

ANALISIS BENTUK DAN KEKUATAN SUPPORT PIPA PADA REINJECTION LINE AKIBAT ADANYA PENAMBAHAN CONTROL VALVE DI PLANT 3 TRAIN C PT. BADAQ LNG

ANALYSIS OF SUPPORT PIPE SHAPE AND STRENGTH ON REINJECTION LINE DUE TO ADDING CONTROL VALVE IN PLANT 3 TRAIN C PT. BADAQ LNG

Arifad Rahman¹⁾, Mastiadi Tamjidillah¹⁾

¹⁾Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
email: arifat.rahman@gmail.com*, mastiadit@ulm.ac.id

Received:
26 Juni 2023

Accepted:
14 Oktober
2023

Published:
14 Oktober
2023

Abstract

This study aims to analyze the shape and strength of pipe support in the LGP reinjection pipeline line at PT. BADAQ LNG due to the increase in sustained loads that occur due to the addition of the control valve. The pipe line before and after the addition of the control valve is redesigned for voltage comparison, then the maximum load obtained is calculated due to the addition of a control valve that is sustain load 172.93 N/mm² and expansion load of 7.72 N/mm². While the maximum load is calculated because the addition of a control valve with pipe support is a sustain load of 97.84 N/mm² and expansion load of 8.88 N/mm². While the allowable value of A33-6 material itself is sustain 137.90 N/mm² and expansion of 206.84 N/mm². After it is known that the sustain voltage increase exceeds the allowable material limit, it is necessary to add one more pipe support to hold the reinjection pipe line. Additional pipe shoe support using ASTM A36 standard material with a thickness of 4 mm. Maximum stress on the control valve calculated after the analysis is 66.49 MPa with an allowable material of 250 MPa so that the control valve is safe.

Keywords: Sustain Load, Expansion Load, Pipe Support, Control Valve

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bentuk dan kekuatan penopang pipa pada jalur pipa reinjeksi LGP di PT. BADAQ LNG akibat kenaikan beban berkelanjutan yang terjadi akibat penambahan control valve. Saluran pipa sebelum dan sesudah penambahan control valve didesain ulang untuk perbandingan tegangan, kemudian dihitung beban maksimum yang didapat akibat penambahan control valve yaitu beban sustain 172,93 N/mm² dan beban ekspansi 7,72 N/mm². Sedangkan beban maksimum dihitung karena penambahan control valve dengan penyangga pipa adalah beban sustain sebesar 97,84 N/mm² dan beban ekspansi sebesar 8,88 N/mm². Sedangkan nilai ijin material A33-6 sendiri adalah sustain 137,90 N/mm² dan ekspansi 206,84 N/mm². Setelah diketahui kenaikan tegangan sustain melebihi batas material yang diijinkan, maka perlu ditambahkan satu buah penyangga pipa lagi untuk menahan jalur pipa reinjeksi. Tambahan penyangga sepatu pipa menggunakan bahan standar ASTM A36 dengan ketebalan 4 mm. Tegangan maksimum pada control valve yang dihitung setelah analisa adalah 66,49 MPa dengan bahan yang diijinkan sebesar 250 MPa sehingga control valve aman.

Kata kunci: Beban Sustain, Beban Expansion, Pipa Pendukung, Katup Pengatur

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v6i1.9324

How to cite: Rahman, A., & Tamjidillah, M., "Analisis Bentuk Dan Kekuatan Support Pipa Pada Reinjection Line Akibat Adanya Penambahan Control Valve Di Plant 3 Train C PT. Badak LNG". JTAM ROTARY, 6(1), 1-14, 2024.

PENDAHULUAN

Gas alam saat ini menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan manusia. Peningkatan permintaan akan gas alam semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Hal ini menjadikan gas alam sebagai pemeran penting memasok kebutuhan energi dalam kehidupan manusia. Badak LNG adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri pengolahan gas alam dengan produk berupa *Liquefied Natural Gas* (LNG) dan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). Berlokasi di Bontang Kalimantan Timur, Badak LNG berdiri sejak 26 November 1974 dari proyek kerjasama antara Pertamina, VICO, JILCO, dan Total E&P Indonesia. Badak LNG merupakan salah satu perusahaan pengolah gas alam terbesar di dunia yang menghasilkan gas alam cair. Gas alam ini diperoleh dari sumur-sumur yang terletak di Muara Badak atau kurang lebih 57 km dari lokasi kilang PT Badak LNG.

Untuk mengolah gas alam kilang PT Badak LNG memiliki delapan buah proses *train* (A-H). Setiap *train* memiliki lima buah *plant* untuk memproduksi LNG dan LPG antara lain, Unit Pemisah CO₂, Unit Penghilangan H₂O dan H₂, Unit *Fraksinasi*, Unit *Refrigerasi*, dan Unit Pencairan Gas Alam. Walaupun setiap *train* memiliki konstruksi yang serupa dan pengolahan yang sama, namun kapasitas setiap *train* berbeda-beda.

Plant 3 merupakan salah satu *plant* yang berfungsi sebagai unit *fraksinasi* pada *train* C. Gas alam yang telah bersih dari kontaminasi akan dipisahkan menjadi berbagai macam Fraksi, yaitu metana, etana, propana, dan butana. LPG dari tangki di-reinjeksikan ke Plant 3 untuk menentukan kadar propana dan butana yang menjadi LNG dialirkan melalui *line* pipa reinjeksi LPG yang telah ditentukan. Namun, saat ini jalur pipa reinjeksi LPG masih menggunakan cara manual dalam pembukaan dan penutupan LPG, yakni menggunakan *valve* manual. Hal ini tentu menimbulkan banyak kerugian salah satunya kesulitan dalam mengatur pembukaan dan penutupan aliran LPG sesuai kebutuhan *plant*.

