

Pra-rancangan Tangki Penyimpanan Asam Klorida 32% Berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic* dengan Resin Vinyl Ester

Jihaan Faadhilah*, Irfan Maulana Ibrahim

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jawa Barat

*Koresponden email:jihanpadilah12345@gmail.com

Diterima: 1 Februari 2026

Disetujui: 10 Februari 2026

Abstract

Hydrochloric acid (HCl) is an important chemical in the steel industry used in the pickling process to remove oxide deposits on metal surfaces. However, its corrosive nature poses challenges in its storage and handling. This study aims to design a 32% HCl storage tank made of Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) combined with vinyl ester resin, which has high corrosion resistance, good mechanical strength, and light weight. The design was carried out by referring to the ASTM D3299 and ASME RTP-1 standards using an analytical method based on engineering calculations and the assistance of Microsoft Excel software and design visualization through AutoCAD. The design results show that the tank with an effective capacity of 100 m³ has a wall thickness of 66.94 mm, a torispherical roof thickness of 71.25 mm, and a flat bottom of 140.24 mm. The maximum permissible external pressure is 25.43 psi, ensuring resistance to the risk of buckling. The design of the support system (wound lug design) and access components (nozzle and manhole) also meet the safety limits based on the FRP material specifications.

Keywords: *hydrochloric acid, tank design, vinyl ester resin*

Abstrak

Asam klorida (HCl) merupakan bahan kimia penting dalam industri baja yang digunakan pada proses pickling untuk menghilangkan kerak oksida pada permukaan logam. Namun, sifatnya yang korosif menimbulkan tantangan dalam penyimpanan dan penanganannya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang tangki penyimpanan HCl 32% berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) yang dipadukan dengan resin vinyl ester, yang memiliki ketahanan korosi tinggi, kekuatan mekanik baik, serta bobot ringan. Perancangan dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D3299 dan ASME RTP-1 menggunakan metode analisis berbasis perhitungan teknik dan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel serta visualisasi desain melalui AutoCAD. Hasil perancangan menunjukkan bahwa tangki dengan kapasitas efektif 100 m³ memiliki ketebalan dinding 66,94 mm, ketebalan atap torispherical 71,25 mm, dan dasar datar 140,24 mm. Tekanan eksternal maksimum yang diizinkan sebesar 25,43 psi, memastikan ketahanan terhadap risiko buckling. Desain sistem penyangga (*wound lug design*) dan komponen akses (*nozzle* dan *manhole*) juga memenuhi batas aman berdasarkan spesifikasi material FRP.

Kata Kunci: *asam klorida, desain tangki, resin vinyl ester*

1. Pendahuluan

Asam klorida (HCl) merupakan bahan kimia korosif yang sangat penting dalam industri baja, terutama dalam proses *pickling* untuk menghilangkan karat dan kerak pada permukaan baja sehingga menghasilkan logam bersih yang siap diolah lebih lanjut. Di PT XY, HCl 32% digunakan karena memiliki efektivitas pembersihan yang tinggi dan tetap bekerja optimal pada suhu rendah. Meskipun tergolong asam yang sangat korosif, HCl pada konsentrasi 32% cenderung menyebabkan korosi lokal yang lebih terkendali dibandingkan asam kuat lainnya seperti H₂SO₄ [1]. Sifat korosif tersebut tetap menjadi tantangan utama dalam penyimpanan dan penanganannya. Tangki yang tidak dirancang dengan tepat atau menggunakan material yang kurang tahan terhadap asam dapat mengalami kerusakan struktural, kebocoran, dan risiko keselamatan kerja maupun lingkungan [2,3]. Oleh karena itu, pemilihan material tangki yang tahan terhadap sifat agresif HCl menjadi faktor penting dalam menjamin keamanan dan umur pakai tangki penyimpanan.

