

ANALISA PERANCANGAN PIPA SEAMLESS CARBON STEEL ASTM (SA 106) PADA LUMPUR SOLAR TERHADAP DEFLEKSI KARENA GETARAN

NAMA : HADI SUBENO T.S

NIM : 1811914

ABSTRAK

Perancangan sistem perpipaan yang baik dan aman sangat dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan dari proses serta menjamin umur pemakaian dari sistem perpipaan dengan siklus rancangan. Parameter aman sendiri adalah ketika pipa mampu menahan beratnya sendiri pada kondisi pembebanan karena tekanan pipa internal dan berat yang terdapat pada pipa serta karena pembebanan pengaruh temperature. Dilakukan analisa untuk mengetahui nilai tegangan pada desain pipa yang telah dirancang dengan menggunakan jenis pipa Seamless ASTM SA 106 Gr.B yang dialiri fluida solar dan memvariasikan tekanan fluida sebesar 15 bar, 30 bar, 45 bar, 65 bar, 75 bar. Dalam skripsi ini analisa menggunakan alat bantu Caesar II maka didapat tegangan High Stress loadcase (Alt-Sus)W+P1 adalah 8,673,760 (Ib.sq.in) dengan tekanan 15 bar pada node 570, High Stress loadcase (Alt-Sus)W+P2 adalah 10,189,260 (Ib.sq.in) dengan tekanan 30 bar pada node 570, High Stress loadcase (Sus)W+P1 adalah 11,887,920 (Ib.sq.in) dengan tekanan 45 bar pada node 570, High Stress loadcase (Sus)W+P2 adalah 12,028,420 (Ib.sq.in) dengan tekanan 65 bar pada node 570, High Stress loadcase (Sus)W+P2 adalah 17,332,540 (Ib.sq.in) dengan tekanan 75 bar pada node 570. Hasil nilai tegangan yang didapat dari output Caesar II menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi batas aman yang telah ditetapkan B31.3 yaitu 20,000,000 dan desain rancangan pipa aman untuk dioperasikan. **Kata Kunci :**

Pipa Seamless Carbon Steel (ASTM 106 Gr.B), Defleksi ,Pengaruh Tekanan Fluida, Batas Aman.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perpipaan yang dimaksud disini adalah suatu sistem perpipaan pada instalasi atau konstruksi pipa pada suatu pabrik atau kilang, dimana pipa digunakan sebagai alat transportasi dari aliran, baik yang serupa gas atau cairan. Perhitungan, perencanaan dan pelaksanaan sistem perpipaan, hal ini terlihat pada kilang yang menghasilkan sebagai produk atau proses pencairan gas, seperti LNG atau kilang pencairan gas hydrogen.

Piping adalah jalur perpipaan yang menghubungkan antara line dalam satu plant produksi. Piping mempunyai jalur perpipaan yang menghubungkan antara line dalam satu tempat ke tempat lainnya. Fluida yang berada didalamnya berupa gas, air ataupun Vapour yang mempunyai temperature tertentu. Karena umumnya material pipa terbuat dari metal, maka sesuai dengan karakteristiknya, pipa akan mengalami pemuaian jika dipanaskan dan akan mengalami pengerutan apabila didinginkan. Setiap terjadi pemuaian ataupun pengerutan dari pipa tadi, akan menimbulkan pertambahan ataupun pengurangan perpanjangan pipa dari ukuran semula dalam skala horizontal.

Perancangan sistem perpipaan yang baik dan aman sangat dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan dari proses serta menjamin umur pemakaian dari sistem perpipaan dengan siklus rancangan. Parameter aman sendiri adalah ketika pipa mampu menahan beratnya sendiri pada kondisi pembebanan karena tekanan pipa internal dan berat yang terdapat pada pipa serta karena pembebanan pengaruh temperature. Namun, kenyataannya dilapangan masih ditemukan kegagalan kegagalan yang terjadi pada sistem pipa, baik pada saat

instalasi maupun operasi. (Ir. Raswari, *Teknologi dan Perencanaan sitem perpipaan*).

