

ANALISIS PERANCANGAN *SUPPORT* PADA *PIPELINE* SUATU PROJECT X DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II

Dedy Krisbianto.¹, Agung Nugroho²
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur. Jakarta 13077

ABSTRACT

The design of a good and safe piping system is needed to ensure the continuity of the production process and ensure safety. To overcome the magnitude of the stress that occurs due to loading, analysis is needed. In this final project, the stress of the High Pressure Vent Pipeline will be analyzed with the CAESAR II approach and with the Allowable Stress limit of ASME B31.3. In this final project, a discussion of the piping path from the Pig Launcher outlet to the Pig Receiver inlet is carried out with line number "-PG-KT-A02A-016, 8"-PG-KT-A02A-027, 2"-02-BV-024 dan 2"-02-GLB-004. The design starts from collecting data, analyzing the pipe thickness (pipe schedule) from the type of material used in the initial design which refers to the ASME B31.3 Process Piping standard. In the redesign, the support distance is below the maximum span limit, which is less than 8m so that it does not provide deflection and excessive stress on the piping system.

Keywords ; Piping, Stress Analysis, Support.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam tahap perancangan sistem perpipaan perlu dilakukan perhitungan yang kompleks untuk menjaga dan menjamin agar system perpipaan aman pada saat beroperasi. Salah satu perhitungan engineering yang vital dan menentukan keberhasilan suatu system perpipaan adalah perhitungan peletakan support dan analisa tegangan pipa (pipe stress analysis). Pipe stress analysis adalah suatu metode terpenting untuk meyakinkan dan menetapkan secara numerik bahwa system perpipaan dalam engineering adalah aman.

Dalam analisa bahwa beban terjadi karena adanya pengaruh perlakuan beban statik dan perlakuan beban dinamik. Pemasangan support (penyangga) adalah hal yang paling penting agar pengaruh pembebanan (statik dan dinamik) selama operasi sistim perpipaan tidak mengalami kegagalan atau kerusakan. (Chamsudi,2005)

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian CAESAR II

CAESAR II adalah standar industri untuk analisis tekanan pipa, memungkinkan Anda membangun, menilai, dan melaporkan system pipa, apa pun ukuran atau kompleksitasnya, sesuai dengan lebih dari 35 standar pedoman pipa internasional serta banyak pedoman lingkungan dan peralatan. Integrasi dengan paket desain CAD memungkinkan Anda untuk dengan cepat mengimpor model, mengurangi risiko kesalahan dan waktu iteratif yang mahal

antara divisi CAD dan Analisis Tekanan. 2.2 Pengertian ASME (American Standart of Mechanical Engineering) ASME (American Society of Mechanical Engineers) adalah suatu organisasi standar bagi para insinyur mesin di Amerika yang meliputi multidisiplin dengan mencakup secara global. ASME merupakan : masyarakat teknik, organisasi standar, organisasi penelitian dan pengembangan, organisasi advokasi penyedia pelatihan dan pendidikan, dan organisasi nonprofit

2.3 Kriteria Analisa Sistem Perpipaan

Suatu sistem perpipaan dapat dikatakan aman apabila beban tegangan yang terjadi mempunyai nilai rasio lebih kecil atau sama dengan 1 dari tegangan yang diijinkan (allowable stress), sebagaimana telah ditetapkan dalam code maupun standard. Code adalah dokumen yang mengatur persyaratanpersyaratan minimal dari suatu desain, material, fabrikasi, instalasi, pengetesan.

2.4 Analisa Fleksibilitas Sistem Perpipaan

Analisa fleksibilitas pipa merupakan analisis terhadap kemampuan pipa untuk mengalami perubahan panjang atau deformasi secara elastis terhadap kondisi operasi yang memiliki beban akibat temperature tinggi. Sistem perpipaan harus cukup fleksibel sehinggal ekspansi thermal kontraksi atau perpindahan tumpuan ataupun titik ujung pipa tidak akan menyebabkan terjadinya :

1. Kegagalan pipa dan tumpuan pipa akibat tegangan berlebih.
2. Kebocoran pada sambungan las pipa.
3. Tegangan yang merusak atau distorsi pada pipa atau peralatan yang terhubung dengan pipa seperti pompa atau katup yang disebabkan oleh gaya dorong atau momen berlebih dalam pipa.

Sehingga sebuah sistem perpipaan dikatakan mempunyai fleksibilitas yang cukup atau baik, apabila sistem perpipaan tersebut dapat mengalami perubahan panjang akibat ekspansi atau kontraksi termal dan mampu kembali ke panjang awal jika beban akibat ekspansi atau kontraksi tersebut dihilangkan.

