

Perencanaan Sistem Perpipaan Suction Line Pada Well Test Station Berdasarkan ASME B31.4

Hutagalung, R. P.¹⁾, Jonoadji, N.²⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}

Phone: 0062-31-5043480, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}

E-mail : rph51292@gmail.com¹⁾, ninukj@petra.ac.id²⁾

Abstrak. *Well test station* merupakan tempat untuk melakukan pengujian terhadap kualitas dan kapasitas minyak mentah pada suatu sumur minyak. Salah satu bagian penting dari *well test station* adalah sistem perpipaan yang menghubungkan gauging separator tank dan pompa. Karena debit pompa dan tekanan tangki mempengaruhi besarnya tekanan yang timbul pada pipa maka tebal dan diameter pipa perlu dihitung sesuai standard ASME B31,4 agar dapat mengalirkan fluida dengan baik dan lancar. Pemilihan komponen lainnya seperti valve dan strainer juga harus disesuaikan dengan diameter pipa dan standard ASME B31.4

Pada studi literatur diketahui bahwa tekanan dan komponen pada sistem perpipaan dapat menimbulkan 3 tegangan yang berbeda yaitu tegangan karena tekanan dalam pipa, tegangan karena ekspansi termal dan tegangan longitudinal. Besarnya ketiga tegangan tersebut tidak boleh melebihi tegangan maksimal yang diijinkan yaitu 122,4 MPa. Sehingga pemilihan pipa dengan tipe API 5L grade A25 ukuran DN 80 yang menggunakan bahan steel grade L175 dengan minimum yield strength sebesar 170 MPa akan mampu menanggung semua tegangan yang timbul tanpa melebihi tegangan maksimum yang diijinkan.

Kata Kunci: *tegangan; perpipaan; well test station.*

1. Pendahuluan

Well test station berfungsi untuk mengetahui kadar hidrokarbon juga untuk mengetahui kualitas dan kapasitas minyak mentah didalam tanah. Pada *well test station*, pertama minyak akan ditampung dalam sebuah tangki *separator* untuk memisahkan minyak mentah dari air dan gas. Kemudian dari tangki ini minyak mentah akan dihisap oleh pompa menuju *well test* untuk mendapatkan data tentang kadar hidrokarbon, kualitas dan kapasitas minyak yang dapat dihasilkan dari suatu sumur. Oleh karena proses tersebut terus menerus berjalan dengan potensi beban yang cukup besar maka semua komponen pada *well test station* perlu dirancang dengan baik dan benar, terutama sistem perpipaan yang merupakan satu-satunya sarana sebagai tempat mengalirnya minyak dari satu tempat ketempat yang lain.

Minyak mentah yang dialirkan melalui pipa beserta komponen-komponen pendukung yang dirangkai pada sistem perpipaan dapat menimbulkan tekanan dan tegangan yang jika melebihi kekuatan pipa maka dapat berakibat pada bocornya pipa atau bahkan retak dan patah. Maka tebal pipa dan diameter pipa yang digunakan perlu dirancang dengan baik dan benar sesuai standard yang berlaku agar pipa dapat mengalirkan fluida dengan lancar tanpa menimbulkan tegangan yang berlebihan.

Karena latar belakang tersebut maka perlu ditentukan diameter dalam minimal pipa dan jenis pipa yang dibutuhkan dan juga tebal minimal pipa beserta materialnya. Setelah ditentukan pipa yang digunakan maka perlu dipilih komponen penunjang lainnya dan letak konstruksi dari komponen-komponen tersebut. Kemudian harus dipastikan agar tegangan yang timbul pada pipa tidak melebihi tegangan maksimum yang diijinkan untuk memastikan pipa dapat mengalirkan fluida dengan baik tanpa terjadi kebocoran dan aman.

2. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah:

2.1. Studi Literatur Sistem Perpipaan dan ASME B31.4

Mempelajari pipa dan komponen lainnya pada sebuah sistem perpipaan untuk memahami bagaimana tahapan mendesain pipa dan pemilihan komponen yang memenuhi standar ASME B31.4.

