

Analisis Eksergi Kondensor Pada Pltu Batu Bara Kapasitas 65 Mw Bukit Asam

Egi Robby Anggara^{1*}, Yogi Sirodz Gaos¹, Irvan Wiradinata¹

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: egirobby29@gmail.com

ABSTRAK

Analisis eksergi kondensor pada pltu batu bara kapasitas 65 mw bukit asam kebutuhan energi semakin meningkat, sumber energi untuk pembangkit listrik tenaga uap dapat dimanfaatkan di Indonesia. sayangnya sumber energi di negara ini juga menipis. Meskipun pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) telah berkembang, itu adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap batubara untuk meminimalkan penggunaan bahan bakar, tetapi masih di beberapa bagian ada ledakan sempurna yang ditakuti karena banyak sumber energi yang terbuang sehingga Analisis diperlukan agar setiap energi yang keluar dapat diketahui dan meminimalkan kerugian yang terbuang terutama pada komponen turbin turbin pada kondensor PLTU dapat ditinjau sebagai ketidak sempurnaan pada sistem. Sebuah sistem tidak mungkin sempurna atau tidak ada losses sama sekali karena proses nya yang terus menerus menjadikan sebuah sistem tersebut menghasilkan energi yang terbuang pada saat proses berlangsung. *Losses* terbesar terjadi pada pengambilan data ke 30 yaitu sebesar 43240,98 kW dengan *losses* rata rata sebesar 124401,6 kW

Kata kunci : eksergi; efisiensi; kondensor; kerugian; PLTU

ABSTRACT

Exergy analysis of the condenser at a coal power plant with a capacity of 65 MW Bukit Asam energy needs are increasing, energy sources for steam power plants can be utilized in Indonesia. Unfortunately, the energy resources in this country are also running low. Although the steam power plant (PLTU) has developed, it is a power plant that uses coal steam power to minimize the use of fuel, but still in some parts there is a perfect explosion that is feared because many sources of energy are wasted so Analysis is needed so that every energy that comes out can be known and minimize wasted losses, especially in the turbine components of the PLTU condenser, which can be viewed as imperfections in the system. A system may not be perfect or there are no losses at all because the continuous process makes a system produce wasted energy during the process. The biggest losses occurred in the 30th data collection, which was 43240.98 kW with an average losses of 124401.6 kW

Keywords : condenser; exergy; efisiensi; losses; PLTU

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) banyak kita temukan untuk mengubah energi uap menjadi energi gerak. Pada kehidupan sehari – hari sering kita jumpai bahwa konsep memasak air yang dipanaskan , sehingga menghasilkan uap yang bisa dimanfaatkan untuk energi gerak Sehingga, secara prinsip PLTU adalah alat yang diciptakan dengan memanfaatkan panas yang dapat diubah menjadi uap untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik Untuk itu tidak berlebihan jika listrik dikatakan sebagai salah satu kebutuhan utama bagi penunjang dan

pemenuhan kebutuhan manusia.(Laksono, Sonni and Mahendra, 2014)

Eksergi adalah jumlah maksimum kerja yang diperoleh ketika aliran materi dibawa dari keadaan awal menuju keadaan mati (*dead state*) melalui proses yang melibatkan interaksi hanya dengan lingkungan Suatu sistem dikatakan berada dalam *dead state* ketika berada dalam kesetimbangan termal, Dalam analisis penting untuk memahami perbedaan antara energi dan eksergi. kualitas dan kuantitas energi yang digunakan untuk mencapai tujuan tertentu dan kenyataannya akan dicapai penggunaan yang efisien dan efektif sumber. Salah satu kegunaan

utama dari konsep eksergi adalah keseimbangan eksergi dalam analisis sistem termal. Analisis eksergi dapat dipandang sebagai pernyataan hukum energi degradasi (Priambodo, Dewita and Irianto, 2015)

Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air, Prinsip kerja Kondensor proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (*tubes*). Uap mengalir di luar pipa-pipa (*shell side*) sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa-pipa (*tube side*). Kondensor seperti ini disebut kondensor tipe surface (permukaan). Kebutuhan air untuk pendingin di kondensor sangat besar sehingga dalam perencanaan biasanya sudah diperhitungkan. (Mochamad isya anshori, 2015)

Untuk memperoleh hasil yang baik maka alat penukar kalor harus dirancang dengan cara seksama dan seoptimal mungkin. Oleh karena itu penguasaan metode perancangan sebuah alat penukar kalor menjadi sangat penting karena akan memberikan kontribusi yang sangat besar kepada upaya peningkatan *performance* instalasi industri, yang berarti juga kepada upaya penghematan energi terutama di sektor industri. (Ihsan, 2018).

Kondensor merupakan salah satu komponen alat penukar kalor yang fungsi utamanya adalah mengembunkan uap buang dari turbin menjadi fase cair melalui perpindahan panas dari uap ke air pendingin sehingga dihasilkan air umpan berkualitas tinggi untuk digunakan kembali dalam siklus. (Prihastuty and Soekardi,)

Uap dari turbin mengalir ke kondensor. Ini kemudian dikondensasi dengan air pendingin dari menara pendingin. Uap buang berubah dari gas menjadi air - ini dikenal sebagai air kondensat. Air kondensat kemudian dipompa ke sisi atas menara pendingin dengan dua pompa. Pompa sirkulasi utama (MCWP) mengirimkan kondensat ke sistem pendingin dengan sistem kipas angin. Ini berarti bahwa air panas dijatuhkan ke baskom yang lebih rendah melalui nozel, di mana air mengenai udara yang digerakkan oleh kipas. Air dingin di bak bawah kemudian digunakan untuk mendinginkan uap buang di kondensor. (ULUM et al., 2017).

Fungsi kondensor pada sistem pendinginan kompresi uap adalah untuk mengembunkan uap refrigeran bertekanan tinggi (superheated vapor). Uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi

pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan cara mendinginkannya dengan medium pendingin. Medium pendinginyang umumnya digunakan adalah air dan udara. Panas dari refrigeran akan meningkatkan suhu medium pendingin yang sesuai dengan persamaan. (Suhu, Laju and Uap, 2015) laju panas dari kondensor dapat digambarkan dalam persamaan

$$Q_e = \dot{m} (h_1 - h_4) \tag{1}$$

Dimana h_1 dan h_4 adalah entalpi dari fluida kerja pada masukan dan keluaran kondensor. Laju *exergy* dari kondensor didefinisikan dalam persamaan

$$\dot{I}_c = T_o \dot{m} (1 - X_1) \left[(S_1 - S_7) - \frac{(h_1 - h_7)}{T_L} \right] \tag{2}$$

Dimana S_1 dan S_7 adalah spesifik entropi dari fluida kerja pada masukan dan keluaran kondensor, dan T_L adalah temperature dari temperature terendah reservoir.

Proses tertentu seperti throttling, transfer panas, ekspansi dan gesekan tidak termasuk kerugian energi tetapi mereka menurunkan kualitas energi dan kemampuannya untuk melakukan kerja dan oleh karena itu termasuk kerugian eksergi. (Aziz, 2011) untuk aliran materi, total aliran eksergi, dapat dinyatakan sebagai:

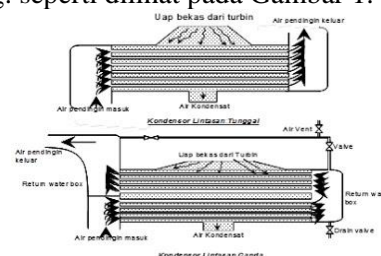
$$E_{total} = EKE + EPE + EPH + ECH \tag{3}$$

Dimana :

- EKE = Eksergi Kinetik
- EPE = Eksergi Potensial
- EPH = Eksegi Fisika
- ECH = Eksergi Kimia

