

ANALISA PENGOPERASIAN 1 CWP DAN 2 CWP PADA COOLING WATER SYSTEM PLTU ASAM ASAM UNIT 4

Juni Eko Hartanto¹⁾, Mastiadi Tamjidillah²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

JL. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

e-mail: junieko60@gmail.com

Abstract

Electric power is used to support daily life, therefore electrical energy must be continually developed considering the increasing need for this energy. Therefore it is necessary to do preventive, corrective maintenance and efforts to optimize the generating unit such as savings in the production process, one of which is by analyzing the operation of a Circulating Water Pump CWP at the Unit 4 Acid-Acid Power Plant. The formulation of the problem in this study is that in the manufacturer's design for 65 MW full load 2 CWP pumps are needed, this can be seen from the pump specification data, but in fact with only a Circulating Water Pump CWP can produce a full load of 65 MW.

Keywords : *Tara Calor, Thermal Efficiency, Net Power and Own Use, Vacuum Pressure and Main Steam Flow*

PENDAHULUAN

Tenaga listrik digunakan untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Energi listrik ini harus terus menerus dikembangkan mengingat semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap energi ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan preventif, korektif *maintenance* serta usaha usaha untuk mengoptimalkan unit pembangkit seperti penghematan pada proses produksi, salah satunya dengan menganalisa pengoperasian satu pompa CWP pada PLTU Asam-Asam Unit 4.

Analisa pengoperasian 1 CWP DAN 2 CWP ini disusun untuk mengambil pertimbangan dalam memilih mana pola operasi yang paling tepat dalam sistem *Cooling Water Unit 4*. Pada analisa ini pertimbangan diambil berdasarkan perbandingan parameter operasi dan parameter turunan. Dengan dimatikannya 1 pompa CWP pada unit, PLTU Asam Asam tetap dapat beroperasi pada beban optimal. Hal ini berdampak langsung pada tara kalor, di mana tara kalor Unit 4 mengalami penurunan. Turunnya tara kalor ini tentu saja menarik perhatian, karena tara kalor yang rendah menjadi lebih baik pada sisi kinerja pembangkit. Namun, mengingat unit ini dirancang dengan dua CWP beroperasi pada daya mampu optimal, dikhawatirkan ada efek samping terhadap unit dalam jangka panjang. Karena itulah, dilakukan analisa mengenai hal ini setelah sebelumnya diambil terlebih dahulu data-data operasi.

Sistem Air Pendingin Utama

Air tawar yang berasal dari sungai atau danau dipompakan sebagai *make-up cooling tower* setelah sebelumnya dilakukan *treatment* (sedimentasi dan koagulasi) terlebih dahulu. Air tersebut digunakan untuk mendinginkan proses-proses di dalam pabrik. Air pendingin yang telah panas kemudian didinginkan di *cooling tower* untuk kemudian disirkulasikan kembali ke dalam pabrik. Untuk menjaga kualitas air, misalnya agar tidak terdapat *algae/bacteria* dan pengendapan (*scaling*), maka perlu diinjeksikan beberapa jenis *chemicals* tertentu. Kualitas air juga dijaga melalui mekanisme *make-up* dan *blow-down*.

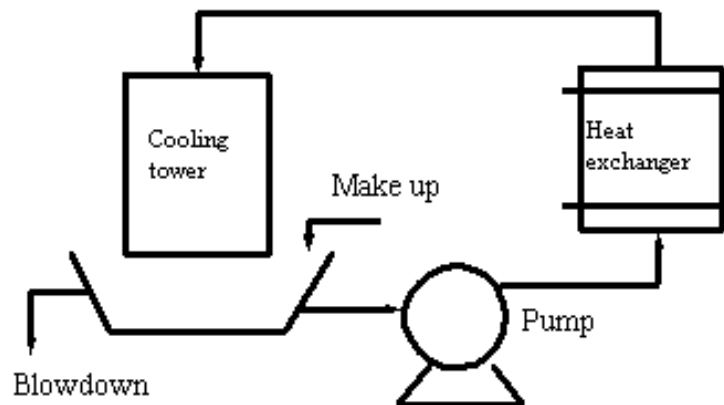
Sistem ini banyak digunakan oleh pabrik yang berada dekat dengan sumber air tawar atau jauh dari laut. Spesifikasi material untuk peralatan yang menggunakan air tawar tidak perlu sebagus peralatan yang menggunakan air laut, karena air tawar lebih tidak korosif dibandingkan dengan air laut. *Open recirculating system* banyak digunakan dalam industri. Sistem ini terdiri dari pompa, HE, dan *cooling tower*. Pompa akan meresirkulasikan air melalui HE, mengambil panasnya, lalu membuangnya di *cooling tower* dimana panas tersebut akan dibuang dari air dengan cara evaporasi. Dalam sistem ini, chemical akan lebih banyak digunakan karena komposisi air akan berubah saat evaporasi berlangsung, dimana konstituen korosi dan *scaling* akan lebih pekat (Gumilar, 2011). Air pendingin teruapkan sekitar 1% *water*. Kehilangan air akibat penguapan ini harus dikompensasi oleh *make up* air pendingin.

Keuntungan menggunakan *Open evaporative recirculating systems*:

- a. Jumlah kebutuhan air sedikit (*make up*).
- b. Memungkinkan untuk mengontrol korosi.

Kerugian menggunakan *Open evaporative recirculating systems*:

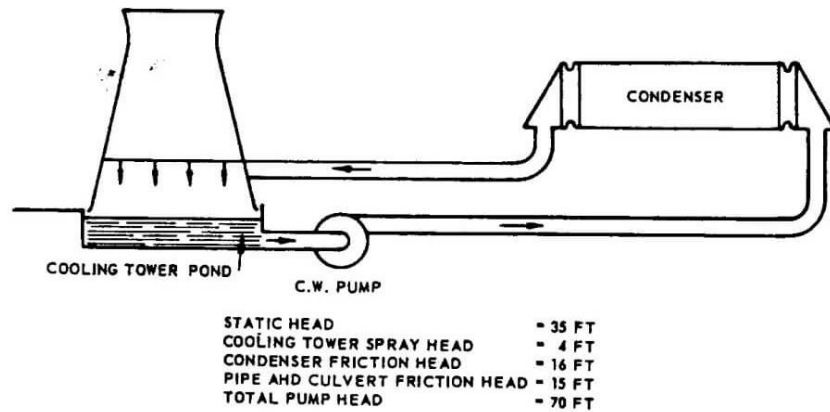
- a. Investasi (*capital cost*) lebih tinggi daripada *once through*.
- b. Memerlukan *cooling tower* yang cukup besar.
- c. *System purge dan blowdown* kemungkinan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.



