

EVALUASI DEGRADASI MENARA PENDINGIN PA01/02

Djunaidi

ABTRAK

EVALUASI DEGRADASI MENARA PENDINGIN. Telah dilakukan evaluasi terhadap degradasi kinerja menara pendingin PA 01/02 selama sepuluh tahun terakhir. Teramati bahwa kemampuan menara pendingin RSG-GAS untuk membuang panas ke lingkungan semakin lama semakin berkurang, sehingga perlu dilakukan evaluasi. Evaluasi degradasi menara pendingin dilakukan dengan cara menghitung kecepatan degradasi dari naiknya suhu air pendingin sekunder yang keluar dari menara pendingin setiap tahunnya. Pengambilan data secara random dilakukan pada siang hari, daya reaktor 15 MW, setelah reaktor beroperasi kurang lebih 8 jam. Setelah dilakukan evaluasi sejak tahun 1990 sampai sekarang, diperoleh hasil bahwa kecepatan degradasi kinerja menara pendingin mendekati 1° setiap tahunnya. Untuk mengatasi adanya degradasi ini pada tahap awal diarahkan kepada perbaikan, penggantian komponen yang telah rusak, pengoperasian yang tidak berlebihan dan tahap berikutnya adalah pengembangan disain dengan cara memperpanjang waktu kontak antara air dan udara.

Kata kunci : evaluasi menara pendingin

ABSTRACT

EVALUATION OF COOLING TOWER DEGRADATION. Cooling tower degradation has been evaluated for the last 10 years. Its heat transfer capacity has been decreasing after several years of operation due to aging. Evaluation is carried out by calculating the degradation rate, namely the annual increase of outlet temperatures of the cooling tower. Data was randomly taken daily at 15 MW reactor power. Data was taken after the reactor operation of \pm 8 hours. Evaluation since 1990 shows that the degradation rate is nearly one degree per year. This degradation can be by minimized, replacement of damaged components, non-excessive operation and design modification of the cooling tower namely by extending the period of contract between water and air.

PENDAHULUAN

Reaktor G.A. Siwabessy telah lama beroperasi dan dapat beroperasi dengan aman secara rutin pada daya tinggi, kemudian pada pembuangan sisa panasnya ke lingkungan dari tahun ke tahun mengalami degradasi. Kemampuan menara pendingin PA-01/02 untuk membuang panas ke lingkungan semakin lama semakin menurun dari tahun ke tahun. Pada saat komisioning, kemampuan menara pendingin untuk membuang panas ke lingkungan sangat bagus, dapat mencapai 30° C secara terus menerus dan akhir-akhir ini kemampuannya berkurang. Pada operasi reaktor daya tinggi dan menengah semakin lama waktu beropersinya kemampuan menara pendingin semakin menurun. Hal ini terbukti dari suhu air pendingin sekunder yang keluar dari alat penukar panas konstan, sedangkan suhu air pendingin sekunder yang keluar dari menara pendingin cenderung naik. Dengan demikian penelitian ini perlu dilakukan.

Prinsip kerja dari menara pendingin adalah perpindahan masa antara udara dan air, kemudian juga perpindahan panas melalui proses perpindahan masa tersebut. Menara pendingin yang terpasang pada RSG-GAS jenis *Mechanical draft* dengan *Induced drat cooling tower* dimana sumber airnya sangat terbatas sehingga membutuhkan listrik yang besar untuk sirkulasi air dan pendinginan. Kemampuan kerja menara pendingin RSG-GAS berdasarkan data disain dapat dilihat pada Tabel 1. Dilakukannya evaluasi ini untuk mengetahui kemampuan menara pendingin membuang panas ke lingkungan sampai saat ini. Alat ini telah beroperasi lebih dari sepuluh tahun sehingga beberapa komponen dari menara pendingin perlu diganti untuk mengoptimalkan pengoperasiannya. Cara yang digunakan dalam mengevaluasi pelaksanaan operasi menara pendingin meliputi pengambilan data dari nara sumber buku catatan harian pada ruang kendali utama (RKU), pembuatan grafik dari data tersebut diatas, evaluasi, dan usaha untuk mengatasi adanya

