

Perancangan Sistem Perpipaan Untuk Fluida Mogas Dari Tangki TK0305 ke Pipa Header Suction Pompa 33LP0001

Hafid Suharyadi, Ahmad Jalaluddin Dulfi, Toegas Soegeng Soegiarto, Alfito Husni Zulfaqar
Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jl. Gajah Mada No 38 Cepu, Blora.

INFORMASI NASKAH

Diterima : 31 Mei 2022
Direvisi : 15 Juli 2022
Disetujui : 27 Juli 2022
Terbit : 28 Juli 2022

Email korespondensi:
hafid.suharyadi@esdm.go.id

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/mz/2022-1/358>

ABSTRAK

Sistem perpipaan merupakan peralatan untuk mengalirkan fluida dari satu peralatan ke peralatan lainnya. PT Jakarta Tank Terminal (JTT) yang bergerak dibidang jasa penyimpanan produk memiliki sistem perpipaan yang digunakan untuk mengalirkan produk Mogas dari tangki timbun ke mobil tangki. JTT akan melakukan pengembangan phase 2B yaitu pembangunan tangki timbun TK0305 dan sistem perpipaan sampai ke pipa *header suction* pompa 33LP0001 sepanjang 162 m pada area *tank farm* 3 dengan mengalirkan Mogas ke *truck loading bay* menggunakan kapasitas alir 750 m³/h. Sistem perpipaan harus dirancang dengan aman sesuai dengan kondisi operasi yang mengacu pada standar ASME B31.3, sehingga kebocoran dan biaya berlebih pada pembangunan sistem perpipaan tersebut dapat dihindari. Dari hasil analisis didapatkan diameter nominal pipa sebesar 14 *inchi*. Material pipa yang dipilih adalah ASTM A53 Grade B. Tebal dinding pipa yang dipilih yaitu 0,375 in (SCH 30 ST) yang mampu mengakomodasi *corrosion allowance* 0,0591 in. Jarak *support* maksimum yang didapatkan yaitu 13,526 m karena aman terhadap defleksi maupun tegangan pipa. Pada perancangan sistem perpipaan ini, fleksibilitas dari parameter dan jalur pipa yang direncanakan dapat dipenuhi. Analisis *stress* sistem perpipaan ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Caesar II dengan pembebanan *sustain*, *expansion*, *operational* dan *hydrotest* didapatkan hasil tegangan tidak melebihi *allowable stress* material pipa yaitu 30.000 *psi* sehingga sistem perpipaan dikategorikan aman untuk dioperasikan.

Kata kunci: Mogas, sistem perpipaan, ASME B31.3, analisis tegangan.

ABSTRACT

The piping system is a tool for distributing fluid from one equipment to another equipment. PT Jakarta Tank Terminal (JTT) which operates in product storage services has many piping systems that are used to distribute Mogas from storage tanks to tank cars. JTT will develop 2B phase that is the construction of TK0305 storage tank and the piping system to 33LP0001 pump suction header pipe along 162 m in the tank farm area 3 with flowing mogas to the truck loading bay using a capacity of 750m³/h. The piping system must be designed safely in accordance with the operating conditions referring to ASME B31.3 so the leakage and excessive costs in the construction of the piping system can be avoided. From the analysis, the nominal diameter of the pipe is 14 in. The selected pipe material is ASTM A53 Grade B. The selected pipe wall thickness is 0.375 in (SCH 30 ST) which accommodates a corrosion allowance of 0.0591 in. The maximum support distance is 13,526 m which is safe relating to the pipe deflection and stress. In the design of the piping system, the flexibility with the planned parameters and pipelines has been fulfilled. The stress analysis of the piping system was carried out utilizing the Caesar II with sustain, expansion, operational and hydrotest loading.

Keywords: Mogas, piping system, ASME B31.3, stress analysis

PENDAHULUAN

Sistem perpipaan sangat banyak digunakan pada semua industri yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dari suatu peralatan ke peralatan lainnya. Sistem perpipaan harus dirancang sesuai kode standar desain yang mengatur perancangan suatu sistem perpipaan. PT Jakarta Tank Terminal (JTT) adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang jasa penimbunan fluida cair. Sistem perpipaan di JTT berfungsi untuk mengalirkan fluida mogas, diesel, etanol, dan fame dari kapal tanker ke tangki timbun maupun sebaliknya atau dari tangki timbun ke mobil tangki maupun sebaliknya.

