

## **ANALISA TEGANGAN PIPA UNTUK 20” STEAM PIPING MENGGUNAKAN SOFTWARE CAESAR II**

**Khairiah Dongoran dan Koswara**

Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Pasca Sarjana, Institut Sains Dan Teknologi Nasional.

Email: dongoranria4@gmail.com, dtkoswara@yahoo.co.id

### **Abstrac**

*In the piping system design process, static analysis and dynamic analysis need to be carried out to ensure the design safety and operational security of the piping system. In this article, the design and design of new Steam Lines is carried out to determine the pipe stress on Steam Piping, the effect of the forces and moments caused on the piping system conditions and determine the appropriate support for the piping system design. The purpose of this study is to determine the suitability of the stress analysis with the ASME B31.3 code used and to ensure the safety of the piping system including all its components. The method used in completing the analysis is modeling the piping system using Caesar II software and using literature studies. From the results of the maximum stress analysis shown in these two analytical methods, both manual calculations / Manual Calculation and Caesar II programs as shown in table 3 are still acceptable, namely: Caesar II for Expansion conditions (EXP) the value is 96.7%, while for manual calculations the value is 26.3%. By adding the support shown in Table 2 the stresses, displacements, forces and moments that occur on the Steam Piping Acceptable during operation both in terms of safety and design.*

**Keyword :** *piping system; piping process; support; voltage*

### **Abstrak**

Dalam proses perancangan sistem perpipaan, analisa statis dan analisa dinamis perlu dilakukan untuk menjamin keamanan rancangan dan keamanan operasional dari sistem perpipaan. Dalam artikel ini Perancangan dan desain Steam Lines baru dilakukan untuk mengetahui Tegangan pipa pada *Steam Piping*, Pengaruh gaya dan momen yang ditimbulkan terhadap kondisi piping sistem dan menentukan support yang sesuai untuk desain piping sistem. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kesesuaian analisa tegangan dengan code ASME B31.3 yang digunakan serta memastikan keselamatan sistem perpipaan termasuk semua komponennya. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan analisis yaitu melakukan pemodelan sistem perpipaan dengan menggunakan perangkat lunak *software* Caesar II serta menggunakan studi literature. Dari hasil analisis tegangan maksimum yang ditunjukkan pada kedua metode analisa ini baik perhitungan manual / Manual Calculation maupun program Caesar II seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 masih dapat diterima yaitu: Caesar II untuk kondisi Expansi (EXP) nilainya 96.7 %, Sedangkan untuk perhitungan manual nilainya 26.3 %. Dengan menambahkan *support* yang ditunjukkan pada Tabel 2 tegangan, displacement, gaya dan momen

yang terjadi pada *Steam Piping Acceptable* selama beroperasi baik dari segi keselamatan maupun desain.

**Kata kunci:** sistem perpipaan; *piping process*; *support*; tegangan

## **Pendahuluan**

Dalam proses perancangan sistem perpipaan, analisa statis dan analisa dinamis perlu dilakukan untuk menjamin keamanan rancangan dan keamanan operasional dari sistem perpipaan (Greer, Harper, & Eng, 2012). Analisa statis sistem perpipaan dipengaruhi oleh berat, ekspansi thermal, perpindahan *support*, tekanan internal dan tekanan eksternal (Kannappan, 1986). Beban statis merupakan beban yang disebabkan oleh pengaruh internal seperti tekanan, temperatur, berat pipa dan berat komponen yang terdapat pada sistem perpipaan (Chamsudi, 2005).

