

ANALISA KEBUTUHAN MAKE UP WATER COOLING TOWER RSG-GAS PADA DAYA 30 MW SETELAH REVITALISASI

Pranto Busono¹, Santosa Pujiarta²

^{1,2} PRSG – BATAN Kawasan Puspiptek Gd. 31 Serpong, 15310
email: pranto@batan.go.id

Diterima: 23 Januari 2020, diperbaiki : 6 Febuari 2020, disetujui : 13 April 2020

ABSTRAK

ANALISA KEBUTUHAN MAKE UP WATER COOLING TOWER RSG-GAS PADA DAYA 30 MW SETELAH REVITALISASI. Akibat kondisi dan usia dari *cooling tower* RSG-GAS maka telah dilakukan revitalisasi pada *cooling tower* tersebut. *Cooling tower* yang baru mempunyai tipe sama dengan tipe sebelumnya, yaitu tipe *Mechanical induced draft, counter flow, Inline, Closed end*. Akibat penggantian/revitalisasi *cooling tower* RSG-GAS maka perlu dilakukan kajian yang berkaitan dengan besarnya kehilangan air. Kehilangan air pada *cooling tower* terdiri atas: *evaporation loss (We)*, *Drift loss (Wd)* dan *blowdown (Wb)*. Besarnya kehilangan air berdasarkan desain 93,8074 m³/h, hasil perhitungan 53,1286 m³/h dan hasil pengamatan adalah sebesar 39,4548 m³/h. Kehilangan air pada *cooling tower* perlu diperhitungkan karena berkaitan dengan kemampuan pompa PA-04 dalam mengkompensasi kehilangan air tersebut. Dengan kemampuan pompa PA-04 yang mempunyai kapasitas 100 m³/h, maka dapat dipastikan bahwa pompa PA-04 masih mampu untuk mengkompensasi kehilangan air di *cooling tower*.

Kata kunci : *make up water*, revitalisasi *cooling tower*, kehilangan air

ABSTRACT

ANALYSIS OF NEEDS MAKE UP WATER COOLING TOWER RSG-GAS AT 30 MW POWER AFTER REVITALIZATION. Due to the condition and age of the RSG-GAS cooling tower, revitalization of the cooling tower has been carried out. The new cooling tower has the same type as the previous type, namely *Mechanical induced draft, counter flow, Inline, Closed end* types. As a result of the replacement or revitalization of the RSG-GAS cooling tower, it is necessary to conduct a study related to the amount of water loss. Water loss in a cooling tower consists of: *evaporation loss (We)*, *Drift loss (Wd)* and *blowdown (Wb)*. The amount of water loss based on the design is 93.8074 m³/h, the calculation result is 53.1286 m³/h and the observation result is 39.4548 m³/h. The loss of water in the cooling tower needs to be taken into account because it is related to the PA-04 pump's ability to compensate for the water loss. With the PA-04 pump's capacity which has a capacity of 100 m³/h, it is certain that the PA-04 pump is still able to compensate for the loss of water in the cooling tower.

Keywords: *make up water*, *cooling tower revitalization*, *water loss*

PENDAHULUAN

Secara garis besar pembuangan panas hasil reaksi fisi di teras reaktor RSG-GAS ke lingkungan, dilakukan melalui dua tahapan, yaitu melalui sistem pendingin primer dan

sistem pendingin sekunder. Panas hasil reaksi fisi di teras reaktor dipindahkan melalui sistem pendingin primer menuju *heat exchanger*. Pada bagian *heat exchanger* tersebut sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder bertemu sehingga panas tersebut dapat

berpindah ke sistem pendingin sekunder dan akan dibuang ke lingkungan melalui *cooling tower*.

Mengingat usia *cooling tower* RSG-GAS sudah lebih dari 30 tahun sehingga kurang optimal dalam membuang panas ke lingkungan, sebagai tindak lanjutnya pada tahun 2018 telah dilakukan revitalisasi. *Cooling tower* yang baru memiliki tipe sama dengan *cooling tower* di RSG-GAS sebelumnya, hanya terdapat beberapa perbedaan, antara lain: *cooling tower* yang baru lebih tinggi, jumlah *blade* lebih banyak, *gearbox* dan sistem transmisinya, serta sistem distribusi air. *Cooling tower* yang baru adalah tipe *mechanical induced draft, counter flow, Inline, Closed end*.^[1] Pada tipe *mechanical induced draft* maka pertukaran panas antara fluida pendingin dan udara terjadi secara induksi pada menara. Akibatnya udara yang berisi uap air yang dihasilkan dari pertukaran panas sebagian akan terbuang ke atmosfer. Kehilangan uap air inilah yang harus dikompensasi oleh sistem *make up water* dan dilakukan dengan cara menambah air dari kolam *raw water* dengan menggunakan pompa PA-04.