Saat ini, PT JTT sedang melakukan pengembangan *phase 2* yaitu pembangunan *tank farm 3* yang meliputi pembangunan tangki timbun dan peralatan penunjang seperti sistem perpipaan. Pengembangan *phase 2* dibagi menjadi 2 bagian yaitu *phase 2A* dan *phase 2B*. Proyek *phase 2A* telah selesai dikerjakan pada tahun 2020 dan *phase 2B* masih berada dalam tahap perencanaan. Sebanyak 3 tangki mogas yaitu TK0305, TK0307, dan TK0309 akan dibangun. Mogas dari tangki tersebut akan dialirkan ke *truck loading bay* dengan pompa yang telah tersedia dari *phase 2A* yaitu 33LP0001 dengan kapasitas alir sebesar 750 m³/h. Sebuah sistem perpipaan dirancang untuk menunjang proses penyaluran mogas tersebut.

Sistem perpipaan harus dirancang dengan aman sesuai dengan kondisi operasi. Untuk menghindari kesalahan di dalam kontruksi sistem perpipaan,

maka desain perancangan yang sesuai dengan standar ASME B31.3 dibutuhkan. Hal ini untuk menghindari kebocoran dan biaya berlebih pada pembangunan sistem perpipaan tersebut (Menon, 2015).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini yaitu studi literatur, survei lapangan, dan diskusi. Pada perancangan sistem perpipaan, parameter yang akan dianalisis adalah pemilihan materi, diameter nominal, *wall thickness*, *allowable span*, analisa tegangan manual, *pressure test*, dan simulasi analisis *stress* (Menon, 2015). dengan *Caesar II*.

PEMBAHASAN

Dalam perancangan sistem perpipaan untuk fluida mogas, penulis mempertimbangkan hasil akhir perancangan dengan memperhatikan faktor keamanan operasi. Parameter yang dibutuhkan dalam perancangan pipa adalah suhu, tekanan, kapasitas aktual, viskositas, dan *specific gravity*. Pemilihan material berdasarkan sifat korosi dari komposisi fluida yang dialirkan dengan mengacu pada standar API 12J.

A. Data Perancangan Sistem Perpipaan

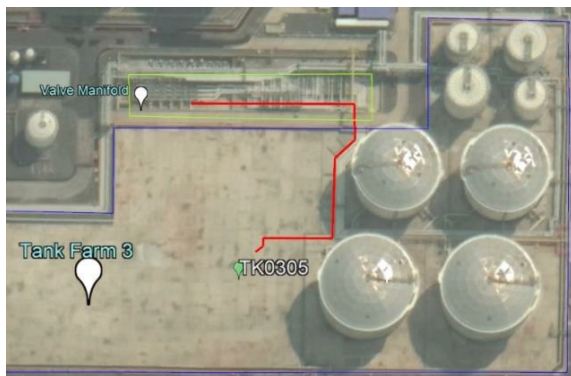
Data perancangan sistem perpipaan untuk mogas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Perancangan Sistem Perpipaan untuk Mogas

Parameter	Nilai
Temperatur Operasi	30°C
Temperatur Desain	80°C
Tekanan Operasi	1 atm
Tekanan Desain	10 bar
Kapasitas Alir	750 m ³ /h
Specific Gravity (@ 60°F)	0,770
Viscosity (@ 104°F)	0,58 cp
Panjang Pipa	162 m
Corrosion Allowance	1,5 mm

B. Layout Sistem Perpipaan

Layout sistem perpipaan dibuat dengan mempertimbangkan data dan hasil survei di lapangan. Sistem perpipaan akan berada di dalam area tank farm 3 dan valve manifold (lihat Gambar 1).



Gambar 1 Layout Sistem Perpipaan

Selain itu, kode jalur perpipaan diberikan untuk mempermudah dalam monitoring bila terdapat masalah dan ditindaklanjuti dengan penanganannya pada sistem perpipaan. Kode pada jalur perpipaan yang akan dirancang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Jalur Perpipaan

Kode Jalur Perpipaan	Keterangan
PL-030501-14-150A1	Berada di tank pit 03
PL-030502-14-150A1	Berada di valve manifold

Keterangan untuk kode jalur perpipaan PL-030501-14-150A1:

- PL = Product Line
- 030501 = Kode Jalur

- 14 = Diameter Pipa (in)
- 150A1 = Kode untuk Pipa Produk

C. Pemilihan Material

Beberapa parameter menjadi pertimbangan dalam pemilihan material sistem perpipaan yaitu suhu desain 80°C (176°F), tekanan desain 10 bar, dan memiliki kapasitas alir fluida 750 m³/h. Tabel 3 memuat spesifikasi material yang dapat dipilih untuk instalasi sistem perpipaan (Antaki, 2003).

