

Redesain Pipa Dan Redesain *Support* Pipa Pada Sistem Perpipaan *Line Outlet Condensate* Pada Tank 190D-16 Akibat *Tank Settlement*

Mahardhika Kelana Jaya¹, Dianita Wardani^{1*}, Tarikh Azis Ramadani²

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia¹

Program Studi D3 Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Email: mahardhikakelana@student.ppns.ac.id¹; Tarikh@ppns.ac.id^{1*}; Tarikh@ppns.ac.id²;

Abstract - The piping system in Crude Palm Oil (CPO) storage facilities is crucial for smooth distribution and safe operation. A key challenge is soil settlement around tanks, which can increase pipe stress and nozzle loads, risking overstress, deformation, or failure. Analysis of the existing design with a simulated 160 mm settlement showed critical stress levels: sustain loads peaked at 37.09 N/mm² (S4) and 24.54 N/mm² (S5), while thermal expansion loads reached 2878.65 N/mm² (S1) and 2943.53 N/mm² (S3), far above allowable limits due to load concentration at elbows. Although occasional loads were within limits, nozzle loads for Mx and Mz exceeded standards at just 61.75 mm settlement, proving the design unsafe. This study evaluates settlement impacts, determines safe pipe support spans, and proposes a redesign. Using stress analysis software based on ASME B31.3 and API 650 standards, the redesign achieved compliance with all limits: sustain and occasional stresses of 24.60 N/mm², and thermal expansion stress of 129.91 N/mm² at node 650. The N4 190D-16 nozzle loads also met criteria, confirming the redesigned system is safe under settlement of up to 160 mm over 25 years.

Keyword: Allowable Span, Tank Settlement, Pipe Support Redesign, Nozzle Load, Stress Analysis.

Nomenclature

Δ	Allowable deflection (in ⁴)
OD	Outside Diameter (in)
ID	Inside Diameter (in)
L_s	Pipe span limit of stress (ft)
L_d	Pipe span limit of deflection (ft)
W_{pipe}	Berat total pipa (lb/ft)
W_{fluid}	Berat total fluida (lb/ft)
Z	Section Modulus (in ³)
I	Momen inertia (in ⁴)

1. PENDAHULUAN

Industri penyulingan minyak kelapa sawit di Indonesia terus berkembang sebagai upaya untuk memenuhi permintaan pasar yang semakin tinggi. Salah satu proyek strategis dalam mendukung perkembangan ini adalah pembangunan fasilitas penyulingan baru di Kalimantan Timur, yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi serta mendukung pertumbuhan ekonomi lokal. Dalam proyek ini, sistem perpipaan memegang peran penting sebagai penghubung antar unit proses. Oleh karena itu, desain sistem perpipaan harus mempertimbangkan berbagai aspek teknis seperti keselamatan, kemudahan pemeliharaan, aksesibilitas, serta ketahanan terhadap gangguan eksternal.

Salah satu tantangan utama yang dihadapi dalam proyek ini adalah potensi terjadinya penurunan tanah (*settlement*) pada area tangki

penyimpanan, yang dapat menimbulkan risiko serius pada sistem perpipaan. *Settlement* berpotensi menyebabkan tegangan berlebih pada pipa, peningkatan beban pada *pipe support*, dan tekanan tidak merata pada *nozzle* tangki. Risiko tersebut dapat mengakibatkan kegagalan sistem dan mengganggu operasional fasilitas secara keseluruhan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, perlu dilakukan evaluasi teknis dan analisis mendalam terhadap desain sistem perpipaan yang ada, termasuk perhitungan beban dan tegangan akibat *settlement*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penurunan tangki terhadap sistem perpipaan serta merancang ulang pipa dan penyangganya agar tetap aman dan sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Fokus utama penelitian adalah menentukan tegangan akibat berbagai jenis beban, mengevaluasi jumlah dan posisi *support* yang optimal, serta menilai besarnya beban pada *nozzle* tangki. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan solusi teknis yang aplikatif bagi industri, menjadi referensi bagi pengembangan riset sejenis, serta meningkatkan pemahaman tentang analisis tegangan dan desain sistem perpipaan yang andal.

2. METODOLOGI.

2.1 Perhitungan *Maximum Allowable Pipe Span*

Perhitungan jarak maksimum antar penyan

gga pipa (*maximum allowable pipe span*) bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh antar *support* dapat dipasang tanpa menimbulkan risiko kegagalan struktural. Langkah awal dalam menentukan *pipe span* dalam suatu sistem perpipaan adalah menghitung total beban yang bekerja pada pipa, dengan menggunakan rumus perhitungan beban yang telah ditetapkan.

$$W_{pipe} = \frac{\pi(OD^2 - ID^2) \times \rho_{pipe} \times Length}{4} \quad (1)$$

$$W_{pipe} = \frac{\pi(ID^2) \times L \times \rho_{fluid}}{4} \quad (2)$$

$$W_{insulation} = \frac{\pi(OD_{of\ insulation} - OD)^2 \times L \times \rho}{4} \quad (3)$$

$$W_{total} = W_{pipe} + W_{fluid} + W_{insulation} \quad (4)$$

2.1.1 Pada Pipa lurus

Batasan tegangan (*limitation of stress*) dan batasan defleksi (*limitation of deflection*) akibat berat pipa beserta fluida di dalamnya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

