

EVALUASI BEBAN PERALATAN DI SISTEM PEMURNIAN AIR KOLAM REAKTOR (KBE 01)

Pustandyo W. , Y.B. Sitandung, Saiful Sujalmo.

ABSTRAK

EVALUASI BEBAN PERALATAN DI SISTEM PEMURNIAN AIR KOLAM REAKTOR (KBE 01). Telah dilakukan evaluasi beban peralatan pada sistem pemurnian air kolam reaktor (KBE 01). Analisis dan penentuan beban peralatan dilakukan dengan menggunakan paket komputer *Caesar II* Versi 3.24. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan tegangan pipa pada kondisi *sustain* 0,263 dan kondisi operasi 0,478. Gaya *axial* (Fa) dan momen *bending* (Mb) terbesar di nosel BT 03 pada kondisi operasi sebesar 409 N dan 232,66 Nm. Untuk nosel BT 04 harga Fa actual maksimum 488 N dan Mb actual maksimum 200Nm terdapat pada kondisi operasi. Pada katup KBE 01 AA17 pada kondisi operasi perbandingan tegangan terbesar 0,03 sedangkan pada katup KBE 01 AA18 sebesar 0,07. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tegangan pipa yang terjadi, beban nosel BT 03 dan BT 04, tegangan katup KBE 01 AA17 dan KBE 01 AA 18 cukup kecil dan masih di bawah harga batas maksimum yang diijinkan.

ABSTRACT

THE EVALUATION OF THE LOAD TO THE EQUIPMENT OF REACTOR WATER PURIFICATION SYSTEM (KBE 01). The evaluation of the load to the equipment of reactor water purification system (KBE 01) has been done. The Caesar II version 3.24 computer code was used in the analysis and load identification. The result indicates that stress ratio of the part at the sustain and operation conditions were 0.263 and 0.478 respectively. The biggest axial force (Fa) and bending moment (Mb) at item nozzle BT 03 identified at the operation condition was 409 N and 232.66 Nm. At item nozzle BT 04 identified at the operation condition was 488 N for Fa, and 200 Nm for Mb. At valve KBE 01 AA 17 the biggest stress ratio at operation condition was 0.03, and at valve KBE 01 AA 18 the biggest stress ratio was 0.007. It was concluded that pipe stress, the load to the nozzle BT 03 & BT 04 as well as the stress to the valves KBE 01 AA 17 and KBE 01 AA 18 are small enough and less than the allowable value.

PENDAHULUAN

Sistem pemurnian air kolam reaktor (KBE 01) berfungsi untuk menghilangkan hasil aktivasi, kotoran mekanik dan untuk menjaga kualitas air kolam reaktor pada tingkat yang ditentukan. Hal ini diperlukan untuk membatasi tingkat radiasi di ruang balai operasi dan menjaga kebersihan air kolam reaktor sehingga kontak antara air dan bagian dalam kolam reaktor selalu dalam keadaan baik⁽¹⁾.

Komponen penyusun sistem KBE 01 terdiri dari 2 pompa, resin trap, *mixed bed* filter, pipa, dan beberapa katup. Masing-masing pompa kapasitasnya 50 %. Resin yang digunakan terdiri dari resin penukar *kation* dan *anion*.⁽¹⁾

Fleksibilitas pipa adalah salah satu hal yang penting di dalam perhitungan dan perencanaan pemipaan. Analisis *fleksibilitas* atau analisis tegangan

dilakukan dengan program Caesar II versi 3.24⁽²⁾. Untuk perhitungan cepat dalam suatu tata letak pipa perlu suatu toleransi harga tegangan tertentu. Seandainya masalah *fleksibilitas* dengan perhitungan cepat diperoleh harga batas melebihi harga yang telah ditentukan, maka hal ini diperlukan perhitungan yang lebih teliti. Bagian yang melakukan analisis/perhitungan masalah *fleksibilitas* secara teliti pada suatu sistem pemipaan biasanya disebut *stress group*. *Stress group* mempunyai metode-metode tertentu di dalam menangani masalah tegangan, baik dengan metode perhitungan sederhana, maupun rumit atau menggunakan program komputer.

