

Analisa Fleksibilitas Sistem Perpipaan Pada Suction Dan Discharge Air Gan Compressor

Pekik Mahardhika*, Dianita Wardani*, Hafizh Akbar Alam*

*Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Program Studi Teknik Perpipaan

Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya 60111, Indonesia

E-mail: pekikmahardhika@ppns.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan analisa fleksibilitas pada jalur masuk dan keluar sistem perpipaan kompresor. Fluida pada jalur sistem perpipaan kompresor adalah udara. Udara merupakan fluida yang bersifat dinamis dan kompresibel. Jalur sistem perpipaan ini merupakan jalur pipa yang terhubung dengan mesin rotasi (kompresor). Jalur perpipaan yang terhubung dengan mesin rotasi termasuk kriteria perpipaan kritis. Analisa ini untuk memastikan bahwa jalur sistem perpipaan air gan compressor dalam keadaan aman. Analisa fleksibilitas pada makalah ini membahas tentang gaya pada pipa, gaya pada penopang pipa, pergerakan & rotasi pada jalur pipa, dan translasi & rotasi akibat terjadinya getaran dari kompresor. Alat bantu yang digunakan pada penelitian ini adalah Bentley Autopipe v8i. Berdasarkan hasil dan kesimpulan bahwa pipa jalur suction dan discharge saat mengalami beban statis memiliki gaya pipa maksimum terbesar pada sumbu -Fx point N09 sebesar 20745 kg, gaya penopang pipa terbesar pada sumbu Fx point D15 sebesar 20737 kg, pergerakan pipa terbesar pada sumbu -Dy point B27 sebesar 22,47 mm, dan rotasi pipa terbesar pada sumbu -Rx point B27 sebesar 0,38 deg. Ketika pipa terjadi beban dinamis mengalami translasi terbesar pada sumbu -Tx point H10 sebesar 4,7422 mm dan rotasi terbesar pada sumbu -Rx point H09 sebesar 5,9234 deg. Kesimpulan pada penelitian ini adalah menurut code ASME B31.3 bahwa sistem perpipaan air gan compressor dinyatakan aman.

Kata kunci: fleksibilitas, getaran, kompresor, udara

Abstract

This research will analyze the flexibility of the suction and discharge compressor piping system. The fluid in the compressor piping system line is air. Air is a fluid that has dynamic and compressible properties. This piping system line is a line pipe connected to a rotation machine (compressor). The line pipe connected to the rotation machine is a pipe critical criteria (piping system is mandatory to analyzed further). This analysis is to ensure that the air gan compressor piping system line are safe. Flexibility analysis in this paper discusses about the force on the pipe, the force on the pipe support, displacement & rotation on the line pipe, and translation & rotation due to vibration from the compressor. The tools used in this research are Bentley Autopipe v8i. Based on the results and conclusions that the suction and discharge pipe when occurs static loads have the largest maximum pipe force on the -Fx axis at point N09 is 20745 kg, the largest pipe support force on the Fx axis at point D15 is 20737 kg, the largest pipe displacement on the -Dy axis at point B27 is 22.47 mm, and the largest pipe rotation on the -Rx axis at point B27 is 0.38 deg. When the pipe occurs dynamic load have the largest translation on the -Tx axis at point H10 is 4.7422 mm and the largest rotation on the -Rx axis at point H09 is 5.9234 deg. The result of the research is according to ASME B31.3 Code that air gan compressor piping system is safe.

Keywords : flexibility, vibration, compressor, air

1. Pendahuluan

Pipa merupakan media yang digunakan untuk membawa, mendistribusikan, mencampur, memisahkan, melepaskan, mengukur, mengontrol atau mengecek aliran fluida, dan mentransmisikan tekanan fluida [1]. Fluida pada jalur perpipaan kompresor ini adalah udara. Udara merupakan fluida

yang bersifat dinamis dan kompresibel [2]. Jalur sistem perpipaan ini merupakan jalur pipa yang terhubung dengan mesin rotasi (kompresor). Jalur perpipaan yang terhubung dengan mesin rotasi termasuk kriteria perpipaan kritis [3]. Jalur perpipaan kompresor disebut *pulsating line*. *Pulsating line* merupakan jalur perpipaan yang terhubung dengan mesin rotasi [4]. Sehingga jalur pipa yang terhubung

