

Analysis of Sustained Load and Nozzle Load Stresses on the Inlet and Outlet Pipe Vent Knock Out Drum

Lisa Chandra Mediana^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Mahasin Maulana Ahmad³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*,2}

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: lisamediana@student.ppns.ac.id^{1*}; priyoas.ppns.ac.id^{2*}; mahasinmaulanagmail.com^{3*}

Abstract - A vegetable oil production company located in Gresik, East Java is currently constructing a new plant, namely the New Amine Production Facility. In the production process of this amine compound, there is a Vent Recovery Unit where there is a Vent Knock Out Drum vessel with inlet and outlet pipelines. The pipelines in this flare system has 3 line numbers with a design pressure of 65.27 psi and a design temperature of 482°F, therefore this is a new design and the load received by the pipe is very large, so manual calculations, designs and simulations are required by computer. Stress analysis focuses on static stress analysis, allowable pipe span of the pipe which includes stress due to sustained load, and nozzle load. From the above problems analyzed by comparing manual calculation with running results on CAESAR II software so that the stress value can be determined according to the limits of ASME B31.3. The results of manual calculations show the sustained loads and CAESAR II software show the sustained loads and nozzle loads on the piping system is below the allowable limit value. So, from the results of the analyzed calculations or CAESAR II software states that the piping system is safe when operating.

Keywords: allowable pipe span, ASME B31.3, nozzle load, sustained load

Nomenclature

tm	minimum wall thickness (in)
P	design pressure (psi)
OD	outside diameter (in)
ID	inside diameter (in)
E	quality factor
Y	coefficient
W	weld joint strength reduction factor
c	corrosion allowance (in)
ρ_f	fluid density (lb/in ³)
ρ_p	pipe density (lb/in ³)
Z	section modulus (in ³)
S_h	allowable stress (psi)
I	moment inertia (in ⁴)
E	modulus of elasticity (psi)
Δ	allowable deflection (in)
w_p	berat pipa (lb/ft)
w_f	berat fluida (lb/ft)
w	berat total (lb/ft)

1. PENDAHULUAN

Perusahaan produksi minyak nabati yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur sedang melakukan pembangunan *plant* baru yaitu *New Amine Production Facility* yang di produksi untuk bahan baku kimia yaitu *amine*. *New Amine Production Facility* ini dirancang untuk menghasilkan senyawa *amine* sebanyak 20000 metric ton per year. *New Amine Production Facility* akan dioperasikan dalam 24 jam sehari dan 7 hari seminggu secara kontinyu secara terus menerus tanpa berhenti. Pada *plant* ini terdapat banyak unit yang akan mengolah dan memproduksi senyawa *amine* yaitu unit *utility*, unit

DMA (*Dimethyl Amine*), unit *reactor*, unit *filtration*, unit *amine distillation*, unit DMA (*Dimethyl Amine*) *recovery*, dan unit *vent recovery*.

Pada unit *vent recovery* merupakan unit penting dimana unit tersebut berfungsi untuk pengolahan sisa hasil produksi senyawa *amine*. Dalam proses produksi senyawa *amine* ini terdapat berbagai macam reaksi kimia dan juga berbagai macam gas berbahaya yang harus dimusnahkan sehingga tidak membahayakan lingkungan. Untuk memusnahkan gas berbahaya ini cara membakarnya adalah melalui *flare*.

Dimana pada unit tersebut terdapat equipment vessel *Vent Knock Out Drum* serta jalur pipa inlet dan outlet. Dalam tahap perancangan sistem perpipaan ini perlu dilakukan perhitungan yang kompleks untuk menjaga dan menjamin agar sistem perpipaan aman pada saat beroperasi. Salah satu perhitungan *engineering* yang vital dan menentukan keberhasilan suatu sistem 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 sistem 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 sistem perpipaan tidak mengalami kegagalan atau kerusakan [2].