Material *Fiber Reinforced Plastic* (FRP) banyak digunakan sebagai alternatif pengganti baja karbon dan *stainless steel* untuk penyimpanan bahan kimia korosif. FRP memiliki sifat tahan korosi, ringan, dan kekuatan mekanik yang tinggi, sehingga banyak diaplikasikan pada tangki penyimpanan [4]. Kombinasi FRP dengan resin vinyl ester semakin meningkatkan performa material ini karena resin vinyl ester mampu menahan serangan asam kuat dan fluktuasi suhu, sehingga memperpanjang umur pakai tangki serta menurunkan risiko kegagalan struktur [5,6]. Penelitian menunjukkan bahwa tangki FRP untuk

penyimpanan HCl 35% mengalami penurunan kekuatan lentur sisa setelah 20–24 tahun penggunaan, terutama pada bagian atap tangki akibat penetrasi uap HCl dan degradasi resin [7]. Penelitian lanjutan oleh meneliti perilaku degradasi material FRP berbasis resin vinyl ester terhadap perubahan konsentrasi HCl secara siklik. Hasilnya menunjukkan bahwa fase uap mengalami laju degradasi lebih tinggi dibandingkan fase cair, dengan peningkatan ketebalan hingga 6% dan penurunan kekuatan lentur hingga 36% akibat efek plastisasi dan tekanan osmotik. Meskipun demikian, resin vinyl ester terbukti memiliki ketahanan kimia yang lebih baik dibandingkan resin epoksi terhadap paparan HCl berulang [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang tangki penyimpanan HCl 32% berbahan FRP dengan resin vinyl ester yang disesuaikan dengan kondisi operasional industri baja di PT XY. Desain tangki ini mengacu pada standar internasional seperti ASTM D3299 dan ASME RTP-1 agar memenuhi aspek teknis, keamanan, dan keandalan material. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan rancangan tangki penyimpanan HCl 32% berbahan FRP resin vinyl ester berkapasitas 100 m³ sesuai standar ASTM D3299 dan ASME RTP-1, serta menampilkan hasil desain secara visual menggunakan perangkat lunak AutoCAD.

2. Metode Penelitian

Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan pengukuran yang relevan, sedangkan data sekunder dikumpulkan dari standar ASTM D3299 dan ASME RTP-1.

Tabel 1. Data primer spesifikasi rancangan tangki dan spesifikasi fluida

Parameter	Keterangan
Bentuk shell	Silinder
Jenis tangki	Atmosferik
Kapasitas	100 m ³
Konfigurasi	Vertikal
Konsentrasi	32%
Densitas	1165 kg/m ³
Jenis Fluida	Asam klorida (HCl)

Sumber: PT XY

Tabel 2. Data sekunder material *fiberglass reinforced plastic* (FRP)

Parameter	Keterangan
Densitas	1.1050 kg/m ³
Modulus tegangan melingkar dari lapisan <i>filament winding</i> (EFW)	3.700 MPa
Tensile modulus	10.500.000 psi
<i>Ultimate Tensile Strength</i> (Su)	15.000 psi
<i>Flexural Modulus of Elasticity</i>	1.000.000 psi
Densitas	1.1050 kg/m ³

Sumber: ASME RTP-1

Perhitungan Desain Tangki

Menentukan volume total [9]

$$V_{Total} = V_{Dasar} \times (1 + \text{Faktor Keamanan}) \tag{1}$$

Menentukan diameter dalam dan diameter luar [9]

$$D_i = \frac{8}{3} H \tag{2}$$

$$D_o = D_i + (2 \times t_T) \tag{3}$$

Keterangan:

D_i = Diameter dalam

H = Tinggi tangki

D_o = Diameter luar

t_T = Ketebalan dinding tangki

Jari-jari tangki [9]

$$r = \frac{2}{D_i} \tag{4}$$

Keterangan:

r = Jari-jari

Tinggi tangki [9]

$$H = \frac{4V}{D^2\pi} \quad (5)$$

Keterangan:

V = Volume tangki

Menentukan ketebalan dinding tangki [10]

$$t_T = t_{CB} + \frac{0,2489 \times \gamma \times H \times D}{2 \times E_{FW} \times Z} \quad (6)$$

Keterangan:

t_{CB} = Ketebalan lapisan pelindung korosi (*corrosion barrier*)

γ = Berat jenis fluida (*specific gravity*)

E_{FW} = Modulus tegangan melingkar dari lapisan *filament winding*

Z = regangan maksimum yang diizinkan (maks. 0.0010 in/in atau mm/mm pada 21°C)