Gambar 1. *Once Through System*

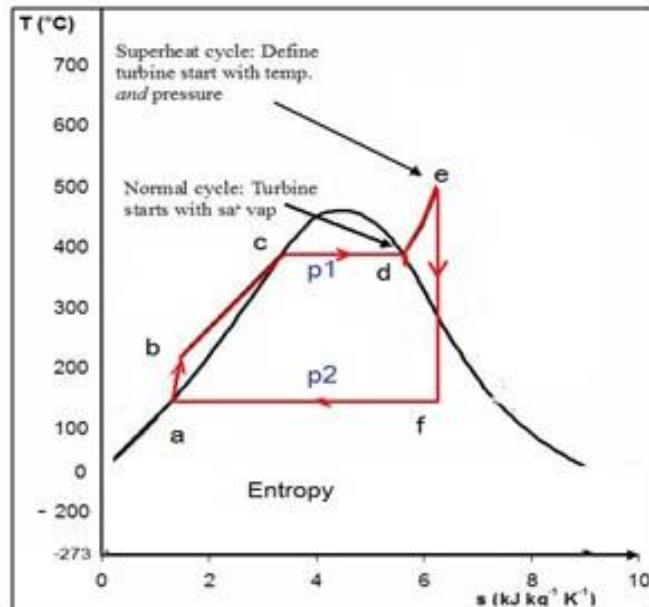
Sistem Siklus Tertutup

Air pendingin utama pada PLTU asam-asam menggunakan siklus tertutup, di mana media air pendingin digunakan secara berulang-ulang. Akibat proses penyerapan panas di kondensor, temperatur air pendingin keluar kondensor akan naik. Karena air akan disirkulasikan kembali ke kondensor, maka air pendingin ini harus didinginkan terlebih dahulu di menara pendingin (*cooling tower*). Di dalam menara pendingin, air pendingin didinginkan oleh udara sehingga temperaturnya kembali turun dan siap disirkulasikan kembali kedalam kondensor.



Gambar 2. Siklus Air Pendingin *Cooling Tower*

Siklus Rankine



Gambar 3. Siklus *Rankine* Sederhana

- a – b : Air dipompa dari tekanan P2 menjadi P1. Langkah ini adalah langkah kompresi isentropik, dan proses ini terjadi pada pompa air pengisi.
- b – c : Air bertekanan ini dinaikkan temperaturnya hingga mencapai titik didih. Terjadi di *LP heater*, *HP heater* dan *Economizer*.
- c – d : Air berubah wujud menjadi uap jenuh. Langkah ini disebut *vapourising* (penguapan) dengan proses isobar isothermis, terjadi di *boiler* yaitu di *wall tube (riser)* dan *steam drum*.
- d – e : Uap dipanaskan lebih lanjut hingga uap mencapai temperatur kerjanya menjadi uap panas lanjut (*superheated vapour*). Langkah ini terjadi di *superheater boiler* dengan proses isobar.
- e – f : Uap melakukan kerja sehingga tekanan dan temperaturnya turun. Langkah ini adalah langkah ekspansi isentropis, dan terjadi didalam turbin.
- f – a : Pembuangan panas laten uap sehingga berubah menjadi air kondensat. Langkah ini adalah isobar isothermis, dan terjadi didalam kondensor.

Perpindahan Panas

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan sama sekali. Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat dan atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan. Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung, yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah dan secara tidak langsung, yaitu bila diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah. (Cengel, 2006)

Circulating Water Pump

Circulating Water Pump atau biasa disebut dengan CWP adalah komponen PLTU pada sistem *Cooling Tower* yang berfungsi untuk memompakan air pendingin utama dari *Cooling Tower* menuju kondensor, air ini bertujuan untuk mengkondensasikan uap hasil ekstraksi turbin untuk diubah menjadi air kondensat kembali. Pada PLTU Pembangkitan Asam – Asam terdapat 2 pompa CWP untuk membangkitkan daya 65 MW. Berikut Gambar CWP yang terdapat pada PLTU Pembangkitan Asam – Asam.



Gambar 4. CWP PLTU Asam-Asam

METODE PENELITIAN

1. Studi literatur

Pada tahap ini, teori-teori serta konsep-konsep penelitian yang telah dikembangkan sebelumnya dan ada hubungannya dengan masalah yang dihadapi di emukakan sebagai dasar menuju tahapan selanjutnya. Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang hendak dicapai. Studi pustaka yang dilakukan mengenai PLTU, komponen *cooling tower*, kondensor, CWP serta cara analisis statistik. Studi pustaka ini diperoleh dari sumber beberapa buku maupun jurnal yang di dapat di internet.

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data merupakan sebuah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang di perlukan. Metode pengumpulan data yang di lakukan adalah dengan mengambil data yang ada di *Computer Control*

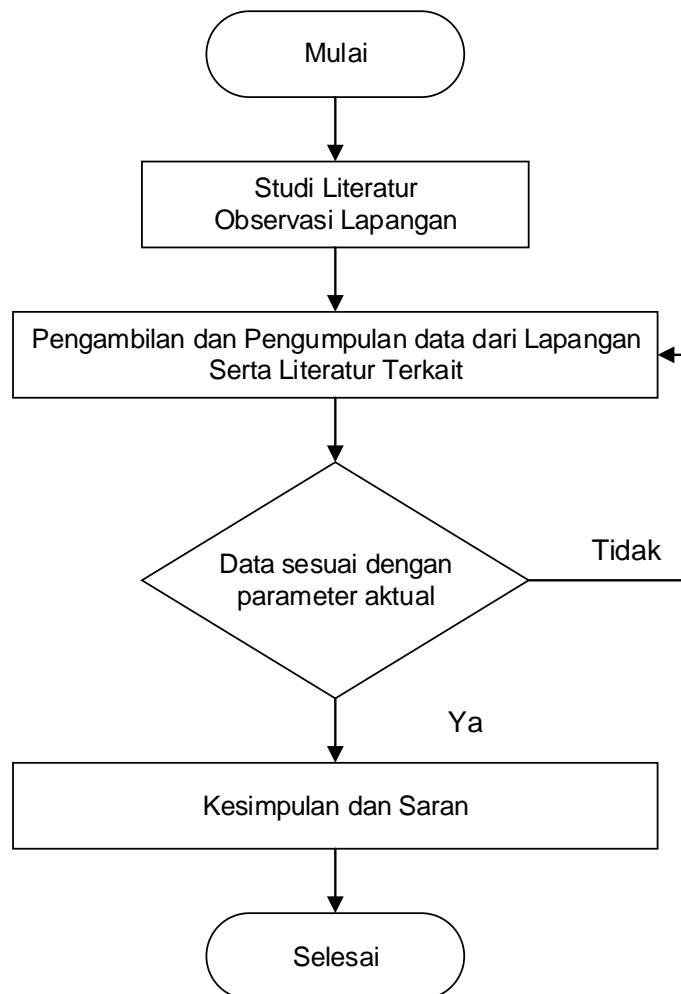
Room Unit 4 PLTU Asam-Asam. Data-data yang diperlukan adalah parameter operasi dan turunan.

