

Pemodelan Jalur Pipa Tambahan dari *Gas Boot* Menuju *Wash Tank Future* Untuk Meningkatkan Distribusi

Mukhamad Fikri Firmansyah^{1*}, Mahasin Maulana Ahmad², Shultoni Mahardika³

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

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

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

Email: mukhamadfikri@student.ppns.ac.id^{1*}; mahasinmaulana@ppns.ac.id^{2*}; smahardika@ppns.ac.id^{3*}

Abstract – This study aims to design an efficient fluid distribution system by adding a pipeline branch from the gas boot to the future wash tank in the oil and gas industry. The existing pipeline (PL-0008-A013-6") lacked a pump, relying only on gravity flow, which was insufficient for future expansion. The research utilized PDMS for 3D modeling and combined manual calculations with Pipe Flow Expert software to determine the total pump head, yielding results of 16.2398 m (manual) and 16.3336 m (software). A centrifugal pump (Pioneer SPHFGS6-006-S) with 22 kW power and 57% efficiency was selected to achieve the required flow rate of 0.0350 m³/s. The design ensures operational reliability while adhering to safety standards. Future work may include stress analysis and vibration studies for further optimization.

Keyword: Wash tank, pipeline design, pump selection, fluid distribution, hydraulic analysis.

Nomenclature

Nomenclature menyatakan simbol dan keterangan yang kita tampilkan dalam paper

Q	Laju Aliran (m ³ /s)
H_f	Headloss Mayor (m)
H_m	Headloss Minor (m)
H_z	Head Static (m)
H_p	Head Tekanan (m)
H_v	Head Kecepatan (m)
H	Head Total (m)
Ph	Daya Hidrolis (kW)
P	Daya Poros (kW)
R	Application Rate (gpm/ft)
ID	Inside Diameter (mm)
f	friction factor (tanpa dimensi)
L	Panjang (m)
v	Kecepatan Aliran (m/s)
g	Percepatan Gravitasi (m/s ²)
K	Koefisien Fitting (Tanpa Dimensi)

1. PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas membutuhkan sistem perpipaan yang efisien untuk mengalirkan fluida multifase seperti campuran *light crude oil* dan air antara unit proses. Pada kasus ini, pipa eksisting (PL-0008-A013-6") yang menghubungkan *gas boot* ke *wash tank* saat ini beroperasi tanpa pompa, hanya mengandalkan aliran gravitasi. Namun, rencana ekspansi ke *wash tank future* memerlukan desain ulang sistem untuk menjamin transfer fluida yang andal, mengingat

sistem *existing* tidak memiliki tekanan yang memadai untuk beban tambahan. Penelitian ini berfokus pada perancangan pipa cabang baru yang mengintegrasikan pompa sentrifugal guna mengoptimalkan kinerja aliran dengan tetap memperhatikan aspek keamanan.

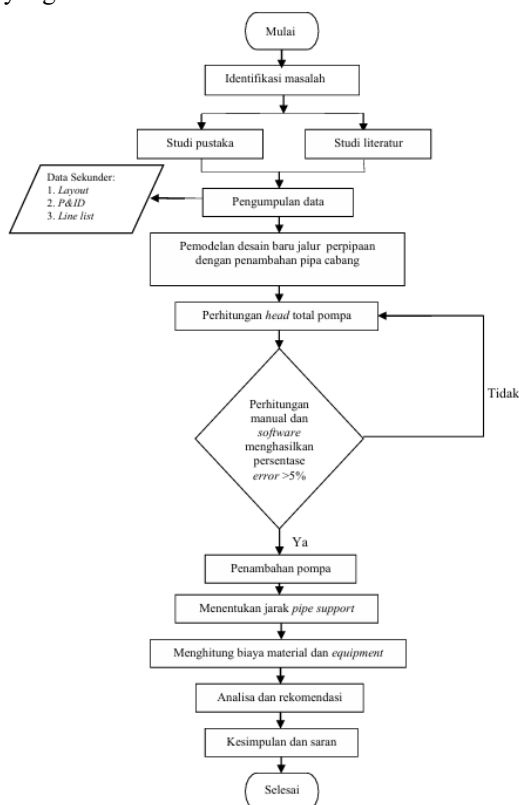
Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem perpipaan yang mampu meningkatkan efisiensi distribusi fluida dari *gas boot* menuju *wash tank future*. Standar desain dan keselamatan sistem perpipaan dalam industri proses mengacu pada ASME B31.3 sebagai referensi utama dalam penerapan desain sistem [2]. Dalam proses perancangannya, penelitian ini mencakup perhitungan total head pompa yang diperlukan dan pemilihan jenis pompa yang paling sesuai dengan kebutuhan operasional. Faktor tekanan, elevasi, dan kecepatan aliran merupakan parameter penting dalam desain sistem perpipaan yang harus dipertimbangkan secara menyeluruh [5]. Selain itu, dilakukan analisis terhadap kerugian tekanan (*losses*) dalam sistem dan evaluasi efisiensinya, baik melalui metode perhitungan manual maupun validasi menggunakan perangkat lunak *Pipe Flow Expert*. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan sistem perpipaan yang andal dan efisien secara teknis.