Design for External Pressure [10]

$$P_a = \frac{2,6(E/F)(D_o/L)(t/D_o)^{2,5}}{(L/D_o) - 0,45(t/D_o)^{0,5}} \quad (7)$$

Keterangan:

E = Modulus tarik

F = Faktor desain = 5

L = Panjang desain

P_a = Tekanan eksternal yang diijinkan

t = Ketebalan dinding

Menentukan Ketebalan *Top Head Torispherical* [11]

Persamaan ketebalan minimum *torispherical* tekanan internal:

$$t = \frac{0,885 P_a R_C}{S_u / F} \quad (8)$$

Persamaan ketebalan minimum *torispherical* tekanan eksternal:

$$t = R_C (F P_a / 0,36 E_f)^{0,5} \quad (9)$$

Keterangan:

R_C = *Head Crown Radius*

S_u = *Ultimate Tensile Strength*

E_f = *Flexural Modulus of Elasticity*

Menentukan Ketebalan Dasar Datar (*Flat Bottom*) [11]

Perhitungan tebal berdasarkan kekakuan yang diizinkan (*Allowable deflection*):

$$t = \sqrt[3]{\frac{D \times 12 \times (1 - \nu^2)}{E_s}} \quad (10)$$

Keterangan:

D = *Rigidity bending*

E_s = *Flexural Modulus*

Perhitungan tebal berdasarkan tegangan yang izinkan (*Allowable stress*):

$$t = \sqrt{\frac{3 P R^2}{8 S_b / D_f} (3 + \nu)} \quad (11)$$

Keterangan:

P = *Tekanan hidrostatik*

S_b = *Ultimate Tensile Strength*

D_f = *Desain factor*

Menentukan *Support* Tangki [11]

Support tangki yang digunakan *wound lug design* yaitu merupakan metode mendesain "*lug*" (pengait atau pelat pengikat) yang terhubung ke dinding tangki, dengan memperhitungkan gaya-gaya lokal dan pembengkokan lokal akibat gaya tersebut.

Menghitung daya angkat angin pada atap tangki

$$U = A_t(P_G G) \quad (12)$$

Keterangan:

- U = Daya angkat angin
A_t = Rencana luas bagian atas
P_G = Koefisien daya angkat angin
G = Tekanan angin

Menghitung momen guling akibat angin

$$M_Q = 0,5S_fGDH^2 + 0,25GDH_D(H + H_D/3) \quad (13)$$

Keterangan:

- M_Q = Momen guling akibat beban angin
A_t = Faktor bentuk angin, tak berdimensi = 0,7 (untuk tangka silinder)
H_D = Kedalaman kepala bagian atas

Menghitung *Net uplift*

$$U_{net} = U - W + 4M_Q/D \quad (14)$$

Keterangan:

- U_{net} = *Net uplift*
W = Berat total tangki

Menghitung ketebalan *lug*

$$t_{lug} = (6Z_{min}/\omega)^{1/2} \quad (15)$$

Keterangan:

- T_{lug} = Ketebalan *lug*
Z_{min} = Modulus penampang minimum yang dibutuhkan
ω = Lebar *lug*

Menghitung unit *radial load on overwrap*

$$W_{max} = 3Fe/h^2 \quad (16)$$

Keterangan:

- W_{max} = Unit *radial load on overwrap*
F = Beban total tiap *lug*
e = Eksentrisitas beban
h = Tinggi *lug*

Menghitung *radial load due to moment*

$$P = W_{max}h/2 \quad (17)$$

Keterangan:

- P = Beban radial total karena momen

Menghitung *hoop overwind load*

$$T_{tot} = PR_m/\omega \quad (18)$$

Keterangan:

- R_m = *Mean radius of overwind*

Menghitung *Hoop overwind* tegangan Tarik angin

$$\sigma = T/h_1t_1 \quad (19)$$

Keterangan:

- σ = Tegangan Tarik
T = Total tegangan tarik pada lapisan penguat (*overwind*)
h₁ = Tinggi lapisan pembungkus penguat atau pelapis
t₁ = Ketebalan lapisan penguat yang dililitkan (*overwrap*)

