

UNJUK KERJA ALAT PENUKAR KALOR BC001/002 RSG-GAS SETELAH OPERASI SEPULUH TAHUN

Arismunandar Purbosedjati

ABSTRAK

UNJUK KERJA ALAT PENUKAR KALOR BC001/002 RSG-GAS SETELAH OPERASI SEPULUH TAHUN.Keandalan penukar kalor salah satunya ditentukan oleh koefisien perpindahan panas totalnya dan hal ini sangat dipengaruhi oleh faktor pengotoran berupa endapan yang mengeras akibat kualitas air pendingin sekunder yang kurang baik. Selama 10 tahun beroperasi alat penukar kalor BC001/002 belum pernah dilakukan inspeksi visual dan inspeksi internal bagian dalam bejana berkaitan dengan karat/korosi dan kerusakan. Dalam penelitian ini dikumpulkan data operasi alat penukar kalor selama 10 tahun dengan menggunakan metoda beda suhu rata-rata logaritmik maka dapat dihitung koefisien perpindahan panasnya. Dari hasil perhitungan koefisien perpindahan panas menurun dari 17,605 s/d 11,108 k.kal/(h°Cm²) indikasi ini menunjukkan bahwa alat penukar kalor sudah saatnya dilakukan inspeksi internal.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF THE RSG-GAS HEAT EXCHANGER AFTER 10 YEARS OF OPERATION. The calculation of heat exchanger heat transfer coefficient is one of scientific ways to analyze reliability of the heat exchanger. This coefficient is influenced by fouling factor as deposit consequence due to unqualified secondary cooling water. After 10 years of operation, the heat exchanger JE01 BC001/002 has never been visually inspected for corrosion detection. This research evaluated heat Exchanger after 10 years of operation using log mean temperature differensial method to calculate its heat transfer coefficient. After calculated heat transfer coefficient. Results show that heat transfer coefficient decrease from 17,605 to 11,108 k.cal/(h °C m²) requiring the heat exchanger to be internally inspected.

PENDAHULUAN

Reaktor nuklir haruslah menjamin keselamatan yang tinggi, baik dalam kondisi operasi ataupun dalam kondisi kecelakaan, untuk menjamin hal ini maka panas ditimbulkan oleh hasil fisi dalam teras reaktor sebesar 30 MW thermal harus mampu dipindahkan oleh alat penukar kalor yang handal melalui sistem pendingin primer ke sistem pendingin sekunder yang untuk selanjutnya aman didinginkan pada udara luar.

Alat penukar kalor merupakan peralatan dimana terjadi perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi ke fluida lain yang temperaturnya lebih rendah. Proses tersebut dapat dilakukan secara langsung maupun tidak. Alat penukar kalor yang memindahkan panas secara tidak langsung ialah dimana fluida panas tidak berhubungan langsung dengan fluida

dingin. Jadi proses perpindahan panasnya melalui perantara seperti pelat, pipa atau peralatan lainnya, misalnya *shell and tubes*, kondensor pada turbin uap dsb.

Alat penukar kalor jenis *shell and tube* digunakan pada Reaktor Serba Guna G.A.Siwabesny, karena tidak dikehendakinya pencampuran antara fluida pendingin primer (siklus tertutup) dengan fluida pendingin sekunder, hal ini agar tidak terjadi kontaminasi yang terbawa keluar lingkungan. Selain itu alat penukar kalor jenis *shell and tube* mempunyai luas permukaan perpindahan panas yang besar dengan volume fluida yang kecil, mudah dibersihkan, serta konstruksinya yang mudah dan ringan.

Alat penukar kalor konstruksi *shell tube (tabular exchanger equipment)* merupakan alat penukar panas yang tidak kontak langsung, dan

tidak terjadi perubahan fasa dari kedua fluida yang digunakan.

Pada reaktor nuklir, air pendingin primer adalah air bebas mineral yang merupakan siklus tertutup, dan mengalir di sisi luar pipa. Sedangkan air pendingin sekunder disuplai dari sistem penjernihan air PDAM / PUSPIPTEK, dimana terlebih dahulu di saring oleh sebuah filter mekanik. Air pendingin sekunder mengalir melalui pipa (*tube*) bagian dalam.

Ditinjau dari sirkulasi air pendingin, maka ada dua jenis sistem air pendingin yaitu : air pendingin sekali lewat dan air pendingin bersirkulasi. Air pendingin bersirkulasi dibagi lagi menjadi air pendingin bersirkulasi tertutup dan terbuka.

Sistem pendingin sekunder merupakan air pendingin yang bersirkulasi secara terbuka. Sedangkan Masalah yang paling serius dialami oleh air pendingin bersirkulasi terbuka, karena adanya daur balik, evaporasi dan kontaminasi yang memperburuk keadaan. Hal ini mengakibatkan koefisien perpindahan panas menurun dan hasil guna penukar kalor menurun pula.

Kualitas air pendingin sekunder antara lain dipengaruhi oleh kesadahan, alkalinitas, gas terlarut, besi silika, ion clorida dan padatan suspensi. Kesadahan yang tinggi menyebabkan deposit. Alkalinitas rendah menyebabkan korosi. Gas terlarut dapat menaikkan atau menurunkan pH air. Besi yang terlalu tinggi menyebabkan deposit. Silika dengan magnesium membentuk magnesium silikat. Padatan suspensi yang tinggi menyebabkan air menjadi abrasif, membentuk kerak. Jadi korosi dan deposit dapat memperpendek umur alat.

