

## STUDI PENGGUNAAN *CHEMICAL CLEANING* PADA PENUKAR PANAS RSG-GAS

Djunaidi

### ABSTRAK

**STUDI PENGGUNAAN *CHEMICAL CLEANING* PADA PENUKAR PANAS RSG-GAS.** Penggunaan *chemical cleaning* pada alat penukar panas RSG-GAS bertujuan untuk membersihkan kotoran, kerak yang menempel pada dinding pipa atau *shell*. Proses pembersihan yang dilakukan dengan mengalirkan bahan kimia tertentu selama beberapa jam supaya bersih, dan sekaligus akan memperbaiki kinerja alat penukar panas tersebut. Perbaikan kinerja alat penukar panas ini ditunjukkan oleh kenaikan nilai koefisien perpindahan panas global ( $U_g$ ). Dalam makalah ini juga dibahas metoda evaluasi alat penukar panas yang dapat saja dilakukan secara periodik selama alat tersebut dioperasikan. Dari hasil pembahasan menunjukkan bahwa penggunaan *chemical cleaning* dapat dilakukan pada alat penukar panas RSG-GAS. Dengan analisis yang dilakukan diperoleh bahwa penggunaan *chemical cleaning* untuk memperbaiki kinerja alat penukar panas RSG-GAS dan hanya efektif apabila  $U_g$  lebih baik dari sebelumnya.

Kata kunci : alat penukar panas

### ABSTRACT

**STUDY APPLICATION OF THE *CHEMICAL CLEANING* IN HEAT EXCHANGER IN RSG-GAS.** Chemical cleaning in heat exchanger of RSG-GAS can be carried out, this process is aimed at removing any dirt, slugs on the wall or shell with certain chemical in order to improve the performance of the heat exchanger. The performance of the heat exchanger can be determined from the increase of global heat transfer coefficient or  $U_g$ . In this paper is presented the method of evaluation of heat exchanger that can be carried out periodically when the system is operation. From the distiction result that the chemical clening can be to do in RSG-GAS. After chemical cleaning to do the heat excheger of RSG-GAS performance must be obtained better  $U_g$  values compared to the previous values.

key wood : Heat Exchanger

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan alat penukar panas sebagai suatu alat dalam sistem pendingin adalah sangat penting karena menyangkut keselamatan operasi reaktor. Reaktor RSG-GAS menggunakan pendingin primer dan pendingin sekunder untuk mengambil panasnya. Diantara pendingin primer dan pendingin sekunder terdapat alat penukar panas yang bekerja untuk memindahkan panas yang telah diambil dari pendingin primer untuk dipindahkan ke pendingin sekunder dengan media air<sup>[1]</sup>. Sehubungan dengan telah lamanya alat tersebut digunakan dan kinerjanya juga sudah mulai menurun maka pada saat itu perlu dilakukan overhaul dan pembersihan supaya kinerjanya menjadi lebih baik.

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja penukar panas yang ditunjukkan oleh nilai koefisien transfer panas  $U_g$ , dengan cara membandingkan hasil pengamatan kinerjanya antara sebelum *overhaul* dan setelah *overhaul*, kemudian dihitung nilai koefisien transfer panasnya ( $U_g$ ). Hasil pengamatan tersebut diharapkan dapat memberikan informasi terhadap perubahan kinerja penukar panas sebelum dan sesudah *overhaul*. Dalam studi ini dilakukan peninjauan terhadap pembersihan alat penukar panas dengan cara yang lebih praktis yaitu dengan menggunakan *chemical cleaning* sebagai bahan pembersih. Dilihat dari kondisi dan posisi tata ruang pada ruangan alat penukar panas sangatlah optimis untuk dapat dilakukan, dan yang perlu diperhatikan adalah biaya untuk pelaksanaan

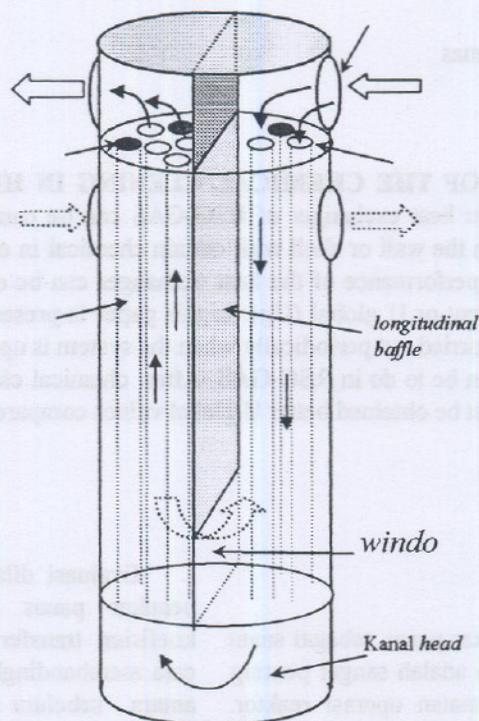
pembersihan dengan menggunakan *chemical cleaning* karena harga cairan kimia pembersih ini sangatlah mahal.