Menghitung *shear across vessel wall*

$$\tau_\omega = P/t_k\omega \quad (20)$$

Keterangan:

τ_w = Shear across vessel wall

t_k = Ketebalan daerah lengkung (*knuckle*)

Menghitung koefisien lentur pada dinding

$$\beta = 1.28/(R_m t_k)^{1/2} \quad (21)$$

Keterangan:

β = Koefisien lentur pada dinding

Menghitung unit radial loading

$$P^* = P/\omega \quad (22)$$

Keterangan:

P^* = Unit radial loading

Menghitung *axial and hoop bending loads*

$$M_{ax} = P^*/4\beta \quad (23)$$

$$M_{hp} \cong vM_{ax} \quad (24)$$

Keterangan:

M_{ax} = Momen dalam arah aksial

M_{hp} = Momen dalam arah *hoop*

Menghitung *axial and load due to pressure*

$$N_{ax} = pR_m/2 \quad (25)$$

$$N_{hp} = pR_m \quad (26)$$

Keterangan:

N_{ax} = Tekanan dalam arah aksial

N_{hp} = Tekanan dalam arah *hoop*

p = Tekanan

Menghitung *axial and hoop stresses*

$$\sigma_{ax} = N_{ax}/t_k + 6M_{ax}/t_k^2 \quad (27)$$

$$\sigma_{hp} = N_{hp}/t_k + 6M_{hp}/t_k^2 \quad (28)$$

Keterangan:

σ_{ax} = Tegangan dalam arah aksial

σ_{hp} = Tegangan dalam arah *hoop*

3. Hasil dan Pembahasan

Tangki penyimpanan berfungsi untuk menampung fluida secara aman, termasuk bahan kimia korosif seperti asam klorida (HCl). Pada penelitian ini, dirancang tangki penyimpanan HCl 32% dengan kapasitas efektif 100 m³ berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) menggunakan resin vinyl ester. Material ini dipilih karena ketahanannya terhadap korosi akibat paparan asam klorida, dan mampu menahan beban mekanis yang ditimbulkan oleh tekanan hidrostatis fluida. Resin vinyl ester diketahui lebih stabil secara kimia dibandingkan resin poliester atau epoksi, sehingga sangat sesuai untuk penyimpanan fluida asam [12,13].

Hasil Perhitungan

Perancangan tangki penyimpanan asam klorida (HCl) 32% berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) dengan resin vinyl ester dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D3299 dan ASME RTP-1. Hasil perhitungan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

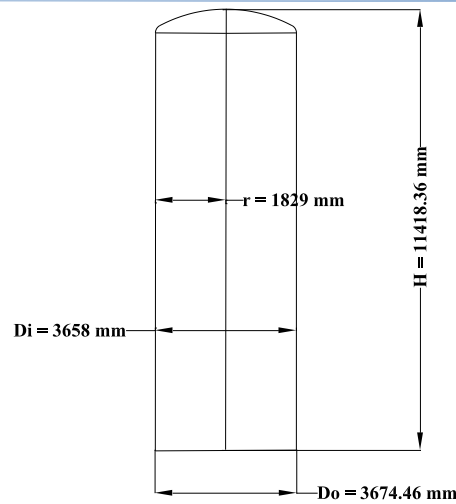
Tabel 3. Hasil Perhitungan Perancangan Tangki HCL 32%

Parameter	Hasil
Kapasitas total	120 m ³
Diameter dalam	3.658 mm
Diameter luar	3.674,462 mm
Jari-jari	1.829 mm
Tinggi	11.418,366 mm
Ketebalan dinding tangki	66,937 mm