Hal tersebut bisa dipengaruhi oleh beberapa factor pembebanan yang terjadi selama pipa tersebut terpasang, bisa faktor pembebanan karena alam, pembebanan ketika pipa belum beroperasi maupun pembebanan ketika pipa telah beroperasi. Untuk itu perlu adanya perhitungan analisis stress untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang mampu diterima oleh pipa maupun equitmen pendukung agar tidak terjadi kegagalan. Support adalah alat yang digunakan untuk menahan atau memegang sistem perpipaan. Support dirancang untuk dapat menahan berbagai macam bentuk pembebanan baik karena desain dan berat pipa (sustain load) serta karena temperature (thermal load). Penempatan support harus memperhatikan dari pergerakan sistem perpipaan terhadap profil pembebanan yang mungkin terjadi pada berbagai kondisi.

Karena betapa pentingnya peran dari pada support ini, maka perlu adanya sebuah perancangan yang baik untuk merancang desain pipe support agar mampu menahan tegangan dari berbagai macam pembebanan perancangan pipe support dan analisa tegangan mengacu pada code atau standart ANSI/ASME B31.3. Dimana analisis tegangan dilakukan dengan menggunakan bantuan program CAESAR II.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang terjadi sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh posisi dan besarnya beban terhadap defleksi pada sistem pipa setelah terjadi pembebanan
2. Bagaimana kelenturan benda uji ketika mengalami suatu pembebanan pada sistem pipa.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada peenelitian ini agar dapat berjalan sesuai dengan yang

diinginkan maka permasalahan dibatasi sebagai berikut :

1. Dalam analisa model pipa defleksi digunakan standart ASME B31.1 Piping proses.
2. Faktor alam tidak diperhitungkan (Gempa, dll).
3. Data yang diperoleh adalah output dari software CAESAR II
4. Hanya menghitung defleksi akibat pembebanan dan tekanan.
5. Penelitian dilakukan dengan menggunakan software CAESAR II.

Tujuan

1. Ingin mengetahui pengaruh posisi dan besarnya pembebanan terhadap defleksi pada sistem pipa.
2. Untuk mengetahui kelenturan benda uji setelah mengalami suatu pembebanan pada sistem pipa.

Manfaat Pembuatan

Manfaat utama dari penyusunan skripsi ini adalah untuk mendapatkan penggunaan pipe support sampai analisa tegangan pipa sebuah perpipaan yang aman untuk operasi sesuai dengan code dan standart yang ada. Dengan menggunakan program CAESAR II.

Metode Penelitian

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis menggunakan beberapa metode pengambilan data untuk membantu penulis memperoleh data yang lengkap dan data fariabel bebas. Metode-metode tersebut diantaranya adalah :

1. Metode observasi
Metode observasi yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung ke objek penelitian, sehingga diperoleh data yang actual dan sesuai dengan tujuan penyusun.
2. Metode *Literature*
Metode *Literature* yaitu mempelajari referensi dari berbagai buku cetak maupun buku elektronik (*e-book*) sebagai teori penunjang dalam pembahasan masalah.
3. Metode Wawancara dan diskusi

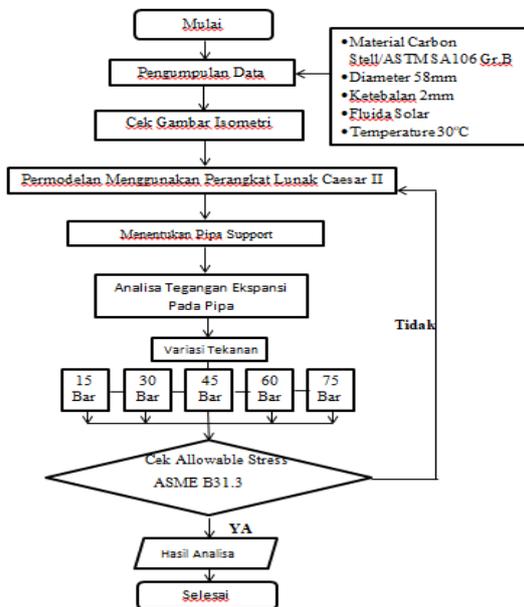
Wawancara dan diskusi, yaitu data yang diperoleh dengan melakukan wawancara dan mencari informasi dari berbagai pihak yang memahami dan lebih mengerti tentang pengelasan *friction welding* yang diantaranya dosen pembimbing dan dosen-dosen yang memahami.

