

DESAIN EXPANSION LOOP PADA LINE 116SV203-150-16H20 FATY ACID DESTILATION PT. WILMAR NABATI INDONESIA

M Hasan.^{1*}, Emie Santoso ^{2*}, Pekik Mahardhika.³

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: mhasan60872@gmail.com^{1*}; emie.santoso@gmail.com^{2*}; pekikdhika02@gmail.com^{3*}

Abstrak

Faty Acid destiltion adalah *plant* proses minyak kelapa sawit yang terdapat pada PT. WILMAR NABATI INDONESIA (WINA), pada *plant* tersebut terdapat *line* pipa yang memiliki fluida *vapor* & berdiameter 6 inch dengan kode *line* 116SV203-150-16H20. Dengan desain awal *line* menggunakan *expansion joint*, PT. WILMAR NABATI INDONESIA mengalami kendala yaitu *Expansion joint* tidak datang, kemudian pihak *engineering* membuat desain baru yaitu *Expansion loop*. *Line* 116SV203-150-16H20 menghubungkan tangki menuju tangki, maka dari itu tekanan dan tegangan harus diperhatikan, jika tidak bisa berdampak pada kerusakan *nozzle* pada tangki. Pipa dengan material *ASTMA312 / ASME SA 312 TP 316L WEL 6 "SCH 10S* divariasikan dengan empat model *Expansion loop* yaitu *Vertical loop 1 (V1)*, *Vertical loop 2 (V2)*, *Horizontal loop 1 (H1)* & *Horizontal loop 2 (H2)* kemudian dilakukan optimasi desain. Empat desain *Expansion loop* di lakukan perhitungan *allowable stress & pressure drop*. *Expansion loop* dipilih dari keempat desain yang divariasikan dengan mempertimbangkan nilai *pressure drop* dan *allowable stress*nya, perhitungan dilakukan dengan dua metode yaitu perhitungan secara manual dan *software*. Perhitungan tegangan menggunakan *software* CAESAR II sedangkan untuk perhitungan *pressure drop* dengan menggunakan *software* Pipe Flow Expert. Perhitungan *allowable stress* sesuai dengan ASME B31.3 dan *pressure drop* menggunakan persamaan dari *darcy wisbach*. Nilai tegangan pada empat desain masih di bawah *allowable stress*, namun desain yang dipilih adalah desain dengan nilai tegangan paling kecil yaitu terdapat pada *Expansion Vertical loop 1*, nilai perhitungan manual *thermal load* 19833,815 Kpa, *Occasional load* 861 Kpa & *Sustain load* 538,100 Kpa. Nilai pada *software* CESAR II *Thermal load* 29553,4 Kpa, *Occasional load* 1592,4 Kpa, *Sustain load* 4392,10 Kpa. Nilai *pressure drop* perhitungan manual 0,00045 bar dan pada *software* pipe flow expert 0,0001 bar. Pada desain *Vertical loop 1* panjang total desain adalah 649,605 in, dengan *allowable pipe span* 4605,765mm dan jumlah *support* 4 buah.

Kata Kunci : *Expansion loop*, *pressure drop*, *allowable stress*.

1. PENDAHULUAN

PT. PRIMA DUTA KARYA (PT.PDK) adalah perusahaan *General Kontraktor & Supplay*, Khususnya jasa penyelenggaraan usaha teknik, konstruksi besi dan baja, instalasi-instalasi dan perbaikan dibidang mekanikal, pompa, piping, turbin dan sebagainya. PT.PDK sebagai perusahaan *General Kontraktor & Supplay* banyak mengerjakan *plant* di berbagai perusahaan besar, salah satunya adalah *plant Faty Acid Destilation Upgrade (FA UPGRADE)* pada PT. Wilmar Nabati Indonesia, GRESIK. *plant* pada FA memiliki perancangan sistem perpipaan yang sangat kompleks.

