

PERANCANGAN TANGKI PENYIMPANAN NITROGEN KAPASITAS 0,0074 M³ PADA PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ASAP CAIR

Dinda Vindarina Primalasita, Khalimatus Sa'diyah
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
dvinda30@gmail.com, [khalimatus22@gmail.com]

ABSTRAK

Pada produksi asap cair dibutuhkan alat berupa tangki. Tangki merupakan wadah penyimpanan yang sering dipakai di berbagai industri sebagai tempat penyimpanan bahan baku atau produk dan melindungi bahan dari kontaminan. Salah satu tangki yang dibutuhkan pada pabrik asap cair yaitu tangki nitrogen. Pemakaian nitrogen pada pabrik asap cair sangat penting yaitu berfungsi sebagai *fluidized agent* pada reaktor pirolisis dan untuk mengeluarkan atau meminimalisir kadar O₂ dalam reaktor yang akan berpengaruh pada proses pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang tangki penyimpanan nitrogen dengan kapasitas 0,0074 m³ pada prarancangan pabrik kimia asap cair. Tangki dirancang dengan metode perhitungan desain bejana bertekanan dalam. Tipe tangki yaitu silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *ellipsoidal dished*. Hasil perhitungan didapatkan total tinggi tangki 0,98 m; diameter tangki 0,39 m; dan tebal dinding tangki 0,0047 m. Berdasarkan hasil perhitungan nozzle, N_{Re} bernilai > 2100 sehingga jenis aliran pada nozzle yaitu turbulen. Perhitungan desain tangki dilakukan berdasarkan data, API (*American Petroleum Institute*) Standart 12 C dan *American Standards Association* (ASA) B16.5-1953 sehingga dapat dikatakan layak dan aman.

Kata kunci: Tangki, Nitrogen, Bejana Bertekanan, Asap Cair

ABSTRACT

*Liquid smoke production needed an equipment which is tank. The tank is a storage container used in various industries to keep raw materials or products and protect the materials from contaminants. One of the tank that needed in liquid smoke industry is a nitrogen storage tank. It is very important that nitrogen used in liquid smoke industry, as a fluidized agent in the pyrolysis reactor, and remove or minimize O₂ levels in the reactor which will affect the pyrolysis process. This study aims to design a nitrogen storage tank with a capacity of 0.0074 m³ in the plant design liquid smoke industry. The tank designed using the internal pressure vessel design calculation method. The tank type is a cylinder vessel with an ellipsoidal dished head and bottom cover. The calculation results obtained a total tank height of 0.98 m; diameter 0.39 m; and wall thickness is 0.0047 m. Based on the calculation of the nozzle, N_{Re} is > 2100 so that the type of flow at the nozzle is turbulent. The calculation of the tank design is based on data, API (*American Petroleum Institute*) Standart 12 C and *American Standards Association* (ASA) B16.5-1953 so it would be feasible and safe.*

Keywords: Tank, Nitrogen, Pressure Tank, Liquid Smoke

1. PENDAHULUAN

Asap cair adalah hasil dari proses pembakaran biomassa yang mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin pada suhu tertentu yang kemudian dikondensasi menjadi asap cair. Asap cair memiliki karakteristik berupa aroma, warna, dan rasa khas asap serta

dapat digunakan sebagai alternatif pengawet makanan yang aman dikonsumsi karena sifat antioksidan dan antimikrobanya [1]. Proses yang digunakan untuk memproduksi asap cair yaitu proses pirolisis. Produk cair pirolisis disebut bio-oil yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif [2]. Pada produksi asap cair dibutuhkan alat berupa tangki sebagai alat penunjang berlangsungnya proses produksi asap cair, salah satunya adalah tangki penyimpanan.

Tangki penyimpanan adalah salah satu komponen penting dalam perindustrian di Indonesia, baik itu industri proses maupun industri distribusi. Penggunaan tangki penyimpanan sebagai media penampung bahan baku dan hasil produksi dirasa menjadi poin yang krusial keberadaannya dalam suatu industri [3]. Tidak hanya menjadi tempat penyimpanan bagi produk dan bahan baku, melainkan juga dapat menjaga produk atau bahan baku dari kontaminan yang dapat menurunkan kualitas produk atau bahan baku. Pada dasarnya tangki dipakai sebagai tempat penyimpanan material baik berupa benda padat, cair, maupun gas [4]. Salah satu tangki yang dibutuhkan pada pra rancangan pabrik asap cair adalah tangki penyimpanan nitrogen.