Parameter	Hasil
Tekanan eksternal diizinkan	25,434 psi
Ketebalan minimum akibat tekanan internal	27,447 mm
Ketebalan minimum akibat tekanan eksternal	68,753 mm
Ketebalan total atap torispherical	71,253 mm
<i>Crown radius</i>	3.658 mm
<i>Knuckle radius</i>	219,48 mm
Tebal berdasarkan kekakuan yang diizinkan	137,743 mm
(<i>Allowable deflection</i>)	
Tebal berdasarkan tegangan yang izinkan (<i>Allowable stress</i>)	72,421 mm
Ketebalan total dasar datar	140,243 mm
<i>Inside corner radius</i>	38 mm
Panjang penguatan ganda	305 mm
Panjang transisi ketebalan	102 mm
Ketebalan perkuatan	207,180 mm
Gaya angkat angin	2137,25 lb
Momen guling akibat angin	124176,58 ft-lb
Gaya angkat bersih (<i>net uplift</i>)	15496,26 lb
Jumlah <i>lug</i>	8 buah
Tiap <i>lug</i> menahan beban	1937,03 lb
Sudut tinggi	304,8 mm
Lebar	152,4 mm
Eksentrisitas	53,5 mm
Ketebalan <i>lug</i>	12,497 mm
Beban radial satuan pada lapisan lilitan penguat	100,89 lb/in
(<i>overwrap</i>)	
Beban radial akibat momen	605,32 lb
<i>Hoop overwind load</i>	7264,67 lb
Tegangan tarik (<i>hoop overwind tensile stress</i>)	1737,96 psi
Tegangan geser yang terjadi melintasi dinding tangki	18,39 psi
Koefisien lentur pada dinding	0,0644 in ⁻¹
Pembebanan radial	100,89 lb/in
Momen lentur aksial akibat pembebanan radial	391,66 in-lb/in
Momen lentur <i>hoop</i> akibat pembebanan radial	117,50 in-lb/in
Tekanan aksial akibat tekanan internal	0
Tekanan <i>hoop</i> akibat tekanan internal	1368,45 lb/in
Tegangan aksial pada dinding tangki	78,07 psi
Tegangan <i>hoop</i> pada dinding tangki	272,84 psi

Dimensi Tangki

Tangki dirancang untuk kapasitas efektif 100 m³ dengan penambahan faktor keamanan 20%, sehingga kapasitas total menjadi 120 m³. Faktor ini digunakan untuk mengantisipasi ekspansi fluida atau kondisi operasi yang tidak terduga, sehingga desain tetap aman. Berdasarkan hasil perhitungan, diameter dalam tangki semula sebesar 19,098 m, namun disesuaikan menjadi 3,658 m agar sesuai dengan batas maksimum standar ASTM D3299. Dengan ketebalan dinding yang telah dihitung, diameter luar tangki adalah 3,674 m dan tinggi total sebesar 11,418 m.



Gambar 1. Desain dimensi tangki

Ketebalan Dinding Tangki

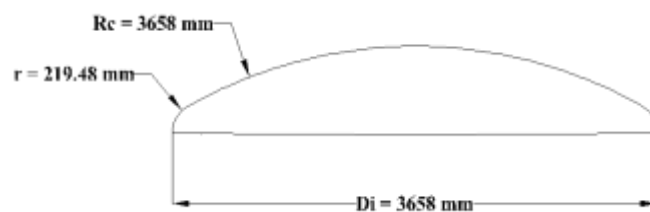
Ketebalan dinding dihitung dengan mempertimbangkan berat jenis fluida, tinggi tangki, dan *modulus hoop* material FRP. Hasil perhitungan menunjukkan ketebalan total sebesar 66,94 mm, jauh di atas nilai minimum yaitu sebesar 0,1875 inci (4,76 mm) sebagaimana disyaratkan dalam ASTM D3299. Nilai ini memastikan ketahanan terhadap tekanan hidrostatik dan beban lateral. Ketebalan tersebut juga mencakup lapisan pelindung korosi (*corrosion barrier*) yang berfungsi mencegah degradasi akibat kontak langsung dengan HCl [14].

Desain Terhadap Tekanan Eksternal

Analisis tekanan eksternal dilakukan untuk memastikan tangki tahan terhadap kondisi vakum selama pengosongan fluida. Berdasarkan hasil perhitungan, tekanan eksternal maksimum yang diizinkan adalah 25,43 psi, sesuai dengan batas aman material FRP-vinyl ester yang ada pada ASTM D3299. Evaluasi ini penting karena tekanan eksternal berlebih dapat menyebabkan *buckling* pada dinding tangki.