Tabel 3. Spesifikasi Material yang dipilih untuk Instalasi Sistem Perpipaan

Komponen	Spesifikasi Material
Pipa	SA – 53 Gr B
Flange	SA – 105
Fitting	SA – 234 WPB
Bolt & Nut	SA – 193 Gr B7 with SA – 194 Gr 2H

Material yang dipilih adalah carbon steel karena relative murah dan tersedia di pasaran.

D. Desain Sistem Perpipaan

Desain sistem perpipaan dilakukan dengan menghitung diameter ekonomis, menghitung tebal minimum pipa, fleksibilitas, jarak support, tegangan sistem perpipaan, tegangan dinding pipa, dan pressure tests.

• Perhitungan Diameter Ekonomis

Perhitungan diameter pipa yang digunakan untuk fluida cair dalam kondisi turbulensi dapat dilihat pada Persamaan 1 (Menon, 2015).

$$D_e = 0,276 \times Q^{0,479} \times S^{0,142} \times \mu^{0,027} \quad (1)$$

Keterangan:

- D_e = Diameter Nominal Ekonomis Pipa, (in);
- Q = Kapasitas Alir dari Fluida Cair, (gpm);
- S = Specific Gravity pada Temperatur Alir;
- μ = Viskositas Aliran Fluida (cp).

• Perhitungan Tebal Pipa

Tebal minimum pipa dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 (ASME, 2019).

$$t_m = \frac{P \times D}{2 (SEW + PY)} \quad (2)$$

Keterangan:

t_m = Tebal Minimum yang Diizinkan, in;
 P = Internal Pressure, psig;
 D = Outside Diameter, in;
 S = Allowable Stress Material, psi;
 E = Longitudinal Joint Factor;
 W = Weld Joint Reduction factor;
 Y = Koefisien Material Pipa.

Untuk pemesanan dimensi pipa di pasaran, tebal pipa dapat ditentukan dengan Persamaan 3 (ASME, 2019).

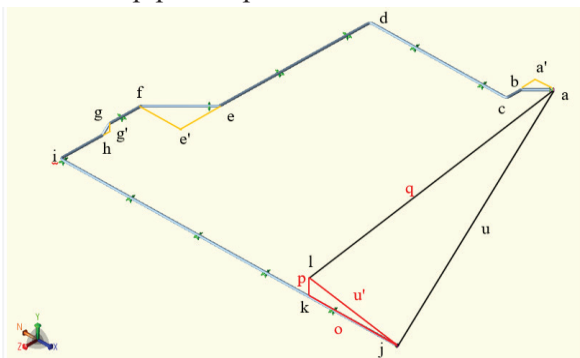
$$t_{order} = (t_m + C)(1 + F) \quad (3)$$

Keterangan:

t_{order} = Tebal Dinding Pipa yang Dipesan, in;
 t_m = Tebal Minimum yang Diizinkan, in;
 C = Corrosion Allowance, in;
 F = Faktor Toleransi, (0,125) untuk diameter nominal pipa sampai dengan 20 in dan (0,10) untuk diameter nominalnya di atas 20 in.

• Perhitungan Flexibility

Dari perhitungan flexibility yang dilakukan, untuk mengetahui keamanan operasi pada suatu sistem perpipaan diperoleh gambaran lay out *Flexibility* Sistem Perpipaan seperti Gambar 3.2.



Gambar 2. Flexibility Sistem Perpipaan

Flexibility merupakan salah satu faktor yang diperhatikan untuk mencegah tegangan akibat beban *expansi termal*, kontraksi atau pergerakan dari support pipa. Sistem perpipaan ini terdiri dari 2 fiksasi dengan diameter yang sama. Perhitungan *flexibility* sistem perpipaan dilakukan dengan menggunakan Persamaan 4 (ASME, 2019).

$$\frac{Dxy}{(L-U)^2} \leq 30 \frac{S_A}{E_a} \quad (4)$$

Keterangan:

D = Outside Diameter, in;
 L = Panjang Total Pipa, ft;
 y = Panjang Resultan Pipa, in;
 U = Jarak antar Pengikat Pipa, ft;
 S_A = Allowable Stress, psi;
 E_a = Modulus Elastisitas untuk Kondisi Dingin, psi.