Akibat dari penggantian/ revitalisasi *cooling tower* RSG-GAS tersebut maka perlu dilakukan kajian yang berkaitan dengan:

- Besarnya kehilangan air yang diakibatkan adanya penguapan dan percikan pada *cooling tower* yang baru.
- Perhitungan kemampuan pompa PA-04 dalam mengkompensasi kehilangan air tersebut.

Tujuan dari penulisan ini yaitu untuk melakukan kajian tentang kehilangan air pada *cooling tower*, menghitung kemampuan pompa *make up* (PA-04 AP001/002) dalam mengatasi kehilangan air serta

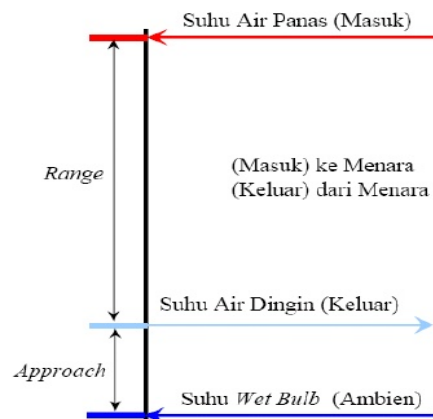
membandingkan antara hasil perhitungan dengan kondisi sebenarnya.

Dalam makalah ini akan dikerjakan :

- Melakukan perhitungan kehilangan air di *cooling tower* akibat penguapan dan percikan.
- Melakukan perhitungan waktu yang diperlukan untuk memenuhi kehilangan uap air untuk menentukan apakah pompa PA-04 masih mampu untuk mengatasi kehilangan air tersebut.

TEORI

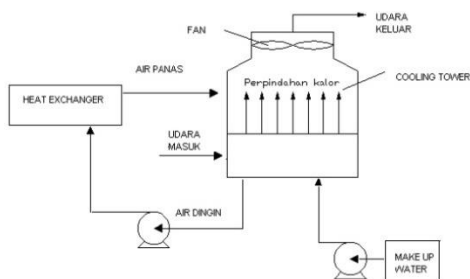
Cooling Tower didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah air dan udara. *Cooling Tower* berfungsi mendinginkan air melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Kemampuan *cooling tower* dalam menghasilkan air pendingin biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach* seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:^{[2][3]}



Gambar 1. Gambaran suhu di *cooling tower*

Range adalah perbedaan suhu antara tingkat suhu air masuk *cooling tower* dengan tingkat suhu air yang keluar *cooling tower* atau selisih antara suhu air

panas dan suhu air dingin. *Approach* adalah perbedaan antara suhu air keluar *cooling tower* dengan suhu bola basah udara yang masuk atau selisih antara suhu air dingin dan suhu bola basah (*wet bulb*) dari udara.^{[4][5]}



Gambar 2. Prinsip kerja sistem pendingin sekunder dan cooling tower

Air dari kolam *cooling tower* dipompa menuju *heat exchanger* untuk mengambil panas dari sistem primer dan selanjutnya air dalam kondisi panas yang berasal dari *heat exchanger* dialirkan menuju *cooling tower*. Air panas tersebut akan berkontak langsung dengan udara sekitar yang bergerak pada sisi bagian atas *cooling tower* karena pengaruh dari fan atau *blower* dan air yang memiliki suhu lebih dingin akan jatuh ke kolam *cooling tower*. Dari proses ini akan menghasilkan suhu yang rendah yaitu hampir mendekati suhu bola basah udara. Air yang sudah mengalami penurunan suhu ditampung ke kolam.

Cooling tower menggunakan prinsip penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke lingkungan. Dalam pengoperasian *cooling tower* dimungkinkan terjadi kehilangan air sehingga diperlukan penambahan air untuk menjaga kestabilan jumlah air yang bersirkulasi. Kehilangan air diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu *evaporation loss (We)*, *drift loss (Wd)* dan *blowdown (Wb)*,^{[6][7]} sehingga pada *cooling tower* pengurangan air yang sangat signifikan,

harus dikompensasi dengan pompa *make-up*.^[8] Pada sistem pendingin sekunder PRSG, untuk mengatasi kekurangan volume air di *cooling tower*, disediakan pompa *make up water* PA-04.