4. Metode Dokumentasi

Metode dokumentasi yaitu pengumpulan data dengan cara mendokumentasikan peralatan yang diamati berupa foto-foto.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alur



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.

Keterangan Alur Penelitian

Pengumpulan data dan informasi yang berkaitan analisa sistem perpipaan antara lain :

- Gambar isometric yang telah diuraikan dari gambar pipping and Instrumen Diagram (P&ID)
- Data tentang tegangan maksimum yang diijinkan pada pipping dan pipe support.
- Dan data lain yang dibutuhkan untuk analisa CAESAR II

a) Cek Gambar Isometri / Layout, yaitu melihat gambar isometric untuk

mendapatkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan CAESAR II seperti : Jenis fluida, Line number, Rating class, pipe size, Operation Pressure, Operation Temperatur, Design Pressure, Design Temperatur, Density, SCH, Thichness, Presure Test, Insulation Code, Insulation Thichness, PWHT, NDE (Non Destructive Examination / Radiography Test).

b) Memasukkan data mengenai system perpipaan pada line didalam CAESAR II.

Tahap-tahap mendesain sebuah line pada CAESAR II adalah :

- Didesain line pipping dengan memperhitungkan NPS pipa, tebal pipa, temperature ambient, fluid density, tebal insulasi, material pipa, rating class pipa.
- Kemudian pada sistem perpipaan tersebut digambarkan komponen perpipaan yang terdapat pada line, seperti valve, flange, elbow, reducer, tee. Dalam memasukan komponen dalam perpipaan tersebut juga diperhitungkan berat komponen tersebut dan dimensinya juga.
- Memasukan node pada sistem pipa.
- Memasukan jenis pipe support yang akan digunakan.

c) Menganalisa tegangan, yang terjadi pada masing-masing pipe support dengan Variasi Pembebanan menggunakan perangkat lunak CAESAR II. Dalam operasinya pipping terdapat berbagai jenis load yang terjadi pada sistem perpipaan.

d) Kemudian mencocokkan data yang diperoleh dengan Allowable stress yaitu batasan tegangan yield pada ASME B31.3, jika ada salah satu pipe support yang memiliki Tegangan yang melebihi batas allowance maka akan dilakukan permodelan ulang pipe support.

e) Kesimpulan dan saran.

Data Sistem Perpipaan

Tabel 3.1 Sistem pipa pada line sebagai berikut :

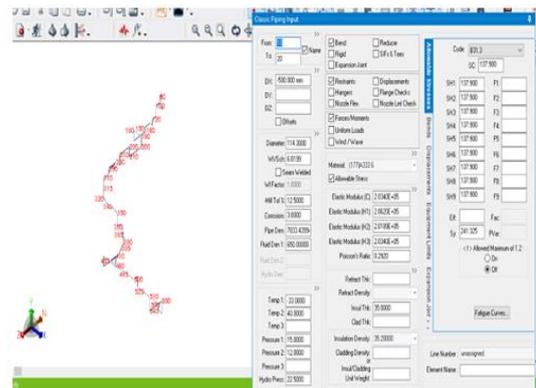
Spesifikasi Pipa	
Design Code	ASME B 31.3
Material Pipa	Seamless Carbon Steel (ASTM SA 106 Gr. B)
Diameter Pipa	58 mm
Ketebalan Pipa	2 mm
Density Pipa	7,85 kg /m ³
Temperature Ruang	30 °C
Pressure	15 bar

Perancangan Menggunakan Software Caesar II

Proses analisis dijalankan dengan menggunakan software Caesar II adalah software untuk menganalisa response struktur dan juga pipe stress sesuai dengan kode dan standart internasional. Caesar II adalah tolak ukur atau patokan untuk analisa pipa stress sebagai pembandingan bagi software lainnya.

