



## ANALISA TEGANGAN PIPA DENGAN BAHAN PIPA NON METALIK DALAM SISTEM PEMIPAAN

Ir. Budi Santoso<sup>1</sup>, Ir. Petrus Zacharias<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

### ABSTRAK

*ANALISA TEGANGAN PIPA DENGAN BAHAN PIPA NON METALIK DALAM SISTEM PEMIPAAN. Telah dilakukan analisa tegangan pipa dengan bahan pipa non metalik. Analisa dilakukan untuk memperkirakan pemberian kelenturan yang cukup dalam sistem pemipaan serta memastikan bahwa ekspansi karena panas dan kontraksi dari sistem pemipaan masih berada dalam batas yang diijinkan. Disamping itu dari hasil analisa tegangan ini dapat digunakan untuk menentukan letak dan jenis penyangga pipa yang akan dipasang. Analisa dilakukan dengan perangkat lunak CAESAR II pada kondisi pembebanan static akibat berat mati dan tekanan operasi serta beban thermal. Dengan melakukan analisa tegangan pipa, konfigurasi dari sistem pemipaan dapat didesain sesuai dengan persyaratan tegangan pipa dan penyangga pipa. Selain itu konfigurasi sistem pemipaan harus cukup fleksibel untuk ekspansi termal serta mampu menahan beban operasi seperti suhu, tekanan dan beban lain yang telah diantisipasi akan terjadi sepanjang operasi.*

*Kata kunci: tegangan pipa, pipa non metalik, CAESAR II*

### ABSTRACT

*STRESS ANALYSIS WITH NON METALIC PIPE IN PIPING SYSTEM. A pipe stress analysis with non metallic pipe has been performed. The analysis is carried out to estimate the provision of sufficient flexibility in the piping system to ensure that the heat expansion and contraction of the pipe is still in the allowable stress range. The stress analysis can be used to determine the location and type of support that will be installed. The stress calculation was carried out utilizing the CAESAR II on the static load of dead weight, operating and thermal. With performing the stress analysis, the layout of the piping system can be designed with the requirements of piping stress and pipe support. Besides, the piping system configuration must sufficiently flexible for thermal expansion, etc to commensurate with the intended service such as temperature, pressure and anticipated loading.*

*Keywords: pipe stress, non metalic pipe, CAESAR II*

### 1. PENDAHULUAN

Integritas struktur sistem pemipaan baik itu pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir, Reaktor Riset, Oil and Gas, Geothermal Plant, maupun Petrochemical Plant merupakan sistem konstruksi yang besar dan kompleks. Sistem perpipaan harus didesain mampu menahan semua beban yang bekerja baik beban static maupun beban dinamik, Kemampuan sistem perpipaan untuk menahan semua beban sehingga tidak menimbulkan kegagalan dikenal sebagai fleksibilitas sistem perpipaan. Analisa tegangan pipa perlu dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pemipaan pada kondisi operasi yang aman. Sistem pemipaan harus mempunyai fleksibilitas yang cukup sehingga ekspansi termal dan kontraksi tidak akan menyebabkan :

- a. Kegagalan akibat *over stress* atau *fatigue*
- b. Kebocoran pada sambungan flange
- c. Kelebihan beban pada *equipment nozzle*



Perkembangan teknologi computer yang sangat cepat dewasa ini sangat membantu kecepatan dan keakuratan dalam perhitungan analisa tegangan pipa. Terdapat beberapa program komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisa tegangan pipa diantaranya program AUTO PIPE, PS CAEPIPE, CAESAR II. Dalam makalah ini, untuk menentukan batasan tegangan pipa diambil salah satu rangkaian sistem pemipaan dengan bahan pipa non metalik. Analisa dan perhitungan menggunakan perangkat lunak CAESAR II dengan kombinasi beban temperature, tekanan dan beban mati.