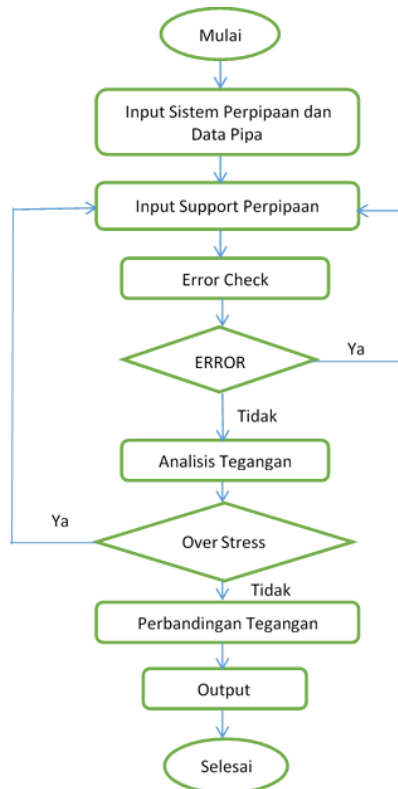
PT FS adalah produsen kertas kemasan terkemuka di Indonesia yang sudah terpasang kapasitas 1.300.000 metrik ton per tahun dan berbagai produk yang meliputi *Kraft Liner Board* dan *Corrugated Medium Paper* untuk kemasan dus karton dan *Coated Duplex* Papan untuk kemasan *display*. Perusahaan ini berencana menambah *steam lines* untuk mengeluarkan uap yang diperlukan dari GT-3 ke *Paper Machine* (PM) untuk mendukung produksi. Perancangan *steam lines* baru termasuk pemasangan pipa, ketebalan, perhitungan ukuran, jenis dukungan, perutean pipa, lokasi dan analisis stress (Habibah, n.d.). Kode perpipaan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah ASME B31.3 (Becht, 2013). Analisa kelelahan pada sistem perpipaan di Offshore Platform. Analisa dilakukan untuk mempelajari pengaruh beban siklis akibat gelombang terhadap sistem perpipaan. Acuan yang digunakan adalah ASME B31.3 dan menggunakan bantuan software simulasi CAESAR II (Hewapathirana, 2012). Tegangan dan fenomena fatigue pada pipa fleksibel (*flexible risers*) dengan pendekatan metode elemen hingga (Li, 2012). Tegangan terhadap rancangan sistem perpipaan *steam power plant* menggunakan CAESAR II, terutama akibat pengaruh adanya *hanger* dan *expansion joint*. Sehingga tujuan utamanya adalah untuk memperoleh fleksibilitas sistem perpipaan yang cukup untuk mengatasi beban ekspansi thermal, disamping pemenuhan terhadap kriteria tegangan dan *displacement* (Rani & Ramanathan, 2016).

Tujuan penelitian ini untuk merancang sistem perpipaan *Steam Trap 20”* dari *Steam Header* ke *Tie-In Point* selama *hydro test* dan *operational condition*, agar integritas kekuatan perpipaan sesuai kode desain ASME B31.3 dengan bantuan program komputer CAESAR II serta Melakukan komparasi hasil dengan perhitungan manual (Rachmanu, Santoso, & Arumsari, 2017).

## **Metode Penelitian**

Pemodelan dan simulasi dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh jenis dukungan/*support*, perutean pipa, lokasi dan analisis stress terhadap besarnya tegangan- Tegangan statis yang terjadi, apakah masih memenuhi kriteria tegangan ijin menurut ASME B31.3. Tegangan yang bekerja pada sistem perpipaan yang dianalisa adalah

tegangan akibat beban sustain dan tegangan akibat beban ekspansi thermal. Kode standar (*load case*) yang digunakan adalah *Load Case-L4* (W-P1) untuk perhitungan tegangan akibat beban ekspansi dan *Load Case-29* ( $L29 = L2 - L4$ ) untuk perhitungan tegangan akibat beban ekspansi thermal (Husodo & Mahardhika, 2019). Alur penelitian untuk menghitung tegangan akibat beban sustain dan tegangan akibat beban ekspansi thermal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir

Analisa dilakukan dengan *Software Caesar II 2018*. Data-datanya sebagai berikut

|                     |   |                   |
|---------------------|---|-------------------|
| Diameter pipa       | : | 6"                |
| Sch                 | : | 160               |
| Insulation          | : | 200mm             |
| Design Pressure     | : | 98 bars           |
| Design Temperature  | : | 530 °C            |
| Hydro Test Pressure | : | 147 bars          |
| Diameter pipa       | : | 20", 10", 1"      |
| Sch                 | : | 40                |
| Insulation          | : | 100mm, 50mm, 30mm |
| Design Pressure     | : | 13 bars           |
| Design Temperature  | : | 250 °C            |
| Hydro Test Pressure | : | 19.5 bars         |

|                        |   |                         |
|------------------------|---|-------------------------|
| Material Specification | : | ASTM A106 Gr.B          |
| Fluid Density          | : | 5.652 kg/m <sup>3</sup> |
| Insulation Density     | : | 75 kg/m <sup>3</sup>    |

