

DEGRADASI KEMAMPUAN SISTEM PENDINGIN DARURAT KOLAM REAKTOR JNA 10/20/30

AEP SAEPUDIN CATUR, DJUNAI
*Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN
Kawasan Puspitek Serpong Tangerang 15310
Banten Telp. (021) 7560908*

Abstrak

DEGRADASI KEMAMPUAN SISTEM PENDINGIN DARURAT KOLAM REAKTOR JNA 10/20/30. Telah dilakukan evaluasi unjuk kerja sistem pendingin darurat kolam reaktor setelah reaktor beroperasi 20 tahun. Sistem pendingin darurat kolam ini berfungsi untuk mengambil sisa panas kolam setelah reaktor padam pada kondisi darurat dan juga pada operasi normal. Sistem ini beroperasi secara independen terhadap sistem reaktor maupun diantara sistem pendingin darurat yang lainnya. Ketiga sistem pendingin darurat kolam reaktor harus memiliki kemampuan pengambilan sisa panas rata-rata di atas kemampuan yang dipersyaratkan. Pada tulisan ini akan dipaparkan perbandingan antara kemampuan pengambilan panas yang tersisa pada saat komisioning dan pada saat pengujian untuk mengetahui penurunan kemampuannya. Kemampuan pengambilan panas pada saat pengujian satu sistem berbeda dengan sistem lainnya dan telah mengalami penurunan dibandingkan dengan kemampuan pada saat komisioning. Penurunan kemampuan selama ini dipengaruhi oleh proses alami dan bukan disebabkan karena faktor pembebanan, karena perangkat keselamatan ini jarang dioperasikan, sedangkan besarnya penurunan kemampuan rata-rata 36,493% namun masih dalam batas aman. Dengan demikian kemampuan perangkat keselamatan ini selalu dalam kondisi siap pada pengoperasian reaktor.

Kata Kunci : Sistem pendingin darurat kolam

Abstract

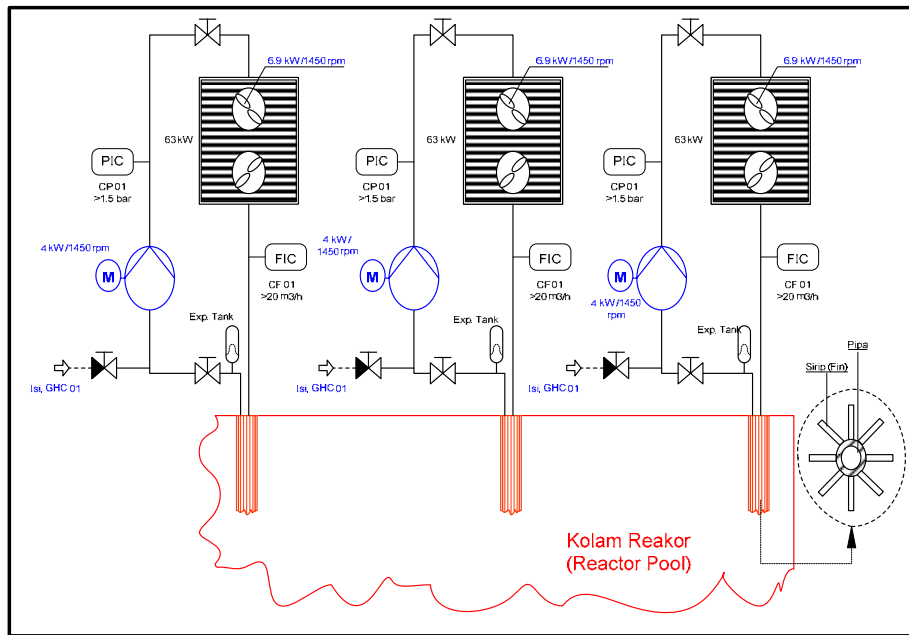
DEGRADATION PERFORMANCE OF EMERGENCY POOL COOLING SYSTEM JNA 10/20/30. Have been done by pile pond emergency coolant system work short exchange evaluation after pile operate 20 year. This pond emergency coolant system function for taking pond hot remanence after extinct pile at condition of emergency as well as at normal operation. This system operate independently to pile system and also between other emergencies coolants systems. Third pile pond emergency coolant system have to have performance of intake of hot remanence of average of to performance qualifying. At this article explained comparison would between performance of intake of hots remaining at the (time) of commissioning and at the (time) of assaying for knowing derivation of the performances. Performance of intake of hot at the (time) of assaying of one system differ from other system and have experienced derivation compared ably at the (time) of commissioning. Derivation of performance till now influenced by natural process and not be caused by encumbering factor, because this safety peripheral seldom be operated, while level of derivation of performance of mean of 36,493% but within measure peaceful. Thereby this performance of safety peripheral always in a state of alerting at operation of pile ability of peripheral of this safety not lessen alertness in operating reactor.

