

EVALUASI TEGANGAN PADA JALUR PERPIPAAN AIR GAN COMPRESSOR MENURUT ASME B31.3

Pekik Mahardhika, Hafizh Akbar Alam dan Shifa Salsabilla

Program Studi Teknik Perpipaan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Email: pekikmahardhika@ppns.ac.id

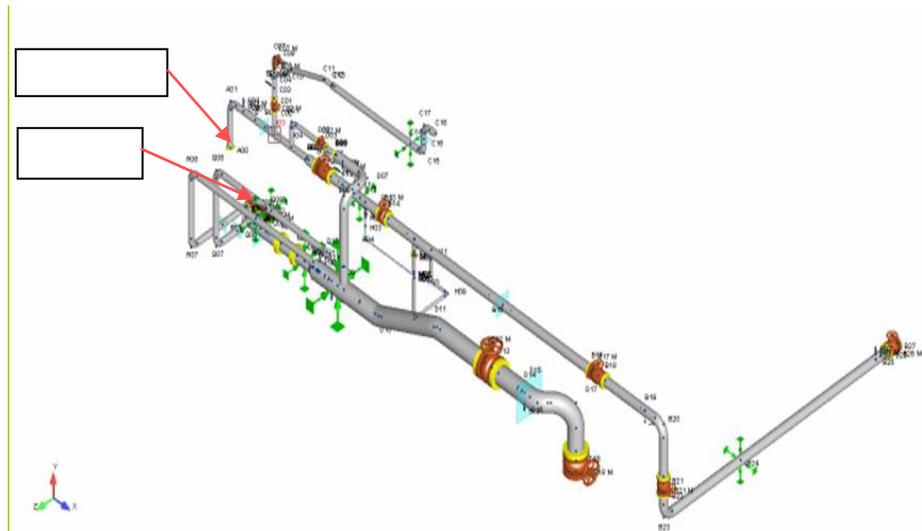
Abstrak

Pada makalah ini dilakukan evaluasi tegangan pada sistem perpipaan *air gan compressor*. Udara merupakan fluida kompresibel dan bersifat dinamis. Udara memiliki sifat menempati ruang, jika dipanaskan maka memuai, dan jika didinginkan maka menyusut. Pipa merupakan komponen yang berfungsi untuk mendistribusikan, mencampur, memisahkan, mengontrol maupun mengukur fluida. Udara pada sistem *air gan compressor* digunakan untuk sistem udara penyalan proses pembakaran bahan bakar sistem pembangkit daya uap. Jalur perpipaan *air gan compressor* merupakan jalur pipa yang terhubung dengan mesin rotasi (kompresor). Berdasarkan evaluasi bahwa jalur perpipaan *air gan compressor* merupakan jalur perpipaan yang perlu diperhatikan nilai tegangan pipanya sehingga harus dilakukan evaluasi lebih lanjut sebelum dilakukan instalasi perpipaannya. Tegangan yang terjadi pada jalur *air gan compressor* nantinya tidak boleh lebih besar dari tegangan yang diijinkan *code*. *Code* yang digunakan pada evaluasi ini adalah ASME B31.3 *Process Piping*. Tindakan evaluasi ini untuk memastikan bahwa jalur pipa *air gan compressor* dalam keadaan aman. Pada jalur *suction line* memiliki tekanan desain 1,1 kg/cm² dan temperatur desain 25 °C. Pada jalur *discharge line* memiliki tekanan desain 13,2 kg/cm² dan temperatur desain 40 °C. Jalur perpipaan ini hanya dievaluasi berdasarkan tegangan statis saja. Berdasarkan hasil simulasi bahwa nilai tegangan maksimum akibat beban sustain sebesar 474,1 kg/cm², tegangan maksimum akibat ekspansi sebesar 1659,4 kg/cm², dan tegangan *hoop* sebesar 232,5 kg/cm² masih dalam kategori aman/ memenuhi menurut ASME B31.3. Nilai tegangan yang terjadi masih di bawah nilai tegangan yang diijinkan ASME B31.3. Dari data hasil simulasi didapatkan kesimpulan bahwa jalur perpipaan *air gan compressor* bisa dikatakan aman untuk diinstalasi dan dioperasikan.