Dalam analisa tegangan yang mencakup mengenai fleksibilitas tegangan pipa akibat terjadinya over stress dapat di rancang system perpipaan sebagai berikut:

1. Expansion Loop

Pada bagian jalur pipa yang kaku dibuatkan belokan seperti kantong dengan penambahan empat elbows yang memungkinkan pipa mampu melakukan pergerakan pada kantor tersebut.

2. Expansion Leg

Cara ini dilakukan dengan jalan memutar atau menggeser salah satu orientasi nozzle sehingga tidak berhadapan-hadapan secara langsung dan pipa bias dibuat berkelokkelok.

3. Pemasangan Expansion Joint

Pemasangan expansion joint dimaksudkan agar pergerakan pipa akibat menerima beban dapat diserap karena konstruksinya memungkinkan hal itu terjadi.

2.5 Fleksibilitas Pipa

ASME B31.3 memberikan sebuah rumus sederhana yang dapat digunakan sebagai dasar apakah sebuah kalkulasi formal dari tegangan akibat ekspansi termal pada sistem perpipaan diperlukan atau tidak. Bila ternyata dari hasil perhitungan didapat $> K1$, maka analisis formal diperlukan, namun bila hasil perhitungan menyatakan $\leq K1$, maka tidak diperlukan analisis formal, dan perhitungan tegangan tetap dilakukan namun tidak mendetail.

2.6 Penyangga dan Support

Support adalah alat yang digunakan untuk menahan atau menyangga suatu system perpipaan.

Support dirancang untuk dapat menahan berbagai macam bentuk pembebanan baik statis maupun dinamis. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam mendesain piping support, antara lain (Smith dan Van Laan, 1987).

- a. Berat Pipa yang harus diperhitungkan mencakup berat pipa serta perlengkapannya misalnya katup, bahan isolasi, serta berat isi pipa tersebut.
- b. Jenis Pipa Jarak antara penggantung atau penumpu bergantung pada jenis bahan pipa disamping ukuran pipa, karena adanya perbedaan kelenturan.
- c. Mencegah Perambatan Getaran Pipa yang berhubungan dengan mesin dan peralatan yang bergerak atau berputar dapat meneruskan getaran mesin tersebut ke dalam ruangan lainnya; baik melalui pipa atau melalui konstruksi gedung sehingga dapat menimbulkan kebisingan dan resonansi.
- d. Ekspansi Pipa Penggantung atau penumpu pipa harus mampu menampung adanya perubahan panjang pipa akibat perubahan temperatur pipa.
- e. Jarak Antar Pipa Jarak antara pipa dengan pipa dan antara pipa dengan dinding atau permukaan lainnya harus cukup lebar, jarak tersebut memungkinkan untuk penggunaan alat-alat, pemasangan isolasi atau penutup pipa, pengecatan, dan pekerjaan perawatan dan perbaikan disekitar pipa.

Jenis-jenis support yang biasa terdapat pada sebuah plant yaitu sebagai berikut :

- a. Anchor, jenis tumpuan yang tidak mengijinkan adanya gerakan translasi maupun rotasi pada semua derajat kebebasan.
- b. Restraint, ini adalah sebutan bagi semua peralatan yang berfungsi untuk mencegah, menahan, atau membatasi pergerakan pipa akibat thermal.
- c. Support, sebuah peralatan yang tujuannya utamanya adalah menahan sebagian berat pipa termasuk didalamnya berat isi dan pengaruh sekeliling.
- d. Brace, Sebuah peralatan yang bertujuan untuk menahan displacement pipa akibat gaya yang bekerja bukan karena grafitasi tapi juga bukan karena thermal expansion.
- e. Limit Stop, adalah suatu support yang berfungsi menahan gerakan pipa pada arah aksial atau translator pada jumlah tertentu.

f. Guide, jenis support yang berfungsi untuk mencegah terjadinya rotasi pada pipa akibat momen lentur atau momen torsi.

g. Hanger, suatu support dimana pipa ditahan dari sebuah struktur atau support ditempel pada struktur yang berada diatas pipa. Jenis tumpuan untuk menahan adanya gerakan translasi pada arah vertical (arah gravitasi). Tumpuan jenis ini terdiri dari dua macam, yaitu spring (variable) hanger, dan constant force hanger.

h. Constant Effort Support, yaitu support yang mampu menahan gaya yang konstan walaupun terjadi displacement yang besar.