Mengatasi hal ini, dilakukan pengembangan berupa penambahan *line* pipa baru yang dilengkapi *control valve* atau *remote valve* untuk mempermudah pengaturan keluar masuk LPG. Namun penambahan *line* pipa baru ini malah menyebabkan distribusi tegangan yang terjadi diluar batas yang diizinkan material dan perlu dilakukan penambahan *support* untuk mengurangi tegangan yang terjadi. Dalam hal ini perlu dilakukan analisis distribusi tegangan serta bentuk dan kekuatan *support* pada penambahan *line* pipa tersebut untuk mengetahui apakah tegangan yang diterima oleh pipa masih dalam batas tegangan yang diijinkan oleh material pipa. Dari paparan tersebut maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Bentuk Dan Kekuatan *Support* Pipa Pada *Reinjection Line* Akibat Adanya Penambahan *Control Valve* Di Plant 3 Train C PT BADAQ LNG”.

Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan merupakan salah satu metode transportasi yang membawa suatu benda dari satu titik ke titik yang lain. Pada umumnya dalam sistem perpipaan lebih banyak digunakan untuk mengalirkan fluida (cair atau gas). Dalam dunia industri, sistem perpipaan dibagi menjadi dua kategori berdasarkan tujuan penggunaannya, yaitu pipa jaringan (*pipeline*) dan perpipaan proses (*process piping*). Jalur perpipaan (*pipeline*) berfungsi untuk mentransportasikan fluida dari sumber (*sources*) seperti *reservoir*, *steam plant*, sumur minyak dan gas, dan unit pengolahan menuju pusat distribusi lokal. Sedangkan perpipaan proses berfungsi untuk mentransportasikan fluida antar fasilitas pabrik dalam suatu proses pembuatan suatu produk atau dalam proses pembangkitan tenaga.

Dalam perancangan sistem perpipaan harus memperhatikan beberapa aspek kelayakan seperti segi teknis maupun ekonomis. Aspek teknik perancangan sistem

perpipaan dapat ditinjau dari segi mekanis perancangan perpipaan. Segi mekanis tersebut akan menunjang perancangan perpipaan untuk tetap pada *range* aman dengan cara melakukan analisis tegangan. Kelayakan segi mekanis juga diatur oleh *Code and Standard* yang berlaku guna menjamin keamanan dan keselamatan saat sistem perpipaan dioperasikan. Sedangkan aspek ekonomis dimana dalam perancangan sistem perpipaan bergantung dengan kebijakan finansial dari perusahaan atau industry dengan tetap didasari kelayakan dari segi mekanis.

Beban Pada Sistem Perpipaan

Saat pengoperasiannya sistem perpipaan akan mengalami berbagai macam beban meliputi beban *sustain*, beban ekspansi, beban operasi, dan beban *occasional*. Setiap beban pada sistem perpipaan diakibatkan oleh pembebanan yang berbeda-beda tergantung dari kondisi situasi operasi pada sistem perpipaan itu sendiri maupun dari lingkungan di sekitar sistem perpipaan. Untuk menghasilkan rancangan sistem perpipaan yang aman, pada saat proses perancangan dan analisa sistem harus memperhatikan setiap komponen beban baik yang berasal dari beban internal maupun beban eksternal dalam melakukan perhitungan tegangan yang terjadi.

Dalam perhitungan beban pipa, nilai yang diambil hanya nilai maksimum atau tertinggi yang terjadi pada pipa untuk memperoleh hasil analisa tegangan yang akurat sehingga dapat diketahui apakah sistem perpipaan tersebut berada pada kondisi operasi yang aman atau tidak aman. Berikut ini beberapa jenis beban yang biasa terjadi pada sistem perpipaan.

Beban Sustain (*Sustain Load*)

Beban *sustain* adalah beban yang dialami secara terus menerus pada instalasi perpipa. Beban sustain merupakan gabungan beban yang diakibatkan karena tekanan internal fluida dan berat pipa itu sendiri. Pada perancangan perpipaan, rancangan yang dibuat harus mampu menerima beban berat pipa dan beban berat dari fluida yang mengalir di sistem perpipaan itu sendiri. Beban tekanan lebih berpengaruh pada tegangan yang terjadi pada dinding pipa dibandingkan tegangan yang terjadi pada tumpuan. Hal tersebut diakibatkan karena beban akibat tekanan dinetralisasi oleh tegangan pada dinding pipa. Perpipaan pada umumnya mendapatkan tekanan internal dari fluida yang mengalir di dalamnya. Dari tekanan internal tersebut akan dilakukan perhitungan tegangan yang terjadi.

$$S_L = \frac{P d_o}{4 t} + \frac{\sqrt{(I_i M_i)^2 + (I_o M_o)^2}}{Z} \quad (1)$$

Dengan:

- S_L = Sustain load (psi)
- P = Operation pressure (psi)
- d_o = Actual outside diameter (in)
- t = Tebal dinding pipa (in)
- M_i = In-plane bending moments (ft-lb)
- M_o = In-plane bending moments (ft-lb)
- I_i = Indeks beban *sustain in-plane*, dalam keadaan keterbatasan data
 I_i dianggap lebih besar dari (0,75*i*) atau 1
- I_o = Indeks beban *sustain out-plane*, dalam keadaan keterbatasan data
 I_o dianggap lebih besar dari (0,75*i*) atau 1
- Z = Modulus penampang pipa (in³)

$$= \frac{0.0982 (d_o^4 - d_i^4)}{d_o}$$

Beban Ekspansi (*Expansion Load*)

Beban ekspansi adalah beban yang timbul akibat adanya ekspansi termal pada sistem perpipaan. Beban ekspansi termal dapat dibagi menjadi:

1. Beban ekspansi termal akibat pembatasan gerak oleh tumpuan saat pipa mengalami ekspansi.
2. Beban termal akibat perbedaan temperatur yang besar dan sangat cepat dalam dinding pipa sehingga mampu menimbulkan tegangan.
3. Beban akibat perbedaan koefisien ekspansi pipa yang tersusun dari dua atau lebih material logam yang berbeda.