Kata kunci: ASME B31.3, *compressor*, kompresibel, tegangan pipa, udara

Pendahuluan

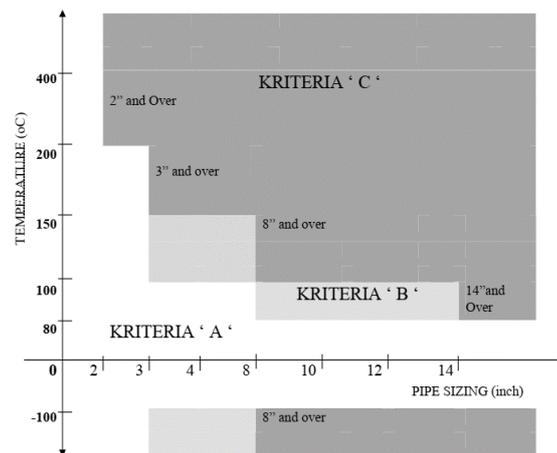
Udara merupakan fluida kompresibel dan bersifat dinamis. Udara memiliki sifat menempati ruang, jika dipanaskan maka memuai, dan jika didinginkan maka menyusut [1]. Peran perpipaan sangatlah penting, selain mendistribusikan juga mencampur, memisahkan, mengontrol maupun mengukur fluida [2]. Sistem perpipaan *air gan compressor* merupakan sistem udara pada penyalan proses pembakaran bahan bakar sistem pembangkit daya uap. Jalur perpipaan ini terhubung dengan mesin rotasi (kompresor) sehingga perlu diperhatikan lebih dibanding pipa yang terhubung dengan peralatan statis terkait evaluasinya. Nilai tegangan yang terjadi pada jalur pipa *air gan compressor* tidak boleh melebihi tegangan ijin material menurut ASME B31.3. Jika tegangan yang terjadi melebihi tegangan yang diijinkan *code* maka bisa terjadi deformasi pada pipa atau akan terjadi kegagalan sistem perpipaan [3]. Dalam proses desain sistem perpipaan perlu dilakukan analisa tegangan statis atau dinamis untuk menjamin keamanan desain dan operasional pipa [4]. Proses menganalisa tegangan merupakan metode untuk memastikan secara numerik bahwa sistem perpipaan dalam *engineering* dinyatakan aman [5]. Pada jalur ini yang dibahas yaitu evaluasi tegangan statis saja.



Gambar 1. Jalur Perpipaan Air Gan Compressor

Tinjauan Pustaka

Kriteria jalur perpipaan terdapat dua jenis yaitu jalur pipa kritis dan jalur pipa tidak kritis. Kriteria pipa kritis menurut referensi pada pipa yang terhubung mesin rotasi (*rotating equipment*) sebagai berikut [6]:



Gambar 2. Kriteria Pipa Kritis yang Terhubung Mesin Rotasi

Keterangan:

Kriteria A : Tidak perlu dianalisa/ evaluasi

Kriteria B : Harus dikoreksi dengan metode sederhana

Kriteria C : Detail analisa harus dihitung dan simulasi dengan komputer (bantuan *software*)

Berikut merupakan formula untuk menentukan tegangan akibat pembebanan sustain [2]:

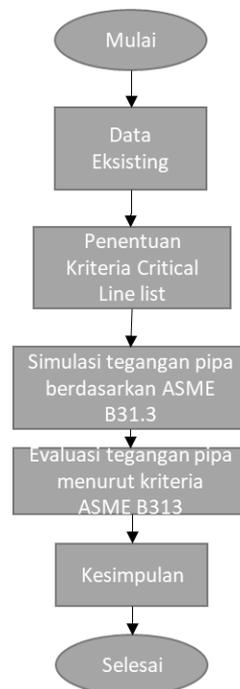
$$SL = \frac{F_{ax}}{A_m} + \frac{M_b}{Z} + \frac{P \cdot d_o}{4t} \leq SH \quad (1)$$