Dalam hal ini diketahui bahwa sistem perpipaan yang akan didesain adalah *suction line* dari tangki menuju pompa, maka perlu dianalisa terlebih dahulu pengaruh debit pada pompa dan tekanan dalam tangki terhadap pipa.

2.2. Penentuan Tekanan dan Debit Dalam Pipa

Setelah diketahui besarnya debit pompa dan tekanan pada tangki maka dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya tekanan dan debit dalam pipa.

2.3. Penentuan Tebal dan Diameter Pipa

Setelah diketahui besarnya tekanan dan debit pada pipa maka dapat dihitung berapa tebal minimal dan diameter pipa yang dibutuhkan juga dipilih jenis atau material pipa yang digunakan berdasarkan standar ASME B31.4.

2.4. Penentuan Jenis Pipa dan Komponen Yang Digunakan

Selain menentukan jenis dan ukuran pipa yang digunakan, komponen lain yang dibutuhkan juga harus dipilih jenis dan ukurannya berdasarkan ASME B31.4 untuk kemudian ditentukan letak konstruksinya agar dapat dicari momen dan tegangan yang timbul.

2.5. Analisa Tegangan

Setelah pipa dan komponen lainnya selesai didesain letak konstruksinya maka dapat dicari momen bending yang timbul pada sistem perpipaan. Setelah besarnya momen bending didapatkan maka seluruh analisa tegangan yang bekerja pada pipa dapat dihitung dan ditentukan apakah melebihi batas maksimal atau tidak. Jika hasil perhitungan tegangan terdapat hasil yang melebihi tegangan maksimal yang diijinkan maka perlu ditinjau ulang kembali pada tahapan penentuan tekanan dan debit pompa.

2.6. Kesimpulan

Dari hasil yang didapat melalui proses perhitungan dan komputasi kemudian dianalisa dan disimpulkan bagaimana desain konstruksi sistem perpipaan yang tepat untuk diterapkan pada industri minyak dan gas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Diameter Pipa

Sebelumnya perlu diketahui terlebih dahulu data-data standard dari PT.CPI sebagai berikut:

Laju aliran maksimal pada pipa (v_2) = 6 ft/s = 1,828 m/s
Debit maksimal (Q) = 100 gal/min = 0,0075 m³/s
Jari-jari dalam tangki separator (r_1) = 3 ft = 0,9144 m
Laju Aliran Pada Tangki Separator:

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} \quad (1)$$

Luas Penampang Minimal Pipa:

$$A_{\min} = \frac{Q}{v_2} \quad (2)$$

Jari-Jari Dalam Minimal Pipa:

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{A_2}{\pi}} \quad (3)$$

Dari hasil perhitungan dengan rumus diatas maka dapat ditentukan pemilihan pipa menggunakan *seamless pipe* tipe API 5L grade A25 dengan ukuran DN 80. Pipa jenis ini menggunakan bahan *steel grade* L175 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Diameter luar pipa (OD) = 88,9 mm
Minimum *yield strength* (Sy) = 170 MPa
Weld joint factor (E) = bernilai 1 untuk pipa *seamless*

3.2. Perhitungan Tebal Minimal Pipa

Untuk mengetahui tebal minimal pipa maka perlu diketahui tekanan dalam pipa dengan rumus bernpulli sebagai berikut:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (h_2 - h_1) \quad (4)$$

Dimana: P1 = tekanan dalam tangki separator

P2 = tekanan dalam pipa

ρ = massa jenis minyak = 867,5 kg/m³

g = percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

h1 = ketinggian fluida yang diamati pada tangki = 0 m

h2 = ketinggian fluida yang diamati pada pipa = 0 m

h = ketinggian fluida dari titik yang diamati pada hingga permukaan = 13,1445 m

v1 = laju aliran pada tangki separator

v2 = laju aliran pada pipa

Tebal Minimal Pipa:

$$t_{\min} = 1,125 \left(\frac{P_2 \cdot OD}{2 (F \cdot E \cdot S_y)} + C \right) \quad (5)$$

