

PEREKAYASAAN EXPANSION JOINT PADA SISTEM PERPIPAAN REAKTOR NUKLIR

Kukuh Prayogo¹, ST, Ir. Budi Santoso¹
¹Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir

ABSTRAK

PEREKAYASAAN EXPANSION JOINT PADA SISTEM PERPIPAAN REAKTOR NUKLIR. Telah dilakukan kegiatan analisis dan pemodelan sistem perpipaan reaktor nuklir. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui apakah tegangan yang terjadi dalam sistem perpipaan dalam kondisi di bawah tegangan yang diijinkan atau tidak. Untuk mengatasi tegangan yang terjadi akibat dari ekspansi pipa maka salah satu cara adalah dengan memasang expansion joint karena keterbatasan dimensi ruangan. Metode yang digunakan adalah dengan mengambil data acuan yang dihasilkan dari software CAESAR II dan katalog expansion joint lalu dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasi expansion joint yang akan dipasang. Dari hasil analisa dan perhitungan diketahui bahwa terjadi tegangan yang berlebihan pada sistem perpipaan dan dapat diatasi dengan pemasangan expansion joint yang dapat dengan mudah ditemukan di pasaran domestik.

Kata kunci: Expansion Joint, Reaktor Nuclear, Sistem Perpipaan.

ABSTRACT

ENGINEERING DEVELOPMENT OF EXPANSION JOINT AT NUCLEAR REACTOR PIPING SYSTEM. It has been done an analysis and modeling of power reactor piping system. The purpose of this activity is to determine whether the stress that occurred in the piping system under stress conditions which allowed or not. To cope with stress arising from expansion of pipe, one of ways, is to install the expansion joint due to the limited dimensions of the space. The method used is to retrieve reference data generated from software CAESAR II and catalog expansion joint then can be calculated to determine the specifications of an expansion joint that will be installed. From the analysis and the calculation are known that there is excessive stress on piping systems and can be overcome by the installation of the expansion joint that can easily be found in the domestic market.

Keywords: Expansion Joints, Nuclear Reactor, Piping System.

1. PENDAHULUAN

Pada sistem pembangkit nuklir khususnya reaktor nuklir diperlukan adanya sistem transfer fluida dalam hal ini ditangani oleh sistem perpipaan, oleh karena itu fungsi dan peran sistem perpipaan sangat vital. Sistem perpipaan seperti arteri dan vena dari suatu sistem konversi energi sehingga terjadi perubahan bentuk energi yaitu dari energi fosil, nuklir, panas bumi diubah menjadi energi panas, diubah lagi menjadi energi mekanik dan terakhir menjadi energi listrik. Pada saat beroperasi sistem perpipaan harus mempunyai fleksibilitas yang cukup sehingga ekspansi termal atau

kontraksi atau pergerakan pendukung (*supports*) dan titik-titik terminal tidak menyebabkan kegagalan sistem perpipaan akibat *overstress* atau *fatigue*, kebocoran pada sambungan, distorsi pada pipa atau pada *equipment* yang menghasilkan dorongan berlebihan atau *moment* pada pipa. Fleksibilitas menjadi tolok ukur panjang pipa yang diperlukan sesuai dengan arahnya. Tujuan dari analisis fleksibilitas sistem perpipaan adalah agar didapatkan *layout* sistem perpipaan yang tidak *stress* dan *force* berlebihan. Untuk itu maka sistem perpipaan tidak boleh kaku, akan tetapi untuk mendapatkan fleksibilitas sistem perpipaan maka juga dibutuhkan

material lebih banyak sehingga biaya membengkak.

Pada reaktor nuklir untuk mendapatkan fleksibilitas pada sistem perpipaannya ada dua cara yaitu *expansion loop* dan *expansion joint*. *Expansion joint* digunakan di sistem perpipaan reaktor nuklir untuk menyerap *thermal expansion* karena *expansion loop* tidak sesuai dan tidak praktis.

Ruang lingkup penulisan dibatasi di *expansion joint* pada *heat exchanger* reaktor nuklir dan dilakukan perhitungan mengenai *expansion joint* yang sesuai dengan sistem perpipaan reaktor nuklir.

