

## EVALUASI KINERJA *TURBINE CONDENSER E-2302* SEBELUM DAN SESUDAH DILAKSANAKAN *TURN AROUND 2016*

**Herdyana Yanunda Putri, Putri Adha Hidayanti, Vera Mardiana Margareta Pasaribu<sup>\*</sup>**

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Mulawarman  
Jl. Sambaliung No. 09 Kampus Gunung Kelua Samarinda, 75119

\*E-mail: verampasaribu@gmail.com

**Abstrak-** PT. Kaltim Parna Industri (KPI) merupakan pabrik ammonia dengan kapasitas 1.500 MPTD. Kemurnian produk yang dihasilkan sebesar 99,95% berat. Proses yang digunakan pada PT. KPI adalah Haldor Topsoe Process. Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi ammonia adalah gas alam (sebagai sumber H<sub>2</sub>) dan udara (sebagai sumber N<sub>2</sub>). PT. Kaltim Parna Industri memiliki dua unit utama yaitu unit proses produksi dan utilitas. Dalam unit proses produksi terdapat beberapa unit utama yaitu unit desulphurizer, reforming system terdiri dari primary dan secondary reformer, unit CO Converter yang terdiri dari High & Low Temperature CO Converter (HTS & LTS), unit CO<sub>2</sub>, unit methanator, dan ammonia converter. Pada unit utilitas memiliki unit-unit utama yaitu unit sea water intake, unit desalinasi, demineralisasi, daerator, Package Boiler, Water Heat Boiler, sea water cooling tower, waste water treatment system, klorinasi, STG dan emergency diesel denerator, N<sub>2</sub> generator, instrument air, dan storage tank. Turbine Condenser E-2302 mempunyai fungsi utama untuk mengkondensasikan steam low untuk memanfaatkan panas laten yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin steam-pump (TS/P-2301A/B). Koefisien transfer panas overall turbin kondensor E-2302 sebelum dilakukan Turn Around (TA) memiliki efisiensi sebesar 88,964% dan setelah dilaksakannya Turn Around (TA) sebesar 94,928% dengan teknik perhitungan koefisien tranfer panas overall menggunakan data panas dibanding dengan data luas permukaan dan LMTD (Log Mean Temperature Difference).

**Kata kunci :** Amoniak, Turbine Condenser E-2302, Evaluasi Kinerja

**Abstract-** PT. Kaltim Parna Industri (KPI) is an ammonia plant with a capacity of 1,500 MPTD. The purity of the products produced 99.95% by weight. The process that is used in PT. KPI is Haldor Topsoe Process. The raw material used to produce ammonia is natural gas (as a source of H<sub>2</sub>) and air (as a source of N<sub>2</sub>). PT. Kaltim Parna Industri has two main units of production processes and utilities. In the production process of the unit there are several major units, unit desulphurizer, reforming system consists of primary and secondary reformer, CO Converter unit consisting of High and Low Temperature CO Converter (HTS and LTS), CO<sub>2</sub> units, unit methanator, and ammonia converter. In the unit utility has main units, there are units of sea water intake, units of desalination, demineralization, daerator, Package Boilers, Water Heat Boiler, sea water cooling towers, waste water treatment system, chlorination, STG and emergency diesel denerator, N<sub>2</sub> generator, instrument water, and storage tanks. Turbine Condenser E-2302 has the main function to condense steam low to utilize the latent heat which is then used to drive a steam turbine-pump (TS / P-2301A / B). Overall heat transfer coefficient of turbine condenser E-2302 prior to Turn Around (TA) has an efficiency of 88.964% and after Turn Around (TA) of 94 928% with heat transfer coefficient calculation technique overalls using calor compared with area and LMTD (Log Mean Temperature Difference).

**Keywords:** Ammonia, Turbine Condenser E-2302, Performance Evaluation

### PENDAHULUAN

PT. Kaltim Parna Industri (PT. KPI) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi ammonia. Untuk memproduksi ammonia, bahan baku yang digunakan adalah metana yang disuplai dari PT. Pertamina dan Production Sharing Contractor (TOTAL, VICO, dan CHEVRON yang dahulu bernama UNOCAL) yang melalui tahap-tahap proses produksi hingga

menghasilkan produk ammonia cair. Untuk menunjang proses produksi ammonia, steam merupakan komponen penting yang sangat dibutuhkan untuk menghasilkan listrik, menggerakkan turbin, dan terlibat langsung dalam proses itu sendiri.

Di dalam sistem kompresi uap (vapor compression) kondensor adalah suatu komponen yang berfungsi untuk merubah fase dari uap

menjadi cairan. Dengan kata lain pada kondensor ini terjadi proses kondensasi. Pada *turbine condenser* E-2302 berfungsi untuk mengkondensasikan *steam low* untuk memanfaatkan panas laten yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan *turbin steam-pump* (TS/P-2301A/B).

Hal ini karena kinerja dari *turbine condenser* E-2302 sangat perlu diperhatikan supaya dapat mengetahui alat tersebut dapat mengkondensasikan *steam* panas menjadi *liquid* dengan baik atau tidak dan alat ini belum pernah dilakukan evaluasi kinerja sebelumnya.

Dalam penelitian ini evaluasi *performance* alat E-2302 dilakukan dengan menghitung *heat duty*, *velocity* dan *overall transfer coefficient (actual, Ua)*, dan *fouling factor* dari gas proses yang masuk kondensor E-2302. Dengan membandingkan *heat duty*, *velocity* dan *overall transfer coefficient (actual, Ua)* dan *fouling factor* desain dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi pemograman unisim.

Tujuan dari simulasi ini adalah mengetahui kinerja alat E-2302 dengan membandingkan *heat duty* dan *overall transfer coefficient Ud* (desig analisa menggunakan *excel* dan aplikasi perhitungan unisim setelah dan sebelum dilakukan TA (*turn around*)). Serta mengetahui nilai *fouling factor* pada E-2302.