Agar lebih terarah, penelitian ini membatasi pada aspek desain hidrolis dan mekanik sistem perpipaan. Analisis tegangan, getaran, dan

metode instalasi tidak termasuk dalam cakupan penelitian.

2. METODOLOGI

Penelitian ini mengikuti tahapan sistematis yang dirancang untuk menjawab pertanyaan penelitian secara efektif sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Proses penelitian dimulai dengan identifikasi masalah, dilanjutkan dengan pengumpulan data, dan diakhiri dengan pengolahan data secara komprehensif. Setiap tahap disusun secara terstruktur untuk memastikan pencapaian hasil yang optimal, sebagaimana diilustrasikan dalam diagram alir yang disertakan.



Gambar 1 Diagram Penelitian

2.1 Tahap Identifikasi Masalah

Penelitian diawali dengan menganalisis permasalahan utama pada sistem perpipaan eksisting antara *gas boot* dan *wash tank*, khususnya terkait ketiadaan pompa yang menyebabkan ketidakcukupan tekanan untuk mengalirkan fluida campuran *light crude oil* dan air ke *wash tank future*. Identifikasi dilakukan melalui observasi lapangan, studi dokumen teknis (P&ID, *general arrangement*), dan diskusi dengan pihak terkait untuk memverifikasi bahwa masalah utama terletak pada kebutuhan penambahan jalur pipa cabang baru beserta sistem pompa pendukung. Faktor-faktor seperti

karakteristik fluida, kondisi operasional, dan keterbatasan ruang instalasi turut dipertimbangkan dalam mendefinisikan ruang lingkup permasalahan secara komprehensif. Kondisi operasi pompa seperti NPSHA dan konfigurasi pipa hisap sangat mempengaruhi potensi kavitasi, seperti ditunjukkan oleh Imanda et al. dalam studi sistem pompa industri [4].

2.2 Tahap Pengumpulan Data

Penelitian ini mengumpulkan berbagai data pendukung dari sumber primer dan sekunder, termasuk dokumen teknis seperti *layout drawing*, buku referensi, catatan lapangan, serta arsip proyek baik yang telah disediakan. Routing dan visualisasi desain perpipaan 3D dapat mengikuti pendekatan sistematis berdasarkan prinsip dari Parish dan Rhea [6]. Data-data tersebut dikaji secara komprehensif untuk memperoleh informasi akurat yang mendukung perancangan sistem perpipaan dari *gas boot* menuju *wash tank*, dengan mempertimbangkan aspek teknis dan standar keselamatan yang berlaku.

2.3 Tahap Pengolahan Data

Perhitungan head loss dalam desain sistem perpipaan mengacu pada metode dari Crane Technical Paper No. 410 yang menjadi acuan standar industri [3]. Penelitian ini mengolah data melalui tiga pendekatan utama, pemodelan 3D sistem perpipaan menggunakan *software* PDMS untuk visualisasi desain jalur pipa cabang baru, perhitungan hidrolis meliputi head pompa, *headloss*, dan kebutuhan daya menggunakan metode manual dan validasi dengan *Pipe Flow Expert*. Simulasi head loss dalam sistem perpipaan menggunakan *Pipe Flow Expert* dapat memberikan hasil yang akurat dan mendekati nilai riil, sesuai dengan studi sebelumnya oleh Agustina et al. [1]. Seluruh proses pengolahan data mengacu pada ASME B31.3, untuk sistem perpipaan dan mempertimbangkan data operasional seperti tekanan 15 psig, temperatur 100°F, serta karakteristik fluida campuran air & *light crude oil* dengan komposisi 85%-15%. Hasil pengolahan kemudian diverifikasi melalui perbandingan antara perhitungan teoritis dan simulasi *software* untuk memastikan akurasi desain.

