

Analisa Pengaruh Plugging Evaporator Terhadap Performance Desalination Plant Unit 2 PLTGU Gresik

Prayudi

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : prayudi@sttpln.ac.id

Retno Aita Diantari

Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : retno_aita@yahoo.co.id

Sofian Dwi Susilo

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstract

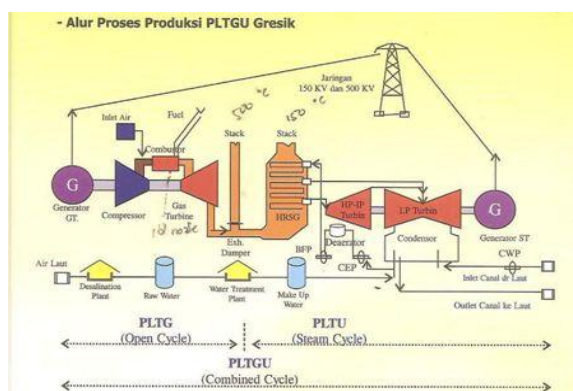
Analysis of Effect of Plugging Evaporator Against Performance Desalination Plant Unit 2 PLTGU Gresik is the analysis that discusses the effect of plugging tubes evaporator on the performance of Desaliantion Plant Unit 2 Type MSF-Once Through in PLTGU Gresik by calculating heat transfer in the evaporator and tubes Condenser, in which the calculation includes calculation before plugging the rate of heat transfer, heat transfer rate after plugging and loss of thermal efficiency at the desalination plant due to the effect of plugging the evaporator. After calculating heat transfer occurs, then analyze the results of the calculation of how much influence the evaporator tubes plugging of the desalination plant performance. Where the results are compared with the theoretical calculations of data - data that is in the specification Desaliantion Plant Unit 2 PLTGU Gresik type MSF-Once Through, whether appropriate or not then draw conclusions from such comparisons.

Keywords: *Plungging Effect Evaporator, Performance Desaliantion Plant, PLTGU.*

1. PENDAHULUAN

Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) maupun Pembangkit Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) sangat tergantung pada ketersediaan air sebagai bahan baku utama dalam memproduksi *steam*. Sumber air baku secara umum dapat diperoleh dari air sungai, maupun air laut. Salah satu cara pengolahan air laut menjadi air baku yaitu dengan *Desalination Plant*. Untuk menjaga performance dari *desalination plant* tetap sesuai dengan spesifikasinya diperlukan pemeliharaan, pemeliharaan ini bertujuan untuk mengatasi kerusakan-kerusakan yang terjadi. Kerusakan yang sering terjadi antara lain kebuntuan dan kebocoran *tubes* pada *evaporator*, untuk menjaga kualitas dan produksi air tawar agar sesuai spesifikasi yang diharapkan salah satu penanganannya yaitu *plugging* pada *tube* yang bocor.

cycle) yang peralatan utamanya terdiri dari turbin dengan generatornya, HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*), turbin gas dengan generatornya, dan alat pendukung lainnya. Skema *combine cycle* PTGU dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Combine Cycle PLTGU
(sumber ; PT PJB UP Gresik, 1992)

Di dalam sistem PLTGU kebutuhan air tawar sangat dibutuhkan antara lain diperlukan untuk keberlangsungan sistem di dalam sistem HRSG,

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU)

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) adalah pembangkit siklus ganda (*combined*

sistem pendingin, sistem pemadam kebakaran dan kebutuhan air servis sehari – hari. Semua kebutuhan air baku diproduksi oleh desalination plant, salah satu peralatan utama pada *desalination plant* adalah evaporator.

2.2. Evaporator

Evaporator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. Ada beberapa macam-macam dari evaporator, sesuai dengan tujuan penggunaannya dan bentuknyapun berbeda- beda.

Pada *desalination plant* PLTGU UP Gresik digunakan tipe *multi stage flash, once through, long tube* dengan 20 *stage evaporator* yang dibagi menjadi dua *module*.



Gambar 2. Flash Evaporator PLTGU Gresik (sumber ; PT PJB UP Gresik, 2014)

3. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Dalam teknik pengolahan data, akan dijabarkan penyelesaian penelitian dan dianalisa dengan menjabarkan rumus – rumus yang digunakan dalam perhitungan data-data yang telah didapat.