Pemanasan pipa akan menimbulkan perpanjangan dan pendinginan pipa akan menimbulkan pemendekan. Perpanjangan dan pemendekan inilah yang akan menyebabkan masalah *fleksibilitas* dan tegangan. Penentuan tegangan ditentukan oleh gaya-gaya pada angkor, momen lengkung dan tegangan pada sistem pemipaan pada suatu titik atau segmen⁽³⁾. Di dalam perhitungan untuk bahan-bahan tertentu dengan *schedule* atau ketebalan tertentu, gaya-gaya, tegangan serta momen lengkungnya dapat dicari batas maksimum yang diijinkan. Selanjutnya bagi perencana mempunyai suatu patokan perhitungan yang tidak boleh melebihi harga batas tersebut. Untuk perhitungan *fleksibilitas* dan analisis tegangan pada jalur dan titik kritis harus dilakukan, misalnya untuk setiap jalur yang disambung dengan nosel peralatan⁽⁴⁾. Dengan demikian tujuan menganalisis tegangan pada setiap jalur pemipaan dan terutama jalur-jalur yang kritis dapat direncanakan dengan aman. Disamping itu yang tidak kalah pentingnya adalah data-data dari peralatan seperti tangki, katup, pompa dll dari pembuat atau penjualnya. Data-data tersebut misalnya data batas harga

yang diijinkan baik gaya, momen lengkung maupun tegangan.

Pada tulisan ini akan dilakukan hasil analisis dan evaluasi tegangan pipa dan beban peralatan pada sistem KBE 01 khususnya pada segmen pipa antara tangki resin BT 03 dengan tangki resin trap BT 04⁽⁵⁾ seperti ditunjukkan dalam gambar 1.

TEORI

Untuk mengevaluasi hasil analisis pada sistem pemurnian air kolam reaktor digunakan rumus yang mengacu pada *ASME* seksi III klas 2 sbb:

Tegangan pipa.

Kondisi *sustain*, rumus yang digunakan:
 $B_1PD_0/(2tn) + B_2M_{DW}/Z$ ⁽⁶⁾ (1)

Batas tegangan maksimum yang diijinkan: $1,5 Sh$ ⁽⁶⁾ (2)

Kondisi operasi, rumus yang digunakan:
 $B_1PD_0/(2tn) + B_2(M_{DW} + M_{SSE})/Z$ ⁽⁶⁾ (3)

Batas tegangan maksimum yang diijinkan: $2,0 Sy$ ⁽⁶⁾ (4)

Katup

Untuk menentukan batas tegangan maksimum yang diijinkan pada katup rumus yang digunakan sbb:

$$P \cdot D_0 / (4t) + M_e / Z + F_a / A \quad U^{(6)} \quad (5)$$

$$M_b / Z \quad S_y^{(6)} \quad (6)$$

$$M_{te} / Z \quad S_y^{(6)} \quad (7)$$

$$M_e =$$

$$0,5 \cdot \{ M_b + \sqrt{M_b \cdot M_b + 1,77 \cdot M_{te} \cdot M_{te}} \} \quad (6) \quad (8)$$

$$M_{te} = M_t + 2F_s \cdot Z / A \quad (6) \quad (9)$$

Nosel peralatan

Rumus yang digunakan pada penentuan batas beban maksimum pada peralatan dan ini biasanya sudah ditentukan oleh pembuatnya sbb:

$$F_a = F_v \cdot 0,15Sh(A)/10^{(6)} \quad (10)$$

$$M_t = M_b \cdot 0,15ShZ^{(6)} \quad (11)$$

Keterangan dari beberapa rumus di atas⁽⁶⁾:

- B1; B2 = Indeks tegangan primer
- P = Tekanan operasi
- D_0 = Diameter luar pipa
- M_{DW} = Momen akibat berat mati
- Z = *Section modulus* dari pipa
- tn = Tebal pipa
- M_{SSE} = Momen akibat adanya gempa bumi
- Sh = *Hot allowable stress*
- Sy = *Yield strength*
- t = Tebal nominal pipa
- Me = momen *bending* ekuivalen
- Fa = Gaya aksial
- A = Luas tampang lintang pipa
- U = Batas tegangan (untuk *sustain* = 1,0 Sy, sedang untuk operasi = 1,215 Sy)
- Mb = Resultan momen *bending*
- Mte = momen torsional ekuivalen
- Mt = momen torsional
- F_v = Resultan gaya geser