Adapun besarnya beban ekspansi pada pipa akibat adanya perbedaan temperatur dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_E = \sqrt{S_b^2 + 4S_t^2} \quad (2)$$

Dengan:

- S_E = *Expansion stress* (psi)
 S_t = *Torsional stress* (psi)
 S_b = *Resultant Bending Stress* (psi)

Beban Operasi (*Operation Load*)

Beban operasi adalah beban yang diterima oleh pipa selama kondisi operasi berlangsung, beban ini merupakan kombinasi dari beban *sustain* dan beban ekspansi termal.

$$\text{Beban Operasi} = \text{Beban Sustain} + \text{Beban Ekspansi} \quad (3)$$

Beban Berkala (*Occasional Load*)

Beban berkala adalah beban yang terjadi kadang-kadang pada sistem perpipaan selama operasi normal. Beban berkala dapat diartikan pula sebagai beban sistem perpipaan yang terjadi dalam sebagian periode dari total periode operasi sistem perpipaan. Beban berkala yang sering diperhatikan dalam perancangan sistem perpipaan. Ada beberapa hal yang dapat menimbulkan beban *occasional*, yaitu antara lain:

1. Salju, terjadi pada sistem perpipaan yang terletak pada tempat yang mengalami musim salju. Salju yang sangat tebal pada bagian tertentu pipa akan menimbulkan bebanan berat berlebih yang harus ditahan oleh pipa.
2. Fenomena alam, contohnya gempa bumi dan angin topan akan menimbulkan eksistasi terhadap pipa yang bersifat dinamik. Sistem perpipaan harus dianalisa dinamik untuk mengetahui distribusi berat berlebih yang harus ditahan oleh pipa.

Unusual plan operation, merupakan kesalahan yang terjadi pada kondisi operasi yang dimungkinkan oleh adanya *human error* dalam mengoperasikan sistem perpipaan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk melakukan perancangan dan analisis bentuk dan kekuatan *support* pipa line reinjeksi LPG akibat penambahan *control valve* ini yaitu:

Pengumpulan Data dan Requirement

Pengumpulan data dan *requirement* yang berkaitan dengan analisa sistem perpipaan seperti Gambar *Pipping and Instrument Diagram* (P&ID), Data tentang Tegangan maksimum yang diijinkan pada *Pipping* dan *Control valve*, Gambar *Isometric* untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan seperti: Jenis Fluida, *pipe size*, *Operation Pressure*, *Operation Temperatur*, *Desaign Pressure*, *Desaign Temperatur*, *Density*, *SCH*, *Thickness*, *Pressure Test*, *Insulation Code*, *Insulation Thickness*, *PWHT*, *NDE (Non Destructive Examination/ Radiography Test)*. Mencocokkan *Control valve* sebagai acuan awal dalam memasukkan *pipe span* (jarak antar *support*) dari situ kemudian diperoleh jarak *control valve* yang digunakan pada *critical line*, namun dari perhitungan tersebut belum tentu dapat dikatakan aman sehingga perlu dilakukan beberapa percobaan untuk memperoleh jumlah *support* yang optimal (*Piping handbook*). Penentuan berdasarkan percobaan menggunakan *software*.

Semua data dan *requirement* tersebut di atas digunakan sebagai acuan dalam melakukan perancangan dan analisa distribusi tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan fasilitas reinjeksi LPG. Kemudian data tersebut dijadikan acuan untuk merancang *support* pipa dan menganalisa tegangannya akibat penambahan *control valve* pada reinjeksi line LPG.

Perancangan dan Analisis Sistem Perpipaan

Perancangan dan analisis *piping* menggunakan *software* untuk mengetahui tegangan perpipaan yang terjadi. Perancangan dalam hal ini terdiri dari pemilihan jenis pipa dan *support*, material pipa dan *support*, penentuan diameter pipa, tebal pipa dan *support*, *schedule* yang akan digunakan, serta penentuan jalur perpipaan.

Penentuan jenis pipa yang digunakan mengacu pada data desain PT BADAK LNG baik P&ID, Isometrik dan data lainnya. Penentuan tebal dinding pipa dihitung sesuai dengan standar ASME B31.3 dimana komponennya sudah ditentukan sesuai standar yang ada seperti tegangan maksimum yang diijinkan, *welding factor*, tambahan ketebalan untuk *threading* dan *corrosion allowance* dari pipa. Perancangan lokasi instalasi pipa dilakukan dengan mempertimbangkan pipa yang telah ada di lapangan. Instalasi pipa harus tepat agar tidak mengganggu sistem perpipaan lain dan proses yang telah ada.

Pada bagian akhir dalam perancangan pipa, diperhitungkan beberapa spesifikasi pipa yang akan menjadi data penunjang dalam analisis tegangan yang dibutuhkan sistem yaitu, berat pipa, momen inersia, dan *section modulus* pipa. Berat pipa ditentukan berdasarkan ukuran pipa, densitas dari spesifikasi material yang dipilih, dan nilai percepatan gravitasi. Momen inersia pipa ditentukan berdasarkan diameter luar dan diameter dalam pipa. Besarnya nilai momen inersia pipa dihitung dengan persamaan yang telah ada. Sedangkan *section modulus* dihitung dengan membagi momen inersia dengan jari-jari luar pipa.