2. TEORI

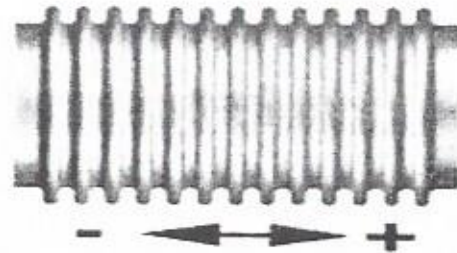
Expansion joint adalah alat yang digunakan untuk memungkinkan pergerakan dalam suatu sistem perpipaan ketika fluida yang melaluinya bertekanan dan bersuhu tinggi. Kenaikan panas, pergerakan *equipment*, getaran, atau tekanan sering menyebabkan pergerakan dalam sistem perpipaan. Ketika fleksibilitas untuk meredam pergerakan tersebut tidak didesain ke sistem perpipaan, maka penggunaan *expansion joint* merupakan solusi ideal.

Dalam sistem perpipaan industri, *expansion joint* sering digunakan untuk mengakomodasi pergerakan akibat perubahan termal dan mekanik dalam sistem. Ketika terjadi suatu proses di dalam *plant* yang membutuhkan perubahan besar dalam suhu, maka komponen logam akan berubah dimensinya karena pemuaian. *Expansion joint* dengan *bellow* dirancang untuk mengakomodasi gerakan tertentu dan meminimalkan transfer gaya dari komponen-komponen sensitif dalam sistem.

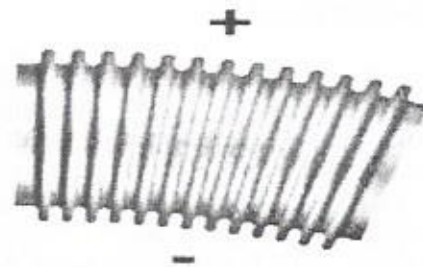
Ada empat pergerakan dasar yang dapat diterapkan pada sebuah *bellow*, yaitu aksial, lateral, angular dan torsional seperti digambarkan di bawah ini. *Bellow* berperilaku seperti *spring* dalam sistem perpipaan. Ketika *bellow* mendapat tekanan maka akan

menahan gerakan yang sama seperti *spring*. *Spring rate* sebuah *bellow* sepenuhnya tergantung pada geometri *bellow* dan sifat materialnya.

- Gerakan aksial adalah perubahan dalam dimensi panjang *bellow* dari panjang bebas dalam arah sejajar dengan sumbu longitudinal.
- Gerakan angular adalah perpindahan rotasi dari sumbu longitudinal *bellow* menuju titik rotasi.
- Gerakan lateral adalah perpindahan relatif dari satu ujung ke ujung *bellow* lain dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal (geser).
- Gerakan torsional adalah rotasi sumbu yang melalui pusat sebuah *bellow*.



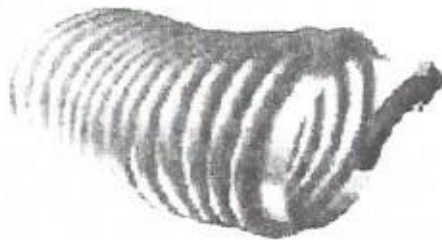
Gambar 1. Gerakan aksial pada *bellow*



Gambar 2. Gerakan angular pada *bellow*



Gambar 3. Gerakan lateral pada *bellows*



Gambar 4. Gerakan torsional pada *bellows*

Secara garis besar expansion joint dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu *Unrestrained Assemblies* dan *Restrained Assemblies*. *Unrestrained Assemblies* dikelompokkan lagi menjadi *Single Expansion Joint Assemblies*, *Universal Expansion Joint Assemblies*, *In externally Pressurized Expansion Joint*. Sedangkan *Restrained Assemblies* dapat dikelompokkan lagi menjadi *Tied Single Bellows Assemblies*, *Tied Universal Assemblies*, *Hinged Bellows Assemblies*, *gimbal Bellows Assemblies*.

3. TATAKERJA (BAHAN DAN METODE) RANCANGAN

Perekayasaan expansion joint ini merupakan kegiatan yang menjadi salah satu bagian dari DIPA 2010 yang berjudul Pengembangan Teknologi Perekayasaan Perangkat reaktor Nuklir, *expansion joint* yang akan kita rekayasa letaknya di pipa yang terhubung dengan *heat exchanger*, baik pada *inlet* maupun *outlet*nya, sebagai

acuan untuk mendapatkan data adalah dengan pemakaian software Caesar II dan katalog expansion joint. Software Caesar II digunakan untuk memodelkan sistem perpipaan sehingga akan didapatkan data *displacement*, *restraint summary* pada sistem perpipaan.

Setelah kita mendapatkan data tersebut diatas maka dapat kita tentukan jenis dan spesifikasi expansion joint berdasarkan katalog sesuai dengan spesifikasi yang di jual di pasaran.

