

ANALISA PERBANDINGAN PENAMBAHAN KALOR DAN LAJU ALIRAN MASSA PADA CONDENSATE WATER SYSTEM PLTU UNIT 1 DAN 2

Suwarti¹, Budhi Prasetyo², Ahmad Nugroho Sah Utomo³

Program Studi Teknik Konversi Energi

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jalan Prof.H.Sudarto.SH., Tembalang, Semarang 50275, PO BOX 6199/SMS

Telp (024)7473417, 7499585, Faks (024) 7472396

email :suwarti0707@gmail.com

ABSTRAK

Condensate water system adalah siklus air pada PLTU dari hot well sampai dengan deaerator, dalam PLTU ini terjadi pemanasan sehingga terjadi penambahan kalor. Pada Unit 1 terjadi penambah kalor bersih sebesar 24621,34 kkal/s dan unit 2 sebesar 25569,85 kkal/s. Heat Loss pada unit 1 sebesar 444,62 kkal/s dan unit 2 255,352 kkal/s. Sedangkan beban pada saat pengambilandata pada unit 1 lebih kecil daripada unit 2 sehingga laju aliran massa condensate water system pada unit 1 lebih kecil daripada unit 2.

Kata kunci: condensate water system, kalor, heat loss, laju aliran massa

PENDAHULUAN

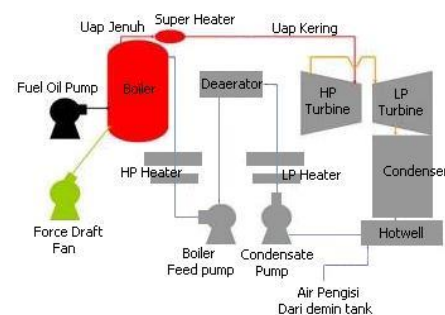
Salah satu bagian terpenting dalam PLTU adalah siklus air, dimana pada bagian ini mengingat bahwa bahan utama fluida kerja dari PLTU ini adalah air laut. Sebelum air tersebut dimasukkan ke dalam Boiler tentunya air tersebut mengalami beberapa perlakuan dan proses. Dengan alasan tersebut sehingga melandasi saya untuk membahas tentang “Analisa Perbandingan Penambahan Kalor Dan Laju Aliran Massa Pada Condensate Water System Unit 1 dan 2” sebagai konsentrasi materi yang didalami.

DASAR TEORI

Siklus air dalam sebuah PLTU umumnya dibagi menjadi tiga, yaitu: sistem air kondensat (*condensate water System*), sistem air penambah (*make up water*), dan sistem air pendingin bantu (*Close Circulation Cooling Water*). Sistem air kondensat adalah sumber pasokan utama untuk sistem air pengisi. Ruang lingkup sistem air kondensat adalah mulai dari hotwell sampai ke Dearator, sedangkan system

air penambah dapat diartikan secara teoritis, air di dalam siklus PLTU akan terus bersirkulasi tanpa terjadi pengurangan massa air sehingga tidak memerlukan penambah dari luar siklus, sedangkan system air pendingin bantu adalah berfungsi untuk mendinginkan semua peralatan yang ada pada sistem PLTU.

Dalam sistem air kondensat ini terdapat beberapa proses yaitu: pemanasan dalam proses ini pada saat melintasi sistem air kondensat, air mengalami pemanasan pada berbagai komponen antara lain di gland steam condensor dan di beberapa pemanas awal air pengisi tekanan rendah/ LPH (Low Pressure Heater). Tujuannya untuk meningkatkan efisiensi siklus serta menghemat pemakaian bahan bakar.



METODELOGI PENELITIAN

1. Observasi
2. Studi pustaka

PEMBAHASAN

Berikut contoh perhitungan perbandingan penambahan kalor dan laju aliran massa pada *condensate water system* di unit 1:

Data unit 1

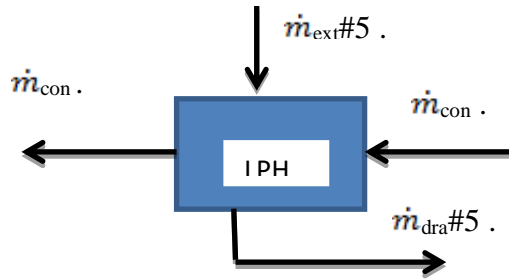
Load	298,24 MW
Time	02 : 02 PM
Extraction and draining system	
Press. Ext steam no. 5 out IP turbin	0,4541 Mpa
Temp. Ext steam no. 5 out IP turbin	287,34 °C
Temp. Ext steam no. 5 in LP heater #5	287,01 °C
Drain temp. Of LP heater #5	153,20 °C
Press. Ext steam no. 6 out LP turbin	0,2514 Mpa
Temp. Ext steam no. 6 out LP turbin	225,97 °C
Temp. Ext steam no. 6 in LP heater #6	226,09 °C
Drain temp. Of LP heater #6	125,69 °C