2.4 Penentuan Debit

Penentuan debit dihitung dengan data yang diperoleh dari volume tangki, serta penentuan waktu yang diperlukan pada saat pengisian penuh. Berikut rumus yang diperlukan dalam penentuan debit:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

2.5 Perhitungan Head Total Sistem

Perhitungan total head dalam suatu sistem terdiri dari beberapa komponen. Total head mencakup head statis dan head dinamis. Head statis meliputi tekanan dan perbedaan elevasi, sedangkan head dinamis mencakup kehilangan tekanan (headloss) serta velocity head. Di bawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung total head pada sistem.

$$H_f = f \frac{L v^2}{ID 2g} \quad (2)$$

$$H_m = K \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 \quad (4)$$

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \quad (5)$$

$$H_v = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (6)$$

$$H = H_f + H_m + \Delta Z + H_p + H_v \quad (7)$$

2.6 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

Pemilihan pompa didasarkan pada keterkaitan antara laju aliran (debit) dan total head dalam sistem. Perhitungan daya pompa dapat dilakukan secara manual atau menggunakan bantuan *software*. Secara umum, terdapat dua jenis daya pada pompa, yaitu daya hidrolik dan daya poros, yang masing-masing dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H \quad (8)$$

$$P = \frac{P_h}{\eta_p} \quad (9)$$

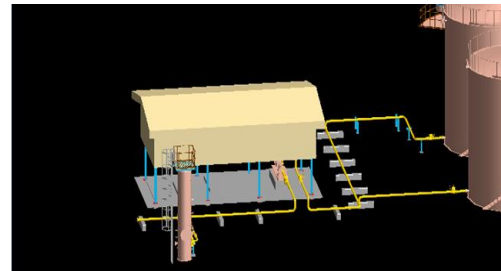
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Kapasitas Total Sistem

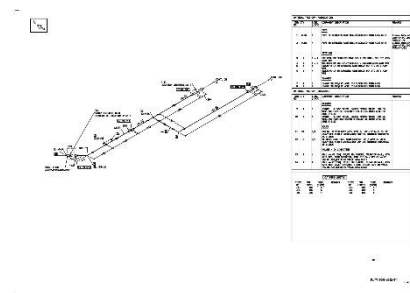
Debit untuk masing-masing *wash tank* dihitung berdasarkan volume dan waktu yang telah ditentukan oleh perusahaan. Masing-masing tangki memiliki volume sebesar 377,46 m³ dan waktu yang dibutuhkan untuk pengisian penuh selama 6 jam, dengan data tersebut maka debit yang diperlukan untuk kedua tangki sebesar 0,0350 m³/s.

3.2 Routing, 3D Design & Isometric

Proses perancangan pipa mengacu pada buku *pipe drafting & design* meliputi tahapan *routing*, desain 3D, dan pembuatan gambar isometric. Sebagai contoh, Gambar 2 dan 3 menampilkan hasil perancangan pipa dari *gas boot* menuju *wash tank* yang mencakup *routing*, desain 3D, serta gambar isometrinya:



Gambar 2 3D Modelling



Gambar 3 Isometri

3.3 Perhitungan Headtotal system

Perhitungan head total dalam sistem didasarkan pada prinsip dasar perancangan sistem perpipaan. Berdasarkan data yang telah diperoleh termasuk kehilangan tekanan mayor dan minor, tekanan head, elevasi head, serta *velocity head* (seperti tertera pada Tabel 1), tahap berikutnya adalah menentukan headloss mayor melalui persamaan berikut:

Tabel 1 Perhitungan Head Sistem

Headloss mayor & minor	3,4772 m
Head Tekanan	10,8176 m
Head Ketinggian	1,945 m
Head Kecepatan	0 m
Head Total	16,2398 m

$$\begin{aligned}
 H &= 1,1527 \text{ m} + 2,3245 \text{ m} + 1,945 \text{ m} + \\
 &\quad 10,8176 \text{ m} + 0 \text{ m} \\
 &= 16,2398 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan total head sistem yang diperoleh adalah 16,2398 m (manual) dan

16,3336 m (software). Validasi hasil perhitungan head pompa menggunakan software dan metode manual menunjukkan perbedaan kurang dari 5%, sebagaimana disampaikan oleh Rivaldy et al. [10].

3.4 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

3.4.1 Pemilihan Pompa

Spesifikasi pompa dapat ditentukan berdasarkan diagram dan katalog yang disediakan oleh produsen pompa. Parameter yang digunakan untuk menentukan spesifikasi pompa adalah debit dan *Head Pump*. Hasil perhitungan *Head* pompa didapatkan sebesar 16,2398 m dan nilai kapasitas sebesar 0,0350 m³/s. Berdasarkan pump selection chart didapatkan spesifikasi pompa sebagai berikut :

Tabel 2 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi Pompa	
Jenis Pompa	Centrifugal Pump
Merek Pompa	Pioneer
Discharge Flange	6 inch
Head	35,05 m
Motor Power	22 kW
Pump Efficiency	57 %
Pump Designation	SPHFGS6-006-S

Efisiensi dan daya pompa ditentukan berdasarkan hubungan antara daya hidrolis dan daya poros yang dijelaskan dalam literatur oleh Sularso & Suga [11].