Caesar II mampu mengakomodasi kebutuhan perhitungan analisis stress pada perpipaan. Software ini sangat mampu membantu dalam kegiatan engineering. Terutama *mechanical design* dan *piping system*. Caesar II dapat membuat model sistem perpipaan dengan menggunakan "simple beam element" kemudian menentukan kondisi pembebanan sesuai dengan kondisi yang dikehendaki. Dengan memberikan inputan tersebut Caesar II mampu menghasilkan analisis berupa stress yang terjadi , beban , dan pergeseran terhadap sistem yang dianalisis.

Gambar Isometri Perancangan Pipa



Gambar 3.2 Gambar isometri

Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian analisis defleksi perancangan pipa seamless carbon steel (ASTM SA106) menggunakan metode elemen hingga yaitu desain perancangan pipa, pembebanan, perlakuan bahan/metrial dan getaran horisontal sedangkan variable terikat berupa kecepatan tekanan aliran lumpur/fluida , temperatur dan besaran defleksi pada desain pipa seamless carbon steel (ASTM SA 106).

Variasi Tekanan Pressure

Tabel 3.2 Variasi Tekanan Pressure sebagai berikut :

No	Pressure	Batas Aman
1	15 bar	20,000,000
2	30 bar	20,000,000
3	45 bar	20,000,000
4	65 bar	20,000,000
5	75 bar	20,000,000

Langkah Input Data Pada Caesar II

Dari pengumpulan data yang dilakukan, maka langkah selanjutnya analisa tegangan pipa dengan program CAESAR II Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Menginput data-data yang sudah didapat baik dari data pipa,data service, data fluida maupun insulasi.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data Struktur Pipa

Spesifikasi Pipa :

- Material pipa : Seamless Carbon Steel (ASTM SA 106 Gr. B)
- Panjang pipa : 10 m
- Diameter pipa : 58 mm
- Ketebalan pipa : 2 mm
- Fluida : Solar
- Temperatur : 30°C
- Tekanan pada pipa : 15 bar

Spesifikasi Fluida

- Jenis fluida : Solar
- Temperatur fluida : 18 °C
- Densitas fluida : 0,832 kg/l

Sebagai bahan bakar, tentunya solar memiliki karakteristik tertentu samahalnya dengan jenis bahan bakar lainnya. berikut karakteristik yang dimiliki fraksi solar:

- Tidak berwarna atau terkadang berwarna kekuning-kuningan dan berbau.
- Tidak akan menguap pada temperatur normal.
- Memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bensin dan kerosen.
- Memiliki flash point (titik nyala) sekitar 40°C sampai 100°C.
- Terbakar spontan pada temperatur 300°C.

Tegangan *high stress* pada sistem perpipaan

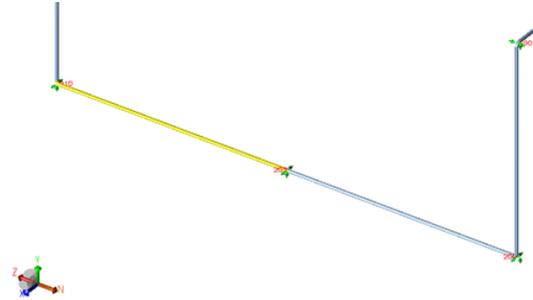
Tabel 4.1 Hasil output *high stress* keseluruhan sitem perpipaan beban Defleksi pada Caesar II.

Load Case	Node	Stress (lb.sq.in)	Allowable
(Alt-SUS) W+P1	570	16673,7600	20000,000
(Alt-SUS) W+P	570	16288,6400	20000,000
(SUS) W+P1	570	16661,1900	20000,000
(SUS) W+P2	570	16667,8700	20000,000

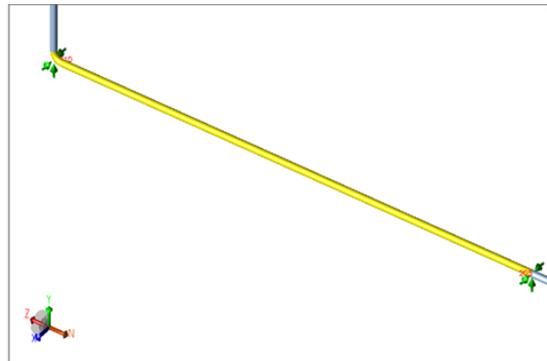
Analisa Tegangan Defleksi dengan output Caesar II

Penentuan kondisi batas digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari pipa yang dianalisis. Penentuan

kondisi batas diberikan pada setiap sisi pipa. Sustained Load (Pembebanan) yang dianalisa berada pada node 210 sampai 215.