Nitrogen merupakan unsur umum dalam alam semesta dan jumlah melimpah di dunia sekitar 78% volume dan 75,5% berat di atmosfer bumi [5]. Nitrogen merupakan senyawa pokok dalam industri kimia. Nitrogen merupakan senyawa inert sehingga cocok digunakan untuk berbagai aplikasi yang mencakup berbagai aspek pembuatan, pengolahan, penanganan, dan pengiriman bahan kimia [5]. Sifat – sifat dari gas nitrogen bersifat inert, sehingga tidak mudah bereaksi dengan unsur lain [6]. Pemakaian nitrogen pada pabrik asap cair sangat penting yaitu berfungsi sebagai *fluidized agent* pada reaktor pirolisis dan untuk mengeluarkan atau meminimalisir kadar O_2 dalam reaktor yang akan berpengaruh pada proses pirolisis. *Supply* nitrogen berasal dari tangki penyimpanan menuju ke dalam reaktor. Dalam reaktor, gas nitrogen akan memfluidisasi pasir kuarsa agar proses pirolisis merata.

Nitrogen berwujud gas dan memiliki tekanan tinggi, oleh karena itu diperlukan tangki sebagai tempat penyimpanan gas nitrogen. Tangki yang diperlukan merupakan jenis *pressure tank*. *Pressure tank* merupakan alat yang penting sebagai alat penyimpanan bahan kimia pada industri. Pada penelitian [3] mengenai desain *storage tank* kapasitas 50.000 kL di PT. Pertamina Region V TBBM Tuban yang digunakan untuk pendistribusian bahan bakar. Penelitian lain dilakukan oleh [4] mengenai desain *pressure tank* pada pabrik *ethanolamine* untuk menyimpan bahan baku amonia. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini digunakan untuk merancang tangki penyimpanan nitrogen dengan kapasitas $0,0074 \text{ m}^3$ untuk didapatkan desain yang sesuai dengan kebutuhan prarancangan pabrik kimia asap cair.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang desain tangki penyimpanan nitrogen menggunakan metode perhitungan desain bejana bertekanan dalam. Dalam hal ini perhitungan desain tangki meliputi:

1. Pemilihan material
2. Menentukan bentuk tutup atas dan bawah
3. Perhitungan volume total tangki
4. Perhitungan tebal silinder
5. Perhitungan diameter tangki

6. Perhitungan tinggi total tangki
7. Perhitungan nozzle.

Penelitian dilakukan menggunakan *software* berupa *Microsoft Excel*, dan membutuhkan data – data perancangan tangki penyimpanan seperti data spesifikasi nitrogen, tekanan, massa, suhu, dan waktu tinggal. Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan penelitian antara lain:

Volume total tangki (meliputi volume silinder, volume tutup atas dan tutup bawah) [7],

$$V_T = \frac{\pi d^3}{12} + \frac{\pi d^3 L_s}{4} + \frac{\pi d^3}{12} \quad (1)$$

Keterangan:

V_T = Volume total tangki (ft³)

π = 3,14

L_s = Tinggi silinder (ft)

d = Diameter dalam (ft)

Tebal silinder (t_s) [7],

$$t_s = \frac{P_i \cdot d_i}{2(fE - 0,6P_i)} + C \quad (2)$$

Keterangan:

t_s = Tebal silinder (in)

P_i = Tekanan tangki (psig)

d_i = Diameter dalam (in)

f = *Allowable stress*, 18750 lb/in² [7]

E = Faktor pengelasan, 80%

C = Faktor korosi ($\frac{2}{16}$ in)

Diameter luar (d_o) dan diameter dalam (d_i) [7],

$$d_o = d_i + 2t_s \quad (3)$$

$$d_i = d_o - 2t_s \quad (4)$$

Keterangan:

d_o = Diameter luar (in)

d_i = Diameter dalam (in)

t_s = Tebal silinder (in)

Tebal tutup atas dan bawah (t_{ha} & t_{hb}) [7],

$$t_{ha} = t_{hb} = \frac{P_i \cdot d_i}{2(fE - 0,2P_i)} + C \quad (5)$$

Keterangan:

t_{ha} = Tebal tutup atas (in)

t_{hb} = Tebal tutup bawah (in)

