

Analisis *Line Sizing* dan Optimasi Sistem Pipa Penyalur *Marine Fuel Oil* (MFO) menggunakan Metode *Reverse Engineering* di Terminal BBM Tanjung Uban

Tika Sahfira^{1*}, Djoko Setyanto¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jl. Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info	Abstract
<p><i>Article history:</i></p> <p>Received 29 November 2024</p> <p>Accepted 16 Desember 2024</p> <p><i>Keywords:</i> <i>Line Sizing, Pipeline, Marine Fuel Oil, Reverse Engineering, Pipeline Optimization</i></p>	<p><i>The Tanjung Uban Fuel Terminal is a strategic asset in the national maritime fuel distribution chain that requires a comprehensive evaluation of its Marine Fuel Oil (MFO) piping system. This research aims to analyze and optimize the MFO pipeline system using reverse engineering method with a focus on line sizing analysis. The method encompasses operational parameter data collection, existing condition analysis, and line sizing calculations based on API RP 14E and ASME B31.4 standards. Analysis results show significant variations in flow velocities, where the MFO-6IN pipe has a velocity of 24.618 ft/s exceeding the safe limit of 15 ft/s, with a pressure drop of 17.9767 psi/100ft. Meanwhile, pipe segments MFO-8IN (14.217 ft/s), MFO-10IN (9.019 ft/s), and MFO-12IN (6.354 ft/s) remain within permissible criteria. Based on these findings, it is recommended to limit the maximum flow rate for 6-inch pipes not to exceed 265 kl/h, along with implementing stricter monitoring and control systems. The proposed optimization is projected to improve system reliability, operational efficiency, and minimize the risk of premature failure in the MFO piping system at the Tanjung Uban Fuel Terminal.</i></p>

Article Info	Abstrak
<p><i>Article history:</i></p> <p>Diterima 29 November 2024</p> <p>Disetujui 16 Desember 2024</p> <p><i>Kata Kunci:</i> <i>Line Sizing, Pipa Penyalur, MFO, Rekayasa Terbalik, Optimasi Pipa penyalur</i></p>	<p>Terminal BBM Tanjung Uban merupakan aset strategis dalam rantai distribusi bahan bakar maritim nasional yang memerlukan evaluasi komprehensif sistem pipa penyalur Marine Fuel Oil (MFO). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan sistem pipa penyalur MFO menggunakan metode reverse engineering dengan fokus pada analisis line sizing. Metode mencakup pengumpulan data parameter operasi, analisis kondisi existing, dan perhitungan line sizing berdasarkan standar API RP 14E dan ASME B31.4. Hasil analisis menunjukkan variasi signifikan dalam kecepatan aliran, dengan pipa MFO-6IN memiliki kecepatan 24.618 ft/s yang melebihi batas aman 15 ft/s, dengan pressure drop 17.9767 psi/100ft. Sementara itu, segmen pipa MFO-8IN (14.217 ft/s), MFO-10IN (9.019 ft/s), dan MFO-12IN (6.354 ft/s) masih dalam batas kriteria yang diizinkan. Berdasarkan temuan tersebut, direkomendasikan pembatasan flow rate maksimum untuk pipa 6 inch tidak melebihi 265 kl/h, serta implementasi sistem monitoring dan kontrol yang lebih ketat. Optimasi yang diusulkan diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem, efisiensi operasional, dan meminimalkan risiko kegagalan prematur pada sistem pipa penyalur MFO di Terminal BBM Tanjung Uban.</p>

*Corresponding author. Tika Sahfira
Email address: tika@multitek-inspeksi.com

1. PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas merupakan sektor vital dalam perekonomian Indonesia yang memerlukan tingkat keandalan dan keselamatan operasional yang tinggi. Menurut data SKK Migas (2023), infrastruktur penyaluran bahan bakar minyak memainkan peran krusial dalam menjamin ketersediaan energi nasional, dengan total panjang pipa penyalur mencapai lebih dari 10.000 kilometer. Terminal Tanjung Uban, sebagai salah satu aset strategis dalam rantai distribusi bahan bakar maritim di Indonesia, memerlukan evaluasi komprehensif terhadap sistem pipa penyalur untuk memastikan keandalan operasionalnya.