## 2. TEORI

### ALAT PENUKAR PANAS RSG-GAS DAN KINERJANYA

Sistem pendingin reaktor RSG-GAS terdiri atas 2 untai sistem pendingin primer dan sekunder yang berfungsi memindahkan panas hasil reaksi fisi di teras reaktor ke lingkungan. Transfer panas dari sistem pendingin primer ke sekunder dilakukan oleh alat penukar panas. Setiap penukar panas didesain memindahkan panas pada daya 16,5 MW. Dari 2 alat yang ada dapat memindahkan

daya reaktor sebesar 30 MW. Alat penukar panas di sistem pendingin reaktor RSG-GAS adalah jenis *Shell and Tube* berbentuk tabung tegak, aliran berlawanan *2 pass shell* dan *2 pass tube*. Ke dua buah alat penukar panas tersebut terpasang secara paralel, masing-masing memiliki data geometri dan kapasitas yang sama dengan beban nominal 15 MW. Alat ini memiliki penyekat (*baffle*) memanjang pada bagian garis tengah *shell*, dengan sisi *shell* dilalui oleh fluida panas sedangkan *tube* dilalui oleh fluida dingin seperti terlihat pada Gambar 1. Alat pembersih yang digunakan pada *tube* berupa bola-bola elastis yang dilewatkan melalui *tube* secara reguler bersama dengan aliran yang digerakkan oleh pompa sirkulasi, dimana data spesifikasi dari penukar panas yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Skema Aliran Penukar Panas

Tabel 1. Data Spesifikasi Alat. [1]

Type /Kode (KKS)	Shell and tube / JE-01 BC01/BC02
Diameter shell	1300 mm
Diameter tube	22 mm ID, 23 mm OD
Jumlah tube per pass	816 buah
Panjang tube	7410 mm
Tube Lay out	Square

Tabel 1. Lanjutan

Type /Kode (KKS)	Shell and tube / JE-01 BC01/BC02
Luas bidang kontak	780 m <sup>2</sup>
Laju alir sisi shell	430 kg / det
Laju alir sisi tube	485 kg / det

Penukar panas jenis ini (*shell-tube*) memiliki luas bidang transfer panas (A) paling besar diantara beberapa jenis lain. Pada umumnya alat penukar panas memiliki luas bidang transfer (A) tertentu tergantung dari kapasitas, jenis dan dimensi dari penukar panas tersebut. Penggunaan alat penukar panas jenis ini cukup banyak terutama dalam industri modern. Perawatan penukar panas RSG-GAS dilakukan rutin secara kimiawi pada pendingin sekunder yang dilarutkan untuk menjaga agar tidak terbentuk kerak di dalam alat penukar panas dan untuk menjaga kestabilan pendingin sekunder.

Untuk alat penukar panas yang digunakan secara terus menerus sebaiknya inspeksi dilakukan tiap tahun sekali sedangkan untuk sistem pendinginan yang jarang digunakan paling tidak sepuluh tahun sekali harus dilakukan inspeksi (*overhaul*). Pada *overhaul* tanggal 29 Mei sampai 2 Juni tahun 2000 yang terjadi adalah daerah aliran pendingin sekunder (*sisi-tube*) di dalam alat penukar panas kelihatan bersih jika dibandingkan dengan bagian yang tidak terkena aliran pada *sisi-tube*. Beberapa bola karet tersangkut di beberapa tempat di dalam alat penukar panas dan ada beberapa kotoran mekanik yang masih tertinggal berupa kawat yang diduga tersangkut pada saat pemasangan.