-Based of limitation of stress

$$L_s = \frac{\sqrt{0.4.Z.S}}{W} \quad (5)$$

-Based of limitation of deflection

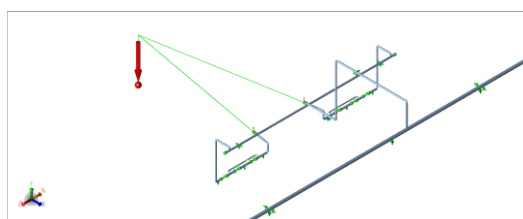
$$L_d = \frac{\sqrt[4]{\Delta.E.I}}{13.5.W} \quad (6)$$

-Perhitungan jumlah support

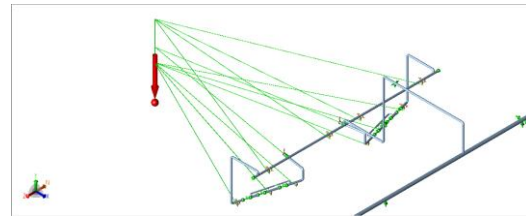
$$L = \frac{L}{L_s} \quad (7)$$

2.2 Hasil Redesain pipa dan support

Penurunan tanah pada pondasi tangki penyimpanan berpotensi menimbulkan *overstress* pada sistem perpipaan yang terhubung. Oleh karena itu, diperlukan perancangan ulang (redesain) pada jalur pipa dan sistem penyangga yang sesuai dengan perubahan kondisi lapangan, agar dapat efektif mereduksi tegangan berlebih akibat fenomena *settlement*, sehingga sistem tetap memenuhi batas aman sesuai standar ASME B31.3 dan API 650.



Gambar 2.1 Desain eksisting



Gambar 2.2 Desain terbaru

Pada Gambar 2.2 dilakukan penggantian jenis tipe *support* yaitu *rest with guide* menjadi *rest support* pada beberapa *node* yang bertujuan untuk memberi ruang sistem perpipaan untuk memuai sehingga dorongan pada belokan (*ellbow*) dapat berkurang

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Penelitian

Jalur perpipaan ini dirancang menggunakan jenis pipa dengan karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini

Tabel 1 : Spesifikasi Pipa

DESCRIPTION	NOTATION	VALUE	UNIT
Outside Diameter	OD	2.375	Inch
Inside Diameter	ID	2.067	Inch
Wall Thickness	t	0.237	inch
Density Pipe	ρ_{Pipe}	0.283	lb/in ³
Pipe Schedule	SCH	40	STD
Modulus Elasticity	E	2830000	psi
Moment of Inertia	I	0.666	in ⁴
Section Modulus	Z	0.561	in ³

3.1.2 Data Spesifikasi Fluida

Selain informasi mengenai spesifikasi pipa, data penting lainnya yang diperlukan dalam analisis tegangan adalah data terkait pembebanan. Beban yang dimaksud dapat mencakup tekanan operasi maupun tekanan desain, suhu operasi atau desain, serta massa jenis fluida yang mengalir dalam sistem. Rincian spesifikasi teknis dari beban yang direncanakan disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 : Spesifikasi fluida

DESCRIPTION	VALUE	UNIT
Fluid Density	0.03403	lb/in ³
Design Temperature	311	F
Operating Temperature	248	F
Design Pressure	65	lb/in ²
Operating Pressure	15	lb/in ²

3.2 Maximum Allowable Pipe Span

Berdasarkan perhitungan, untuk pipa berukuran 2 inci, jarak maksimum antar *support* yang diizinkan adalah 20 kaki.

Detail Perhitungan

- Perhitungan berdasarkan batas tegangan menghasilkan nilai 28 kaki.
- Perhitungan berdasarkan batas defleksi menghasilkan nilai 20 kaki.

Untuk memastikan keamanan dan kepatuhan terhadap batasan yang ditentukan, nilai terkecil dari kedua perhitungan ini dipilih sebagai jarak maksimum yang diizinkan untuk rentang pipa lurus.

Berdasarkan nilai jarak maksimum rentang pipa yang diizinkan, diperoleh bahwa *minimum 4 support* dibutuhkan. Perhitungan ini didapatkan dengan menggunakan persamaan (7).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada jalur perpipaan yang terhubung dengan *outlet tank*, dapat disimpulkan bahwa desain sistem perpipaan tersebut memenuhi standar keamanan dalam segi penempatan *pipe support*. Dengan nilai *maximum allowable pipe span* untuk pipa lurus berukuran 2'' adalah 20 ft, dan kebutuhan minimal 4 *support* untuk *line number* ini.

5. PUSTAKA

- [1] API, (2018), *API 650 Welded Tanks for Oil Storage*, Washington: API Publishing Services,
- [2] ASME, (2016), *ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings*, New York: The American Society of Mechanical Engineers,
- [3] Chamsudi, A, (2005), *Piping Stress Analysis*, Jakarta: Diklat – Piping Stress Analysis,
- [4] COADE. (2004). *Pipe Stress Analysis Seminar Notes. Houston, Texas: Coade Inc*
- [5] Fasya, (2020), *Desain Jalur Perpipaan Yang Terhubung Storage Tank Dengan Mempertimbangkan Adanya Tank Settlement*, Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
- [6] Fattichurrohman, (2021), *Analisa Desain Sistem Perpipaan line PEL-DR-TMS011-002-01-02A3 Yang Terhubung Pada Storage Tank Dan Rotating Equipment Akibat Tank Settlement*, Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
- [7] Indrayana, (2015), *Pengaruh Pembebanan Posis Tangki Air Terhadap Tegangan Pipa Dan Fleksibilitas Nozzle Pada Sistem Pemadam Kebakaran Di Industri LNG*, Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
- [8] Kannappan, S, (1986), *Intro Duction to Pipe Stress Analysis*, New York: John Wiley & Sons, Inc,