Kondensor adalah alat pengatur panas, dengan proses perpindahan panas terjadi dari suatu fluida kerja yang temperaturnya tinggi ke fluida kerja yang temperaturnya rendah. Terjadi perubahan fasa dari fluida kerja bertemperatur tinggi pada kondisi tekanan dan temperatur konstan (uap ke cair). Tekanan dan temperatur uap adalah besaran yang mempunyai kaitan satu dengan yang lainnya, dimana untuk suatu harga temperatur tertentu akan didapat suatu harga tekanan uap yang tertentu pula. Pemakaian suatu kondensor memungkinkan suatu pendauran berkesinambungan fluida yang sama, berarti bahwa air yang dimurnikan dapat digunakan sebagai fluida kerja. Tujuan dalam penelitian ini adalah melakukan studi analisa pengaruh dari perubahan temperatur air pendingin masuk kondensor terhadap perubahan harga tekanan uap kondensor dan tingkat kevakuman kondensor.

Pemindahan panas dan proses kondensasi didalam kondensor dapat terjadi dalam dua cara, yaitu [4]:

1. Proses dengan bantuan air

Air digunakan untuk membantu mengambil panas dari refrigeran uap. Refrigeran uap yang mengalir dalam kondensor disimpan dalam suatu tempat atau air dilewatkan pada kondensor yang berisi refrigeran uap. Air masuk mempunyai temperatur lebih rendah

dibandingkan dengan temperatur refrigeran uap. Panas dari *refrigerant* uap dipindahkan ke air melalui dinding kondensor. Air tersebut membawa panas dari wadah melalui saluran ke luar. Jika medium pendingin yang digunakan adalah air, kelebihanannya adalah air mempunyai sifat membawa dan memindahkan panas yang jauh lebih baik daripada udara.

2. Proses dengan bantuan udara

Udara digunakan untuk membuang panas dari refrigeran uap melalui permukaan kondensor. Udara dihembuskan dengan menggunakan kipas ke permukaan kondensor. Karena udara lebih dingin dari refrigeran uap maka terjadi perpindahan panas dari refrigeran uap ke udara bebas melalui permukaan kondensor.

Kondensor merupakan salah satu alat penukar kalor yang berfungsi sebagai tempat kondensasi. Uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan cara mendinginkannya dengan media pendingin. Keseimbangan kalor pada kondensor dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Q_c = UA\Delta T = m_a.C_p.(T_o - T_i) \dots\dots\dots 2.1$$

Dari persamaan diatas laju aliran massa udara ( $m_a$ ) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$m_a = V.\rho = v.A.\rho \dots\dots\dots 2.2$$

dimana :

$v$  = kecepatan udara melewati kondensor, m/s

$\rho$  = densitas udara,  $kg/m^3$

Tipe-tipe kondensor menurut Handoko (1979) dalam bukunya menyatakan ada tiga macam tipe kondensor menurut pendinginannya, yaitu [1] :

1. Kondensor dengan pendinginan air (*water cooled*)

Kondensor dengan pendingin air mempunyai tiga tipe, yaitu *shell and tube*, *shell and coil*, dan *double tube*. Kondensor *shell and tube* (tabung dengan pipa) yang umum digunakan, air mengalir melalui bagian dalam pipa dan *refrigerant* dikondensasikan pada bagian tabung. Tipe kondensor *shell and coil* (tabung dengan *coil*) terdiri dari, lebih dari satu *spiral bare tube coil* yang ditutup dengan *shell* logam yang dilas (dipatri), terkadang menggunakan rusuk-rusuk. Air kondensasi disirkulasikan melalui *coils*, ketika *refrigerant* dimasukan pada *shell* dan mengelilingi *coils*. Uap *refrigerant* yang mempunyai suhu panas masuk melalui atas *coils*. Pada kondensor *double tube*, terdiri dari dua *tube* didesain dimana *tube* satu didalam *tube* yang lain. Air mengalir melalui pipa bagian dalam, ketika *refrigerant* mengalir berlawanan arah pada ruang antara dalam dan luar *tube*.

2. Kondensor dengan pendinginan udara (*air cooled*)

Faktor penting untuk menentukan kapasitas kondensor adalah:

- a. Luas permukaan yang didinginkan.
- b. Jumlah udara per menit yang dipakai untuk mendinginkan.
- c. Perbedaan suhu antara bahan pendingin dengan udara luar.

Pada kondensor dengan pendingin udara, panas dikurangi dengan udara menggunakan konveksi natural atau paksa. Kondensor terbuat dari baja, tembaga atau aluminium *tube* tersedia dengan rusuk-rusuk untuk meningkatkan perpindahan panas. Kondensor ini digunakan hanya untuk kapasitas mesin yang kecil.

3. Kondensor dengan pendinginan campuran air dan udara (*evaporative*)

Gas keluaran kondensor digunakan untuk menggerakkan turbin uap di pabrik PT. KPI. Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin dihubungkan baik secara langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung pada mekanisme yang digerakkan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, untuk pembangkit listrik, dan untuk transportasi. Pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) kerja mekanis yang dilakukan oleh turbin dikonversikan menjadi energi listrik pada generator. Dari generator inilah daya listrik disuplai kepada konsumen. Kebutuhan konsumen akan daya listrik ini bervariasi dari waktu ke waktu yang menyebabkan beban mekanis yang dipikul oleh poros turbin turut bervariasi pula. Perubahan pada beban mekanis ini menyebabkan perubahan langsung pada kerja yang dilakukan oleh poros turbin [7].