### Hasil dan Pembahasan

Dalam menghitung tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan ini akan dibandingkan dengan hasil hitungan *software* CAESAR II yaitu dengan memasukkan hasil analisisnya keperhitungan manual sebagai perbandingan. Langkah-langkah perhitungan secara manual menurut sumber buku “*Introduction of pipe stress analysis*” by Sam Kannappan PE, © 1986 dan juga telah mengacu kepada ASME B31.3 adalah sebagai Berikut :

- Menghitung *Longitudinal Stress*

$$S_L = E \alpha (T_2 - T_1) - \left( \nu P \left( \frac{D-2t}{2t} \right) \right)$$

$$S_L = 13715 \text{ psi}$$

- Menghitung tegangan *Tangensial / Hoop Stress (Si)*

$$S_i = P \left( \frac{D-2t}{2t} \right)$$

$$S_i = 2986 \text{ psi}$$

- Perhitungan Beban

- a) Beban *Sustain*

$$S_L = S_b + S_{LP} < 0.75 \cdot S \cdot F \cdot T$$

$$S_L = 5326 < 10,500$$

- b) Beban *Expansion*

$$S_e = (S_b^2 + 4S_i^2)^{1/2} \leq 0.72 S$$

$$S_e = 5970 < 22,680$$

- c) Beban *Operating*

$$S_{ope} = S_e + S_L < S$$

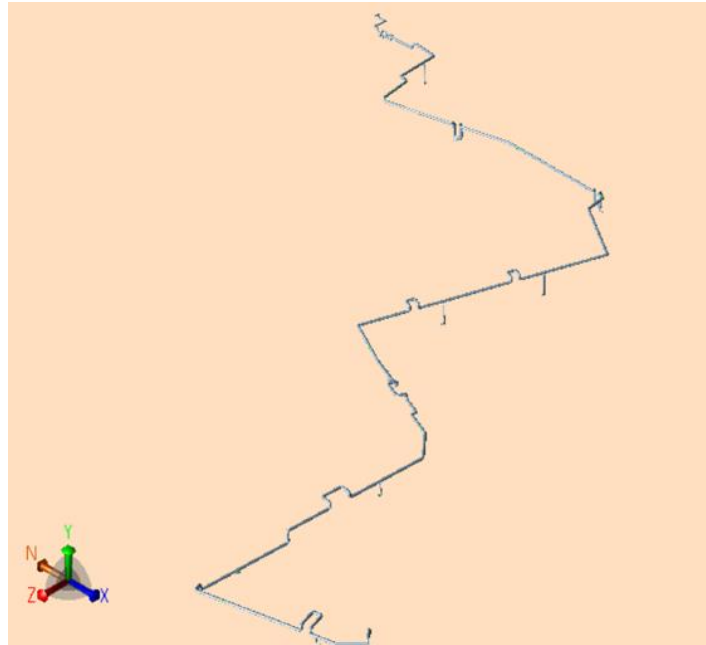
$$S_{ope} = 10093 < 31,500$$

- d) Beban *Occasional*

$$S_{occ} = S_e + S_L < 0.75 \cdot S_{yield} \cdot F \cdot T \cdot K$$

$$S_{occ} = 10093 < 23625$$

Model CAESAR II berdasarkan pada gambar isometrik seperti yang diberikan pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2 Model CAESAR II Southeast Isometric View