Perancangan Support Pipa

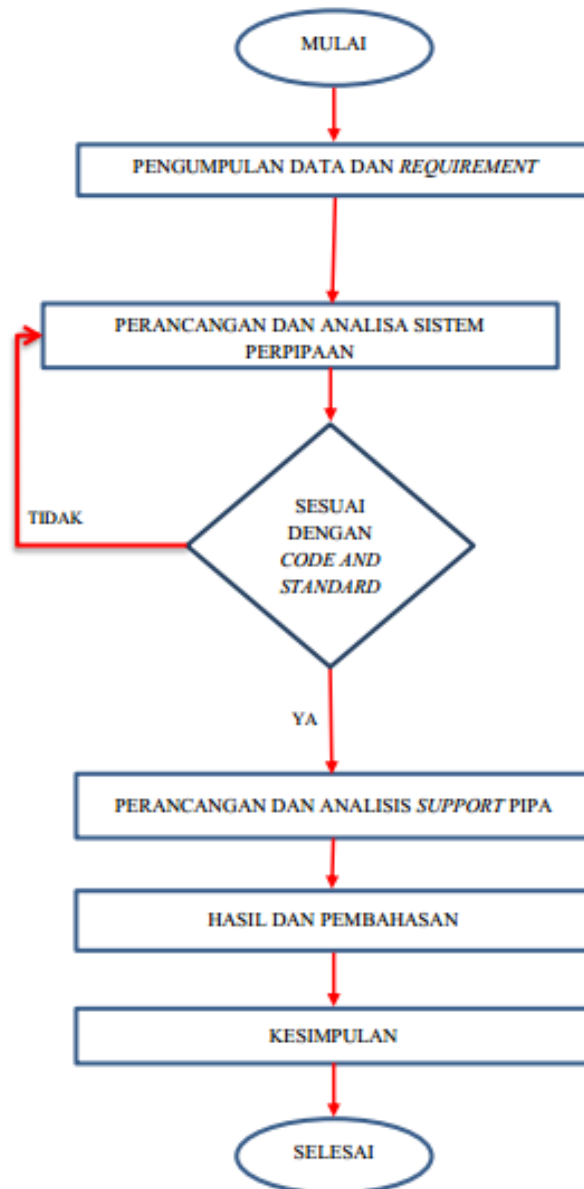
Penentuan jenis *support* yang digunakan mengacu pada data desain, penggunaan material pada *support* sejenis yang dipakai pada sistem perpipaan lain yang memiliki fungsi yang sama, serta ketersediaan material di pasaran. Standar material yang digunakan dalam pemilihan jenis material adalah ASTM (*American Standard for Testing and Materials*).

Perancangan *support* dilakukan setelah rancangan pipa dan perhitungan aliran fluida telah selesai, hasil dari perancangan pipa dan aliran fluida kemudian dihitung untuk menentukan pemilihan *support* yang dibutuhkan. Perhitungan meliputi berat pipa, fluida dan gaya yang akan diterima oleh *support*. Penentuan lokasi penempatan *support* juga

sangat berpengaruh pada sistem perpipaan. Pemilihan bahan *support*, ketebalan *support* merupakan hal yang sangat penting menentukan kekuatan dari *support* tersebut. Hasil desain *support* kemudian dihitung tegangan dan kekuatannya apakah bisa menerima *stress* yang diterima. Dalam hal ini, pendesainan dan percobaan pemberian beban dilakukan menggunakan *software* INVENTOR (*Student Version*) untuk mempermudah dan agar hasil lebih akurat.

Diagram Alir Perancangan

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang diperlukan dalam melakukan pendesainan sistem perpipaan fasilitas reinjeksi LPG dan *support*. Data tersebut digunakan dalam perhitungan-perhitungan dan analisa distribusi tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan fasilitas reinjeksi LPG tersebut. Adapun data-data untuk perancangan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data-data untuk perancangan perpipaan

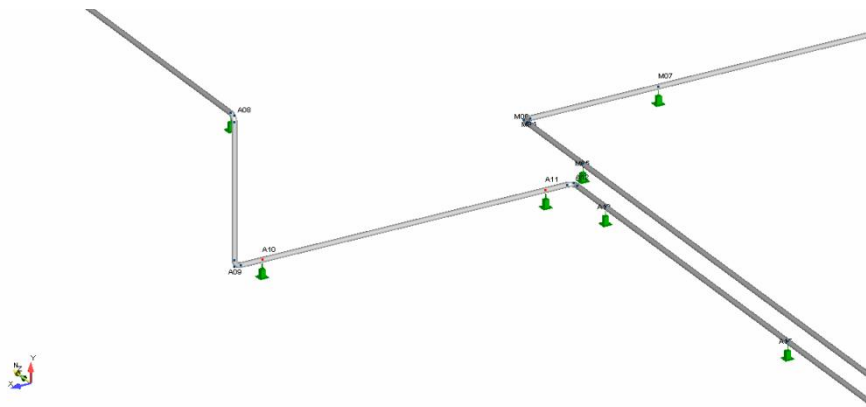
Parameter	Nilai
Tekanan propana dan butana operasi	1,77 MPa
Temperatur operasi	-40° C
Temperatur instalasi	32,9° C

Perancangan Perpipaan

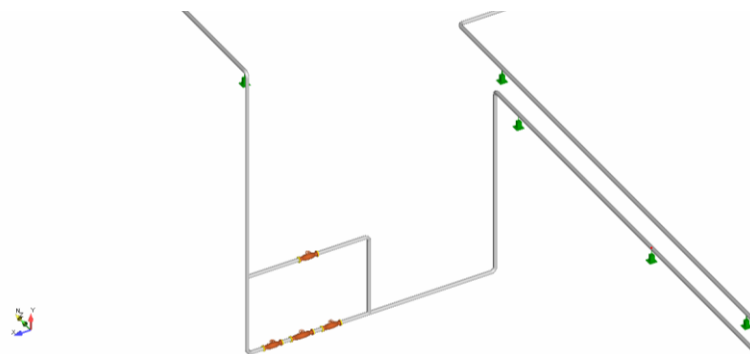
Perancangan sistem perpipaan yang dilakukan oleh penulis terdiri dari pemilihan material pipa, penentuan diameter luar pipa, dan penentuan tebal dinding pipa. Perancangan ini mengacu pada sistem perpipaan yang telah ada sebelumnya dan dilakukan validasi dengan data desain yang ada.

Pemilihan jenis material pipa yang akan digunakan mengacu pada data desain, menggunakan material sejenis yang dipakai pada sistem yang sudah ada, dan ketersediaan material di pasaran. Standar material yang digunakan dalam pemilihan jenis material pipa adalah ASTM (*American Standard Testing and Material*).

Dalam permodelan Gambar dengan aplikasi ini penulis mencoba mendesain dua Gambar, yaitu *line* pipa awal tanpa *control valve* dan dengan mengikuti *piping plan* yaitu menggunakan *control valve*. Hal ini untuk melakukan perbandingan distribusi tegangan pada pipa sebelum dan sesudah penambahan *control valve*. Adapun hasil permodelan sistem perpipaan reinjeksi LPG dapat dilihat pada Gambar 2 & 3.