Komponen-komponen utama turbin [8] :

1. Rotor turbin merupakan bagian turbin yang bergerak. Rotor turbin terdiri dari rotor untuk tekanan tinggi, menengah dan rendah. Tiap rotor ditahan oleh dua bantalan journal (bantalan luncur).
2. Sudu-sudu turbin adalah sudu-sudu yang dipasang di sekeliling rotor membentuk suatu piringan. Sudu gerak adalah sudu yang bergerak berputar bersama poros turbin.

Komponen-komponen Pendukung Turbin [8] :

1. *Bearing* Bantalan (*bearing*) berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya didalam casing dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas.
2. *Main Stop valve* *Main Stop valve* adalah katup penutup cepat yang berfungsi untuk memblokir

aliran uap dari boiler ke turbin. Katup ini dirancang hanya untuk menutup penuh atau membuka penuh.

3. *Governor valve*. Katup ini berfungsi untuk mengontrol laju aliran uap ke turbin untuk mengendalikan putaran turbin.
4. *Reheat Stop Valve* (RSV). Fungsi utama Reheat stop valve adalah untuk menutup dengan cepat aliran steam dari reheater ke intermediate pressure turbin bila dalam keadaan bahaya.
5. *Intercept Valve*. *Interceptor valve* adalah peralatan untuk mengontrol putaran pada *intermediate pressure* turbin dan membatasi putarannya pada batas tertentu.
6. Katup ekstraksi satu arah adalah untuk mencegah turbin terhadap kemungkinan overspeed akibat aliran balik uap ekstraksi dari pemanas awal ke turbin atau *water induction* di turbin.
7. Katup ventilasi katup ventilasi berfungsi untuk menghubungkan saluran MSV dengan HP turbin dan RSV dengan IP turbin dengan kondensor.
8. Katup *drain* katup drain berfungsi untuk membuang air dari dalam saluran pipa-pipa uap. Karena adanya air dalam saluran uap dapat menyebabkan *water damage*, korosi, dan *water hammer*.
9. *Turning gear turning gear* berfungsi untuk memutar poros turbin ketika turbin *shutdown* dan *start*.
10. *High Pressure by pass valve*. *High pressure by pass valve* adalah katup yang berfungsi untuk mengalirkan *steam* dari *superheater* ketika turbin trip atau belum bekerja. *Steam* ini langsung dialirkan ke *reheater* untuk kemudian mengalami pemanasan ulang.
11. *Low pressure by pass valve*. *Low pressure by pass valve* adalah katup yang berfungsi untuk mengalirkan steam dari *reheater* ketika turbin trip. *Steam* ini langsung dialirkan ke kondensor.
12. *High Pressure Spray Valve*. *High Pressure spray valve* akan menyemprotkan air pendingin ke steam yang melalui HP bypass untuk menurunkan temperatur steam sebelum masuk ke reheater. Air yang digunakan untuk spray ini berasal dari BFPT. *Low Pressure Spray Valve LP spray valve* akan menyemprotkan air pendingin ke steam yang melalui *Low pressure by pass* untuk menurunkan temperatur steam sebelum masuk ke kondenser. Air yang digunakan untuk *spray* ini berasal dari CEP.

Perpindahan panas pada kondensor tipe *shell and tube* aliran berlawanan arah yaitu bila kedua fluida mengalir dengan arah yang saling berlawanan dan keluar pada sisi yang berlawanan.

Pada tipe ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima panas (temperatur fluida dingin) saat keluar penukar kalor lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan kalor (temperatur fluida panas) saat meninggalkan penukar kalor. Sehingga untuk menghitung total *heat duty* saat keadaan, digunakan persamaan [3]:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

- $Q_{total}$  = Heat duty total (Gcal/h)
- $Q_1$  = Panas sensibel (Gcal/h)
- $Q_2$  = Panas latent (Gcal/h)

Menghitung entalpi pada kondensor *shell and tube* dalam keadaan *evaporation*, digunakan persamaan [9]:

$$\Delta H_{vaporization} = A \times \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

- $\Delta H_{vaporization}$  = Enthalpy of vaporization (kJ/mol)
- T = Temperature dew point (K)
- A = Konstanta Yaws (kJ/mol)
- Tc = Temperature konstanta Yaws (K)

Kalor sensibel adalah kalor yang menyebabkan perubahan suhu. Menghitung panas sensibel pada kondensor *shell and tube*, digunakan persamaan [9]:

$$Q_{sensible} = n \times \int_{T_2}^{T_1} C_p dT \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

- $Q_{sensible}$  = Sensible heat (Gcal/h)
- n = mol (mol/h)
- Cp = Heat capacity of gas (J/mol.K)

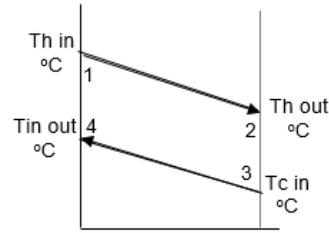
Kalor laten adalah kalor yang tidak menyebabkan perubahan suhu karena kalor laten digunakan untuk merubah fasa. Menghitung panas laten pada kondensor *shell and tube*, digunakan persamaan [3]:

$$Q_{laten} = n \times \Delta H_{vaporization} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

- Q = Latent heat (Gcal/h)
- n = Mol H<sub>2</sub>O (mol/h)
- ΔH = Enthalpy vaporization (kJ/mol)

Pengaruh dari temperatur keluaran yang lebih besar pada fluida dingin dibandingkan dengan fluida panas, akan memengaruhi harga *Log Mean Temperature Difference* ( $\Delta T_{LMTD}$ ), dimana harga *Log Mean Temperature Difference* ( $\Delta T_{LMTD}$ ) apabila pada aliran *counter-current* diperoleh dari persamaan 2.7 dan persamaan [3]:



**Gambar 1.** Perubahan temperature inlet dan temperature outlet pada aliran counter current. T<sub>1</sub> dan T<sub>2</sub> temperature hot inlet dan outlet, T<sub>3</sub> dan T<sub>4</sub> temperature cooling water inlet dan outlet.