Untuk merancang sistem perpipaan dengan benar, seorang *engineering* perpipaan harus memahami perilaku sistem perpipaan dan diperhatikan juga perhitungan *pressure drop*, Perhitungan *Pressure*

drop adalah digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik dalam pipa atau tabung ke titik yang lain. Fleksibilitas dalam perencanaan dan desain pada sebuah sistem perpipaan harus dirancang agar mampu menahan beban yang terjadi. Pipa jika dipanaskan tentu akan mengalami pertambahan panjang. Sebaliknya jika didinginkan akan mengalami pemendekan. Pada akhirnya akan memberikan gaya reaksi pada sisi pipa yang tertahan. Jika beban yang diterima terlalu besar sehingga tidak sanggup untuk diterima, maka dapat menyebabkan kerusakan. Untuk itu perlu dilakukannya sebuah analisis kemampuan pipa untuk mengubah panjang dan deformasi elastis. Kondisi ini terjadi karena beban yang dipengaruhi oleh suhu tinggi selama operasi. Sistem perpipaan harus cukup fleksibel sehingga ekspansi termal atau pergerakan titik *support* atau ujung pipa tidak akan menyebabkan kerusakan. Kegiatan *engineering*

untuk memperoleh perilaku sistem perpipaan ini dikenal sebagai analisa tegangan pipa atau dahulu disebut juga analisa tegangan/fleksibilitas. (Tijara Pratama, 2004)

Analisa tegangan dan nilai *pressure drop* dilakukan dengan perhitungan manual & *software* sehingga didapatkan data informasi tegangan dan nilai *pressure drop* yang terjadi pada pipa yang akan dipasang. Pada *plant* FA UPGRADE di PT. WILMAR NABATI INDONESIA (PT. WILMAR NABATI INDONESIA INDONESIA) terdapat pipa transfer berukuran 6 inch yang berisi proses *vapor* (SV) dari tangki 116D06 ke 116F20. Desain awal yang terdapat pada P&ID adalah menggunakan *Expansion joint*, namun terjadi kendala yaitu *Expansion joint* tidak datang yang sebelumnya telah di pesan oleh pihak PT. WILMAR NABATI INDONESIA, kendala diatas adalah murni kesalahan pemesanan. PT. WILMAR NABATI INDONESIA tidak melakukan pemesanan ulang *Expansion joint* karena membutuhkan biaya lagi dan waktu yang cukup lama, dari kendala yang ada kemudian pihak PT. WILMAR NABATI INDONESIA harus mendesain ulang atau merekayasa agar *line* pada pipa tersebut tetap aman digunakan. PT.PDK sebagai kontraktor hanya menawarkan beberapa solusi yang optimal agar parameter yang didapat masih dalam kondisi *allowable stress* dan *pressure drop* yang diizinkan.

Pada akhirnya, divisi *engineering* mendapatkan keputusan agar desain *line* tersebut menggunakan *Expansion loop*. Desain *Expansion loop* pipa berdasarkan stress & *pressure drop* yang terjadi pada *line* tersebut dengan perhitungan stress secara manual dan CAESAR II, sedangkan untuk perhitungan *pressure drop* dihitung secara manual & *software Pipe Flow Expert*. Dari studi kasus yang telah ditemukan, akan dihitung tegangan dan *pressure drop* yang terjadi setelah dilakukan desain *Expansion loop*. Pada pemasangan *Expansion loop* membutuhkan tata letak atau tempat yang cukup untuk di pasang, jarak anatar vessel 116D06 ke 116F20 pada *plant Fatty Acid destilation* masih memungkinkan untuk di pasang *Expansion loop*.

2. METODOLOGI.

2.1 Diagram Alir

2.1.1 Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi awal ditujukan untuk menetapkan tujuan dan diadakan identifikasi mengenai permasalahan terhadap tugas akhir yang akan

dikerjakan. Adapun isi dari tahap ini antara lain sebagai berikut :

1. Identifikasi masalah dan penetapan tujuan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi beberapa permasalahan yang didapatkan pada saat melakukan pengamatan dan pemikiran sehingga bisa dilakukan sebuah penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan penetapan tujuan tentang apa yang ingin dicapai dan manfaatnya bagi pihak terkait serta bagi penelitian selanjutnya. Tahap-tahap ini merupakan dasar tentang apa yang dilakukan selama penelitian. Pada tugas akhir ini, diangkat permasalahan mengenai analisa tegangan & *pressure drop* dengan menggunakan *software* & *manual*.

2. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori-teori yang berhubungan dengan tugas akhir ini yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Dalam penelitian ini teori-teori yang diangkat adalah teori yang berhubungan dengan kekuatan mekanik material.

3. Studi lapangan

Pada tahap ini pengamatan dilakukan secara langsung terhadap kondisi aktual di lapangan selama melaksanakan On The Job Training di PT. PRIMA DUTA KARYA pada proyek pengembangan PT. WILMAR NABATI INDONESIA, GRESIK.