• Perhitungan Jarak Supports

Perhitungan jarak *supports* dilakukan dengan tujuan untuk menahan pembebanan termal maupun menahan beban yang diterima pipa, seperti beban pipanya itu sendiri, beban fluida yang mengalir, dan aksesoris yang melekat pada rangkaian sistem perpipaan. Perhitungan Jarak *supports* dilakukan dengan dua cara yaitu berdasarkan defleksi (Persamaan 5) dan berdasarkan tegangan (Persamaan 6) (Vakharia, 2009).

o Berdasarkan Defleksi

$$Span = \sqrt[4]{\frac{\Delta \times E \times I}{13,5 \times W_{total}}} \quad (5)$$

o Berdasarkan Tegangan

$$Span = \sqrt{\frac{0,4 \times Z \times S_h}{W_{total}}} \quad (6)$$

Keterangan:

Δ = Faktor Defleksi Pipa;
 E = Modulus Elastisitas, psi;
 I = Momen Inersia Penampang Pipa, in⁴;
 Z = Section Modulus Pipa, in³;
 S_h = Kekuatan Tarik Material pada Suhu Operasi, psi;
 W_{total} = Berat Total Pipa, lb/ft.

• Perhitungan Tegangan pada Sistem Perpipaan

Perhitungan tegangan jaringan sistem perpipaan dilakukan pada *elbow* 90°. Pembebanan tepat berada pada *node* yang telah dianalisis untuk menghitung tegangan. Nilai pembebanan per *leg* dapat dilihat pada Tabel 4 (Antaki, 2003).

Tabel 4. Nilai Pembebanan Elbow 90°

Titik	Komponen	Leg	M_x (lbf.ft)	M_y (lbf.ft)	M_z (lbf.ft)
C	Main Line	1	2.063	10.347	2.768
	Main Line	2	-1.670	-12.168	-2.600
D	Main Line	1	1.475	-16.115	918
	Main Line	2	-10.772	16.572	13
I	Main Line	1	2.064	-7.608	578
	Main Line	2	-203	7.728	-1.361

Sumbu x menjadi *inplane moment*, sumbu y mejadi *torsional moment*, dan sumbu z menjadi *outplane moment*. Nilai tegangan aksial resultan, tegangan bending resultan, tegangan torsi resultan, dan tegangan gabungan masing-masing dapat dihitung dengan Persamaan 7, 8, 9, dan 10 (ASME, 2019).

Tegangan Aksial Resultan:

$$S_a = \frac{I_a \cdot F_a}{A_p} \quad (7)$$

Tegangan Bending Resultan:

$$S_b = \frac{\sqrt{(i_i m_i)^2 + (i_o m_o)^2}}{Z} \quad (8)$$

Tegangan Torsi Resultan:

$$S_t = \frac{M_t}{2Z} \quad (9)$$

Tegangan Gabungan:

$$S_E = \sqrt{(|S_a| + S_b)^2 + (2S_t)^2} \quad (10)$$

Keterangan :

- S_E = Tegangan Ekspansi Termal, psi;
- S_a = Tegangan Aksial, psi;
- S_b = Tegangan Bengkok, psi;
- S_t = Tegangan Torsi, psi.
- I_a = Axial Stress Intensification Factor, ($I_a=I_o$);
- F_a = Gaya Axial, lb;
- A = Luas Penampang Pipa, in².
- i_i = In-plane Stress Intensification Factor in Accordance;
- i_o = Out-plane Stress Intensification Factor in Accordance;

- m_i = In-plane Bending Moment, lb.in;
- m_o = Out-plane Bending Moment, lb.in;
- M_t = Momen Torsi, lb.in;
- Z = Section Modulus Pipa, in³;