1) *Restraint Modeling*

Untuk memodelkan karakteristik kekakuan sistem pipa sedekat mungkin dengan kenyataan di lapangan, perlu untuk memodelkan *Support* yang sesuai. Rancangan support suatu sistem perpipaan merupakan kegiatan **iteratif** yang sangat terkait dengan tegangan statis yang terjadi (Nayyar, 2000). Dalam sistem perpipaan yang dianalisis, terdapat *Support* tambahan yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1 *Support Type*

| Node # | Support Type         | Node # | Support Type                   |
|--------|----------------------|--------|--------------------------------|
| 120    | Guide                | 1300   | Guide                          |
| 200    | Guide                | 1320   | Guide                          |
| 230    | Guide, Stopper (LIM) | 1410   | Guide                          |
| 280    | Guide                | 1440   | Guide                          |
| 285    | Stopper (LIM)        | 1450   | Stopper (LIM)                  |
| 310    | Guide                | 1480   | Stopper (LIM)                  |
| 360    | Guide                | 1490   | Guide                          |
| 460    | Guide                | 1650   | Guide                          |
| 490    | Guide                | 1720   | Guide                          |
| 550    | Stopper (LIM)        | 1795   | Guide                          |
| 560    | Guide                | 1850   | Resting (+Y)                   |
| 680    | Guide                | 1972   | Resting (+Y)                   |
| 710    | Guide, Stopper (LIM) | 2070   | Guide, Stopper (LIM)           |
| 760    | Guide, Stopper (LIM) | 3175   | Resting (+Y)                   |
| 860    | Guide                | 3595   | Resting (+Y)                   |
| 880    | Stopper (LIM)        | 3605   | Resting (+Y),<br>Stopper (LIM) |
| 900    | Guide                | 3675   | Resting (+Y)                   |
| 990    | Guide                | 3745   | Resting (+Y)                   |
| 1020   | Guide                | 3815   | Resting (+Y)                   |
| 1030   | Stopper (LIM)        | 7070   | Stopper (LIM)                  |

|      |                      |       |               |
|------|----------------------|-------|---------------|
| 1130 | Guide, Stopper (LIM) | 8090  | Stopper (LIM) |
| 1230 | Guide                | 9090  | Stopper (LIM) |
| 1250 | Guide                | 10090 | Stopper (LIM) |
| 1270 | Guide                | 13090 | Stopper (LIM) |
| 1285 | Guide, Stopper (LIM) | -     | -             |

2) *Stress Summary*

Berikut adalah tegangan maksimal Steam Piping dengan Mempertimbangan pemasangan *Support* hasil analisis fleksibilitas perpipaan tidak ada tegangan berlebih (Pridyatama & Kurniawan, 2014).

Tabel 2 *Maximum Stress*

| Node # | Cases           | Actual Stress (KPa) | Allowable Stress (KPa) | Ratio (%) | Remark |
|--------|-----------------|---------------------|------------------------|-----------|--------|
| 1850   | (HYD)WW+HP      | 24582.5             | 30000                  | 81.9      | PASSED |
| 6000   | (Alt-SUS)W+P1   | 16223.1             | 19162.3                | 84.6      | PASSED |
| 1920   | (SUS) W+P1      | 5772.2              | 8788.4                 | 65.6      | PASSED |
| 2240   | (OCC)L21=L13+L4 | 6455.88             | 11688.5                | 55.2      | PASSED |
| 2240   | (OCC)L22=L14+L4 | 6451.6              | 11688.5                | 55.2      | PASSED |
| 1930   | (OCC)L23=L15+L4 | 8270.9              | 11688.5                | 70.7      | PASSED |
| 1930   | (OCC)L24=L16+L4 | 8264.8              | 11688.5                | 70.7      | PASSED |
| 1920   | (OCC)L25=L17+L4 | 5778.2              | 11688.5                | 49.4      | PASSED |
| 1920   | (OCC)L26=L18+L4 | 5778.1              | 11688.5                | 49.4      | PASSED |
| 1920   | (OCC)L27=L19+L4 | 5810                | 11688.5                | 49.7      | PASSED |
| 1920   | (OCC)L28=L20+L4 | 5810                | 11688.5                | 49.7      | PASSED |
| 930    | (EXP)L29=L2-L4  | 45031.5             | 46565.8                | 96.7      | PASSED |