Marine Fuel Oil (MFO) merupakan bahan bakar yang memiliki karakteristik khusus yang mempengaruhi perilakunya dalam sistem pipa penyalur. Berdasarkan standar ISO 8217:2024, MFO memiliki spesifikasi teknis yang harus dipenuhi untuk menjamin kualitas dan keamanan penggunaannya dalam aplikasi maritim (ISO, 2024). Ditinjau dari sifat fisiknya, MFO memiliki densitas berkisar antara 960-1010 kg/m³ pada suhu 15°C, dengan viskositas kinematik yang dapat mencapai 380 cSt pada suhu yang sama. Karakteristik ini, menurut penelitian Sørheim et al. (2020), menghadirkan tantangan spesifik dalam desain dan operasional sistem pipa penyalur, terutama terkait dengan aspek pressure drop dan kecepatan aliran.

Analisis line sizing merupakan aspek fundamental dalam evaluasi sistem pipa penyalur yang mempertimbangkan aspek keselamatan, efisiensi operasional, dan sustainabilitas ekonomi. Menurut API RP 14E (2013), kriteria desain pipa penyalur harus mempertimbangkan kecepatan erosional maksimum untuk mencegah kerusakan prematur pada sistem. Sementara itu, ASME B31.4 (2020) menetapkan persyaratan teknis yang komprehensif untuk sistem pipa penyalur transportasi hidrokarbon cair, termasuk aspek material, konstruksi, dan pengujian.

Penelitian ini menggunakan pendekatan reverse engineering untuk mengoptimalkan sistem pipa penyalur MFO existing. Metode ini, sebagaimana dijelaskan oleh Chaczykowski et al. (2023), memungkinkan analisis mendalam terhadap sistem yang telah beroperasi untuk mengidentifikasi peluang optimasi berdasarkan data aktual. Gu (2021) dalam penelitiannya mendemonstrasikan bahwa optimasi sistem pipa penyalur jarak jauh dapat menghasilkan penghematan energi signifikan dan peningkatan keandalan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pipa penyalur MFO dengan menggunakan data operasional satu tahun terakhir. Hasil penelitian diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem, efisiensi operasional, dan optimalisasi biaya dalam pengelolaan sistem pipa penyalur MFO di Terminal BBM Tanjung Uban.

2. METODE KAJIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan sistematis yang dimulai dengan pengumpulan data komprehensif dari sistem existing. Data operasional yang dikumpulkan mencakup parameter-parameter kritis seperti laju aliran, tekanan operasi, temperatur, dan properties fluida. Survei lapangan dilakukan untuk memverifikasi kondisi aktual sistem. Kemudian analisis data dilakukan menggunakan kombinasi perhitungan manual dan bantuan software analisis pipa penyalur. Perhitungan hidrolis menjadi fokus utama, dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti pressure drop, dan line sizing. Tahapan pelaksanaan kegiatan dilakukan sebagai berikut:

2.1. Pengumpulan Data Parameter Operasi

Pengumpulan data parameter menjadi tahap yang utama karena data tersebut akan digunakan sebagai basis perhitungan. Karena terbatasnya ketersediaan data dari terminal maka perlu dilakukan pengambilan data inspeksi agar mendapatkan parameter aktual operasi. Data diambil didasarkan pada nilai default, ideal dan juga nilai-nilai yang umum digunakan untuk peralatan yang sama.

2.2. Pengambilan Data Ketebalan

Evaluasi dilakukan terhadap catatan pemeriksaan fisik dan pengambilan data lapangan yang telah dilakukan pada tahun 2024. Adapun jenis pemeriksaan fisik yang dievaluasi adalah Inspeksi visual, hasil NDT dan Dimensional.

2.3. Pengambilan Data Inspeksi Visual

Inspeksi visual didasarkan pada observasi visual yang dapat dilakukan secara langsung pada peralatan. Adapun Inspeksi dilakukan secara umum dalam rangka untuk Mengidentifikasi ada tidaknya cacat / anomaly yang bisa diidentifikasi secara visual.