Karena air sekunder mengalir di dalam pipa, yang berada di dalam alat penukar kalor, sehingga penerimaan panas dan membawanya

keluar akan tidak efektif.

Walaupun telah digunakan inhibitor, namun demikian masih sering ditemukan adanya kebocoran pada alat penukar kalor jenis *tube*, hal ini disebabkan oleh penggunaan inhibitor tidak berfungsi secara efektif.

Sedangkan faktor antara lain yang mempengaruhi korosi antara lain : kandungan ion clorida, kecepatan aliran, temperatur fluida, pengaruh oksigen dsb.

Kebocoran pada alat penukar kalor akan berakibat sangat fatal, hal ini dikarenakan radiasi akan tercemar ke luar lingkungan bersama dengan aliran air pendingin sekunder, penyebabnya karena terhisapnya air pendingin primer ke dalam pendingin sekunder

Untuk mengatasi hal-hal tersebut diatas, guna melindungi permukaan dalam pipa-pipa (*tubes*) alat penukar kalor terhadap deposan dan larutan pencetus kerak yang diakibatkan oleh kualitas air pendingin sekunder maka:

- Di sirkulasi bola-bola spons pada bagian dalam pipa bersama aliran air pendingin sekunder (PAH 01/02).
- Ditambahkan zat inhibitor NALCO7354 untuk mengatasi korosi, NALCO 7330 + NaOCl untuk menghilangkan deposan dan lumut, H₂SO₄ dan NaOH untuk menstabilkan pH air

Sampai sejauh mana keefektipan sistem pembersih PAH 01/02 terhadap unjuk kerja alat penukar kalor BC001/002 RSG-GAS setelah beroperasi sepuluh tahun maka dilakukan

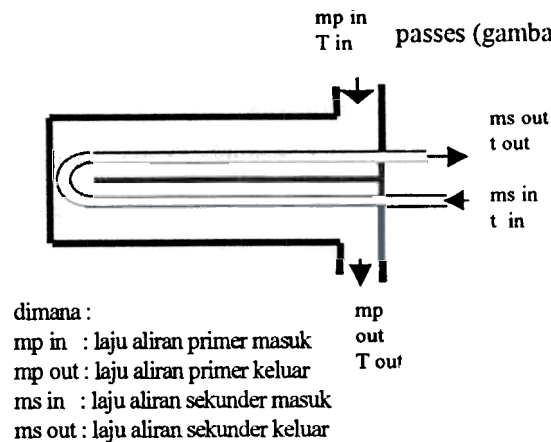
1. Evaluasi keefektipan sistem pembersih pipa bagian dalam dari alat penukar panas PAH 01/02
2. Mengumpulkan dan mencatat data kondisi operasi alat penukar kalor berupa : laju aliran dan temperatur kedua fluida pendingin yang

masuk dan keluar alat penukar kalor selama sepuluh tahun beroperasi

Dengan menggunakan metoda metoda beda suhu rata-rata logaritmik ΔT_{LTMD} , maka dilakukan penghitungan dan membandingkan koefisien perpindahan panas total dari kedua alat penukar kalor BC001/002 tersebut.

METODA PERHITUNGAN

Alat Penukar Kalor BC 001/ 002, fluida panas memberikan panas ke fluida dingin, namun kedua jenis fluida itu tidak mengalami perubahan fasa, tetapi mengalami penurunan suhu pada fluida panas dan kenaikan suhu pada fluida dingin. Aliran fluida panas maupun fluida dingin dalam alat penukar kalor BC 001/ 002 saling melintas satu sama lain tidak sekali saja, tapi 2/2 passes (gambar 1).



Gambar 1. Alat penukar kalor jenis shell and tube dengan 2/2 passes

HASIL PERHITUNGAN

Dari spesifikasi peralatan diketahui air pendingin sekunder mengalir di dalam pipa berdiameter 22mm, ketebalan pipa 1 mm panjang pipa 7410 mm dengan jumlah pipa setiap pass 816 buah.

Air pendingin primer mengalir ke dalam cangkang (tabung) berdiameter 1300 mm melintas sebanyak 2 kali (2 passes), dengan luas permukaan perpindahan panas 780 m² dan faktor F=1

$$Q = U \cdot A \cdot F \cdot \Delta T_{LTMD}$$

Dimana

$$\Delta T_{LTMD} = \frac{(T_2 \cdot t_1) - (T_1 \cdot t_2)}{\ln[(T_2 \cdot t_1) - (T_1 \cdot t_2)]}$$

T_1 dan T_2 adalah suhu masukan dan keluaran sisi cangkang t_1 dan t_2 adalah suhu masukan dan keluaran sisi pipa (tube)

Data hasil pemantauan dan perhitungan untuk alat penukar kalor JE01 BC01 dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 1

Data hasil pemantauan dan perhitungan untuk alat penukar kalor JE01 BC02 dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 2

Perbandingan koefisien perpindahan panas kedua alat penukar kalor JE01 BC01 dan JE01 BC02 dapat dilihat pada gambar 3

PEMBAHASAN

Dari grafik koefisien perpindahan panas terhadap waktu menunjukkan bahwa, keefektipan sistem pembersih pipa PAH01 cukup baik digunakan

selama lebih dari 10 tahun beroperasi. Hal ini terlihat dari kecilnya selisih temperatur fluida, maka semakin kecilnya faktor pengotoran dan semakin besar atau konstannya laju aliran fluida selama sepuluh tahun.