Keywords :Emergency pool cooling system

PENDAHULUAN

Sistem pendingin darurat kolam reaktor merupakan suatu perangkat keselamatan (*safety*) kelas satu yang digunakan pada saat sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder mengalami gangguan operasi

(*emergency*), dan juga dapat bekerja pada saat reaktor telah di *shut down* pada kondisi normal. Sistem ini mengambil sisa panas setelah reaktor *shut down* dan dapat dioperasikan kapan saja karena sistem ini bekerja secara terpisah dengan sistem reaktor dengan lama operasi tidak terbatas (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Instalasi Sistem Pendingin Darurat Teras Reaktor (JNA 10/20/30)

Di dalam kolam reaktor RSG-GAS telah terpasang 3 unit penyerap kalor dengan jenis sirip (*fin & tube*) dengan kapasitas sebesar 63 kW/ unit^[1]. Sistem ini selama perjalanan operasi 18 tahun ini telah mengalami penurunan kemampuan sehingga ketiga tabung penyeimbang tekanan statis dari tiga sistem ini telah diganti dengan yang baru karena bocor dimakan karat. Sil karet yang sudah kering mengkerut telah diganti semuanya. Penurunan kemampuan ini disebabkan karena proses alami (umur) dan bukan karena faktor pembebanan selama ini karena perangkat ini jarang dioperasikan. Pada unit *cooler* yang bertempat di atas *roof* bangunan reaktor juga mengalami penurunan kemampuannya, beda suhu masuk dan keluar air pendingin pada saat komisioning 4,5°C sampai dengan 3,5°C sedangkan saat pengujian mengalami penurunan beda suhu 2°C sampai dengan 3°C. Hal ini karena umur dan tempat *cooler* berada di atas bangunan terkena hujan, panas, angin dan perubahan kelembaban dalam tempo lama, namun demikian unit *cooler*

ini belum diganti dengan yang baru. Pasca perbaikan ke tiga sistem pendingin kolam ini telah dilakukan uji kemampuan pada kondisi normal operasi pada waktu yang berlainan dengan hasil rata-rata masih di atas kemampuan yang dipersyaratkan (>63 KW/Unit). Cara pengujian sistem pengambilan sisa panas kolam reaktor, pada saat akhir operasi JNA dioperasikan dan catat perubahan suhu CT 001 dan CT 002 sampai air kolam suhunya sama dengan suhu kamar. Untuk mengetahui lebih jauh tentang penurunan kemampuan sistem pendingin kolam selama ini akan dipaparkan hasil uji kemampuan pengambilan panas pasca perbaikan dibandingkan dengan pengambilan panas pada saat komisioning. Masalah yang mungkin terjadi selama ini adalah akan memperpanjang waktu pendinginan air kolam untuk mencapai suhu kamar. Namun dengan menurunnya kemampuan pendinginan sistem pendingin kolam ini tidak mengurangi kesiagaan dalam mengoperasikan reaktor saat ini.