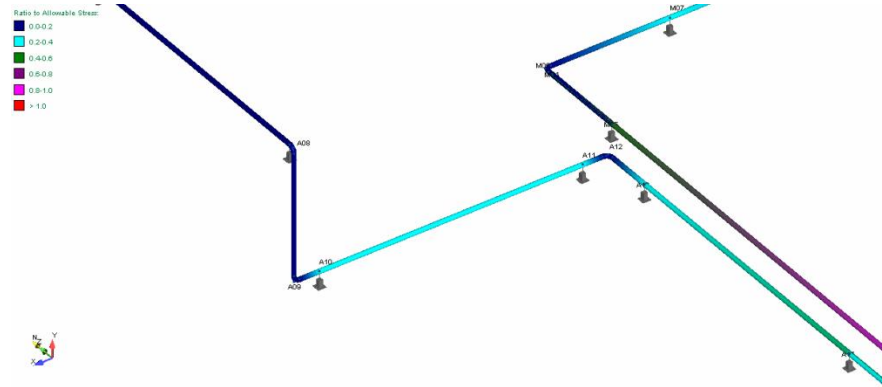
Gambar 2. Permodelan Sistem Perpipaan Tanpa *Control Valve* Menggunakan *Software*



Gambar 3. Permodelan Sistem Perpipaan Dengan *Control Valve* Menggunakan *Software*

Perhitungan Stress Sistem Perpipaan

Adapun hasil kalkulasi perbandingan beban sustain dan ekspansi pada permodelan pipa reinjeksi LPG tanpa *control valve* dan dengan ditambah *control valve* yang dilakukan dengan *software*:

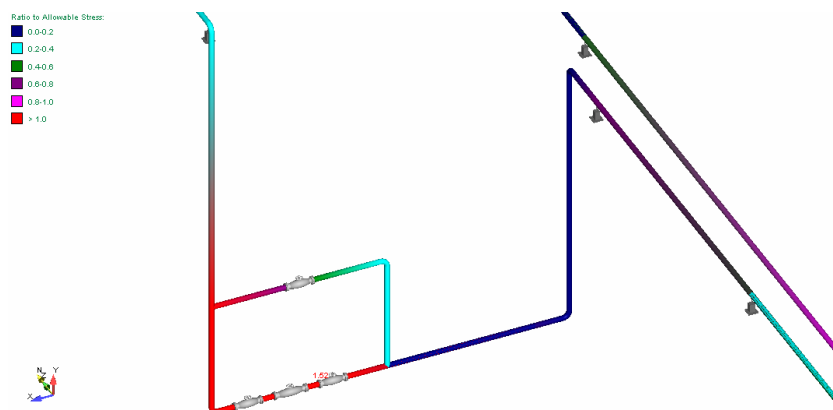


Gambar 4. Hasil Analisis Permodelan Sistem Perpipaan Tanpa *Control Valve* Menggunakan *Software*

Tabel 2. Hasil kalkulasi beban sustain dan ekspansi sistem perpipaan tanpa *control valve* menggunakan *software*

TITIK	SUSTAIN			EKSPANSI		
	STRESS (N/mm ²)	ALLOWABE (N/mm ²)	RATIO	STRESS (N/mm ²)	ALLOWABE (N/mm ²)	RATIO
A07	25,98	137,90	0,19	4,71	206,84	0,02
A08	13,03		0,09	10,79		0,05
A09	16,70		0,12	11,81		0,06
A10	34,35		0,25	20,85		0,10
A11	32,76		0,24	7,76		0,04
A12	19,56		0,14	14,73		0,07
A13	54,10		0,39	8,16		0,04
A14	32,07		0,23	1,52		0,01

Hasil analisis beban sustain dan ekspansi pada permodelan pipa reinjeksi LPG dengan ditambah *control valve* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 3.



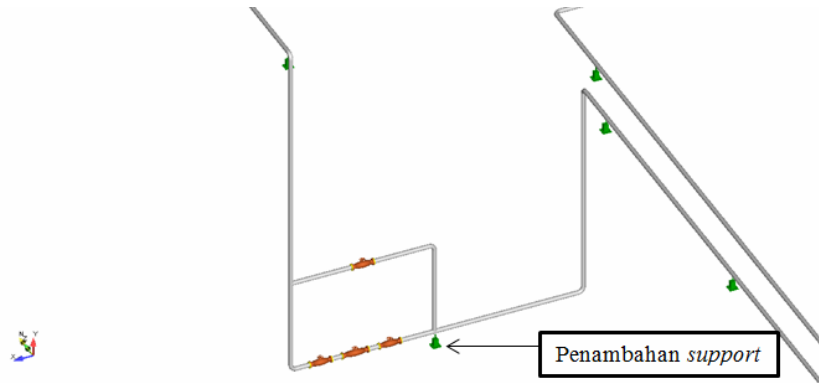
Gambar 5. Hasil Analisis Permodelan Sistem Perpipaan Dengan *Control Valve* Menggunakan *Software*

Tabel 3. Hasil kalkulasi beban sustain dan ekspansi sistem perpipaan dengan *control valve* menggunakan *software*

TITIK	SUSTAIN			EKSPANSI		
	STRESS (N/mm ²)	ALLOWABLE (N/mm ²)	RATIO	STRESS (N/mm ²)	ALLOWABLE (N/mm ²)	RATIO
A07	27,79	137,90	0,20	1,86	206,84	0,01
A08	38,22		0,28	7,72		0,04
A12	22,71		0,16	4,46		0,02
A13	83,05		0,60	3,77		0,02
A14	31,31		0,23	1,60		0,01
B01	110,82		0,80	3,21		0,02
B02	44,58		0,32	0,00		0,00
B03	28,57		0,21	0,00		0,00
B04	10,65		0,08	0,00		0,00
B05	137,53		1,00	5,00		0,02
B06	126,68		0,92	3,82		0,02
B07	151,74		1,10	3,59		0,02
B08	161,07		1,17	3,47		0,02
B09	172,21		1,25	3,28		0,02
B10	172,93		1,25	3,21		0,02
B11	166,35		1,21	3,13		0,02
B12	8,83		0,06	0,00		0,00
B13	20,35		0,15	5,61		0,03

Dari hasil kalkulasi beban sustain dan ekspansi *menggunakan software* diatas di ketahui bahwa terjadi peningkatan beban sustain melebihi nilai *allowable* material pipa yaitu 151,74 N/mm², 161,07 N/mm², 172,21 N/mm², 172,93 N/mm² dan 166,35 N/mm² pada titik B07, B08, B09, B10 dan B11 saat penambahan *control valve* sedangkan *allowable* beban sustain sebesar 137,90 N/mm². Nilai beban pada beban ekspansi sendiri masih dalam keadaan aman dan bisa digunakan.