3. Pengolahan data

Data yang telah didapat kemudian dikumpulkan agar dapat dilakukan analisis dalam penelitian ini.

4. Pengambilan kesimpulan

Dari hasil analisis data yang didapat selanjutnya dapat diambil kesimpulan mengenai pola operasi CWP manakah yang paling baik untuk membangkitkan daya optimal 65 MW pada PLTU PT. PLN (PERSERO) Sektor Pembangunan Asam – Asam unit 4.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengoperasian 1 CWP dan 2 CWP, dapat diamati parameter sebagai berikut:

Tara Kalor (NPHR)

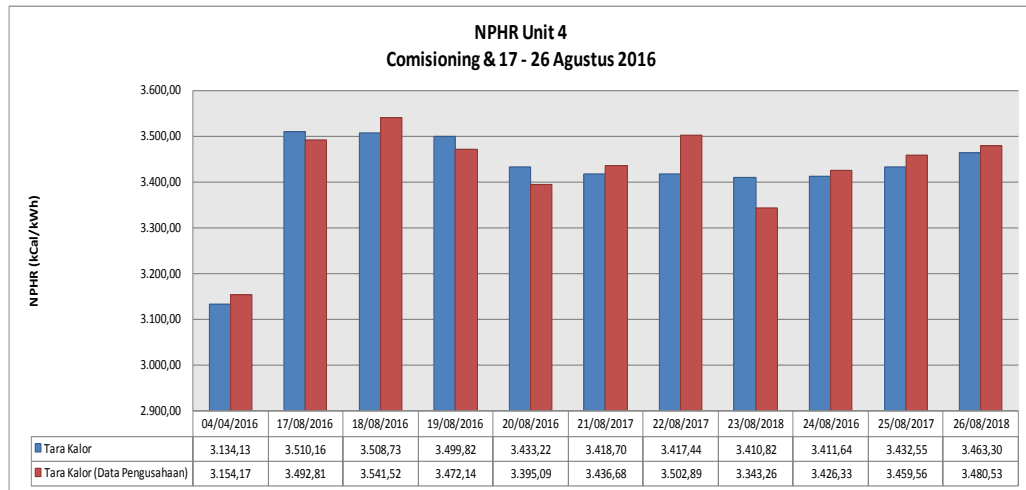
Pada Gambar 6 di bawah ini, dapat dilihat besaran tara kalor netto per hari. Tara kalor dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$NPHR = \frac{\dot{m}_{bb} \cdot Cal_{bb}}{P_{net}} \tag{1}$$

$$NPHR = \frac{48,5 \cdot 4200}{58}$$

$$= 3508$$

- $NPHR$ = Tara kalor Netto (kCal/kWh)
- \dot{m}_{bb} = Laju massa batubara (Ton/h)
- Cal_{bb} = Kalori batubara (kCal/kg)
- P_{net} = Daya Netto (MW)



Gambar 6. Tara Kalor Netto Unit 4

Dapat dilihat ada penurunan pada tara kalor antara pengoperasian satu CWP dengan dua CWP. Perbedaan tara kalor rata-rata antara dua CWP dan satu CWP adalah sebesar ±80 kCal/kWh.

Rekomendasi : 1 CWP

Efisiensi Thermal

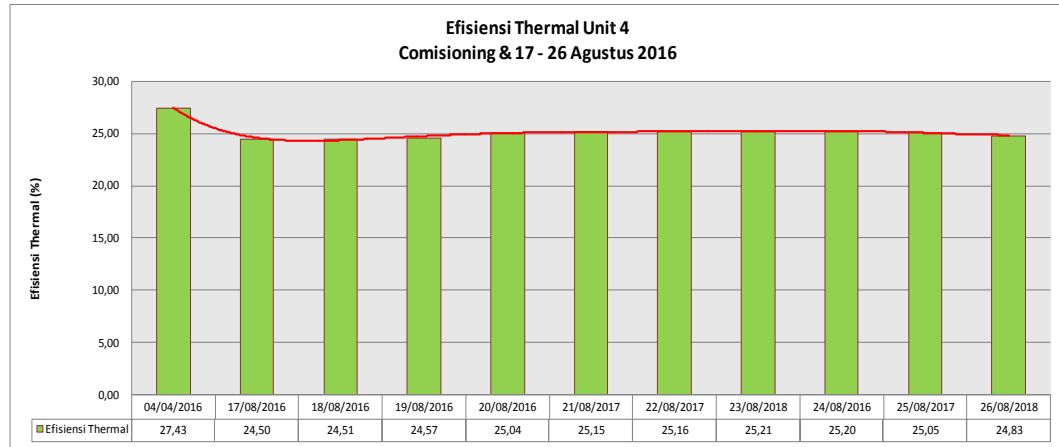
Untuk perubahan pada efisiensi thermal, dapat dilihat pada Gambar 7.

$$\eta_{th} = \frac{3.600}{4,1868 \cdot NPHR} \tag{2}$$

$$\eta_{th} = \frac{3.600}{4,1868 \cdot 3508}$$

$$= 24\%$$

$$\eta_{th} = \text{Efisiensi thermal (\%)}$$



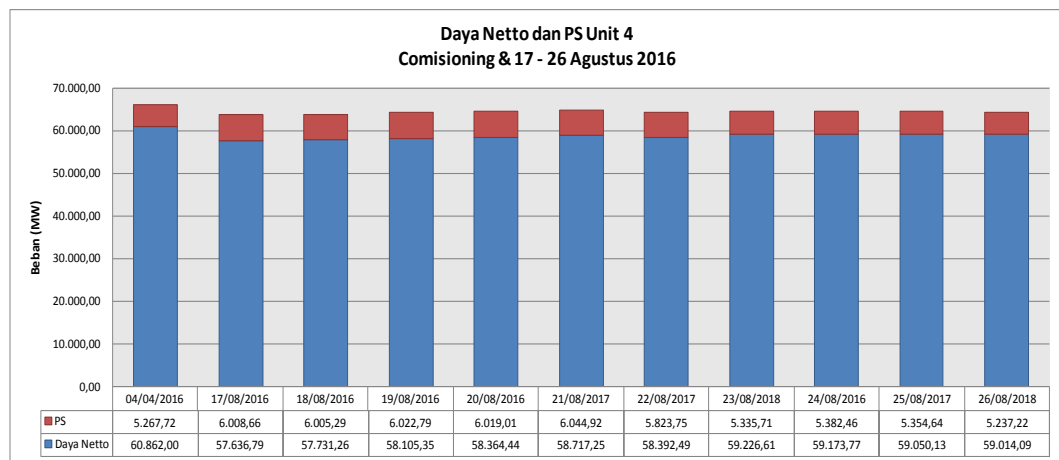
Gambar 7. Efisiensi Thermal Unit 4

Besaran selisih efisiensi thermal antara dua CWP dan satu CWP rata-rata adalah sebesar $\pm 0,5\%$.

