

ANALISA KEKUATAN FLANGE PADA SISTEM PEMIPAAN PRIMER REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG

Hendra Prihatnadi, Budi Santoso
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung
71, Tangerang -15310

ABSTRACT

In the primary cooling system installation TRIGA 2000 reactor, grafting piping system using flange connection for connecting or demolition if necessary. This connection includes a connection pipe to the fittings, valves, equipment, or other separate parts in the piping system. Analysis of flange force on the primary coolant piping system of the TRIGA 2000 reactor was performed with stress analysis software CAESAR II. The steps required in the analysis include data collection for model input, modeling, static analysis. Analysis of flange strength using the "Flange as the weakest part philosophy" with full term rating that is used when pressure-temperature values specified in ASME B16.5 is taken as Maximum allowable working pressure (MAWP) in the primary reactor coolant system piping TRIGA 2000. Analysis of flange force that removed in the 2000 Bandung TRIGA reactor at the primary discharge piping system. From the calculation results obtained that the flange is eligible in accordance with the MAWP for the temperature and operating pressure of the TRIGA 2000 reactor primary system.

Keywords: TRIGA 2000, flange, CAESAR II, Maximum allowable working pressure (MAWP)

ABSTRAK

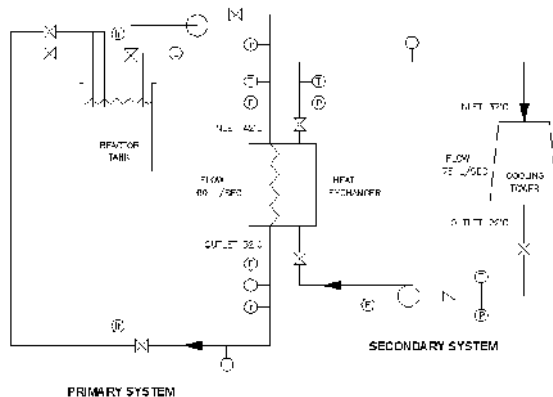
Dalam instalasi sistem pendingin primer reaktor TRIGA 2000, sistem penyambungan pemipanya menggunakan sambungan flange untuk menghubungkan atau pembongkaran apabila diperlukan. Sambungan ini meliputi sambungan pipa ke fitting, katup, equipment, atau bagian lainnya yang terpisah dalam sistem pemipaan. Analisis kekuatan flange pada sistem pemipaan pendingin primer reaktor TRIGA 2000 dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisa stress CAESAR II. Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam analisis meliputi pengumpulan data untuk input model, pemodelan, analisis statik. Analisis kekuatan flange menggunakan metode "Flange as weakest part philosophy" dengan istilah full rating yang dipakai bila nilai pressure-temperature tertentu pada ASME B16.5 diambil sebagai Tekanan Kerja Maksimum yang diijinkan atau Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) pada sistem perpipaan pendingin primer reaktor TRIGA 2000. Analisa kekuatan flange yang dilakukan di reaktor TRIGA 2000 Bandung yaitu pada bagian discharge sistem pemipaan primer. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa flange memenuhi syarat sesuai dengan MAWP untuk suhu dan tekanan operasi sistem primer reaktor TRIGA 2000.

Kata kunci : reaktor TRIGA 2000, flange, CAESAR II, MAWP.

1. PENDAHULUAN

BATAN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) adalah salah satu lembaga penting yang mempunyai sebuah reaktor nuklir di Bandung yang bernama reaktor TRIGA. Reaktor ini dibangun sudah sejak tahun 1965 dan digunakan untuk penelitian, pelatihan, dan pembuatan radioisotop. Salah satu sistem yang penting di dalam operasi reaktor TRIGA adalah sistem pendingin primer. Sistem pendingin primer ini terdiri dari pompa, penukar panas dan sistem perpipaan yang di dalamnya ada fluida pendingin untuk memindahkan energi yang berupa panas kelingkuangan.

Sistem Pendingin reaktor TRIGA Proses pendinginan reaktor dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama dilakukan oleh sistem pendingin primer, yang memindahkan panas dari tangki reaktor ke penukar panas (*heat exchanger*). Tahap kedua dilakukan oleh sistem pendingin sekunder, yang memindahkan panas dari penukar panas ke menara pendingin (*cooling tower*) dan kemudian dibuang ke udara. Kedua sistem pendingin tersebut menggunakan fluida kerja air. [1] Blok diagram sistem pendingin reaktor TRIGA seperti terlihat pada Gambar 1.