## 2. TEORI

Analisa tegangan pipa adalah suatu cara perhitungan tegangan pada pipa yang diakibatkan oleh beban statik maupun beban dinamik yang merupakan efek resultan dari gaya gravitasi, perubahan temperature, tekanan di dalam pipa dan di luar pipa, perubahan jumlah debit fluida yang mengalir di dalam pipa dan pengaruh gaya seismik. Tegangan yang diijinkan dalam desain dan rumus perhitungan tegangan pipa mengacu pada standard ASME atau data dari vendor. Apabila dari analisa yang dilakukan didapatkan hasil yang disyaratkan maka sistem perpipaan tersebut dapat diterima untuk kondisi operasi.

Tegangan yang terjadi pada beban sustain merupakan beban yang diakibatkan oleh adanya berat pipa, komponen pipa, fluida, insulasi dan tekanan yang terjadi terus menerus dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{PD_o}{4t_n} + \frac{0.75iM_a}{Z} \leq 1.0Sh \quad (1)$$

Tegangan yang diakibatkan oleh adanya tekanan, berat, beban occasional dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{PD_o}{4t_n} + \frac{0.75iM_a}{Z} + \frac{0.75iM_b}{Z} \leq 1.0KSh \quad (2)$$

Tegangan akibat termal ekspansi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_e = 1000 \left( \frac{iM_o}{Z} \right) \leq S_a + f S_h + S_L \quad (3)$$

Beban operasi yaitu tegangan akibat gabungan beban sustain dan beban ekspansi termal dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_{is} + S_e = \frac{PD_o}{4t_n} + \frac{0.75iM_a}{Z} + \frac{iM_c}{Z} \leq S_h + S_a \quad (4)$$

Tegangan yang diakibatkan oleh adanya pergeseran  $S_e$  dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_e = S_h^2 + 4 S_t^2 \quad (5)$$

Batas tegangan yang diijinkan  $S_A$  dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_A = f (0.25S_c + 0.25S_h) \quad (6)$$



Dimana :

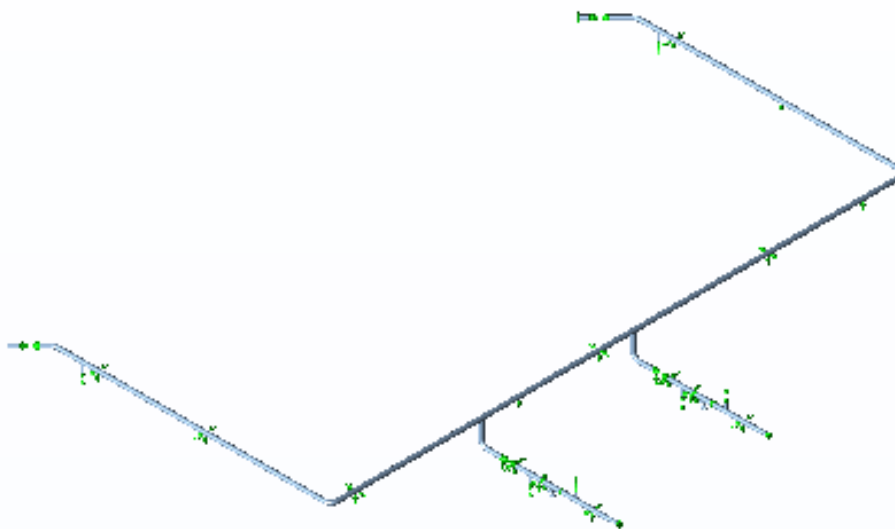
- Do : Diameter luar pipa, mm
- P : Tekanan dari dalam pipa,  $\text{kg}/\text{mm}^2$
- tn : Tebal minimum dinding pipa, mm
- i : Faktor intensifikasi tegangan
- Z : Seksi modulus pipa,  $\text{mm}^3$
- Ma : Resultan momen pada kondisi sustain, kg-mm
- Mb : Resultan momen pada kondisi ekspansi, kg-mm
- Mc : Resultan momen pada kondisi *occasional*, kg-mm
- Sb : Tegangan bending,  $\text{kg}/\text{mm}^2$
- Sc : Tegangan melingkar,  $\text{kg}/\text{mm}^2$
- St : Tegangan torsi,  $\text{kg}/\text{mm}^2$
- Sa : Allowable stress range,  $\text{kg}/\text{mm}^2$
- f : *stress range reduction faktor*