Dari hasil pemilihan expansion joint berdasarkan katalog dan data maka dapat kita modelkan dengan software Caesar II dan dianalisa apakah sudah dapat mengatasi stress yang terjadi, lalu kita bandingkan dengan hasil perhitungan manual sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$K_{TR} = (3/2) (K_{AX}) (D/L)^2 \quad (1)$$

$$K_{BEND} = (1/2) (K_{AX}) (D^2) (\pi/180) \quad (2)$$

- K_{AX} - aksial *stiffness* dari expansion joint
- D - diameter efektif dari expansion joint
- L - panjang fleksibel dari sambungan.

Bellow sangat mudah patah akibat beban torsi, disarankan bahwa kekakuan torsional rotasi torsi yang diijinkan diperoleh dari vendor dengan akurat. Sistem yang menggunakan *untied bellows* harus bekerja pada kondisi tekanan yang sangat rendah atau diberikan cukup *anchor* untuk menahan *thrust loads* yang dihasilkan akibat *unrestrained bellows*.

Bellow dan setiap beban lain-lain harus ditambahkan ke *flange* pada kedua sisi *bellows* (atau dapat ditambahkan sebagai gaya yang terkonsentrasi). Hal ini terutama berlaku bila *bellows* adalah bagian dari perhitungan bobot dan dimensi *hanger*.

ID Bellows adalah suatu diameter yang digunakan untuk mencari perhitungan area tekanan dorong (*pressure thrust*). Beban dorong total diterapkan di *From* dan *To bellows*, dan digunakan untuk

membuka *bellow* (memberikan tekanan positif). Besarnya beban dorong adalah $P * A$, di mana P adalah tekanan pada pipa di atas atmosfer, dan A adalah area dengan rumus

$$A = \pi/4 * (\text{Bellows ID})^2 \quad (3)$$

Banyak produsen menentukan area efektif *bellow*. ID Bellows untuk input CAESAR II dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{bellow ID} = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi}\right) \text{effective area}} \quad (4)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemodelan dan analisis software CAESAR II didapatkan data sebagai berikut: Dari data yang diperoleh dari *running* software CASAR II dan catalog maka dapat diketahui spesifikasi *expansion joint* yang akan kita pasang, data *expansion joint* yang dimaksud adalah:

Axial Stiffness = 328 kg/cm
 Transverse Stiffness = 269 kg/cm
 Bending Stiffness = 1,18 kg.m/deg
 Torsion Stiffness = 1 kg.m/deg
 Effective ID = 203,2 mm

Setelah kita modelkan maka spesifikasi *expansion joint* dapat kita hitung manual dengan rumus sebagai berikut:

- $K_{TR} = (3/2) (K_{AX}) (D/L)^2$
 $= (3/2) (328) (20,32/27,46)^2$
 $= 269 \text{ kg/cm}$
- $K_{BEND} = (1/2) (K_{AX}) (D^2) (\pi/180)$
 $= (1/2) (328)$
 $(0,2032^2)(\pi/180)$
 $= 1,18 \text{ kg.m/deg}$

Hasil pengolahan data di atas setelah dibandingkan dengan tabel *allowable loads* pada *heat exchanger nozzles* maka sistem perpipaan yang kita modelkan dapat mengatasi overstress pada *nozzle* yang terhubung dengan *heat exchanger*.

Tabel 1. *Displacement report case 1 (OPE) W+T+P* sebelum dipasang *expansion joint*

NODE	DX mm	DY mm	DZ mm	RX deg	RY deg	RZ deg
680	1.816	-0.116	-0.777	0.0214	0.0038	-0.0005
685	1.796	-0.000	-0.861	0.0219	0.0038	-0.0005
850	3.862	0.066	-1.187	0.0061	0.0009	0.0506
855	3.857	0.098	-1.271	0.0061	0.0009	0.0506

Tabel 2. *Displacement report case 2 (SUS) W+P* sebelum dipasang *expansion joint*

NODE	DX mm	DY mm	DZ mm	RX deg	RY deg	RZ deg
680	-0.160	-0.060	-0.065	0.0109	0.0035	-0.0101
685	-0.179	-0.000	-0.065	0.0114	0.0035	-0.0101
850	-0.091	0.000	-0.406	-0.0001	0.0004	-0.0023
855	-0.093	-0.000	-0.406	-0.0000	0.0004	-0.0023

Tabel 3. *Displacement report case 1 (OPE) W+T+P* setelah dipasang *expansion joint*