Perubahan Kerugian tekanan dapatlah diwakili oleh konstannya perubahan laju aliran fluida terhadap waktu.

2. Dari grafik hasil perhitungan dapat terlihat bahwa unjuk kerja alat penukar kalor mengalami penurunan, hal ini dikarenakan berkurangnya luas permukaan perpindahan panas, yang kemungkinan diakibatkan endapan dari beberapa kandungan mineral dan karena adanya daur balik, evaporasi dan kontaminasi
3. Kemungkinan juga dapat terjadi bola-bola spons tidak efektif membersihkan seluruh permukaan perpindahan panas karena dimensi pipa (berdiameter 22 mm , ketebalan pipa 1 mm , panjang pipa 7410 mm dengan jumlah pipa setiap pass 816 buah) dengan merata, mungkin saja terjadi kegagalan pembersihan pada salah satu pipa sehingga terjadi penyumbatan dan pengkerakan. Tentunya hal ini tidaklah banyak berpengaruh besar kepada temperatur perpindahan panasnya tetapi jika terjadi korosi pada waktu yang cukup lama (10 tahun lebih beroperasi) akan menyebabkan kebocoran dan terkontaminasinya air pendingin sekunder.
4. Mengacu kepada petunjuk perawatan dan perbaikan sistem ingin primer JE-01 Heat exchanger JE-01 BC01/02 terlihat haruslah dilakukan setiap 5 tahun:
 - inspeksi visual seluruh sambungan flange pada kekencangannya serta mengecek pada getarannya dan tekanannya

Inspeksi internal secara visual tabung penukar kalor dan bagian dalam bejana berkaitan dengan karat/ korosi dan kerusakan heat exchanger harus dibuka dan total bundel tabung dikeluarkan dari sel bejana

KESIMPULAN

Sistem pembersih pipa cukup ekonomis untuk memperpanjang umur pakai dari alat penukar kalor dan mengurangi biaya perawatan dan perbaikan.

Alat penukar kalor menunjukkan penurunan koefisien perpindahan panas totalnya terhadap waktu, hal ini dimungkinkan terjadinya pengkerakan disarankan agar dilakukan inspeksi internal bagian dalam dari alat penukar kalor tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. J.P.Holman., 1984. *Perpindahan Kalor*. Erlangga, Jakarta. Donald.Q.,Kern., 1993. *Pocces Heat Transfer*. McGraw-Hill, New York.
2. Reactor Safety Case, Badan Tenaga Atom Nasional, G.A. Siwabessy, 1986. *Tube Cleaning Plant PAH01/ 02*. PUSPIPTEK , Serpong.
3. Donald. Q. Kern , *Procces Heat Transfer* , McGraw Hill, 1993

PERTANYAAN :

BC01/02, dengan cara membuka dan total
bundel tabung dikeluarkan dari sel bejana.

Penanya : Bpk. Dedy Sunaryadi

Pertanyaan :

1. Apakah pembacaan sudah membandingkan dengan arakteristik HE reaktor lain, apakah kurva tersebut masih normal
2. Kalau memperbaiki bagaimana caranya dan apakah dapat dilakukan oleh staff PRSG

Jawaban :

1. Perbandingan harus dilakukan dengan tipe, jenis dan spesifikasi penggunaan HE yang sama, karena reaktor di Bandung dan Yogya tipe dan spesifikasi yang berbeda tentu tidak dapat dibandingkan
2. Perbaikan mengacu pada petunjuk perawatan dan perbaikan sistem pendingin primer JE-01 Heat Exchanger JE-01

Penanya : Bpk. Zarudin Hasibuan

Pertanyaan :

Dari uraian yang ditampilkan pengamatan dilakukan dengan metoda pengamatan apa dan menggunakan alat apa

Jawaban :

Pengamatan dilakukan dengan mengumpulkan data operasi selama 10 tahun, kemudian dengan metoda beda suhu rata-rata logaritmik ΔT_{LTMD} dihitung koefisien perpindahan panas total