dengan kompresor harus dianalisa lebih lanjut fleksibilitasnya. Fleksibilitas dalam perencanaan dan perancangan pada sebuah sistem perpipaan harus dirancang agar mampu menahan beban yang terjadi [5]. Analisa beban statis merupakan analisa pada beban yang disebabkan oleh pengaruh internal seperti tekanan fluida, temperatur fluida, berat pipa serta berat komponen yang terdapat pada sistem perpipaan [3]. Sedangkan analisa beban dinamis bisa berupa analisa modal ataupun analisa harmoni. Makalah ini melanjutkan penelitian sebelumnya yaitu membahas tentang evaluasi pada aspek tegangan saja pada pipa yang terhubung dengan *air gan compressor*, dan jalur perpipaan tersebut dinyatakan aman menurut code ASME B31.3 [6]. Pada jalur ini yang dibahas yaitu analisa fleksibilitas dengan mempertimbangkan beban statis dan beban dinamis. Karena dalam proses desain sistem perpipaan perlu dilakukan analisa akibat beban statis atau dinamis untuk menjamin keamanan desain dan operasional pipa [7]. Objek penelitian ini adalah sistem perpipaan pada *air gan compressor*. Tujuan dari penelitian ini untuk memastikan apakah fleksibilitas jalur perpipaan *air gan compressor* dinyatakan aman atau tidak berdasarkan ASME B31.3 karena jalur perpipaan ini merupakan *pulsating line* menurut DNV D101 sehingga harus dianalisa lebih lanjut [8]. Studi fleksibilitas suatu sistem perpipaan ditujukan untuk memastikan apakah beban statis, gaya statis, defleksi statis akibat beban-beban tekanan dan berat dalam keadaan aman [9].

2. Metode

2.1 Data Penelitian

Data penelitian pada makalah ini terdapat pada tabel 1 sampai tabel 3 berikut:

Tabel 1. Sifat Fisik Material Pipa

Sifat Fisik	Nilai
Material Pipa	API 5L Grade B
<i>Specified Minimum Yield Strength</i> (kg/cm ²)	2460,74
<i>Ultimated Strength</i> (kg/cm ²)	4218,41
<i>Poison's ratio</i>	0,300
Modulus Elastisitas (x)	2,074

Sifat Fisik	Nilai
10 ⁶ kg/cm ²)	
Densitas (kg/m ³)	7833,4

Tabel 2. Spesifikasi Material Pipa

Spesifikasi	Nilai				
	API 5L Grade B	API 5L Grade B	API 5L Grade B	API 5L Grade B	API 5L Grade B
NPS	12	8	6	4	3
ND (mm)	300	200	150	100	80
OD (mm)	323,8	219,1	168,3	114,3	88,9
<i>Schedule</i>	40	40	40	40	40
<i>Rating</i>	150#	150#	150#	150#	150#

Tabel 3. Data Sifat Fluida

Data	Nilai	Satuan
Tekanan Desain (<i>Suction</i>)	1,1	bar
Tekanan Desain (<i>Discharge</i>)	13,2	bar
Temperatur Desain (<i>Suction</i>)	25	°C
Temperatur Desain (<i>Discharge</i>)	40	°C
<i>Specific Gravity</i>	0,0012	-

2.2 Tinjauan Pustaka

Analisis fleksibilitas perpipaan untuk memastikan kesesuaian yang cukup untuk sistem perpipaan utama pada kondisi desain. Analisis dilakukan dengan mengevaluasi dan menguji sistem perpipaan yang dimodelkan di bawah berbagai skenario kasus beban. Tingkat fleksibilitas penerimaan harus sesuai dengan code yang digunakan. Tujuan dari analisis fleksibilitas adalah untuk memastikan bahwa tata letak dan penahan perpipaan aman dan pekerjaan pipa dapat dioperasikan untuk berbagai dan banyak beban. Dasarnya sistem perpipaan ini dianalisis dengan metode analisis beban statis. Analisis lanjutan dari beban statis menggunakan analisis beban dinamis (*modal analysis*) karena pipa dihubungkan dengan peralatan berputar (kompresor).