Berdasarkan ASME 31.3, lingkup kerja yang dikembangkan pada *code* ini meliputi *petroleum refineries plant*, *chemical plant*, *pharmaceutical*,

textile, paper, semiconductor, and cryogenic plants, atau berkenaan dengan pabrik pengolahan lainnya [1]. *Line pipe* dari *header vent* menuju *vent knock out drum* kemudian dari *vent knock out drum* menuju *flare stack* merupakan proses utama pada proyek sehingga desain *line* perancangan harus diperhitungkan. Analisa *nozzle* pada *system* ini menggunakan analisa *nozzle load*. Pada analisa *nozzle* ini juga bergantung pada perancangan *line Vent Knock Out Drum* menggunakan bantuan *software CAESAR II 2019*.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Proses pengerjaan Tugas Akhir dimulai dengan mengidentifikasi topik dan merumuskan masalah dari topik yang dipilih, dilanjutkan dengan penentuan dari pembuatan Tugas Akhir. Pengumpulan referensi dan data yang dikaji dalam proses pembuatan Tugas Akhir didapatkan dari data perusahaan dan studi literatur.

Setelah mendapatkan data untuk Pengerjaan Tugas Akhir dilanjutkan dengan pengolahan data dengan tahapan berikut:

1. Perhitungan allowable span optimal berdasarkan limitation allowable deflection dan limitation of stress dan penentuan jenis support yang digunakan.
2. Perhitungan tegangan sustained load.
3. Perhitungan besar gaya dan momen *nozzle* akibat *operation load* dan *sustain load* yang terjadi pada *critical line*.

2.2 Formula Matematika

2.2.1 Allowable Span

$$L = \frac{\sqrt{0.4ZSh}}{w} \quad \text{Limitation of stress} \quad (1)$$

$$L = \frac{\sqrt{\Delta EI}}{13.5 w} \quad \text{Limitation of deflection} \quad (2)$$

Keterangan:

L = allowable pipe span (in)

Z = section modulus (in³)

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

W = berat total pipa (lb/in)

E = Modulus Elastisitas (lb/in²)

2.3 Jumlah Pipe Support

$$\text{Jumlah support} = \frac{\text{Panjang pipa}}{\text{Maximum allowable span}} \quad (3)$$

2.4 Sustained Load

Sustained load adalah beban akibat berat pipa, berat fluida, tekanan dalam pipa, tekanan luar, pengaruh angin dan gempa serta beban dari salju yang menimpa pipa. *Sustained load* merupakan tegangan primer yang menyebabkan kegagalan katastrosfis. Tegangan Longitudinal merupakan

jumlah dari Tegangan Aksial (*Axial stress*), Tegangan Tekuk (*Bending stress*) dan Tegangan Tekanan (*Pressure Stress*). Mengenai ketiga tegangan ini dapat diuraikan berikut ini.

$$\sigma_{ax} = \frac{P \times Ai}{Am} \quad (4)$$

$$\sigma_b = \frac{MC}{I} \quad (5)$$

$$\sigma_{lp} = \frac{PAi}{Am} = \frac{Pdi^2}{do^2 - di^2} = \frac{Pdi^2}{4tdm} = \frac{Pdo}{4t} \quad (6)$$

Keterangan :

P = Gaya tekan *internal* (lb/in²)

I = Momen *inersia* penampang (in⁴)

M = Momen *bending* (in-lb)

C = Jarak dari netral *axis* (in)

Ai = Luas permukaan dalam pipa (in²)

Am = Luas rata-rata permukaan pipa (in²)

t = Tebal pipa (in)

2.5 Modelling Caesar II

Caesar II merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk analisa tegangan pipa yang tersedia sekarang dan pada umumnya menggunakan metode kekakuan [9].

2.6 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*) [8]. Batasan beban (gaya dan momen) yang terjadi pada *nozzle equipment* akibat beban *operating* dan *sustain load* sistem perpipaan [9].