TATA KERJA

A. Data-data yang dibutuhkan.

Untuk menganalisis tegangan pemipaan dan beban peralatan diperlukan data-data sbb⁽²⁾:

- Gambar *isometrik* pipa.
- Gambar peralatan.
- Sifat fisis dari material pipa seperti *linier thermal expansion*, *Young's modulus*, *yield strength*, *hot allowable stress* dll.

- Kondisi perancangan & operasi dari sistem seperti tekanan dan operasi.
- Jenis fluida yang ada di dalam pipa.
- Diameter & tebal pipa.
- Arah & besarnya *displacement* dari peralatan.
- Batasan maksimum harga beban peralatan.
- Jenis dan letak penyangga.
- Dll.

B. Cara analisis

- Semua data yang sudah terkumpul diubah kebentuk *format "fre"* (lampiran 1).
- Sebelum di run, *format fre* tersebut perlu diteliti kembali untuk meyakinkan bahwa data inputan sudah sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh *Code* yang akan digunakan.
- Apabila data *inputan* tersebut belum sesuai persyaratan *Code*, maka perlu dilengkapi terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan apabila data-data *inputan* yang belum lengkap/sesuai tidak akan dapat di run di komputer.
- Pada analisis ini jenis, jumlah dan posisi penyangga sesuai/sama dengan yang telah terpasang pada sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh setelah data inputan yang berupa *fre format* selesai di run oleh komputer, disajikan dalam bentuk beberapa tabel di bawah ini.

Tabel 1. Harga maksimum tegangan pipa.

Kondisi	Node	Tegangan (Kpa)		Perbandingan tegangan
		Aktual	Batas	
<i>Sustain</i>	40	42703,8	162372 (1,5 Sh)	0,263
Operasi	70	153532	321196,68 (2 Sy)	0,478

Tabel 2. Beban nosel peralatan BT 03

Kondisi	Node	Harga	Gaya (N)		Momen (Nm)	
			Fa	Fv	Mt	Mb
<i>Sustain</i>	10	Aktual	385	10,2	4	227,6
		Batas diijinkan	425	425	260	260
Operasi		Aktual	409	32,14	9	232,66
		Batas diijinkan	425	425	260	260

Tabel 3. Beban nosel peralatan BT 04

Kondisi	Node	Harga	Gaya (N)		Momen (Nm)	
			Fa	Fv	Mt	Mb
<i>Sustain</i>	210	Aktual	480	10,2	9	200,009
		Batas diijinkan	510	510	235	235
Operasi		Aktual	488	32,14	21	200,089
		Batas diijinkan	510	510	235	235

Tabel 4. Tegangan terhadap katup KBE 01 AA17

Node	Kondisi	Tegangan (KPa)		Perbandingan tegangan
		Batas diijinkan	U	
150	<i>Sustain</i>	160598,34 (1,0 Sy)	160,598	0,001
	Operasi	195126,98 (1,215 Sy)	4487,92	0,023
160	<i>Sustain</i>	160598,34 (1,0 Sy)	1445,385	0,009
	Operasi	195126,98 (1,215 Sy)	5853,80	0,03

Tabel 5. Tegangan terhadap katup KBE 01 AA18

Node	Kondisi	Tegangan (KPa)		Perbandingan tegangan
		Batas diijinkan	U	
190	<i>Sustain</i>	160598,34 (1,0 Sy)	4175,556	0,026
	Operasi	195126,98 (1,215 Sy)	8195,333	0,042
200	<i>Sustain</i>	160598,34 (1,0 Sy)	9314,703	0,058
	Operasi	195126,98 (1,215 Sy)	13658,889	0,07

Dari Tabel 1 terlihat bahwa tegangan maksimum pipa pada kondisi *sustain* terjadi pada node 40 sebesar 42703,8 Kpa, sedangkan saat operasi tegangan pipa yang paling tinggi sebesar 153532 Kpa terjadi pada node 70. Batas tegangan pipa maksimum yang diijinkan pada kondisi *sustain* 162372 Kpa (1,5 Sh) dan kondisi operasi 321196,68 Kpa (2 Sy). Dengan hasil ini menunjukkan bahwa tegangan pipa yang terjadi cukup kecil dan aman.