Berikut merupakan formula untuk menentukan tegangan *hoop* [2]:

$$\sigma_H = \frac{P \cdot d_i \cdot L}{2 \cdot t \cdot L} = \frac{P \cdot d_i}{2t} = \frac{P \cdot d_o}{2t} \quad (2)$$

Metodologi Penelitian

Makalah ini dikerjakan menggunakan metode simulasi *software* yang aturan/ *code* merujuk pada ASME B31.3 *Process Piping*. Simulasi tersebut fokus terhadap beban statis yang mengakibatkan besarnya tegangan yang terjadi dan apakah masih memenuhi kriteria *code* ASME B31.3. Metodologi penelitian pada makalah ini menggunakan diagram alir penelitian berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1 sampai tabel 3 merupakan data spesifikasi material, spesifikasi pipa, dan sifat fisik fluida. Data dari tabel 1 sampai tabel 3 tersebut digunakan untuk menentukan kriteria pipa kritis serta data yang perlu diinputkan pada *software* simulasi.

Tabel 1. Sifat Fisik Material Pipa

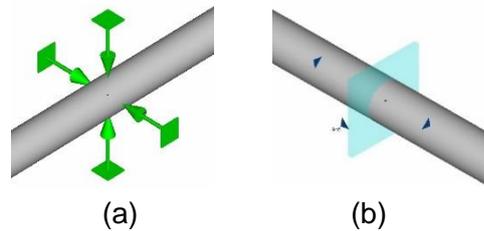
Sifat Fisik	Nilai
Material Pipa	API 5L Grade B
<i>Specified Minimum Yield Strength</i> (kg/cm ²)	2460,74
<i>Ultimated Strength</i> (kg/cm ²)	4218,41
<i>Poison's ratio</i>	0,300
Modulus Elastisitas (x 10 ⁶ kg/cm ²)	2,074
Densitas (kg/m ³)	7833,4

Tabel 2. Spesifikasi Pipa

Spesifikasi	Nilai				
	API 5L Grade B				
Material Pipa	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. Sifat Fisik *Content/* Fluida

Sifat Fisik	<i>Suction Line</i>	<i>Discharge Line</i>
Jenis Fluida	Udara	Udara
<i>Specific Gravity</i>	0,0012	0,0012
Temperatur (°C)	25	40
Tekanan (kg/cm ²)	1,1	13,2

Gambar 4. Ilustrasi *Pipe Support* (a) *Guide Support* (b) *Fix Support*

Keterangan berikut merupakan beban kombinasi yang diterapkan pada makalah ini:
CASE-1 SUS : (GR + P1) dan (GR+P2) (untuk *sustain case* dikondisi *design*)
CASE-1 HOOP : HOOP
CASE-1 EXP : T1 atau T2

Note:

SUS = Tegangan akibat *Sustained load case* (GR + P1) dan (GR+P2)

EXP = Tegangan akibat *Expansion Load* (Ambient to T1 or T2)

HOOP = *Hoop Stress*

GR = Berat pipa dan fluida dalam pipa (tergantung *Load Case*)

T1 = Temperatur Desain (*Suction Line*)

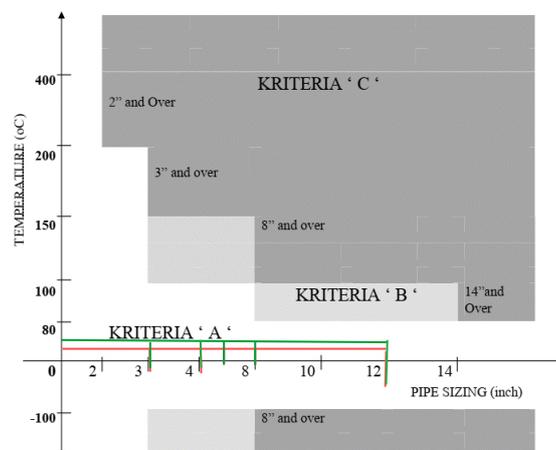
T2 = Temperatur Desain (*Discharge Line*)

P1 = Tekanan Desain (*Suction Line*)

P2 = Tekanan Desain (*Discharge Line*)

Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah hasil penentuan kriteria *critical line list*.