TEORI

Deskripsi Sistem Pendingin Darurat Kolan

Sistem pendingin darurat kolan terdiri atas tiga rangkaian yakni pendingin kolan JNA 10/20/30 yang bekerja secara independen dan redundan. Sistem ini dipasang di dalam kolan reaktor untuk memindahkan sejumlah sisa panas setelah reaktor *shutdown* dalam keadaan darurat ataupun dalam kondisi operasi normal^[1]. Kolan reaktor dapat menyimpan sejumlah panas untuk jangka waktu sekitar sepuluh jam setelah *shutdown* tanpa adanya kenaikan suhu air kolan. Masing-masing rangkaian dirancang sama, dengan tugas mengambil sisa panas dan disediakan power suplai bersama dengan daya listrik dari diesel-generator^[1]. Gambar 1 di belakang adalah diagram alir sistem pendingin kolan JNA. Di dalam kolan reaktor telah terpasang tiga unit sistem pendingin kolan dengan kapasitas 3 kali 100%^[1]. Masing-masing Sistem terdiri dari suatu sirkuit aliran air yang terbenam di dalam kolan dengan suhu lebih dingin dari pada suhu air kolan. Aliran air ini dihubungkan ke suatu air-cooler, *finned-tube* pendingin air dan suatu pompa sirkulasi ditempatkan di atas atap bangunan reaktor^[1]. Masing-masing pendingin sirkuit dirancang untuk suatu tugas pemindahan panas sebesar 63 KW pada suatu suhu bola-kering^[1]. Masing-masing rangkaian terletak tegak lurus di dalam kolan reaktor dan terdiri dari 16 tabung dengan *finned* lurus. Air pendingin mengalir naik ke atas melalui tabung dalam dengan konfeksi paksa sedangkan pemindahan panas kepada air kolan berlangsung di bawah konfeksi alam di atas permukaan tabung. Ukuran masing masing tabung luar adalah 10 m panjang, dengan diameter dalam 30 mm dan luar 35 mm serta mempunyai 6 sirip lurus mengikuti alur tabung^[1]. Cara kerja sistem pendingin darurat kolan adalah sebagai berikut : Panas yang diserap dengan konveksi alam oleh pendingin kolan JNA 10/20/30 BC 02, kemudian dipindahkan oleh pompa sirkulasi JNA 10/20/30 AP 01 ke udara pendingin penukar panas JNA 10/20/30 BC 01, dimana panas dibuang ke atmosfer^[1]. Berikut ini adalah beberapa kondisi operasi reaktor yang mana panas peluruhan hanya dapat dipindahkan dari

dalam kolan reaktor dan ditransfer melalui sistem pendingin kolan :

- Kegagalan sistem pendingin reaktor
- Kegagalan catu daya listrik pada saat operasi dalam waktu lama
- Berikut *coast-down* dari pompa primer
- Berikut Kegagalan valve/ katup pada sirkuit primer
- Kehilangan air pada sistem pendingin primer.

Perhitungan Daya^[2]

$$Q = M \times CP \times \Delta T = (V \times \rho) \times CP \times \Delta T$$

dengan :

- Q = Panas yang diambil dalam Kw
m = massa pendingin dalam Kg/detik.
V = Laju alir pendingin JNA m³/jam
 ρ_{air} = massa jenis air dalam kg/m³
Cp_{air} = Kapasitas panas air dalam kw/kg °K
 Δt = Beda suhu keluar dan masuk °C

$$m = \rho_{\text{air}} \cdot V$$

Kemudian pada suhu pengambilan panas itu harga

$$\rho_{\text{air}} = 992,62 \text{ kg/m}^3. \text{ cp}_{\text{air}} = 4,1786 \text{ Kw/kg K} .$$