#### PEMBERSIHAN ALAT PENUKAR PANAS TANPA CHEMICAL CLEANING

##### Dasar Perhitungan

Di dalam alat penukar panas RSG-GAS, terjadi transfer panas dari sisi *shell* menuju *sisi-tube*, hal ini menunjukkan adanya kesetimbangan panas antara panas masuk dan panas keluar

diantara *shell* dan *tube*. Energi panas yang dipindahkan dari pendingin primer adalah sama dengan energi panas yang diterima pendingin sekunder<sup>[3]</sup>, dengan demikian dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q_p = Q_s = m_p \cdot C_p \cdot \Delta T_p \dots\dots\dots(1)$$

Di mana  $m_p$  merupakan masa aliran pendingin primer,  $\Delta T_p$  merupakan beda suhu pendingin primer antara yang masuk dan keluar dan keduanya merupakan parameter yang terukur sedangkan  $C_p$  adalah kapasitas panas air pendingin primer dimana besaran tersebut merupakan fungsi suhu fluida. Kemudian hubungan antara luas bidang transfer panas, koefisien transfer panas global dan perubahan panas dengan beban panas yang ditransfer dapat dirumuskan oleh persamaan dasar penukar panas berikut<sup>[3]</sup> :

$$Q_p = Q_s = U_g \cdot A \cdot \Delta T_{lntd} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana  $U_g$  adalah koefisien transfer panas global dan A merupakan luas bidang transfer panas dan  $\Delta T_{lntd}$  merupakan beda suhu rerata logaritmik. Koefisien transfer panas global ( $U_g$ ) merupakan koefisien transfer panas kedua sisi antara *tube* dan *shell* di mana nilai  $U_g$  cenderung akan menurun harganya jika dioperasikan terus, dan ini menunjukkan pengurangan kinerja alat penukar panas setelah sekian lama dioperasikan. Selain itu penurunan kinerja alat penukar panas juga dapat dilihat dari grafik distribusi suhu fluida. Distribusi suhu alat penukar panas adalah perubahan suhu antara masuk dan keluar baik fluida panas dan fluida dingin sepanjang *tube* (antara *inlet* dan *outlet*). Hasilnya dibandingkan dengan grafik

distribusi pada saat awal operasi pada operasi dengan daya yang sama.

**Beda Suhu Rerata Logaritmik ( $\Delta T_{lmq}$ ):<sup>14</sup>**

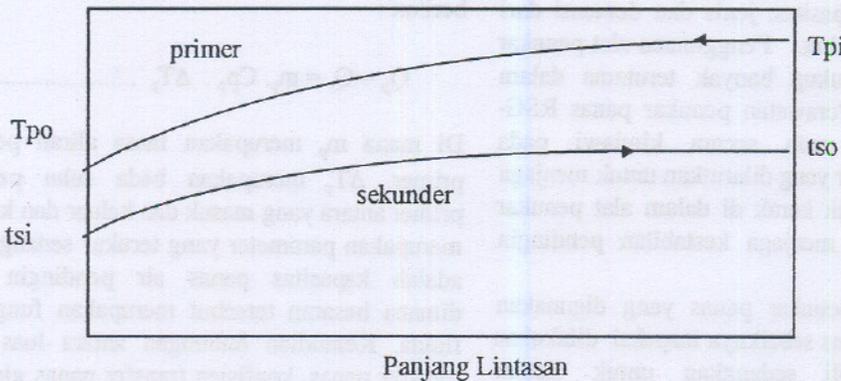
Pada umumnya suhu fluida di dalam penukar panas tidak merupakan garis lurus apabila di plot terhadap panjang lintasan fluida (L) sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 2. Pada setiap titik T-t antara dua aliran dapat diperoleh beda suhu rerata logaritmik dengan menurunkan hubungan antara T-t terhadap L dan dengan melakukan identifikasi beda suhu di sepanjang lintasan fluida. Untuk menurunkan persamaan beda suhu antar dua fluida perlu dibuat beberapa asumsi sebagai berikut :

- Koefisien transfer panas global ( $U_g$ ) konstan sepanjang lintasan.
- Laju massa aliran fluida konstan dan tunak
- Panas spesifik konstan
- Tidak ada perubahan fasa di dalam sistem
- Kehilangan panas ke sekelilingnya diabaikan.