Gambar 4.1 Kondisi batas pada pipa



Gambar 4.2 bentuk tumpuan pada pipa

Tegangan pada Pembebanan Defleksi

Tabel 4.2 Tegangan yang tinggi pada Loadcase (Alt-Sustained Load)W+P1 berada antara node 315 sampai node 318, nilai tegangan dapat dilihat pada table berikut :

On Element	Element Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
315-318	315	4135.24	20000.00
530-538	530	305812	20000.00

Tabel 4.3 Tegangan yang tinggi pada Loadcase (Alt-Sustained Load)W+P2 berada antara node 315 sampai node 318, nilai tegangan dapat dilihat pada table berikut :

On Element	Element Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
315-318	315	3544.07	20000.00
545-550	545	2887.07	20000.00

Tabel 4.4 Tegangan yang tinggi pada Loadcase (Sustained Load) W+P1

berada antara node 545 sampai node 550, nilai tegangan dapat dilihat pada tabel berikut :

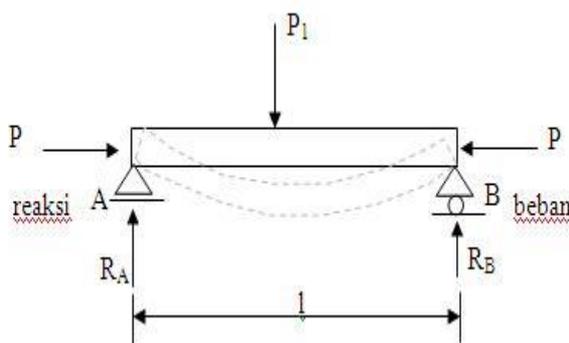
On Element	Element Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
350-358	350	3110.94	20000.00
545-550	545	3353.86	20000.00

Tabel 4.5 Tegangan yang tinggi pada Loadcase (Sustained Load) W+P2 berada antara node 545 sampai node 550, nilai tegangan dapat dilihat pada table berikut :

On Element	Element Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
350-358	350	2512.46	20000.00
545-550	545	2755.39	20000.00

Perubahan Bentuk Sebelum dan Sesudah Defleksi

Lekuk lateral adalah deformasi yang terjadi pada arah lateral/ samping (keluar bidang pembebanan) yang terjadi pada elemen yang dibebani momen lentur. Lentur disebabkan oleh momen akibat makas bagian penampang menerima tekan, sebagian lagi menerima tarik. Peralihan daerah tekan dengan daerah tarik tersebut garis netral (daerah dengan regangan dan tegangan =0).



Gambar 4.3 Sebelum Defleksi dan Sesudah Defleksi

Tidak semua susunan struktur didalam keadaan stabil. Jika sekiranya sebuah pipa yang ujungnya berupa lingkaran berdiameter 58 mm dan mempunyai panjang 10 m ketidakstabilan bukan suatu masalah jika diberikan

sebuah gaya tekan aksial tetapi jika sebuah pipa yang mempunyai diameter 58 mm dan panjang 10 m dan dikenai gaya tekan aksial, batang pipa ini menjadi tidak stabil ke samping dan dapat terus menekuk kesamping bahkan runtuh. Jika suatu buckling yang terjadi pada suatu struktur bukanlah kritikal buckling load maka buckling terendah disebut sebagai buckling mode.