$$\Delta t = ^\circ\text{C} = ^\circ\text{K}$$

$$Q = (v/3600 \times 992,62) \times 4,1786 \times \Delta t \text{ Kw.}$$

TATA KERJA

Untuk mengetahui sejauh mana penurunan kemampuan pendinginan sistem pendingin kolan (JNA) dengan cara membandingkan hasil perhitungan pada saat komisioning dengan hasil perhitungan pada saat uji kemampuan pasca perbaikan dengan grafik di belakang. Hasil uji kemampuan sistem pendingin kolan (JNA 10/20/30) diperoleh dengan pengumpulan data, sedangkan prosedur uji kemampuan pendinginan disesuaikan dengan prosedur pengoperasian JNA. Sesuai dengan prosedur pengoperasian dilakukan sebelum reaktor di *shut down* seperti prosedur terinci berikut :

Prosedur Terinci^[2]

- Reaktor dalam keadaan operasi normal 15 MW
- Sistem pendingin utama beroperasi normal

3. Sistem purifikasi berjalan normal, *Warm Water layer*, WWL dalam posisi "ON"
4. Floating Gate terpasang
5. JNA "ON"
6. Catat perubahan suhu air kolam JNA CT 001 dan CT 002 setiap jam sampai suhu kolam sama dengan suhu kamar
7. Reaktor shut down WWL "OF" dan Pompa primer JE 01AP 0 1 dan JE 01AP02 "OFF"
8. JNA "OFF"

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat komisioning awal tahun 1986 telah dilakukan uji kemampuan sistem pendingin darurat kolam JNA non nuklir dengan cara simulasi yaitu mengoperasikan dua pompa primer RSG-GAS untuk mensirkulasikan air pendingin. Dengan sirkulasi tersebut akan terjadi friksi antara air dengan komponen sistem pendingin dan juga dengan air itu sendiri, akibatnya suhu air kolam akan naik terus tanpa adanya pembuangan panas. Setelah lebih dari 10 jam dioperasikan suhu air kolam telah sama dengan suhu air kolam pada operasi reaktor pada daya 30 MW (58°C), setelah itu pompa dimatikan. Sesuai dengan prosedur komisioning setelah sepuluh jam pompa dimatikan salah satu sistem pendingin darurat kolam dioperasikan dan dari unjuk kerja tersebut diperoleh grafik power dari teras dan power dari JNA pada Gambar 2.

Dari hasil pengamatan dan pengumpulan data yang dilakukan menjelang *shutdown* di ruang kendali utama menunjukkan bahwa uji kemampuan sistem pendingin kolam reaktor pada kondisi normal telah dilakukan dengan baik, untuk JNA 30. Kemampuan rata-rata untuk mendinginkan kolam masing-masing adalah JNA 30 sebesar 72,077 kW, untuk JNA 10 sebesar 76 kW dan untuk JNA 20 sebesar 80,65 kW^[3], sedangkan menurut buku *Safety analysis report* (SAR RSG-GAS) kemampuan mendinginkan kolam rata-rata sebesar 63 kW setiap unitnya sehingga dalam uji kemampuan saat ini kemampuannya telah melebihi kemampuan yang dipersyaratkan. Kemudian sebagai catatan dari evaluasi gangguan sistem pendingin kolam ini bahwa JNA 30^[3]

paling sedikit mengalami gangguan setiap tahunnya sehingga setiap operasi reaktor dilakukan, JNA 30 selalu siap untuk dioperasikan, ini juga dapat dilihat pada panel di ruang kendali utama setiap saat. Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 adalah hasil pengukuran pada saat uji kemampuan sistem pendingin kolam reaktor pada kondisi normal dengan daya 15 MW. Apabila hasil terbesar dari uji kemampuan JNA tahun 2004 yaitu JNA 20 sebesar 80,65 KW, jika unjuk kerja JNA 20 di plot seperti Gambar 2 maka akan mengalami degradasi waktu cukup lama.