2.7 Kode dan standart Perpipaan

Kegiatan rekayasa untuk memperoleh perilaku sistem pipa ini dikenal sebagai analisis tegangan pipa atau dahulu disebut juga analisis fleksibilitas [4]. Kode dan standart perpipaan adalah satu set persyaratan minimum yang harus digunakan pada setiap sistem perpipaan yang dibangun agar aman. Standart mencantumkan spesifikasi material yang diizinkan, rancang fabrikasi yang diterima, serta persyaratan dan prosedur inspeksi [5].

Pada saat ini ada beberapa buah kode standart dari komite B31 ini yang sering di pakai sebagai acuan di Indonesia sesuai kebutuhan bidang industri, yaitu:

- ASME/ANSI B31.1 untuk sistem perpipaan di industry pembangkit listrik;
- ASME/ANSI B31.3 untuk sistem perpipaan di industry proses dan petrokimia;
- ASME/ANSI B31.4 untuk pipa transport minyak dan zat cair lainnya;
- ASME/ANSI B31.5 untuk sistem perpipaan pendingin;

- ASME/ANSI B31.8 untuk pipa transport gas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Jarak Antar Penyangga (Support)

Dengan mengasumsikan sebagai *simply supported beam* maka persamaan yang digunakan berdasarkan batasan tegangan atau batasan defleksi. Dalam pengerjaan ini digunakan persamaan (1) dan (2) Dalam pengerjaan perhitungan *Allowable pipe span* adalah sebagai berikut.

- Berat Pipa

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (d_o^2 - d_i^2) \times \text{density pipa} \times 12$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (12.75^2 - 12.39^2) \times 0.283$$

$$= 24.2 \text{ lb/ft}$$

- Berat Fluida

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (d_i^2) \times \text{density fluida} \times 12$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (12.39^2) \times 3.12 \times 12$$

$$= 52.2 \text{ lb/ft}$$

- Berat Total = Berat Pipa + Berat Fluida
= 24.2 + 52.2
= 76.4 lb/ft

- Based on limitation of stress = $\sqrt{\frac{0.4 \times Z \times S_h}{W}}$

$$= \sqrt{\frac{0.4 \times 22 \times 19162}{76.4}}$$

$$= 46.9802 \text{ ft}$$

$$= 14.319 \text{ m}$$

- (Based on limitation of

$$= \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5 W}}$$

$$\text{allowable deflection) = } \sqrt[4]{\frac{0.625 \times 27300000 \times 141}{13.5 \times 76.4}}$$

$$= 39.0804 \text{ ft}$$

$$= 11.911 \text{ m}$$

Pada perhitungan maksimum *allowable pipe span line number* maka memiliki maksimum *allowable pipe span* 14.319 m.

Untuk *allowable span* pada *line number* agar mencapai parameter keamanan pemasangan *pipe support* tidak diletakkan pada jarak maksimum *allowable pipe span*. Hal ini tentu sebagai *safety factor* untuk pertimbangan agar tidak terjadi *over stress* walaupun sudah masuk dalam jarak *allowable* nya. Dalam hal ini untuk pemasangan *pipe support* untuk masing-masing *line number* dengan ukuran pipa 12", 16" dan 2" menggunakan jarak kurang dari jarak maksimum *allowable pipe span*.

3.2 Perhitungan Jumlah Support

$$\begin{aligned} \text{Jumlah support} &= \frac{\text{Panjang pipa}}{\text{Maximum allowable span}} \\ &= \frac{15.1}{39.1} \\ &= 2 \text{ support} \end{aligned}$$

3.3 Beban Sustain (Sustained Load)

Dari hasil perhitungan desain saddle dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Table 1: Tabel perhitungan manual tegangan bending

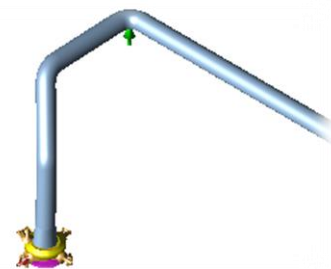
Segmen	Node	Bending Stress (psi)	Allowable Stress (psi)
2	20	29,745	19162
3	30	400,145	19162
4	40	247,898	19162
5	50	911,849	19162
6	60	5150,133	19162