Batas beban nosel yang diijinkan pada kondisi *sustain* sama dengan pada kondisi operasi. Pada Tabel 2 dapat diamati bahwa gaya *axial*, gaya *shear*, momen *torsi* serta momen *bending* yang terjadi pada nosel BT 03 baik pada kondisi *sustain* maupun kondisi operasi masih di bawah harga batas yang diijinkan. Begitu juga hasil analisis untuk beban nosel BT 04 yang disajikan pada Tabel 3. Hal ini menunjukkan bahwa beban yang terjadi pada nosel BT 03 dan BT 04 cukup aman.

Untuk menganalisis tegangan yang terjadi pada katup diambil titik/node

yang ada di ujung-ujungnya. Hasil analisis dengan bantuan program *Lotus* untuk katup KBE 01 AA17 dapat diamati pada Tabel 4, sedangkan untuk katup KBE 01 AA18 pada Tabel 5. Dari tabel-tabel tersebut tampak bahwa tegangan/beban aktual yang terjadi pada ujung-ujung katup, masih di bawah harga maksimum yang diijinkan.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan di atas, maka dapat dibuat kesimpulan sbb:

1. Tegangan yang terjadi pada sistem pemipaan, beban nosel peralatan BT 03 dan BT 04, serta beban pada katup KBE 01 AA17 dan KBE 01 AA18 cukup kecil dan masih di bawah harga batas maksimum yang diijinkan.
2. Penggunaan jumlah, jenis dan letak penyangga cukup dapat dipertanggung jawabkan dari segi keselamatan dan keandalan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

1. Interatom, MPR 30 Discription and Component Reactor Pool Purification Syatem KBE 01 OS NO 0049, May 1987.
2. Caesar II Computer program version 3.24, June 1997.
3. PAUL R. SMITH, P. E. AND THOMAS J. VAN LAAN, P. E. Piping and Pipe Support System, 1987.
4. R.C. HUDSON, R.E. FEIGEL AND C.J.GOMEZ, ASME / ANSI B31.1 Power Piping, 1989 Edition.
5. Interatom, MPR 30 Isometric Drawing for Reactor Pool Purification System R 75 - 0050 - GP - 005, February 1987.
6. ASME, Boiler and Pressure Vessel Code Section III, Sub Section NC, 1989 Edition and 1989 Addenda.

DISKUSI**Pertanyaan (Tukiran)**

1. Apa tujuan evaluasi ini (verifikasi Code?)
2. Apa maksud format free?

Jawab (Pustandyo W)

1. Tujuannya mengkaji ulang desain dari suatu sistem.
2. Format free adalah kumpulan data masukan dari suatu Code yang berisi antara lain kondisi rancangan dan operasi dari suatu sistem, sifat-sifat fisis dari material pipa, dll.

Pertanyaan (Yupiter S. Pane)

Dari sisi metode perhitungan menurut pengamatan kami yang sama dengan hasil perhitungan pada laporan tahun lalu hanya obyeknya yang diubah. Apakah ada hal yang lebih spesifik yang dikembangkan untuk penelitian/kegiatan tahun lalu.

Jawab (Pustandyo W.)

Ide perhitungannya memang sama, hanya program perhitungan yang digunakan berbeda. Tahun lalu menggunakan PS+Caepipe, sekarang menggunakan CAESAR II. Tidak ada hal yang spesifik yang dikembangkan, karena pada penelitian ini bertujuan untuk mengkaji ulang desain sistem yang telah terpasang.