Rumus frekuensi *cut off*: [10]

$$f_{cutoff} = \sqrt{(E/\rho)/L} \quad (1)$$

Keterangan:

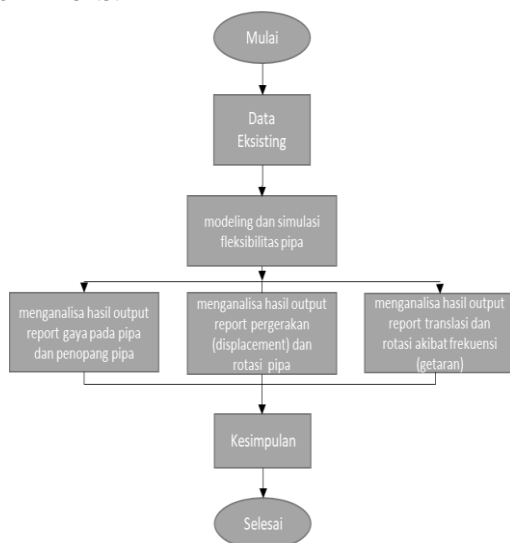
E = Modulus elastisitas material (psi)

ρ = Massa jenis pipa (lb/in³)

L = Panjang pipa (ft)

2.3 Metode

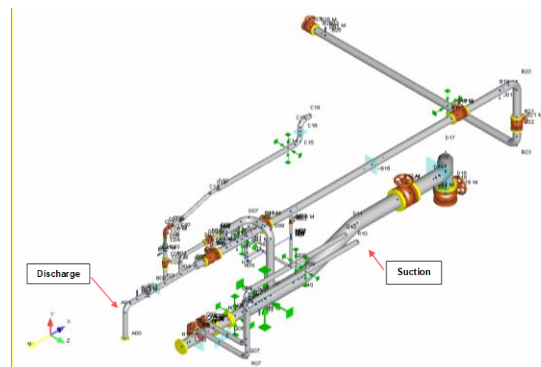
Metode penelitian dengan judul analisa fleksibilitas sistem perpipaan *suction* dan *discharge air gan compressor* dapat dilihat pada gambar 1. Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya yang mengenai evaluasi tegangan pada jalur perpipaan *air gan compressor* menurut ASME B31.3. Objek penelitian ini adalah sistem perpipaan *air gan compressor*. Metode penelitian pada makalah ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan meliputi melakukan modeling dan simulasi sistem perpipaan, menganalisa hasil *output report* gaya pada pipa, menganalisa hasil *output report* gaya pada penopang pipa, menganalisa hasil *output report* pergerakan (*displacement*) pipa, menganalisa hasil *output report* rotasi pipa, serta menganalisa hasil *output report* translasi dan rotasi akibat frekuensi (getaran). Fleksibilitas pada penelitian ini yang dimaksud meliputi gaya pada pipa serta penopang pipa, pergerakan serta rotasi pipa, dan translasi serta rotasi pipa ketika terjadi getaran. Code yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan ASME B31.3.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Skenario pada penelitian ini adalah pertama melakukan pemodelan dari salah satu data pendukung

yaitu gambar isometri sistem perpipaan *air gan compressor* pada gambar 2. Setelah dilakukan pemodelan dari data penelitian dan gambar isometri tersebut akan disimulasikan menggunakan Bentley Autopipe v8i. Bentley Autopipe v8i akan membantu mensimulasikan fleksibilitas yang dimaksud pada penelitian ini. Hasil *output report* simulasi dilakukan analisa. Tujuan dari penelitian ini untuk memastikan apakah jalur perpipaan *air gan compressor* dinyatakan aman atau tidak.