### 3. TATA KERJA

Data yang perlu disiapkan sebelum melakukan analisa tegangan pipa dapat berupa gambar isometric, informasi proses, spesifikasi material pipa dan equipment yang digunakan, dokumen spesifikasi perancangan equipment, standard yang digunakan, catalog untuk : pipa, *valve*, *elbow*, *flange*, *tee*, data dari *vendor*. Kondisi operasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Tekanan desain : 16 bar(g)
- Suhu desain :  $50^\circ\text{C}$
- Diameter pipa : 4 inchi
- Material pipa : GRE (Glassfibre Reinforced Epoxy)
- E modulus axial :  $10996 \text{ N}/\text{mm}^2$
- E modulus, hoop :  $23521 \text{ N}/\text{mm}^2$
- Densitas :  $1800 \text{ kg}/\text{m}^3$

Setelah semua data yang diperlukan lengkap maka berdasarkan gambar isometrik dimodelkann kedalam perangkat lunak CAESAR II baik node, dimensi, jenis komponen pipa, temperature, tekanan fluida, jenis material pipa, densitas pipa, densitas insulasi, densitas fluida. Dari hasil pemodelan diperoleh model tiga dimensi seperti gambar berikut:



Gambar 1. Model tiga dimensi



Tahap selanjutnya adalah melakukan kalkulasi dan evaluasi terhadap tegangan maksimum yang terjadi dibandingkan dengan batas tegangan yang diijinkan.

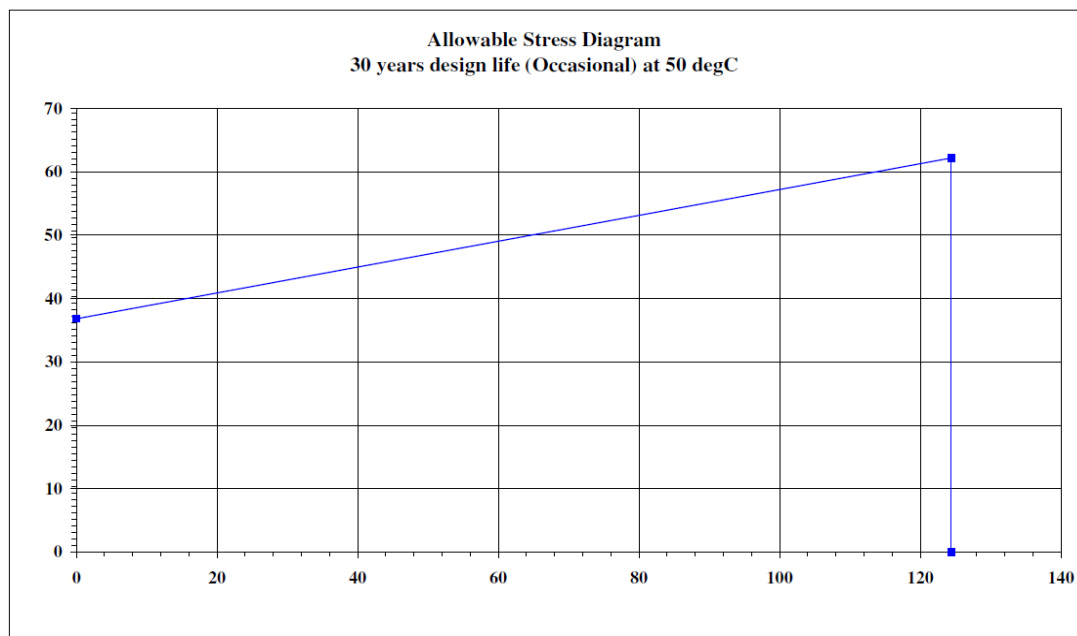
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil perhitungan tegangan maksimum yang terjadi pada nodal-nodal untuk masing-masing kondisi pembebanan.