Tabel 2: perhitungan manual dan software sustained load

Node	Axial Stress (psi)		Bending Stress (psi)		Sustain Load (psi)		Error (%)	Allowable Stress	Acceptance
	Manual	Software	Manual	Software	Manual	Software			
20	1107,10	1002,60	29,74478	10,00	2292,67	2168,42	5,73	19162	Accept
30	1107,10	1271,20	400,1451	320,40	2663,07	2747,42	3,07	19162	Accept
40	1107,10	1307,20	247,8984	198,50	2510,83	2661,52	5,66	19162	Accept
50	1107,10	1327,90	911,8489	905,90	3174,78	3389,62	6,34	19162	Accept
60	1107,10	1877,90	5150,133	4099,40	7413,06	7133,12	3,92	19162	Accept

3.4 Evaluasi Beban Nozzle menggunakan Software CAESAR II

Pemodelan beban *nozzle* pada sistem perpipaan di Perusahaan pengolahan minyak yang lokasinya terdapat di Kalimantan adalah line number 300-V-9712-R1A-00NA dengan diameter *nozzle* adalah 12 inch menggunakan bantuan *software* CAESAR II. Beban yang terjadi diakibatkan oleh beban *operation* dan beban *sustained* yang ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Pemodelan Nozzle pada Software CAESAR II

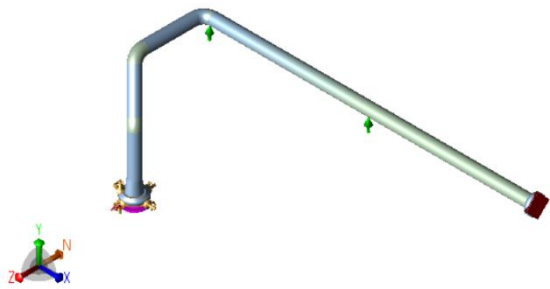
Tabel 3: perbandingan antara nilai batasan dan nilai beban nozzle

Beban Nozzle	Nilai					
	Fa	Fb	Fc	Ma	Mb	Mc
	FY	FZ	FX	MY	MZ	MX
	lb	lb	lb	lb.ft	lb.ft	lb.ft
<i>Sustain</i>	-1051	1	55	-378	40,4	-225,5
<i>Limits</i>	4316	4316	3237	11328,9	16993,4	14729
<i>Result</i>	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS

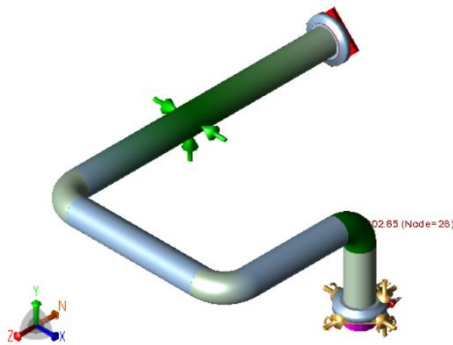
Dari hasil *running software* berdasarkan table 2 tersebut didapatkan nilai resultan gaya saat kondisi *operation* dan *sustained* pada N1 (*inlet Vessel*) dengan membandingkan kedua nilai resultan gaya *allowable nozzle load* pada saat *sustained* dan *allowable nozzle load*. Dapat dilihat pada table 3.

3.5 Pemodelan Software CAESAR II

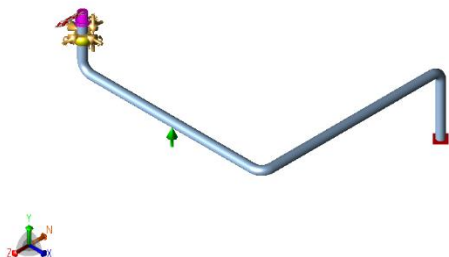
Pemodelan *software Caesar II* pada sistem perpipaan dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan gambar 4.



