



Jurnal Artikel

PEMILIHAN MATERIAL TANGKI UNTUK BAHAN BAKAR MARINE FUEL OIL(MFO)

Abdul Rachman^{1*}, Roy Kasiono², Muhammad Nurdin³, Suparman⁴

¹Program Studi Teknika, Akademi Maritim Pembangunan Jakarta

^{2,4}Program Studi Kalk, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta

³Program Studi Teknika, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta

¹armandomando173@gmail.com, ²kasionoroy@gmail.com,

³muhnuraldidika@gmail.com, ⁴suparman.klp@gmail.com

*Corresponding author – Email : armandomando173@gmail.com

Artkel Info - : Received :7/9/2024 ; Revised : 20/9/2024 ; Accepted:27/9/2024

Abstrak

Bejana bertekanan dalam hal ini adalah tangki MFO, didesain untuk menahan gas atau liquid pada tekanan yang jauh berbeda dengan tekanan normal. Berbagai bentuk tangki yang selama ini digunakan sebagai bejana bertekanan antara lain spheres, cylinders dan cones. Namun, karena sulitnya manufaktur membentuk lingkaran atau sphere, maka desain dengan bentuk silinder lebih banyak digunakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan studi lapangan dan software untuk mengetahui kekuatan material bahan tangki MFO yang aman, Dari hasil perhitungan bahwa tegangan-tegangan yang terjadi yaitu tegangan longitudinal dan tegangan keliling, yang terbesar terjadi pada tegangan keliling dengan menggunakan las tumpang yaitu sebesar 4,832 MPa untuk material AISI 304 L, dan tegangan termal akibat beda suhu besarnya adalah 4,486 MPa pada suhu 100°C, tetapi masih lebih kecil dari tegangan yang izin bahan. Semakin besar suhu yang terjadi semakin besar tegangan termal yang terjadi tetapi masih lebih kecil dari tegangan izin bahan. Dan semakin tebal dinding tangki (5 mm menjadi 6 mm), maka semakin kecil tegangan yang terjadi (8,528 MPa menjadi 7,106 MPa, tetapi masih kecil dari tegangan izin bahan (56,819 MPa).

Kata kunci: tegangan longitudinal, tegangan keliling, las temu, las tumpang, tegangan izin bahan

Abstract

The pressure vessel in this case is the MFO tank, designed to hold gas or liquid at a much different pressure. Various forms of tanks that have been used as pressure vessels include spheres, cylinders, and cones. However, cylindrical designs are more widely used due to the difficulty of manufacturing a circle or sphere. The method used in this research uses field studies and software to determine the material strength of safe MFO tank materials. From the calculation results, the stresses that occur are longitudinal stress and circumferential stress, the largest occurring in the circumferential stress using overlapping welds, namely 4,832 MPa for the AISI 304 L material, and the thermal stress due to the temperature difference is 4,486 MPa at a temperature of 100°C, but is still smaller than the stress permitted by the material. The greater the temperature, the greater the thermal stress that occurs, but it is still smaller than the permissible stress of the material. And the thicker the tank wall (5 mm to 6 mm), the smaller the stress that occurs (8.528 MPa to 7.106 MPa, but it is still smaller than the allowable stress of the material (56.819 MPa).

Keywords: Longitudinal stress, circumferential stress, intersection welds, overlapping welds, allowable material stress

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Pressure vessel atau bejana bertekanan dalam hal ini adalah tangki MFO, didesain untuk menahan gas atau *liquid* pada tekanan yang jauh berbeda dengan tekanan normal. Berbagai bentuk tangki yang selama ini digunakan sebagai bejana bertekanan antara lain *spheres*, *cylinders* dan *cones*. Namun, karena sulitnya manufaktur bentuk lingkaran atau *sphere*, maka desain dengan bentuk silinder lebih banyak digunakan. Besarnya tegangan pada dinding tangki yang tipis dapat didapat dengan persamaan[1] :