P_i = Tekanan tangki (psig)

d_i = Diameter dalam (in)

f = *Allowable stress*, 18750 lb/in² [7]

E = Faktor pengelasan, 80%

C = Faktor korosi ($\frac{2}{16}$ in)

Tinggi tangki (meliputi tinggi silinder, tinggi tutup atas dan tutup bawah) [7],

$$H = L_s + 2(sf + DH)$$

$$H = 1,5di + 2(sf + 0,25di) \tag{6}$$

Keterangan:

- H = Tinggi total tangki (ft)
- L_s = Tinggi silinder (ft)
- d_i = Diameter dalam (ft)
- sf = *Straight flange* (2 in) [7]
- DH = *Diameter of flat spot* (in)

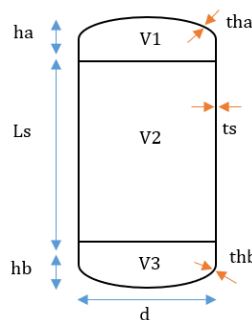
Ukuran nozzle [7],

$$N_{Re} = \frac{\rho D v}{\mu} \tag{7}$$

Keterangan:

- N_{Re} = Pengecekan jenis aliran turbulen
- ρ = Densitas nitrogen (lb/ft³)
- D = Diameter dalam (ft)
- v = Kecepatan alir (ft/s)
- μ = Viskositas nitrogen (lb/ft.s)

Berikut rancangan bentuk tangki nitrogen pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan bentuk tangki penyimpanan nitrogen

Berikut data – data yang dibutuhkan untuk perhitungan perancangan tangki nitrogen.

Tabel 1. Detail data perancangan tangki nitrogen

Data	Simbol	Ukuran
Tekanan tangki [8]	Pi	44,1 psig
Suhu	T	77°F
Massa	m	0,2205 lb
Waktu tinggal	θ	1 h
Densitas [9]	ρ	0,0727 lb/ft ³
Viskositas [9]	μ	0,0431 lb/ft.s
Faktor korosi [7]	C	4/16 in
Faktor pengelasan [7]	E	80%
<i>Allowable stress</i> [7]	f	18750 lb/in ²

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan tangki penyimpanan nitrogen menggunakan metode perhitungan desain bejana bertekanan dalam dibantu dengan *software Microsoft Excel*. Rancangan desain tangki penyimpanan nitrogen ini menggunakan bahan *Carbon Steel SA 240 Grade C type 347*, tipe tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *ellipsoidal dished*. Tipe pengelasan yang dipilih yaitu tipe *double welded butt joint*. Berikut tabel 2 menunjukkan hasil dari perhitungan yang telah diubah kedalam satuan US.

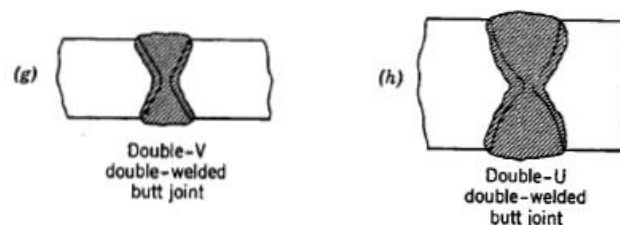
Tabel 2. Hasil perhitungan perancangan tangki nitrogen

Data	Simbol	Hasil perhitungan
Kapasitas tangki	V_T	0,0074 m ³
Diameter luar	d_o	0,40 m
Diameter dalam	d_i	0,39 m
Tinggi tangki	H	0,98 m
Tebal silinder tangki	t_s	0,0047 m
Tebal tutup atas dan bawah	t_{ha} & t_{hb}	0,0047 m

3.1. Pemilihan Material, Tipe Pengelasan, dan Faktor Korosi Tangki Penyimpanan Nitrogen

Material yang digunakan dalam desain tangki nitrogen ini adalah bahan *Carbon Steel SA 240 Grade C type 347*. Kelebihan dari material ini adalah dapat bertahan pada suhu tinggi karena sifat mekanik yang baik dan cocok untuk bertekanan tinggi. Tipe 347 adalah baja tahan karat sehingga mencegah korosi sehingga memiliki *allowable stress* yang tinggi [10].