• **Perhitungan Tegangan pada Dinding Pipa**

Analisis tegangan yang terjadi pada dinding pipa meliputi perhitungan atas tegangan longitudinal akibat gaya aksial (Persamaan 11), tegangan tekanan dalam pipa (Persamaan 12), tegangan tekuk (Persamaan 13), tegangan tangensial (Persamaan 14), dan tegangan radial (Persamaan 15) (ASME, 2019).

o Tegangan Longitudinal Akibat Gaya Aksial

$$S_{ax} = \frac{F_{ax}}{A_m} = \frac{P \times A_i}{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)} \quad (11)$$

Keterangan:

- S_{ax} = Tegangan Longitudinal, psi;
- F_{ax} = Gaya Dalam Aksial, lb;
- A_m = Luas Penampang Pipa, in².

o Tegangan Tekanan Dalam Pipa

$$S_i = \frac{P \cdot d_o}{4 \cdot t} \quad (12)$$

Keterangan:

- S_i = Tegangan Longitudinal, psi;
- P = Tekanan Dalam Pipa, psi;
- d_o = Diameter Luar Pipa, in;
- t = Ketebalan Pipa, in.

o Tegangan Tekuk

$$S_b = \frac{M_b \times c}{I} = \frac{M_b \times R_o}{I} = \frac{M_b}{Z} \quad (13)$$

Keterangan :

- S_b = Tegangan Longitudinal, psi;
- M_b = Momen Lentur, lb.in;
- Z = Section modulus pipa, in³.

o Tegangan Tangensial

$$S_h = \frac{P \cdot d_o}{2t} \quad (14)$$

Keterangan:

- S_h = Tegangan Circumferencial, psi;

P = Tekanan Desain Pipa, psi;
 d_o = Diameter Luar Pipa, in;
 t = Tebal Dinding Pipa, in.

o Tegangan Radial

$$S_r = \frac{P_i \left(\frac{r_i^2 - r_o^2}{r^2} + \frac{r_o^2}{r^2} \right)}{(r_o^2 - r_i^2)} \quad (15)$$

Keterangan:

S_r = Tegangan Radial, psi;
 P_i = Tekanan dalam Fluida, psi;
 r_i = Jari – Jari Dalam Pipa, in;
 r_o = Jari – Jari Luar Pipa, in;
 r = Radius Dinding Pipa, ($r : r_i, r : r_o$).

• Pressure Tests

Pressure tests dilakukan dengan metode *pneumatic test* dan *hydrostatic test*. Perhitungan tekanan pada *pneumatic test* dan *hydrostatic test* masing-masing mengikuti Persamaan 16 dan 17 (ASME, 2019).

o *Pneumatic Test*

$$P_T = 1,5 \times \frac{P \times S_T}{S} \quad (16)$$

Keterangan:

P_T = Tekanan Tes Minimum, psig;
 P = Tekanan Desain Dalam, psig;
 S_T = *Allowable Stress* pada temperatur pengetesan, psi;
 S = *Allowable Stress* pada temperatur desain, psi.

o *Hydrostatic Test*

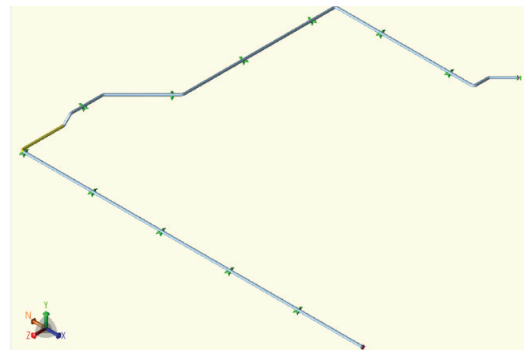
$$P_T = 1,1 \times P_D \quad (17)$$

Keterangan:

P_T = Tekanan Tes Minimum, psig;
 P_D = Tekanan Desain Dalam, psig.

E. Analisis Tegangan Menggunakan Caesar II

Pemodelan yang menggunakan *software pipe stress analysis* dilakukan dan didapatkan hasil *layout* pada Gambar 3.



Gambar 3 . Pemodelan Sistem Perpipaan

Data input yang digunakan untuk analisis tegangan akibat beban *sustain*, ekspansi termal, operasi dan *hydrostatic* pada sistem perpipaan untuk fluida mogas dapat dilihat pada Tabel 5.