Adapun langkah – langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Menentukan laju perpindahan panas pada *evaporator* setelah *plugging* (q_{c1})

$$q_{c1} = \dot{m}_c \times c_c \times \Delta T_c \dots\dots\dots 3.1$$

dengan :

$\dot{m}_c$ = Laju aliran massa (kg/s)

c_c = panas spesifik fluida dingin ($\frac{kJ}{kg \cdot K}$)

ΔT_c = Selisih suhu fluida dingin ($^{\circ}C$)

2. Menentukan laju perpindahan panas pada *evaporator* sebelum *plugging* (q_{c2}) berdasarkan metode LMTD :

$$q_{c2} = U \times A_2 \times \Delta T_m \text{ Atau } q_{c2} = U \times A_2 \times \text{LMTD} \dots\dots\dots 3.2$$

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} (^{\circ}C)$$

3. Menentukan penurunan *performance* efisiensi pada unit desalinasi

$$\eta = \frac{q_{c2}}{q_{c1}} \times 100\% \dots\dots\dots 3.3$$

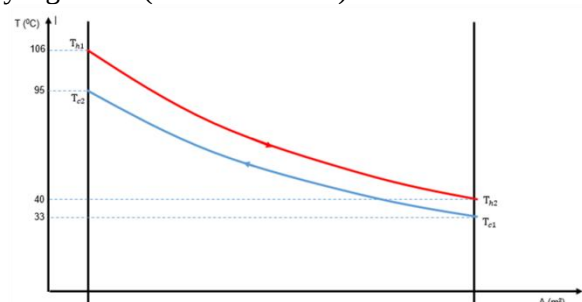
Tabel 1. Data Operasi Desalination Plant (sumber ; *Log Sheet Operator* PLTGU Gresik, 2014)

No	Unit 2	Temperatur ($^{\circ}C$)	Aliran (Kg/h)
1	Air laut masuk evaporator sisi tube (T_{c1})	33	356000
2	Air laut keluar evaporator sisi shell (T_{h2})	40	-
3	Air laut keluar evaporator sisi tube (T_{c2})	95	-
4	Air laut masuk evaporator sisi shell (T_{h1})	106	-

Data diambil pada tanggal 27 November 2014 jam 16.00 WIB dengan *load setter* 100%

3.1. Perhitungan Pengaruh Plugging Evaporator

Dalam sebuah analisa sistem desalinasi dapat dilakukan beberapa pengamatan perpindahan panas dan bagaimana efek perpindahan panas tersebut menghasilkan kerja. Selain itu dalam sebuah sistem yang beroperasi tentunya memiliki nilai efisiensi kerja yang dapat diperhitungkan, nilai efisiensi ini akan bermanfaat dalam menganalisis sistem apakah bekerja dalam kondisi yang baik (efisiensi tinggi) atau dalam kondisi yang buruk (efisiensi rendah).



Gambar 3. Grafik perubahan temperatur pada Evaporator

Berikut proses perhitungan dalam analisis termodinamika:

1. Menentukan Laju Perpindahan Panas (q) pada Evaporator Setelah Plugging

$$\begin{aligned}
 q_{c1} &= \dot{m}_c \times c_c \times \Delta T_c \\
 &= 356000 \text{ kg/h} \times 3900 \text{ J/kg.K} \times (95 \\
 &\quad ^\circ\text{C} - 33^\circ\text{C}) \\
 &= 98,89 \text{ kg/s} \times 3,9 \text{ kJ/kg.K} \times 62 \text{ K} \\
 &= 23911,6 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan Laju Perpindahan Panas (q) pada Evaporator Sebelum Plugging Berdasarkan Metode LMTD

$$\begin{aligned}
 \Delta T_{\text{LMTD}} &= \frac{(106 - 95) - (40 - 33)}{\ln \frac{106 - 95}{40 - 33}} (^\circ\text{C}) \\
 &= \frac{11 - 7}{\ln \frac{11}{7}} (^\circ\text{C}) \\
 &= \frac{4}{0,45} (^\circ\text{C}) \\
 &= 8,85^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Luas perpindahan panas setelah *plugging* 15 *tube*

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \pi \times d \times l \times (n - 15) \\
 A_1 &= 3,14 \times 0,015 \times 15,584 \times (1580 - 15) \\
 &= 1148,72 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan koefisien perpindahan panas menyeluruh berdasarkan kesetimbangan laju perpindahan panas :

$$\begin{aligned}
 q &= \dot{m}_h \times c_h \times \Delta T_h = \dot{m}_c \times c_c \times \Delta T_c \\
 q &= q_c = q_h \\
 q_h &= U \times A_1 \times \Delta T_m \quad \text{Atau} \quad q_h = U \times A_1 \times \Delta T_m \\
 &\quad \text{LMTD} \\
 q_h &= U \times A_1 \times \text{LMTD} \\
 23911,6 \text{ kW} &= U \times 1148,72 \text{ m}^2 \times 8,85^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{23911,6 \text{ kW}}{1148,72 \text{ m}^2 \times 8,85^\circ\text{C}} \\
 U &= 2,35207 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \\
 U &= 2352,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Kehilangan laju perpindahan panas tiap *tube* yang *diplug* (q_c) yaitu :

$$\begin{aligned}
 q_c &= U \times A_2 \times \text{LMTD} \\
 q_c &= 2352,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 0,73 \text{ m}^2 \times 8,85^\circ\text{C} \\
 &= 15195,55 \text{ W}
 \end{aligned}$$

sehingga kehilangan laju perpindahan panas total yang hilang setelah dilakukan *plugging* sebesar 15 *tube* sebagai berikut :

$$q_c \times 15 = 15195,55 \text{ W} \times 15 = 227933,22 \text{ W}$$

$$= 227,93 \text{ kW}$$

Jadi laju perpindahan panas pada evaporator sebelum plugging (q_{c2}) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 q_{c2} &= q_{c1} + (q_c \times 15) \\
 &= 23911,6 \text{ kW} + 227,93 \text{ kW} \\
 &= 24139,53 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan Penurunan Performance Akibat Kehilangan Termal pada Unit Desalinasi