Rekomendasi: 1 CWP

Daya Netto dan PS

Turunnya NPHR dari pengoperasian satu CWP lebih banyak disebabkan oleh turunnya Pemakaian Sendiri (PS) dan meningkatnya Daya Netto, walaupun turunnya vakum kondensor mengakibatkan banyaknya *flow Main Steam*. Untuk perubahan pada Daya Netto dan PS dapat dilihat pada Gambar 8.



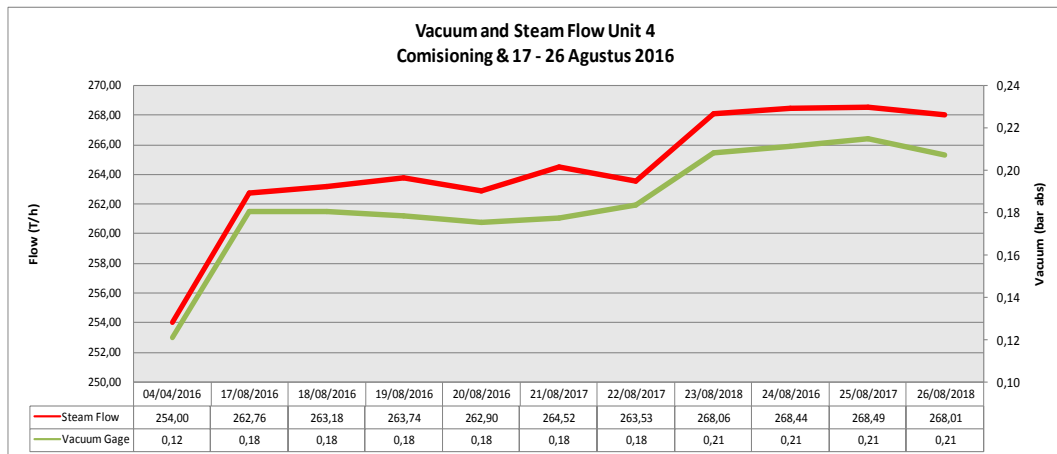
Gambar 8. Daya Netto dan PS Unit 4

Dengan menggunakan satu CWP, besaran PS yang dapat dihemat rata-rata adalah sebesar ± 600 kW; sehingga rata-rata PS turun dari ± 6.000 kW menjadi ± 5.400 kW.

Rekomendasi: 1 CWP

Vacuum Pressure dan Main Steam Flow

Turunnya *flow Cooling Water* secara langsung mempengaruhi vakum kondensor, di mana pada pengoperasian 1 CWP rata-rata vakum kondensor sebesar $-0,800$ barg atau $0,213$ bar absolute (bara), dan pada 2 CWP rata-rata $-0,835$ barg atau $0,178$ bara. Turunnya vakum kondensor mempengaruhi efisiensi turbin, sehingga untuk meningkatkan daya yang sama memerlukan *steam flow* yang lebih besar. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



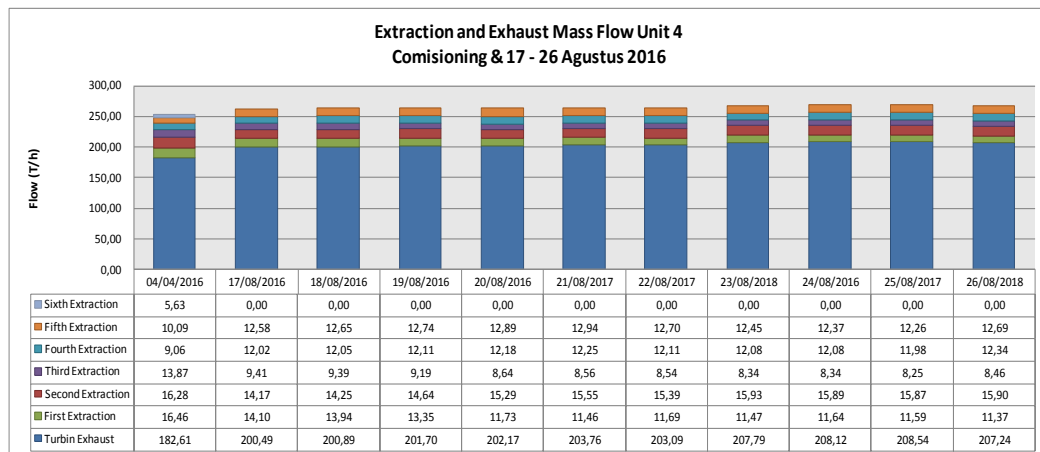
Gambar 9. Vacuum and Steam Flow Unit 4 untuk beban 64 - 65 MW

Rekomendasi: 2 CWP

Naiknya *Steam Flow* sebesar 5 hingga 6 T/h untuk membangkitkan daya turbin yang sama, sehingga memerlukan batu bara yang lebih banyak. Namun, besarnya kalori yang diperlukan masih lebih kecil dibandingkan PS yang dihemat, sehingga tara kalor pada 1 CWP bisa lebih rendah.

Turbine Exhaust dan Feedwater Heater Extraction Flow

Turunnya vakum kondensor mengakibatkan perubahan pada *Main Steam Flow* dan pada akhirnya menaikkan tonase Turbin Exhaust menuju Kondensor. Besaran turbin exhaust maupun masing-masing ekstraksi dihitung berdasarkan energi *balance Rankine Cycle* Unit 4. Unit 4 PLTU Asam Asam memiliki 6 ekstraksi, yaitu 2 HPH, 1 *Deaerator* dan 3 LPH. Besaran masing-masing ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Flow Ekstraksi dan Exhaust Turbin Unit 4

Rekomendasi: 2 CWP

Rata-rata flow *Main Steam* dengan dua CWP adalah ± 263 Ton/h, sedangkan dengan satu CWP naik menjadi sekitar ± 268 Ton/h. Naiknya *Main Steam Flow* disebabkan oleh turunnya efisiensi turbin akibat turunnya vakum. Sehingga, untuk membangkitkan daya yang sama, turbin mengkonsumsi lebih banyak *flow Main Steam*.