METODE PENELITIAN

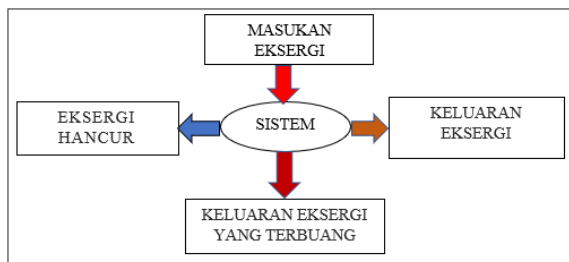
Penelitian ini dilakukan di PLTU Bukit asam Palembang, Sumatera selatan pada alat kondensor PLTU 65 MW yang mempelajari tentang, seperti dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondensor pada PLTU 65 MW

Fungsi kondensor pada sistem pendinginan kompresi uap adalah untuk mengembunkan uap refrigeran bertekanan tinggi (superheated vapor). Uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan cara mendinginkannya dengan medium pendingin.

Aliran eksergi melalui sistem atau proses. Salah satu kegunaan utama dari konsep eksergi adalah keseimbangan eksergi dalam analisis sistem termal. Keseimbangan eksergi (analisis eksergi) dapat dipandang sebagai pernyataan hukum energi yang teliti terhadap proses termal dengan menggunakan analisis eksergi memungkinkan identifikasi sumber inefisiensi dan limbah yang menyebabkan perbaikan desain dan penghematan yang dihasilkan. Eksergi sebuah aliran (stream) adalah sifat dari keadaan aliran dan keadaan lingkungan. Sekali suatu sistem berada dalam kesetimbangan dengan lingkungannya, maka sistem tersebut tidak mungkin lagi untuk menggunakan energi dalam sistem tersebut untuk menghasilkan kerja. Pada kondisi ini, eksergi dari suatu sistem telah dimusnahkan sepenuhnya. (Anwar, Basri and Tobe, 2018) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Aliran Eksergi Melalui Sistem

Dapat dilihat metode analisis eksergi menunjukkan kualitas dan kuantitas kerugian panas dan lokasi degradasi energi (mengukur dan mengidentifikasi penyebab degradasi energi). Sebagian besar kasus ketidak sempurnaan termodinamika tidak dapat dideteksi dengan analisis energi. Proses tertentu seperti throttling, transfer panas, ekspansi dan gesekan tidak termasuk kerugian energi tetapi mereka menurunkan kualitas energi dan kemampuannya untuk melakukan kerja dan oleh karena itu termasuk kerugian eksergi

Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan yang bertempat di PLTU bukit asam Palembang, Sumatera Selatan Dan di PT. Intan Prima Kolarindo yang berlokasi JL.Tekno Raya, Blok B1F Kawasan Industri Jababeka, Cikarang-Jawa Barat.

Alat

Berikut alat-alat yang digunakan dalam analisis eksergi pada kondensor yaitu:

a. Termometer

Sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur sebuah tekanan fluida yang bisa berupa gas atau cair, dalam sebuah tabung tertutup. Untuk satuan pengukurannya sendiri dikenal dengan istilah psi atau *pound per square inch*, ada juga psf atau *pound per square foot*, mmHg atau *millimeter of mercury*, inHg atau *inch of mercury*, bar, hingga atm atau atmosphere.



Gambar 3. Termometer

b. Pressure Gauge

Pressure Gauge adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur sebuah tekanan fluida atau gas.



Gambar 4. Pressure gauge

c. *Flow Meter*

Flow meter adalah suatu alat ukur pengujian berupa laju aliran yang ditempatkan pada pompa dan *valve*.