AMPIRAN

Tabel Data Operasi dan asil perhitungan JEO BC0

WAKTU	m_2	m_1	$T_1 (°C)$	$T_2 (°C)$	$t_1 (°C)$	$t_2 (°C)$	ΔT_{Limf}	U
	[JEO1 CF811]	[PA01 CF001]	[JEO1 CT002]	[JEO1 CT003]	[PA01 CT001]	[PA01 CT002]		
8/16/92	3250	1950	38	31.5	30.5	35	1.82	17,605.97
8/17/92	3250	1950	38	31	30	34.5	1.996	16,061.06
8/18/92	3250	1950	38	31	32.5	35	1.82	17,605.97
9/27/92	3250	1900	40	33	32.5	37	1.395	22,971.28
9/30/92	3200	1950	42	35	34	38.5	1.996	16,061.06
11/11/92	3200	1900	42	35	34	39	1.82	17,605.97
11/25/92	3200	1900	40	33	32.5	37	1.395	22,971.28
3/30/93	3200	1900	44	35.5	33	39.5	3.403	9,419.66
3/31/93	3200	1900	45	36	34	40	3.274	9,789.43
4/1/93	3200	1900	45	36	34	40	3.274	9,789.43
4/2/93	3200	1900	44	35	33	39.5	3.083	10,396.54
4/6/93	3200	1900	45	36	34	40	3.274	9,789.43
7/25/93	3200	2000	43	35	34	39	2.164	14,810.84
7/26/93	3200	2000	42.5	35	34	39	1.996	16,061.06
7/27/93	3200	2000	43	35	34	39	2.164	14,810.84
7/28/93	3200	2000	43	35	34	39	2.164	14,810.84
8/16/93	3200	2000	44	36	34	40	2.885	11,108.13
8/17/93	3200	2000	44	36	34	40	2.885	11,108.13
8/19/93	3200	2000	43.5	35	34	39	2.33	13,773.60
8/20/93	3200	2000	44	35.5	34	39.5	2.731	11,737.31
8/21/93	3200	2000	44	35.5	34	39	2.907	11,025.39
8/22/93	3200	2000	44	36	34	40	2.885	11,108.13
8/23/93	3200	2000	45	36	35	40.5	2.327	13,773.60
8/24/93	3200	2000	44	36	34	40	2.885	11,108.13
8/25/93	3200	2000	44	36	34.5	40	2.549	12,574.73
9/19/93	3200	2050	41	34	33	37.5	1.996	16,061.06
9/29/93	3200	1950	44.5	36	34	40	3.083	10,396.54
9/30/93	3200	2000	45	36	35	40	2.485	12,896.14
11/9/94	3100	1950	46.5	37.5	36	42	1.82	17,605.97
11/11/94	3100	1950	47	37.5	36	42	1.954	16,400.18
11/12/94	3100	1950	46	37	35	41	3.274	9,789.43
11/13/94	3100	1950	46	37	35	41	3.274	9,789.43
11/14/94	3100	1950	46.5	37.5	36	42	1.82	17,605.97
11/19/94	3050	1950	46.5	37	35.5	42	2.731	11,737.31
11/20/94	3000	1950	46	37	35.5	42	2.55	12,574.73
11/21/94	3000	1950	47	37.5	36	42	1.954	16,400.18
11/22/94	3000	1950	46.5	37.5	36	42	1.82	17,605.97
11/23/94	3000	1950	47	37.5	36	42	1.954	16,400.18
11/26/94	3000	1950	47	37.6	36	42.5	2.804	11,428.76
11/29/94	3000	1950	46.5	37.2	35.5	42	2.876	11,142.96
11/30/94	3000	1950	46	37	35	42	2.885	11,108.13
12/1/94	3000	1950	46.2	37	35	42	2.885	11,108.13
12/2/94	3000	1950	46.2	37	35.5	42	2.885	11,108.13
12/3/94	3000	1950	46	37	35	42	2.885	11,108.13
12/4/94	3000	1950	46	37	35	41.5	3.083	10,396.54
12/5/94	3000	1950	47	37	35	41	3.641	8,802.98
12/6/94	3000	1950	47	37.5	35.5	42	3.274	9,789.43
12/7/94	3000	1950	48	38	36	43	3.274	9,789.43
6/28/95	3150	1900	44	35.5	34	40	2.549	12,574.73
6/30/95	3150	1900	45	36	35	40	2.485	12,896.14
7/1/95	3150	1900	45	35.5	34	40	2.485	12,896.14