Ketebalan Top Head Torispherical

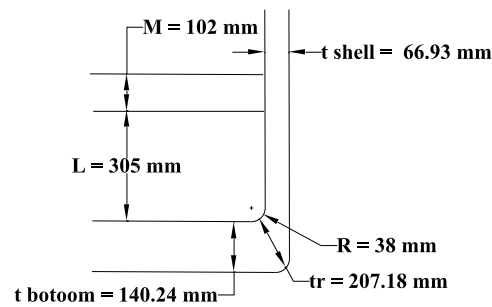
Ketebalan *top head torispherical* dihitung berdasarkan dua kondisi yaitu; tekanan internal dan tekanan eksternal. Nilai ketebalan akibat tekanan eksternal lebih besar, yaitu 68,75 mm, sehingga dipilih sebagai kondisi desain paling kritis. Setelah penambahan lapisan pelindung korosi, ketebalan total yaitu sebesar 71,25 mm. Radius mahkota (*crown radius*) diambil sama dengan diameter dalam tangki (3.658 mm), sedangkan radius kelengkungan (*knuckle radius*) sebesar 219,48 mm (sekitar 6% dari R_c), sesuai rekomendasi yang ada pada standar ASME RTP-1 desain *torispherical*.



Gambar 2. Desain top head torispherical

Ketebalan dasar datar (flat bottom)

Ketebalan dasar datar dihitung berdasarkan kekakuan (defleksi) dan tegangan izin. Pendekatan defleksi menghasilkan nilai yang lebih besar, yaitu 137,74 mm, sehingga digunakan sebagai dasar desain. Setelah penambahan lapisan pelindung korosi, ketebalan total menjadi 140,24 mm. Parameter tambahan seperti *inside corner radius* (38 mm), *length of double reinforcing* (305 mm), *taper length* (102 mm), nilai ketebalan perkuatan dasar (t_r) sebesar 207,18 mm ditentukan mengacu pada standar ASTM D3299.



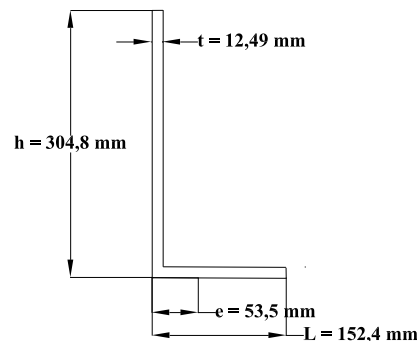
Gambar 3. Desain ketebalan flat bottom

Desain Sistem Penyangga (Wound Lug Design)

Sistem penyangga tangki dirancang menggunakan metode *wound lug design*, yaitu pelat pengikat (*lug*) yang terhubung langsung pada dinding tangki untuk menahan beban akibat gaya angkat dan momen guling. Berdasarkan hasil analisis, gaya angkat angin yang bekerja pada atap tangki sebesar 2.137,25 lb, menghasilkan momen guling 124.176,58 ft-lb dan gaya angkat bersih 15.496,26 lb.

Tangki didukung oleh delapan *lug*, sehingga setiap *lug* menahan beban sekitar 1.937,03 lb. Dimensi *lug* ditetapkan dengan tinggi 12 inci, lebar 6 inci, dan eksentrisitas 2,5 inci, menghasilkan ketebalan optimal 12,5 mm. Analisis pembebanan menunjukkan tegangan tarik maksimum 1.737,96 psi dan tegangan geser 18,39 psi, keduanya jauh di bawah batas izin material FRP (8.000 psi dan 1.500 psi).

Selain itu, momen lentur aksial dan *hoop* yang dihitung masing-masing sebesar 391,66 in-lb/in dan 117,50 in-lb/in masih dalam batas aman. Karena tangki bersifat atmosferik, tekanan aksial internal diabaikan, sementara tekanan *hoop* eksternal sebesar 1.368,45 lb/in tetap diperhitungkan. Hasil keseluruhan menunjukkan desain penyangga telah memenuhi kriteria kestabilan dan keamanan struktural terhadap beban angin dan momen lentur sesuai standar ASTM D3299-18 (2024)