2.7 Jarak Penyangga (support)

Penempatan penyangga sangat berpengaruh terhadap kestabilan suatu sistem perpipaan, untuk itu harus diperhitungkan jarak masing-masing penyangga dalam pemilihan dan penggunaan penyangga atau yang biasa disebut juga dengan span support. Span support adalah jarak minimal antara penyangga pertama dan kedua, dimana sistem perpipaan masih dalam kondisi aman dari tegangan dan defleksi. Span support didapat dari hasil perhitungan secara sederhana menggunakan rumus dibawah ini :

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times Sh}{W}}$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{do^4 - di^4}{do} \right)$$

Keterangan :

L = allowable pipe span (m)

Z = Section modulus (in³)

Sh = allowable tensile stress pada temperature tinggi (lb/in²)

W = berat total pipa (lb/ft)

2.8 Ketebalan Minimum

Perhitungan untuk menentukan ketebalan material biasanya diatur di dalam Code dan Standard yang digunakan dalam acuan pengerjaan sebuah proyek. Untuk menentukan ketebalan minimum pada pipa lurus berdasarkan ASME B31.3 2014 menggunakan persamaan berikut :

$$t = \frac{PD}{2(SEW \times PY)}$$

$$tm = t + C$$

Keterangan :

P = Internal design pressure

(Mpa)

D = Outside diameter (mm)

SE = Stress value for material from table A-1

(Mpa)

W = weld joint strength reduction factor in accordance with para. 302.3.5(e) ASME B31.3

y = coefficient from table 304.1.1 ASME B31.3

tm = minimum wall thickness (mm)

C = Corrosion allowances (mm)

2.9 Tegangan Pipa

Tegangan yang terjadi pada system perpipaan dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu tegangan normal (normal stress) dan tegangan geser (shear stress) (Chamsudi, 2005). Tegangan normal terdiri dari tiga komponen tegangan, yaitu (Sam Kannapan, 1986).

- Tegangan longitudinal (longitudinal stress) Tegangan longitudinal merupakan tegangan yang searah dengan panjang pipa.
- Tegangan tangensial (circumferential stress atau hoop stress) Tegangan tangensial merupakan tegangan yang searah dengan garis singgung penampang pipa.
- Tegangan radial (radial stress) Tegangan radial merupakan tegangan yang searah dengan jari-jari penampang pipa.
- Tegangan geser terdiri dari dua komponen tegangan, yaitu (Kannapan, 1986).
 - Tegangan geser (shear stress) Tegangan geser merupakan tegangan yang terjadi akibat gaya geser.
 - Tegangan puntir atau tegangan torsi (torsional stress) Tegangan puntir merupakan tegangan akibat momen puntir pada pipa. Dalam analisa software CAESAR II tegangan yang dilibatkan meliputi tegangan longitudinal ,tegangan torsi dan tegangan tangensial (hoop stress).

2.10 Tegangan Longitudinal

Tegangan longitudinal yaitu tegangan yang searah dengan panjang pipa dan merupakan jumlah dari tegangan aksial (axial stress), tegangan tekuk (bending stress) dan tegangan tekan (pressure stress). Mengenai ketiga tegangan ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tegangan aksial (σ_x) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh gaya F_{ax} yang bekerja searah dengan sumbu pipa. Nilai dari tegangan aksial dapat dirumuskan sebagai berikut (Chamsudi, 2005).

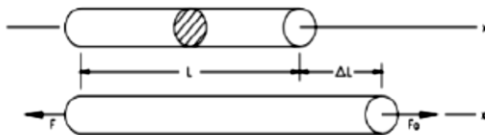
$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot A_i}{A_m}$$

Keterangan :

σ_{ip} = Tegangan Aksial (Mpa)

A_i = Luas area diameter dalam pipa (mm^2)

A_m = Luas area *cross section* pipa (mm^2)



Gambar 2.2 Axial Stress

2. Tegangan tekuk (σ_b) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh momen (M) yang bekerja diujung-ujung pipa. Tegangan yang terjadi dapat berupa tegangan tekuk regang (tensile bending) dan tegangan tekuk tekan (compression bending). Tegangan tekuk maksimum terjadi pada permukaan pipa sedangkan tegangan minimum terjadi pada sumbu pipa. Nilai dari tegangan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut (Sam Kannapan, 1986).

$$M_{max} = \frac{W L^2}{8}$$

Keterangan :

M = momen bending maximum (N.m)

L = panjang pipa (m)