Peningkatan beban sustain ini terjadi karena adanya peningkatan berat (pipa dan fluida) di area penambahan *control valve* sehingga *support* pipa yang ada tidak cukup efektif untuk menahan tekanan dari beban sustain yang ditimbulkan. Penambahan jalur pipa dan beberapa *valve* membuat berat dan tekanan fluida di area penambahan juga berubah. Hal ini tentu tidak dapat dibiarkan karena berdampak buruk bagi *line* pipa reinjeksi LPG tersebut. Untuk mengantisipasi hal tersebut dibutuhkan solusi untuk mengatasi peningkatan beban sustain yang timbul yaitu dengan penambahan *support* baru di area terdampak beban sustain. Gambar 6 berupa penambahan *support* baru yang dipasang di area terdampak beban sustain:

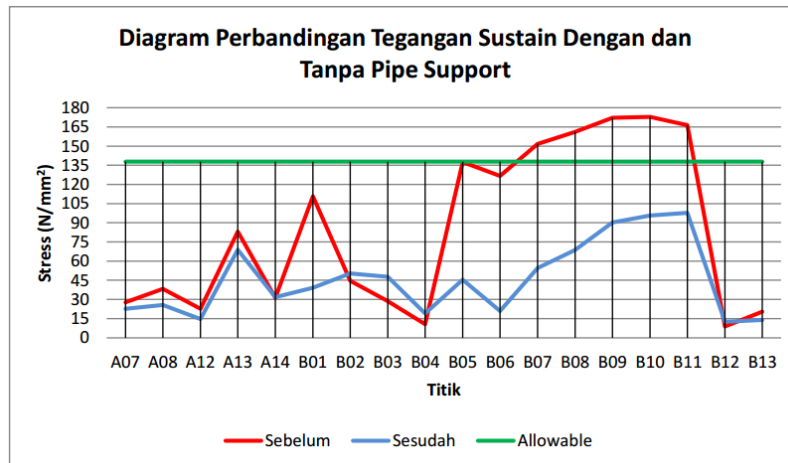


Gambar 6. Penambahan *Support* Pada Area Terdampak Beban Sustain Akibat Penambahan *Control Valve* Menggunakan *Software*

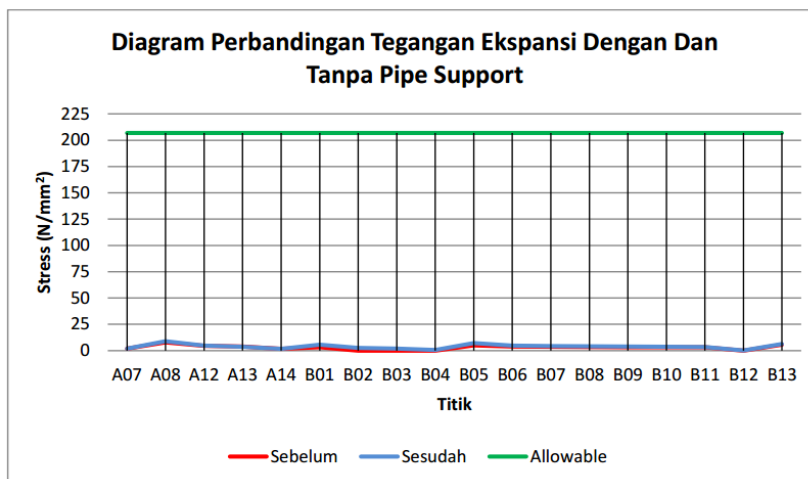
Tabel 4. Hasil kalkulasi beban sustain dan ekspansi setelah penambahan *support* perpipaan dengan *control valve* menggunakan *software*

TTIK	SUSTAIN			EKSPANSI		
	STRESS (N/mm ²)	ALLOWABLE (N/mm ²)	RATIO	STRESS (N/mm ²)	ALLOWABLE (N/mm ²)	RATIO
A07	22,68	137,9	0,16	1,96	206,84	0,01
A08	25,73		0,19	8,88		0,04
A12	14,70		0,11	4,71		0,02
A13	68,89		0,50	3,64		0,02
A14	31,73		0,23	1,64		0,01
B01	39,16		0,28	5,60		0,03
B02	50,35		0,37	2,53		0,01
B03	47,67		0,35	1,92		0,01
B04	19,03		0,14	0,53		0,00
B05	45,38		0,33	7,14		0,03
B06	20,92		0,15	4,62		0,02
B07	54,59		0,40	4,27		0,02
B08	68,65		0,50	4,10		0,02
B09	90,29	137,9	0,65	3,76	206,84	0,02
B10	95,71		0,69	3,63		0,02
B11	97,84		0,71	3,44		0,02
B12	12,60		0,09	0,16		0,00
B13	13,92		0,10	6,13		0,03

Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan perbandingan tegangan sustain sebelum dan setelah penambahan *pipe support* pada desain line pipa dengan *control valve*:



Gambar 7. Grafik Perbandingan Tegangan Sustain Sebelum Dan Setelah Penambahan Support Permodelan Sistem Perpipaan Dengan *Control Valve*



Gambar 8. Grafik Perbandingan Tegangan Ekspansi Sebelum Dan Setelah Penambahan Support Permodelan Sistem Perpipaan Dengan *Control Valve*

Setelah dilakukan penambahan *support* baru, hasil dari kalkulasi menunjukkan bahwa pipa dalam keadaan aman atau tidak lagi menerima beban sustain secara berlebihan seperti sebelum penambahan *support*. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *support* baru merupakan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. *Support* yang ditambah pada pipa line reinjeksi dengan penambahan *control valve* berjumlah satu *support* berjenis *shoe* dengan lokasi di 100 mm arah timur dari *tee*.