Gambar 4. Desain penyangga tangki

Nozzle dan Manhole

Nozzle merupakan sambungan yang berbentuk silinder atau pipa pendek yang menonjol dari dinding tangki, dilengkapi dengan *flange* (bibir sambungan) dan berfungsi sebagai titik koneksi antara tangki dengan sistem perpipaan eksternal, seperti jalur pengisian (*inlet*), pengosongan (*outlet*) dan ventilasi (*vent*) [15]. Sementara itu, *manhole* (*manway*) adalah bukaan berukuran besar yang memberikan akses manusia ke dalam tangki untuk keperluan pemeriksaan visual, pembersihan, perawatan, maupun perbaikan internal. *Manhole* dilengkapi dengan *cover* (penutup) yang dapat dibuka-tutup, dan disekat dengan gasket serta dikencangkan menggunakan sistem baut untuk memastikan kedapannya sambungan [16].

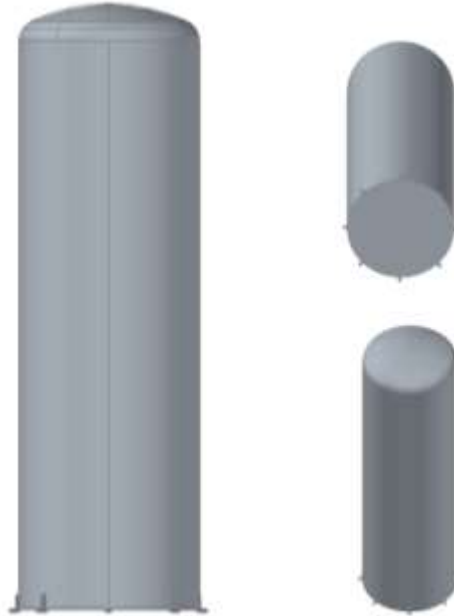
Nozzle berdiameter 2 inci bertipe *flanged contact molded* sesuai standar ASTM D3299 dirancang sesuai untuk menahan tekanan hingga 25 psi dan dilaminasi langsung ke dinding tangki untuk memastikan ketahanan terhadap kebocoran serta ekspansi termal. *Nozzle* serupa juga digunakan sebagai *vent nozzle* di bagian atas tangki untuk menjaga keseimbangan tekanan internal dan dapat dilengkapi vapor scrubber untuk mengontrol emisi gas HCl.

Manhole berdiameter 20 inci dirancang sesuai standar tangki atmosferik, dilengkapi gasket elastomer tebal 1/8 inci dengan kekerasan Shore A80 \pm 5 untuk menjamin kedapannya terhadap uap HCl yang korosif.

Desain komponen akses ini memastikan tangki FRP beroperasi aman, andal, dan sesuai dengan standar ASTM D3299.

Visualisasi Desain Tangki dengan Autocad

Visualisasi 3D tangki penyimpanan asam klorida (HCl) 32% pada bagian ini dibuat menggunakan perangkat lunak AutoCAD yang bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai bentuk dan posisi tangki.



Gambar 5. Visualisasi Tangki 3D dengan AutoCAD

4. Kesimpulan

Perancangan tangki penyimpanan asam klorida (HCl) 32% berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) dengan resin vinyl ester berhasil dilakukan berdasarkan standar ASTM D3299 dan ASME RTP-1. Tangki dirancang dengan kapasitas efektif 100 m³ dan kapasitas total 120 m³ untuk memastikan keamanan operasional. Hasil perhitungan menunjukkan ketebalan dinding sebesar 66,94 mm, ketebalan atap *torispherical* 71,25 mm, dan dasar datar 140,24 mm, yang semuanya memenuhi batas minimum ketentuan standar. Tekanan eksternal yang diizinkan sebesar 25,43 psi memastikan tangki aman terhadap risiko buckling selama kondisi vakum. Sistem penyangga menggunakan *wound lug design* menunjukkan tegangan tarik maksimum 1.737,96 psi dan tegangan geser 18,39 psi, keduanya berada jauh di bawah batas izin material FRP, sehingga struktur dinyatakan stabil dan aman. Selain itu, desain *nozzle* dan *manhole* sesuai dengan standar *flanged contact molded* memberikan ketahanan yang baik terhadap kebocoran dan tekanan kerja.