3.4.2 Perhitungan Daya Hidrolis Pompa

Perhitungan kebutuhan daya pada pompa mengacu pada referensi dari buku *Pompa & Kompresor*. Pompa membutuhkan suplai daya untuk menjalankan fungsinya, yaitu memindahkan fluida dalam jumlah tertentu ke elevasi yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini, *daya hidrolis* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Ph = 974,6 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,0350 \text{ m}^3/\text{s} \times 16,2398 \text{ m} \\ = 5426,3621$$

Hasil daya hidrolis yang digunakan untuk mendistribusikan fluida yaitu 5,4264 Kw.

3.4.3 Perhitungan Daya Poros Pompa

Perhitungan daya poros digunakan untuk mengetahui daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa. Efisiensi pompa dapat dilihat pada spesifikasi pompa tipe Pioneer SPHFGS6-006-S, dengan efisiensi pompa sebesar 57% sehingga daya poros dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{5,4264 \text{ kW}}{57\%} \\ = 9,5199 \text{ kW.}$$

Jadi daya poros yang digunakan untuk memutar pompa dengan daya hidrolis sebesar 5,4264 kW dengan nilai efisiensi sebesar 57% adalah 9,5199 kilowatt.

4. KESIMPULAN

Perancangan desain jalur perpipaan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* PDMS yang menghubungkan jalur *existing* PL-0008-A014-6", dengan acuan utama berupa P&ID dan *Layout*. Berdasarkan hasil perhitungan *headloss* total secara manual diperoleh nilai sebesar 3,4772 m, sedangkan dengan *software* diperoleh 3,571 m. Perhitungan *head pump* secara manual menghasilkan nilai 16,2398 m, sementara dengan *software* sebesar 16,3336 m, sehingga kebutuhan daya pompa yang diperlukan adalah 5,4264 kW. Adapun pompa yang dipilih pada penelitian ini menggunakan Pioneer tipe SPHFGS6-006-S dengan motor power 22 kW dan efisiensi pompa sebesar 57%.

5. PUSTAKA

1. Agustina, D., Sary, R., & Martunis, M. (2023). Perencanaan dan Pembuatan Alat Uji Pemipaan untuk Menganalisis Kehilangan Tekanan dengan Menggunakan *Software Pipe Flow Expert*. Jurnal Teknik Mesin, 6(1).
2. ASME. (2020). ASME B31.3: *Process Piping Code*. American Society of Mechanical Engineers.
3. Crane Co. (2018). *Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe (Technical Paper No. 410)*. 30th ed., Stamford, CT: Crane Engineering.
4. Imanda, A. D. Z., Ghazali, A. F., & Santoso, E. (2024). Analisis Kavitasasi pada Redesain Sistem Perpipaan Pompa Sentrifugal di *Graving Dock*. Jurnal Teknologi Maritim, 6(2), 10–15.
5. Liu, H. (2003). *Pipeline Engineering*. Boca Raton: CRC Press.
6. Parisher, R. A., & Rhea, R. (2012). *Pipe Drafting and Design* (3rd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
7. *Pipe Flow Software Ltd.* (2021). *Pipe Flow Expert User Guide, Version 8.40*.

8. Pioneer Pump. (2020). *Product Data Sheet: SPHFGS6-006-S GS6 Series Self-Priming Pump*. Pioneer Pump Inc.
9. Pusparani, V. R., Setiawan, P. A., & Arumsari, N. (2019). Perancangan Sistem Pemanas Ruangan dan Sistem Sprinkler pada Laboratorium Plumbing. *Proceedings of the 4th Conference on Piping Engineering and Its Application*, 4(1), 57–65.
10. Rivaldy, D. G., Priyonggo, S., & Tamimah, N. (2024). Perhitungan Head Pump Jalur Perpipaan Diesel Fuel dari Tangki Timbun Menuju Stasiun Pengisian. *Proceedings of the 9th Conference on Piping Engineering and Its Application*, 9(1), 104–112.
11. Sularso, & Suga, T. (2004). *Pompa & Kompresor: Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan* (ed. 8). Jakarta: PT Pradnya Paramita.
12. Sultony, M. H., Sidi, P. E., & Alfanda, B. D. (2024). Desain Jalur Sistem Perpipaan Air Panas di Laboratorium Plumbing Gedung J Lantai 7 PPNS. *Proceedings of the 9th Conference on Piping Engineering and Its Application*, 9(1), 233–240.