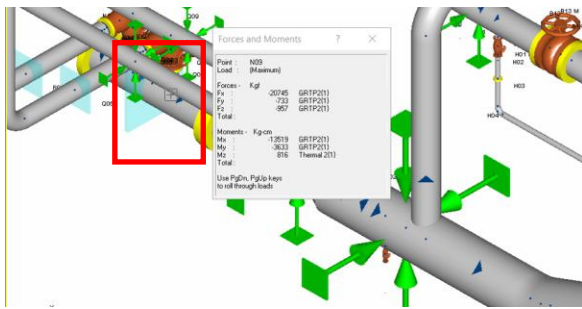
Gambar 2. Isometri Sistem Perpipaan Air Gan Compressor

3. Hasil dan Pembahasan

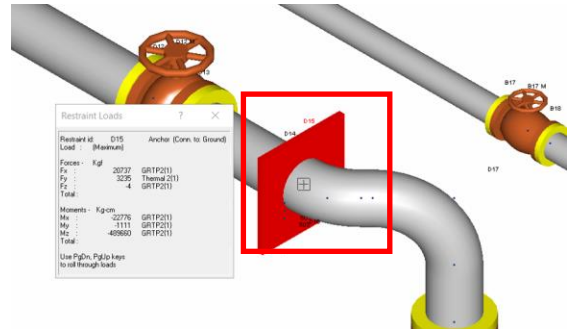
Pada tahap hasil dan pembahasan ini ditampilkan hasil modeling dan simulasi pada jalur perpipaan *air gan compressor* dilanjutkan dengan pembahasan hasil *output report* simulasi aspek fleksibilitasnya. Hasil modeling dan simulasi divisualisasikan pada gambar 3 sampai gambar 12 serta dirangkum nilai maksimum fleksibilitasnya pada tabel 4 sampai tabel 8.

Tabel 4. Kesimpulan Gaya Pipa Maksimum

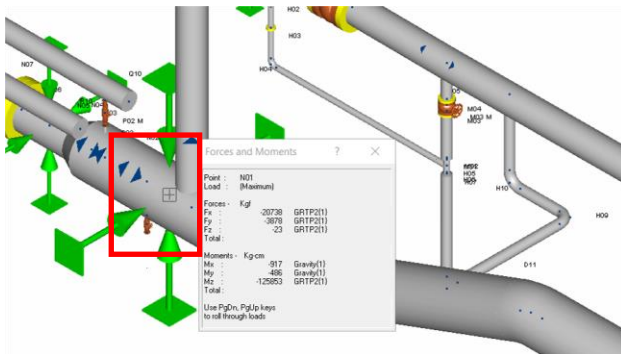
No	Parameter	Gaya (kg)		
		Point	Point	Point
		N09	N01	N09
		Fx	Fy	Fz
1	Gaya pipa maksimum	-20738	-3878	-957
2	Kombinasi beban	(GR + T + P2)	(GR + T + P2)	(GR + T + P2)



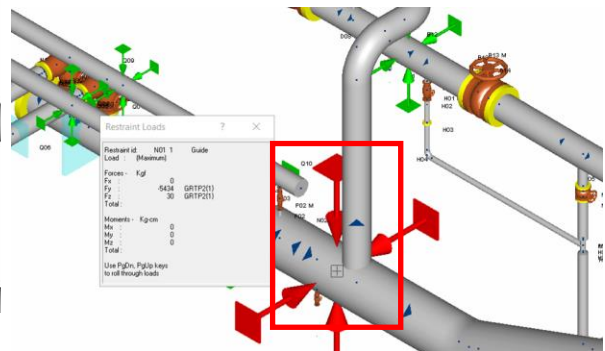
Gambar 3. Gaya Pipa Maksimum Sumbu Fx dan Fz pada point N09



Gambar 5. Gaya Penopang Maksimum Sumbu Fx pada point D15



Gambar 4. Gaya Pipa Maksimum Sumbu Fy pada point N01

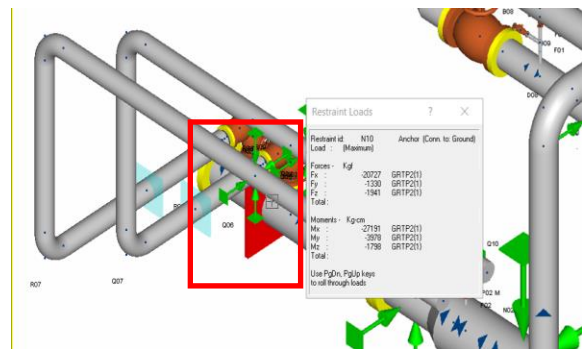


Gambar 6. Gaya Penopang Maksimum Sumbu Fy pada point N01

Hasil *output report* dari simulasi dan pemodelan menunjukkan bahwa pada point N09 mengalami gaya yang paling besar ke arah sumbu -Fx maupun -Fz. Gaya tersebut terjadi akibat pengaruh beban sustain, temperatur, dan tekanan fluida jalur *discharge* dengan kombinasi beban (GR + T + P2) sehingga gaya menuju arah -Fx dan -Fz.