LAMPIRAN

Lampiran I : Format Free

C A E S A R I I VERS 3.24 JOBNAME:KBE01 OCT 22,1998 9:35am Page 1
Licensed To: ID: 0

Job Description:

PROJECT: EVALUASI BEBAN PERALATAN SISTEM PEMURNIAN AIR KOLAM REAKTOR

CLIENT : PUSAT REAKTOR SERBA GUNA PUSPIPTEK SERPONG

ANALYST: PUSTANDYO W

NOTES : PENELITIAN TAHUN 1998/1999

C A E S A R I I VERS 3.24 JOBNAME:KBE01 OCT 22,1998 9:35am Page 2
Licensed To: ID: 0

PIPE DATA

From 10 To 20 DY= -50.000 mm.

PIPE

Dia= 88.900 mm. Wall= 1.600 mm. Insul= .000 mm.

GENERAL

T1= 60 C P1=1600.0000 KPa Mat= (165)SA-312 TP316L E= 195,121,616 KPa
v = .292 Density= .0078 kg./cu.cm. Fluid= .00100000 kg./cu.cm.

RIGID Weight= 37.00 N.

DISPLACEMENTS

Node 10 DX1= .000 mm. DY1= -.962 mm. DZ1= .000 mm. RX1= .000
RY1= .000 RZ1= .000 DX2= .000 mm. DY2= .000 mm. DZ2= .000 mm.
RX2= .000 RY2= .000 RZ2= .000 DX3= .000 mm. DY3= .000 mm.
DZ3= .000 mm. RX3= .000 RY3= .000 RZ3= .000

ALLOWABLE STRESSES

ASME NC (1995) Sc= 108,247 KPa Sh1= 108,247 KPa Sh2= 108,247 KPa
Sh3= 108,247 KPa

From 20 To 30 DZ= -86.000 mm.

SIF's & TEE's

Node 30 Reinforced Tee Pad= 1.600 mm.

From 30 To 40 DZ= 333.000 mm.

BEND at "TO" end

Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 45.000

From 40 To 50 DX= 490.000 mm. DZ= 490.000 mm.

BEND at "TO" end

Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 50 To 60 DY= 471.000 mm.

From 60 To 70 DY= 2,321.000 mm.

PIPE

Dia= 88.900 mm. Wall= 1.600 mm. Insul= .000 mm.

GENERAL

T1= 60 C

BEND at "TO" end

Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 70 To 80 DX= 230.000 mm.

GENERAL

T1= 60 C

BEND at "TO" end

Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 80 To 85 DZ= 1,960.000 mm.

RESTRAINTS

Node 85 +Y

From 85 To 90 DZ= 726.000 mm.

C A E S A R I I VERS 3.24 JOBNAME:KBEO1 OCT 22,1998 9:35am Page 3
Licensed To: ID: 0

PIPE DATA

From 90 To 100 DZ= 201.000 mm.
BEND at "TO" end
Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 100 To 110 DX= 280.000 mm. DY= -280.000 mm.
BEND at "TO" end
Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 45.000

From 110 To 120 DY= -1,162.000 mm.
BEND at "TO" end
Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 120 To 125 DZ= 1,711.000 mm.

RESTRAINTS

Node 125 +Y

From 125 To 130 DZ= 1,000.000 mm.
BEND at "TO" end
Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 130 To 140 DX= -800.000 mm.
BEND at "TO" end
Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 140 To 150 DY= -115.000 mm.

From 150 To 160 DY= -305.000 mm.

RIGID Weight= 175.00 N.

From 160 To 170 DY= -321.000 mm.

From 170 To 180 DY= -316.000 mm.
BEND at "TO" end
Radius= 114.300 mm. (LONG) Bend Angle= 90.000

From 180 To 190 DZ= 115.000 mm.

GENERAL

T1= 60 C

From 190 To 200 DZ= 305.000 mm.