Efisiensi Isentropik dan Aktual Turbin

Dengan turunnya vakum kondensor, efisiensi turbin baik isentropik maupun aktual menurun. Efisiensi turbin isentropik adalah perbandingan antara daya mampu dengan daya shaft turbin (Brake Horsepower). Sementara efisiensi aktual turbin adalah perbandingan antara daya mampu dengan *Total Steam Enthalpy* (memperhitungkan *losses enthalpy* di kondensor). Besaran efisiensi isentropik maupun aktual dapat dilihat pada Gambar 11, sementara untuk perhitungannya menggunakan persamaan berikut :

$$\eta_i = \frac{P_g}{BHP_T}$$

$$\eta_i = \frac{63.848 \times 100\%}{77.436}$$

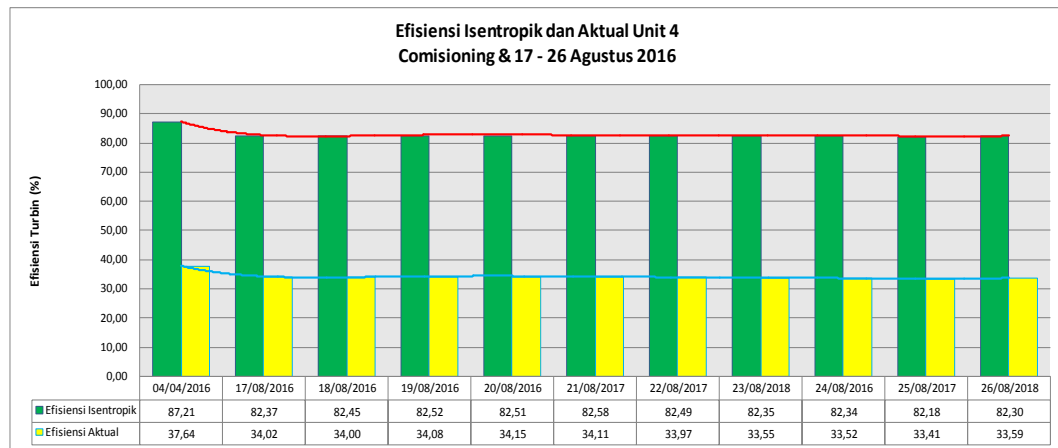
$$= 82,45 \%$$

$$\eta_T = \frac{P_g}{h_{tot}}$$

$$\eta_T = \frac{63.848 \times 100\%}{187.769} \tag{3}$$

$$= 34\%$$

- η_i = Efisiensi Isentropik (%)
- η_T = Efisiensi Aktual Turbin (%)
- P_g = Daya Mampu (kW)
- BHP_T = Daya Shaft Turbin (kW)
- h_{tot} = *Total Steam Enthalpy* (kW)



Gambar 11. Efisiensi Isentropik dan Aktual Unit 4

Rekomendasi: 2 CWP

Pada saat pengoperasian satu CWP, efisiensi isentropik turbin turun sebesar $\pm 0,3 \%$, sementara efisiensi aktual turbin turun sebesar $\pm 0,5 \%$. Jadi untuk menghindari turunnya efisiensi isentropik turbin yang berdampak pada penilaian kinerja pembangkit perlu pengoperasian 2 CWP.

Cleanliness Factor dan Efektifitas Kondensor

Untuk mengetahui pengaruh pola operasi CWP terhadap kondensor, perlu diperhitungkan beberapa parameter turunan untuk kondensor, seperti faktor

kebersihan tube kondensor dan efektifitas kondensor. Besaran faktor kebersihan dan efektifitas kondensor dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

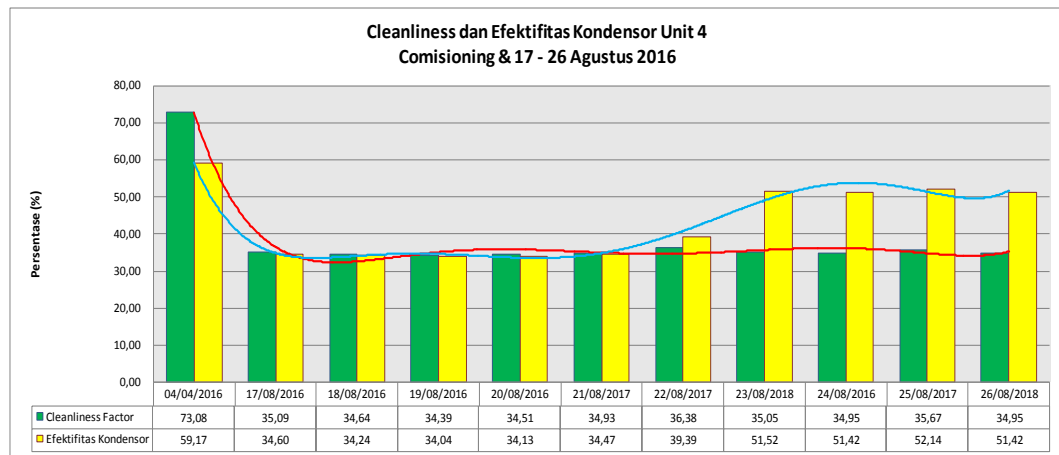
$$CF = \frac{U}{U_{cd}}$$

$$CF = \frac{1257 \times 100\%}{3630}$$

$$= 34,64 \%$$

$$\varepsilon = \frac{C_c/h(T_{co}/h_i - T_{ci}/h_o)}{C_{min}(T_{hi} - T_{ci})} \quad (4)$$

- CF = Cleanliness Factor (%)
- ε = Efektifitas Kondensor (%)
- U = Overall Heat Transfer Coefficient aktual (W/m².degC)
- U_{cd} = Overall Heat Transfer Coefficient desain (W/m².degC)
- C = Kapasitas Panas; c = cold, h = hot (kJ/degC.s)
- T = Temperatur; i = inlet, o = outlet (degC)



Gambar 12. Cleanliness dan Efektifitas Kondensor

Dari Gambar 12, dapat dilihat tidak ada perubahan pada tingkat kebersihan tube, tetapi nilai efektifitas kondensor meningkat.

Rekomendasi: 1 CWP

Thermal Stress Tube Condensor

Karena adanya perbedaan temperatur yang tinggi antara *exhaust steam* dengan *tube* kondensor, maka tegangan thermal dan tekanan thermal yang terjadi pada *tube* kondensor juga perlu diperhatikan. Tegangan thermal yang terjadi tidak boleh melebihi *ultimate tensile strength* material *tube*. Besar *strength material tube (Titanium grade 3)* adalah 440 MPa. Untuk operasi normal, perlu diambil batas *safety factor* sebesar 5,0, sehingga batasan tegangan thermal adalah 88 MPa. Besaran tegangan thermal dan perhitungannya dapat dilihat di bawah ini.