Jenis pengelasan yang dipilih yaitu tipe *Double welded butt joint* dengan faktor pengelasan sebesar 80% [7]. Terdapat dua jenis pengelasan, yaitu *butt-welding* dan *lap-welding*. Tipe *butt-welded* digunakan untuk tangki yang memiliki tebal silinder yang bervariasi (minimum hingga maksimum), dan bisa digunakan untuk pengelasan bahan *carbon-steel-plates*. Sedangkan jenis *lap-welded* hanya digunakan untuk tangki dengan tebal silinder maksimal sebesar 3/8 in [7]. Pada tipe *butt-welded* memiliki kecenderungan yang kecil untuk melengkung sehingga bagus untuk dipakai pada berbagai penyambungan material. Sedangkan nilai kekuatan bending lebih besar pada tipe *lap-welded* karena pengelasan dilakukan pada dua sisi pelat atau material [11]. Pada kebanyakan industri memilih tipe *butt-welded* karena lebih ekonomis dan fungsional. Gambar 2 merupakan jenis dari tipe pengelasan *Double welded butt joint*.



Gambar 2. Tipe pengelasan *double welded butt joint* menurut API (*American Petroleum Institute*) *Standart 12 C* [7]

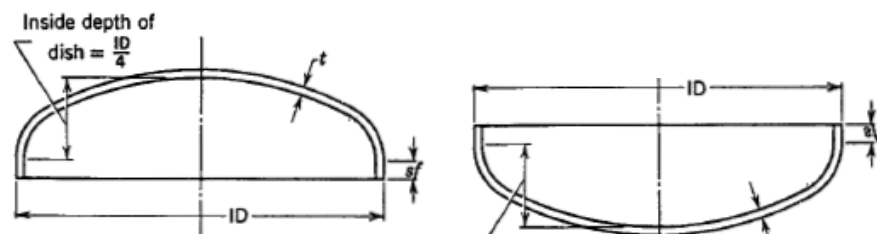
Bejana bertekanan sensitif terhadap keadaan dari luar seperti korosi. Korosi merupakan faktor yang berpengaruh dalam perencanaan, pembuatan dan pemasangan

bejana tekan. Tingginya tekanan mengakibatkan perencanaan bejana membutuhkan angka keamanan yang sangat tinggi agar tidak terjadi kecelakaan kerja dan kegagalan produk. Faktor keamanan desain tangki harus dipertimbangkan, salah satunya yaitu faktor korosi. Faktor korosi (C) digunakan sebagai tambahan tebal logam yang terkorosi. Tangki nitrogen pada industri jika berkontak dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan korosi. Faktor korosi yang dikehendaki bernilai $\frac{1}{16}$ in s.d $\frac{4}{16}$ in atau 2 – 4 mm [7].

3.2. Penentuan Bentuk Tutup Atas dan Tutup Bawah

Head merupakan bagian tangki yang berfungsi sebagai penutup silinder, baik bagian atas tangki (*head*) maupun bagian bawah tangki (*bottom*) [12]. Umumnya terdapat tujuh macam bentuk dari tutup atas dan tutup bawah yang digunakan di industri, meliputi: (1) *Flanged only*, (2) *Flanged and swallow dished*, (3) *Standard dished*, (4) *Torispherical*, (5) *Ellipsoidal dished*, (6) *Hemispherical*, (7) *Conical dished* [7].

Pada penelitian ini digunakan jenis tutup atas dan bawah berbentuk *ellipsoidal dished* karena tangki nitrogen diperlukan spesifikasi yang sesuai dengan kondisi agar tidak *under design* maupun *over design*. Kondisi tangki nitrogen memiliki tekanan sebesar 4 atm atau 44,1 psig sehingga dipilih bentuk *ellipsoidal dished* yang sesuai dengan spesifikasi tangki nitrogen. Kelemahan *ellipsoidal dished* yaitu tidak seefisien dalam menangani tekanan seperti *hemispherical*, sehingga aturan desain membutuhkan lebih banyak ketebalan [13]. Namun untuk desain tangki nitrogen dengan tekanan 4 atm disarankan menggunakan *ellipsoidal dished* yang dapat tahan tekanan tinggi hingga 200 psi [7]. Oleh karena itu, bentuk tersebut cocok untuk perancangan tangki nitrogen karena dapat dioperasikan pada tekanan tinggi. Gambar 3 menunjukkan bentuk dari *ellipsoidal dished*.