4. Studi Pustaka

Studi perpustakaan merupakan suatu metode untuk mendapatkan data-data dari objek penelitian yang bersumber pada buku, manual instruksi, katalog, jurnal, maupun majalan yang membahas tentang objek penelitian. Dalam tahap ini studi perpustakaan yang telah dilakukan ialah di perpustakaan POLITEKNIK ERKAPALAN NEGERI SURABAYA, dll.

5. Studi Internet

Akses internet merupakan suatu cara untuk mendapatkan data yang erat hubungannya dengan proses pengerjaan tugas akhir. Selain itu studi internet juga difungsikan untuk mencari data-data pembanding yang akan digunakan selama proses pengerjaan tugas akhir berlangsung.

2.2 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap untuk mengumpulkan data yang berhubungan dengan permasalahan yang didapat. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data-data tersebut dijabarkan dibawah ini:

- Data Primer

Data primer dalam penelitian ini antara lain : Tanya jawab dengan *staff engineering* PT.PDK berkaitan dengan objek penelitian yaitu sistem perpipaan di PT. PRIMA DUTA KARYA pada proyek pengembangan PT. WILMAR NABATI INDONESIA, GRESIK.

- Data sekunder

Data spesifikasi teknis yang diteliti meliputi: *mechanical data sheet, expansion bellows manufactured, isometric and P&ID, Inspection Report, material properties* dll.

2.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tindak lanjut dari pengumpulan data yang telah dilakukan, hal-hal tersebut antara lain :

1. Melakukan perhitungan minimum ketebalan material dan insulasi.
2. Menentukan jumlah dan posisi peletakan *support*
3. Menentukan dimensi sesuai dengan syarat fleksibilitas sistem perpipaan.
4. Melakukan perubahan posisi *support* jika tegangan melebihi tegangan yang diijinkan.
5. Melakukan desain *Expansion loop* dengan menggunakan *software CAESAR II 7.0* dan menjadikanya dalam 4 variasi.
6. Menganalisa tegangan dari *output CAESAR II* untuk menentukan desain yang akan dipilih.
7. Menghitung besar *pressure drop* pada desain *expansionloop*.
8. Menganalisa tegangan secara manual pada desain *Expansion loop* dan membandingkan dengan tegangan ijin material sesuai standar ASME B31.3

9. Menghitung besar beban pada desain *Expansion loop* dengan melihat *output software CAESAR II 7.0* dan secara manual.

2.4 Tahap Analisa dan Kesimpulan

Tahap-tahap yang dilakukan meliputi:

2.4.1 Analisa dan Rekomendasi

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah kemudian dibandingkan. Tahap rekomendasi adalah hasil dari analisis pengolahan data meliputi perhitungan nilai tegangan pada alternatif desain *Expansion loop* dan membandingkan kedua tegangan *Expansion loop* dan *bellows* dalam bentuk umur keduanya.

2.4.2 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap pengambilan kesimpulan dari analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan. Saran dimaksudkan untuk melakukan penelitian selanjutnya dengan obyek penelitian yang lebih luas dan sebagai bahan pertimbangan serta referensi kepada perusahaan untuk dapat diaplikasikan pada sistem perpipaan lain yang memiliki kesamaan.

2.5 Formula Perhitungan manual

2.5.1 Menentukan Jarak antar *support* & jumlah *support* .

$$\text{Allowable pipe span}(L_s) = \sqrt{0.4ZSh/W} \quad (1)$$

Keterangan :

L_s = allowable pipe span (in)

L = panjang pipa (in)

Sh = allowable tensile stress pada temperatur tinggi (psi)

W = berat total pipa (lb/in)

Z = section modulus (in³)

2.5.2 Tegangan statis pada *line116SV203-150-16H20* dilakukan perhitungan *software CESAR II & manual Thermal load , Occasional load & Sustain load* , dengan persamaan sebagai berikut dibawah ini:

- a. Occasional load
 $S = 0.75 i 12 (WL^2)/8Z 1.5G$ (2)
 Keterangan :
 S = Seismic stress (psi)
 i = Stress intensification factor
 W = Berat pipa (lb)
 Z = Modulus penampang pipa (in⁴)
 L = Panjang pipa (in)
 G = Seismic acceleration

- b. Thermal load
 $M = \frac{6EI\Delta}{L^2}$ (3)
 $\Delta = \frac{5WL^4}{384 EI}$ (4)
 $S = \frac{iM}{Z}$ (5)