NODE	DXmm	DYmm	DZ mm	RX deg	RY deg	RZ deg
680	0.042	-2.143	9.931	-0.2735	-0.3256	-0.0343
685	0.060	0.617	0.367	0.0000	0.0000	-0.0000
850	2.982	-2.196	13.180	-0.2117	-0.0892	0.0174
855	0.060	0.113	0.367	0.0000	0.0000	0.0000

Tabel 4. *Displacement report case 2 (SUS) W+P setelah dipasang expansion joint*

NODE	DXmm	DYmm	DZmm	RX deg	RY deg	RZ deg
680	-0.772	-1.927	9.928	-0.2779	-0.3196	-0.0276
685	0.000	-0.000	-0.000	0.0000	-0.0000	-0.0000
850	2.136	-2.406	13.974	-0.2319	-0.1164	-0.0023
855	0.000	-0.000	-0.000	0.0000	0.0000	-0.0000

Tabel 5. *Beban pada Restraint sebelum dipasang expansion joint*

NODE	Load Case	FX Kg	FY Kg	FZ Kg	MX Kg.M	MY Kg.M	MZ Kg.M
685		Displ. Reaction					
	1 (OPE)	6	-396	-80	152.8	-68.3	94.1
	2 (SUS)	2	-127	10	29.6	9.2	-0.8
	MAX	6/1	-396/1	-80/1	152.8/1	-68.3/1	94.1/1
855		Displ. Reaction					
	1 (OPE)	90	-425	-107	280.7	59.6	-46.0
	2 (SUS)	4	-38	-13	3.9	-4.6	-8.3
	MAX	90/1	-425/1	-107/1	280.7/1	59.6/1	46.0/1

Tabel 6. *Beban pada Restraint setelah dipasang expansion joint*

NODE	Load Case	FX Kg	FY Kg	FZ Kg	MX Kg.M	MY Kg.M	MZ Kg.M
685		Displ. Reaction					
	1 (OPE)	-7	-92	-628	12.4	-2.6	-0.0
	2 (SUS)	-11	-73	-626	9.5	-3.0	-0.0
	MAX	-11/2	-92/1	-628/1	12.4/1	-3.0/1	0/1
855		Displ. Reaction					
	1 (OPE)	158	-111	-401	15.2	23.3	-0.0
	2 (SUS)	132	-111	-384	15.1	19.3	-0.0
	MAX	158/1	-111/1	-401/1	15.2/1	23.3/1	-0.0/1