Data unit 2

Load	302,8 MW
Time	02 : 41 PM
Extraction and draining system	
Press. Ext steam no. 5 out IP turbin	0,480 Mpa
Temp. Ext steam no. 5 out IP turbin	283,2 °C
Temp. Ext steam no. 5 in LP heater #5	283,2 °C
Drain temp. Of LP heater #5	152,30 °C
Press. Ext steam no. 6 out LP turbin	0,2514 Mpa
Temp. Ext steam no. 6 out LP	223,5 °C

Press. Ext steam no. 7 out LP turbin	-0,0452 Mpa
Temp. Ext steam no. 7 out LP turbin	183,50 °C
Drain temp. Of LP heater #7	101,64 °C
Press. Ext steam no. 8 out LP turbin	0,0012 Mpa
Temp. Ext steam no. 8 out LP turbin	87,60 °C
Drain temp. Of LP heater #8	56,87 °C
Condensate water system	
Press. of the condensor	-89,13 Kpa
Temp. Of the steam inlet condensor	50,16 °C
Temp. Of condensate at the hotwell outlet	48,51 °C
Press. Of condensate outlate condensate pump	2,53 Mpa
Temp. Of condensate outlate gland steam condensor	52,62 °C
Temp. Condensate in LP Heater #8	51,53 °C
Condensate mass flow rate	859,48 t/h
Temp. Outlite LP Heater #7	109,30 °C
Temp. Inlite LP Heater #6	108,58 °C
Temp. Outlite LP Heater #6	129,51 °C
Temp. inlite LP Heater #5	129,47 °C
Temp. Outlite LP Heater #5	150,63 °C
turbin	
Temp. Ext steam no. 6 in LP heater #6	222,0 °C
Drain temp. Of LP heater #6	130,2 °C
Press. Ext steam no. 7 out LP turbin	-0,03 Mpa
Temp. Ext steam no. 7 out LP turbin	52,18 °C
Drain temp. Of LP heater #7	103,1 °C
Press. Ext steam no. 8 out LP turbin	0,011 Mpa
Temp. Ext steam no. 8 out LP turbin	84,68 °C
Drain temp. Of LP heater #8	57,66 °C
Condensate water system	
Press. of the condensor	-89,0 Kpa

Temp. Of the steam inlet condensor	49,82 °C
Temp. Of condensate at the hotwell outlet	48,99 °C
Press. Of condensate outlate condensate pump	2,52 Mpa
Temp. Of condensate outlate gland steam condensor	51,32 °C
Temp. Condensate in LP Heater #8	51,10 °C
Condensate mass flow rate	888,8 t/h
Temp. Outlite LP Heater #7	110,30 °C
Temp. Inlite LP Heater #6	110,7 °C
Temp. Outlite LP Heater #6	131,8 °C
Temp. inlite LP Heater #5	131,4 °C
Temp. Outlite LP Heater #5	152,2 °C



Contoh perhitungan

Berikut ini adalah beberapa penjelasan data yang akan sering kita gunakan dalam melakukan perhitungan rumus.

\dot{Q}_{in} : Kalor yang ditransfer ke air kondensat

\dot{Q}_{loss} : Kalor yang ditransfer ke lingkungan atau kerugian dalam bentuk panas