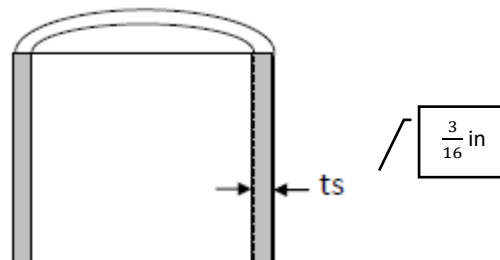
Gambar 3. Bentuk tutup atas dan tutup bawah tipe *ellipsoidal dished* [7]

3.3. Perhitungan Tebal Tangki

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa tebal silinder tangki sebesar 0,0047 m, begitupula dengan hasil perhitungan tebal tutup atas dan tutup bawah sebesar 0,0047 m. Dalam desain tangki bertekanan, terdapat *minimum-thickness* atau ketebalan minimum yang diperbolehkan sesuai dengan API (*American Petroleum Institute*) *Standart* 12 C [7]. Nilai *minimum-thickness* mempertimbangkan aspek kekakuan, korosi, beban angin, tekanan hidrostatis liquid dalam tangki, dan sebagainya. Sehingga ketebalan tangki tidak boleh kurang dari nilai *minimum-thickness*. Nilai *minimum-thickness* tergantung pada besar diameter luar tangki. Semakin besar diameter, maka semakin besar pula nilai *minimum-thickness* [7].

Berdasarkan hasil perhitungan tebal silinder dari persamaan (2) didapatkan sebesar 2/16 in. Nilai tersebut kurang dari *minimum-thickness*, sehingga perlu distandarisasi menjadi senilai *minimum-thickness*, dan diperoleh tebal silinder sebesar 3/16 in atau diubah menjadi

satuan US yaitu 0,0047 m. Begitu pula dengan tebal tutup atas dan bawah mengikuti spesifikasi *minimum-thickness* sesuai dengan API (*American Petroleum Institute*) *Standart 12 C* [7]. Gambar 4 merupakan desain tebal silinder tangki.



Gambar 4. Bentuk desain tebal tangki

Desain tangki nitrogen ini termasuk ke dalam bejana tipis karena didapatkan nilai t_s sebesar $3/16$ in atau 0,0047 m. Hal ini disebabkan karena kapasitas tangki nitrogen kecil sehingga hasil diameter luar (d_o) juga kecil. Diameter luar tangki mempengaruhi nilai *minimum-thickness*. Meskipun termasuk ke dalam bejana tipis, perhitungan tebal silinder pada desain tangki nitrogen ini sudah aman dan layak sesuai dengan API (*American Petroleum Institute*) *Standart 12 C* dan spesifikasi tangki nitrogen yang diinginkan.

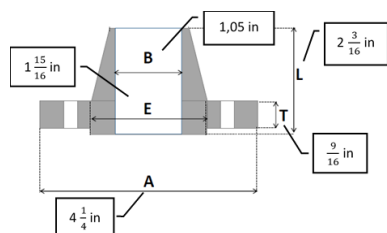
3.4. Perhitungan Nozzle

Nozzle didesain pada tangki yang berfungsi membuat sambungan untuk perpipaan baik untuk *output* maupun *input* bahan. Umumnya desain nozzle menggunakan acuan dari *American Standards Association* (ASA) B16.5-1953 [7]. Perhitungan nozzle bergantung pada laju alir, densitas, dan viskositas fluida. Jenis aliran yang umum dalam industri adalah aliran turbulen, oleh karena itu nilai $N_{Re} > 2100$ untuk memenuhi syarat aliran turbulen.

Hasil perhitungan nozzle berdasarkan pada persamaan (7) dengan *trial* ukuran nozzle sebesar 1 in, didapatkan nilai N_{Re} sebesar 6242,9 > 2100 . Nilai tersebut menunjukkan bahwa jenis aliran *output* dari gas nitrogen adalah turbulen. Sehingga desain nozzle tersebut telah layak dan aman sesuai dengan spek tangki nitrogen yang diinginkan. Spesifikasi nozzle dicantumkan pada tabel 3. Sedangkan Gambar 5 merupakan desain dari nozzle.