Evaporation loss (We) adalah kehilangan air akibat penguapan sebagian kecil air karena adanya pemanasan. Besarnya nilai *evaporation loss* dari desain ditentukan sebagai berikut:

$$We = 1,15 \% \times Wc \dots \dots \dots (1)^{[7]}$$

Keterangan :

We = *Evaporation loss* (m³/hr)

Wc = *Cooling tower water flow* (m³/hr)

Sedangkan pendekatan lain untuk perhitungan *evaporation loss* menurut *Cooling Tower Make up Water*^[2], banyaknya jumlah air yang hilang akibat penguapan atau *evaporation loss (We)* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$We = 0,00085 Wc(T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

Wc = Debit air saat pengukuran (m³/hr)

*T*₂ = Suhu air masuk *cooling tower*

*T*₁ = Suhu air keluar *cooling tower*

Drift loss (Wd) adalah kehilangan air yang disebabkan karena pengaruh gerakan fan yang berputar, besarnya sekitar 0,1–0,2% jumlah air yang bersirkulasi. Berdasarkan desain *cooling tower* yang dibuat oleh PT. Hamon besarnya *drift loss* ditentukan sebesar :^[9]

$$Wd = 0,1\% \times Wc.$$

Wc = Debit air saat pengukuran (m³/hr)

Parameter terakhir adalah *blow down (Wb)* yang merupakan kehilangan air akibat *blowdown*. *Blowdown* membuang sebagian air sirkulasi pekat karena proses penguapan untuk menurunkan konsentrasi padatan sistem. *Blowdown* diperlukan untuk membatasi pembentukan kerak air.

Besarnya nilai *Blowdown (Wb)* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$W_b = W_e / (S - 1)$$

Keterangan :

W_b = *blowdown loss*

S = *Cycle of cooling tower* ($S=2$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data desain *cooling tower* untuk daya nominal 30 MW

No.	Parameter	Nilai
1	<i>Cooling tower water flow</i>	3908,64 m ³ /h
2	<i>Hot water temperature</i>	39,20 °C
3	<i>Cold water temperature</i>	32,00 °C
4	<i>Drybulb temperature – DB</i>	30,96 °C
5	<i>Wet bulb temperature – WB</i>	28,00 °C
6	<i>Range temperature</i>	7,20 °C
7	<i>Drift loss, % of circulating flow</i>	0,1 %
8	<i>Evaporation loss, % of circulating flow</i>	1,15 %

Kemampuan pompa make-up (PA-04 AP001) yaitu 100 m³/h.

Pengamatan operasi pompa *make-up water* (PA-04 AP001) saat reaktor beroperasi sampai daya 30 MW pada tanggal 20 Desember 2018:

Tabel 2. Hasil pengamatan operasi pompa (PA-04 AP001), operasi 30MW, tanggal 20 Desember 2018

No	Jam	Daya (MW)	PA-04 AP001	Level (m)	Keterangan
1	09.24	25	OFF	4,40	Dalam waktu 2 jam 9 menit air berkurang dari level 4,40 ke 4,18 meter
2	11.33	30	ON	4,18	
3	12.45	30	OFF	4,40	Dalam waktu 1 jam 53 menit air berkurang dari level 4,40 ke 4,18 meter
4	14.38	30	ON	4,18	
5	15.47	30	OFF	4,40	

Pengamatan operasi pompa *make-up water* (PA-04 AP001) saat reaktor beroperasi sampai daya 30 MW pada tanggal 19 Maret 2019:

Tabel 3. Hasil pengamatan operasi pompa (PA-04 AP001), operasi 30MW, tanggal 19 Maret 2019

No	Jam	Daya (MW)	PA-04 AP001	Level (m)	Keterangan
1	09.48	15	ON	4,18	
2	11.03	20	OFF	4,40	Dalam waktu 2 jam 29 menit air berkurang dari level 4,40 ke 4,18 meter
3	13.32	25	ON	4,18	
4	14.53	25	OFF	4,40	Dalam waktu 1 jam 53 menit air berkurang dari level 4,40 ke 4,18
5	16.46	30	ON	4,18	

Perhitungan kehilangan air di *cooling tower*

Kehilangan air di *cooling tower* dapat diakibatkan oleh terjadinya evaporasi, percikan maupun *blowdown*. Pada bagian ini akan dihitung kehilangan air tersebut berdasarkan desain *cooling tower* (teori dan kondisi yang sebenarnya).