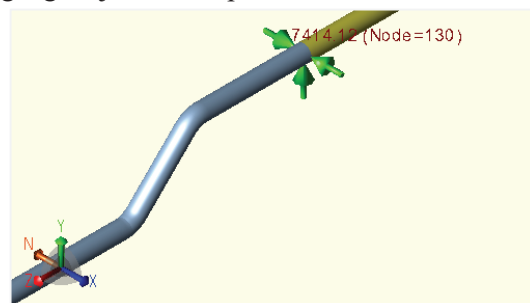
Tabel 5. Data Input pada Pemodelan Sistem Perpipaan

Parameter Data Input	Nilai
Material Pipa	ASTM 53 Grade B
Diameter Pipa	14 in
Schedule	30 (0,375 in)
Suhu Desain	176°F
Tekanan Desain	145,038 lb/in ²
Hydro Pressure	217,557 lb/in ²
Fluida Density	0,02782 lb/in ³
Corrosion Allowance	0,0049 ft
Jarak Support	44.836 ft

Hasil data tegangan yang diperoleh dituangkan ke dalam Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

• Beban Sustain

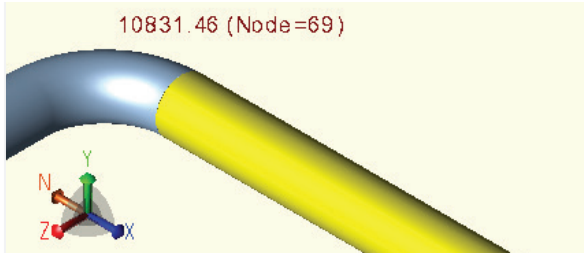
Beban *sustain* terjadi karena adanya beban berat pipa, *fitting*, *flange*, berat dari fluida yang dialirkan, dan tekanan fluida yang akan selalu ada selama pipa beroperasi. Berdasarkan hasil analisis, sistem perpipaan yang dirancang dikategorikan aman dari kegagalan akibat beban *sustain*. Tegangan terbesar terjadi pada *node* 130 adalah 7.414,12 psi dengan tegangan ijin 20.000 psi.



Gambar 4. Letak *Node* 130 sebagai Tegangan Terbesar Disebabkan Beban *Sustain*

• **Beban Ekspansi Termal**

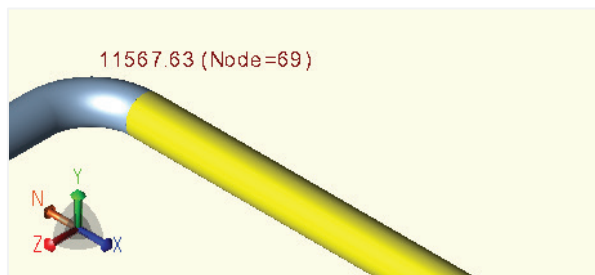
Beban ekspansi termal terjadi karena pipa mengalami pemuaian atau penyusutan akibat suhu operasi yang tertahan. Berdasarkan hasil analisis, sistem perpipaan yang dirancang dikategorikan aman dari kegagalan akibat beban ekspansi termal. Tegangan terbesar terjadi pada *node* 69 adalah 10.831,46 psi dengan tegangan ijin 48.143 psi.



Gambar 5. Letak *Node* 69 Sebagai Tegangan Terbesar Disebabkan Beban Ekspansi Termal

• **Beban Operasi**

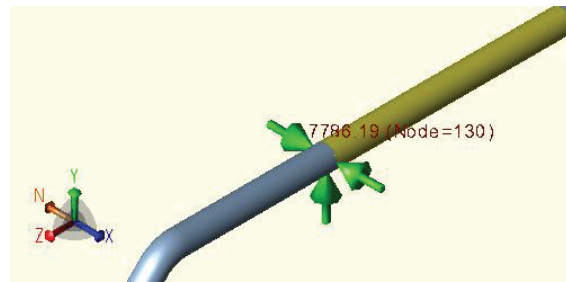
Beban operasi adalah kombinasi dari beban *sustain* dan beban ekspansi termal. Berdasarkan hasil analisis, sistem perpipaan yang dirancang dikategorikan aman dari kegagalan akibat beban operasi. Tegangan terbesar terjadi pada *node* 69 adalah 11.567,63 psi. dengan tegangan ijin 20.000 psi.