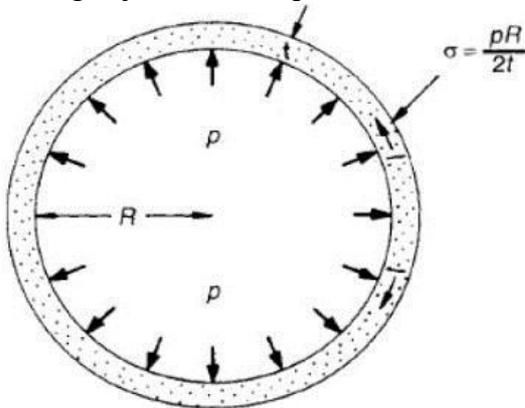
$$\sigma = \frac{pR}{2t}$$

Dimana:

t : ketebalan dinding

p : tekanan,

Untuk mengurangi biaya dan massa, dinding bejana dibuat tipis.



Gambar 1. Tegangan melingkar Dalam Cincin Tipis

Tangki merupakan wadah penyimpanan yang sering dipakai diberbagai industri seperti industry petrokimia, pengilangan, perminyakan, dan lain-lain. Tangki penyimpanan tidak hanya menjadi tempat penyimpanan untuk produk dan bahan baku tetapi juga menjaga kelancaran ketersediaan produk dan bahan baku. Selain itu, tangki juga dapat menjaga produk atau bahan baku

dari kontaminan yang dapat menurunkan kualitas dari produk dan bahan baku [2].

Komposisi kimia material *stainless steel* untuk beberapa *grade* ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Standar komposisi kimia

Standar/grade	Komposisi Kimia					
	C	N	Cr	Ni	Mn	Other
ASTM/Standard 304/Austenitic	0,04	0,05	18,1	8,3	-	-
316L/Austenitic	0,02	0,05	16,9	10,7	2,6	-
S32304/Duplex	0,02	0,10	23	4,8	0,3	-

Desain tangki timbun tentunya juga mengacu pada standard pembuatan yang telah ada, yaitu API 650. Dimana, terdapat desain ketebalan shell, annular bottom, roof, wind girder, dengan menggunakan variable design methods. Untuk design external floating roof, telah diatur pada API 650 annex C. Selain itu, juga memperhitungkan stabilitas tangki terhadap angin dan tekanan hidrostatis pada tangki [4].

Setelah pemodelan manual selesai, maka akan dilakukan pemodelan menggunakan software Ametank [3]. Untuk mengurangi terjadinya *defect*, diperlukan sebuah tangka yang di desain dengan menggunakan pemodelan sebuah tangki agar hasil tangki yang dibangun dapat digunakan dengan tepat dan memperkecil kemungkinan terjadinya kegagalan desain[4].

Peningkatan tekanan didalam tangki, distribusi energi, dan stratifikasi termal masing-masing dikaji secara terpisah. Dibandingkan dengan hasil tanpa

mempertimbangkan perubahan fasa, tekanan tangki, suhu lapisan terstratifikasi, dan suhu ullage yang dihitung dengan mempertimbangkan perubahan fasa mengalami peningkatan sekitar 14,69%, 70,90%, dan 15,53%. Selain itu, pengaruh tingkat gravitasi, suhu awal dinding, dan ketinggian awal cairan terhadap perkembangan stratifikasi termal juga dianalisis[4].

Meskipun ketebalan material dapat memperpanjang umur pakai tangki, laju korosi yang tinggi berpotensi mempercepat kerusakan. Rooftop diperkirakan memiliki sisa umur pakai 6,9 tahun, lebih rendah dibandingkan bagian course lainnya. Hal ini menegaskan bahwa pengelolaan dan pemantauan korosi sangat penting untuk menjaga integritas tangki dan mencegah kerusakan yang lebih serius[5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Storage tank atau yang lebih sering dikenal dengan tangki penyimpanan merupakan peralatan penting dalam industri teknik yang digunakan di berbagai skala, mulai dari perusahaan kecil hingga besar alat ini banyak ditemukan pada industri kimia, termasuk dalam sektor minyak dan gas, petrokimia, polimer, dan lain-lain. Selain fungsinya sebagai tempat penyimpanan, tangki juga berperan dalam menjaga ketersediaan produk dan bahan baku secara lancar serta melindungi produk atau bahan baku dari kontaminasi yang bisa menurunkan kualitasnya. Penggunaan tangki penyimpanan yang bersamaan meningkatkan kerusakan akibat korosi yang tidak terkendali dapat melemahkan atau merusak bagian sistem tangki. Lubang atau kegagalan struktural dapat terjadi pada tangki yang mengakibatkan produk yang disimpan terlepas ke lingkungan[6].