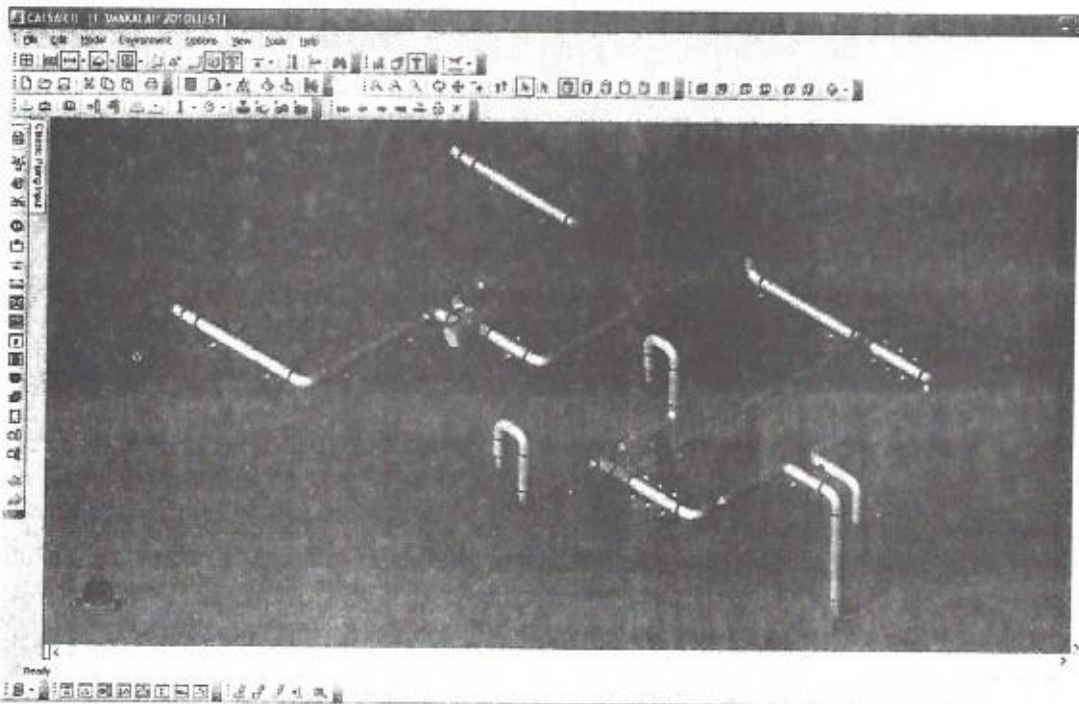
5. KESIMPULAN

Dari data-data diatas dapat disimpulkan bahwa dengan pemasangan *expansion joint* didapatkan adanya penurunan beban pada *restraint*, namun ada juga kenaikan pada beban *restraint* namun masih dibawah batas aman. Adanya kenaikan pada beban *restraint* setelah pemasangan *expansion joint* disebabkan kurangnya data dari vendor *expansion joint* jadi data yang dipakai adalah *default* software Caesar II dan jenis bahan *expansion joint* yang terpasang di sistem perpipaan reactor nuklir terbuat dari *rubber* (karet) sedangkan databasenya mengacu pada *metal expansion joint*, selain itu karena keterbatasan ruang maka untuk mendapatkan *routing* pipa yang aman dari *overstress* cukup sulit dan untuk mengatasi *overstress* yang terjadi maka dipasang *expansion joint* dengan bahan karet. Tujuan lain dari pemasangan *expansion joint* adalah untuk kemudahan *maintenance*.

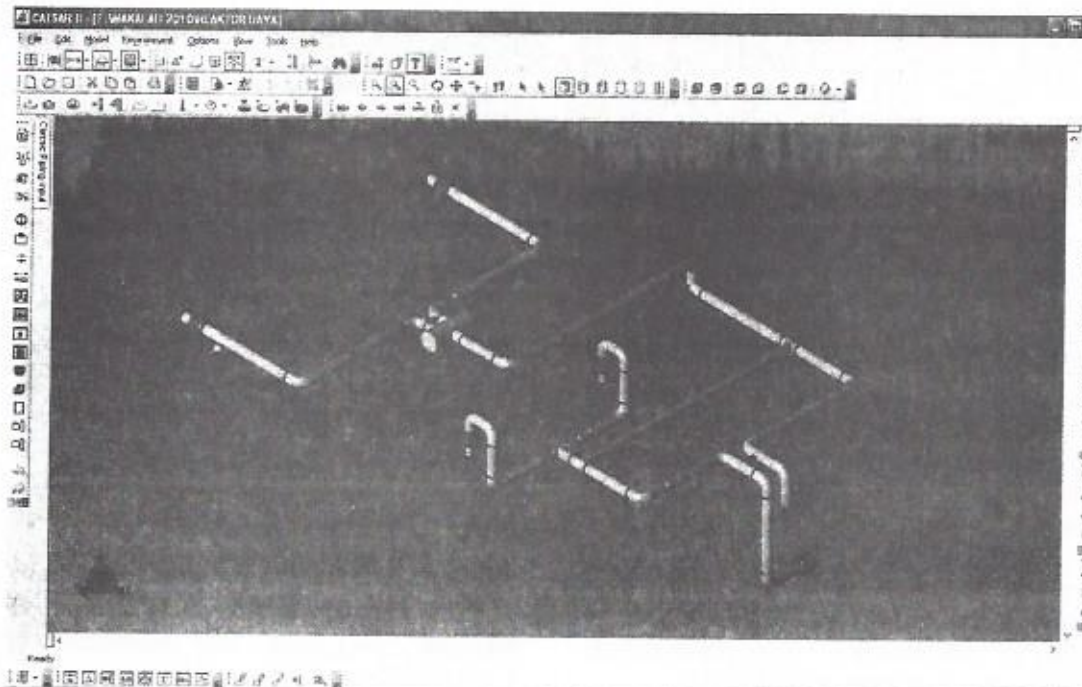
6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SAM KANNAPPAN, P.E., "Introduction To Pipe Stress Analysis", A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Canada (1986) 82-96.
- [2]. MOHINDER L. NAYYAR, P.E., Piping Handbook, 7th ed., McGraw-Hill, New York, 1973; Part A, Chapter A1.
- [3]. Wikipedia, 2010, "Expansion Joint"
- [4]. Available:http://en.wikipedia.org/wiki/Expansion_joint.
- [5]. Version 5.10 CAESAR II Applications Guide, 2008, 88-89.

7. LAMPIRAN



Gambar 5. Pemodelan perpipaan sebelum dipasang *expansion joint* pada software CAESAR II.



Gambar 6. Pemodelan perpipaan setelah dipasang *expansion joint* pada software CAESAR II.