1. Perhitungan kehilangan air berdasarkan desain yang diberikan oleh PT. Hamon:^[10]

a. Perhitungan kehilangan air akibat *evaporation loss* (W_e)

Dari data desain yang diberikan oleh PT. Hamon, besarnya kehilangan air akibat evaporasi ditentukan sebesar

$$W_e = 1,15 \% \times W_c$$

$$W_c = \text{Cooling tower water flow}$$

$$= 3908,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_e = 1,15 \% \times W_c$$

$$= 1,15 \% \times 3908,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 44,9494 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 44,9494 / (2 - 1) \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 44,9494 \text{ m}^3/\text{h}$$

- b. Perhitungan kehilangan air akibat *drift loss* (W_d)
Drift loss (W_d) adalah kehilangan air yang diakibatkan karena fan yang berputar, biasanya harganya adalah: 0,1 – 0,2% dari jumlah air yang bersirkulasi. Berdasarkan data desain diambil $W_d = 0,1\%$

$$W_d = 0,1\% \times W_c$$

$$W_c = \text{Debit air saat pengukuran (m}^3/\text{hr)}$$

Keterangan : Debit air saat pengukuran diasumsikan sama dengan debit aliran dari *cooling tower* yaitu sebesar 3908,64 m³/h.

Sehingga :

$$W_d = 0,1\% \times 3908,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 3,9086 \text{ m}^3/\text{h}$$

- c. *Perhitungan kehilangan air akibat blowdown* (W_b)
Blowdown yaitu membuang sebagian air yang mempunyai konsentrasi yang pekat karena proses penguapan. Dengan terjadinya *blowdown* maka konsentrasi air yang ada di sistem akan turun, hal ini sangat diperlukan untuk membatasi terjadinya pembentukan kerak air. Besarnya nilai *Blowdown* (W_b) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$W_b = W_e / (S - 1)$$

Keterangan :
 W_e = *evaporation loss*
 S = *Cycle of cooling tower* ($S=2$)
 $W_b = W_e / (S - 1)$

- d. Total kehilangan air berdasarkan desain
 Berdasarkan *data desain* maka total kehilangan air di *cooling tower* adalah:

$$\text{Make up water} = W_e + W_d + W_b$$

$$= (44,9494 + 3,9086 + 44,9494)$$

$$= 93,8074 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. Perhitungan berdasarkan teori

- a. Perhitungan kehilangan air akibat *evaporation loss* (W_e)
 Banyaknya jumlah air yang hilang akibat penguapan atau *evaporation loss* (W_e) dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$W_e = 0,00085 W_c(T_2 - T_1)$$

Keterangan :

W_c = Debit air saat pengukuran

T_2 = Suhu air masuk *cooling tower*

T_1 = Suhu air keluar *cooling tower*

Hasil pengukuran saat uji fungsi *cooling tower* yang baru pada tanggal 20 Desember 2018, reaktor beroperasi pada daya 30 MW diperoleh data sebagai berikut:

$$W_c = 4148 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_2 = 36,90^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 29,92^\circ\text{C}$$

Sehingga banyaknya kehilangan air akibat penguapan *evaporation loss* (W_e) adalah :

$$W_e = 0,00085 W_c(T_2 - T_1) \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 0,00085 \times 4148 (36,9 - 29,92) \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 24,61 \text{ m}^3/\text{h}$$

- b. Perhitungan kehilangan air akibat *drift loss* (W_d)
 $W_d = 0,1\% \times W_c$
 $W_c = \text{Debit air saat pengukuran}$
(m^3/hr)

Keterangan : Debit air saat pengukuran diasumsikan sama dengan debit aliran dari *cooling tower* yaitu sebesar $3908,64 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$W_d = 0,1\% \times 3908,64 \text{ m}^3/\text{h} \\ = 3,9086 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sehingga banyaknya jumlah kehilangan air yang diakibatkan oleh *drift loss* (W_d) sebesar $3,90864 \text{ m}^3/\text{h}$.