Pada Tabel 4 terlihat bahwa penurunan kemampuan rata-rata dari ketiga sistem pendingin kolam sebesar 43,791 KW atau 36,493%, ini menunjukkan bahwa perangkat keselamatan juga mengalami degradasi seiring dengan perjalanan waktu walaupun perangkat keselamatan itu tidak akan dimanfaatkan kecuali dalam keadaan terpaksa. Yang kedua adalah perubahan suhu pada cooler, untuk semua sistem pendingin kolam JNA 10/20/30 perubahan suhu masuk dan keluar cooler sekitar 2 sampai 3 derajat. Hal ini karena umur cooler sudah cukup lama sekalipun sistem ini jarang dioperasikan sehingga pengambilan panas tidak bisa maksimum. Pada saat komisioning perubahan suhu pada cooler dari 3,5 sampai dengan 4,5°C (lihat Gambar 3). Sekali waktu laju alir sistem ini dirubah (diturunkan) namun penurunan suhu pada cooler tidak lebih dari 3°, boleh jadi putaran blowernya sudah mulai menurun dan kemungkinan lain alat pengukur/meter-meter yang tersedia di RKU untuk sistem ini adalah analog bukan digital sehingga keakuratannya kurang karena perubahannya kecil tidak terlihat. Dengan menurunnya harga Δt , maka menurut rumus perpindahan panas pada persamaan 1 kemampuan pengambilan panas juga menurun banyak. Dengan demikian Δt sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja sistem pendingin kolam reaktor

dan sebagai saran sebaiknya ketiga *cooler* dam pompanya diganti dengan yang baru.

KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi dan pembahasan di atas menunjukkan bahwa sejak komisioning sampai sekarang sistem pendingin darurat kolam JNA 10/20/30 telah mengalami penurunan kemampuan untuk mendinginkan kolam reaktor, namun demikian kemampuan pendinginan tersebut masih berada di atas persyaratan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

1. "Safety Analysis Report RSG-GAS", Volume 8, Badan Tenaga Nuklir Nasional.
2. "Acceptance Test-Program, Heat Balance Of Pool Cooling Sistem", 1987, INTERATOM.

LAMPIRAN

Tabel 1. Uji Kemampuan Jna 30
Data Hasil Pengukuran Pada Saat Operasi Normal

No.	Jam	JNA 30 CF001, m ³ /jam	JNA 30 CT001, °C	JNA 30 CT002, °C	Δ T (°C)	Keterangan	Daya KW
1.	10. ⁰⁰	0	40	36	4	JNA 30 off	0
2.	10. ¹⁰	34	40	38	2	JNA 30 On	78,7
3.	11. ⁰⁰	33	38	36	2		76
4.	12. ⁰⁰	33	38,5	37	1,5	Siang hari	57,30
5.	13. ⁰⁰	33	38	36,5	1,5		57,30
6.	14. ⁰⁰	33	38	36,2	1,8		68,75
7.	15. ⁰⁰	33	38	35	3		114,5
8.	16. ⁰⁰	33	38	36	2		76
9.	17. ⁰⁰	33	38	36	2		76
10.	18. ⁰⁰	33	38	35	3	Perubahan siang	114,5
11.	19. ⁰⁰	33	37	34	3	Ke malam	114,5
13.	20. ⁰⁰	33	37	34	3	Reaktor shut down	114,5
14.	20. ³⁰	33	34	32	2	WWL off. 20. ¹³	76
15.	20. ⁴⁵	33	33	31	2	Perubahan unjuk	76
16.	21. ⁰⁰	33	32	30	2	Kerja setelah	76
17.	21. ³⁰	33	31	29	2	WWL off	76
18.	22. ⁰⁰	33	30	28	2		76
19.	22. ³⁰	33	29	27	2		76
20.	22. ³⁹	33	29	27	2	AP001, AP003 off	76
21.	22. ⁴²	33	29	27	2	JNA 30 off	76

