
OPTIMASI SUDUT KEMIRINGAN *BLADE BLOWER* MENARA PENDINGIN RSG-GAS PASCA REFUNGSIONALISASI

Djunaidi, Santosa P, Royadi, Dede Solehudin Fauzi
Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset - BATAN

ABSTRAK

OPTIMASI SUDUT KEMIRINGAN *BLADE BLOWER* MENARA PENDINGIN RSG-GAS PASCA REFUNGSIONALISASI. Pada perbaikan (refungsionalisasi) menara pendingin RSG-GAS dilakukan penggantian komponen yang rusak untuk meningkatkan unjuk kerja agar pengambilan dan pembuangan panas lebih sempurna. Selanjutnya dilakukan optimasi terhadap sudut kemiringan *blade blower* menara pendingin RSG-GAS pasca refungsionalisasi agar pengambilan panas dapat optimum, penguapan tidak berlebihan dan tidak banyak membutuhkan air untuk *make up* dalam operasinya. Dimulai dari sudut kemiringan 22° dilakukan optimasi ternyata penguapan sangat tinggi bahkan setiap 3 jam harus dilakukan *make up* dalam jumlah yang banyak dengan penyerapan panas yang sempurna. Penguapan ini dapat dirasakan di tempat lain yang berdekatan dengan menara pendingin sehingga harus dikurangi sudut kemiringannya agar penguapan turun dan panas selama operasi dapat terambil dengan baik serta *make up* tidak banyak dengan tenggang waktu yang agak lama, sehingga diperoleh sudut kemiringan *blade blower* sebesar $19,5^{\circ} \pm 0,5$ dan ampere motor dapat maksimum sebesar $I_N=42,0$ ampere sesuai dengan petunjuk *maintenance*. Pada sudut kemiringan tersebut panas dapat terambil dengan baik penguapan rendah, *make up* sedikit dan sudut kemiringan lebih kecil dari itu pengambilan panas kurang baik serta membutuhkan kipas dengan jumlah sudu yang lebih banyak.

ABSTRACT

AT THE REFUNGSIONALISATION COOLING TOWER OF RSG-GAS CONDUCTED BY REPLACEMENT OF DAMAGE COMPONENT TO INCREASE PERFORMENCE TO BE INTAKE AND DISMISSAL OF HEAT MORE PERFECT. The hereinafter conducted by optimasi to pitch angle inclination of blade blower cooling tower of RSG-GAS refunctioning pasca so that intake of heat earn optimumly, evaporation in moderation and not many requiring water for the make of up in its operation. Is started from the aspect of inclination 22° conducted by optimation in the reality evaporation very high even each;every 3 hour must be done up make in number which many with absorbtion of perfect heat. This evaporation can be felt in other place which nearby cooler tower so that have to lessen its inclination pitch angle so that evaporation go down and hot during operation can be taken better and also up make not many with grace period of rather old, so that obtained pitch angle inclination of blower blade equal to $19,5^{\circ} \pm 0,5$ and motor ampere earn maximum equal to $I_N=42,0$ ampere as according to guide of maintenance. At inclination pitch angle of heat can be taken better low evaporation, up make a few and inclination pitch angle smaller than that intake of unfavourable heat and also used with amount of sudu which is more.

PENDAHULUAN

Menara pendingin RSG-GAS beroperasi sejak 1987 dan mulai dirasakan mengalami degradasi setelah tahun 1990 dimana suhu air pendingin pada *output* menara pendingin sebesar 30 °C pada operasi 15 MW dan setelah tahun 1990 suhu air pendingin pada *output* menjadi 32°C pada daya yang sama dan data diambil setelah reaktor