Bejana Tekan (*Pressure Vessel*) merupakan suatu tangki/wadah tertutup yang dirancang untuk menampung fluida pada temperatur yang berbeda dari

temperatur lingkungan. Bejana tekan digunakan untuk bermacam-macam aplikasi di berbagai sektor industri seperti industri kimia, energi (*power plant*), minyak dan gas (*oil & gas*) dan nuklir[7].

Ada beberapa jenis tangki sesuai dengan fungsi dari masing – masing tangki seperti untuk menyimpan cairan, gas, tempat untuk penyimpanan dalam waktu panjang dan pendek, dingin atau dipanaskan, menggunakan beban statis atau beban dinamis, bisa vertikal atau horizontal, diatas tanah, semi bawah tanah atau dibawah tanah, bekerja dalam vakum atau tekanan, terpengaruh kondisi geografi seperti gempa atau pengaruh suhu tinggi. Kebanyakan tangki yang digunakan adalah diatas tanah dengan struktur silinder dengan macam - macam jenis atap [8].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rianny Chandra Setiadi yang berjudul “Analisa Tegangan pada *Pressure Vessel* Horizontal dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga”, *pressure vessel* yang dibahas adalah *pressure vessel* horizontal type *hemispherical*. Hasil yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan dengan *hand calculation* adalah tegangan *shell* sebesar 13544,497 Psi dan *head* sebesar 7591,316 Psi. Sedangkan hasil yang diperoleh dengan perhitungan *software finite element method* pada *shell* sebesar 14172 Psi dan pada *head* sebesar 9746,7 Psi[9].

Menurut Ilham Fathony Akbar dkk menjelaskan bahwa tebal pelat dinding tangki penyimpanan crude oil berpengaruh besar pada tegangan maksimal akibat pembebanan yang diterima dan ketebalan pelat dinding divariasikan dengan penambahan dan pengurangan ketebalan menjadi 4 variasi perbandingan yaitu kondisi asli, 35,3 mm, 21,9 mm dan 9,52 mm, material yang digunakan adalah ASTM A537 CL2 mod dan A283 Gr C untuk pelat dan ASTM A36 untuk profil.

Hasil penelitian menunjukkan tegangan yang melebihi yield strength material 415 MPa pada model variasi 4 dengan tegangan maksimal 1060 MPa dan pada

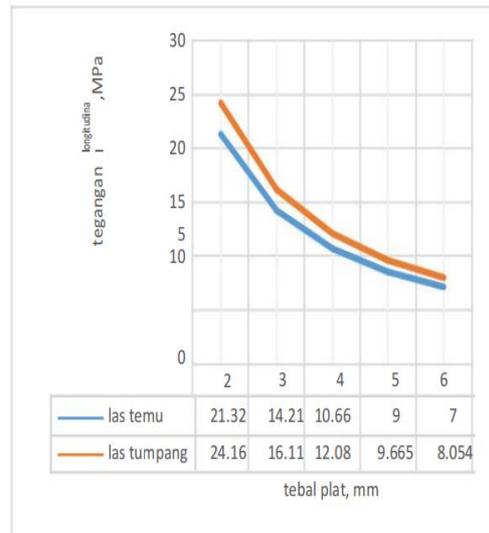
model variasi 3 dengan tegangan maksimal 467 MPa. Sedangkan tegangan maksimal pada model variasi 1 dan variasi 2 tidak melebihi batas yield strength dengan nilai tegangan 393 MPa dan 282 MPa.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam menganalisa kekuatan tangki ada beberapa tahap yaitu studi lapangan untuk mencari data-data tangki yang ada di kapal, terutama spesifikasi tangki adalah Volume tangki 15 ton, Panjang 28 m, tinggi tangki 3,42 m, density Diesel fuel 961,2 kg/m³, diameter tangki 4,5 m, Effisiensi sambungan las temu 0,85, Effisiensi sambungan las tumpang 0,75. dan bahan stainless steels AISI 304 L dengan sifat-sifat mekanik ; tegangan yield (σ_y) = 454,55 MPa, tegangan patah (σ_u) = 1636,36 MPa, dan Modulus Elastisitas (E) = 190300 MPa. Kemudian perhitungan untuk kekuatan tangki menggunakan software Madcad untuk perhitungan kekuatan tegangan dan tekanan di dalam tangka.