Keterangan:
 Δ = displacement (in)
 M = momen yang terjadi pada tumpuan (in.lb)
 I = momen inersia (in⁴)
 L = panjang pipa (in)
 E = modulus elastisitas (psi)
 M = momen yang terjadi pada tumpuan (in.lb)
 I = Stress intensification factor (1 from ITT Grinnel)
 Z = section modulus (in³)

- c. Sustain load
 $A_m = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (OD^2 - ID^2)$ (5)

$$A_i = \frac{1}{4} \times 3,14 \times ID^2 \quad (6)$$

$$\sigma_{ax} = \frac{F_a}{A_m} \quad (7)$$

$$\sigma_{ax} = \frac{P \times A_i}{A_m} \quad (8)$$

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot d_o}{4t} \quad (9)$$

$$M_{max} = \frac{WL^2}{8} \quad (10)$$

$$\sigma_b = \frac{M_{max} \cdot C}{I} \quad (11)$$

$$\text{Sustain} = \sigma_{ax} + \sigma_{ip} + \sigma_b$$

Keterangan :

W = berat cross section pipa (lb/in)

L = panjang pipa (in)

T = Thicnes (in)

2.5.3 Pressure drop pada line 116SV203-150-16H20 dapat di cari dengan perhitungan manual & software pipe flow expert, rumus manual sebagai berikut :

$$\Delta P = \frac{4f\Delta L \rho v^2}{2D} \quad (12)$$

P₁ = tekanan awal, pa (bar)

P₂ = tekanan akhir, pa (bar)

ΔL = panjang pipa (m)

D = inside diameter, (m)

f = friction loss

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

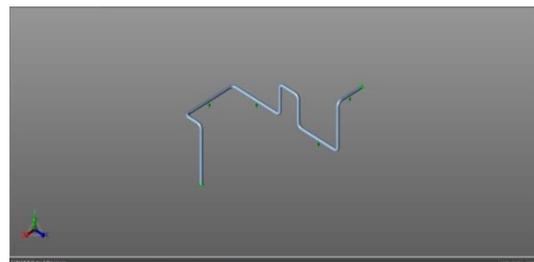
Tabel hasil perhitungan jarak anatar support dan jumlah support terdapat pada tabel 3.1 Lspan dan jumlah support

3.1 Jarak anatar support dan jumlah support

Nama	Notasi	Besaran	Satuan
VERTICAL LOOP 1			
Panjang	L	649,605	in
Allowable pipe span(maksimal)	-	4605,765	mm
Jumlah support(maksimal)	NOS	4	buah
VERTICAL LOOP 2			
Panjang	L	700,786	in
Allowable pipe span(maksimal)	-	5070,781	mm
Jumlah support(maksimal)	NOS	4	buah
HORIZONTAL LOOP 1			
Panjang	L	688,975	in
Allowable pipe span(maksimal)	-	4605,765	mm
Jumlah support(maksimal)	NOS	4	buah
HORIZONTAL LOOP 2			
Panjang	L	700,786	in
Allowable pipe span(maksimal)	-	5070,781	mm
Jumlah support(maksimal)	NOS	4	buah

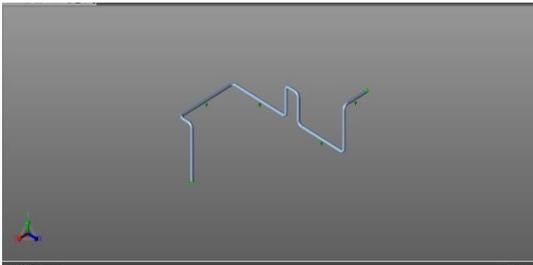
3.2 Pemodelan empat desain Expansion loop menggunakan software CESAR II untuk mencari nilai tegangan, software pipe flow expert (PIPE FLOW EXPERT) untuk mencari nilai pressure drop .

a. Desain Expansion loop Vertical 1(V1)



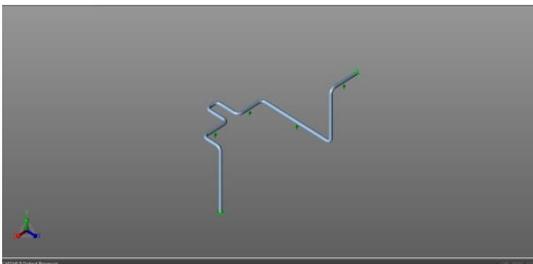
Pada desain V1 didapatkan nilai tegangan manual *Thermal load* 19833,8 Kpa, *Occasional load* 861,0 Kpa & *Sustain load* 538,1 Kpa. Pada *Software Thermal load* 29553,4 Kpa, *Occasional load* 592,4 Kpa & *Sustain load* 4392,1 Kpa. Nilai *pressure drop* manual 0,00012 bar & *software PIPE FLOW EXPERT* 0,0001 bar.