Gambar 4. *Flow meter*

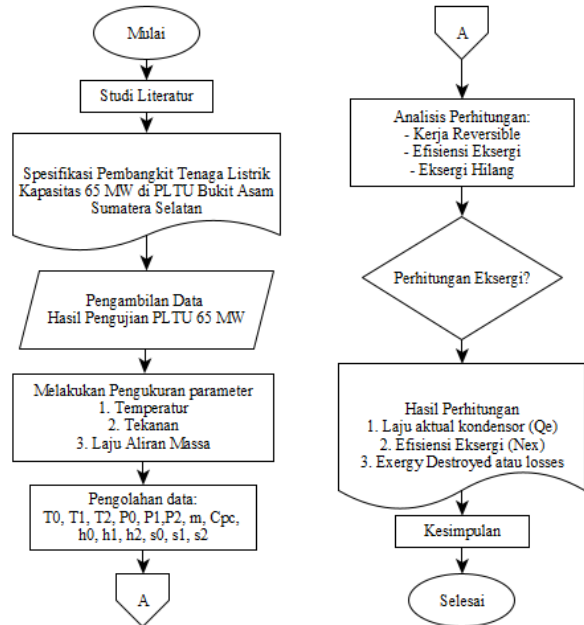
d. *Multimeter*

Multimeter adalah suatu alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan, hambatan, arus dan juga dapat mengukur suhu yang ada pada lingkungan sekitar.



Gambar 5. *Multimeter*

Adapun tahapan penelitian ini dilakukan berdasarkan alur flowchart seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beikut ini adalah data yang dikumpulkan berdasarkan pengambilan data per jam.

Tabel 1. Data Sistem Kondensor Untuk Analisis Eksergi April-Mei 2019

No	Data	To (°C)	Thin (°C)	T _{inout} (°C)	T _{cin} (°C)	T _{cout} (°C)	m _h (kg/s)	m _c (kg/s)
(03 APR 19)	09.00	29	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	10.03	29	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,9
	12.00	28	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
(12 APR 19)	09.00	28	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	10.00	28	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	11.00	29	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	12.08	31	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	13.00	30	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
(22 APR 19)	13.56	31	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	12.00	24	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	13.00	22	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
(16 MEI 19)	11.00	22	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	14.00	23	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	14.00	31	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
(17 MEI 19)	09.00	27	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	10.00	28	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	11.00	31	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	13.00	33	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	14.00	33	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
(18 MEI 19)	09.00	29	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	10.00	31	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	11.00	29	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	11.30	30	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	12.00	30	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
(19 MEI 19)	14.00	32	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	09.20	29	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	10.03	29	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8
	11.00	30	516.9	143,19	34,6	262,96	21,66	87,8

Tabel 2. Data entalpi dari energi dalam sistem april-mei

No	ho (kj/kg)	hHin (kj/kg)	Hhout (kj/kg)	Hcout (kj/kg)	Hcin (kj/kg)
1	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
2	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
3	115,382	3440,83	602.804	11,49	145,354
4	115,382	3440,83	602.804	11,49	145,354
5	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
6	125,936	3440,83	602.804	11,49	145,354
7	122,418	3440,83	602.804	11,49	145,354
8	125,936	3440,83	602.804	11,49	145,354
9	101,31	3440,83	602.804	11,49	145,354
10	104,828	3440,83	602.804	11,49	145,354
11	111,864	3440,83	602.804	11,49	145,354
12	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
13	125,936	3440,83	602.804	11,49	145,354
14	111,864	3440,83	602.804	11,49	145,354
15	115,382	3440,83	602.804	11,49	145,354
16	125,936	3440,83	602.804	11,49	145,354
17	132,972	3440,83	602.804	11,49	145,354
18	132,972	3440,83	602.804	11,49	145,354
19	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
20	125,936	3440,83	602.804	11,49	145,354
21	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
22	122,418	3440,83	602.804	11,49	145,354
23	122,418	3440,83	602.804	11,49	145,354
24	129,454	3440,83	602.804	11,49	145,354
25	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
26	118,9	3440,83	602.804	11,49	145,354
27	3516,195	3440,83	602.804	11,49	145,354

Tabel 3. Data entropi dalam sistem kondensor april-mei

So kj/kg °c	sHin (kj/kg °c)	Shout (kj/kg °c)	Scout (kj/kg °c)	Scin (kj/kg °c)
0,4144	6.880	177.215	3,6558	0,4996
0,4144	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4026	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4026	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4144	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,438	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4262	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,438	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,3554	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,3672	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,3672	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4144	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,438	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,3908	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4026	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,438	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4616	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4616	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4144	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,438	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4144	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4262	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4262	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4498	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4144	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4144	6.880	1,216	3,6558	0,4996
0,4262	6.880	1,216	3,6558	0,4996