degradasi tersebut yang berupa pengembangan desain menara pendingin. Data yang tersedia jumlahnya banyak sehingga membutuhkan persyaratan tertentu dan persamaan cara pandang / persepsi, sehingga akan diperoleh data yang bisa mewakili. Dari data yang didapat tersebut dibuatlah grafik antara tahun oprasi dengan suhu keluaran menara pendingin yang tentunya tidak akan linier seperti pada saat alat itu masih baru dan dapat pula dihitung kecepatan degradasi suhu keluaran setiap tahunnya. Dengan demikian dapat diketahui sekala prioritas dalam menangani perbaikan alat ini dan untuk mengatasi adanya degradasi alat ini haruslah dikembalikan pada parameter semula dengan perbaikan perbaikan dan pengembangan desain yang optimal.

TEORI

Menara pendingin hanya khusus untuk pendingin air terutama dalam proses produksi atau industri selalu saja diperlukan air pendingin dalam jumlah besar dan pada umumnya air pendingin dapat diambil dari sungai, danau, laut atau sumber air yang lain. Air yang diambil dari sungai, danau dan laut bisa disebut sebagai *unlimited* yang tidak perlu disirkulasi lagi dan air pendingin yang diambil dari sumber air lain itu yang dinamakan *limited* dan oleh karena itu air pendingin perlu diresirkulasi berulang ulang. Menara pendingin pada dasarnya ada dua kelompok yaitu *Natural Draft* dan *Mechanical Draft*, dimana *Natural Draft* adalah sangat sederhana. Sistem pendinginannya dari hembusan angin disekitarnya dan tentunya pendinginan ini tergantung dari kecepatan hembusan angin setempat. Kinerja dari pendinginan *Natural Draft* sangat sederhana, air panas yang akan didinginkan dijatuhkan dari ketinggian tertentu dimana tempat jatuhnya air pada papan-papan atau benda benda yang memiliki luas bidang kontak besar agar supaya kontak dengan udara yang sedang berhembus dapat berlangsung dengan baik dan dibawahnya disediakan penampungan air sementara. Kemudian yang jenis *Mechanical Draft* adalah menara pendingin seperti tersebut diatas akan tetapi ada unsur mekanik yang dipaksakan misalnya aliran udara untuk pendinginan dengan menggunakan fan. Ada dua jenis untuk *Mechanical Draft* ini yaitu *Force draft cooling Tower* dan *Induced draft cooling Tower*. Yang jenis *force draft* dengan ciri udara dialirkan dengan fan yang dipasang dibawah menara dan air & udara mengalir berlawanan arah, sedangkan yang *Induced draft* mekanismenya seperti *force draft* hanya saja fan dipasang diatas

menara pendingin, jenis ini paling efektif dan paling banyak digunakan di industri termasuk yang dipasang pada pendinginan akhir reaktor G.A. Siwabessy serpong. Dalam analisis dari menara pendingin perlu dibuat suatu model ideal maksudnya untuk menyederhanakan perhitungan. Pada model ideal ini digunakan beberapa asumsi sebagai berikut :

- Dianggap bahwa luas penampang menara tetap (sama) dan aliran udara dan air unuform.
- Dianggap bahwa perpindaan panas antara menara pendingin ke sekitar juga perpindaan panas ke arah vertikal dapat diabaikan.
- Entrainment dapat diabaikan artinya semua air mengalir hanya menurut arah yang berlawanan terhadap aliran udara.
- Operasinya stedy-state.