Gambar 6. Letak *Node* 69 Sebagai Tegangan Terbesar Disebabkan Beban Operasi

• **Hydrostatic Test**

Hydrostatic test merupakan sebuah pengujian kekuatan pada sistem perpipaan. Berdasarkan hasil analisis, sistem perpipaan yang dirancang memiliki tegangan terbesar pada *node* 130 adalah 7.786,19 psi dengan tegangan ijin 35.000psi. Seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Letak *Node* 130 Sebagai Tegangan Terbesar Akibat *Hydrostatic Test*

F. Perancangan Pengelasan

Dalam proses instalasi sistem perpipaan, proses pengelasan harus dirancang dengan baik sesuai dengan prosedur. Proses pengelasan yang dipilih pada instalasi sistem perpipaan ini yaitu GTAW dan SMAW. GTAW dilakukan untuk *root* dan *layer* kedua karena proses ini memiliki hasil pengelasan yang sangat baik. Selain itu, gas yang digunakan yaitu argon melindungi daerah sekitar dari udara sehingga pengotor dapat dicegah dan tidak menghasilkan percikan api sehingga kotoran yang dibersihkan sedikit. Selanjutnya SMAW dilakukan untuk *layer* selanjutnya karena proses ini memiliki harga yang murah serta fleksibel dalam pengerjaannya. Selain pemilihan jenis pengelasan, hal-hal berikut ini diperhatikan dalam proses pengelasan.

• **Jenis Sambungan Pengelasan**

Jenis sambungan yang dipilih pada instalasi sistem perpipaan ini adalah *v butt joint*.

• **Posisi Pengelasan**

Posisi pengelasan yang akan diaplikasikan ke instalasi sistem perpipaan direncanakan untuk semua posisi pengelasan.

• **Filler Metal**

Elektroda (*filler metal*) ditentukan dengan mempertimbangkan *tensile base* material yang digunakan dalam konstruksi. Nilai *tensile filler metal* harus sama atau di atas nilai *tensile* dari *base metal* yang digunakan, sebagai berikut (Antaki, 2003):

- o Pipa dengan Pipa: SA – 53 Gr B dengan SA – 53 Gr B (60.000 psi – 60.000 psi)
- o Pipa dengan *Flange*: SA – 53 Gr B dengan SA – 234 WPB (60.000 psi – 60.000 psi)
- o Pipa dengan *Fitting*: SA – 53 Gr B dengan SA – 105 (60.000 psi – 70.000 psi)

Berdasarkan data nilai *tensile base metal* di atas, spesifikasi *filler metal* dengan *tensile* minimum elektroda 70.000 psi yang dipilih. Pada WPS elektroda yang digunakan untuk GTAW ER70S-6 dan SMAW E7018, maka sudah memenuhi kriteria pemilihan elektroda.

G. Perancangan Non-Destructive Test (NDT)

Setelah proses pengelasan pada sistem perpipaan selesai, pemeriksaan secara NDT dilakukan. Menurut ASME B31.3 untuk layanan normal fluida, pemeriksaan dapat dilakukan dengan visual secara random untuk memastikan tidak ada kecacatan dan *radiographic test* dengan ketentuan tidak boleh kurang dari 5% *circumferential butt welds*. Selanjutnya, ASME B31.3 menjelaskan bahwa *acceptance criteria for weld* pada pemeriksaan dengan visual dan *radiographic* yaitu *crack, lack fusion, incomplete penetration, undercutting, concave surface, concave root, burn through, linear indication, dan rounded indication*.

H. Pengendalian Korosi

Korosi adalah suatu proses mekanisme degradasi material yang dapat mempengaruhi daya tahan dan integritas sistem perpipaan. Sistem perpipaan yang dirancang akan berada di atas tanah dengan bantuan penyangga / *support* dan fluida yang dialirkan merupakan produk hasil pengolahan yang sudah jadi yaitu mogas. Korosi yang akan terjadi pada sistem perpipaan yang dirancang merupakan *uniform/general corrosion* pada sisi luar pipa dikarenakan posisi pipa berada di atas tanah dan disanggah sehingga *coating* yang digunakan pada sistem perpipaan berupa *painting* yaitu pelapisan dengan menggunakan cairan kimia atau cat.