Hasil Perhitungan Manual

Analisis Eksergi sistem kondensor PLTU pembahasan dari rata-rata data ditentukan sebagai berikut :

Hot Stream (Aliran Panas)

Besarnya perpindahan kalor dari fluida kerja, laju perpindahan eksergi dihubungkan dengan laju aliran panas, ke fluida dingin dapat dihitung dengan persamaan (2.4 Dan 2.5) sebagai berikut :

Hot Stream (Aliran Panas)

Besarnya perpindahan kalor dari fluida kerja, laju perpindahan eksergi dihubungkan dengan laju aliran panas, ke fluida dingin dapat dihitung dengan persamaan (2.4 Dan 2.5) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Ex_{H.in} &= (h_{H.in} - h_0) - T_0 (S_{H.in} - S_0) \\
 &= (3516.195 - 122.418) - 30^\circ C \\
 &\quad (7,8094 - 0.4262) \\
 &= 3172,281 \text{ kj/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ex_{H.out} &= (h_{H.out} - h_0) - T_0 (S_{H.out} - S_0) \\
 &= (412,99 - 122.418) - 30^\circ C \\
 &\quad (1.216 - 0,4262) \\
 &= 266,878 \text{ kj/kg}
 \end{aligned}$$

Cold Stream (Aliran Dingin)

Aliran dingin didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.16 dan 2.17)

$$\begin{aligned}
 Ex_{C.in} &= (h_{C.in} - h_0) - T_0 (S_{C.in} - S_0) \\
 &= (489,95 - 122,418) - 30^\circ C \\
 &\quad (1,49404 - 0,4262) \\
 &= 335,4968 \text{ kj/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ex_{C.out} &= (h_{C.out} - h_0) - T_0 (S_{C.out} - S_0) \\
 &= (294,94 - 122,418) - 30^\circ C \\
 &\quad (0,9605 - 0,4262) \\
 &= 156,493 \text{ kj/kg}
 \end{aligned}$$

Availability exergy (Ketersediaan Eksergi)

Untuk mengetahui besaran efisiensi eksergi dan exergy losses pada sistem kondensor, perlu diketahui terlebih dahulu kerja Availability Exergy pada keluaran kondensor

$$\begin{aligned}
 Ex_{H.in} &= Ex_{H.in} \text{ (kj/kg)} \times \dot{m}_{H.in} \text{ (kg/s)} \\
 &= 3172,281 \times 57,7 \text{ T/s} \\
 &= 183040,6 \text{ kj/kg}
 \end{aligned}$$

Availability work

Untuk mengetahui keadaan siap suatu mesin atau peralatan baik dalam jumlah kuantitas maupun kualitas

$$\begin{aligned}
 Ex_{H.out} &= Ex_{H.out} \text{ (kj/kg)} \times \dot{m}_{H.in} \text{ (kg/s)} \\
 &= 266,87 \times 57,7 \text{ T/s} \\
 &= 15398,39 \text{ kj/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ex_{C.in} &= (Ex_{C.out} - Ex_{C.in}) \text{ (kj/kg)} \times \dot{m}_C \\
 &= (156,493 - (-335,4968)) \times \\
 &\quad 87,89 \text{ T/s} \\
 &= 491,9898 \times 87,89 \\
 &= 43240,98 \text{ kj/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_h &= \frac{4965}{229,271} \\
 &= 21,66
 \end{aligned}$$

Exergy Losses (Kerugian Eksergi)