2.11 Tegangan Tangensial

Tegangan tangensial σ_{SH} ditimbulkan oleh tekanan internal yang bekerja secara tangensial dan besarnya bervariasi tergantung pada tebal dinding pipa. Rumus untuk tegangan tangensial dapat dijelaskan pada Gambar 2.5. Untuk dinding pipa yang tipis persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi seperti berikut :

2.12 Tegangan Torsi

Suatu bentangan bahan dengan luas permukaan tetap dikenahi suatu puntiran (twisting) pada setiap ujungnya dan puntiran ini disebut juga dengan torsional, dan bentangan benda tersebut dikatakan sebagai poros (shaft). Untuk suatu poros dengan panjang L dan jari-jari c dikenahi torsi T (sepasang), sebagaimana ditunjukkan dalam gambar, Pergeseran sudut (angular displacement) ujung satu terhadap yang lainnya diberikan dengan sudut ν (dalam radian) adalah : $\nu = (2.10)$ Dengan $J = \pi c^4 / 2$ adalah moment inersia polar pada luas permukaan. Juga, tegangan geser torsional pada suatu jarak r dari sumbu poros luas permukaan adalah : $\tau = (2.11)$ yang bertambah secara linier sebagaimana terlihat dalam Gambar 2.6. Sehingga, maksimum tegangan geser yang terjadi pada $r = c$ adalah τ_{max} Untuk poros berlubang mempunyai jari-jari dalam c_i dan jari-jari luar c_o semua formula di atas akan berlaku tetapi dengan $J = \pi (c_o^4 - c_i^4) / 2$

2.13 Sustained Load

Sustained load yaitu pembebanan akibat berat pipa itu sendiri, akibat berat fluida, akibat tekanan dalam (Internal Pressure) dan temperature fluida. Pada semua system perpipaan, perancangan pipa yang dibuat haruslah dirancang mampu untuk menahan berat fluida, isolasi, komponen-komponen dan struktur pipa itu sendiri. Sehingga dapat dikatakan istilah lain dari Sustained Load adalah Longitudinal stress, jenis tegangan dari longitudinal stress meliputi axial stress, pressure stress, dan bending stress. Penentuan momen pada tegangan tekuk dibedakan menjadi 2 perlakuan sebagai berikut:

- Untuk sistem dengan beban merata (uniformly distributed load)
- Untuk sistem dengan beban terpusat

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot d_o}{4t}$$

Keterangan :

P = Tekanan fluida dalam pipa (N/mm^2)

A_i = Luas permukaan dalam pipa (mm^2)

t = Tebal pipa (mm)

2.14 Expansion Load

Akibat dari temperatur fluida alir dan sifat material pipa, dapat menyebabkan terjadinya perpanjangan pada pipa (ekspansi). Untuk pipa lurus analisa Thermal load ekspansi berdasarkan metode guided cantilever, guided

cantilever adalah cantilever beam yang ditahan pada salah satu ujungnya, untuk pipa lurus dibawah beban Thermal load ekspansi perlakuan metode guided cantilever.

2.15 Expansion Loop

Expansion loop merupakan salah satu cara repair atau desain yang bisa dilakukan apabila pipa mengalami overstress disebabkan oleh ekspansi termal. Fungsi loop sendiri adalah untuk mengontrol physical properties dari material pipa yang digunakan. Maka pipa harus memiliki panjang loop yang cukup untuk mengatasi masalah tersebut (Hariono dkk, 2014). Expansion loop memiliki lekukan arah tegak lurus untuk menyerap ekspansi termal yang terjadi. Pemuaian akibat temperatur pada sistem perpipaan dapat di tahan dengan adanya simpul pada pipa. Loop ekspansi lebih aman, hanya saja membutuhkan area yang cukup luas (Sam Kannapan,1986).