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(Th_{in} - Tc_{out}) - (Th_{out} - Tc_{in})}{\ln((Th_{in} - Tc_{out}) / (Th_{out} - Tc_{in}))} \dots \dots \dots (2.8)$$

Sehingga harga *Overall Transfer Coefficient* (U) yang didapatkan pun akan berpengaruh, karena memiliki hubungan dengan nilai *Log Mean Temperature Difference* ( $\Delta T_{LMTD}$ ) yakni ditunjukkan pada persamaan [3]:

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta T_{LMTD}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

- U = Overall transfer coefficient (kcal/m<sup>2</sup>.h.°C)
- Q = Heat duty (Gcal/h)
- A = Luas permukaan panas dari data desain (m<sup>2</sup>)

$$\Delta T_{LMTD} = \text{Log Mean Temperature Difference } (^\circ\text{C})$$

Mampu memindahkan panas sesuai dengan kebutuhan proses pada keadaan kotor (*bubly fouled*) yang dinyatakan dalam *fouling factor* (Rd) dihitung, seperti persamaan [3]:

$$Rd = \frac{(U_c - U_d)}{(U_c \times U_d)} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

- Rd = Fouling factor (kcal/m<sup>2</sup>.h.°C)
- Uc = Overall transfer coefficient clean (desain) (kcal/m<sup>2</sup>.h.°C)
- Ud = Overall transfer coefficient dirty (actual) (kcal/m<sup>2</sup>.h.°C)

**METODE PENELITIAN**

Data yang dicantumkan terdiri dari dua keadaan yang berbeda, yaitu data pada data *sheet* dan data operasi. Data *sheet* adalah data desain alat yang berasal dari *vendor* (pembuat saat awal pembangunan PT. Kaltim Parna Industri). Data operasi diambil berdasarkan performa *turbine condenser* E-2302 saat pabrik dalam kondisi normal. Data primer yang digunakan adalah temperatur *inlet* dan *outlet* dari *cooling water*, temperatur *outlet* dari *steam exhaust* yang terdapat dalam *log sheet* FOU 3 untuk aktual dan *datasheet*

for heat exchanger process untuk data desain, sedangkan data sekunder yang diperlukan adalah Berat molekul (BM), dan Kapasitas Panas (Cp).

Analisis mengenai *heat duty* dan *overall transfer coefficient actual* ini dilakukan dengan melakukan langkah-langkah berikut:

1. Memasukkan komponen yang digunakan  
Dimasukkan fluida yang digunakan pada perencanaan *heat exchanger*, yaitu fluida Water (H<sub>2</sub>O) pada halaman menu *Simulation Basis Manager* seperti yang digambarkan dari Gambar 2.
2. Memasukkan *Fluid Package* yang digunakan  
Selanjutnya memasukkan *fluid package* dengan memilih *Peng-Robinsons* pada menu *Property Package*. Dalam pemilihan *fluid package* harus sesuai dengan pendekatan perhitungan dan karakteristik fluida, seperti Gambar 3.



Gambar 2. Layar Add Component

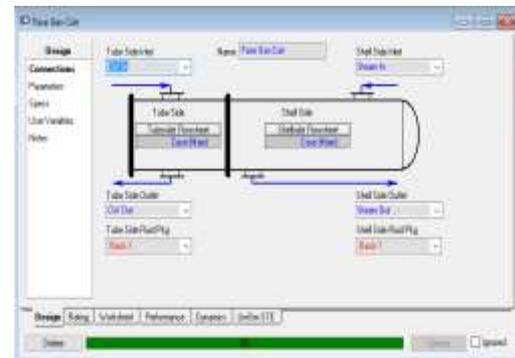


Gambar 3. Layar Fluid-Package

3. Memasukkan data analisis pada halaman Design

Setelah memilih *property package*, menutup halaman *fluid package* dan masuk ke *Enter Simulation Environment*, selanjutnya dipilih alat yang akan disimulasikan, yaitu *Heat Exchanger*. Mengklik dua kali pada *heat exchanger*, kemudian memasukkan data analisis perencanaan termal pada menu spesifikasi perencanaan *heat exchanger*. Pada halaman *design*, pada *sub menu connections* dimasukkan *tube side inlet* dengan

nama *cooling water in* (CW in), *tube side outlet* dengan nama *cooling water out* (CW out), *shell side inlet* dengan nama fluida *steam in* dan *shell side outlet* dengan nama *steam out*. Nama alat juga dapat diganti dengan nama fase Gas-Cair digambarkan pada Gambar 4.

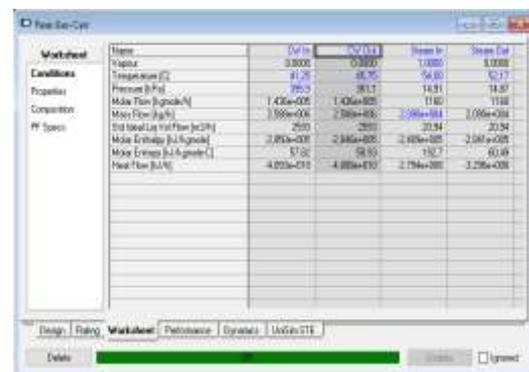


Gambar 4. Layar Design-Connections

Masih pada halaman *design*, masuk ke sub menu *parameters*. Pada *Heat Exchanger Models* diganti menjadi *exchanger design (weighted)*, hal ini dimaksudkan bahwa *heat exchanger* merubah fasa (kondensor), nilai *heat duty* dan *overall transfer coefficient actual* akan dihitung secara otomatis oleh UniSim, nilai ini yang nantinya akan dibandingkan dengan data hasil analisis.