Exergy losses / Exergy Destroyed bisa didapat dari pengurangan kerja Availability dengan kerja aktual keluaran kondensor dapat ditulis dengan persamaan (2.19 Dan 2.20)

$$\begin{aligned}
 Ex_{loss} &= Ex_{H.in} - Ex_{H.out} - Ex_C \\
 &= 183040,6 - 15398,39 - \\
 &\quad 43240,98 \\
 &= 124401,6 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor dari fluida panas ke fluida dingin dapat dihitung memakai rumus dibawah ini yaitu :

$$\begin{aligned}
 \dot{q}_h &= \dot{m}_h \cdot C_{ph} \cdot \Delta T_h \\
 \dot{q}_c &= \dot{m}_{cw} \cdot C_{pcw} \cdot \Delta T_{cw} \\
 \dot{q}_{cw} &= \dot{m}_{cw} \cdot C_{pcw} \cdot \Delta T_{cw} \\
 &= 87,8 \times 7,737 \times 7,3 \\
 &= 4954 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Laju Perpindahan Kalor (Dingin)

Besarnya laju perpindahan panas ke fluida dingin dapat dihitung dengan rumus dibawah ini yaitu :

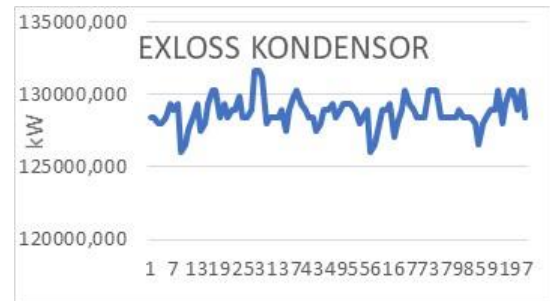
$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_c &= \dot{m}_{cw} \cdot C_{pcw} \cdot \Delta T \\
 \dot{Q}_c &= \dot{m}_{cw} \cdot C_{pcw} (T_{cw.in} - T_{h.out}) \\
 4954 &= 87,8 \times 7,7307 (34,6 - T_{h.out}) \\
 4954 &= 678,75 (34,6 - T_{h.out}) \\
 4954 &= 23484,75 - 678,75 T_{h.out} \\
 678,75 T_{h.out} &= \frac{23484,75}{4954}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{h.out} &= \frac{678,75}{4,7410} \\
 &= 143,19
 \end{aligned}$$

Perhitungan Laju Perpindahan Kalor (Panas)

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_c &= \dot{m}_h \cdot C_{ph} \cdot \Delta T_h \\
 \dot{m}_h &= \frac{\dot{Q}_c}{C_{ph} \cdot \Delta T_h} \\
 \dot{m}_h &= \frac{4965}{0,6135 (516,9 - 143,19)}
 \end{aligned}$$

Grafik Exergy Losses Berdasarkan Hasil Perhitungan



Gambar 5. Exergy losses

Exergy Destroyed / Losses (eksergi yang hilang) pada kondensor PLTU dapat ditinjau sebagai ketidak sempurnaan pada sistem. Sebuah sistem tidak mungkin sempurna atau tidak ada losses sama sekali karena proses nya yang terus menerus menjadikan sebuah sistem tersebut menghasilkan energi yang terbuang pada saat proses berlangsung. Losses terbesar terjadi pada pengambilan data ke 30 yaitu sebesar 43240,98 kW dengan losses rata rata sebesar 124401,6 kW.



Gambar 5. Efsec kondensor

Exergy Destroyed / Losses (eksergi yang hilang) pada kondensor PLTU dapat ditinjau sebagai ketidak sempurnaan pada sistem. Sebuah sistem tidak mungkin sempurna atau tidak ada losses sama sekali karena proses nya yang terus menerus menjadikan sebuah sistem tersebut menghasilkan energi yang terbuang pada saat proses berlangsung. Losses terbesar terjadi pada pengambilan data ke 30 yaitu sebesar 43240,98 kW dengan losses rata rata sebesar 124401,6 kW

Secara umum, semakin tinggi perbedaan temperatur lingkungan dan temperatur masukan fluida dingin pada kondensor, maka terjadi peningkatan efisiensi namun dalam hal ini, efisiensi kondensor juga dipengaruhi besar

kecilnya laju aliran masa. Pada sistem kondensor efisien dengan perbedaan temperatur lingkungan dan inlet fluida dingin kondensor mengalami perubahan.