Tabel 5. Kesimpulan Gaya Penopang Maksimum

No	Parameter	Gaya (kg)		
		Point D15	Point N01	Point N10
		Fx	Fy	Fz
1	Gaya penopang maksimum	20737	-5434	-1941
2	Kombinasi beban	(GR + T + P2)	(GR + T + P2)	(GR + T + P2)



Gambar 7. Gaya Penopang Maksimum Sumbu Fz pada point N10

Hasil *output report* dari simulasi dan pemodelan menunjukkan bahwa penopang pipa pada point D15 mengalami gaya yang paling besar ke arah sumbu Fx. Gaya tersebut terjadi akibat pengaruh beban sustain, temperatur, dan tekanan fluida pada jalur *discharge* dengan kombinasi beban (GR + T + P2) sehingga gaya menuju arah Fx.

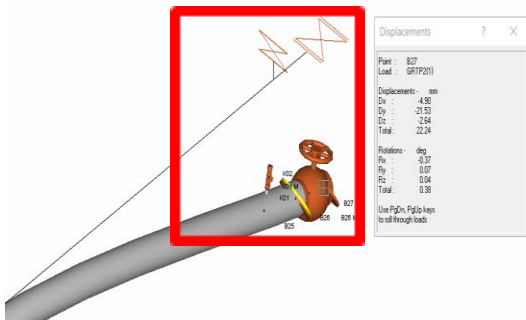
Tabel 6. Kesimpulan Pergerakan Pipa Maksimum

No	Parameter	Pergerakan (mm)		
		Point	Point	Point
		B27	B27	K02
		Dx	Dy	Dz
1	Pergerakan Pipa Maksimum	-4,90	-22,47	-3,04
2	Beban Kombinasi	(GR + T + P2)	GR	(GR + T + P2)

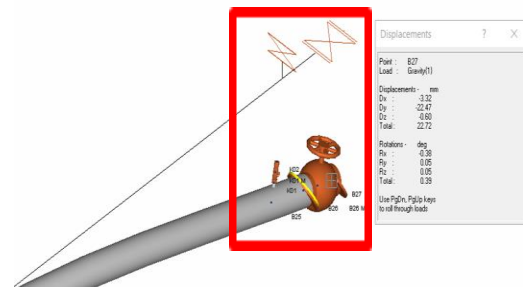
Hasil *output report* dari simulasi dan pemodelan menunjukkan bahwa pipa mengalami pergerakan paling besar pada point B27 ke arah sumbu -Dy sebesar 22,47 mm. Pergerakan terjadi pada pipa dikarenakan pengaruh beban sustain (GR) yang terdiri dari beban sustain dari tekanan fluida dan berat pipa itu sendiri sehingga bergerak ke arah terbesar menuju arah -Dy.

Tabel 7. Kesimpulan Rotasi Maksimum

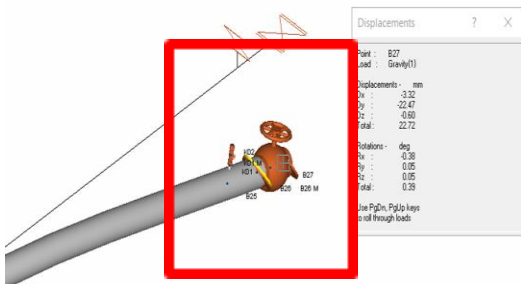
No	Parameter	Rotation (deg)		
		Point	Point	Point
		B27	B24	D10F
		Rx	Ry	Rz
1	Rotasi Maksimum	-0,38	0,07	0,08
2	Kombinasi Beban	GR	(GR + T + P2)	(GR + T + P2)