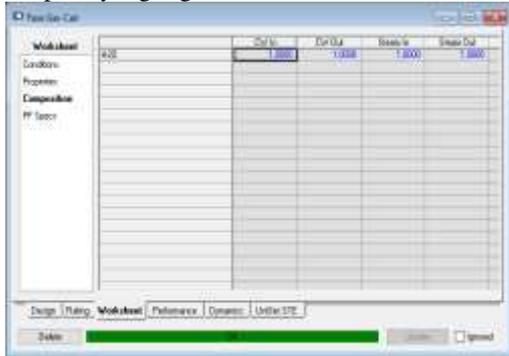
4. Memasukkan data analisis pada halaman Worksheet

Di dalam halaman *worksheet*, sub menu *conditions*, dimasukkan nilai-nilai yang diketahui seperti yang disajikan dalam Gambar 5. Seperti suhu CW in, CW out, steam in, dan steam out, pressure CW in, pada kolom vapour steam in diisi dengan 1 (satu) karena water dalam kondisi uap, bukan cair, nilai *mass flow* dari steam in. selebihnya akan dihitung secara otomatis oleh UniSim dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Layar Worksheet-Conditions

- Memasukkan komposisi zat pada halaman Worksheet  
Komposisi dari fluida *Water* akan dimasukkan didalam menu *worksheet sub menu composition*. Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa komposisi *water* adalah murni tanpa adanya zat pengotor, maka diisi dengan angka 1 (satu) sebagai indikasi apabila zat murni seperti yang digambarkan dari Gambar 6.



Gambar 6. Layar Worksheet-Composition

- Memasukkan data analisis pada halaman rating  
Pada halaman *rating*, masuk ke dalam sub menu *sizing*, dimasukkan data analisis perencanaan termal pada *sizing data overall, shell, dan tube*. Selanjutnya masuk ke dalam sub menu *heat loss*, dipilih sub menu *none* pada *heat loss model*.
- Menampilkan hasil simulasi  
Ketika semua data yang ada sudah dimasukkan, dan sudah ada keterangan "OK" berwarna hijau di bagian bawah halaman, maka dapat dilihat hasil perhitungan yang ada dengan memilih menu *performance* sesuai dengan Gambar 7. Dalam menu *performance* dapat dipilih sub menu *details* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Layar Performance-Details

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan menggunakan *UniSim* didapatkan nilai *heat duty, cooling water flow, velocity, dan overall transfer coefficient Turbine Condenser E-2302* setelah dan sesudah

dilaksanakannya TA (*Turn Around*) yang dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *UniSim* Kinerja E-2302 Sebelum Dilaksanakan TA

DATA 2016	Total Heat Duty (Gcal/h)	Cooling Water Flow (kg/h)	Ua (kcal/(m <sup>2</sup> .h .°C))
<b>JANUARI</b>			
19-Jan	11,98768	3002000	2323.1423
20-Jan	11,98768	3407000	2278.1316
21-Jan	11,98768	3564000	2261.3588
22-Jan	11,98768	3885000	2232.0594
23-Jan	11,98768	3885000	2282.5902
<b>FEBRUARI</b>			
08-Feb	11,98768	4433000	2292.5690
09-Feb	11,99007	3510000	2271.7622
10-Feb	11,99246	3330000	2206.3694
11-Feb	11,99485	3177000	2175.7962
12-Feb	11,98768	3108000	2273.6730

Tabel 2 Hasil Perhitungan *UniSim* Kinerja E-2302 Setelah Dilaksanakan TA

Data 2016	Total Heat Duty (Gcal/h)	Cooling Water Flow (kg/h)	Ua kcal/(m <sup>2</sup> .h.°C)
<b>MEI</b>			
13-Mei	11,99246	2844200	2327.1762
14-Mei	11,99246	2648000	2333.3333
15-Mei	11,99246	2728000	2330.5732
16-Mei	11,99246	2741000	2360.9342
17-Mei	11,99246	2787000	2339.2781
<b>JUNI</b>			
23-Jun	11,98768	2793000	2405.9448
24-Jun	11,98290	2854000	2512.9512
25-Jun	11,98529	3009000	2536.7304
26-Jun	11,98768	2740000	2495.5414
27-Jun	11,98768	2588000	2469.2144

Sehingga dari hasil perhitungan evaluasi *performance Turbine Condenser E-2302* di atas didapatkan perbandingan *heat duty dan overall transfer coefficient* desain dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3, 4, 5, dan 6.

Tabel 3. Performance Heat Duty Turbine Condenser E-2302 Sebelum Dilaksanakan TA

Data 2016	Parameter		
	Desain	Excel	UniSim
<b>Qtotal (Gcal)</b>			
19-Jan	12,21539	11,5998	11,98768
20-Jan	12,21539	11,599	11,98768
21-Jan	12,21539	11,599	11,98768
22-Jan	12,21539	11,599	11,98768
23-Jan	12,21539	11,6001	11,98768
08-Feb	12,21539	11,5990	11,98768
09-Feb	12,21539	11,6021	11,99007
10-Feb	12,21539	11,6040	11,99246
11-Feb	12,21539	11,6079	11,99485
12-Feb	12,21539	11,6048	11,98768

**Tabel 4.** Performance Heat Duty Turbine Condenser E-2302 Setelah Dilaksanakan TA

Data 2016	Parameter		
	Desain	Excel	UniSim
	Qtotal (Gcal/m)		
13-Mei	12,21539	11,6037	11,99246
14-Mei	12,21539	11,6044	11,99246
15-Mei	12,21539	11,6037	11,99246
16-Mei	12,21539	11,6044	11,99246
17-Mei	12,21539	11,605	11,99246
23-Jun	12,21539	11,599	11,98768
24-Jun	12,21539	11,595	11,98290
25-Jun	12,21539	11,5966	11,98529
26-Jun	12,21539	11,599	11,98768
27-Jun	12,21539	11,599	11,98768