Dengan menggunakan bentuk persamaan diferensial maka, akan diperoleh persamaan berikut :

$$Q = U_g A \frac{[(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)]}{\ln (T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)}$$

$$Q = U_g A LMTD \text{ atau } LMTD = \frac{(T_{pi} - t_{so}) - (T_{po} - t_{si})}{\ln (T_{pi} - t_{so}) / (T_{po} - t_{si})} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 2. Grafik LMTD

**3. METODA EVALUASI**

Berdasarkan deskripsi penukar panas di atas tahapan evaluasi dilakukan meliputi pengamatan/pengukuran atau pengambilan data kemudian perhitungan untuk menghitung besarnya nilai  $U_g$  dengan persamaan (1), (2) dan (3). Besarnya  $U_g$  pada saat awal dioperasikan juga dihitung sebagai bahan pembanding. Adapun suhu-suhu yang digunakan dalam evaluasi adalah besaran suhu pada sisi *shell* dan sisi *tube* alat penukar panas saat beroperasi sebagai berikut :

$T_{pi}$  : Suhu pendingin primer menuju sisi *shell* penukar panas

$T_{po}$  : Suhu pendingin primer keluar sisi *shell* penukar panas

$T_{si}$  : Suhu pendingin sekunder menuju sisi *tube* penukar panas

$T_{so}$  : Suhu pendingin sekunder keluar sisi *tube* penukar panas

Suhu-suhu tersebut di atas diamati pada saat sebelum dan juga setelah *overhaul*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

Dari data spesifikasi teknis alat penukar panas diperoleh harga  $U_g = 41,0916 \text{ kcal}/\text{menit} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K} =$

2465,5 kcal/j m<sup>2</sup> °C., ini yang merupakan harga Ug dari alat penukar panas awal. Evaluasi kinerja alat penukar panas, dilakukan dengan menggunakan data masukan dari kondisi operasi. Data operasi dicatat pada daya 15 MW sejak awal tahun 1990 sampai dengan tahun 2000 sebelum

dilakukan *overhaul* dan diutamakan setelah daya reaktor mencapai 30 MW maupun setelah pelaksanaan *overhaul*. Tabel 2 berikut ini adalah hasil pencatatan dari operasi reaktor dan perhitungan Ug dengan pengambilan data secara acak.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Ug sebelum *overhaul* teras 36 pada daya 15 MW

Tanggal	Pendingin Primer		Pendingin Sekunder		Fp (m <sup>3</sup> /jam)	Ug kcal/men. m <sup>2</sup> °K
	Tpi (°C)	Tpo(°C)	Tsi(°C)	Tso(°C)		
31-10-'99	40	36	36	40	3150	134,615
01-11-'99	38	37	38	41	3100	3,08
02-11-'99	37	36	36	40	3000	32,05
03-11-'99	42	35	35	39	3150	235,57
04-11-'99	43	36	38	41	3000	224,36
05-11-'99	44	38	37	40	3150	93,31
06-11-'99	42	35	36	40	3150	235,57
07-11-'99	42	35	35	39	3150	235,57
08-11-'99	43	36	36	40	3150	235,57
09-11-'99	43	36	36	39	3150	235,57
14--11-'99	44	37	38	42	3000	224,76
15-11-'99	43-	36	36	40	3150	235,57
16-11-'99	43	36	36	40	3150	235,57

Dari data operasi di atas menunjukkan fungsi pendinginan sudah tidak berjalan normal, seharusnya secara umum pendingin (sekunder T<sub>si</sub>) harganya lebih kecil dari pada yang didinginkan

(primer T<sub>po</sub>) dan yang terjadi pada teras 36 tidak demikian, akibatnya Δ T LMTD tidak menentu begitu juga harga U globalnya.

Tabel 3 Data operasi dan perhitungan U global setelah dilakukan inspeksi pembongkaran<sup>[5]</sup>

Waktu tgl	Pendingin Primer		Pendingin Sekunder		Fp (m <sup>3</sup> /jam)	Ug Kcal/men. m <sup>2</sup> °K
	Tpi(°C)	Tpo(°C)	Tsi(°C)	Tso(°C)		
07-6-2000	35.5	30	29.5	32	3150	120,06
11-6-2000	44	37	36	39	3150	60,62
11-6-2000	44	37	36	39	3150	94,80
23-6-2000	44	38	37	39	3000	77,38
25-6-2000	44	38	36,5	39,5	3100	72,68
27-6-2000	44,5	39	37	40	3100	59,01
08-7-2000	43	37	36	38	3100	79,85

10-7-2000	42	36	36,5	38	2050	78,07
12-7-2000	43	38	36	39	2000	59,38
14-7-2000	44	38	37	40	2000	59,24