beroperasi lebih dari 8 jam. Degradasi menara pendingin RSG-GAS berjalan terus sampai akhir tahun 2003 suhu air pendingin pada output menara pendingin mencapai 41 °C pada kondisi yang sama, sehingga kecepatan degradasi hampir mencapai 1° setiap tahunnya. Seharusnya hal seperti itu tidak boleh terjadi dan seharusnya setiap 5 tahun dilakukan *overhaul* sehingga munculnya sedikit penyimpangan pasca *overhaul* akan kembali seperti sediakala tanpa merubah *performence* alat tersebut. Penggantian komponen penting seperti kipas (*fan*), *springkel* atau *nozzle* penyemprot (*spayer*), *filler*, *drift eliminator* (pengarah dan penahan pembuangan udara), dan sarang tawon akan merubah beberapa parameter operasi alat pembuangan panas tersebut. Penggantian kipas penyedot udara diameter tetap, rpm tetap, material lama dari fiberglas dan yang baru dari Aluminium, jumlah sudu lama 6 buah dan yang baru 5 buah, *pitch angle* diperbesar dari 13° menjadi 22° sehingga kemampuan penyedotan total naik dari 240 000 m³/jam menjadi 510 000 m³/jam untuk 6 modul dan 1 modul untuk *redundant*. Sedangkan penggantian komponen lain hanyalah mengganti yang rusak dengan barang yang baru. Dengan naiknya *flow* maka laju penguapan juga bertambah banyak, rekuensi make up juga meningkat sehingga perlu dilakukan optimasi sudut kemiringan blade blower. Dengan naiknya *flow* penyedot maka harga L/G semakin kecil sehingga suhu output dari menara pendingin menjadi kecil. Harapan ini kurang beruntung, dengan naiknya drastis aliran penyedot maka pembentukan uap air menjadi lebih banyak dan laju make up air sekunder juga lebih cepat akibatnya pemakaian air lebih boros dan operator sistem bantu menjadi lebih sibuk untuk menambah air sekunder secara manual. Untuk mengurangi pembentukan uap yang berlebih maka *pitch angle* dari kipas diturunkan terus satu persatu sehingga pembentukan uap air sedikit namun pembuangan panas masih tetap baik dan diperoleh *pitch angle* sebesar 19.5° ± 0.5, ini sesuai dengan petunjuk maintenance menara pendingin. Apabila *pitch angle* ini terlalu kecil maka pembuangan panas semakin jelek, dengan demikian *pitch angle* sebesar 19.5° ± 0.5 dianggap optimum.

PEMBUANGAN PANAS KE LINGKUNGAN RSG-GAS

Menara pendingin adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan / pembuangan panas terakhir dari suatu sistim pendinginan ke udara bebas. Pada menara pendingin, perpindahan panas terjadi melalui kontak langsung antara air yang memiliki suhu lebih tinggi kepada udara yang memiliki suhu lebih rendah. Air akan memberikan

panas laten dan panas sensibel ke udara sehingga suhu air akan turun. Udara yang digunakan sebagai pendingin dialirkan berlawanan arah dengan aliran air yang didinginkan atau udara tidak dialirkan sama sekali dengan mengandalkan luas bidang kontak yang memadai biasanya menggunakan bahan isian yang memiliki bentuk-bentuk bidang kontak luas, pemilihan ini atas dasar besarnya Δt dan pemilihan yang akan digunakan sangat berkaitan dengan faktor resiko. Proses pendinginan berlangsung selama kontak antara air dengan udara sampai air berada di dalam kolam penampungan pendingin sekunder.