2.4. Kalkulasi Line Sizing

Kalkulasi dilakukan dengan bantuan software dan juga spreadsheet excel setelah semua data lapangan, actual dan juga asumsi dimasukkan. Line sizing merupakan metode yang dipakai untuk menentukan ukuran optimal dari sistem pipa penyalur. Kalkulasi dibutuhkan karena pemilihan ukuran pipa yang sembarangan dapat berakibat beberapa hal yang memicu kegagalan prematur maupun bahaya bagi personel. Kriteria Line sizing untuk Liquid yang dipakai adalah sebagai berikut:

Maximum velocity untuk liquid adalah 15 ft/s

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran pipa penyalur untuk fluida satu fasa berbentuk liquid adalah sebagai berikut:

$$v = \frac{0.012xQ}{ID^2} \quad (1)$$

Keterangan:

v : Linier Velocity (ft/s)
 Q : Liquid Flowrate, BPD
 ID : Pipe inside diameter (Inch)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung Reynolds Number adalah sebagai berikut:

$$\Re = \frac{\rho \cdot v \cdot ID}{\mu} \quad (2)$$

Keterangan:

\Re : Reynold Number
 ρ : Density (lb/ft³)
 v : Liquid velocity (ft/s)
 ID : Pipe inside diameter (ft)
 μ : Viscosity (cP)

Laju hilang tekan atau pressure drop dalam psi tiap 100ft panjang aliran menjelaskan terjadinya gaya gesekan yang disebabkan oleh resistensi terhadap aliran yang bekerja pada fluida saat mengalir melalui pipa penyalur yang dihitung berdasarkan persamaan Darcy sebagai berikut:

$$\Delta P_{100} = \frac{0.00115f \cdot Q^2 S}{ID^5} \quad (3)$$

Keterangan:

ΔP_{100} : Pressure drop (psi/100ft)

Q : Liquid Flowrate, barrel/day

S : Liquid specific gravity (water = 1)

f : Moody friction factor, dimensionless

D : Pipe Inner Diameter, inch

Kriteria *pressure drop* hanya akan digunakan untuk fluida service gas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari penelitian menggunakan data yang diambil dari inspeksi lapangan oleh tim pada pipa penyalur dengan service MFO di terminal BBM Tanjung Uban. Dalam pembahasan ini kalkulasi line sizing dimaksudkan untuk melihat apakah dengan parameter flow operasi 2201 GPM, pipa dengan diameter NPS 6, 8, 10 dan 12 masih masuk dalam kriteria.

3.1. Hasil Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan berupa parameter operasi, pengukuran ketebalan dan dokumentasi visual sebagai berikut:

Tabel 1.

Data Parameter Operasi

Tidak ada header Tabel

DATA TEKNIS PIPA PENYALUR	
Diameter	: NPS 6, NPS 8, NPS 10, NPS 12
Fasilitas / Instalasi	: Terminal BBM Tanjung Uban
Flow Rate (Ql)	: 300 - 500 kl/h (2201 GPM)
Pipe Inside Diameter (di)	: 6.065 in, 7.981 in, 10.02 in, 11.938 in
Liquid Density (ρ_l)	: 990 kg/m ³
Liquid Viscosity (μ_l)	: 30 centistokes
Specific Gravity (Sl)	: 0.99
Pipe Material	: Commercial or Welded Steel

3.2. Hasil Data Ketebalan

Tabel 2.