Op dan lasi gan HE JEO lan

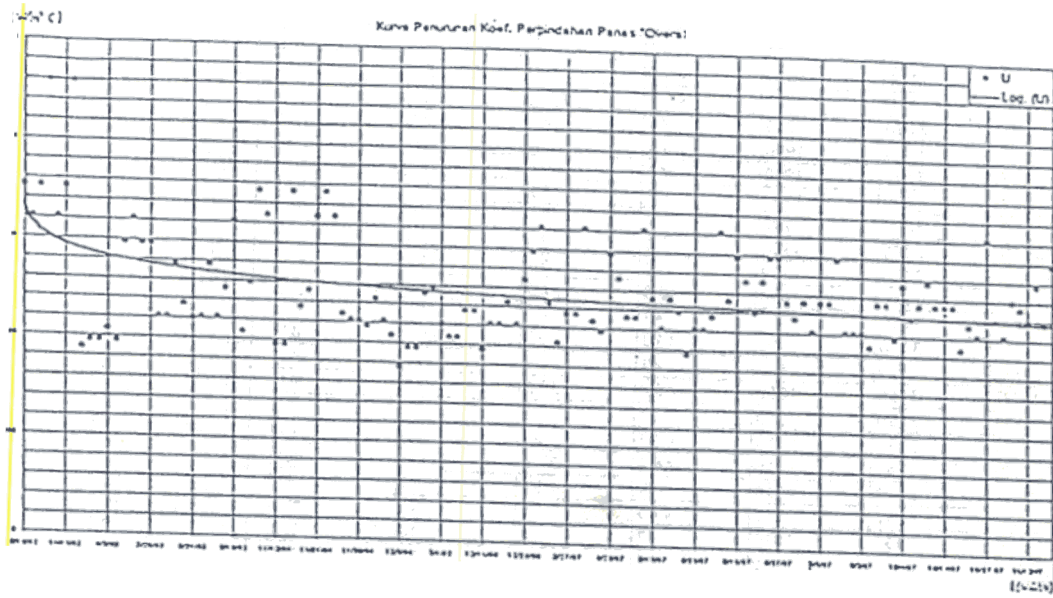
12/7/96	3200	800	46.5	38	36	4	30.3	10,304
12/8/96	3200	800	47	38	36	42.5	10.3	10.6
12/9/96	3200	1800	46.5	37.5	36	42		737.31
12/10/96	3200	1800	46.5	37.5	36	42	2	7.31
12/11/96	3200	1800	47	38	36	42	3.7	9.789.43
12/12/96	3200	1850	46	37	35	42	2.88	08.13
12/16/96	3200	1800	46	37	35	42	2.88	08.13
12/17/96	3200	1800	46.2	37.5	36	42	2.622	12,222.45
12/18/96	3200	1800	46	37	35	42	2.855	11,108.13
12/28/96	3150	1800	46.2	37	35.8	42	2.395	13,384.22
3/14/97	3200	1900	46	37	36	42	2.164	14,810.84
3/16/97	3200	1900	46	37	36	42.5	1.996	16,061.06
3/21/97	3200	1900	46.2	37.5	36	42	2.622	12,222.45
3/22/97	3200	1900	47	37.8	36	42	3.132	10,232.89
3/27/97	3200	1900	47	38	36.5	42.5	2.731	11,737.31
3/29/97	3200	1900	47	38	36.5	42.5	2.731	11,737.31
3/31/97	3200	1900	46.5	38	37	43	1.996	16,061.06
4/26/97	3150	1800	46	37.9	36	42	2.821	11,362.03
4/27/97	3150	1850	46.5	38	36.2	42	2.947	10,877.15
4/28/97	3150	1800	46	37	36	42	2.164	14,810.84
4/29/97	3150	1800	46.5	38	36.5	43	2.36	13,578.49
5/10/97	3150	1800	46	37.8	36	42	2.755	11,633.27
5/11/97	3150	1800	46	37.8	36	42	2.755	11,633.27
5/12/97	3150	1800	47	38	37	43.5	1.996	16,061.06
5/17/97	3150	1800	46	37.5	36	42	2.549	12,574.73
5/18/97	3150	1800	46.5	38	36	42.5	2.885	11,108.13
5/19/97	3150	1800	47	38	36.5	43	2.549	12,574.73
5/23/97	3150	1800	46.5	38	36	43	2.68	11,957.60
5/24/97	3150	1800	47	38	36	42	3.274	9,789.43
5/25/97	3150	1800	46.5	38	36	42.5	2.885	11,108.13
5/26/97	3150	1800	46.5	38	36	42.5	2.885	11,108.13
5/27/97	3150	1800	46.5	37.5	36	42	2.731	11,737.31
6/13/97	3150	1800	45.5	37	36	42	1.996	16,061.06
6/17/97	3150	1800	45.5	37	35.5	41.5	2.549	12,574.73
6/18/97	3150	1800	46	37	36	42	2.164	14,810.84
6/19/97	3150	1800	45.5	37	35.5	42	2.36	13,578.49
6/21/97	3150	1800	45.8	36.8	35	42	2.677	11,974.59
6/22/97	3150	1800	45.5	37	35.5	42	2.36	13,578.49
6/23/97	3150	1800	46	37	36	42	2.164	14,810.84
6/27/97	3150	1800	45	36	35	41	2.164	14,810.84
6/28/97	3200	1800	44.5	36	34.5	40.5	2.549	12,547.73
6/29/97	3150	1800	45	36.5	35	40.5	2.731	11,737.31
6/30/97	3150	1800	45	36.2	34.8	40.8	2.549	12,575.69
7/4/97	3150	1800	45	37	35	41	2.885	11,108.13
7/5/97	3150	1800	46	37	35.5	42	2.549	12,574.73
7/6/97	3150	1800	46	37.5	36	42	2.549	12,574.73
8/30/97	3150	1750	45	36	35	41	2.164	14,810.84
8/31/97	3150	1750	46	37	35	42	2.885	11,108.13
9/1/97	3150	1750	46	37	35	42	2.885	11,108.13
9/2/97	3150	1750	46.5	38	36	42.5	2.885	11,108.13
9/13/97	3150	1750	45	36	34	40.5	3.083	10,396.54
9/14/97	3150	1750	45.5	36.5	35	41.5	2.549	2,574.73
9/15/97	3150	1750	46	37	35.5	4	2.549	2,574.73
9/16/97	3150	1750	46.2	37.5	35.5	4	965	0,809.11
10/5/97	3150	1800	46.2	37.6	36	42.5	2.3	5,578.49
10/6/97	3150	1750	4	3	35.5	42.5	2.694	11,896.95
10/12/97	3150	1750	46	37.2	36	42	2.326	13,781.74
10/13/97	3150	1750	46	37	35.5	42	2.549	12,574.73
10/14/97	3150	1750	47	38	36.5	43	2.549	12,574.73
10/15/97	3150	1750	48	39	37.5	44	2.549	12,574.73
10/20/97	3150	1750	46.5	38	36	42	3.083	10,396.54
10/21/97	3150	1750	47	38	36.2	43	2.755	11,633.27
10/26/97	3150	1750	46.5	38	36	42.5	2.885	11,108.13
10/27/97	3150	1750	47	38	37	43.5	1.996	16,061.06
11/2/97	3150	1750	47	38	37	42	2.688	11,924.00
11/3/97	3150	1750	47	38	37	43.5	2.885	11,108.13
11/4/97	3150	1750	47	38	37	44	2.474	12,953.40
11/5/97	3150	1750	47	38	36	42	2.549	12,574.73
11/12/97	3150	1750	47	38	37	43.5	2.68	11,957.60
3/1/98	3150	1800	45.2	37	35	43.5	2.326	13,781.74
3/2/98	3150	1800	45.2	37	35	44	2.885	11,810.11
			45.2	38	38	44	2.164	14,810.84