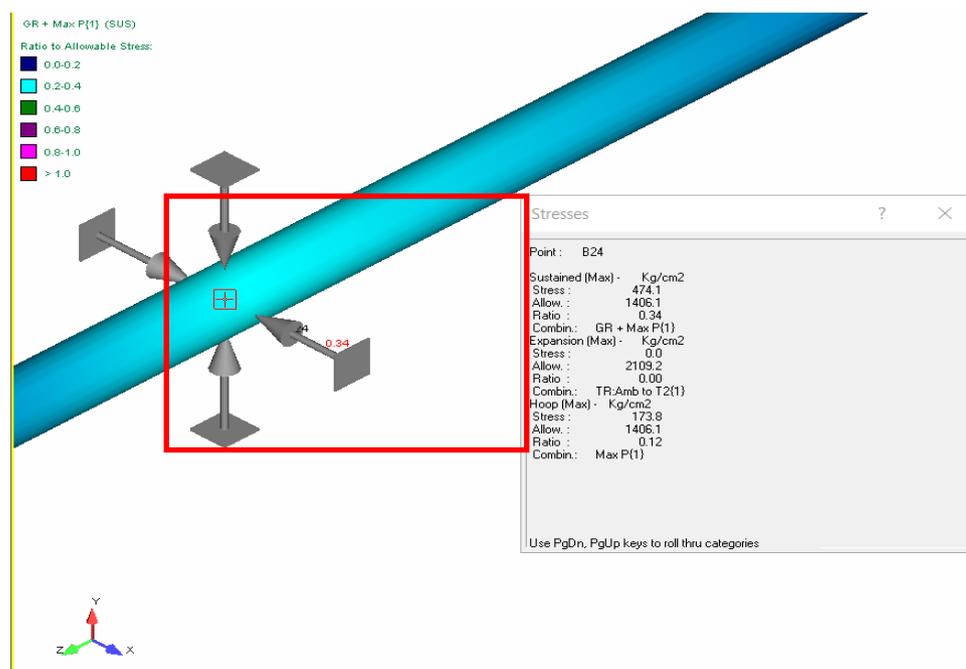
Gambar 4. Hasil Penentuan Kriteria Pipa Kritis

Dari hasil penentuan kriteria pipa kritis disimpulkan bahwa jalur pipa tersebut diperbolehkan tidak dilakukan evaluasi (tidak kritis) akan tetapi untuk kepastian jalur

tersebut aman atau tidak menurut ASME B31.3 maka masih diperlukan evaluasi lebih lanjut. Garis merah merupakan *suction line* dan hijau adalah *discharge line*. Tabel 4 merupakan tabel rekapitan hasil simulasi tegangan pipa.