Data Ketebalan Pipa Penyalur

Point	Parts	NPS	SCH	NPS-SCH	T. Nom	Point Measurement				T.MIN
						0°	90°	180°	270°	
PIPELINE MFO FROM JETTY 3 TO JETTY 2										
1	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,36	10,21	10,22	10,34	10,21
2	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,28	10,22	10,13	10,34	10,13
3	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,42	9,85	9,89	10,18	9,85
4	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,67	10,37	10,28	10,26	10,26
5	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,33	10,16	10,18	10,28	10,16
PIPELINE MFO FROM JETTY 2 TO MANIFOLD										
1	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,52	10,54	10,47	10,46	10,46
2	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,41	10,66	10,68	10,82	10,41
3	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,62	10,71	10,64	10,59	10,59
4	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,68	10,53	10,66	10,83	10,53
5	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,79	10,89	10,73	10,68	10,68
PIPELINE MFO FROM JETTY 5 TO JETTY 4										
1	Pipa	10	40	10-40	9,27	9,35	9,68	9,71	9,11	9,11
2	Pipa	8	40	8-40	8,18	8,12	8,57	8,84	8,72	8,12
3	Pipa	8	40	8-40	8,18	8,15	8,26	8,74	8,34	8,15
4	Pipa	10	40	10-40	9,27	10,32	10,40	10,20	10,67	10,20
5	Pipa	10	40	10-40	9,27	10,33	10,28	10,46	10,23	10,23
6	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,63	10,87	11,04	10,87	10,63
7	Pipa	12	40	12-40	10,31	9,55	9,90	10,20	10,05	9,55
8	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,62	10,61	10,80	10,74	10,61
9	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,02	10,14	9,96	10,23	9,96
10	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,26	10,23	10,38	10,39	10,23
11	Pipa	12	40	12-40	10,31	9,55	9,67	9,76	10,10	9,55
12	Pipa	12	40	12-40	10,31	9,53	9,25	9,43	9,65	9,25
13	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,33	10,30	10,16	10,40	10,16
14	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,42	9,86	10,20	10,09	9,86
PIPELINE MFO FROM JETTY 7 TO MANIFOLD										
1	Pipa	6	40	6-40	7,11	7,44	7,71	7,78	7,76	7,44
2	Pipa	6	40	6-40	7,11	7,07	7,14	7,07	6,88	6,88
3	Pipa	6	40	6-40	7,11	7,56	7,23	7,14	7,48	7,14
4	Pipa	6	40	6-40	7,11	7,12	7,23	7,12	7,13	7,12
5	Pipa	6	40	6-40	7,11	7,50	7,48	7,72	7,43	7,43
6	Pipa	6	40	6-40	7,11	7,67	7,42	7,52	7,88	7,42
7	Pipa	8	40	8-40	8,18	8,94	8,81	8,88	8,72	8,72
8	Pipa	8	40	8-40	8,18	9,21	9,01	8,65	8,99	8,65
9	Pipa	8	40	8-40	8,18	8,88	9,33	9,19	9,21	8,88
10	Pipa	8	40	8-40	8,18	8,32	8,93	9,21	8,92	8,32
11	Pipa	8	40	8-40	8,18	8,63	8,46	8,85	8,90	8,46
12	Pipa	8	40	8-40	8,18	9,08	8,85	8,92	8,97	8,85



PIPELINE MFO FROM JETTY 4 TO JETTY 3

1	Pipa	10	40	10-40	9,27	9,43	9,72	9,80	9,86	9,43
2	Pipa	8	40	8-40	8,18	7,29	8,07	7,75	7,50	7,29
3	Pipa	8	40	8-40	8,18	9,76	10,55	9,95	10,02	9,76
4	Pipa	10	40	10-40	9,27	9,36	9,69	10,02	9,99	9,36
5	Pipa	10	40	10-40	9,27	9,86	9,86	9,73	9,35	9,35
6	Pipa	12	40	12-40	10,31	9,56	9,67	9,76	10,10	9,56
7	Pipa	12	40	12-40	10,31	9,53	9,25	9,43	9,65	9,25
8	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,32	10,30	10,16	10,40	10,16
9	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,42	9,86	10,20	10,09	9,86
10	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,11	10,15	10,01	10,34	10,01
11	Pipa	12	40	12-40	10,31	10,24	10,18	10,21	10,13	10,13

3.3. Data Inspeksi Visual

Tabel 3.