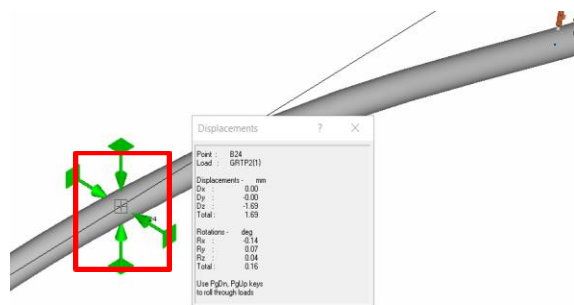
Gambar 8. Pergerakan Maksimum Sumbu Dx pada Point B27



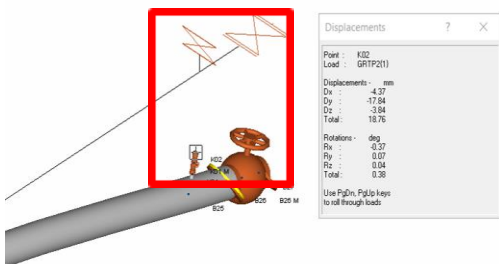
Gambar 10. Rotasi Maksimum Sumbu Rx pada Point B27



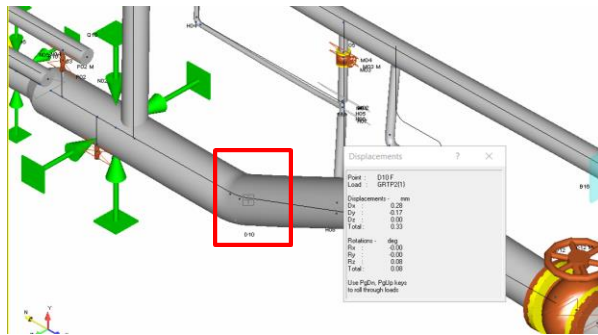
Gambar 9. Pergerakan Maksimum Sumbu Dy pada Point B27



Gambar 11. Rotasi Maksimum Sumbu Ry pada Point B24



Gambar 9. Pergerakan Maksimum Sumbu Dz pada Point K02



Gambar 12. Rotasi Maksimum Sumbu Rz pada Point D10F

Hasil *output report* dari simulasi dan pemodelan menunjukkan bahwa pipa mengalami rotasi paling besar pada point B27 ke arah sumbu -Rx sebesar 0,38 deg. Nilai rotasi yang terjadi tersebut dikarenakan pengaruh beban sustain (GR) yang terdiri dari beban sustain dari tekanan fluida dan berat pipa itu sendiri sehingga berotasi ke sumbu -Rx.

Tabel 8. Kesimpulan Translasi Maksimum Akibat Getaran

No	Parameter	Translasi (mm)		
		Point	Point	Point
		H10	H11	H10
		Tx	Ty	Tz
1	Translasi Maksimum	-4,7422	-3,8441	2,9445

Tabel 8. Kesimpulan Rotasi Maksimum Akibat Getaran

No	Parameter	Rotasi (deg)		
		Point	Point	Point
		H09	H10	H08
		Rx	Ry	Rz
1	Rotasi Maksimum	-5,9234	-5,9166	-2,7441

Hasil *output report* dari simulasi dan pemodelan dengan beban dinamis dengan metode modal analisis menunjukkan bahwa pipa mengalami translasi paling besar pada point H10 ke arah sumbu -Tx sebesar 4,7422 mm dan juga mengalami rotasi paling besar pada point H09 ke arah sumbu -Rx sebesar 5,9234 mm. Dari hasil *output report* menunjukkan bahwa getaran memberikan dampak lebih signifikan

dibandingkan hanya beban statis saja terhadap translasi dan rotasi pada pipa.