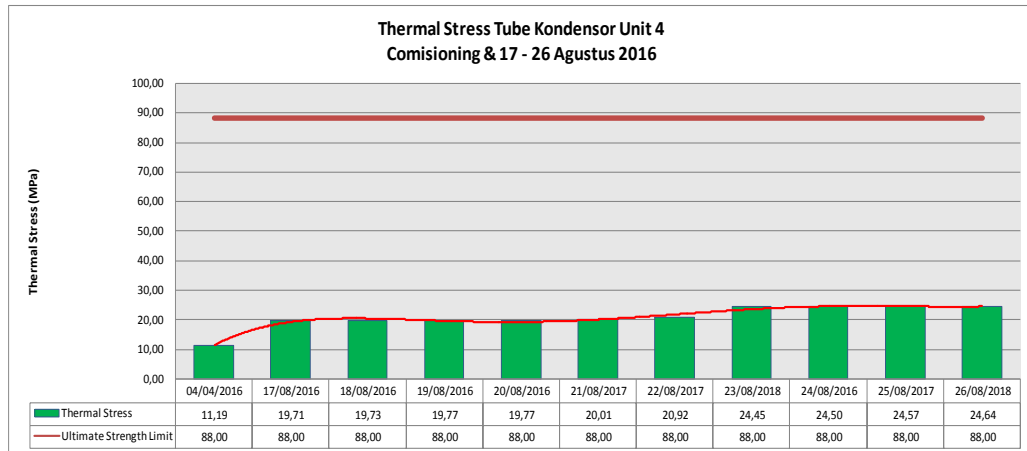
$$\sigma_{dTm} = E \cdot \alpha \cdot \Delta T_{max} \quad (5)$$

$$\sigma_{dTm} = 8,4 \times 105 \times 22,38 \div 1000$$

$$= 19,73 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{dTm} = \text{Tegangan Thermal (MPa)}$$

E = Modulus Elastisitas Material (105 GPa)
 α = Koefisien Ekspansi Material ($1 \cdot 10^{-6}$ m/m-degC)
 ΔT_{max} = Selisih Temperatur Tertinggi (degC)



Gambar 13. *Thermal Stress* pada Kondensor

Rekomendasi: 2 CWP

Nilai tegangan thermal *tube* kondensor baik pada satu maupun dua CWP, masih berada jauh di bawah batas *safety strength material*, yaitu 88 MPa yang ditunjukkan oleh garis lurus berwarna merah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada pengoperasian satu CWP dengan beda temperatur tertinggi (27,93 degC), sangat kecil kemungkinan kegagalan akibat tegangan thermal.

Thermal Force Tube Kondensor

Selain memperhitungkan tegangan thermal, gaya thermal juga perlu diperhatikan. Gaya adalah tekanan dikalikan luas penampang. Gaya thermal terjadi akibat ekspansi *tube* yang tidak bebas/tertahan pada suaian pemasangannya. Besaran gaya thermal dan perhitungannya dapat dilihat di bawah ini.

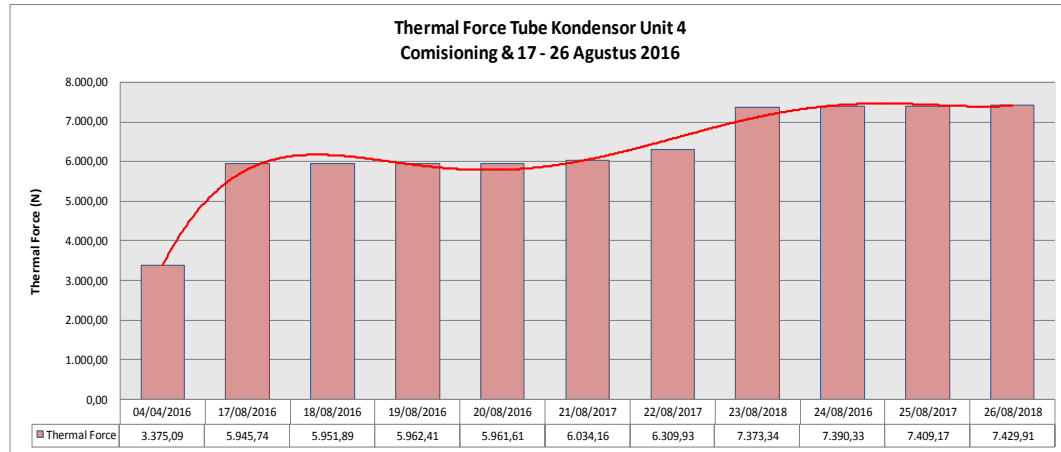
$$F_{dTm} = \sigma_{dTm} \cdot A_{cs} \tag{6}$$

$$F_{dTm} = 19,73 \times 301$$

$$= 5.951 \text{ N}$$

$$F_{dTm} = \text{Gaya Thermal (N)}$$

$$A_{cs} = \text{Luas Penampang Tube, satuan maupun total (m}^2\text{)}$$



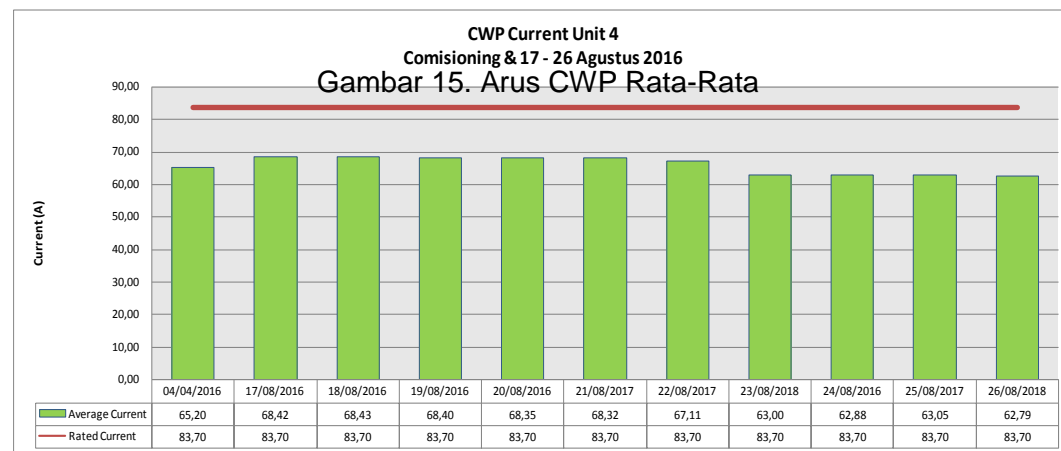
Gambar 14. Thermal Force pada Kondensor

Rekomendasi: 2 CWP

Seiring dengan kenaikan tegangan thermal, gaya thermal juga ikut naik. Tetapi karena tegangan thermal masih di bawah batas safety, tentunya gaya thermal juga masih aman. Sehingga dapat disimpulkan untuk tegangan maupun gaya thermal pada kondensor masih aman baik untuk dua maupun satu CWP.

CWP Current

Pada peralatan CWP, yang perlu kita perhatikan adalah rata-rata arus CWP. Arus *rated* desain CWP adalah 83,70 A. Data arus CWP aktual yang diambil adalah rata-rata per hari.



Gambar 15. Arus CWP Rata-Rata

Rekomendasi: 1 CWP

Pada pengoperasian satu CWP, arus CWP cenderung turun sebesar 4-5 A. Untuk Unit 4, karakteristik ampere masing-masing CWP, CWP 4A (67 A) menggunakan arus lebih rendah daripada CWP 4B (69 A); dan pada pola operasi satu CWP, CWP yang digunakan adalah CWP 4A (63-64 A). Kemungkinan besar, penurunan arus CWP ini disebabkan oleh berkurangnya kecepatan aliran dalam pipa tunnel, sehingga besarnya losses akibat gesekan aliran juga berkurang secara eksponensial. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa konsumsi arus CWP pada kedua pola operasi masih berada di bawah rated desain. Selain itu, CWP 4A memang mengkonsumsi lebih sedikit daya listrik dibandingkan CWP 4B.