2.16 Tegangan Ijin

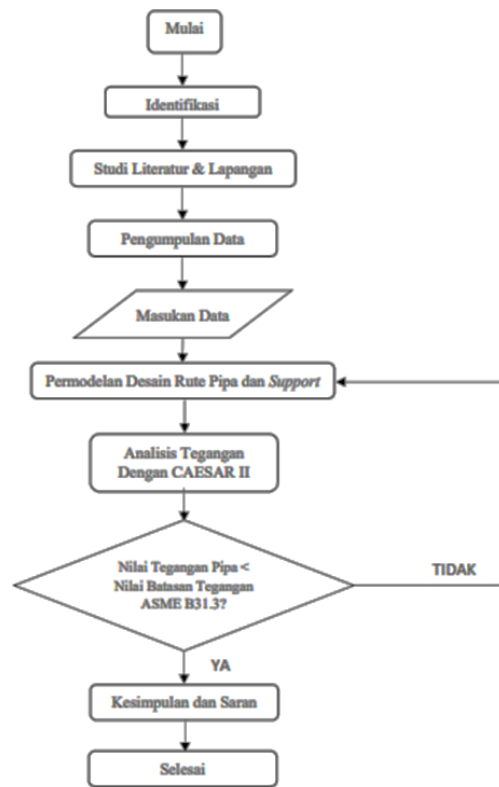
Nilai tegangan ijin yang digunakan sebagai acuan adalah nilai tegangan ijin berdasarkan desain temperature. Nilai tegangan ijin dari setiap kondisi berbeda. Untuk kondisi sustained load nilai tegangan ijin material sesuai dengan tegangan ijin pada ASME B31.3. Untuk kondisi sustained load nilai tegangan ijin tidak boleh lebih dari tegangan ijin material berdasarkan ASME B31.3.

2.17 Evaluasi Beban Nozzle

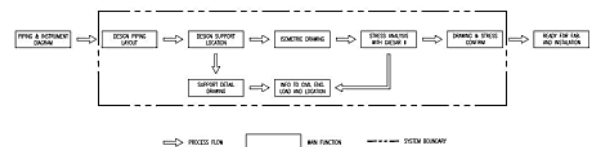
Beban sebenarnya (aktual) yang terjadi pada nozzle berdasarkan hasil analisa suatu sistem perpipaan dapat dikatakan aman apabila beban tersebut dapat diterima atau berada pada zona ambang batas beban yang diperkenankan yang telah ditetapkan oleh standar API 610 untuk pompa dan WRC 297 untuk bejana (vessel) (Chamsudi, 2005). Batasan beban (gaya dan momen) yang terjadi pada nozzle equipment akibat beban operating dan Sustain load system perpipaan.

3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Block pada perancangan proses engineering

3.2 Tahap Identifikasi Awal

Tahapan identifikasi awal ditujukan untuk menetapkan tujuan dan identifikasi masalah yang akan dibahas oleh penulis pada penelitian ini.

1. Identifikasi Masalah Penetapan Tujuan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi beberapa permasalahan yang didapatkan pada saat melakukan pengamatan dan pemikiran untuk bias dijadikan rumusan permasalahan dalam penelitian. Tentang hal-hal yang akan dilakukan selama penelitian.

2. Tahap Studi Literatur.

Pada tahap ini penulis melakukan pengumpulan landasan teori yang berkaitan dengan bahasan

mengenai analisa tegangan pipa baik berupa rumus empiris ataupun pernyataan-pernyataan yang telah diungkapkan oleh peneliti terdahulu yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data ini penulis mengumpulkan teori-teori yang berhubungan dengan analisa tegangan pipa sehingga dapat dijadikan acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Kemudian mengumpulkan data-data yang dijadikan bahan analisa dari pengamatan mekanisme manajemen project serta kondisi lapangan untuk rencana jalur pipa yang akan dipasang. Adapun data yang dibutuhkan antara lain :

- a. Piping & Instrument Diagram (P&ID)
- b. Piping Material Specification
- c. Piping Isometric Drawing
- d. Piping Plan Layout
- e. Piping Line List
- f. Piping Stress Specification
- g. Pipe Support Detail

3.4 Jadwal Penelitian dan Peralatan

Untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini digunakan metode penelitian, sebagai berikut :

- Waktu dan Tempat Penelitian Waktu yang digunakan untuk melaksanakan penelitian dan pengumpulan data-data yang diperlukan yaitu ± 3 bulan di PT. Elnusa Tbk. Pengerjaan Tugas Akhir dan melakukan bimbingan dengan dosen pembimbing program studi Teknik Mesin di Universitas Krisnadwipayana, Jakarta.
- Peralatan Penelitian yang dilakukan yaitu tentang analisa tegangan pada sistem perpipaan sehingga peralatan yang digunakan ialah software Caesar II yang diperuntukan dalam **permodelan dan analisa tegangan**