➤ Perhitungan defleksi dapat dilihat di bawah ini :

$$\sigma = \frac{q \cdot L^3}{8 \cdot E \cdot I}$$

Dimana: q = berat pipa persatuan panjang

L = panjang pipa

E = modulus elastisitas pipa

I = momen inersia

Perhitungan :

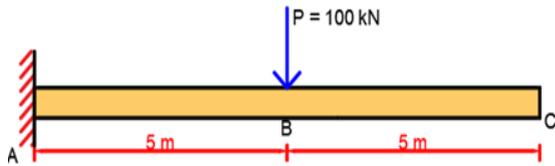
$$\sigma = \frac{q \cdot L^3}{8 \cdot E \cdot I}$$

$$\sigma = \frac{7,85 \cdot 5^3}{8 \cdot 15.58}$$

$$\sigma = \frac{981,25}{6960}$$

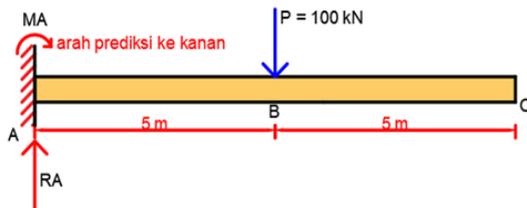
$$\sigma = 0,140 \text{ mm}$$

Berikut merupakan batang pipa dengan tumpuan jepit dengan bentang 10 m dan beban terpusat ditengah bentang P = 100 kN. Tumpuan jepit dapat bereaksi terhadap gaya horizontal dihasilkan dengan tumpuan jepit sehingga tumpuan ini dianggap benar-benar mengunci batang pipa



Gambar 4.4 Beban terpusat

Perhitungan nilai reaksi akibat pembebanan



Gambar 4.5 Reaksi beban

- Perhitungan reaksi tersebut :

$$MA + (P \times 5) + (RA + 0) = 0$$

$$MA + (100 \times 5) + 0 = 0$$

$$MA + 500 = 0$$

$$MA = -500 \text{ kNm}$$

- Setelah MA diketahui maka kita cari nilai RA

$$-MA + (RA \times 10) - (P \times 5) = 0$$

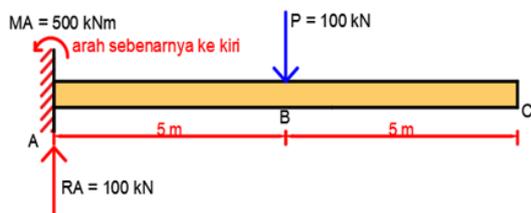
$$-500 + (RA \times 10) - (100 \times 5) = 0$$

$$-500 + 10 RA - 500 = 0$$

$$10 RA = 1000$$

$$RA = 100 \text{ kN}$$

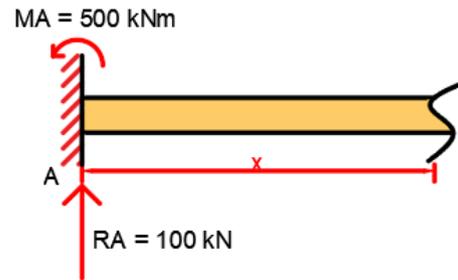
Sehingga dapat kita lihat reaksi yang terjadi pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6 Reaksi beban yang terjadi

Reaksi geser

- Potongan 1 (0 – 5 m) dipotong sebelum titik B

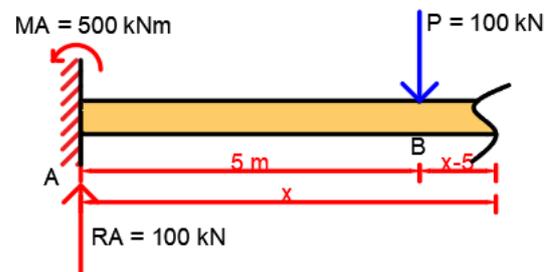


Gambar 4.7 Reaksi geser potongan sebelum titik B

$$Q_x = RA = 100 \text{ kN}$$

Jadi sepanjang 0 m sampai 5 m gaya geser sebesar 100 kN

- Potongan 2 (5 m – 10 m) dipotong sebelum titik C



Gambar 4.8 Reaksi geser potongan sebelum titik C

$$Q_x = RA - P = 100 - 100 = 0 \text{ kN}$$

Jadi sepanjang 5 m sampai 10 m gaya geser sebesar 0 kN

Input load pressure

Untuk *input load* menggunakan *pressure* yang kemudian dimasukkan pada keseluruhan bagian pipa. Perhitungan pembebanan tekanan internal pada pipa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{2SEt}{D - 2Yt}$$