Perancangan *Support*

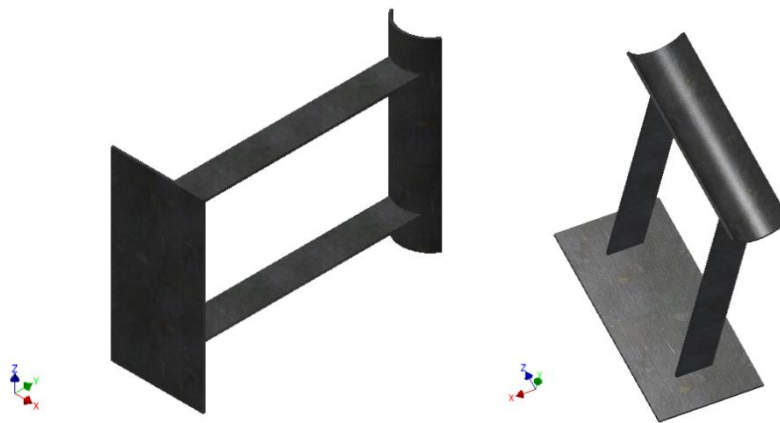
Perancangan *support* yang dilakukan dari pemilihan jenis *support*, material *support*, dan penentuan tebal plat *support*. Perancangan ini mengacu pada *support* yang telah ada sebelumnya dan dilakukan validasi dengan data desain yang ada.

Pemilihan jenis *support* disesuaikan dengan kebutuhan yaitu jenis *support shoe*, material *support* menggunakan material sejenis yang dipakai pada sistem yang sudah ada, dan ketersediaan material di pasaran. Standar material yang digunakan dalam pemilihan jenis material *support* adalah ASTM (*American Standard Testing and Material*) A36.

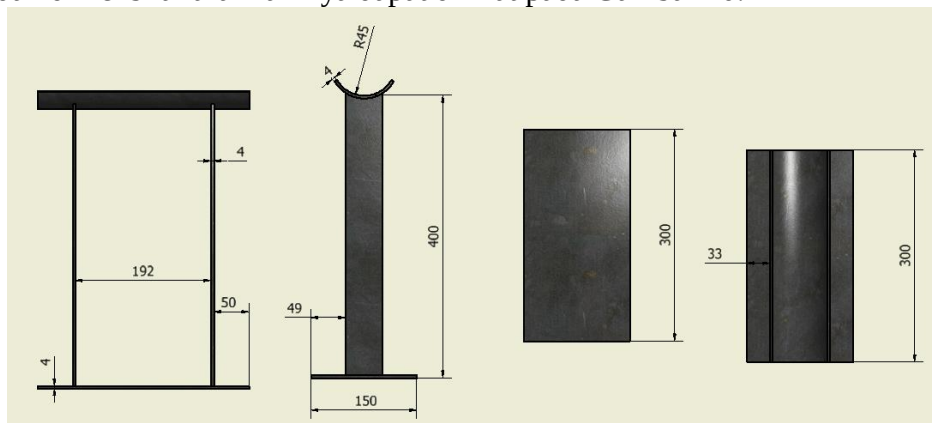
Tabel 5. Pemilihan material dan spesifikasi material *support*

ASTM A36 STEEL	
Parameter	Nilai
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	400 - 550 Mpa
<i>Tensile Strength, Yield</i>	250 Mpa
<i>Density</i>	7.85 g/cm ³
<i>Elongation at Break (in 200 mm)</i>	20.0 %
<i>Elongation at Break (in 50 mm)</i>	23.0 %
<i>Modulus of Elasticity</i>	200 Gpa
<i>Bulk Modulus (typical for steel)</i>	140 Gpa
<i>Poissons Ratio</i>	0.260
<i>Shear Modulus</i>	79.3 Gpa

Setelah dilakakukan penentuan bahan *support* yang digunakan, tahap selanjutnya yaitu melakukan tahap pendesainan *support*. Dalam hal ini penulis melakukan pendesain menggunakan aplikasi Autodesk Inventor (*Student Version*). Adapun hasil permodelan *support* dapat dilihat pada Gambar 9.

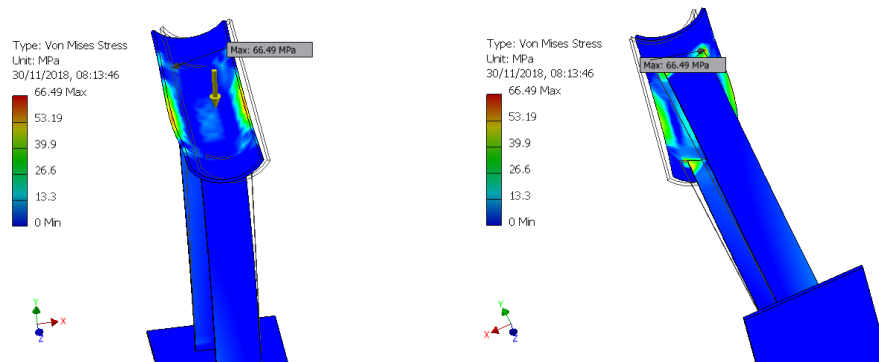
Gambar 9. Permodelan *Support* Pada Autodesk Inventor (*Student Version*)

Sesuai dengan piping plant yang telah ada, diketahui tinggi line pipa reinjeksi LPG dari tanah yaitu 400 mm. Dengan data tersebut penulis melakukan permodelan dan mengatur ketinggian *support* agar sesuai dengan jarak *line* pipa reinjeksi LPG. Untuk ketebalan dari bahan, penulis memilih menggunakan ketebalan 4 mm sebagai rancangan *support* dan dimensi ukuran lainnya dapat dilihat pada Gambar 10.