4 Analisa dan Perhitungan

4.1 Analisa Data

Untuk melakukan perhitungan analisa tegangan, diperlukan data yang diperoleh dari jalur pipa dari Outlet Pig Launcher menuju Inlet Pig Receiver tepatnya pada line number 8"-PG-KT-A02A-016, 8"-PG-KT-A02A-027, 2"-02-BV-024, dan 2"-02-GLB-004. Data material pipa sistem perpipaan ditunjukkan pada table 4.1. Sedangkan kondisi

desain pada sistem perpipaan ditunjukkan pada table 4.2

Tabel 4.1 Data Material Pipa

Material Pipa	ASTMA106 Grade B Sch. 40				
Outside Diameter 8"	OD	219	mm	8.625	inc
Inside Diameter 8"	ID	202	mm	7.99	inc
Outside Diameter 2"	OD	60.3	mm	2.375	inc
Inside Diameter 2"	ID	49.22	mm	1.937	inc
Wall Thickness 8"	t	8.18	mm	0.322	inc
Wall Thickness 2"	t	5.54	mm	0.218	inc
Pressure Design	P _{design}	680	psi	-	-
Temperature Design	T _{design}	150	°F	-	-

Tabel 4.2 Allowable stress pipa pada variasi temperature

Material	Spec. No	Grade	Allowable stress pada temperature (°F) dalam ksi						
			100	200	300	400	500	600	700
-	A106	B40	20	20	20	19.9	19	17.9	16.7

4.2 Perhitungan Ketebalan Minimum

Dari persamaan perhitungan ketebalan minimum, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- P = 680 psi = 4.68 Mpa (*Design Pressure*)
- D1 = 219 mm
- D2 = 60.3 mm
- S = 20 ksi = 20.000 psi = 137.9 MPa = 20.000 lb/ft²
- W = 1
- E = 1
- Y = 0.4
- C = 3mm

- Perhitungan Minimum Wall Thickness pada pipa 8"

$$t_{8"} = \frac{PD}{2(SEW \times PY)}$$

$$t_{8"} = \frac{4.68 \times 219}{2(137.9 \times 1 \times 1 + 4.68 \times 0.4)}$$

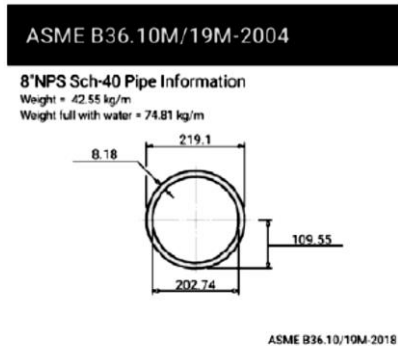
$$t_{8"} = \frac{1024.92}{279.544}$$

$$t_{8"} = 3.66 \text{ mm}$$

$$tm_{8"} = t + C$$

$$tm_{8"} = 3.66 + 3 = 6.6 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dengan kebutuhan ketebalan sebesar 6.6 mm, maka disimpulkan keperluan untuk ketebalan pipa cukup menggunakan pipa 8” dengan schedule 40 yang mempunyai ketebalan pipa sebesar 8.18 mm



Gambar 4.1 Data Pipe Information 8”-sch.40

- Perhitungan Minimum Wall Thickness pada pipa 2”

$$t_{2"} = \frac{PD}{2(SEW \times PY)}$$

$$t_{2"} = \frac{4.68 \times 60.3}{2(137.9 \times 1 \times 1 + 4.68 \times 0.4)}$$

$$t_{2"} = \frac{282,20}{279.544}$$

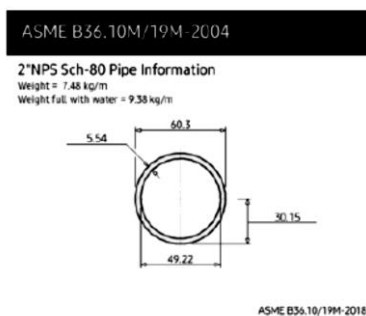
$$t_{2"} = 1.0 \text{ mm}$$

$$tm_{2"} = t + C$$

$$tm_{2"} = 1.0 + 3$$

$$tm_{2"} = 4 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dengan kebutuhan ketebalan sebesar 4 mm, maka disimpulkan keperluan untuk ketebalan pipa cukup menggunakan pipa 2” dengan schedule 80 yang mempunyai ketebalan pipa sebesar 5.54 mm.