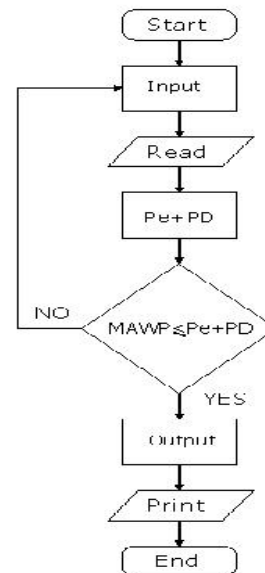
Gambar 1. Blok diagram sistem pendingin Reaktor TRIGA [2]

2. BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari tulisan ini adalah analisa kekuatan *flange* pada *discharge* sistem pemipaan primer reaktor TRIGA Bandung. Dalam instalasi sistem

pendingin primer reaktor TRIGA, sistem penyambungan pemipaannya menggunakan sambungan *flange* untuk menghubungkan atau pembongkaran apabila diperlukan. Sambungan ini meliputi sambungan pipa ke *fitting*, katup, equipment, atau bagian lainnya yang terpisah dalam sistem pemipaan.

Analisis kekuatan *flange* pada sistem pemipaan pendingin primer reaktor TRIGA adalah analisis kekuatan flange pressure-temperature tertentu pada ASME B16.5 diambil sebagai Tekanan Kerja Maksimum yang diijinkan atau Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) pada sistem perpipaan pendingin primer reaktor TRIGA 2000. Analisis kekuatan flange pada sistem pemipaan pendingin primer reaktor TRIGA 2000 dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisa stress CAESAR II. Blok diagram alir analisa dan penentuan kekuatan flange seperti pada Gambar 2. Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam analisis meliputi pengumpulan data untuk input model, pemodelan, analisis statik.



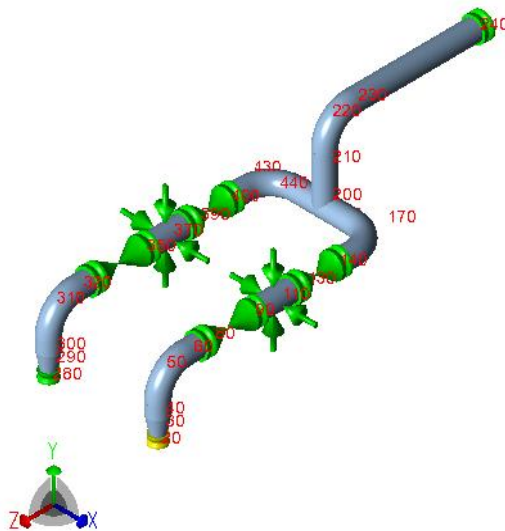
Gambar 2.

Data perpipaan Sistem Pendingin reaktor TRIGA yang dimasukkan dalam perangkat lunak Caesar II terdiri dari :

- Data jalur dan letak komponen pipa.

- Material pipa yang digunakan, yaitu aluminum alloys B241 6061 T6
- Diameter nominal pipa adalah 6 in
- Tebal pipa, sesuai schedule ANSI standard
- Pompa: tipe sentrifugal, merk Peerles A 80, laju alir 950 gpm
- Komponen-komponen pipa seperti katup, *flange*, reduser, dll.
- Temperatur operasi: 45,3 °C
- Tekanan operasi: 1,5 bar
- Fluida berupa air dengan massa jenis 999.2 kg/cu.m
- Material *flange* yang digunakan, yaitu Aluminum alloys B247 6061

Setelah semua data yang diperlukan disiapkan, tahap selanjutnya adalah membuat model sistem pendingin primer dalam Caesar II. Untuk membuat model dilakukan dengan cara memasukkan data-data yang sudah disiapkan ke dalam *list* input program. Hasil pemodelan perpipaan sistem pendingin primer keseluruhan ditampilkan dalam model 3 dimensi seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3.

3. TEORI

Koneksi Flange

Salah satu jenis sambungan pada sistem perpipaan (pipa dengan pipa/spooling, pipa dengan valves, pipa dengan equipment) adalah dengan menggunakan flange.