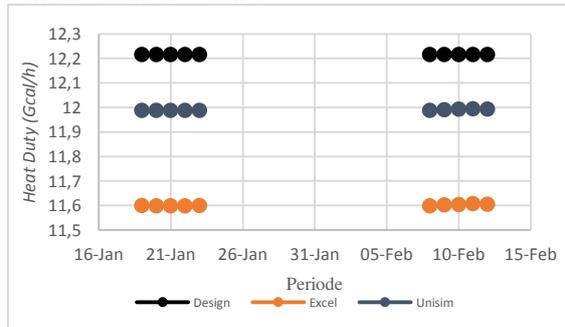
**Tabel 5.** Performance U Turbine Condenser E-2302 Sebelum Dilaksanakan TA

Data 2016	Parameter		
	Desain	Excel	UniSim
	U (kcal/m <sup>2</sup> .°C)		
19-Jan	2682,65631	2436,00865	2323,14230
20-Jan	2682,65631	2377,87141	2278,13160
21-Jan	2682,65631	2360,63858	2261,35880
22-Jan	2682,65631	2328,89642	2232,05940
23-Jan	2682,65631	2399,61126	2282,59020
08-Feb	2682,65631	2398,49620	2292,56900
09-Feb	2682,65631	2407,79635	2271,76220
10-Feb	2682,65631	2353,01373	2206,36940
11-Feb	2682,65631	2362,23630	2175,79620
12-Feb	2682,65631	2441,41713	2273,67300
Rata-Rata	2682,65631	2386,599	2259,745

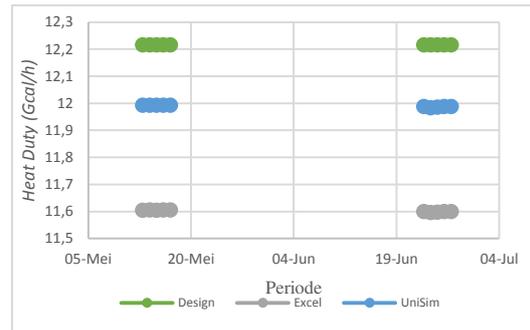
**Tabel 6.** Performance U Turbine Condenser E-2302 Setelah Dilaksanakan TA

Data 2016	Parameter		
	Desain	Excel	UniSim
	U (kcal/m <sup>2</sup> .°C)		
13-Mei	2682,65631	2486,32756	2327,17620
14-Mei	2682,65631	2500,91032	2333,33330
15-Mei	2682,65631	2488,92300	2330,57320
16-Mei	2682,65631	2534,49200	2360,93420
17-Mei	2682,65631	2516,71740	2339,27810
23-Jun	2682,65631	2516,55100	2405,94480
24-Jun	2682,65631	2585,18200	2512,95120
25-Jun	2682,65631	2633,12100	2536,73040

Berdasarkan dari tabel hasil perhitungan *overall transfer coefficient* dapat ditampilkan dalam bentuk Gambar 7 dan 8.

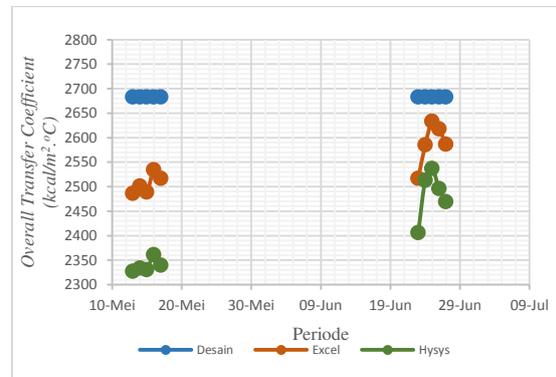


**Gambar 7.** Grafik Analisa Hasil Perhitungan Heat Duty Sebelum Dilaksanakan TA

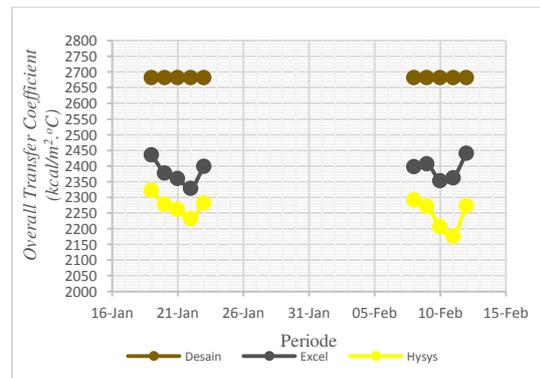


**Gambar 8.** Grafik Analisa Hasil Perhitungan Heat Duty Sesudah Dilaksanakan TA

Berdasarkan dari tabel hasil perhitungan *overall transfer coefficient* perbandingan desain dan perhitungan (9 dan 10) dapat ditampilkan dalam bentuk gambar 9 dan 10.



**Gambar 9.** Grafik Analisa Hasil Perhitungan U Sesudah Dilaksanakan TA



**Gambar 10.** Grafik Analisa Hasil Perhitungan U Sebelum Dilaksanakan TA

Fungsi dari *turbine condenser* E-2302 adalah mengkondensasi *steam exhaust turbine* menjadi *liquid*. Perhitungan *performance turbine condenser* E-2302 dilakukan untuk membandingkan *heat duty*, *velocity*, dan *overall transfer coefficient* desain dengan perhitungan pada sebelum dan sesudah dilakukannya TA (*Turn Around*). Sehingga diketahui kinerja *turbine*

condenser E-2302 setelah dilakukannya TA apakah meningkat atau tidak.