b. Desain *Expansion loop* Vertical 1 (V2)



Pada desain V2 didapatkan nilai tegangan manual *Thermal load* 27467,6 Kpa, *Occasional load* 1069,8 Kpa & *Sustain load* 862,5 Kpa. Pada *Software Thermal load* 27429,4 Kpa, *Occasional load* 1993,5 Kpa & *Sustain load* 1004,1 Kpa. Nilai *pressure drop* manual 0,00037 bar & *software PIPE FLOW EXPERT* 0,0002 bar.

c. Desain *Horizontal loop 1* (H1)



Pada desain H1 didapatkan nilai tegangan manual *Thermal load* 41001,3 Kpa, *Occasional load* 1397,3 Kpa & *Sustain load* 538,5 Kpa. Pada *Software Thermal load* 30285,8 Kpa, *Occasional load* 1377,6 Kpa & *Sustain load* 5615,8 Kpa. Nilai *pressure drop* manual 0,00028 bar & *software PIPE FLOW EXPERT* 0,0003 bar.

d. Desain *Horizontal 2* (H2)



Pada desain HH2 didapatkan nilai tegangan manual *Thermal load* 41001,3 Kpa, *Occasional load* 1397,3 Kpa & *Sustain load* 664,4 Kpa. Pada *Software Thermal load* 50255,4 Kpa, *Occasional load* 2865,2 Kpa & *Sustain load* 9644,4 Kpa. Nilai *pressure drop* manual 0,00041 bar & *software PIPE FLOW EXPERT* 0,0002 bar.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai jarak antar *support* & jumlah *support* yang terdapat pada tabel 3.1 merupakan nilai maksimal yang boleh digunakan pada desain *Expansion loop*.
2. Nilai tegangan pada empat desain masih di bawah *allowable stress*, namun desain yang dipilih adalah desain dengan nilai tegangan paling kecil yaitu terdapat pada *Expansion Vertical loop 1*, nilai perhitungan manual *thermal load* 19833,815 Kpa, *Occasional load* 861 Kpa & *Sustain load* 538,100 Kpa. Nilai pada *software CESAR II Thermal load* 29553,4 Kpa, *Occasional load* 1592,4 Kpa, *Sustain load* 4392,10 Kpa. Nilai *pressure drop* perhitungan manual 0,00045 bar dan pada *software pipe flow expert* 0,0001 bar.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua (Bapak Mat ramin dan Ibu Atmi) yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Ibu Emie Santoso, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Pekik Mahardhika, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.

6. Bapak Projek Priyonggo yang senantiasa memberikan dukungan, teguran dan motivasi penulis, agar menjadi pribadi yang berbakti kepada Agama dan bangsa.
7. Semua teman-teman *piping engineer* 2013, khususnya TP 2013 A yang telah memberikan bantuan berupa semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
8. Irma Masruro yang juga memberikan dukungan dan memotifasi penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

6. PUSTAKA

1. ASME. (2013). ASME Code For Process Piping B. 31.3 New York : The American Society Of Mechanical Engineers.
2. Chamsudi, A. (2005). Diktat – Piping Stress Analisis. Jakarta : Rekayasa Industri.
3. EJMA. 2008. Standard of The *Expansion joint* Mnuufacturers Association – Ninth Edition, New York: *Expansion joint* Manufacturers Association Inc
4. Grinnel ITT (1981), Piping Design and *Engineering*, ITT Grinnel Corporation. USA
5. Kannappan, Sam. 1986. Introduction to Pipe Stress Analysis. John Wiley & Sons, Inc., U. Nayar, M, L. (2000). Piping Handbook. U.S.A : McGraw Hill Inc.S.A.
6. Smith, P. R., & Van Laan, T. J. (1987). Piping And Pipe *Support* Systems. U.S.A : McGraw Hill Inc.
7. Tijara Pratama. (2004). Analisa Dasar Pelatihan Tegangan Pipa Jakarta : Tijara Pratama Inc.