I. Hasil Perancangan Sistem Perpipaan

Tabel 6 menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan perancangan sistem perpipaan. Adapun Tabel 7 menunjukkan rekapitulasi hasil analisis tegangan menggunakan *Caesar II*.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Perancangan Sistem Perpipaan

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
<i>Nominal Pipe Size</i>	NPS	14	in
<i>Thickness</i>	t	0,375	in
<i>Flexibility</i>		$0,000263 \leq 0,03061$	
<i>Allowable Span</i>	$L_{defleksi}$	13,526	m
	$L_{tegangan}$	20,149	m
Tegangan pada Elbow 90° di titik C (<i>Leg 1</i>)	S_a	3.056	psi
	S_b	2.051	psi
	S_t	1.165	psi
	S_E	5.614	psi
Tegangan pada Elbow 90° di titik C (<i>Leg 2</i>)	S_a	3.056	psi
	S_b	1.813	psi
	S_t	1.369	psi
	S_E	5.586	psi
Tegangan pada Elbow 90° di titik D (<i>Leg 1</i>)	S_a	3.506	psi
	S_b	1.101	psi
	S_t	1.814	psi
	S_E	5.518	psi
Tegangan pada Elbow 90° di titik D (<i>Leg 2</i>)	S_a	3.056	psi
	S_b	7.140	psi
	S_t	1.866	psi
	S_E	10.858	psi
Tegangan pada Elbow 90° di titik I (<i>Leg 1</i>)	S_a	3.506	psi
	S_b	1.405	psi
	S_t	856	psi
	S_E	4.778	psi
Tegangan pada Elbow 90° di titik I (<i>Leg 2</i>)	S_a	3.056	psi
	S_b	764	psi
	S_t	870	psi
	S_E	4.198	psi
Tegangan Longitudinal akibat Gaya Aksial	S_{ax}	4.153	psi
Tegangan Tekanan dalam Pipa	S_i	1.354	psi
Tegangan Tekuk	S_b	500	psi
Tegangan Tangensial	S_h	2.707	psi
Tegangan Radial	S_{ri}	-145,038	psi
	S_{ro}	0	psi
<i>Pneumatic Test</i>	P_T	159,5/11	psi/bar
<i>Hydrostatic Test</i>	P_T	217,6/15	psi/bar

Tabel 7. Analisis Tegangan Menggunakan Caesar II

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Beban Sustain pada <i>node</i> 130	S_s	7.412,12	psi
Beban Ekspansi Termal pada <i>node</i> 69	S_e	10.831,46	psi
Beban Operasi pada <i>node</i> 69	S_o	11.567,63	psi
Beban <i>Hydrostatic Test</i> pada <i>node</i> 130	S_{ht}	7.786,19	psi

Vakharia, D. P., & Farooq, M. A. (2009). Determination of maximum span between pipe supports using maximum bending stress theory. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(6), 46.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sistem perpipaan dari tangki TK0305 ke pipa *header suction* pompa 33LP0001, sistem perpipaan yang dirancang memiliki kode PL-030501-14-150A1 dan PL-030502-14-150A1 dengan panjang 162 m. Spesifikasi material yang dipilih ASTM A53 Grade B dengan *Nominal Pipe Size (NPS)* 14 in. *Thickness* pipa yang dipilih adalah sebesar 0,375 in. *Flexibility* dapat dipenuhi dengan *layout* yang telah ditentukan. Adapun jarak *support* yang dipilih adalah 13,526 m supaya aman akibat defleksi maupun tegangan. *Pressure tests* dilakukan dengan menggunakan *pneumatic test* dengan tekanan 11 bar dan *hydrostatic test* dengan tekanan 15 bar. Tegangan dan nilai tegangan yang dihasilkan pada masing – masing *load case* tidak bernilai lebih dari *allowable stress* kombinasi material dan suhu operasi pipa sehingga sistem perpipaan ini dikategorikan aman. Proses pengelasan yang dipilih yaitu GTAW dan SMAW dengan spesifikasi elektroda minimum *tensile* 70.000 psi. NDT yang digunakan yaitu *visual test* dan *radiographic test*.

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Mechanical Engineers. (2019). *ASME B31. 3-2018: Process Piping: ASME Code for Pressure Piping, B31*. American Society of Mechanical Engineers.

Antaki, G. A. (2003). *Piping and pipeline engineering: design, construction, maintenance, integrity, and repair*. CRC Press

Shashi Menon, E. (2015). Fluid Flow in Pipes. *Transmission Pipeline Calculations and Simulations Manual*, 149-234.