Sebelum dilakukannya *Turn Around* (TA) pada 19-23 Januari 2016 memiliki nilai rata-rata total *heat duty*, *overall transfer coefficient* dan *fouling factor* berurut-turut sebesar 11.59937 Gcal/h; 2380.60526 kcal/(m<sup>2</sup>.h.°C); 4.73927x10<sup>-5</sup> (m<sup>2</sup>.h.°C)/kcal. Lalu pada tanggal 8-12 Februari 2016 memiliki nilai rata-rata total *heat duty*, *overall transfer coefficient* dan *fouling factor* berurut-turut sebesar 11.630357 Gcal/h; 2392.59194 kcal/(m<sup>2</sup>.h.°C); 4.52668x10<sup>-5</sup> (m<sup>2</sup>.h.°C)/kcal.

Setelah dilakukannya *Turn Around* (TA) pada tanggal 13-17 Mei 2016 memiliki nilai rata-rata total *heat duty*, *overall transfer coefficient* dan *fouling factor* berurut-turut sebesar 11.60421 Gcal/h; 2505.47406 kcal/(m<sup>2</sup>.h.°C); 2.63819x10<sup>-5</sup> (m<sup>2</sup>.h.°C)/kcal. Lalu pada tanggal 23-27 Juni 2016 memiliki nilai rata-rata total *heat duty*, *overall transfer coefficient* dan *fouling factor* berurut-turut sebesar 11.59771 Gcal/h; 2587.68947 kcal/(m<sup>2</sup>.h.°C); 1.3774x10<sup>-5</sup> (m<sup>2</sup>.h.°C)/kcal.

Dari hasil grafik 4.1 dan 4.2 dapat disimpulkan bahwa nilai *overall transfer coefficient* pada 13-17 Mei 2016 dan 23-27 Juni 2016 di saat telah dilaksanakannya TA terjadi peningkatan sebesar 5,964% dan hampir mendekati *overall transfer coefficient* yang dimiliki oleh spesifikasi desain alat, hal ini didukung juga hasil perhitungan dengan excel yaitu 2546.582 kcal/m<sup>2</sup>.°C dan unisim yaitu 2411.16772 kcal/m<sup>2</sup>.°C dan desain itu sendiri yaitu 2682.656 kcal/m<sup>2</sup>.°C. Berbeda dengan hasil grafik yang diperoleh pada 19-23 Januari 2016 dan 8-12 Februari 2016 sebelum dilaksanakannya TA *overall transfer coefficient* hasil perhitungan 2386.599 kcal/m<sup>2</sup>.°C dan di uji dengan perhitungan dengan unisim yakni 2259.745 kcal/m<sup>2</sup>.°C memiliki nilai *overall transfer coefficient* yang cukup jauh dari spek desain.

Faktor yang mempengaruhi *heat exchanger* yaitu arah aliran, kecepatan laju alir fluida, luas penampang, dan perbedaan suhu. Dimana semakin cepat aliran fluidanya maka cepat pula perpindahan kalor. Pada luas penampang semakin besar luasnya maka semakin cepat pula perpindahan panasnya. Pada perubahan suhu

semakin besar suhunya maka semakin cepat perpindahan panasnya.

Persentase *total heat duty* aktual dibandingkan dengan desain *turbine condenser* E-2303 yang terjadi pada 19-23 Januari 2016 dan 8-12 Februari 2016 yaitu 94.9742% dan pada 13-17 Mei 2016 dan 23-27 Juni 2016 sebesar 94.9537%. Persentase tersebut mengalami 0,0205 % penurunan *total heat duty* hal ini disebabkan karena pada 19-23 Januari 2016 dan 8-12 Februari 2016 *steam inlet* yang diproses memiliki rata-rata *temperature* yang cukup tinggi yaitu sebesar 54.2674°C dibandingkan dengan rata-rata *temperature* pada 13-17 Mei 2016 dan 23-27 Juni 2016 sebesar 54.21°C. Koefisien transfer panas *overall* turbin kondensor E-2302 sebelum dilakukan *Turn Around* (TA) memiliki efisiensi sebesar 88.964% dan setelah dilaksanakannya *Turn Around* (TA) koefisien transfer panas *overall* turbin kondensor E-2302 memiliki efisiensi sebesar 94.928%. Hal ini disebabkan perlakuan yang dilakukan pada TA yang berupa melakukan pembersihan terhadap timbunan kotoran pada permukaan transfer panas sehingga memperkecil tahanan kondensor dan memperbesar koefisien transfer panas *overall*.

*Fouling factor* merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya faktor pengotor dalam alat penukar panas yang diakibatkan terbentuknya lapisan yang memberikan tahanan tambahan terhadap aliran panas. Lapisan ini dimungkinkan berasal dari korosi pada bahan konstruksi kondensor atau endapan yang terdapat dalam kondensor setelah kondensor dipakai untuk beberapa lama. Oleh karena itu peran dari dilaksanakannya *Turn Around* (TA) sangatlah penting untuk membersihkan endapan endapan yang terdapat pada *turbine condenser* E-2302, dimana pada sebelum dilakukan TA rata-rata *fouling factor* sebesar 4.52668x10<sup>-5</sup> dan berkurang hingga 2.00779x10<sup>-5</sup> setelah dilaksanakannya TA pada kondisi normal pada bulan Mei hingga Juni 2016. Sehingga perlakuan yang dilakukan pada *turn around* 2016 memberikan dampak yang baik bagi performa *turbine condenser* E-2302 dengan meningkatnya nilai *Ua* dan berkurangnya nilai *fouling factor*.