Dalam 1 siklus operasi harga  $U_g$  berbeda dan harga rerata  $U_g = 76,81 \text{ Kcal /men. m}^2\text{K}$

## PENGGUNAAN CHEMICAL CLEANING

### Prosedur

Dengan menggunakan satu tangki bahan kimia, dua tangki berisi air bersih untuk pembilasan, pompa sirkulasi dan pipa-pipa plastik secukupnya. Pelaksanaan pembersihan dilakukan secara manual sesuai dengan prosedur pembersihan dan untuk lebih jelasnya lihat Gambar 5. Prosedur pembersihan dengan menggunakan bahan kimia adalah sebagai berikut :

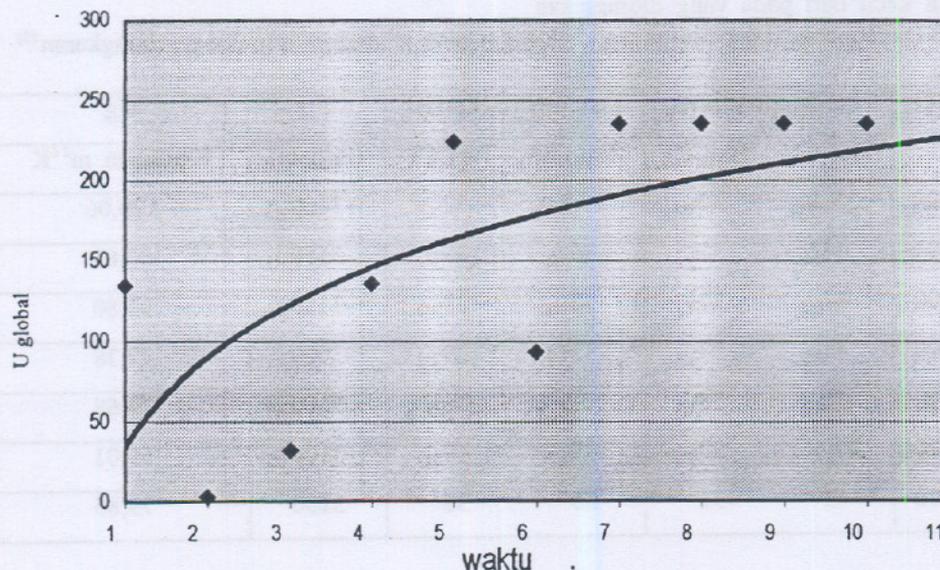
1. Lepaskan tutup atas dan tutup bawah alat penukar panas yang dalam posisi berdiri.
2. Aturilah posisi tangki-tangki, pompa sirkulasi dan pipa-pipa pada posisi di bawah alat penukar panas.
3. Pada tahap awal alirkan cairan kimia dengan pompa dari tangki ke bagian atas alat penukar panas sampai cairan melewati seluruh *tube* selama kurang lebih 5 jam, kemudian cek / kontrol perubahan kekentalan / densitas cairan kimia selama sirkulasi.
4. Pembilasan 1. Pindahkan tangki kimia dan gantikan dengan kontainer yang berisi air untuk pembilasan, selanjutnya alirkan air dengan pompa dari tangki ke atas alat penukar panas sampai air melewati *tube* dan cek perubahan densitas air. Lakukan terus

menerus sampai besaran densitas air menjadi tetap.