Efisiensi paling rendah sebesar 79,95% terjadi pada temperature inlet fluida dingin dan temperature lingkungan sebesar 29°C dan 30°C dengan laju aliran masa 57,7 kg/s, dan efisiensi tertinggi 80% terjadi pada temperatur inlet fluida dingin dan temperature lingkungan sebesar 29°C dan 30°C dengan laju aliran masa 87,89 kg/s. Trend efisiensi pada kondensor cenderung menurun, hal tersebut bisa terjadi karena penurunan faktor lingkungan atau kualitas energi yang terpakai.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besaran aliran dingin pada Kondensor sebesar $Ex_{C.in}$ 335,4968 kJ/kg dan $Ex_{C.out}$ 156,493 kJ/kg .
2. Kerja Availability output pada Kondensor sebesar $Ex_{H.out}$ 15398,39 kJ/kg $Ex_{C.in}$ 43240,98 kJ/kg.
3. Besaran *Exergy Destroyed / Exergy losses* (eksergi yang hilang pada kondensor sistem pembangkit listrik tenaga uap kapasitas 124401,6 kW).
4. Besaran efisiensi eksergi pada
5. Kondensor sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) kapasitas 65 MW yaitu 32%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala PTKRN-BATAN atas ijinnya untuk melakukan Tugas Akhir dan penggunaan fasilitas di laboratorium Termohidrolik Eksperimental. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada anggaran DIPA PTKRN-BATAN tahun 2017 dan Hibah Luar Negeri, CRP IAEA 2017-2020 dengan nomor kontrak 20948.

DAFTAR PUSTAKA

- J. Lim, S.W. Choi, J. yang, D.Y. Lee, S. Rassame, T. Rassame, T. Hibiki, M. Ishii, Assessment of passive safety system performance undermain steam line break accident, *Annals of Nuclear Energy* 64 (2014) 287-294.
- A.K. Nayak, R.K. Sinha, Role of passive system in advance reactors, *Progres in Nuclear Energy* 49 (2007) 486-498.
- Tiara Indriawati, sistem pertanggung jawaban sipil dalam kecelakaan reaktor nuklir menurut hukum lingkungan internasional, Fakultas Hukum Universitas Andalas
- Ade Gafar Abdullah, Zaki Su'ud, analisis kecelakaan reaktor akibat kegagalan sistem pembuang panas pada reaktor nuklir generasi iv, *Jurnal Pendidikan Indonesia* 8 (2012) 106-114.
- Eckhard Krepper, Matthias BeyerForschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., (FZD) Institute of Safety, Experimental and numerical investigations of natural circulation phenomena in passive safety system for decay heat removal in large pools, *Nuclear Engineering and design* 240 (2010) 3170-3177.
- Mingjun Wang, Suizheng Qiu, Wenxi Tian, Guanghui Su, Yapei Zhang, The Comparison of designed water-cooled and passive residul heat removal system for 300 MW nuclear power plant during the feed-water line break scenario, *Annals of Nuclear Energy* 57 (2013) 164-172.
- Muh. Darwis Isnaini, Sukmanto D., Suroso, Geni R. S, Endiah P. Hastuti dan Muh. Subekti, Evaluasi parameter desain temohidrolika teras dan sub kanal PLTN AP1000 pada kondisi tunak, *Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir Tri Dasa Mega Volume 14, Nomor 1* (2012) 15-31.
- Mingjun Wang, Wenxi Tian, Suizheng Qiu, Guanghui Su, Yapei Zhang, an evaluation of designed passive core makeup tank (CMT) for China Pressurized Reactor (CPR1000), *Analns of Nuclear Energy* 56 (2011) 4504-4514.
- Jong-Ho Choi, Jhon Cleveland, Nuset Aksan, Improvement in understanding of natural circulation phenomena in water cooled nuclear power plants, *Nuclear Engineering and Design* 241 (2011) 4504-451