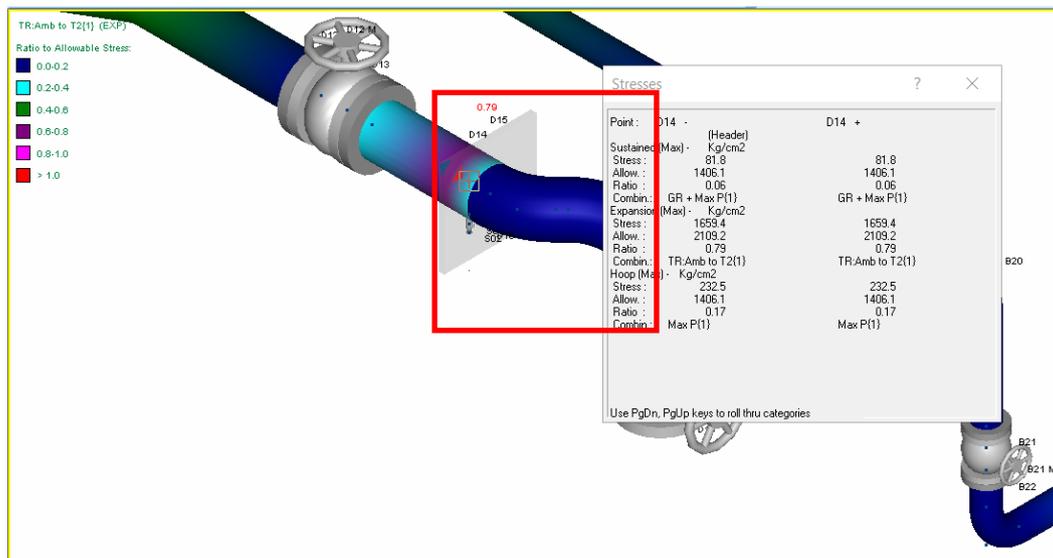
Tabel 4. Hasil Simulasi Tegangan Pipa

No	Kombinasi Beban	Jenis Tegangan	Point	Code Stress (kg/cm ²)	Tegangan Ijin (kg/cm ²)	Rasio	Hasil
1	<i>Sustained Load</i> (GR + Max P1)	<i>Max Stress</i> akibat <i>Sustained load</i>	B24	474,1	1406,1	0,34	OK
2	<i>Expansion Load</i>	<i>Max Displacement Stress</i>	D14	1659,4	2109,4	0,79	OK
3	Hoop (Max P1)	<i>Max Hoop Stress</i>	D09	232,5	1406,1	0,17	OK



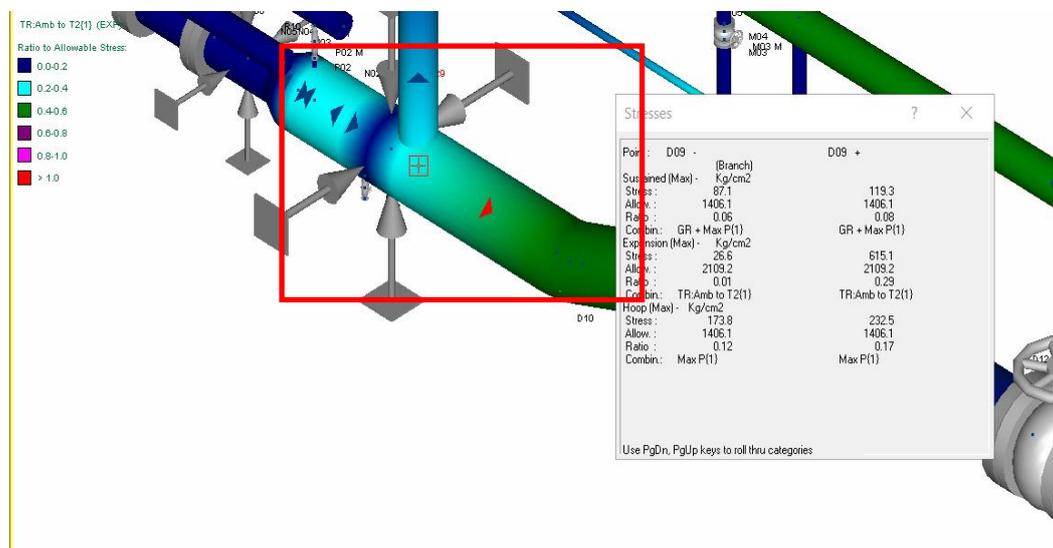
Gambar 5. Max Tegangan akibat *Sustained load* (Point B24)

Hasil simulasi menurut ASME B31.3 bahwa nilai tegangan maksimum akibat *sustained load* terjadi pada area *guide support* (Point B24) dengan nilai tegangan masih memenuhi syarat dikarenakan nilai tegangan yang terjadi di bawah nilai tegangan ijin pipa. Dikarenakan *guide support* tersebut menerima beban yang paling besar. Beban itu sendiri diakibatkan oleh berat pipa, berat fluida, dan berat komponen selain pipa yang membebani secara terus menerus yang ditumpu oleh *support* tersebut.



