari jumlah tube keseluruhan yang di izinkan pabrikan. Namun dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan rumus hasil menunjukkan bahwa efektivitas standar High Pressure Heater sebesar 57% maka jumlah plugging maksimal yang diizinkan adalah 43%. Pada kondisi actual jumlah plugging tube pada High Pressure Heater 05 unit 01 sudah 40 tube dari jumlah tube maksimal, dimana nilai Efektivitas sebesar 91,3 %. Kondisi yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai efektifitas heatexchanger adalah selisih nilai antara laju perpindahan panas actual ( $Q_{act}$ ) dan laju perpindahan panas maksimal ( $Q_{max}$ ).

Semakin besar selisih nilainya maka semakin kecil nilai efektifitas yang didapat. Sebaliknya semakin kecil selisih nilainya maka semakin besar nilai efektifitas yang didapat.

Besarnya nilai effectiveness ini berkisar antara 0 sampai dengan 1. Semakin besar nilai effectiveness suatu heat exchanger maka kemampuan mentransfer panas dari heat exchanger ini akan semakin bagus karena nilai laju perpindahan panas aktualnya mendekati jumlah energi panas yang dapat dipindahkan [5]

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang “Analisa Pengaruh Jumlah Plugging Tube Terhadap Efektivitas Dikaitkan Dengan spesifikasi High Pressure Heater 04 unit 01 Di PLTU Ombilin” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengambilan data dan perhitungan tentang perpindahan panas High Pressure Heater (HPH) 5 unit 01 PLTU Ombilin dapat diketahui bahwa High Pressure Heater (HPH) memiliki heat transfer minimum sebesar 17,2060 MW sedangkan target desain pabrikan  $\pm 235,08138$  MW.
2. Pengaruh jumlah plugging terhadap perpindahan panas yang terjadi pada peralatan High Pressure Heater dapat disimpulkan bahwa peralatan HPH memiliki heat transfer minimum sebesar 17,2060 MW dan heat transfer maksimum sebesar  $\pm 235,08138$  MW. Penambahan jumlah plug berpengaruh pada penurunan heat transfer yang terjadi, yang mana setiap penambahan 1 plug akan menurunkan heat transfer sebesar 0,077 W.
3. High Pressure Heater (HPH) PLTU Ombilin 5 unit 01 apabila tidak terdapat plug memiliki Efektivitas 100% sedangkan bila terdapat 1 plug dapat menurunkan Efektivitas 0,2% dengan nilai Efektivitas 99,8%. Plug maksimal yang di izinkan menurut standar adalah 10% dari total 485 tube setara dengan 45 tube, namun dari hasil perhitungan standar Efektivitas High Pressure Heater didapatkan jumlah plugging maksimal yang diizinkan sebesar 43% dari 458 setara dengan 197 tube. Jumlah tube yang telah di plugging 40 tube jika melebihi batas maksimal yang di izinkan maka harus dilakukan retubing atau melakukan penggantian komponen secara menyeluruh dengan mempertimbangkan biaya yang dibutuhkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN (persero) Unit Pembangkitan Ombilin yang telah mendukung dan memberikan data pendukung penelitian ini dan seluruh jajaran jurusan teknik mesin yang sudah memberi dukungan.

#### REFERENSI

1. H. Abbas, J. Jamaluddin, M. Arif, and A. Amiruddin, “Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu,” *ILTEK J. Teknol.*, vol. 14, no. 01, pp. 2024–2028, 2019, doi: 10.47398/iltek.v14i01.362.
2. A. S. Fata and Fajriani, “Analisis siklus uap pltu pangkalan susu pt indonesia power,” *J. Hadron*, vol. 1, no. 01, pp. 9–11, 2019.
3. R. Junsupratyo, F. P. Sappu, and A. M. . Lakat, “Analisis Efisiensi Efektif HPH Tipe Vertikal U Shape Di PLTU Amurang Unit 1,” *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 37–45, 2018.
4. S. Herbirowo and I. Ismail, “Analisis Kerusakan Material pada High Pressure Heater Terhadap Sumbatan Produk Korosi di Pembangkit Tenaga Uap,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, pp. 1–5, 2018.
5. K. M. Putra, “Evaluasi Efektivitas High Pressure Heater Pada PLTU Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin Unit I,” *STT-PLN*, 2019.
6. Arash. (2019). Pengaruh Tubes Plugging Terhadap Kinerja Kondensor Unit 1 PLTU Adipala 1X660 MW PT PLN (Persero). ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) *Jurnal Online Internasional & Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*, 53(9), 1689–1699. [www.journal.uta45jakarta.ac.id](http://www.journal.uta45jakarta.ac.id)
7. Cengel, Y. A. (2008a). *Introduction to thermodynamics and heat transfer*.
8. Cengel, Y. A. (2008b). *Thermodynamics and Heat Transfer (2nd ed.)*. McGraw-Hill Inc.