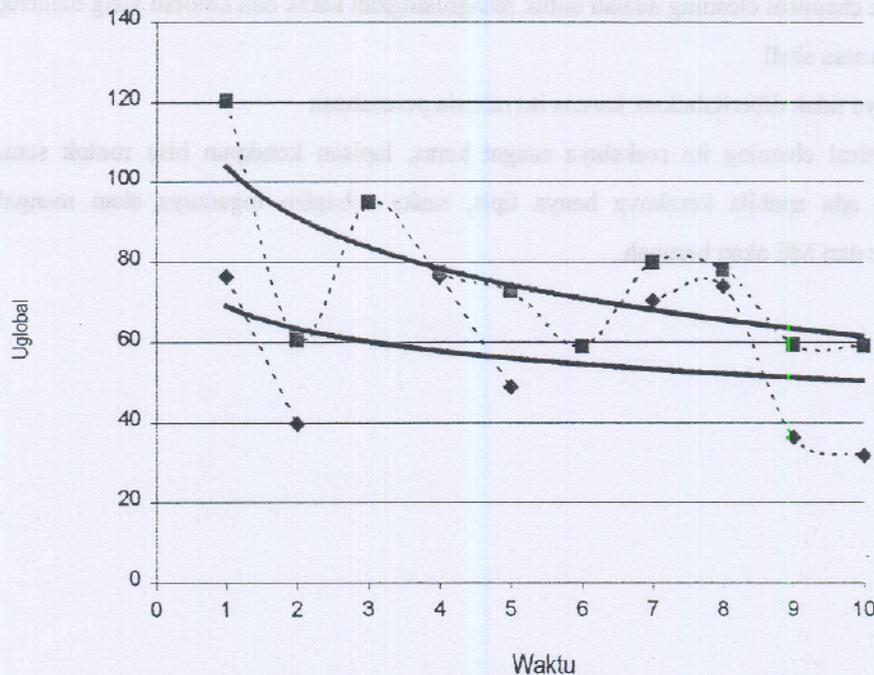
5. Pembilasan 2. Pindahkan tangki air cucian dan ganti dengan kontainer yang berisi air bersih, kemudian alirkan air dari atas alat penukar panas, bilas satu demi satu pipa (*tube*) hingga semua pipa-pipa bersih dan pasang kembali tutup atas dan bawah alat penukar panas.

### Pembahasan

Dari data operasi reaktor pada daya 15 MW selama pengamatan bahkan beberapa tahun operasi menunjukkan bahwa beda suhu masuk dan keluar ( $\Delta t$ ) untuk pendingin primer (*sisi-shell*) pada alat penukar panas harganya di bawah  $10^\circ\text{C}$ . Juga jam 4 kerjanya tidak penuh setiap tahunnya. Ini berarti kerja alat penukar panas tidak terlalu berat dan nilai  $h_o$  menjadi kecil. Namun demikian nilai  $U_g$  pada daya 15 MW tersebut dari waktu ke waktu sangat bervariasi karena Perubahan LMTD yang tidak menentu (Gambar 3). Hal ini mengindikasikan adanya proses pengambilan panas yang semakin tidak sempurna. Setelah diketahui perpindahan panasnya kurang bagus dilakukan *overhaul* dibersihkan bagian *tube side* dan pasca *overhaul* dievaluasi lagi seperti gambar.



Gambar 3. Koeffisien perpindahan panas global sebelum inspeksi pembersihan



Gambar 4. Grafik Ug sebelum dan sesudah overhaul

## KESIMPULAN

Pembersihan alat penukar panas tanpa menggunakan *chemical cleaning* memberikan Ug yang lebih baik dari sebelumnya, hanya saja

membutuhkan waktu dan tenaga lebih banyak sedangkan pembersihan alat penukar panas dengan menggunakan *chemical cleaning* tidak dianjurkan karena membutuhkan biaya yang lebih besar dan dapat dilakukan pada alat penukar panas RSG-GAS.

## DAFTAR PUSTAKA

1. PRSG-BATAN, *Safety Analysis Report Rev-8*, Bab 5.1998
2. TARIGAN.ALIM. *Overhaul sistem penukar panas RSG-GAS*, Proseding seminar Teknologi dan keselamatan PLTN serta fasilitas nuklir 6, Jakarta 10-11 Okt 2000.
3. KERN D.Q. *Process Heat Transfer*, Chapter 4, Mc Grow Hill Co, International Student Edition, 1950.
4. ROBERT E.TREYBAL, *Mass-Transfer Operation*, Mc GRAW-HILL KOGAKUSHA. LTD, International Student Eddition, Chapter ....1968.
5. Masahiro NAKANO, "*S.T.A. EXPERT REPORT*", Chemical Cleaning Heat Exchanger, Badan Tenaga Nuklir Nasional, RSG-GAS, Agustus 2000.

Penanya : Sunarko

Pertanyaan :

1. Bahan chemical cleaning terdapat bahan apa saja ?
2. Komposisi apa ?
3. Apa ada efeknya terhadap peralatan yang dibersihkan ?

Jawaban :

1. Bahan untuk chemical cleaning adalah untuk menghilangkan kerak dan kotoran yang menempel pada dinding pipa atau shell
2. Komposisinya tidak diberitahukan, karena itu rahasia perusahaan
3. Bahan chemical cleaning itu reaksinya sangat keras, lapisan kerakpun bisa rontok semua, efek sampingnya ada apabila keraknya hanya tipis, maka sebagian logamnya akan mengakibatkan performance dari ME akan berubah.