**Tabel Data Desain Turbine Condenser E-2302**

Data desain turbine condenser E-2302 merupakan data sekunder yang diperoleh dari literatur *Process Data sheet HE* yang dimiliki PT Kaltim Parna Industri yang dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7.** Data Design Turbine Condenser E-2302

PARTICULARS							
		Shell Side	Tube Side	Top Vacuum	mmHg	-657.1	
Fluid	-	Steam	C.W.	Distance of Tube Sheets	mm	4950	
Quantity	m <sup>3</sup> /h	22400 kg/h	2230	Cooling Surface	m <sup>2</sup>	471	
Heat Transfer	kcal/h	12215392		Cooling Tube	Out Dia.	mm	
Inlet Temp.	°C	52.17	39,5		Thickness	mm	1.65
Outlet Temp.	°C	52.17	45		Length	mm	5093
No. Of Flow	-	1	1		Total No.	-	1590
Design Press.	kg/cm <sup>2</sup>	1.0 full vac.	6	Velocity	m/s	2	
Design Temp.	°C	130	60	Press. Drop	mAq	5	

**Tabel Data Log Sheet FOU 3 Turbine Condenser E-2302**

Data log sheet FOU 3 turbine condenser E-2302 sebelum dan setelah dilakukan turn around merupakan data sekunder yang diperoleh dari literatur *Process Datasheet HE* yang dimiliki PT Kaltim Parna Industri yang dapat dilihat pada tabel 8 dan 9.

**Tabel 8.** Data Log Sheet FOU 3 E-2302 Sebelum TA

Januari						
Data	Tc inlet (°C)		Tc outlet (°C)		T Steam Exhaust (°C)	PI 23060 (mmHg)
	TI 23064 (A)	TI 23065 (B)	TI 23066 (A)	TI 23067 (B)	TI-2351 A/B	
19/01/2016	41.09	41	44.86	45	54.09	-640
20/01/2016	41	41	44.33	44.5	54	-640
21/01/2016	41	41	44.18	44.36	54	-640
22/01/2016	41	41	44	44	54	-640
23/01/2016	41.45	41.29	44.45	44.29	54.12	-640
Februari						
08/02/2016	41.5	41.5	44	44.25	54	-640
09/02/2016	41.33	41.37	44.66	44.66	54.33	-640
10/02/2016	41.12	41.12	44.62	44.62	54.54	-640
11/02/2016	41.29	41.29	44.79	45.12	54.95	-640
12/02/2016	41.41	41.41	45.16	45.16	54.62	-640

**Tabel 9.** Data Log Sheet FOU 3 E-2302 Setelah TA

Mei						
Data	Tc inlet (°C)		Tc outlet (°C)		T Steam Exhaust (°C)	PI 23060 (kg/cm <sup>2</sup> G)
	TI 23064 (A)	TI 23065 (B)	TI 23066 (A)	TI 23067 (B)	TI-2351 A/B	
13/05/2016	40.5	42.2	45.05	45.85	54.5	-0.9
14/05/2016	40.5	42.08	45.38	46	54.58	-0.9
15/05/2016	40.5	42.04	45.29	45.79	54.5	-0.9
16/05/2016	40.5	42.5	45.5	46	54.58	-0.9
17/05/2016	40.5	42.5	45.36	46	54.64	-0.9
Juni						
23/06/2016	40.22	42.11	45.11	45.57	54	-0.9
24/06/2016	40.33	42.17	45.33	45.33	53.58	-0.9
25/06/2016	40.75	42.5	45.25	45.75	53.75	-0.9
26/06/2016	41	42	45.5	46	54	-0.9
27/06/2016	41	41.5	45.5	46	54	-0.9

## KESIMPULAN

Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan kinerja dari *Turbine Condenser E-2302* dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Nilai total *heat duty* rata-rata (Gcal/h) sebelum dan sesudah dilaksanakannya TA berturut turut yaitu 11.6009 ; 11.6014 ; dengan nilai desain 12.2154.
2. Koefisien transfer panas *overall* turbin kondensor E-2302 sebelum dilakukan *Turn Around* (TA) memiliki efisiensi sebesar 88.964% dan setelah dilaksanakannya *Turn Around* (TA) koefisien transfer panas *overall* turbin kondensor E-2302 memiliki efisiensi sebesar 94.928%.
3. Sebelum dilakukan TA rata-rata *fouling factor* sebesar  $4.52668 \times 10^{-5}$  dan berkurang hingga  $2.00779 \times 10^{-5}$  setelah diaksanakannya TA pada kondisi normal pada bulan Mei hingga Juni 2016.

## SARAN

Evaluasi *Turbine Condenser E-2302* sebaiknya dilakukan secara berkala agar dapat diketahui bagaimana *performance* kondensor tersebut sehingga dapat diketahui kapan kondensor tersebut harus dibersihkan atau diganti.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anshori, Mochamad Isa., dan Baheramsyah Alam., 2015, *Analisa Desain Dan Performa Kondensor Pada Sistem Refrigerasi Absorpsi Untuk Kapal Perikanan*, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS, Surabaya.
2. Basri, Muhammad Hasan., 2009, *Pengaruh Temperatur Kondensor Terhadap Kinerja Mesin Refrigerasi Focus 808*, Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.
3. Kern, D. Q., 1950, *Process Heat Transfer 1<sup>st</sup> ed*, McGraw Hill International Book Co, Auckland.
4. Mahmud, Kisman H., 2015, *Pengaruh Variasi Temperatur Air Pendingin Kondensor Terhadap Tekanan Pada Beban Tetap*, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.
5. PT. Kaltim Parna Industri, 2002, *Process Datasheet HE*, Bontang, Kalimantan Timur.
6. PT. Kaltim Parna Industri, 2007 , *Manual Operasi Pabrik Amoniak*, Bontang, Kalimantan
7. Soelaiman, Sofyan., dan Novy Priyanto, 2009, *Analisa Prestasi Kerja Turbin Uap Pada Beban Yang Bervariasi*, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta Timur.
8. Sunarwo dan Supriyo, 2015, *Analisa Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU Tanjung Jati B Unit 3*, Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
9. Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Lamar University, Beaumont, Texas.