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{q_{c2}}{q_{c1}} \times 100\% \\
 \eta &= \frac{23911,6 \text{ kW}}{24139,53 \text{ kW}} \times 100\% \\
 &= 0,99\%
 \end{aligned}$$

3.2. Analisa Perpindahan Panas dan Plugging pada Evaporator

Plugging pada *tube* merupakan salah satu tindakan perbaikan dari *tube* yang bocor, *tube* yang disumbat akan mereduksi luasan sisi *tube* dan luasan perpindahan panas. Untuk laju aliran massa yang sama dengan berkurangnya jumlah *tube* efektif, maka kecepatan aliran dimasing-masing *tube* akan bertambah, peningkatan kecepatan ini akan mengakibatkan koefisien perpindahan panas menyeluruh meningkat yang disebabkan karena *pressure drop* meningkat, namun karena faktor luasan lebih mendominasi, maka total perpindahan panas yang terjadi menjadi berkurang. Dengan semakin meningkatnya jumlah *plugging* maka semakin menurun kemampuan dari desalination plant dalam memproduksi air tawar.

Dari hasil perhitungan data menunjukkan bahwa performance kinerja evaporator menurun setelah dilakukan *plugging* sebesar 0,99%. Berkurangnya nilai perpindahan panas akibat adanya penyumbatan pada sisi *tube* (fluida dingin) menyebabkan besarnya energi panas yang dilepas oleh fluida panas juga mengalami penurunan, berdasarkan hasil perhitungan sistem dikatakan dalam kondisi yang baik (efisiensi tinggi). Batas maksimal penyumbatan *tube* pada *evaporator* sebesar 10% dari total jumlah *tube* (berdasar pada referensi pabrikan). Perhitungan kehilangan laju perpindahan panas akibat pemasangan sumbat sebesar 10% adalah sebagai berikut :

Kehilangan laju perpindahan panas untuk *plugging* sebesar 10% :

$$\begin{aligned}
 q_{10\%} &= U \times \pi \times d \times l \times (n \times 10\%) \times \text{LMTD} \\
 q_{10\%} &= 2352,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 116,03 \text{ m}^2 \times 8,85 \\
 &= 2415259,54 \text{ W} \\
 &= 2415,26 \text{ kW}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. Plugging tubes condenser
(sumber ; PT PJB UP Gresik, 2014)

Tabel 2. Tabel Perbandingan Produksi Air Tawar
Sebelum dan Sesudah Plugging

No	Produksi air tawar (T/h)		Ket.
1	Sebelum Plugging	41,678	Nilai standar sesuai dengan harga desain awal
2	Sesudah Plugging 15 tube	39	Log sheet operator tanggal 27 Nopember 2014 jam 16.00

Kesimpulan

Setelah melakukan pembahasan dan melakukan analisa, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat besarnya kalor yang dipindahkan sangat dipengaruhi oleh luasan perpindahan panas,
2. Berdasarkan data perhitungan sebelum *plugging*
Luas perpindahan panas : 1159,73 m²
Laju perpindahan panas : 24139,53 kW
3. Berdasarkan data perhitungan sesudah *plugging*
Luas perpindahan panas : 1148,72 m²
Laju perpindahan panas : 23911,6 kW
4. Kehilangan laju perpindahan panas tiap penyumbatan satu *tube* sebesar 15,19 kW dan penurunan performance *desalination plant* dalam persen akibat

plugging tiap tube sebesar 0,07% dari 100%.

5. Adanya penyumbatan (*plugging*) pada evaporator dapat mempengaruhi kinerja *desalination plant* dengan nilai kehilangan rupiah yang diakibatkan oleh pengaruh *plugging* sebanyak 15 *tubes* dengan harga listrik Rp 1.191,00 per kWh adalah Rp 271.464,63

Daftar Pustaka

Ajiyantono, Gamma; Ikhsan, Muhammad; Murdani, *Termodinamika dan Perpindahan Panas*, Edisi Satu, PLN Corporate University, 2014

Holman, Jack P. *Perpindahan Kalor*. Edisi ke-6. Terjemahan oleh E. Jasjfi. Jakarta; Erlangga. 1997.

PT. Aquanur - GFT – Babcock Indonesia – Germany, *Training Material Desalination plant*, PT. PLN (Persero) Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa – Bali II Sektor Gresik, 1995

Perusahaan Umum Listrik Negara, *Operation and Maintenance Manual Vol.8*, 1990

Perusahaan Umum Listrik Negara, *Operation and Maintenance Manual Vol.9*, 1990

PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, *Pemeliharaan Pompa dan kompresor*.