Rata-rata sebesar 72,077 KW

3. DJUNAIDI, DKK., "Prosedur Uji Kemampuan Sistem Pendingin Kolam Jna 10/20/30", No. Ident. RSG. SR.03.02.52.06

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Kapan JNA akan dioperasikan ? (Sutrisno)
2. Besarnya penurunan kemampuan rata-rata 36,49%, berapakah batas kemampuan dikatakan aman ? (Sutrisno)
3. Apakah materi kuliah perpindahan panas di STTN itu sudah cukup untuk aplikasi di lapangan atau belum ? (Dwi Priyantoro)

Jawaban

1. JNA akan dioperasikan pada saat operasi normal dan darurat.
2. batasan aman berdasarkan uji komisioning yaitu kurang lebih sebesar 52%
3. Sudah cukup

Tabel 2. Uji Kemampuan Jna 10
Data Hasil Pengukuran Pada Saat Operasi Normal
Operasi Daya 15 Mw Selama 4 Hari Dan Cuaca Diluar Hujan

No.	Jam	JNA 30 CF001, m ³ /jam	JNA 30 CT001, °C	JNA 30 CT002, °C	Δ T (°C)	Keterangan	Daya KW
1.	14.00	0	40	36	4	JNA 10 off	0
2.	14. ²⁶	33	36	34	2	JNA 10 On	76
3.	15. ⁰⁰	33	34	32	2		76
4.	16. ⁰⁰	33	32	30	2	Reaktor Shut down	76
5.	17. ⁰⁰	33	29	27	2	W.W.L. Off. 16.06	76
6.	17. ⁴⁰	33	28	26	2	Pompa primer AP01 dan AP02 Off 17.32	76
7.	18. ⁰⁰	33	28	26	2	JNA 10 Off 18.00	76
8.	19. ⁰⁰	0	28	26	2		0

Rata-rata sebesar 76 KW.

Tabel 3. Uji Kemampuan Jna 20
Data Hasil Pengukuran Pada Saat Operasi Normal

No.	Jam	JNA 20 CF001, m ³ /jam	JNA 20 CT001, °C	JNA 20 CT002, °C	Δ T (°C)	Keterangan	Daya KW
1.	10 ²⁹	0	40	36	4	JNA 20 off	0
2.	10 ³⁰	35	38	36	2	JNA 20 On	80.65
3.	11 ⁰⁰	35	38	36	2		80.65
4.	11 ³⁰	35	38	36	2		80.65
5.	12 ⁰⁰	35	38	36	2		80.65
6.	12 ³⁰	35	38	36	2		80.65
7.	13 ⁰⁰	35	38	36	2	Reaktor shut down	80.65
8.	13 ³⁰	35	38	36	2		80.65
9.	14 ⁰⁰	35	35	33	2	W.W.L off	80.65
10.	15 ⁰⁰	35	33	31	2		80.65
11.	16 ⁰⁰	35	28	26	2	Pompa AP02/AP03 off	80.65
12.	17 ⁰⁰	0	28	26	2	JNA 20 off	0

Rata-rata sebesar 80,65 KW

Tabel 4. Perbandingan Kemampuan Pada Saat Komisioning Dengan Pada Saat Pengujian

No.	KKS	KEMAMPUAN PADA SAAT KOMISIONING RATA-RATA (KW)	KEMAMPUAN PADA SAAT PENGUJIAN RATA-RATA (KW)	PENURUNAN (KW)	BATAS YANG DIJINKAN (KW)
1.	JNA 10	120	76	44	63
2.	JNA 20	120	80,65	39,35	63
3.	JNA 30	120	72,077	47,923	63
			JUMLAH	131,273 KW	

Rata-rata = $131,273 / 3 = 43,791$ KW

Penurunan kemampuan rata-rata = $(43,791) / (120) \times 100\% = 36,493\%$