Tabel 2. Data Operasi dan Hasil Perhitungan HE (JE01 BC02)

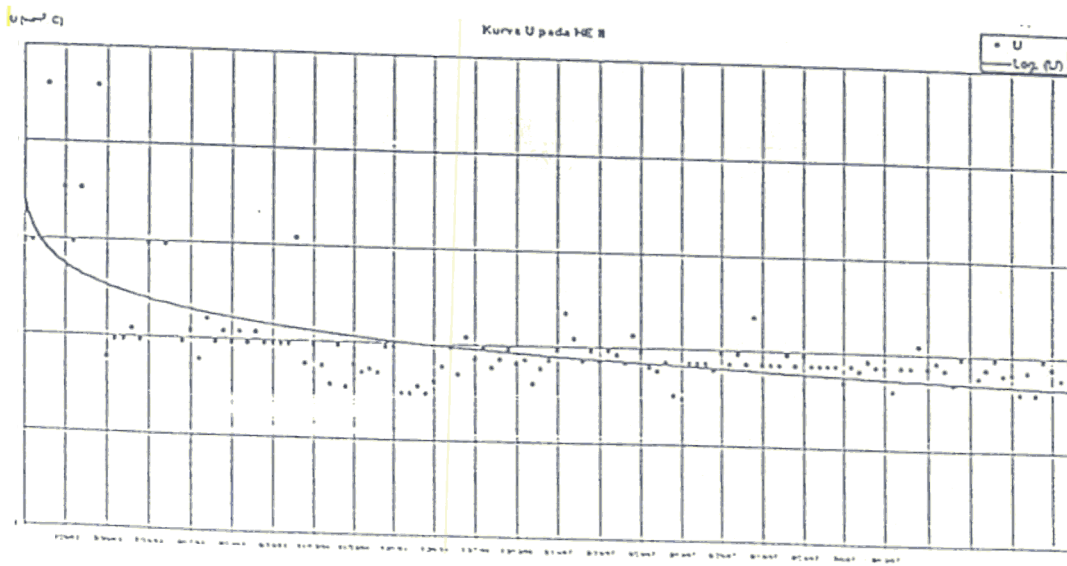
WAKTU	imp/2	ins	T1 (C)	T2 (C)	t1 (C)	t2 (C)	ΔT _{neto}	U
	[JE01 CF011]	[PA01 CF001]	[JE01 CT002]	[JE01 CT003]	[PA01 CT001]	[PA01 CT002]		
8/16/92	3250	2000	38	31.7	30.2	35	2.164	14,810.84
8/17/92	3250	2000	38	31	30	34	2.164	14,810.84
8/18/92	3250	2000	38	31	30	34	2.164	14,810.84
9/27/92	3250	2000	40	33	32.5	37	1.395	22,971.28
9/28/92	3200	2000	41	34	34	38		
9/29/92	3200	2000	41	34	33	38	1.82	17,605.97
9/30/92	3200	2000	42	35	34	38	2.164	14,810.84
11/11/92	3200	2000	42	35	34	39	1.82	17,605.97
11/22/92	3200	2000	44	37	37	41		
11/25/92	3200	2000	40	33	32.5	37	1.395	22,971.28
3/30/93	3200	2000	44	35.5	33	39	3.607	8,886.50
3/31/93	3200	2000	45	36	34	40	3.274	9,789.43
4/1/93	3200	2000	45	36	34	40	3.274	9,789.43
4/2/93	3200	2000	44	35	33	39.5	3.083	10,396.54
4/6/93	3200	2000	45	36	34	40	3.274	9,789.43
7/25/93	3200	2000	43	35	34	39	2.164	14,810.84
7/26/93	3200	2000	43	35	35.5	39		
7/27/93	3200	2050	43	35	34	39	2.164	14,810.84
7/28/93	3200	2050	43.2	35	33.5	39		
8/16/93	3200	2050	45	36	34	40	3.274	9,789.43
8/17/93	3200	2050	44.5	36	34	40	3.083	10,396.54
8/19/93	3200	2050	44	36	33.5	39	3.607	8,886.50
8/20/93	3200	2050	44	35.5	34	39	2.907	11,025.39
8/21/93	3200	2050	44	35.5	33.5	39	3.274	9,789.43
8/22/93	3200	2050	44.5	36	34	40	3.083	10,396.54
8/23/93	3200	2000	45	36	34	40	3.274	9,789.43
8/24/93	3200	2050	44.5	36	34	40	3.083	10,396.54
8/25/93	3200	2050	45	36	34	40	3.274	9,789.43
9/19/93	3200	2100	42	34	32	37.5	3.083	10,396.54
9/28/93	3200	2050	44	35	33	39	3.274	9,789.43
9/29/93	3200	2050	45	36	34	40	3.274	9,789.43
9/30/93	3200	2050	45	36	34	40	3.274	9,789.43
11/9/94	3100	2050	47	37.5	35.5	42	3.274	9,789.43
11/11/94	3100	2050	47.5	37.5	36	42	2.085	15,371.12
11/12/94	3100	2050	46	37	34	40	3.641	8,802.98
11/13/94	3100	2050	46	37	35	41	3.274	9,789.43
11/14/94	3100	2050	47	37.5	35.2	41.5	3.67	8,732.36
11/19/94	3050	2050	47	37	34	41.5	4.124	7,770.94
11/20/94	3000	2000	47	37	35	41	3.274	9,789.43
11/21/94	3000	2000	47.5	37.5	35	41	4.186	7,656.43
11/22/94	3000	2000	47.5	37.5	35.5	41.5	3.641	8,802.98
11/23/94	3000	2000	47.5	37.5	35	42	3.803	8,423.69
11/24/94	3000	2000	48	37.6	35.5	42	3.715	8,627.74
11/25/94	3000	2000	47	37.2	35	41	3.787	8,462.40
11/30/94	3000	2000	47	37	35	41	3.274	9,789.43
12/1/94	3000	2050	47	37	35	41	3.274	9,789.43
12/2/94	3000	2000	47	37	34	41	4.328	7,405.41
12/3/94	3000	2000	47	37	34	41	4.328	7,405.41
12/4/94	3000	2000	46.5	37	34	41	4.124	7,770.94
12/5/94	3000	2000	47	37	34	41	4.328	7,405.41
12/6/94	3000	2000	47	37.5	35	41	3.998	8,017.11
12/7/94	3000	2000	48	38	36	42	3.641	8,802.98
12/8/94	3000	2000	48	38	36	42	3.641	8,802.98
12/9/94	3150	2000	46	36.2	34	40	3.787	8,462.40
12/10/94	3150	2000	45.5	36	34	40	3.083	10,396.54
12/11/94	3200	1850	47	38	36	41.5	3.46	9,013.52
12/12/94	3200	1850	47	38	36	42	3.274	9,789.43
12/13/94	3200	1850	47	37.5	35.5	41	3.641	8,802.98