Tabel 3. Desain nozzle tangki nitrogen

$d_{nominal}$	d_i	d_o	Lebar flange	Tebal flange	Tinggi nozzle
1 in	1,05 in	$1 \frac{15}{16}$ in	$4 \frac{1}{4}$ in	$\frac{9}{16}$ in	$2 \frac{3}{16}$ in



Keterangan:
 A = Lebar flange
 B = Diameter dalam (d_i)
 E = Diameter luar (d_o)
 T = Tebal flange
 L = Tinggi nozzle

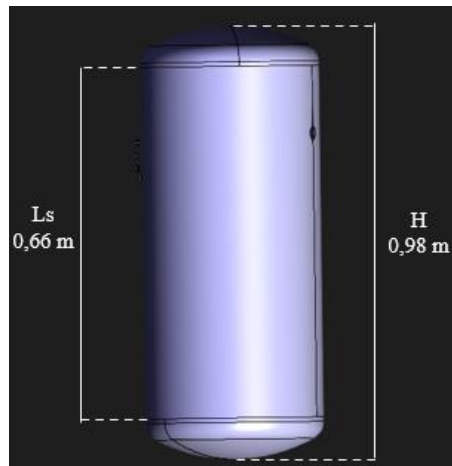
Gambar 5. Bentuk nozzle 1 in [7]

3.5. Desain Akhir Tangki Nitrogen

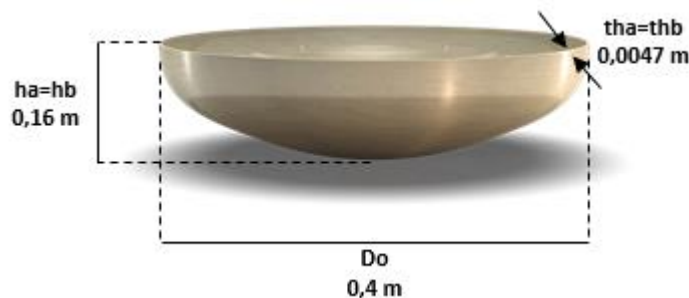
Tangki nitrogen berbentuk vertikal, terdiri dari *shell* yang berbentuk silinder dan tutup atas dan bawah tangki berbentuk *ellipsoidal dished*. Desain tangki nitrogen dengan tinggi < 1 m merupakan jenis bejana pendek bertekanan dalam. Perhitungan dimensi tangki seperti tinggi, tebal, diameter, tebal tutup atas dan bawah telah sesuai dengan API (*American Petroleum Institute*) *Standart 12 C* [7].

Bejana tekan memiliki tekanan pada bagian internal akibat adanya suhu dan tekanan sehingga ada perbedaan tekanan antara internal dengan luar bejana. Bejana bertekanan juga sangat sensitif terhadap keadaan dari luar seperti korosi, angin dan gempa yang merupakan beberapa faktor yang sangat berpengaruh dalam perencanaan, pembuatan dan pemasangan bejana tekan. Tingginya tekanan dan suhu mengakibatkan desain bejana membutuhkan angka keamanan yang sangat tinggi. Maka perencanaan desain bejana tekan sangat penting agar tidak terjadi kecelakaan kerja dan kegagalan produk.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam desain tangki yaitu tekanan, suhu operasi tangki, kapasitas tangki, viskositas bahan, faktor korosi, dan faktor pengelasan. Perhitungan desain tangki nitrogen ini dilakukan berdasarkan data, API (*American Petroleum Institute*) *Standart 12 C* dan *American Standards Association (ASA) B16.5-1953* sehingga dapat dikatakan layak dan aman. Berikut merupakan model bentuk tangki nitrogen untuk produksi asap cair berupa penampakan tangki dan detail tutup atas dan bawah.