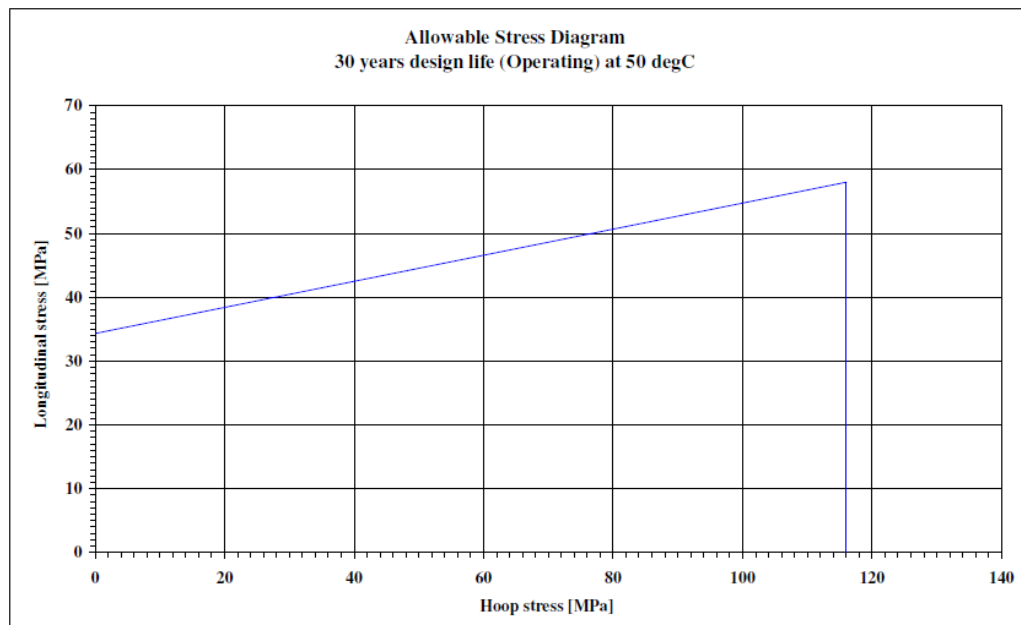
Tabel 1. Ringkasan tegangan maksimum

No.	Load case		Node	Calculated Code Stress (MPa)	Hoop Stress (MPa)
1	HYD	WW + HP	2651	41.92	70.198
2	OPE	W + P1 + T1	2651	43.69	46.79
3	SUS	W + P1	2651	27.96	46.79