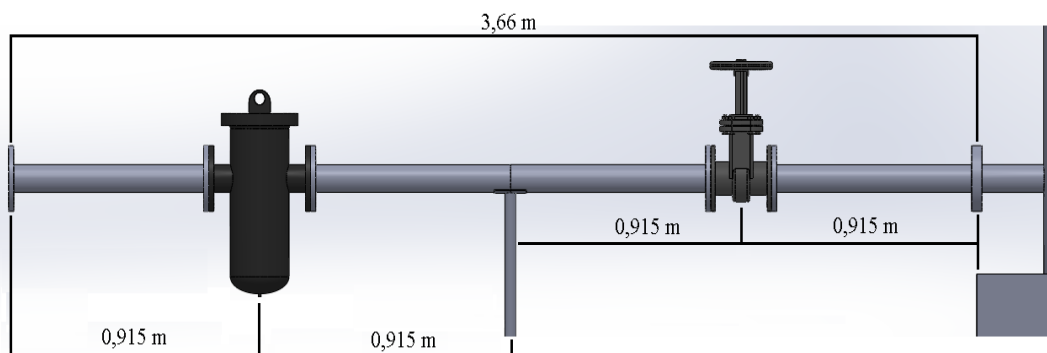
Dimana: Desain faktor perpipaan (F) = 0,72

Corrosion allowances (c) = 1,6 mm

Dari hasil perhitungan dengan rumus tersebut diketahui tebal minimal pipa yang dibutuhkan adalah 1,845 mm, maka dipilih *schedule* 5S dengan tebal (t) 2,1 mm.

3.3. Perencanaan Komponen Sistem Perpipaan

Setelah diketahui ukuran nominal pipa kemudian ditentukan letak dan jenis komponen penunjang yang akan digunakan sesuai standar ASME B31.4. Maka dipilih *gate valve class* 125 tipe 125 FCL size 3, *strainer* FB series dengan class 150 tipe FB1, *flange rating* ANSI B16.5 class 150 size 3 dan *pipe support* MSS-SP-69 tipe 39 seri 101. Dan ditentukan jarak dari setelah *nozzle* tangki hingga sebelum *flexible connection* pada pompa adalah 3,66 m. Perlu diketahui pula bahwa pada ujung kiri pipa yang bersambungan dengan *flexible connection* tidak terdapat support yang terjadi.

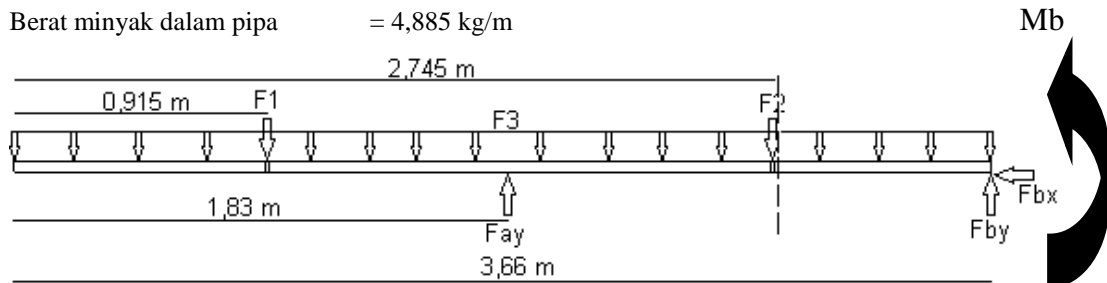


Gambar 1. Sistem perpipaan *suction line* pada *well test station*

3.4. Analisa Diagram Momen Bending dan Geser

Sebelumnya perlu diketahui terlebih dahulu berat pipa beserta berat minyak yang ada didalamnya

- Berat pipa per satuan panjang = 4,5 kg/m
- ρ minyak = 867,5 kg/m³
- Vpipa = 0,0206 m³
- Berat minyak dalam pipa = 4,885 kg/m