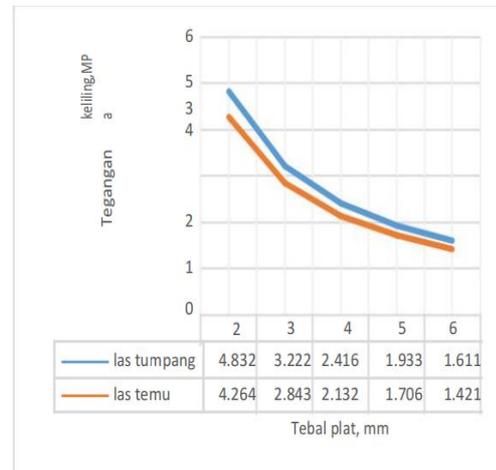
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bejana bertekanan seperti tangki yang berisi udara yang dimampatkan didalam ketel uap yang kecil, banyak yang berbentuk silinder dan dapat dikatakan ber dinding tipis, artinya bejana tersebut terbuat dari bahan dengan tebal dinding yang kecil dibanding diameter silinder. Silinder biasanya dianggap tipis bila tebalnya tidak lebih dari 1/20 diameternya Pada pelat yang dipasang di roof, thickness roof (Tr) tidak boleh kurang dari 3/16inch atau 5 mm [10]. Tekanan internal menyebabkan dua macam tegangan tarik dalam bahan, masing-masing dapat dijumpai ketika mengamati keadaan setimbang suatu bagian silinder. Jenis tangki yang digunakan pada kapal adalah tangki Store tank, berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan didapatkan data dalam bentuk grafik sebagai berikut :



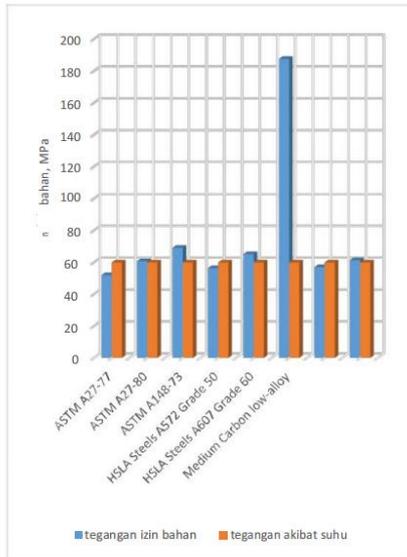
Gambar 2. Grafik Tegangan longitudinal pada silinder tangki dengan menggunakan las temu dan las tumpang

Dari grafik terlihat bahwa tegangan longitudinal yang terjadi pada silinder tangki dengan menggunakan las temu dan las tumpang masih lebih kecil dari tegangan bahan dengan ketebalan 2mm sebesar 2,416 MPa < 5,6819 MPa (aman).



Gambar 3. Grafik tegangan keliling pada dinding tangki dengan menggunakan las temu dan las tumpang

Dari grafik diatas terlihat tegangan keliling yang terjadi pada silinder tangki dengan menggunakan las temu dan las tumpang masih lebih kecil dari tegangan bahan dengan ketebalan 2 mm yaitu sebesar 4,264 MPa < 5,6819 MPa (aman).



Gambar 4. Grafik tegangan bahan antara tegangan izin bahan dan tegangan akibat suhu.

Dari hasil perhitungan tegangan longitudinal dari tabel diatas menunjukkan bahwa semakin tebal dinding tangki semakin kecil tegangan yang terjadi, demikian juga pada hasil perhitungan tegangan keliling semakin tebal dinding tangki semakin kecil tegangan yang terjadi.

Untuk tegangan akibat beda suhu, semakin besar suhu yang terjadi semakin besar tegangan yang terjadi untuk suhu 100 °C tegangannya 44,86 MPa, untuk suhu 110 oC tegangannya 59,81 MPa.