Data Inspeksi Visual

No	Dokumentasi	Keterangan
1		Jalur MFO area jetty 5 terdapat korosi local yang cukup signifikan, ditemukan juga beberapa titik korosi pada area manifold jetty 2
2		Jalur MFO area jetty 4 dipenuhi vegetasi
3		Jalur MFO area jetty 5 terdapat degradasi painting dan kondisi wrapping yang kurang baik

3.4. Hasil Kalkulasi Line Sizing Liquid

Berdasarkan parameter operasi dan evaluasi dilakukan terhadap pengambilan data lapangan Berikut hasil perhitungan line sizing MFO:

$$\begin{aligned}
 Q_l &= 2201 \text{ gpm} \times 34.2857 \\
 &= 75462.8257 \text{ barrels / day} \\
 \mu_l &= (30 \text{ centistoke} \times 0.99) / 1488 \\
 &= 0.01996 \text{ lb/ft-sec} \\
 \rho_l &= 990 \text{ kg/m}^3 \times 0.062428 \\
 &= 61.80372 \text{ lb/ft}^3 \\
 d_f &= 6.065 \text{ inches} \times 0.0833333 \\
 &= 0.50542 \text{ feet}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Perhitungan flow velocities

$$V_l = \frac{0.012Q_l}{d_i^2}
 \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 V_l &= (0.012 \times 75462.8257) / (6.065)^2 \\
 &= 24.618 \text{ feet/s}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Reynold Number

$$Re = \frac{\rho_l d_f V_l}{\mu_l}
 \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= (61.80372 \times 0.50542 \times 24.618) / 0.01996 \\
 &= 38526.82166
 \end{aligned}$$

Penentuan pipe roughness berdasarkan material

Tabel 4.

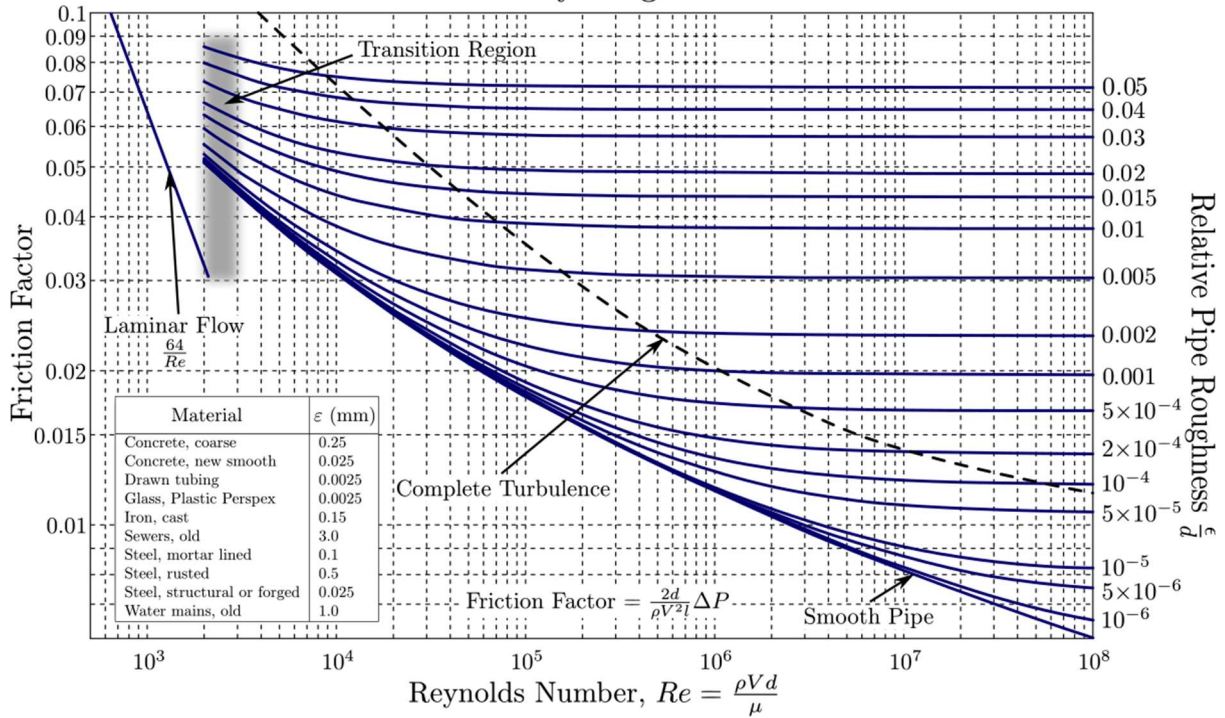
Data Roughness Material

Material	Roughness (mm)	Roughness (inches)
Concrete	0.3 - 3.0	0.012 - 0.12
Cast Iron	0.26	0.010
Galvanized Iron	0.15	0.006
Asphalted Cast Iron	0.12	0.0048
Commercial or Welded Steel	0.045	0.0018
PVC, Glass, Other Drawn Tubing	0.0015	0.00006

$$\varepsilon = 0.0018 \text{ inches}$$

Perhitungan Moody Friction Factor :