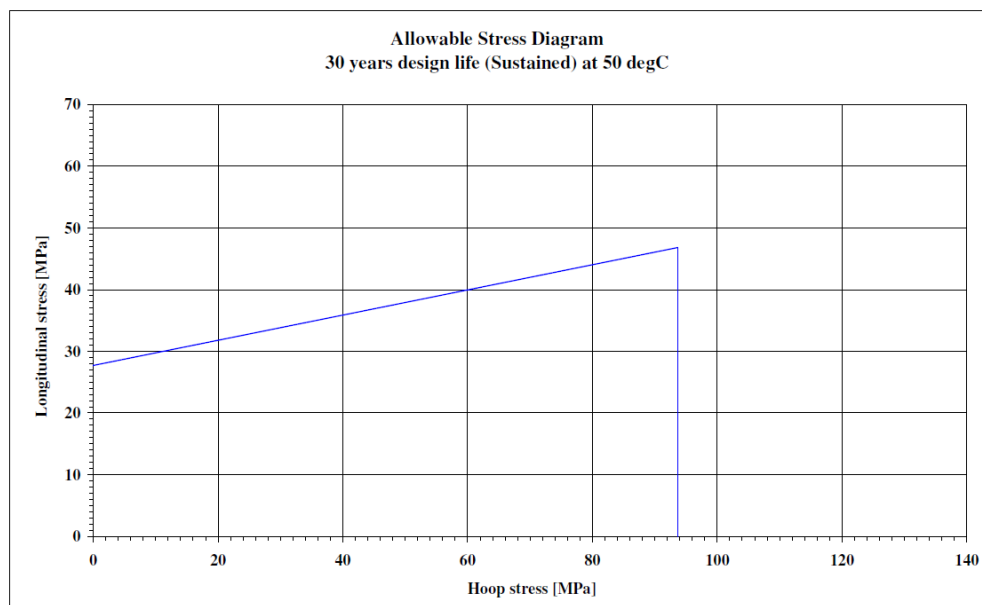
Karena material pipa yang digunakan adalah GRE (Glassfibre Reinforced Epoxy) maka tegangan maksimum yang terjadi seperti terlihat pada tabel 1 harus dibandingkan dengan data stress envelope untuk masing-masing pembebanan. Data *stress envelope* dapat dilihat pada gambar-gambar berikut :



Gambar 2. *Stress envelope* untuk kondisi *occasional*



Gambar 3. *Stress envelope* untuk kondisi *operating*



Gambar 4. *Stress envelope* untuk kondisi *sustain*

*Code stress* dan *hoop stress* dari tabel 1 diatas digunakan untuk menghitung tegangan maksimum yang diijinkan. Dengan menggunakan gambar 2, gambar 3 dan gambar 4. Diperoleh harga tegangan maksimum yang diijinkan untuk masing-masing pembebanan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.



Tabel 2. Tegangan maksimum yang diijinkan

No.	Load case		Node	Calculated Code Stress (MPa)	Allowable Stress (MPa)	Keterangan
1	HYD	WW + HP	2651	41.92	52.75	Passed
2	OPE	W + P1 + T1	2651	43.69	44.9	Passed
3	SUS	W + P1	4196	27.96	37.2	Passed

Dari Tabel 2 terlihat bahwa tegangan maksimum yang terjadi untuk masing-masing pembebanan masih dibawah tegangan yang diijinkan sehingga sistem pemipaan tersebut cukup aman untuk dioperasikan.

## 5. KESIMPULAN.

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada sistem pemipaan diatas untuk masing-masing pembebanan masih dibawah tegangan maksimum yang diijinkan sehingga sistem pemipaan tersebut cukup aman untuk dioperasikan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. SAM KANNAPAN, P E. 1985 " Introducion to Pipe Stress Analysis ", John Wiley & Sons,new York.
2. SHERWOOD, DAVID R. 1976 " The Piping Guide ", Syentek Book Coy, San Fransisko. Engineer.
3. Anonymous, The American Society of Mechanical Engineer. " ASME B31.3 Process Piping ", ASME International 2002.
4. Anonymous, The American Society of Mechanical Engineer."ASME B31.3 Process Piping", ASME Internasional 2002

## PERTANYAAN :

1. Dalam perhitungan temperature untuk bahan non metalik, mengapa dihitung satu-satu contoh 50%,60%, 75% mungkinkah dihitung yg suhu paling tinggi ex-75%, kalau ini sudah aman , berarti suhu dibawahnya sudah aman juga? (SYAMSURIZAL RAMDJA)

## JAWABAN :

1. Untuk material pipa dengan bahan SS, CS. Caesar II sudah menyediakan semua data yang diperlukan, sedangkan untuk bahan non metal Caesar II tidak menyediakan batasan tegangan yang diijinkan perlu data dari vendor , dimana data tersebut berbeda utk setiap temperature.