Tabel 2. Data Operasi dan Hasil Perhitungan HE (JE01 BC02) (lanjutan)

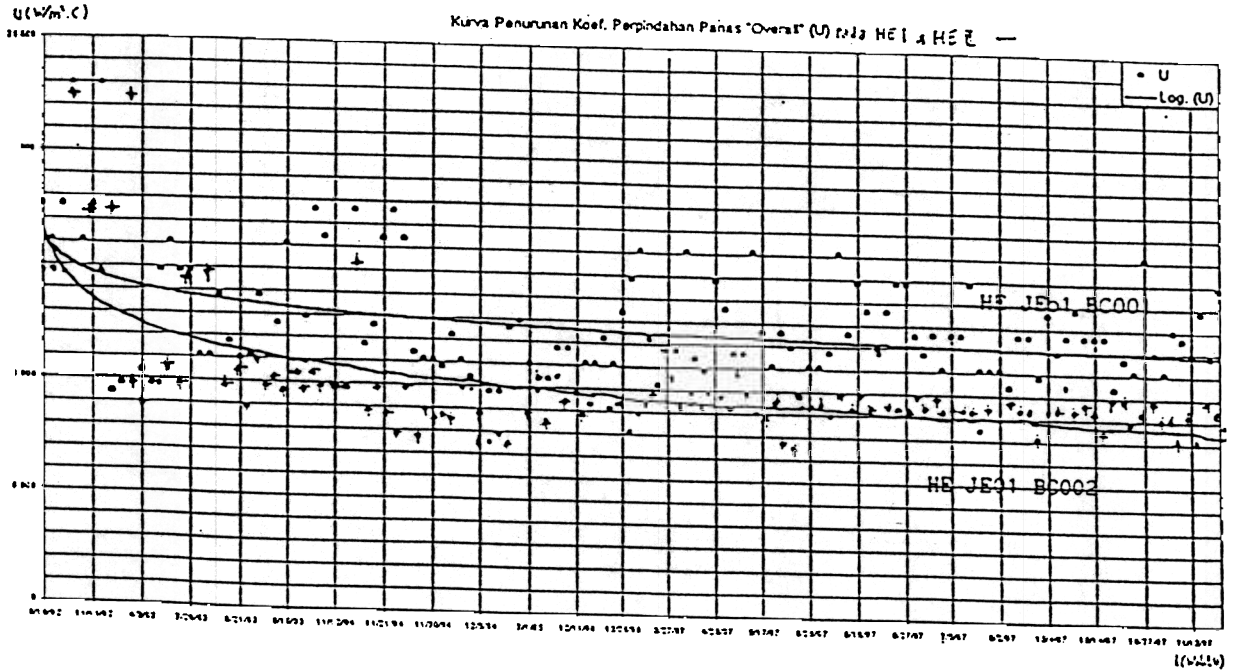
12/10/96	3200	1850	47	37.5	35.5	41.5	3.46	9,263.74
12/11/96	3200	1850	47	38	36	42	3.274	9,789.43
12/12/96	3200	1850	46.2	37	35	40.5	3.533	9,072.41
12/16/96	3200	1850	46.5	37	35	41	3.46	9,263.74
12/17/96	3200	1850	47	37.5	35	41	3.998	8,017.11
12/18/96	3200	1850	46.5	37	35	40.5	3.641	8,802.98
12/26/96	3150	1850	46.5	37.5	35.5	41	3.46	9,263.74
3/14/97	3200	1900	46	37	35	41	3.274	9,789.43
3/15/97	3200	1900	47	38	36	42	3.46	9,263.74
3/27/97	3200	1900	47	38	36	42	3.274	9,789.43
3/29/97	3200	1900	47.5	38	36	42	3.46	9,263.74
3/31/97	3200	1900	47	38	36	42	3.274	9,789.43
4/26/97	3150	1850	46.8	37.5	35.8	41	3.241	9,593.73
4/27/97	3150	1850	47	37.8	36	41	3.488	9,187.83
4/28/97	3150	1850	46.3	37	35.5	41	3.011	10,646.44
4/29/97	3100	1850	47	38	36	42	3.274	9,789.43
5/10/97	3150	1850	46.8	37.5	35.5	41	3.569	8,980.35
5/11/97	3150	1850	47	38	36	41	3.641	8,802.98
5/12/97	3150	1850	47.5	38	36	42	3.46	9,263.74
5/17/97	3150	1850	46.8	37.5	34.5	41	4.247	7,546.31
5/18/97	3150	1850	47	38	35	41	4.328	7,405.42
5/19/97	3150	1850	47.5	38	36	42	3.46	9,263.74
5/23/97	3150	1850	47	38	36	41.5	3.46	9,263.74
5/24/97	3150	1850	47	38	36	41.5	3.46	9,263.74
5/25/97	3150	1850	47	38	35.8	41.5	3.601	8,992.48
5/26/97	3150	1850	47	38	36	42	3.274	9,789.43
5/27/97	3150	1850	47	37.5	35.5	41.5	3.46	9,263.74
6/13/97	3150	1850	46	37	35	41	3.274	9,789.43
6/17/97	3150	1900	46	37	35	40.5	3.46	9,263.74
6/18/97	3150	1900	46.2	37	35.8	41	2.728	11,749.50
6/19/97	3150	1900	46	37	35	40.5	3.46	9,263.74
6/21/97	3150	1900	46	37	35	40.5	3.46	9,263.74
6/22/97	3150	1900	46	37	35	40.5	3.46	9,263.74
6/23/97	3150	1900	46	37	35	41	3.274	9,789.43
6/27/97	3150	1900	45.5	36	34	40	3.46	9,263.74