\dot{m} : Laju alir massa

h : Enthalpi

T : Temperatur

P : Tekanan

Subscript

in : Aliran yang masuk

out : Aliran yang keluar

con : Aliran kondensat

loss : Kerugian yang terjadi

ext : Aliran uap ekstraksi yang masuk

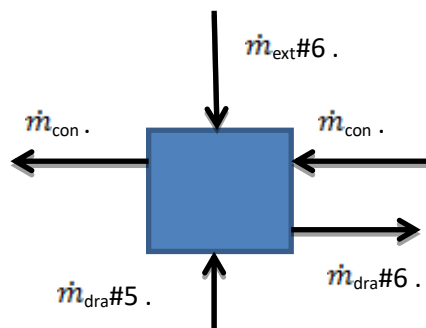
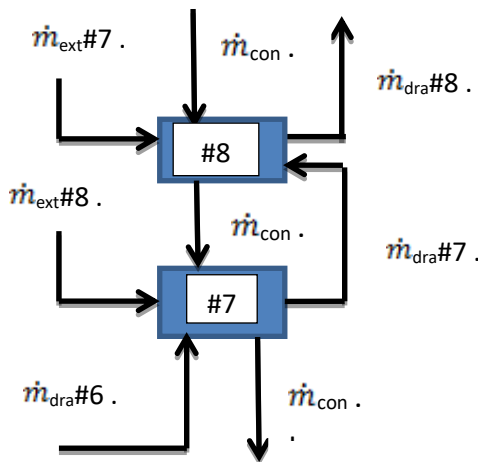
dra : Aliran drain yang keluar

#5 : Low Pressure Heater #5

#6 : Low Pressure Heater #6

#7 : Low Pressure Heater #7

#8 : Low Pressure Heater #8



1. Gland Steam Condensor

$T_{in} = 48,80 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{out} = 52,62 \text{ } ^\circ\text{C}$ $P = 2,53 \text{ MPa} = 2,63 \text{ MPa abs}$

$h_{in} = 206,58 \text{ kJ/kg}$

$h_{out} = 222,52 \text{ kJ/kg}$

$\dot{m}_{con} = 859,48 \text{ t/h}$

$= 859,48 \text{ t/h} \cdot 1\text{h}/3600\text{s} \cdot 1000 \text{ kg/s}$

$= 238,74 \text{ kg/s}$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{in} &= \dot{m}_{con} \cdot (h_{out} - h_{in}) \\ &= 238,74 \cdot (222,52 - 206,580) \\ &= 3805,51 \text{ kJ/s} \\ &= 913,32 \text{ kkal/s} \end{aligned}$$

2. LPH #7 dan #8

$$\begin{aligned} T_{in\#8} &= 51,53^\circ\text{C} \\ T_{out\#7} &= 109,30^\circ\text{C} \\ P &= 2,63 \text{ MPa abs} \\ h_{in\#8} &= 217,97 \text{ kJ/kg} \\ h_{out\#7} &= 460,21 \text{ kJ/kg} \\ \dot{Q}_{in} &= \dot{m}_{con} \cdot (h_{out\#7} - h_{in\#8}) \\ &= 238,74 (460,21 - 217,97) \\ &= 57832,37 \text{ kJ/s} \\ &= 13879,76 \text{ kkal/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss} &= \dot{m}_{con} \cdot (h_{out\#8} - h_{in\#8}) \\ &= 238,74 (222,52 - 217,97) \\ &= 1086,26 \text{ kJ/s} \\ &= 260,70 \text{ kkal/s} \end{aligned}$$

3. LPH #6

$$\begin{aligned} T_{in\#6} &= 108,58^\circ\text{C} \\ T_{out\#6} &= 129,51^\circ\text{C} \\ P &= 2,63 \text{ MPa abs} \\ T_{ext\#6} &= 226,09^\circ\text{C} \\ T_{dra\#6} &= 125,69^\circ\text{C} \\ P &= 0,3514 \text{ MPa abs} \\ h_{in\#6} &= 457,17 \text{ kJ/kg} \\ h_{out\#6} &= 545,89 \text{ kJ/kg} \\ h_{ext\#6} &= 2917,25 \text{ kJ/kg} \\ h_{dra\#6} &= 528,08 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 4

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ext\#5} &= \dot{m}_{con} \cdot \frac{(h_{out\#5} - h_{in\#5})}{(h_{ext\#5} - h_{dra\#5})} \\ T_{in\#5} &= 129,47^\circ\text{C} \quad T_{out\#5} = 150,63^\circ\text{C} \\ P &= 2,63 \text{ MPa abs} \\ T_{ext\#5} &= 287,01^\circ\text{C} \quad T_{dra\#5} = 153,20^\circ\text{C} \\ P &= 0,4541 \text{ MPa} = 0,5441 \text{ MPa abs} \\ h_{in\#5} &= 545,72 \text{ kJ/kg} \\ h_{out\#5} &= 636,29 \text{ kJ/kg} \\ h_{ext\#5} &= 3036,28 \text{ kJ/kg} \\ h_{dra\#5} &= 646,10 \text{ kJ/kg} \\ \dot{m}_{ext\#5} &= \dot{m}_{con} \cdot \frac{(h_{out\#5} - h_{in\#5})}{(h_{ext\#5} - h_{dra\#5})} \\ &= 238,74 \cdot \frac{(636,29 - 545,72)}{(3036,28 - 646,10)} \\ &= 9,046 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 3