Gambar 2. Free body diagram sistem perpipaan suction line

$$F1 = W_{strainer} + W_{flange} = 698,348 \text{ N}$$

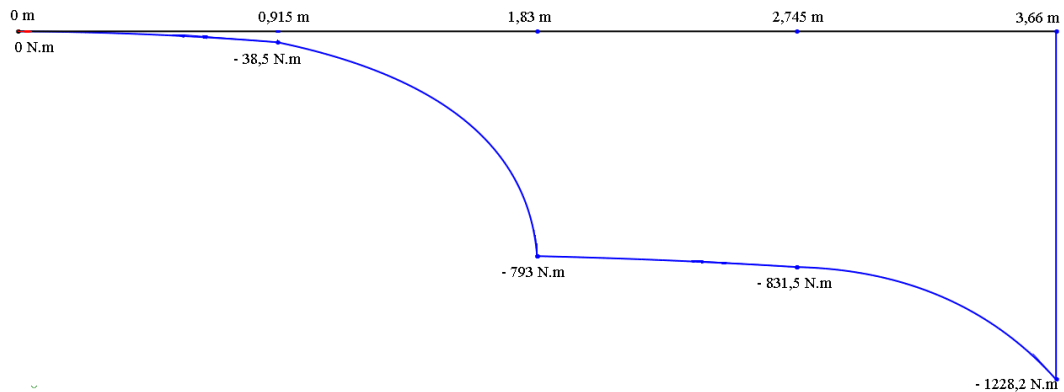
$$F2 = W_{valve} + W_{flange} = 307,328 \text{ N}$$

$$F3 = W_{minyak} + W_{pipa} = 91,98 \text{ N/m}$$

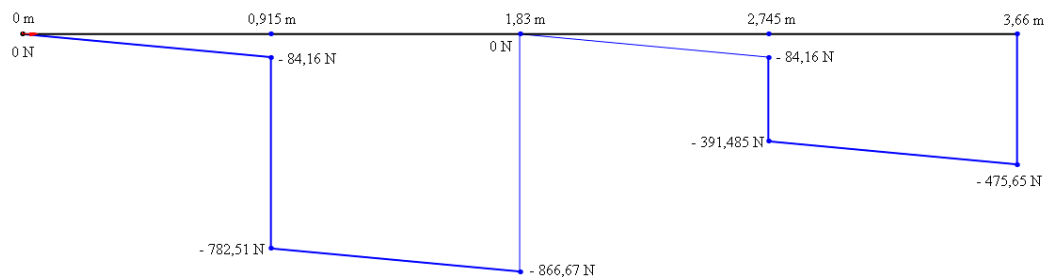
Dengan cara memotong tepat ditengah pada titik A akan didapat $M_B = -435 \text{ N.m}$ dan $F_{by} = 475,65 \text{ N}$. Maka didapat nilai F_{ay} adalah 866,672 N. Kemudian dengan memotong diagram menjadi 4 ruas maka akan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Momen bending dan geser tiap potongan

Potongan	Jarak (x)	Momen Bending	Gaya geser
1	0 m	0 N.m	0 N
	0,915 m	- 38,5 N.m	- 84,16 N
2	0,915 m	- 38,5 N.m	- 782,51 N
	1,83 m	-793 N.m	- 866,67 N
3	1,83 m	-793 N.m	0 N
	2,745 m	- 831,5 N.m	- 84,16 N
4	2,745 m	- 831,5 N.m	- 391,485 N
	3,66 m	- 1228,2 N.m	- 475,65 N



Gambar 3. Diagram momen bending



Gambar 4. Diagram gaya geser

3.5. Analisa Tegangan Pada Pipa

Sebelumnya perlu dihitung terlebih dahulu besarnya tegangan maksimum yang diijinkan sebagai berikut:

$$S = F \cdot E \cdot S_y \quad (6)$$

Dari hasil perhitungan dengan rumus diatas diketahui tegangan maksimum adalah 122,4 MPa. Lalu dihitung tegangan karena tekanan dalam pipa sebagai berikut:

$$S_H = \frac{P \cdot OD}{2 \cdot t} \leq S \quad (7)$$

Dari rumus diatas didapat nilai S_H adalah 2,33 MPa, masih lebih kecil dari 122,4 MPa. Kemudian untuk tegangan karena ekspansi termal tidak perlu dilakukan perhitungan karena tidak ada ekspansi yang terjadi pada pipa pada suhu kerja yaitu antara $23^\circ\text{C} \sim 36,3^\circ\text{C}$. Maka yang terakhir adalah mencari besarnya tegangan longitudinal sebagai berikut:

$$S_{Lx} = \frac{F_{ax}}{A_m} \quad (8)$$

$$S_{Li} = \frac{P \cdot OD}{4 \cdot t} \quad (9)$$

$$S_b = \frac{iM}{Z} \quad (10)$$

$$S_L = S_{Lx} + S_{Li} + S_b \leq S \quad (11)$$

Nilai dari S_{Lx} adalah 0 karena tidak ada gaya aksial yang terjadi pada pipa, sedangkan nilai S_{Li} adalah 1,167 MPa dan S_b adalah 101,87 MPa. Maka nilai tegangan longitudinal total atau S_L adalah 103,037 MPa, masih kurang dari nilai tegangan yang diijinkan yaitu 122,4 MPa yang berarti pipa yang dipilih telah memenuhi kriteria minimal sesuai standard yang berlaku.

4. Kesimpulan

Jenis pipa yang dipilih adalah *seamless pipe* dengan tipe API 5L grade A25 ukuran DN 80 *schedule 5S*. Spesifikasi lengkap pipa yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Material = *steel grade L175*
- Minimum *yield strength* (S_y) = 170 MPa
- Diameter luar pipa (OD) = 88,9 mm
- tebal (t) = 2,11 mm

Komponen-komponen penunjang yang digunakan pada sistem perpipaan ini adalah sebagai berikut:

- *Gate valve class 125* tipe 125 FCL *size 3*
- *Strainer FB series* dengan *class 150* tipe FB1
- *Flange* dengan *rating ANSI B16.5 class 150 size 3* yang menggunakan baut pengikat ASTM A193 *size 5/8*
- *Pipe support MSS-SP-69* tipe 39 seri 101

Tegangan karena ekspansi termal besarnya diabaikan karena tidak ada pemuaihan maupun penyusutan yang terjadi pada pipa, sehingga tegangan yang terjadi pada pipa adalah:

- Tegangan karena tekanan dalam pipa sebesar 2,33 MPa
- Tegangan longitudinal total sebesar 103,037 MPa

Kedua tegangan tersebut besarnya tidak ada yang melebihi tegangan maksimum yang diijinkan sebesar 122,4 MPa, itu berarti kriteria pipa yang dipilih sudah benar. Jadi sistem perpipaan yang dirancang akan dapat mengalirkan fluida dengan baik dan lancar juga mampu menahan tegangan yang timbul.

5. Daftar Pustaka

----- *Electronic publication, information from the internet* -----

1. Schlumberger, Ltd.. *The Expanding Scope of Well Testing*. [Online] from https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/ors07/spr07/p44_59.pdf. (2007) [Accessed on 25 May 2018]
2. Kitz Corporation. *Bronze and Iron Valves and Strainers*. [Online] from <http://vikinginstrument.com/wp-content/uploads/2014/11/BIV-100.pdf>. (n.d.) [Accessed on 25 May 2018]
3. Leslie Controls, Inc. *Strainers Handbook*. [Online] from <http://www.lesliecontrols.com/Handbooks/Strainers.pdf>. (n.d.) [Accessed on 25 May 2018]

----- *Monograph, edited book, book* -----

4. Mohinder L. Nayyar. *Piping Handbook* (7th ed.). USA: McGraw-Hill. (2000)
5. Rayaprolu, K. *Boilers for power and process*. Boca raton: CRC Press. (2009)
6. The American Society of Mechanical Engineers. *ASME B31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbon and Other Liquids*. New York: Author. (2002)
7. The American Society of Mechanical Engineers. *API 5L: Specification for Line Pipe* (43rd ed.). New York: Author. . (2004)
8. The American Society of Mechanical Engineers. *API 5L: Specification for Line Pipe* (45th ed.). New York: Author. (2012).
9. Ferdinand P. Beer & E. Russell Johnston, Jr. *Mekanika Untuk Insinyur: Statika* (4th ed.). Jakarta: Erlangga. (1989).
10. Jerry H. Ginsberg & Joseph Genin. *Statics*. USA: Author. (1977).