Gambar 4.2 Data Pipe Information 2”-sch.80

4.3 Perhitungan Nilai Jarak Span

Support berdasarkan Maximum Stress

- Menentukan nilai modulus section pada Pipa 8”

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{do^4 - di^4}{do} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{8.625^4 - 7.09^4}{8.625} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{5533.9 - 2526}{8.625} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{3007}{8,625} \right)$$

$$Z = 34.23 \text{ in}^3$$

- Menghitung total gaya dari seluruh gaya pada pipa 8” :

$$W_{total} = (W_{pipa}) + (W_{fluida})$$

- Menghitung gaya pada pipa 8” :

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (do^2 - di^2) \times dp \times 6$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (8.625^2 - 7.09^2) \times 0.284 \times 6$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (74.39 - 50.26) \times 1.704$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (10.89) \times 1.704$$

$$W_{pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times (18.56)$$

$$W_{pipa} = 14.57 \text{ lb/ft}$$

- Menghitung gaya pada fluida :

$$W_{fluida} = \frac{1}{4} \times \pi \times (di^2 \times 6) \times df$$

$$W_{fluida} = \frac{1}{4} \times \pi \times (63.5^2 \times 6) \times 1.84$$

$$W_{fluida} = \frac{1}{4} \times \pi \times (381) \times 1.84$$

$$W_{fluida} = 550.6 \text{ lb/ft}$$

$$\diamond W_{total} = (W_{pipa}) + (W_{fluida})$$

$$= 14.57 + 550.6$$

$$= 565.16 \text{ lb/ft}$$

- Jadi, perhitungan nilai panjang Span Support pada pipa 8” :

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times Sh}{W}}$$

Diketahui :

$$Z = 0.000313 \text{ m}^3 \text{ atau } 3.13 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W = 427.2 \text{ N}$$

$$Sh = 137.9 \text{ Mpa} = 20000 \text{ lb/in}^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times 34.23 \times 20000}{565.16}}$$

$$L = \sqrt{\frac{273849.58}{565.16}}$$

$$L = \sqrt{484.55} = 22.012 \text{ ft} = 6.7 \text{ m}$$

- Menentukan nilai modulus section pada Pipa 2"

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{do^4 - di^4}{do} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{2.375^4 \times 1.937^4}{2.375} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{31.81 - 14.07}{2.375} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{17.74}{2.375} \right)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \times 7.47 = 0.733 \text{ in}^3$$

- Menghitung total gaya dari seluruh gaya pada pipa 2"

$$W_{\text{total}} = (W_{\text{pipa}}) + (W_{\text{fluida}})$$

- Menghitung gaya pada pipa 2" :

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (do^2 - di^2) \times dp \times 6$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (2.375^2 - 1.937^2) \times 0.284 \times 6$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (5.64 - 3.75) \times 1.704$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (1.89) \times 1.704$$

$$W_{\text{pipa}} = \frac{1}{4} \times \pi (3.22)$$

$$W_{\text{pipa}} = 2.52 \text{ lb/ft}$$

- Menghitung gaya fluida pada pipa 2" :

$$W_{\text{fluida}} = \frac{1}{4} \times \pi (di^2 \times 6) \times df$$

$$W_{\text{fluida}} = \frac{1}{4} \times \pi (1.937^2 \times 6) \times 1.84$$

$$W_{\text{fluida}} = \frac{1}{4} \times \pi (22.5) \times 1.84$$

$$W_{\text{fluida}} = 32.5 \text{ lb/ft}$$

$$\begin{aligned} \diamond W_{\text{total}} &= (W_{\text{pipa}}) + (W_{\text{fluida}}) \\ &= 2.52 + 32.5 \\ &= 35 \text{ lb/ft} \end{aligned}$$

- Jadi, perhitungan nilai panjang Span Support pada Pipa 2" :

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times Sh}{W}}$$

Diketahui :

$$Z = 0.000380 \text{ m}^3 \text{ atau } 1.187 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W = 72.523 \text{ N}$$

$$Sh = 137.9 \text{ Mpa} = 20000 \text{ lb/in}^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0.4 \times 0.733 \times 20000}{35}} = \sqrt{\frac{5864.2}{35}}$$

$$L = \sqrt{167.55}$$

$$L = 12.9 \text{ ft} = 3.9 \text{ m}$$

4.4 Analisa Tegangan Pipa dengan Perhitungan Manual

- Nilai Tegangan Sustained Load Pipa 8"

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot do}{4t}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{4.68 \times 219}{4 \times 8,18}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{1024.92}{32.7}$$

$$\sigma_{ip} = 31.343 \text{ Mpa} = 4546 \text{ lb/in}^2$$

- Nilai Tegangan Sustained Load Pipa 2"