Degree of Difficulty dan Liquid-Gas Ratio Cooling Tower

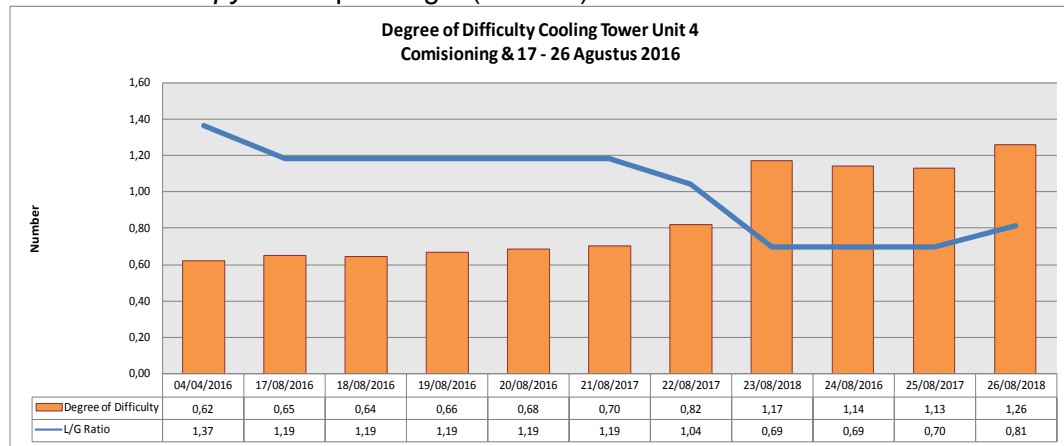
Pada *Cooling Tower*, ada 5 parameter turunan yang dibahas pada analisa ini, antara lain *Degree of Difficulty*, *Liquid-Gas Ratio (L/G Ratio)*, Efektifitas, *Temperature Range* dan *Temperature Approach*. Untuk membandingkan baik tidaknya nilai *Degree of Difficulty*, sebaiknya dibandingkan dengan karakteristik *Cooling Tower (KaV/L)*. Namun, karena keterbatasan data, nilai yang dipakai sebagai pembanding adalah data komisioning. Besarnya *Degree of Difficulty* dapat dilihat dan diformulasikan sebagai berikut.

$$NTU = \frac{\Delta T(F)}{4} \sum \frac{1}{h_w - h_a} \tag{7}$$

$$NTU = \frac{28,97}{4} \times \frac{1}{19,54} + \frac{1}{23,33} + \frac{1}{25,86} + \frac{1}{29,65}$$

$$= 1,21$$

- NTU* = Degree of Difficulty (dimensionless)
- $\Delta T(F)$ = Kenaikan Temperatur *Cooling Water* (degF)
- h_w* = Enthalpy *Cooling Water* (Btu/lbm)
- h_a* = Enthalpy udara pendingin (Btu/lbm)



Gambar 16. Degree of Difficulty

Rekomendasi : 2 CWP

Dapat dilihat pada operasi 1 CWP, ada penurunan pada *Liquid-Gas Ratio* dan kenaikan pada *Degree of Difficulty (DoD)*. Parameter DoD harus di bawah nilai karakteristik *Cooling Tower (KaV/L)*, karena menandakan nilai desain *Cooling Tower*. Namun, karena tidak ada data nilai karakteristik, DoD aktual akan dibandingkan dengan DoD komisioning, sehingga dari Gambar 16 dapat dilihat bahwa pola operasi 2 CWP lebih baik.

Temperature Range dan Temperature Approach Cooling Tower

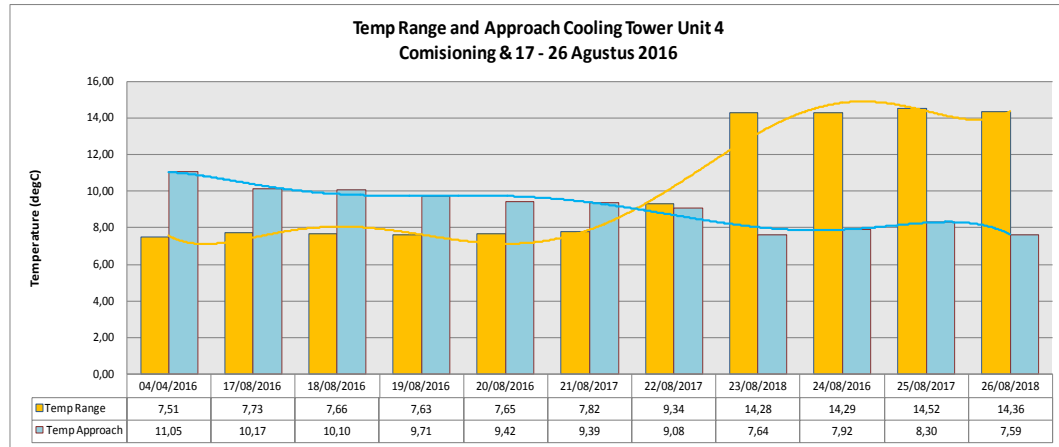
Selain kedua perbandingan tersebut, dua parameter lainnya adalah *Temperature Range* dan *Temperature Approach*. *Temperature Range* adalah penurunan temperatur air pendingin, sedangkan *Temperature Approach* adalah selisih temperatur antara temperatur bola basah udara pendingin dengan temperatur *cold basin*. *Temperature Approach* menggambarkan kinerja *cooling tower*, semakin kecil maka semakin baik; sementara *Temperature Range* menggambarkan besarnya beban panas yang harus didinginkan *cooling tower*. Namun, keduanya tidak langsung menggambarkan kinerja *cooling tower*, karena tidak memperhitungkan *flow*. Besar masing-masing parameter dapat diformulasikan dan digambarkan sebagai berikut.

$$\Delta T = T_{cwo} - T_{cwi}$$

$$T_{app} = T_{cwi} - T_{wb} \tag{8}$$

ΔT = Temperature Range (degC)

T_{app} = Temperature Approach (degC)