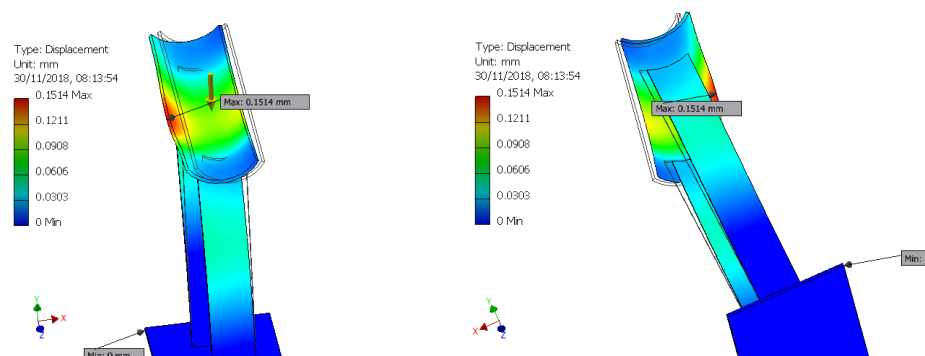
Gambar 10. Dimensi Permodelan *Support* Pada Autodesk Inventor (*Student Version*)

Setelah melakukan permodelan, *support* kemudian dianalisa kekuatan dan tegangannya untuk mengetahui apakah mampu menerima beban dari *line* pipa reinjeksi LPG yang telah diberi *control valve* atau tidak. Sebelumnya diketahui bahwa untuk berat dari pipa STD 3 inci yaitu 11,29 kg/m. Dengan berat LPG setengah dari air yaitu 2,38 kg/m untuk pipa 3 inci, sehingga berat pipa reinjeksi LPG dengan aliran LPG adalah 13,67 kg/m.

Panjang pipa yang akan ditimpa *support* berukuran 22,257 meter, ditambahkan berat *valve* dan *control valve* maka akan diperoleh berat keseluruhan 598,503259 Kg atau 5869,31 N. Setelah diperoleh total beban yang akan diterima *support* maka dilakukan pengujian pada *support* dengan menggunakan Autodesk Inventor (*Student Version*) dan mendapatkan hasil:



Gambar 11. Von Mises Stress Permodelan Support Pada Autodesk Inventor (*Student Version*)



Gambar 12. Displacement Permodelan Support Pada Autodesk Inventor (*Student Version*)

Setelah dilakukan analisis menggunakan Autodesk Inventor diperoleh stress maksimal yang terjadi adalah 66,49 MPa. Hal ini bisa dikatakan aman karena batas stress maksimum dari bahan ASTM A36 sendiri sebesar 250 MPa. Sedangkan *displacement* yang terjadi pada *support* sangatlah kecil yaitu 0,1514 mm sehingga *support* bisa dikatakan layak digunakan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini, yaitu: maksimum beban yang terhitung karena penambahan *control valve* yaitu beban sustain $172,93 \text{ N/mm}^2$ dan beban ekspansi $7,72 \text{ N/mm}^2$ dengan *displacement* maksimum 274,59 mm. Sedangkan beban maksimum yang terhitung karena penambahan *control valve* dengan *pipe support* yaitu beban sustain $97,84 \text{ N/mm}^2$ dan beban ekspansi $8,88 \text{ N/mm}^2$ dengan *displacement* maksimum 65,69 mm. Sementara untuk nilai *allowable material* A 33-6 sendiri yaitu sustain $137,90 \text{ N/mm}^2$ dan ekspansi $206,84 \text{ N/mm}^2$. Setelah penambahan *control valve*, *pipe support* dan material pipa

tidak cukup kuat menahan tekanan tegangan sustain pipa. Maka dari itu perlu dilakukan penambahan satu *support pipe* lagi untuk menahan *line pipe* reinjeksi. *Support* tambahan berjenis *pipe shoe* yang menggunakan material *stainless steel* ASTM A36 dengan ketebalan 4 mm. Maksimal *stresses* pada *control valve* yang terhitung setelah dilakukan analisis yaitu 66,49 MPa dan *displacement* sebesar 0,1514 mm. Untuk nilai *allowable* material ASTM A36 sebesar 250 MPa sehingga *control valve* dikatakan aman.

REFERENSI

- ASME, 2002, ASME B 31.3 *Process Piping*, New York: ASME Press.
- Crocker, Sabin, 1992, *Piping Handbook 4th edition*, New York: McGraw Hill
- Escoe, A.Keith, 1986, *Mechanical Design of Process Systems Vol.1*, Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- Hibbeler, R.C., 2011, *Mechanics of Material 8th Edition*, USA: Pearson Prentice Hall.
- Mulyana, D. A. (2017). Analisis Fenomena Water Hammer pada Pipa Steam 17 Bar (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik).
- Peng, Liang-Chuan (L.C.) dan Tsen-Loong (Alvin) Peng, 2009, *Pipe Stress Engineering*, New York: Three Park Avenue.
- Rabbani, A. D. (2018). Analisa Kebocoran Pipa Pemanas Tangki Service Bahan Bakar Di Kapal MV. Bente (Doctoral Dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Smith, Paul R., 1987, *Piping and Control valve System Design and Engineering*, San Francisco: Mc-Grawhill Book Company.
- Suryaningrat, W. A., Mulyatno, I. P., & Iqbal, M. (2015). Analisa Kekuatan Fix Stinger Pada S Lay Barge Untuk Instalasi Perpipaian Bawah Laut. Jurnal Teknik Perkapalan, 3(2).
- Syahril, M. S., & Suhadi, A. (2014). Analisis Kondisi Aktual Pipa Radian Furnace Pada Unit Pengolahan Minyak Mentah. Jurnal sains dan teknologi indonesia, 16(2).
- Vakharia, D.P. dan Mohd. Farooq A., 2009, *Determination of maximum span between control valve using maximum bending stress theory*, India: National Institute of Technology.