Menara pendingin adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan/pembuangan panas terakhir dari suatu sistim pendinginan ke udara bebas. Pada menara pendingin , perpindaan 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 dan untuk jelasnya lihat Gambar 2. Persamaan yang umum digunakan hanyalah diacu saja dari acuan no. 3 tidak dipergunakan dalam perhitungan penelitian ini dan hanya untuk mengetahui variabel apa yang berpengaruh terhadap proses perpindaan panas. Persamaan yang digunakan adalah persamaan neraca masa seperti berikut :

Neraca masa :

$$L_2 + G_M Y'_1 = L_1 + G_M Y'_2$$

$$(L_2 - L_1) = G_M (Y'_2 - Y'_1)$$

$$dL = G_M dY'$$

Persamaan lain yang digunakan untuk menghitung perpindaan panas didalam menara pendingin adalah persamaan neraca panas pada keadaan steady state, prosesnya adiabatik, dan tidak ada kerja mekanik, maka sesuai dengan Hukum termodinamika I dapat dituliskan sebagai berikut :

Neraca panas :

$$G_M H_1 + L_2 (t_{L2} - t_{L1}) = G_M H_2 + L_1 (t_{L1} - t_o)$$

Dimana :

- G_M : Jumlah udara
- L : Jumlah air
- H : Entalpi udara, H_1 tergantung pada suhu lingkungan.
- Y' : Berat uap air/ berat udara kering.
- t_L : Suhu air
- t_o : Suhu refrensi, dapat diambil sama dengan suhu air masuk menara pendingin.
- 1 : Seksi bawah
- 2 : Seksi atas

METODE

Metode yang digunakan dalam mengevaluasi pelaksanaan operasi menara pendingin yang berupa degradasi suhu keluaran meliputi pengambilan data dari nara sumber buku catatan harian pada ruang kendali utama (RKU), pembuatan grafik data tersebut diatas, evaluasi, dan usaha untuk mengatasi adanya degradasi tersebut yang berupa pengembangan desain menara pendingin. Data tentang suhu pendingin sekunder yang keluar dari menara pendingin jumlahnya banyak sekali (*random*) tentunya tidak diambil semua. Data yang digunakan dalam pembuatan grafik nanti haruslah memenuhi persyaratan berikut : Daya operasi reaktor 15 MW, ini dimaksudkan untuk memberikan keseragamam operasi dan termasuk daya menengah atau tidak terlalu besar. Dalam siklus itu operasinya kontinue lebih dari 10 jam,tidak boleh mati ditengah jalan (*sram*). Data diambil setelah operasi reaktor berjalan \pm 8 jam dan di rata-rata, ini dimaksudkan agar perpindaan panas sudah berjalan dengan baik. Pengambilan data diusahakan pada siang hari, jadi operasi reaktor yang dimulai dari pagi hari tidak peduli hari itu panas mendung atau turun hujan dan dimulai sejak tahun 1988 s/d 2000. Dari persyaratan di atas data yang diperoleh tidak banyak dan untuk selanjutnya data tersebut dirata-rata.

Dari data yang dirata-rata di atas dibuat grafik tahun operasi dengan suhu keluaran menara

Thn	'88	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000
t_c	30	32	34	34	35	35	36	37	37	38	38	36

Data random ini di rata-rata dan diambil pada operasi dengan daya reaktor 15 MW dan angka ini diambil setelah menara pendingin beroperasi 8 jam atau lebih. Apabila dilakukan pengambilan data pada saat awal operasi atau kurang dari 5 jam maka suhu air yang keluar dari menara pendingin

pendingin hasilnya seperti pada Gambar 1. Dari gambar kelihatan jelas perubahan suhu keluaran menara pendingin mengalami degradasi dan kecepatan degradasi kinerja menara pendingin dapat diamati. Perkembangan kenaikan suhu air pendingin sekunder yang keluar dari menara pendingin dari tahun ke tahun dapat terlihat jelas dan dapat dihitung rata rata kenaikan suhu tersebut. Prinsip kerja dari menara pendingin adalah perpindaan masa antara udara dan air, kemudian juga perpindaan panas melalui proses perpindaan masa tersebut.