Sambungan flange dibuat dengan cara menyatukan dua buah flange dengan menggunakan baut dan mur, serta menyisipkan gasket antara kedua flange. Pemilihan material flange serta baut dan mur biasanya dilakukan dengan mengacu pada material pipanya. Hal lain yang tidak kalah penting adalah kekuatan dari flange yang akan digunakan. Ketahanan dari flange terhadap tekanan adalah berbanding terbalik dengan suhu (pressure-temperature rating). Makin tinggi suhu makin rendah kemampuan flange untuk menahan tekanan.

Standar ASME B16.5 menjelaskan secara rinci bagaimana hubungan tekanan dan suhu. Untuk setiap grup material yang berbeda-beda, dikelompokkan pressure dan temperature rating kedalam klasifikasi yang berbeda. Klasifikasi ini adalah 150#, 300#, 400#, 600#, 900#, 1500#, 2500#. Table 4. diberikan untuk mencontohkan hal ini. Klasifikasi ini dipakai untuk mempermudah pengelompokan flange, sehingga tidak perlu membuat berbagai macam ukuran flange untuk setiap pressure-temperature tertentu. Berapa pun tekanan dan suhu kerja dari sistem perpipaan, selama masih berada di dalam batas-batas kelas tertentu, maka hanya perlu memakai flange kelas tersebut. Makin tinggi kelas flange makin berat dan tebal juga ukuran flange.

Pada perancangan perpipaan terdapat istilah "Flange as weakest part philosophy". Istilah ini atau istilah full rating dipakai bila nilai pressure-temperature tertentu pada ASME B16.5 diambil sebagai Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) pada sistem perpipaan tersebut. Dalam hal ini nilai MAWP tersebut juga berarti input tekanan (P) pada perhitungan ketebalan pipa. Mengingat bahwa biasanya ketebalan pipa/schedule (T) memiliki range kontingensi di atas nilai ketebalan pipa hasil perhitungan rumus (1), maka bila pada tekanan tiba-tiba naik di atas MAWP maka kebocoran akan terjadi pada flange terlebih dahulu, bukan pada pipa.^[3]

Kalkulasi *Loading Flange* ASME B16.5

Metode penghitungan pembebanan *flange* diuraikan di bawah ini meliputi penentuan tekanan efektif dalam *flange* karena:

- Moment Eksternal.
- Force Eksternal.

Jumlah usaha / tekanan desain dan tekanan efektif kemudian dibandingkan dengan tekanan yang diijinkan ditentukan dalam ASME B16.5. Persamaan 1 berikut digunakan untuk menentukan tekanan ekuivalen atau efektif (P_e) akibat beban eksternal.

$$P_e = 16M/ G^3 + 4F/ G^2 \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

P_e = Equivalent pressure N/mm²

F = Axial external force in tension N

M = External bending moment Nmm

G = Diameter at location of gasket load reaction mm^[4]

Persyaratan yang harus dipenuhi sesuai ketentuan pada ASME B16.5 sebagai Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) pada sistem perpipaan tersebut berlaku:

$$MAWP > P_e + PD \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

MAWP = Maximum Allowable Working Pressure N/mm²

P_e = Equivalent pressure N/mm²

PD = Design pressure N/mm²

IV. ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

Penentuan output data statik

Berdasarkan analisa statik dengan menggunakan program Caesar II diperoleh *output* data dengan terlebih dahulu *running* Caesar II, kemudian dilakukan seleksi *static output processor* dengan menentukan *Load Cases Analyzed* pada posisi operasi dan menentukan *Standard Report* dengan memilih *Local Element Force*. Langkah-langkah tersebut dilakukan untuk memperoleh *output* data *Axial external force in tension* (F) dan *External bending moment* (M). Nilai *force* searah dengan posisi *flange*, sedangkan untuk momentnya adalah merupakan

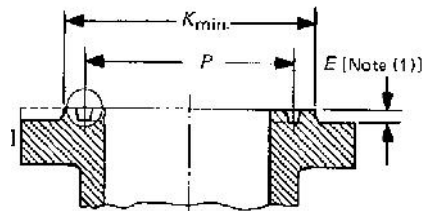
kuadrat moment dari penunjukan arah koordinat selain arah *flange* tersebut, seperti pada tabel 1 terlihat untuk *flange* dengan *node* 10-20 arah gaya ke Y (FY), dengan moment ke arah X (MX) dan ke Z (MZ) hasil angka di arsir dan tercetak miring.