4. Kesimpulan

Pada penelitian sebelumnya telah dibahas evaluasi pada aspek tegangannya. Pada hasil penelitian sebelumnya disimpulkan bahwa nilai tegangan yang terjadi pada pipa yang terhubung dengan *air gan compressor* dinyatakan aman (memenuhi kriteria tegangan ijin) berdasarkan code ASME B31.3. Pada hasil dan pembahasan pada penelitian ini disimpulkan bahwa pipa jalur *suction* dan *discharge* pada saat mengalami beban statis memiliki nilai gaya pipa maksimum terbesar pada sumbu -Fx point N09 sebesar 20745 kg, nilai gaya penopang pipa terbesar pada sumbu Fx point D15 sebesar 20737 kg, nilai pergerakan pipa terbesar pada sumbu -Dy point B27 sebesar 22,47 mm, dan nilai rotasi pipa terbesar pada sumbu -Rx point B27 sebesar 0,38 deg. Ketika pipa terjadi getaran (beban dinamis) mengalami translasi terbesar pada sumbu -Tx point H10 sebesar 4,7422 mm dan rotasi terbesar pada sumbu -Rx point H09 sebesar 5,9234 deg. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pipa jalur *suction* dan *discharge air gan compressor* ini mengalami pergerakan maupun rotasi dikarenakan mengalami beban statis dan beban dinamis. Beban dinamis memberikan dampak lebih besar terhadap pergerakan dan rotasi pipa. Beban dinamis memberikan dampak lebih besar terhadap pergerakan dan rotasi karena pipa mengalami getaran secara berulang. Walaupun beban dinamis memberikan dampak lebih besar terhadap pergerakan dan rotasi pipa tetapi jalur perpipaan ini masih memenuhi kriteria code ASME B31.3 (aman). Walaupun memenuhi kriteria code ASME B31.3 tetapi suatu sistem perpipaan perlu dilakukan rancangan kembali pada posisi penopang pipa dengan optimasi ruang yang tersedia. Sehingga bisa diperoleh nilai-nilai fleksibilitas yang lebih baik dalam hal kriteria aman menurut code [11].

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada semua pihak-pihak yang sudah terlibat dan membantu memberikan fasilitas penelitian ini di lab permodelan sistem perpipaan PPNS.

Referensi

- [1] ASME, *ASME B31.3: Process Piping*. 2018.
- [2] Niken Aninsi, "Rangkuman dan Contoh Soal Fluida Dinamis hingga Hukum Bernoulli," 2022. <https://katadata.co.id/safrezi/berita/614abc548dd37/rangkuman-dan-contoh-soal-fluida-dinamis->

hingga-hukum-bernoulli

- [3] A. Chamsudi, *Diktat-Piping Stress Analysis*. 2005. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/259036537/Di%0Aktat-Pipe-Stress-Analysis>
- [4] P. Mahardhika, "PENENTUAN ALLOWABLE SPAN ANTAR PENYANGGA PIPA SLF BERDASARKAN TEGANGAN, DEFLEKSI, FREKUENSI ALAMI," *J. IPTEK*, vol. 21, no. 2, pp. 27–34, Dec. 2017, doi: 10.31284/j.iptek.2017.v21i2.149.
- [5] M. Hasan, E. Santoso, and P. Mahardhika, "DESAIN EXPANSION LOOP PADA LINE 116SV203-150-16H20 FATY ACID DESTILATION PT. WILMAR NABATI INDONESIA," in *Proceedings Conference on Piping Engineering and its Application*, Surabaya, 2017, pp. 31–36. [Online]. Available: <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/387>
- [6] Pekik Mahardhika, Hafizh Akbar Alam, Shifa Salsabilla, "Evaluasi Tegangan Pada Jalur Perpipaan Air Gan Compressor Menurut ASME B31.3," in *Seminar Nasional Fakultas Teknik*, Unimal, Jul. 2022, vol. 1.
- [7] P. Mahardhika, "Penerapan metode time history untuk fenomena water hammer," *J. Teknol. Marit.*, vol. 1, no. 2, pp. 37–44, 2018.
- [8] DNV, *DNV GL D101 Structural analysis of piping systems*. 2017.
- [9] Greer, B., Harper, C., Rahnama, R., *Improved Thermal Piping Analysis for Reciprocating Compressor Piping Systems*. Austin: BETA Machinery, 2012.
- [10] Autopipe, "Example Case System Water Hammer." Bentley, 2008.
- [11] A. W. Husodo, P. Mahardhika, and V. V. V. A., "ANALISA FLEKSIBILITAS SISTEM PERPIPAAN PADA FATTY ACID PLANT AKIBAT PERGESERAN POSISI EVAPORATOR," *J. Integrasi*, vol. 11, no. 2, pp. 112–118, 2019, doi: <https://doi.org/10.30871/ji.v11i2.1663>.