Antara tegangan hasil perhitungan teoritis untuk tegangan longitudinal dan tegangan keliling masih lebih kecil dari hasil pengujian material.

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan bahwa tegangan-tegangan yang terjadi yaitu tegangan longitudinal dan tegangan keliling, yang terbesar terjadi pada tegangan keliling dengan menggunakan las tumpang yaitu sebesar 4,832 MPa untuk material AISI 304

L, dan tegangan termal akibat beda suhu besarnya adalah 4,486 MPa pada suhu 100°C, tetapi masih lebih kecil dari tegangan yang izin bahan. Semakin besar

suhu yang terjadi semakin besar tegangan termal yang terjadi tetapi masih lebih kecil dari tegangan izin bahan. Dan semakin tebal dinding tangki (5 mm menjadi 6 mm), maka semakin kecil tegangan yang terjadi (8,528 MPa menjadi 7,106 MPa, tetapi masih kecil dari tegangan izin bahan (56,819 MPa).

DAFTAR PUSTAKA

1. B. Indriyana and C. W. Wullur, "Metode Pemilihan Material Tabung CNG Menggunakan Metode Performace Indexes," *Musamus J. Electro Mech. Eng.*, vol. 1, no. 02, pp. 46–52, 2019, doi: 10.35724/mjeme.v1i02.1490.
2. P. Mahardhika and A. Ratnasari, "Perancangan Tangki Stainless Steel untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m3," *J. Teknol. Rekayasa*, vol. 3, no. 1, p. 39, 2018, doi: 10.31544/jtera.v3.i1.2018.39-46.
3. H. Yoga Pangestu, B. Prasajo, M. Muhadi, and E. Prayitno, "Desain Dan Pemodelan Storage Tank Kapasitas 40.000 KL Menggunakan Software Integraph Tank," *Proc. Natl. Conf. Pip. Eng. Its Appl.*, vol. 3, no. 1, p. 4, 2018.
4. Z. Liu and Y. Li, "Thermal physical performance in liquid hydrogen tank under constant wall temperature," *Renew. Energy*, vol. 130, pp. 601–612, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2018.02.023.
5. D. I. Pellu et al., "Journal Mechanical Engineering (JME). VOL . 2 NO . 3 Desember 2024 ANALISIS LAJU KOROSI ROOFTOP TANGKI 100 KL YANG TERPAPAR LANGSUNG DENGAN AIR LAUT DI PLTD NAMLEA KABUPATEN BURU," vol. 2, no. 3, pp. 198–207, 2024.
6. R. Alida and A. P. Anjastara, "P Penentuan Waktu Pemakaian Storage Tank Melalui Analisa Data Hasil

- Pengukuran Ultrasonic Thickness Pada Tangki Tep-028 Di Stasiun Pengumpul Jemenang Pt Pertamina Ep Asset 2 Field Limau,” *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 11, no. 02, pp. 26–32, 2021, doi: 10.52506/jtpa.v11i02.111.
7. J. Edy and A. Mahdi N, “Analisis Kekuatan Konstruksi Bejana Tekan Terhadap Tekanan Hydrostatic Test,” *J. Power Plant*, vol. 1, no. 1, pp. 42–44, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.itpln.ac.id/powerplant/article/view/794>
 8. I. F. Akbar, H. Yudo, and I. P. Mulyano, “Analisis Kekuatan Tangki Penyimpanan Crude Oil 38T-104 Berbentuk Silinder dengan Tipe External Floating Roof pada PT Pertamina RU IV Cilacap,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
 9. A. Firmansyah, “Analisis Kekuatan Tangki CNG Ditinjau Dengan Material Logam Lapis Komposit Pada Kapal Pengangkut Compressed Natural Gas,” *J. Tek. Pomtis*, vol. 2, no. No.1, pp. 67–72, 2013, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publicationscati/148935-ID-analisis-kekuatan-tangki-cng-ditinjau-de.pdf>
 10. R. Rahman Prabowo, B. Prasojo, and D. Wardani, “Desain Storage Tank Kapasitas 450 kL Menggunakan One Foot Method dan Perhitungan Estimasi Biaya,” *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, no. 2656, pp. 1–4, 2021.