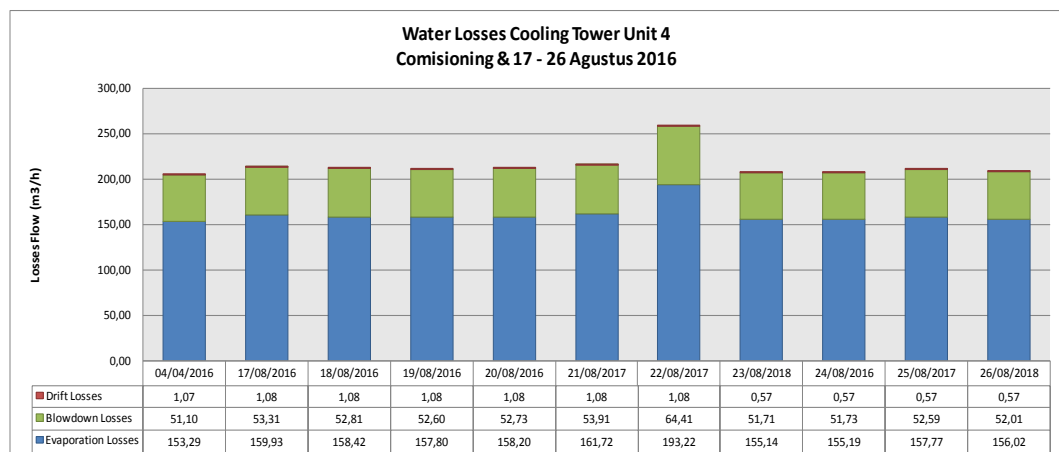
Gambar 17. Temperature Range dan Approach Cooling Tower

Rekomendasi : 1 CWP

Temperatur range naik pada pengoperasian 1 CWP namun tidak mengambarkan kinerja cooling tower, pada data diatas terlihat temperatur approach turun pada 1 CWP sehingga direkomendasikan pengoperasian 1 CWP karena semakin kecil temperatur approach semakin baik.

Water Consumption Untuk Cooling Tower

Parameter cooling tower terakhir yang akan dikaji adalah konsumsi cooling water tiap pola operasi. Air pada cold basin cooling tower harus selalu di-makeup karena ada losses-losses air pada proses evaporasi. Selain evaporasi, ada juga losses akibat blowdown dan drift. Jadi, konsumsi cooling water adalah akibat ketiga losses tersebut. Besarnya losses dan formulasinya adalah sebagai berikut.



Gambar 18. Water Losses

Rekomendasi : Baik untuk keduanya

NPSHA Condensate Extraction Pump

Net Positive Suction Head (NPSH) adalah *head* pada sisi hisap pompa yang diperlukan untuk menghindari turunnya tekanan uap air pada impeler pompa di bawah tekanan uap air pada temperatur tersebut. NPSH ada dua macam, yaitu NPSH yang diperlukan (NPSHR) dan NPSH yang disediakan (NPSHA). NPSHA harus lebih besar daripada NPSHR, untuk menghindari kavitasi. NPSHR CEP Unit 4 adalah 1,3 m, jadi besarnya NPSHA yang disediakan oleh sistem harus di atas 1,3 m. Pada kajian ini, akan digambarkan dan diformulasikan besarnya NPSHA pada tiap harinya (untuk pompa vertikal dengan level elevasi hisap di atas level discharge).

$$NPSHA = H_{pa} + H_{zs} - H_{pv} - H_{vs} \tag{9}$$

$$NPSHA = 1,25 + 1,62 - 1,22 - 0,01 = 1,63 \text{ m}$$

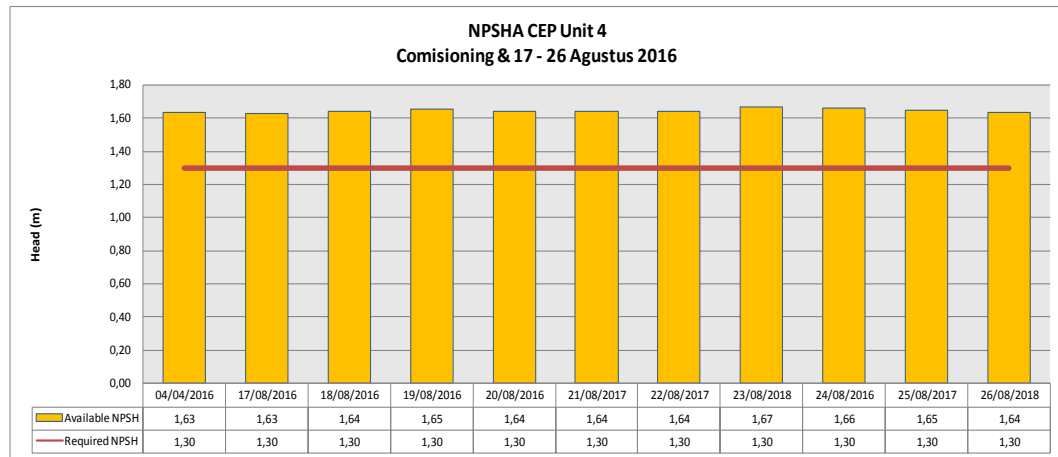
NPSHA = Net Positive Suction Head Available (m)

H_{pa} = Hotwell Static Head (m)

H_{zs} = Suction Elevation Head (m)

H_{pv} = Vapor Pressure Head (m)

H_{vs} = Suction Dynamic Head (m)



Gambar 19. NPSHA CEP

Rekomendasi : Baik untuk keduanya

Dari Gambar 19 di atas, dapat dilihat bahwa selama level *hotwell* kondensor tidak turun lebih dari 300 mm, maka tidak akan ada kavitasi pada impeller pompa.

Kajian Risiko Operasi 1 CWP

Hal lain yang perlu digaris bawahi adalah keandalan pengoperasian. Pada pola operasi 2 CWP, jika terjadi *trip* pada pompa, unit masih bisa *derating* dan mempersiapkan pengoperasian CWP kedua kembali. Namun, jika *trip* pada pola operasi 1 CWP, proteksi akan bekerja dan unit akan *trip*. *Trip* dan *deratingnya* unit sama-sama berdampak pada nilai EAF dan CF, tetapi *tripnya* unit berat dampak buruknya lebih besar daripada *derating*, karena *start-up* unit memakan waktu hingga 3 jam. Oleh karena itu, diperlukan kajian risiko untuk perbandingan pola pengoperasian CWP.

Rekomendasi: 2 CWP

KESIMPULAN

Berdasarkan dari analisis dan pembahasan hasil penelitian maka untuk mengambil keputusan seperti apa pola operasi yang terbaik, perlu disimpulkan masing-masing rekomendasi yang telah dibahas diatas, kemudian dipilih yang terbaik dari yang paling banyak poinnya untuk ditarik kesimpulan. Dari pembahasan analisis terlihat bahwa pengoperasian 2 CWP lebih baik daripada 1 CWP karena tingkat resiko 2 CWP lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai kerugian ketika menggunakan 1 CWP.

DAFTAR PUSTAKA

- ASME PTC 6, 2004. Steam Turbines.*
ASME PTC 23, 2003. Atmospheric Water Cooling Equipment.
Gumilar, 2011. Sistem Air Pendingin.
Incropera, 2007. Heat Transfer & Fluid Book Frank Incropera Fundamental Sofheat & Mass Transfer.
Perry's Chemical Engineer Handbook 1999.
PT PLN PERSERO, 2018. Perhitungan NKO Korporat.
Y. A. Çengel and M. A. Boles. 1994. *Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th ed, McGraw-Hill.*