Keterangan :

P = Tekanan internal

S = Tegangan Tarik yang diizinkan

t = Tebal dinding pipa

D = Diameter pipa

Y = Koefisien

- Diameter pipa 58 mm.

$$P = \frac{2 \times 35.000 \times 10^6 \times 2}{58 - 2(7,89 \times 2)}$$

$$P = \frac{2 \times 35.000 \times 10^6 \times 2}{26,44}$$

$$= 5.295 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Untuk analisa pembebanan tekanan internal pada pipa didapatkan nilai pressure sebesar $5.295 \times 10^6 \text{ Pa}$

Tegangan Variasi Pressure

Tabel 4.6 Tegangan Variasi Pressure 15 bar sebagai berikut :

No	Variasi Pressure	Loadcase	Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
1	15	(Alt-Sus)W+P1	570	8,673,760	20,000,000
2	15	(Alt-Sus)W+P2	570	8,288,640	20,000,000
3	15	(Sus)W+P1	570	8,861,190	20,000,000
4	15	(Sus)W+P2	570	8,667,870	20,000,000

Tabel 4.7 Tegangan Variasi Pressure 30 bar sebagai berikut :

No	Variasi Pressure	Loadcase	Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
1	30	(Alt-Sus)W+P1	570	9,539,790	20,000,000
2	30	(Alt-Sus)W+P2	570	10,189,260	20,000,000
3	30	(Sus)W+P1	570	9,726,240	20,000,000
4	30	(Sus)W+P2	570	10,566,300	20,000,000

Tabel 4.8 Tegangan Variasi Pressure 45 bar sebagai berikut :

No	Variasi Pressure	Loadcase	Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
1	45	(Alt-Sus)W+P1	570	11,694,440	20,000,000
2	45	(Alt-Sus)W+P2	570	10,445,160	20,000,000
3	45	(Sus)W+P1	570	11,887,920	20,000,000
4	45	(Sus)W+P2	570	10,861,560	20,000,000

Tabel 4.9 Tegangan Variasi Pressure 65 bar sebagai berikut :

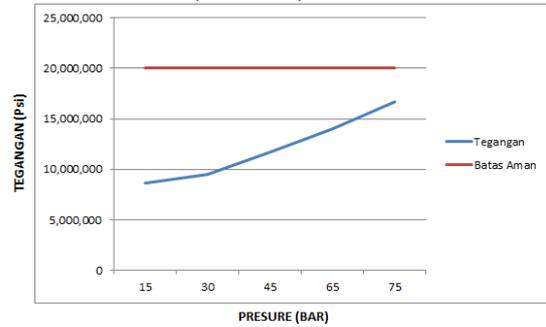
No	Variasi Pressure	Loadcase	Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
1	65	(Alt-Sus)W+P1	570	13,957,990	20,000,000
2	65	(Alt-Sus)W+P2	570	12,628,700	20,000,000
3	65	(Sus)W+P1	570	13,143,350	20,000,000
4	65	(Sus)W+P2	570	12,028,420	20,000,000

Tabel 4.10 Tegangan Variasi Pressure 75 bar sebagai berikut :

No	Variasi Pressure	Loadcase	Node	Code Stress (lb.sq.in)	Allowable Stress (lb.sq.in)
1	75	(Alt-Sus)W+P1	570	16,712,410	20,000,000
2	75	(Alt-Sus)W+P2	570	17,053,520	20,000,000
3	75	(Sus)W+P1	570	16,891,680	20,000,000
4	75	(Sus)W+P2	570	17,332,540	20,000,000