Evaluasi hasil penelitian meliputi perhitungan kecepatan degradasirata rata setiap tahunnya dengan jalan membagi jumlah kenaikan suhu dengan tahun operasi dan selanjutnya mencari penyebab terjadinya degradasi. Untuk mengatasi adanya masalah degradasi menara pendingin pada tahap awal dilakukan perbaikan dan penggantian beberapa komponen yang rusak dan untuk selanjutnya diteruskan dalam pengembangan desain. Didalam pengembangan disain menara pendingin yang perlu diperhatikan adalah semurah mungkin biaya pelaksanaannya. Selain dari pada itu didalam pengembangan disain tidakluput dari teori tentang menara pendingin dimana kinerja menara pendingin berprinsip perpindaan masa dan panas dan banyak variabel yang berpengaruh terhadap pembuangan panas tersebut. Dari beberapa variabel yang paling gampang untuk menurunkan suhu keluarannya adalac memperpanjang waktu kontak dan memperluas bidang kontak / tranfer antara air pendingin sekunder yang didinginkan dan udara luar sebagai pendingin

HASI DAN PEMBAHASAN

Dari data yang dihimpun melalui buku catan harian pada ruang kendali utama dan dokumentasi suhu air yang keluar dari menara pendingin dari tahun ke tahun selalu mengalami kenaikan seperti berikut ini :

belum kelihatan mengalami degradasi karena panas yang terkumpul belum banyak, sedangkan diambilnya daya 15 MW untuk memberikan keseragaman. Untuk daya reaktor yang lebih tinggi maka suhu air yang keluar dari menara pendingin

akan lebih tinggi akan tetapi tidak linier terhadap kenaikan daya.

Hasil lain diperoleh dari lapangan adalah degradasi menara pendingin PA 01/ 02 lebih banyak disebabkan oleh karena faktor umur peralatan, dimana disitu putaran kipasnya mulai menurun dan putarannya mulai tidak stabil terbukti pada awal tahun 2000 beberapa unit kipasnya diperbaiki yang mengakibatkan suhu rata rata air pendingin sekunder yang keluar dari menara pendingin turun 2 derajat. Kemudian selain dari kipas adalah sarang tawon atau penutup samping bawah yang berbentuk seperti sarang tawon dan berfungsi untuk menahan uap air, itu sudah agak lama rusaknya dan tentunya akan mengurangi waktu kontak antara air dengan udara dan akan mengurangi transfer panas keluar.

Kecepatan degradasi dapat dihitung dengan kenaikan suhu air pendingin sekunder yang keluar dari menara pendingin pada setiap tahunnya. Perubahan kenaikan suhu pendingin yang keluar dari menara pendingin tidak selalu sama dan akan diambil rata-ratanya, selanjutnya untuk lebih jelas dapat lihat hasilnya pada Gambar 1. Dari Gambar dibawah dapat terlihat antara waktu oprasi dan suhu pendingin keluar dari menara pendingin menunjukkan bahwa kecepatan degradasi menara pendingin PA-01/02 sejak tahun 1988 sampai tahun 2000 dapat ditunjukkan dengan jelas pada setiap tahunnya. Setelah dilakukan evaluasi terhadap degradasi menara pendingin sejak tahun 1990 sampai sekarang menunjukkan bahwa kecepatan degradasi menara pendingin PA 01/02 mendekati satu derajat setiap tahunnya.

Pengembangan desain menara pendingin PA 01/02 muncul karena adanya degradasi suhu di dalam kinerjanya, pada tahap awal mengembalikan parameter operasi seperti suhu air sekunder setelah keluar dari menara pendingin dapat kembali seperti semula dengan biaya yang murah. Perbaikan motor kipas, kipasnya sebaiknya cepat dilakukan, dan sarang tawon sudah banyak yang