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ext\#5} &= \dot{m}_{dra\#5} \\ \dot{m}_{dra\#5} &= 9,046 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 2

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ext\#6} &= \frac{\dot{m}_{con} \cdot (h_{out\#6} - h_{in\#6}) + \dot{m}_{dra\#5} (h_{dra\#6} - h_{dra\#5})}{(h_{ext\#6} - h_{dra\#6})} \\ &= \frac{238,74 \cdot (545,89 - 457,17) + 9,046 (528,08 - 646,10)}{(3036,28 - 528,08)} \\ &= 8,418 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 1

$$\begin{aligned} \dot{m}_{dra\#6} &= \dot{m}_{ext\#6} + \dot{m}_{dra\#5} \\ &= 8,418 + 9,046 \\ &= 17,464 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{in} &= \dot{m}_{con} (h_{out\#6} - h_{in\#6}) \\ &= 238,74 \cdot (545,89 - 457,17) \\ &= 21181,01 \text{ kJ/s} \\ &= 5083,44 \text{ kkal/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss} &= \dot{m}_{con} \cdot (h_{out\#7} - h_{in\#6}) \\ &= 238,74 \cdot (460,21 - 457,17) \\ &= 725,76 \text{ kJ/s} \\ &= 174,18 \text{ kkal/s} \end{aligned}$$

4. LPH #5

$$\begin{aligned} T_{in\#5} &= 129,47^\circ\text{C} \quad T_{out\#5} = 150,63^\circ\text{C} \\ P &= 2,63 \text{ MPa abs} \\ T_{ext\#5} &= 287,01^\circ\text{C} \quad T_{dra\#5} = 153,20^\circ\text{C} \\ P &= 0,4541 \text{ MPa} = 0,5441 \text{ MPa abs} \\ h_{in\#5} &= 545,72 \text{ kJ/kg} \\ h_{out\#5} &= 636,29 \text{ kJ/kg} \\ h_{ext\#5} &= 3036,28 \text{ kJ/kg} \\ h_{dra\#5} &= 646,10 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ext\#5} &= \dot{m}_{con} \cdot \frac{(h_{out\#5} - h_{in\#5})}{(h_{ext\#5} - h_{dra\#5})} \\ &= 238,74 \cdot \frac{(636,29 - 545,72)}{(3036,28 - 646,10)} \\ &= 9,046 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{in} &= \dot{m}_{con} (h_{out\#5} - h_{in\#5}) \\ &= 238,74 (636,29 - 545,72) \\ &= 21622,68 \text{ kJ/s} \\ &= 5189,44 \text{ kkal/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss} &= \dot{m}_{con} (h_{out\#6} - h_{in\#5}) \\ &= 238,74 (545,89 - 545,72) \end{aligned}$$

= 40,5858 kj/s

Hasil Perhitungan

\dot{Q}_{in}	Unit 1 (kkal/s)	Unit 2 (kkal/s)
Gland Steam Condensor	913,32	531,48
LPH #8#7	13879,76	14709,70
LPH #6	5083,44	5304,16
LPH #5	5189,44	5279,87
Total	25065,96	25825,21

Q_{loss}	Unit 1 (kkal/s)	Unit 2 (kkal/s)
Antara GSC dan LPH #8#7	260,70	54,50
Antara LPH #8#7 dan LPH #6	174,18	100,132
Antara LPH #6 dan LPH #5	9,74	100,72
Total	444,62	255,352

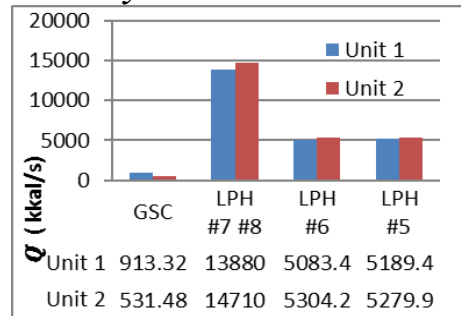
\dot{m}	Unit 1 (Kg/s)	Unit 2 (Kg/s)
Air kondensat	238,74	246,88
Uap ekstrak pada LPH#6	8,418	8,9
Uap ekstrak pada LPH#5	9,046	9,22
Drain pada LPH#6	17,464	18,12
Drain pada LPH#5	9,046	9,22