5. Referensi

- [1] A. Anderez, F. J. Alguacil, and F. A. López, "Acid pickling of carbon steel," *Rev. Metal.*, vol. 58, no. 3, 2022, doi: 10.3989/revmetalm.226.
- [2] S. A. Jafar, A. A. Aabid, and J. I. Humadi, "Corrosion behavior of carbon steel in 1 M, 2 M, and 3 M HCl solutions," *Mater. Today Proc.*, vol. 57, pp. 412–417, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.12.295.
- [3] M. R. W. Khasibudin, D. N. Zulfika, and R. Kusbiantoro, "Analisis Laju Korosi Baja Karbon ST 60 Terhadap Larutan Hidrogen Klorida (HCl) Dan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)," *Majamecha*, vol. 1, no. 2, pp. 88–102, 2019, doi: 10.36815/majamecha.v1i2.538.
- [4] A. Tiwari and S. Torgal, "Optimization in the design of fiber reinforced plastic storage tank," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 8, pp. 1093–1097, 2019.
- [5] C. Wu, B. C. Meng, L. ho Tam, and L. He, "Yellowing mechanisms of epoxy and vinyl ester resins under thermal, UV and natural aging conditions and protection methods," *Polym. Test.*, vol. 114, no. June, 2022, doi: 10.1016/j.polymertesting.2022.107708.
- [6] I. S. Abbood, S. A. Odaa, K. F. Hasan, and M. A. Jasim, "Properties evaluation of fiber reinforced polymers and their constituent materials used in structures - A review," *Mater. Today Proc.*, vol.

- 43, pp. 1003–1008, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.636.
- [7] M. Kusano, T. Kanai, Y. Arao, and M. Kubouchi, “Degradation behavior and lifetime estimation of fiber reinforced plastics tanks for hydrochloric acid storage,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 79, pp. 971–979, 2017, doi: 10.1016/j.engfailanal.2017.06.004.
- [8] T. N. Dharmakusumah, W. Kurniawan, and M. Kubouchi, “Degradation assessment of Vinyl Ester Matrix Fiber Reinforced Plastics Exposed to Cyclic Hydrochloric Acid Concentrations using Gravimetric Analysis for Chemical Storage Tank use,” *J. Curr. Sci. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 23–42, 2025, doi: 10.14302/issn.2766-8681.jcsr-25-5555.
- [9] M. P. Prarancangan and P. Kimia, “Perancangan Tangki Penyimpanan Nitrogen,” vol. 8, no. 9, pp. 1–10, 2021.
- [10] ASTM Committee D20 on Plastics, “Standard Specification for Filament-Wound Glass-Fiber-Reinforced Thermoset Resin,” 2010, doi: 10.1520/D3299-10.2.
- [11] ASME, “ASME RTP-1-2017 Reinforced Thermoset Plastic Corrosion-Resistant Equipment,” vol. 2017, 2017, [Online]. Available: <http://cstools.asme.org/>
- [12] J. Thomason and G. Xypolias, “Hydrothermal Ageing of Glass Fibre Reinforced Vinyl Ester Composites: A Review,” *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 4, 2023, doi: 10.3390/polym15040835.
- [13] W. He, X. Li, P. Li, S. Fang, and A. Ding, “Experimental Investigation on Hygroscopic Aging of Glass Fiber Reinforced Vinylester Resin Composites,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 18, 2022, doi: 10.3390/polym14183828.
- [14] Clarkson, G. "FRP Corrosion Barrier Inspection: Non-destructive and Non-intrusive Technique." *Inspection Engineering Journal, Houston* (2020).
- [15] D. R. Fadhilah, R. Januarti, S. Wahyuni, T. Afandi, S. A. Purba, and S. Hanief, “Biodiesel Storage Tank Design 5000 Kilo Liters Capacity,” *J. Rekayasa, Teknol. Proses Dan Sains Kim.*, vol. 9211, no. December, pp. 2–12, 2023.
- [16] Silalahi, Krisanto, and Nurlia Tarigan. "Optimalisasi Pengecekan dan Perbaikan dengan Penentuan Ukuran Utama Penutup Bawah pada Tangki Timbun di PT. KPBN Belawan." *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 3.1 (2024): 57-65.