Menara pendingin atau *cooling tower* yang digunakan untuk membuang panas hasil reaksi fisi dari reaktor G.A. Siwabessy adalah jenis *Induced Draft Cooling Tower*¹⁾ dengan daya 30 MW dan pendingin air yang limited. Kemampuan kerja menara pendingin RSG-GAS (lihat Gambar dibelakang) berdasarkan data desain sebagai berikut :

Desain termal	33000 KW
Jumlah unit paralel	2 x 50%
Kemampuan termal tiap unit	16500 KW
Jumlah modul tiap baris	3
Total jumlah modul	6
Kemampuan termal tiap modul	5500 KW
Nominal discharge tiap modul	650 m ³ /jam
Suhu air masuk	39,2 °C
Suhu air keluar	32 °C
Suhu udara wet bulb	28 °C
Kehilangan air karena penguapan pada beban penuh	50 m ³ /jam
Kehilangan air pada saat <i>spay</i> pada beban penuh	5 m ³ /jam
Laju aliran blow-down	20 m ³ /jam
Laju aliran udara	240 000 kg/jam
Kapasitas air	340 000 kg/jam
Jari-jari kipas	2,9 m
Masa jenis udara	1,079 gr/m ³
L/G	1,2

PRINSIP KERJA

Pada menara pendingin perpindahan panas terjadi melalui kontak langsung antara air yang memiliki suhu lebih tinggi ke udara yang memiliki suhu lebih rendah. Disini air pendingin sekunder akan melepaskan panas laten dan panas sensibel ke udara sehingga suhu air akan menjadi turun. Udara pendingin dialirkan dari bawah ke atas dengan tarikan dari fan melalui lubang aliran udara, sedangkan air panas dijatuhkan dari puncak menara, sehingga terjadilah transfer panas dari air ke udara dengan aliran yang berlawanan. Air yang membawa panas dinaikkan ke atas menara melalui pipa suplai utama kemudian dipancarkan ke bawah dengan alat penyemprot *spingkel (spray fitting)*.

Proses pendinginan terjadi dengan pemindahan panas dari air ke udara selama aliran jatuh kekolam yang ada dibawahnya. Dalam proses transfer panas ini air mengalir pada bagian konstruksi khusus. Dengan bantuan tarikan dari kipas atau fan ke atas akhirnya panas yang terbawa udara basah di lempar ke lingkungan, dengan demikian pendingin sekunder menjadi menjadi turun suhunya dan panasnya dibuang ke atmosfer diatasnya.

PERBAIKAN MENARA PENDINGIN

Perbaikan menara pendingin pada prinsipnya mengganti komponen yang sudah rusak supaya dapat berfungsi kembali dan juga penggantian kipas dengan material yang berbeda dari aslinya dan spesifikasi sedikit berbeda sehingga akan merubah *porfemence* menara pendingin itu sendiri. Menara pendingin RSG-GAS beroperasi sejak 1987 dengan operasi dari teras satu ke teras yang lebih tinggi dan tentunya berawal dari daya rendah semakin lama daya reaktor semakin tinggi sampai puncaknya pada daya 30 MW. Pada antara tahun 1990 sampai dilakukan renovasi menara pendingin RSG-GAS dapat bekerja tetapi dengan berjalannya waktu mengalami degradasi dalam operasinya pembuangan panas sehingga dipandang perlu dilakukan renovasi dengan harapan kinerjanya akan kembali baik seperti semula dan dapat beroperasi sesuai dengan *life time*.

KOMISIONING PASCA RENOVASI

Pada awal komisioning telah dilakukan pengecekan terhadap penggantian komponen-komponen menara pendingin RSG-GAS, selanjutnya penentuan *pitch angle*

yang sesuai dengan unjuk kerja dan kemudian membandingkan antara *porferrmance* desain, *porferrmance* sebelum dan sesudah perbaikan. Penentuan *pitch angle* berdasarkan hasil optimasi jumlah aliran udara dan ampere motor listrik. *Pitch angle* yang optimum untuk kipas menara pendingin RSG-GAS sebesar $19,5^0 \pm 0,5$ dengan patokan diatas *pitch angle* pada data desain

TATA KERJA

Pengukuran Laju Penguapan

Pada uji coba operasi dalam rangka perbaikan menara pendingin RSG-GAS telah dilakukan telah dilakukan laju penguapan. Laju penguapan dihitung berdasarkan berkurangnya air di bawah kolam menara pendingin dibagi dengan waktu operasi dan jumlah modul. Waktu operasi yang dimaksud adalah waktu operasi menara pendingin atau waktu operasi pompa sekunder, dan untuk lebih jelasnya dapat dihitung dengan rumus yang sederhana.