Gambar 6. Bentuk tangki nitrogen [14]



Gambar 7. Bentuk tutup atas dan tutup bawah tipe *ellipsoidal dished* [15]

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Rancangan desain tangki penyimpanan nitrogen ini menggunakan bahan *Carbon Steel SA 240 Grade C type 347*, tipe tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *ellipsoidal dished*. Tipe pengelasan yang dipilih yaitu tipe *double welded butt joint*. Ukuran nozzle sebesar 1 in, dan N_{Re} bernilai > 2100 sehingga jenis alirannya turbulen. Dimensi dari tangki nitrogen yaitu kapasitas tangki sebesar $0,0074 \text{ m}^3$; diameter luar (do) 0,40 m; diameter dalam (di) 0,39 m; tinggi tangki (H) 0,98 m; tebal silinder tangki (ts) 0,0047 m; dan tebal tutup atas dan bawah (tha, thb) 0,0047 m. Perhitungan desain tangki dilakukan berdasarkan data, API (*American Petroleum Institute*) *Standart 12 C* dan *American Standards Association* (ASA) B16.5-1953 sehingga dapat dikatakan layak dan aman.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan perhitungan desain tangki menggunakan *software* khusus untuk desain alat seperti *AMEtank* dan *AutoCad*, sehingga dapat dibandingkan hasilnya dengan perhitungan manual. Perhitungan tambahan seperti perhitungan tegangan tangki dan stabilitas terhadap angin dan gempa pun perlu dikaji ulang, sehingga desain tangki tidak hanya rancangan dimensinya saja melainkan juga ketahanan tangki terhadap angin dan gempa.

REFERENSI

- [1] Direktorat Jendral Perkebunan, 2020, *Luas Areal Kelapa Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2016-2020*, Jakarta.
- [2] Sa'diyah, K., Rohman, F., Harsanti, W., Nugraha, I., and Febrianto, N. A., 2018, *Pyrolysis of Coconut Coir and Shell as Alternative Energy Source*, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, Vol. 7, No. 2, 115–120.
- [3] Winarno, A. B., Prasajo, B., and Prayitno, M. M. E., 2017, *Desain dan Pemodelan Pada Storage Tank Kapasitas 50.000 kL*, *Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya* (Surabaya), 1–4.
- [4] Primandita, S., 2019, *Desain Ammonia Pressure Tank Pada Pabrik Ethanolamine Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia.
- [5] Ahmadan, F., Trisnaliani, L., and Harianto, A., 2018, *Produksi Gas Nitrogen Dengan Metode Pressure Swing Adsorption (PSA) Menggunakan Carbon Molecular Sieve (CMS) Sebagai Penyerap Oksigen*, *Jurnal Kinetika Politeknik Negeri Sriwijaya* (Palembang), Vol. 9, No. 1, Maret, 45–50.
- [6] Fatah, A. H., and Wulandari, A., 2017, *Pengembangan Bahan Ajar Materi Unsur Nitrogen dan Fosfor Berbasis Kontekstual Untuk Mata Kuliah Kimia Dasar*, *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang Universitas Palangka Raya* (Palangka Raya), Vol. 8, No. 2, 68–76.
- [7] Brownell, L. E., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- [8] Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 4 Tahun 2016, 2016, *Penggunaan Gas Medik dan Vakum Medik Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta.
- [9] The Engineering ToolBox Tools and Basic Information for Design, 2020, *Engineering and Construction of Technical Applications*, Jascko Corp, Miami.
- [10] Sheet, B., 2013, *Technical Data Stainless Steels Types 321, 347, and 348*, Allegheny Ludlum Corporation, Pittsburgh.
- [11] Azwinur, Syukran, and Hamdani, 2018, *Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las Butt Weld dan Double Lap Joint Pada Material Baja Karbon Rendah*, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*

- Universitas Muhammadiyah Jember (Jember), Vol. 12, No. 1, Juni, 9–16.
- [12] Setiawan, P. H., and Zacharias, P., 2013, *Perhitungan Tebal dan Tutup Tangki Reaktor Gelembung Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tipe PWR 1000 Mwe Untuk PLTN di Indonesia*, in: PRPN - BATAN (Prosiding Pertemuan Ilmiah Perekayasa Perangkat Nuklir), Institut Teknologi Bandung (Tangerang Selatan), November.
- [13] Pressure Vessel Engineering, 2016, *Comparison Between Head Types: Hemi, SE, F&D and Flat*, Canada.
- [14] Bhavsar, 2015, *Pressure Vessel Used For Industries and Also Project For Collage Students*, Grabcad Community, India.
- [15] Jiu Zhou Head Industry, 2019, *Conventional Dished Heads: Elipsoidal Heads*. China.