Moody Diagram



Gambar 1.
Grafik Moody Friction Factor

Formula (Persamaan Haaland) :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \cdot \log_{10} \left(\left(\frac{\epsilon/D}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right) \tag{7}$$

f = 0.02275

Perhitungan Pressure Drop :

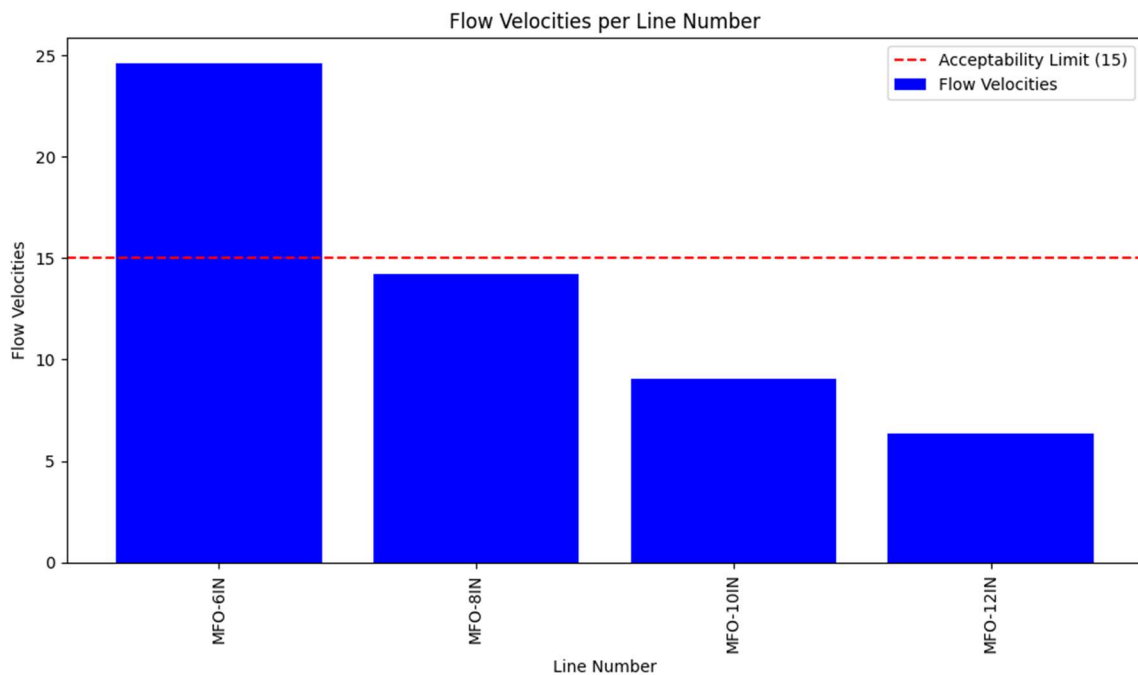
$$\Delta P = 0.00115 f \frac{Ql^2 S_l}{d_i^5} \tag{8}$$

ΔP = (0.00115 x 0.02275 x (75462.8257)^2 x 0.99) / (6.065)^5
 ΔP = 17.97676 psi/100 feet

Berdasarkan perhitungan Line sizing yang dilakukan dengan menggunakan persamaan diatas, berikut dibawah ini adalah summary hasil perhitungannya:

Tabel 5.
Summary Kecepatan Alir Pipa

Line Number	Flow Velocities (ft/s)	Pressure Drop (psig/100ft)	Acceptability
MDF-6IN	24.618	17.97676	NOT OK (HIGH)
MDF-8IN	14.21673	4.79306	OK
MDF-10IN	9.01943	1.61208	OK
MDF-12IN	6.35406	0.69877	OK