- c. Perhitungan kehilangan air akibat *blowdown* (W_b)
Perhitungan berdasarkan hasil pengukuran
 $W_b = W_e / (S - 1)$
 $= 24,61 / (2 - 1) \text{ m}^3/\text{h}$
 $= 24,61 \text{ m}^3/\text{h}$
- d. Berdasarkan perhitungan maka total kehilangan air di *cooling tower* adalah:

$$\text{Make up water} = W_e + W_d + W_b \\ = (24,61 + 3,9086 + 24,61) \\ = 53,1286 \text{ m}^3/\text{h}$$

3. Perhitungan berdasarkan hasil pengamatan
Hasil pengamatan operasi pompa PA-04 yang dilakukan pada tanggal 20 Desember 2018 dan 19 Maret 2019, yaitu saat reaktor beroperasi pada daya 30 MW. Rata-rata dalam waktu 2 jam terjadi penurunan ketinggian air *cooling tower* dari level 4,40 meter ke 4,18 meter. Berdasarkan penurunan ketinggian air di *cooling tower* maka dapat dihitung volume air yang berkurang dalam waktu 2 jam. Penurunan ketinggian air

$$(\Delta t) = 4,40 - 4,18 \text{ meter} = 0,22 \text{ meter,} \\ \text{lebar kolam (l)} = 16,8 \text{ meter, dan} \\ \text{panjang kolam (p)} = 21,35 \text{ meter maka} \\ \text{volume air yang berkurang adalah;} \\ \text{Volume} = p \times l \times \Delta t \\ = 21,35 \text{ m} \times 16,8 \text{ m} \times \\ 0,22 \text{ m} \\ = 78,9096 \text{ m}^3$$

Sehingga dalam waktu 2 jam maka besarnya keperluan *make up water* di *cooling tower* adalah:

$$\text{make up water} = \text{volume} : \text{waktu} \\ = 78,9096 \text{ m}^3 : 2 \text{ jam} \\ = 39,4548 \text{ m}^3/\text{h}.$$

KESIMPULAN

Berdasarkan data desain *cooling tower* yang baru, hasil perhitungan kehilangan air, hasil pengamatan operasi pompa PA-04 dapat disimpulkan bahwa:

1. Kehilangan air di *cooling tower* pada kondisi reaktor beroperasi pada daya 30 MW masih lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan maupun hasil desain, sehingga dapat disimpulkan bahwa *cooling tower* masih aman.
2. Dengan kapasitas pompa PA-04 sebesar $100 \text{ m}^3/\text{h}$ dan kehilangan air sebesar $39,4548 \text{ m}^3/\text{h}$ maka pompa tersebut masih mampu untuk memenuhi kebutuhan *make up* air dalam mengkompensasi kehilangan air di *cooling tower*.

DAFTAR PUSTAKA

1. G. B. HILL E. J. PRING PETER D. OSBORN: *Cooling Towers*, 3rd Edition: Principles and Practice, Butterworth-Heinemann, 1990.
2. Gerald Bowen Hill, E. J. Pring, Peter David Osborn, William Stanford: *Cooling towers: principles and*

- practice, Butterworth-Heinemann, 1990.
3. <https://www.cti.org/downloads/win09journal.pdf>
 4. Muhammad Awwaluddin, Puji Santosa, Suwardiyono, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN: Perhitungan Kebutuhan *Cooling Tower* Pada Rancang Bangun Untai Uji Sistem Kendali Reaktor Riset, PRIMA, Volume 9, Nomor 1, Juni 2012 ISSN : 1411-0296.
 5. Hutriadi Pratama Siallagan: Analisis Kinerja *Cooling Tower* 8330 CT01 Pada *Water Treatment Plant-2* PT KRAKATAU STEEL (Persero). Tbk, Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, No. 3, Juni 2017.
 6. https://www.researchgate.net/publication/317829430_Cooling_towers_Estimate_evaporation_loss_and_makeup_water_requirements.
 7. <https://checalc.com/solved/ctmakeup.html>
 8. U. Vengateson National Petrochemical Co. (Saudi Arabia): Engineering Practice: Cooling Towers: Estimate Evaporation Loss and Makeup Water Requirements.
 9. Manufacturer data record by PT Fulgurindo Teknik Utama, PT Hamon Indonesia; Project: Pekerjaan pengadaan sistem *cooling tower*, Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) tahun 2018.
 10. PT Hamon Indonesia; Cooling tower performance test procedure.