ANALISA DATA DAN PENYAJIAN GRAFIK

Penambahan kalor pada air kondensat ini pada unit 1 sebesar 25065,96 kkal/s dn terjadi losses kalor sebesar 444,62 kkal/s. Jadi penambahan kalor yang terjadi di air kondensat pada unit 1 secara bersih sebesar $\dot{Q}_{nett} = 25065,96 - 444,62 = 24621,34$ kkal/s. Hal ini lebih sedikit daripada unit 2 dimana pada unit 2 penambahan kalor pada air kondensat sebesar 25825,21 kkal/s dan terjadi losses panas sebesar 255,352 kkal/s, sehingga secara bersih penambahan kalor air kondensat sebesar $\dot{Q}_{nett} = 25825,21 - 255,352 = 25569,85$ kkal/s.

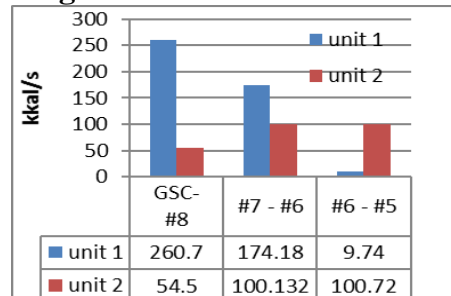
= 9,74 kkal/s

Diagram Penambahan Kalor Condensate Water Siystem



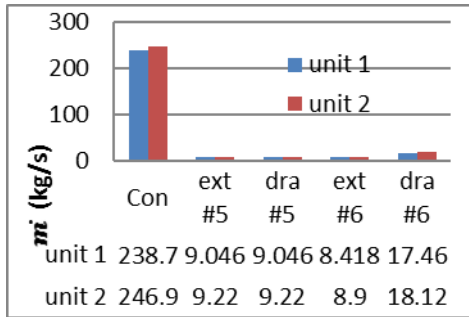
Losses merupakan rugi – rugi dari pelepasan kalor/panas ke lingkungan lewat radiasi dan konveksi di antara pipa – pipa yang menghubungkan setiap bagian heater. Pada data perhitungan didapat \dot{Q}_{loss} unit 1 sebesar **444,62 kkal/s** lebih besar daripada \dot{Q}_{loss} unit 2 yang sebesar **255,352 kkal/s**. Hal ini disebabkan dari kondisi lapangan mungkin dari sistem penyambungan perpipaan, isolasi pipa panas, perawatan pipa dan juga kondisi lingkungan.

Diagram Heat Loss



Pada saat pengambilan data, beban unit 1 lebih kecil daripada beban unit 2 sehingga penambahan massa uap dan air juga lebih kecil, hal itu juga berdampak juga dengan besar penambahan kalor. Hal tersebut berarti sesuai dengan data hasil perhitungan laju aliran massa uap dan air.

Diagram Laju Aliran Massa



cfssp project 2x300 mw as built drawing condensate water pipe, chengdu 2006

Dhani (2009). *Distem Air Pengisi dan Penambah*. From: <http://dhani-yups.blogspot.co.id/2009/06/4.html>, 20 Agustus 2016

KESIMPULAN

- Pada tanggal 8 Agustus 2016 siang, besar penambahan kalor pada unit 2 lebih besar daripada unit 1, yaitu selisihnya **759,25 kkal/s**
- Beban pada unit 2 lebih besar dari unit 1 yaitu selisihnya **4,56 Mwatt**
- Besarnya beban, massa steam dan air juga mempengaruhi besarnya penambahan kalor di *low pressure heater*, yaitu berdasarkan perhitungan besarnya berbanding lurus.
- Besar heat loss pada unit 1 lebih besar daripada unit 2, yaitu selisihnya **189,268 kkal/s**

DAFTAR PUSTAKA

Afriyan Budiman (2012). *Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)*. From: <http://arifianbudiman.blogspot.co.id/2012/01/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>, 20 Agustus 2016

Borgnakke, Claus. Richard E. Sonntag, *Thermodynamic and Transport Properties*, university of Michigan, 1991

Cengel, Yunus A. Dan Michael A. Boles, *Thermodynamics : An Engineering Approach*, 5th edition, Amerika serikat : Mc-Graw Hill Company, Inc, 2006

Chengda engineering corporation of china, southwest elektrik power design institute of china swed, *manual book cilacap 2x300 mw*