Isi air kolam, $V = P \times L \times H = \dots\dots m^3$

Air yang teruapkan dapat dihitung dari berkurangnya isi air kolam ΔV

Air yang teruapkan $\Delta V = P \times L \times \Delta H = \dots\dots m^3$

Pengukuran dilakukan beberapa kali, jumlah modul yang dioperasikan ada 4 modul, maka laju penguapan = $\Delta V / \Delta t$ (jumlah modul).Data kolam sebagai berikut²⁾ : Panjang P = 23 m, Lebar L= 16,10 m dan tinggi (dalam pada saat penuh) H =4,18 m dan pompa dimatikan setelah air berkurang dengan kedalaman kolam mencapai 3,80 m (ada tandanya yang sudah tertentu baru pompanya dimatikan). Rata-rata selang waktu operasi pompa ± 3 jam dilakukan 5 kali.

Laju penguapan per modul = $P \times L \times \Delta H / \Delta t$ (jumlah modul)

$$= 23 \times 16,10 \times (4,18 - 3,80) / (3)(4) = 140,71 m^3 / 3 \text{ jam} (4 \text{ modul})$$

$$= 11,725 m^3 / \text{jam}$$

Tabel 1. Laju penguapan/ modul ³⁾

NO	Pompa on(jam)	Pompa off(jam)	Selang waktu	Laju penguapan/modul
1.	10.48	13.48	3 jam	11,725 m ³ /jam
2.	14.35	17.20	3 jam	11,725 m ³ /jam
3.	18.08	21.05	2 jam 57 menit	11,725 m ³ /jam
4.	21.54	01.12	3 jam 18 menit	11,725 m ³ /jam
5.	01.59	05.22	3 jam 29 menit	11,725 m ³ /jam
			Rata-rata 3 jam	

Optimasi Sudut Kemiringan *Blade Blower*

Pada awal komisioning telah dilakukan pengecekan terhadap penggantian komponen-komponen pada perbaikan menara pendingin RSG-GAS, selanjutnya penentuan sudut kemiringan *blade blower* yang sesuai dengan unjuk kerja dari kondisi awal sebesar $22^\circ \pm 0,5$. Kecepatan aliran udara per modul $Q = 510,000 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan menggunakan peralatan analog manual flow meter dan $I_N = 42,0 \text{ AMP}$. Penentuan *pitch angle* berdasarkan hasil optimasi pada petunjuk maintenance adalah jumlah aliran udara dan ampere motor listrik. Untuk Q udara total jangan lebih dari $240,000 \text{ kg}/\text{jam}$ dan I_N diusahakan tidak banyak melampaui $42,0 \text{ AMP}$ agar pembentukan uap tidak berlebihan. *Pitch angle* yang optimum untuk kipas baru menara pendingin RSG-GAS sebesar $19,5^\circ \pm 0,5$ dengan patokan diatas *pitch angle* pada data desain karena jumlah sudunya bertambah satu.

Berikut ini hasil pengukuran laju aliran udara I_N pada *pitch angle* $19,5^\circ \pm 0,5$.

Tabel 2. Pengukuran laju aliran udara dan I_N pada *pitch angle* $19,5^\circ \pm 0,5$ ³⁾.