6/28/97	3200	1900	45	36	34	40	3.274	9,789.43
6/29/97	3150	1900	45.5	36.5	34.5	40	3.46	9,263.74
6/30/97	3150	1900	45.5	36	34	40	3.46	9,263.74
7/4/97	3150	1900	45.5	37	35	40	3.46	9,263.74
7/5/97	3150	1900	46	37	35	40.5	3.46	9,263.74
7/6/97	3150	1900	46.5	37.5	35	41	3.605	8,423.69
8/30/97	3150	1850	45.5	36	34	40	3.46	9,263.74
8/31/97	3150	1850	46.2	37	35	40.5	3.533	9,072.41
9/1/97	3150	1850	46	37	35	40.8	3.249	9,570.43
9/2/97	3150	1850	47	37.8	35.8	41.5	3.46	9,263.74
9/13/97	3150	1850	45.5	36	34	40	3.46	9,263.74
9/14/97	3150	1850	46	36.5	34	40	3.998	8,017.11
9/15/97	3150	1850	46.5	37	35	41	3.46	9,263.74
9/16/97	3150	1850	46.5	37	35	41	3.46	9,263.74
10/4/97	3150	1850	46.5	37	35.5	41	3.079	10,410.92
10/5/97	3150	1750	47	37.5	35.5	41.5	3.46	9,263.74
10/6/97	3150	1800	47.2	38	36	42	3.249	9,570.43
10/12/97	3150	1800	46.2	37	35	41	3.488	9,190.18
10/13/97	3150	1800	46	37	35	41	3.605	8,423.69
10/14/97	3150	1800	47	38	36	42	3.274	9,789.43
10/19/97	3150	1800	48	39	37	42	3.274	9,789.43
10/20/97	3150	1800	47	37	35	41	3.641	8,802.98
10/21/97	3150	1800	47.5	38	36	42	3.46	9,263.74
10/26/97	3150	1800	47	38	36	42	3.274	9,789.43
10/27/97	3150	1800	47.8	38	36	42	3.57	8,280.35
11/2/97	3150	1800	46.2	37	35	40.5	3.533	9,072.41
11/3/97	3150	1800	48	39	37	42	3.998	8,017.11
11/4/97	3150	1800	48	39	37	42	3.488	9,187.83
11/5/97	3150	1800	47	37	35	41	3.998	8,017.11
11/6/97	3150	1800	47	37	37	42	3.274	9,789.43
11/8/97	3150	1950	48	38	36	42	3.41	9,400.30
11/9/97	3150	1900	48	39	37	42	3.641	8,802.98
11/10/97	3150	1950	48	39	37	42	3.274	9,789.43



Gambar Grafik Data operasi dan Hasil Perhitungan HF (JE0 C0



Gambar Grafik Data Operasi dan Hasil perhitungan HE (JE0 C0



Gambar 3. Grafik Data Operasi dan Hasil Perhitungan HE (JE01 BC01)
Dibandingkan dengan HE (JE01 BC02)