GENERAL

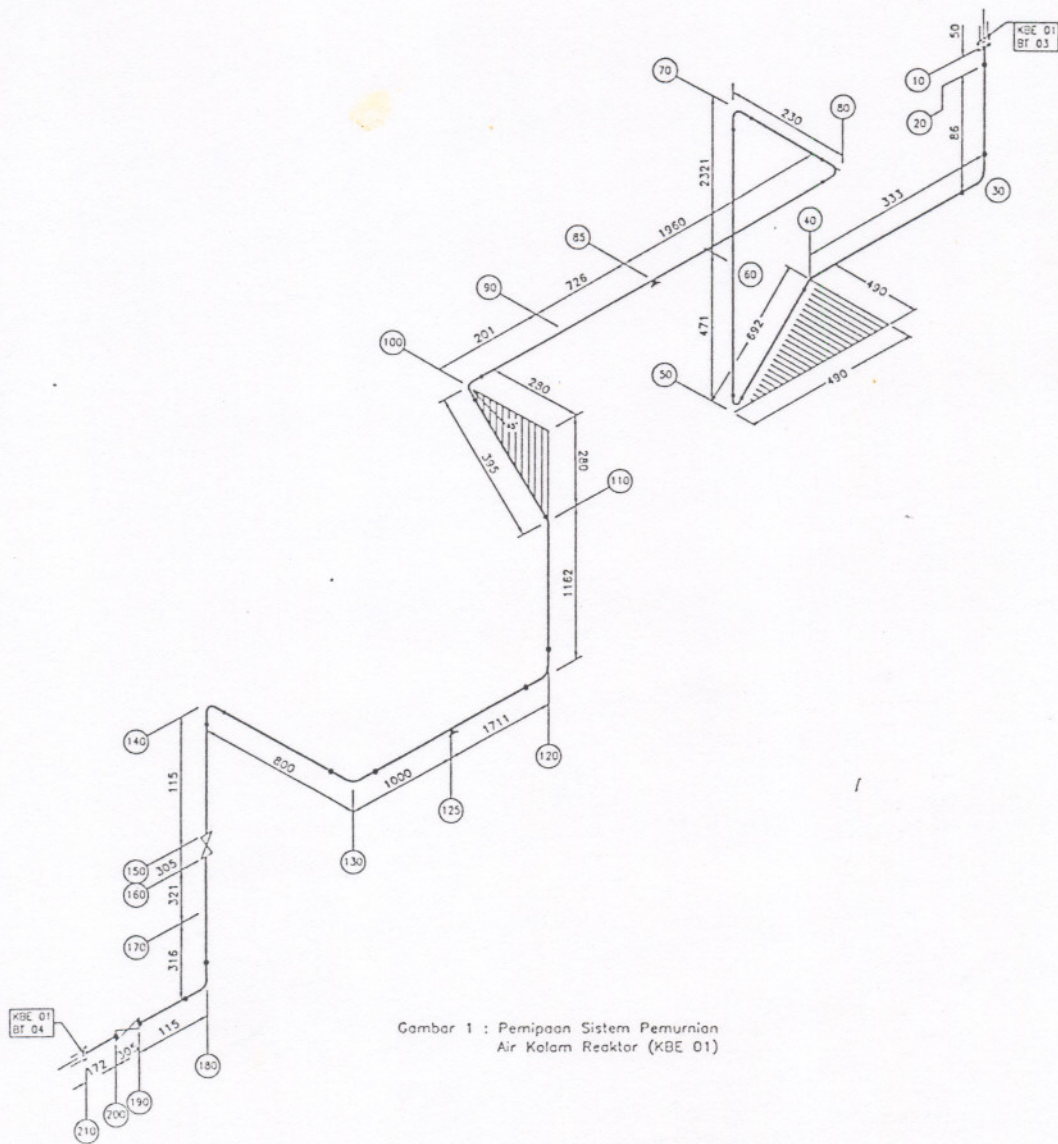
T1= 60 C

RIGID Weight= 185.00 N.

From 200 To 210 DZ= 172.000 mm.

DISPLACEMENTS

Node 210 DX1= .000 mm. DY1= .354 mm. DZ1= -.191 mm. RX1= .000
RY1= .000 RZ1= .000 DX2= .000 mm. DY2= .000 mm. DZ2= .000 mm.
RX2= .000 RY2= .000 RZ2= .000 DX3= .000 mm. DY3= .000 mm.
DZ3= .000 mm. RX3= .000 RY3= .000 RZ3= .000



Gambar 1 : Pemipaan Sistem Pemurnian Air Kolam Reaktor (KBE 01)