3) *Komparasi hasil stress analysis*

Hasil perhitungan semua sistem perpipaan dengan menggunakan sumber dari buku “*introduction of pipe stress analysis*”, by Sam (Kannappan, 1986) dan dibandingkan dengan hasil perhitungan program computer CAESAR II yang mengacu pada ASME B31.3 didapat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 3 *Komparasi/perbandingan*

| Load Condition  | Result stress |           | Allowable stress |           | Stress Ratio |           | Remark |
|-----------------|---------------|-----------|------------------|-----------|--------------|-----------|--------|
|                 | (Kpa)         |           | (Kpa)            |           | (% )         |           |        |
|                 | Manual Calc.  | Caesar II | Manual calc.     | Caesar II | Manual calc. | Caesar II |        |
| Operating (OPE) | 69588.8       | 24582.5   | 72394.9          | 30000     | 32           | 81.9      | Acc    |
| Sustain (SUS)   | 36721.4       | 5772.2    | 156373.1         | 8788.4    | 50.7         | 84.6      | Acc    |

|                     |         |         |          |         |      |      |     |
|---------------------|---------|---------|----------|---------|------|------|-----|
| Occasional<br>(OCC) | 77462.6 | 8270.9  | 217184.9 | 11688.5 | 47.5 | 70.7 | Acc |
| Expansion<br>(EXP)  | 41161.7 | 45031.5 | 162888.7 | 46565.8 | 26.3 | 96.7 | Acc |

### **Kesimpulan**

Hasil Dari hasil analisis tegangan maksimum yang ditunjukkan pada kedua metode analisa ini baik perhitungan manual / *Manual Calculation* maupun program CAESAR II seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 masih dapat diterima yaitu: CAESAR II untuk kondisi Expansi (EXP) nilainya 96.7 %, Sedangkan untuk perhitungan manual nilainya 26.3 %. Dengan menambahkan *support* yang ditunjukkan pada Tabel 2 tegangan, *displacement*, gaya dan momen yang terjadi pada *Steam Piping Acceptable* selama beroperasi baik dari segi keselamatan maupun desain.

### Bibliography

- Becht, Charles. (2013). *Power Piping: The Complete Guide to ASME B31. 1*. ASME Press.
- Chamsudi, Ahmad. (2005). *Diktat–Piping Stress Analysis*. Jakarta: Chamsudi Copyright.
- Greer, Bryan, Harper, Chris, & Eng, P. (2012). Improved Thermal Piping Analysis for Reciprocating Compressor Piping Systems. *Gas*, 2012.
- Habibah, Farhani. (n.d.). *Desain Penambahan Jalur Perpipaan Tie-in Point Akibat Penambahan Deliquidizer*.
- Hewapathirana, Pubudu. (2012). *Fatigue analysis of offshore piping systems*. University of Stavanger, Norway.
- Husodo, Adi Wirawan, & Mahardhika, Pekik. (2019). ANALISA FLEKSIBILITAS SISTEM PERPIPAAN PADA FATTY ACID PLANT AKIBAT PERGESERAN POSISI EVAPORATOR. *Jurnal Integrasi*, 11(2), 112–118.
- Kannappan, Sam. (1986). *Introduction to pipe stress analysis*.
- Li, Henan. (2012). *Flexible Pipe Stress and Fatigue Analysis*. Institutt for marin teknikk.
- Nayyar, Mohinder L. (2000). *Piping handbook*. McGraw-Hill Education.
- Pridyatama, Parada Anugerah, & Kurniawan, Budi Agung. (2014). Analisa Rancangan Pipe Support pada Sistem Perpipaan High Pressure Vent Berdasarkan Stress Analysis dengan Pendekatan Caesar II. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), F168–F173.
- Rachmanu, Tri Handika, Santoso, Mardi, & Arumsari, Nurvita. (2017). Analisa Tegangan Pipa Main Steam Dari Outlet Superheater Menuju Inlet Turbin Studi Kasus PLTU Tembilahan 2x7 MW. *Proceedings Conference on Piping Engineering and Its Application*, 2(1), 21–26.
- Rani, M. Jamuna, & Ramanathan, K. (2016). Design and analysis of piping system with supports using Caesar-II. *International Journal of Computer and Systems Engineering*, 10(5), 980–984.