rusak sebaiknya diganti dengan barang yang baru dengan spesifikasi yang sama. Upaya lain untuk menurunkan suhu air yang keluar dari menara pendingin adalah memperpanjang waktu kontak dan memperluas bidang kontak antara air dengan udara. Dengan jalan menambah kisi kisi yang berbentuk papan seperti sarang tawon dipasang dibawah tempat jatuhnya air yang berada dibawah kipas beberapa lapis, sehingga waktu kontak dengan udara akan lebih lama, memperluas bidang tranfer dan suhu air waktu jatuh di kolam akan lebih rendah dari suhu semula, lihat Gambar 2. Kemungkinan lain adalah menurunkan suhu *wet bulb*, dan menambah tinggi menara, hal ini adalah tidak mungkin karena suhu udara basah itu semua tergantung dari alam sekitarnya dan tinggi menara adalah sudah tertentu. Upaya memperpanjang waktu kontak sebenarnya sebenarnya sangat berkaitan dengan tinggi menara pendingin. Selanjutnya untuk sedikit menghemat konsumsi listrik pada operasi daya 15 MW tidak seluruh modul menara pendingin dioperasikan. Setiap baris menara pendingin berisi 3 modul dan jumlah total ada 6 modul, selanjutnya pada daya 15 MW sebaiknya tiap baris dioperasikan 2 modul saja dan satu modul lagi untuk cadangan.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa penyebab utama munculnya degradasi pada kinerja menara pendingin adalah karena faktor umur operasi alat. Setelah dilakukan evaluasi terhadap degradasi menara pendingin sejak tahun 1990 sampai sekarang menunjukkan bahwa kecepatan degradasi menara pendingin PA 01/02 mendekati satu derajat setiap tahunnya. Selanjutnya untuk mengatasi adanya degradasi pada pembuangan panas dengan cara memperpanjang waktu kontak dan memperluas bidang kontak antara air dengan udara disekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. RSG-GAS, *Safety Analysis Report*, Rev-8. Badan Tenaga Atom Nasional, 1998.
2. KERN D.Q. *Process Heat Transfer*, Mc Grow Hill Co, International Student Edition, 1950.
3. ROBERT E.TREYBAL, *Mass-Transfer Operation*, Mc Grow Hill KOGAKUSHA. LTD, *International Student Edition*, 1968.
4. B.Bandriyana, *Analisis Unjuk Kerja Menara Pendingin RSG-GAS*, Majalah TDM Vol. 5, No.2, Juni 1996.
5. Buku catatan harian pada ruang kendali utama PRSG.

DISKUSI**Pertanyaan :** (Setiyanto)

1. Bagaimana anda tahu bahwa perubahan suhu air menara pendingin tersebut dikarenakan dari menaranya ?
2. Apa saja parameter yang anda ambil sehingga sampai pada kesimpulan anda ?

Jawaban : (Djunaidi)

1. Suhu keluar dari HE masuk pada menara pendingin antara 47 – 48°C, kemudian suhu air yang keluar dari menara pendingin selalu mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan suhu itu berasal dari menara pendingin.
2. Kesimpulan pada evaluasi ini menitik beratkan pada umur alat. Alat seperti menara pendingin yang digunakan oleh RSG-GAS sejak awal harusnya selalu dilakukan perbaikan, penggantian komponen secara periodik maupun *maintenance* tahunan dan tentunya membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Apabila umur operasi alat belum begitu tua adanya keterlambatan dalam kegiatan pemeliharaannya tidak begitu berpengaruh terhadap kinerja alat, sehingga dalam menyimpulkan evaluasi degradasi ini adalah umur operasi alat dan yang kedua adalah sistem pemeliharaan alat.

LAMPIRAN

Tabel : 1. Kemampuan kerja Menara Pendingin RSG-GAS berdasarkan data disain

ITEM	BESARAN
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 modu	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
Suhu pada dasar menara yang mendekati	4 °C
Kehilangan air karena penguapan pada beban penuh	50 m ³ /jam
Kehilangan air pada saat spray pada beban penuh	5 m ³ /jam
Kecepatan blow-dow	20 m ³ /jam
Kapasitas air	340 000 kg/jam
Kecepatan udara	-
Jari jari kipas	2,9 m
Masa jenis udara	1,079 gr/m ³
Kapasitas udara	240 000 kg/jam
L/G	1,2