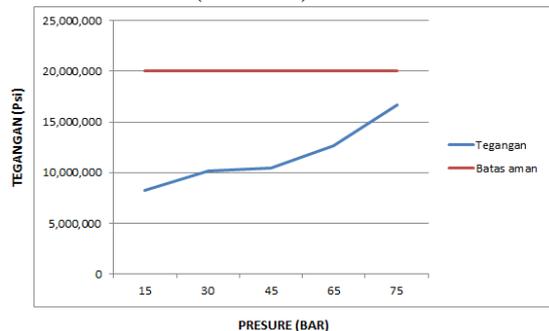
Grafik variasi pressure

➤ Loadcase (Alt-Sus)W+P1



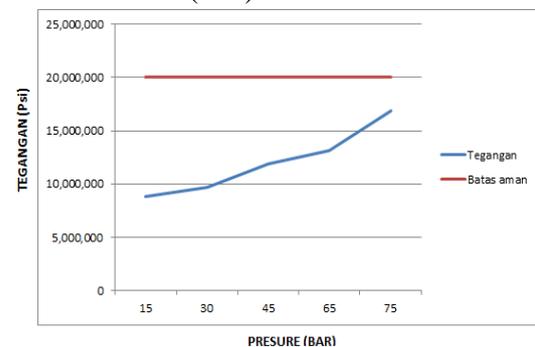
Gambar 4.9 Grafik Loadcase (Alt-Sus)W+P1

➤ Loadcase (Alt-Sus)W+P2



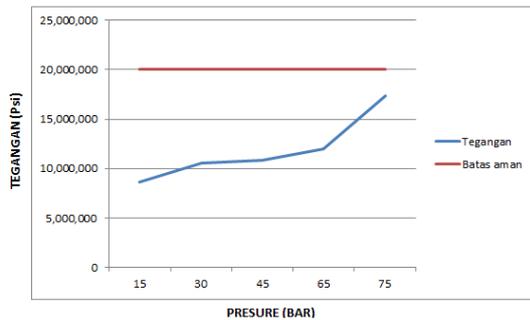
Gambar 4.10 Grafik Loadcase (Alt-Sus)W+P2

➤ Loadcase (Sus)W+P1



Gambar 4.11 Grafik Loadcase (Sus)W+P1

➤ Loadcase (Sus)W+P2



➤ Gambar 4.12 Grafik Loadcase (Sus)W+P2

Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tiap Loadcase output CAESAR II menunjukkan nilai tegangan yang berbeda tetapi masih dalam batas aman untuk dioperasikan
2. High Stress pada keseluruhan desain perpipaan masih dalam batas aman sesuai dengan standart B31.3 piping proses
3. Tegangan atau Stress pada desain pipa yang dianalisis Sustained Load (Pembebanan) berada pada node 210 sampai 215 masih dapat dialiri fluida dengan batas aman allowable stress B31.3.
4. Perhitungan reaksi pembebanan pada batang pipa menunjukkan nilai MA - 500 kN dan nilai RA 1000 kN.
5. Reaksi geser pada batang pipa potongan 1 (0 sampai 5 m) menunjukkan nilai sebesar 100 kN dan pada potongan 2 (5 m sampai 10 m) menunjukkan nilai 0 kN.

Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan pada akhir dari penelitian ini adalah:

- Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh yang dapat mengakibatkan getaran, selain akibat aliran fluida. kemungkinan adanya sistem lain.
- Diperlukan monitoring sistem terhadap terjadinya getaran pada pipa

agar dapat menentukan life-time dari sistem lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

Bambang purwantana. staff. ugm.ac.id /KekuatanBahan.

Binsar Hariandja 1996. Sistem struktur beban sumbu aksial batang.

Donny Agustinus, 2009. Pengantar Stress analisis.

Fenn, 2012. Onshore Pipeline dan Offshore Pipeline

Ir. Raswari, 1986. Piping Handbook, Teknologi dan Perencanaan sitem perpipaan.

M. W. Kellogg Company pada tahun 1941. Design Of Piping Systems.

Rao, Singiresu S, 2004, 51. Amplitudo R. H. Tingey //Method Of Calculation Thermal Expansion Stresses In Piping.

S. Crocker dan A. 1945. Mc Cutchan. Grapho-analytical, Piping Handback terbitan Mc Graw-Hill Book Co, New York.

Smith. et al, 1987. Instalasi pipa.

Weldsteelpipe.com/steel-pipe/seamless-steel-pipe/standard-specification-for-astm-asme-a106-sa10.html.