No. Modl	Blade No. ($\alpha, 0$)					Q_{ud} m^3/jam	Ampere Motor (I_N)		
	1	2	3	4	5		R_{amp}	S_{amp}	T_{amp}
I	19,4	19,3	19,5	19,5	19,3	306,096	41,0	42,5	40,5
II	19,6	19,4	19,4	19,4	19,5	317,028	41,1	41,6	39,8
III	19,6	19,3	19,6	19,3	19,5	311,662	41,0	41,7	39,8
IV	19,6	19,3	19,5	19,4	19,4	Gearbox Dalam Perbaikan			
V	19,3	19,3	19,4	19,4	19,5	300,36	38,5	40,3	38,0
VI	19,5	19,5	19,6	19,4	19,5	289,698	40,4	40,7	39,9
VII	19,5	19,5	19,6	19,6	19,6	317,962	42,2	42,2	40,4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data laju penguapan air yang hilang pada *performance* sebelum dilakukan perbaikan kondisi lama sebesar $9,13 \text{ m}^3/\text{jam}$, sedangkan setelah dilakukan perbaikan dengan kipas yang baru dengan bahan dari Aluminium tentunya lebih ringan, tahan karat, sudu berkurang satu dengan rpm tetap, diameter tetap dan *pitch angle* (sudut kemiringan *blade blower*) sebesar 22° besar penguapan setiap modul adalah $11,725 \text{ m}^3/\text{jam}$. Penguapan ini terlalu besar dibandingkan sebelum dilakukan perbaikan dan untuk mengatasi agar penguapan berkurang maka satu satunya cara hanya *pitch angle* diturunkan namun pembuangan panas harus tetap baik paling tidak masih mendekati data disain. Penurunan *pitch angle* dengan cara optimasi menggunakan grafik dan grafik tersebut hanya dimiliki oleh pemasok hanya saja pada saat komisioning

dilakukan optimasi antara *pitch angle* terhadap Q udara yang langsung berpengaruh terhadap besarnya penguapan dan diperoleh *pitch angle* sebesar $19,5 \pm 0,5$. Setelah dilakukan perubahan *pitch angle* maka laju aliran udara berkurang menjadi $310 \text{ m}^3/\text{jam}$ setiap modulnya, penguapan berkurang, uap air tidak kemana-mana namun pembuangan panas masih tetap baik. Bukti pembuangan panas menjadi baik dapat dilihat dari suhu air dingin dari menara pendingin menurun setelah dilakukan optimasi mendekati data disain. Perbandingan *performance* antara data disain, sebelum dan sesudah perbaikan adalah sebagai berikut:

Data dari disain

Aliran air	: $651,44 \text{ m}^3/\text{jam}$ (per modul)
Suhu air panas	: $39,3^\circ \text{ C}$
Suhu air dingin	: 32° C
Suhu bola basah	: 28° C

Data porfermence sebelum perbaikan

Aliran air	: $650 \text{ m}^3/\text{jam}$ (per modul)
Suhu air panas	: 38° C
Suhu air dingin	: 36° C
Suhu bola basah	: $27,5^\circ \text{ C}$
Laju penguapan	: $9,13 \text{ m}^3/\text{jam}$

Data porfermence setelah perbaikan

Aliran air	: $650 \text{ m}^3/\text{jam}$ (per modul)
Suhu air panas	: $38,5^\circ \text{ C}$
Suhu air dingin	: $34,5^\circ \text{ C}$
Suhu bola basah	: 27° C
Laju penguapan	: sampai sekarang belum diukur lagi.

KESIMPULAN

Komisioning perbaikan menara pendingin berjalan lancar, optimasi sudut kemiringan *blade blower* untuk mendapatkan laju udara isap sekitar $310 \text{ m}^3/\text{jam}$ diperoleh *pitch angle* sebesar $19,5^\circ \pm 0,5$ dan sebagai catatan ternyata sampai saat ini belum dapat mengembalikan *porfermence* yang sesuai dengan disain awal karena pembuangan panas tidak bisa sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

1. Safety Analysis Report RSG-GAS, Volume 8, Badan tenaga Nuklir Nasional.
2. Animous, Buku catatan harian pada ruang kendali utama RSG-GAS.
3. Animous, Data hasil komisioning menara pendingin RSG-GAS.