Gambar 2. Detail 1 Pemodelan CAESAR



Gambar 3. Detail 2 Pemodelan CAESAR



Gambar 4. Detail 3 Pemodelan CAESAR

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Dari perhitungan didapatkan hasil batas maksimal span yang diperbolehkan dipilih dari hasil terkecil antara *Based on limitation of stress* 14.319 m dan *Based on limitation of allowable deflection* 11.911 m, Jadi jarak span yang diijinkan maksimal 11.911 m. Sehingga jumlah *support* yang dibutuhkan yaitu 2 *support*.
2. Nilai pada perhitungan manual terjadi pada segmen 5 node 60 pada jalur pipa *inlet* dengan nilai sebesar 7413,06 psi dan nilai tegangan tertinggi dari hasil running *software CAESAR II* terjadi pada segmen 5 node 60 pada jalur pipa

inlet dengan nilai sebesar 7133,12 psi. Sedangkan *allowable stress* untuk *sustained load* sebesar 19162 psi. Sehingga beban masih di bawah *allowable stress* yang diijinkan.

3. Nilai beban gaya dan momen *nozzle* tertinggi yang terjadi pada *nozzle* pada jalur pipa gas *inlet* dengan resultan gaya pada sumbu Fx, Fy, dan Fz sebesar 55 lb, -1051 lb, dan 1 lb dengan *allowable nozzle load* sebesar 3237 lb, 4316 lb, dan 4316 lb. Sedangkan resultan momen pada sumbu Mx, My, dan Mz sebesar -225,5 lb, -378 lb, dan 40,4 lb dengan *allowable nozzle load* sebesar 14729 lb, 11328,9 lb, dan 16993,4 lb. Dari nilai resultan gaya dan momen tersebut keduanya masih kurang dari batasan gaya dan momen yang diizinkan sehingga *nozzle* tersebut aman saat beroperasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyusunan jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Raden Dimas Endro W., S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Ibu Ika Erawati, S.S, M.Pd selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
6. Bapak Mahasin Maulana Ahmad, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
7. Kedua orang tua yang telah memberi banyak motivasi dan juga nasehat selama menempuh perkuliahan ini.
8. Teman - teman seperjuangan Teknik Perpipaan angkatan 2018 yang telah memberikan banyak warna kehidupan, kebersamaan, dan canda tawa kepada penulis selama kuliah di PPNS.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASME B31.3-2016. *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] Guyen, M R, Heroe Poernomo, dan Pekik Mahardhika (2018). *Analisa Tegangan New*

- Critical Line Pipe dari Discharge Compressor Scrubber Train menuju Tie In Point Existing MP Gas Scrubber Pipe pada sistem CO₂ Removal Di Fasilitas Produksi Cilamaya Utara. In: PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya), 2nd Conference On Piping Engineering and Its Application (CPEAA) 2018. Surabaya, Indonesia 23 September 2018. Indonesia: Surabaya.
- [4] Hasan. M. Pekik Mahardhika dan Emie Santoso.. 2017. *Desain Expansion Loop Pada Line 116sv203-150-16h20 Faty Acid Destilation Pt.Wilmar Nabati Indonesia*. In: PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya). 2nd Conference On Piping.
- [5] Farhani. Habibah, Heroe Poernomo dan Pekik Mahardhika (2019). *Desain Penambah Jalur Perpipaan Tie-in Point Akibat Penambahan Deliquidizer*. In: PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya), 3rd Conference On Piping Engineering and Its Application (CPEAA) 2019. Surabaya, Indonesia 23 September 2019. Indonesia: Surabaya.
- [6] Kannappan, Sam. (1986). *Introduction to Pipe Stress Analysis*. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
- [7] Jamaludin, Achmad, Jurnal 2016, *Analisis Tegangan Sistem perpipaan pada sisi Tekan Pompa P-003E Menggunakan CAESAR II dan Perhitungan Manual*.
- [8] Nayyar, M.L. (2000). *PIPING HANDBOOK*. U.S.A; Mc Graw Hill Inc.
- [9] TIJARA PRATAMA. (2004). *ANALISA DASAR PELATIHAN TEGANGAN PIPA*. Jakarta : TIJARA PRATAMA Inc.