Tabel 1. *output* data statik Caesar II

NO	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
ΔE						
10	2109	441	4431	110	-1584	495
20	-2017	-441	-4431	-110	1248	-462
70	4431	441	-1833	255	206	-256
80	-4431	-441	1674	-255	-50	295
90	4431	441	-826	255	-400	-453
100	-4431	-441	667	-255	466	493
120	3587	-1248	-1828	255	-816	-380
130	-3587	1248	1670	-255	971	269
140	3587	-1248	-838	255	-1310	68
150	-3587	1248	679	-255	1377	-179
240	7328	151	-547	-34	646	-148
250	-7328	-151	388	34	-604	161
270	2077	-562	4725	-99	-1708	-540
280	-1985	562	-4725	99	1349	498
330	4725	-562	-1800	-234	253	284
340	-4725	562	1642	234	-100	-334

Penentuan nilai G (Diameter at location of gasket load reaction)

Nilai G ditentukan dengan ASME B16.5 *Table 5 Dimensions of Ring Joint Facings* yaitu dengan melihat jarak antara lubang diameter (*Pitch Diameter*) untuk *flange* dengan diameter pipa 6" dengan rating pipa 150#.



Gambar 4. *Pitch Diameter* (P)

Tabel 2. *Table 5 Dimensions of Ring Joint Facings*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nominal Size								
Class 150 NPS	Class 300 NPS	Class 400 NPS	Class 600 NPS	Class 900 NPS	Class 1500 NPS	Class 2500 NPS	Groove Ranges	Pitch Diameter, P
...	5	5	5	5	...	...	41	180.98
...	...	...	...	...	...	5	42	190.52
6	...	...	...	...	...	...	43	193.68
...	...	...	...	...	5	...	44	193.68
...	6	5	5	5	...	...	45	211.12

Dari *Table 5 Dimensions of Ring Joint Facings Pitch Diameter* untuk flange dengan diameter pipa 6" dengan rating pipa 150# diperoleh nilai $G = 193.68$ mm.

Penentuan Tekanan Kerja (*Working Pressure*)

Nilai Tekanan Kerja atau Working Pressure diperoleh dengan membandingkan tekanan yang diijinkan ditentukan dalam ASME B16.5. Standar ASME B16.5 menjelaskan secara rinci bagaimana hubungan tekanan dan suhu. Untuk setiap grup material yang berbeda, dikelompokkan berdasarkan rating, tekanan dan suhu. Dengan data *flange* yang digunakan dalam sistem pemipaan. Hal yang terpenting dalam menentukan Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) flange dengan mengetahui material serta rating flange dan nilai pressure-temperature flange mengacu pada ASME B16.5. [3] Pada sistem pemipaan primer reaktor TRIGA 2000 Bandung Dalam menentukan MAWP diperoleh data:

- Material Aluminum alloys B247 6061
- Diameter pipa 6"
- Rating pipa 150#
- Suhu operasi sistem 45,3°C
- Tekanan operasi 1,5 bar

Diasumsikan sesuai dengan ASME B16.5 untuk material Aluminum alloys B247 6061 dilakukan pendekatan material sesuai dengan pressure-temperature rating for group 3.14 materials di tetapkan material B 462 6030 tabel 2-3.14. [5]

Pada tabel suhu 45,3°C berada diantara *class temperature* 38°C dan 50°C untuk rating 150# diperoleh nilai Working Pressure (WP) 19,0 dan 18,6. Dari data tersebut nilai WP untuk suhu 45,3°C di cari dengan interpolasi dan diperoleh diperoleh nilai Working Pressure (WP) = **18,8433** N/m².

Perhitungan *Equivalent pressure (Pe)*

Sesuai dengan rumus persamaan 1 didapat data Moment (M) dan data Force (F) diperoleh dari *output* data statik Caesar II (Tabel 1).

- Nilai $G=193.68$ mm.