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot do}{4t}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{4.68 \times 60.3}{4 \times 5.54}$$

$$\sigma_{ip} = \frac{282.2}{22.1}$$

$$\sigma_{ip} = 12.769 \text{ Mpa} = 1852 \text{ lb/in}^2$$

- Nilai dari tegangan akibat gaya axial pada setiap segmen pipa adalah sama dikarenakan gaya axial yang diakibatkan oleh pressure sama pada setiap segmen. Formula yang digunakan untuk menghitung tegangan sebagai berikut :

- Pipa 8" Outside Diameter

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times d_o^2$$

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times 219^2 = 37668.48 \text{ mm}^2$$

- Pipa 8" Inside Diameter

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times d_i^2$$

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times 203^2 = 32365.47 \text{ mm}^2$$

$$A_m = (A_o - A_i)$$

$$A_m = (37668.48 - 32365.47)$$

$$= 5303.01 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{ax} = \frac{P \cdot A_i}{A_m}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{4.68 \times 32365.47}{5303.01} = 28.563 \text{ Mpa}$$

$$= 4142.71 \text{ lb/in}^2$$

- Pipa 2" Outside Diameter

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times d_o^2$$

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times 60.3^2 = 2855.78 \text{ mm}^2$$

- Pipa 2" Inside Diameter

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times d_i^2$$

$$A_i = \frac{1}{4} \times \pi \times 49.22^2 = 1902.7 \text{ mm}^2$$

$$A_m = (A_o - A_i)$$

$$A_m = (2855.78 - 1902.7)$$

$$= 953 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{ax} = \frac{P \cdot A_i}{A_m}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{4.68 \times 1902.7}{953} = 9.3 \text{ Mpa}$$

$$= 1348.85 \text{ lb/in}^2$$

Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dan program Caesar II

	Pipe Size	Tegangan Sustained Load	Tegangan Axial
		(lb/in ²)	(lb/in ²)
CAESAR II	8"	4626.8	4555.3
	2"	1951.6	1852.1
Perhitungan Manual	8"	4546	4142.7
	2"	1852	1348.85



Grafik 4.1 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dengan program Caesar II

5 PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- Dari perbandingan di atas dengan perhitungan ketebalan yang dibutuhkan pada pipa 8" adalah 6.6 mm, dan pipa 2" adalah 4mm, maka dapat ditentukan bahwa schedule yang digunakan pada pipa 8" adalah sch.40 (8.18 mm) dan pipa 2" adalah sch. 80 (5.54 mm).
- Dari tabel 4.5, dapat disimpulkan bahwa pada Tegangan Sustain didapatkan hasil yang tidak berbeda jauh antara perhitungan manual dengan Caesar II, dalam hal ini bisa di artikan hasil analisa penulis sudah sesuai dengan specification dan kebutuhan.
- Dalam perhitungan limitasi jarak penyangga (Span Support Limit) menunjukkan bahwa jarak maksimum penyangga (Support) adalah 6.7 m pada pipa 8" dan 3.9 m pada pipa 2", sedangkan yang penulis aplikasikan terhadap penyangga support di instal tidak lebih dari span support maksimum yang dibutuhkan. Maka hasil dari Piping Designer melakukan penempatan support sudah sesuai dan tidak terjadi masalah pada perhitungan dari CAESAR II.

5.2 SARAN

- Pastikan input data ke dalam program CAESAR II adalah benar, sehingga analisa tegangan yang terjadi pada jalur pipa akan benar, karena akan mempengaruhi penempatan dan pemakaian jenis support yang akan digunakan.
- Jika tegangan paling besar atau paling kritis diketahui melebihi allowable stress material yang digunakan, segera lakukan analisis percobaan dengan cara merubah posisi support atau merubah routing pipa, sehingga over stress dapat dihindarkan
- Analisis static merupakan salah satu bagian dari analisis yang dilakukan dalam menganalisis sistem pemipaan seperti yang penulis susun.
- Program CAESAR II sangat membantu pada Piping Stress Engineer dalam melakukan analisa sistem perpipaan.

- JTM Vol. 05, No. 2, Juni 2016, Universitas Mercubuana, Jakarta.
4. Kannappan, Sam. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
 5. Specification for Piping Stress Design Basis (KTJ-EPC-00-PIP-SPC-003 2020), Kuala Tanjung
 - 6.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASME (2014). ASME B31.3-2014, Process Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31. The American Society of Mechanical Engineering, U.S.A.
2. Chamsudi, Achmad. (2005). Piping Stress Analysis. Badan Tenaga Nuklir Nasional PUSPITEK, Serpong.
3. Maulana, Arief (2016). Perhitungan Tegangan Pipa Dari Discharge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software Caesar II 5.10 Pada Proyek GasLift Compressor Station.