**Gambar 2.**

Grafik Summary Flow Velocites

Berdasarkan besaran nilai velocity (ft/s) yang diperoleh dari hasil kalkulasi, Pipa dengan ukuran 8, 10 dan 12 inch telah memenuhi kriteria yang sesuai dengan ketentuan. Namun pipa dengan diameter 6 inch memiliki kecepatan aliran yang terlalu tinggi. Kecepatan aliran yang melebihi batas yang direkomendasikan dapat menyebabkan erosi pada pipa, terutama di area elbow atau fitting lainnya, serta meningkatkan potensi noise dan vibrasi yang mengganggu integritas sistem piping. Pressure drop yang terlalu tinggi juga dapat mengakibatkan pompa bekerja lebih keras dari yang diperlukan. Penting dalam operasi sistem pipa untuk memastikan flowrate atau kapasitas maksimal aliran yang dapat ditangani oleh pipa-pipa dengan diameter tersebut tidak melebihi batas velocity dan pressure drop yang dinyatakan aman. Direkomendasikan untuk mempertimbangkan kecepatan aliran operasi pipeline tidak melebihi 265 kl/h untuk pipa dengan diameter 6 inch.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengembangkan metode sistematis untuk analisis line sizing pada pipa penyalur MFO. Hasil analisis menunjukkan bahwa optimasi ukuran pipa dapat memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi operasional. Berdasarkan hasil analisis komprehensif terhadap sistem pipa penyalur penyalur Marine Fuel Oil (MFO) di Terminal BBM Tanjung Uban, ditemukan beberapa aspek kritis seperti adanya variasi signifikan dalam parameter operasional dimana:

- MFO-6IN menunjukkan kecepatan aliran 24.618 ft/s dengan pressure drop 17.9767 psi/100ft
- MFO-8IN beroperasi pada 14.21673 ft/s dengan pressure drop 4.79366 psi/100ft
- MFO-10IN mencapai 9.01943 ft/s dengan pressure drop 1.61208 psi/100ft
- MFO-12IN beroperasi pada 6.35406 ft/s dengan pressure drop 0.69877 psi/100ft

Pipa dengan diameter 8, 10, dan 12 inch telah memenuhi kriteria desain dengan kecepatan aliran di bawah batas maksimum 15 ft/s. Sementara segmen pipa 6 inch mengalami kecepatan aliran yang melebihi batas aman ($24.618 \text{ ft/s} > 15 \text{ ft/s}$) dengan pressure drop tinggi. Kecepatan aliran berlebih pada pipa 6 inch berpotensi menyebabkan peningkatan laju erosi, khususnya pada fitting dan elbow. timbulnya vibrasi dan noise yang berlebih serta penurunan efisiensi sistem pemompaan akibat pressure drop tinggi.

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan di atas, saran untuk optimasi sistem yang ada adalah dengan melakukan evaluasi ulang penggunaan pipa 6 inch pada segmen dengan kecepatan aliran tinggi dengan pembatasan flow rate maksimum untuk pipa 6 inch tidak melebihi 265 kl/h. Mempertimbangkan untuk upsizing pada segmen kritis untuk menurunkan kecepatan aliran dan melakukan inspeksi berkala pada segmen kritis.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. API RP 14E. (2013). *Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems*
2. ASME B31.4 (2020). *Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries*
3. Chaczykowski, M., et al. (2023). *Recent contributions to the optimal design of pipeline networks in the oil and gas industry*. TOP Journal, 31, 207-236.
4. Crane Technical Paper 410. (2009). *Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe*
5. Gu, L. (2021). *Optimization of Long-distance Oil Pipeline Production Operation Scheme*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 772(1).
6. ISO 8217:2024. (2024). *Petroleum products — Fuels (class F) — Specifications of marine fuels*.
7. Ludwig, E.E. (2001). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. 3rd Edition.
8. OCIMF. (2022). *Guidelines for Offshore Marine Operations*. Oil Companies International Marine Forum.
9. Sørheim, K.R., et al. (2020). *Characterization of Low Sulfur Fuel Marine Fuel Oils*. SINTEF Report OC2020 A-106