Hasil perhitungan nilai P_e terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai P_e

NO DE	M N.mm	F N	G mm	Pe N/mm2
10	507074,9	441	193,68	0.370614
20	474914,7	-441	193,68	0.318106
70	361332,3	-1833	193,68	0.191173
80	389935,9	1674	193,68	0.330330
90	519840,4	-826	193,68	0.336540
100	555044,1	667	193,68	0.411932
120	457629,8	-1828	193,68	0.258881
130	370656,2	1670	193,68	0.316672
140	263911	-838	193,68	0.156636
150	311554,2	679	193,68	0.241567
240	151855,2	-547	193,68	0.087928
250	164550,9	388	193,68	0.128584
270	549000	-562	193,68	0.365957
280	507745	562	193,68	0.375193
330	367983,7	-1800	193,68	0.196959
340	407813,7	1642	193,68	0.341782

Allowable Working Pressure (WP)

Dari analisa seperti tulisan diatas telah diperoleh data nilai Working Pressure, dan *Design Pressure* sebagai berikut:

- $WP = 18,8433$ N/m² = 1,88433 N/mm².

- $PD = 1,5$ bar = 15 N/mm².

Sesuai dengan persyaratan yang harus dipenuhi sesuai ketentuan pada ASME B16.5 sebagai Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) pada sistem perpipaan dengan rumus 2.

Tabel 4 dibawah ini memperlihatkan hasil penjumlahan *Equivalent pressure* ditambah *Design pressure*.

Tabel 4. $P_e + PD$

NO DE	Pe N/mm2	PD N/mm2	Pe + PD N/mm2
10	0.370614	0.15	0.52061
20	0.318106	0.15	0.46810
70	0.191173	0.15	0.34117
80	0.330330	0.15	0.48033
90	0.336540	0.15	0.48654
100	0.411932	0.15	0.56193
120	0.258881	0.15	0.40888
130	0.316672	0.15	0.46667
140	0.156636	0.15	0.30663
150	0.241567	0.15	0.39156
240	0.087928	0.15	0.23792
250	0.128584	0.15	0.27858
270	0.365957	0.15	0.51595
280	0.375193	0.15	0.52519
330	0.196959	0.15	0.34695
340	0.341782	0.15	0.49178

Dengan syarat tekanan kerja yang diijinkan atau disebut Maximum Allowable Working Pressure lebih besar dari *Equivalent pressure* ditambah *Design pressure*. Pada Tabel 5 dibawah ini dapat

dilihat kondisi apakah hasil perhitungan $P_e + P_D$ lebih kecil dari nilai MAWP, jika $P_e + P_D$ lebih kecil dari MAWP maka kondisi PASS yang menyatakan bahan flange tersebut tidak melebihi syarat tekanan kerja yang diijinkan atau disebut Maximum Allowable Working Pressure .
Tabel 5. MAWP > $P_e + P_D$

NO DE	MAWP N/mm ²	$P_e + P_D$ N/mm ²	KONDISI
10	1.884333	0.52061	PASS
20	1.884333	0.46810	PASS
70	1.884333	0.34117	PASS
80	1.884333	0.48033	PASS
90	1.884333	0.48654	PASS
100	1.884333	0.56193	PASS
120	1.884333	0.40888	PASS
130	1.884333	0.46667	PASS
140	1.884333	0.30663	PASS
150	1.884333	0.39156	PASS
240	1.884333	0.23792	PASS
250	1.884333	0.27858	PASS
270	1.884333	0.51595	PASS
280	1.884333	0.52519	PASS
330	1.884333	0.34695	PASS
340	1.884333	0.49178	PASS

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa flange memenuhi syarat sesuai dengan MAWP untuk suhu dan tekanan operasi sistem primer reaktor TRIGA MARK.
2. Material flange belum sesuai dengan ASME B16.5 sehingga digunakan asumsi bahwa B247 6061 hampir sama dengan B 462 6030 tabel 2-3.14.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. HENGKI POEDJO RAHARDJO "PENGARUH GEMPA PATAHAN LEMBAANG TERHADAP TEGANGAN PIPASISTEM PENDINGIN PRIMER REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG" Prosiding Seminar Nasional ke-15 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, Surakarta, 2009
2. EFRISON UMAR, SURYAWINATA, DKK "PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN SEKUNDER REAKTOR

TRIGA MARK II BANDUNG UNTUK DAYA 2 MW" PPTN-LAP-97 019, 1997

3. TEDDY PIPING, "VALVES, AND FITTINGS" Rekayasa Industri, Jakarta, 2003
4. <http://www.piping-world.com>
5. ASME B16.5a-2003 "Pipe Flange and Flanged Fittings"
6. ASME B16.5-1996 "Pipe Flange and Flanged Fittings"