Gambar 6. Max Displacement Stress akibat expansion load (Point D14)

Hasil simulasi menurut ASME B31.3 bahwa nilai tegangan maksimum akibat *expansion load* terjadi pada area fix support (Point D14) dengan nilai tegangan masih memenuhi syarat dikarenakan nilai tegangan yang terjadi di bawah nilai tegangan ijin pipa. Hal tersebut terjadi karena adanya perubahan atau perbedaan temperatur dari sisi *suction line* dan *discharge line* walaupun selisih temperatur tidak terlalu besar tetapi dapat mengakibatkan ekspansi pada pipa sehingga membebani *fix support* tersebut.



Gambar 7. Max Tegangan Hoop (Point D09)

Hasil simulasi menurut ASME B31.3 bahwa nilai tegangan *hoop* maksimum terjadi pada area *tee reducer weldolet* (Point D09) dengan nilai tegangan masih memenuhi syarat dikarenakan nilai tegangan yang terjadi di bawah nilai nilai tegangan ijin pipa. Tegangan *hoop* tersebut ditimbulkan oleh tekanan yang arahnya sejajar sumbu tangensial.

Kesimpulan

Pada hasil simulasi dan evaluasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Pada jalur *air gan compressor* untuk nilai tegangan maksimum akibat *sustain load* adalah sebesar 474,1 kg/cm² yang mana nilai tegangan tersebut masih masuk ke dalam kriteria diterima karena nilainya masih lebih rendah dibandingkan nilai tegangan ijinnya ASME B31.3 yaitu sebesar 1406,1 kg/cm² pada point B24 yang terletak pada *guide support*.
- b. Pada jalur *air gan compressor* untuk nilai tegangan maksimum akibat *expansion load* adalah sebesar 1659,4 kg/cm² yang mana nilai tegangan tersebut masih masuk ke dalam kriteria diterima karena nilainya masih lebih rendah dibandingkan nilai tegangan ijinnya ASME B31.3 yaitu sebesar 2109,4 kg/cm² pada point D14 yang terletak pada *fix support*.
- c. Pada jalur *air gan compressor* untuk nilai tegangan hoop maksimum sebesar 232,5 kg/cm² yang mana nilai tegangan tersebut masih masuk ke dalam kriteria diterima karena nilainya masih lebih rendah dibandingkan nilai tegangan ijinnya ASME B31.3 yaitu sebesar 1406,1 kg/cm² pada point D09 yang terletak pada cabang *reducer tee (weldolet)*.
- d. Dari data hasil simulasi didapatkan kesimpulan bahwa jalur perpipaan *air gan compressor* bisa dikatakan aman untuk diinstalasi dan dioperasikan menurut ASME B31.3.

Daftar Pustaka

- [1] 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>
- [2] ASME, *ASME B31.3: Process Piping*. 2016.
- [3] P. Mahardhika, E. Julianto, A. Indartono, and G. E. Kusuma, "Analisa Pengaruh Kenaikan Tekanan Fluida Terhadap Tegangan Dan Fleksibilitas Pipa Blowdown A106 Grade A Berdasarkan Asme B31.3," *TEKNIK*, vol. 39, no. 1, pp. 67–72, Aug. 2018, doi: 10.14710/teknik.v39i1.17118.
- [4] P. Mahardhika, "Penerapan metode time history untuk fenomena water hammer," *J. Teknol. Marit.*, vol. 1, no. 2, pp. 37–44, 2018.
- [5] S. Kannappan, *Introduction to Pipe Stress Analysis*. John Wiley & Sons, Inc, 1986.
- [6] A. Chamsudi, *Diktat-Piping Stress Analysis*. 2005. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/259036537/Di%0Aktat-Pipe-Stress-Analysis>