

BAB 1

PENDAHULUAN

Bejana tekan merupakan tempat penampung gas, udara, atau campuran gas-udara, atau campuran fluida untuk jenis identik atau bahkan cair jenuh dan padatan dalam kondisi larut maupun beku, yang disimpan dalam kondisi tidak diberikan tekanan. Bejana selain bejana tekan dengan diberikan tekanan maupun tekanan dari cairan itu sendiri, dengan proses penyimpanan khusus misalnya cairan berbahaya, disebut *Tangki Timbun*. Bentuk bejana tekan dan tangki timbun identik, yaitu sebuah tangki yang dipasang secara vertikal atau horizontal. Struktur tangki merupakan silinder dengan penutup cembung atau *elliptical head* yang terdapat pada kedua ujungnya. Bentuk tangki dan utilitas yang tinggi dari bejana tekan ini, menyebabkan beberapa asosiasi, menstandarkan untuk memudahkan pembuatan dan memberikan keyakinan rasa aman bagi pengguna. *American Society of Mechanical Engineering* atau ASME, merupakan salah satu organisasi yang menstandarkan pembuatan banyak produk, diantaranya adalah bejana tekan ini.

ASME didirikan oleh kelompok *engineer* sebagai pelaku industri tahun 1880, dan berkembang di lebih dari 151 negara termasuk Indonesia. Strategi ASME meliputi fokus pada 3(tiga) program yaitu: pemanfaatan energi, pengembangan teknologi, dan *global impact*, sebagai upaya untuk berkontribusi dalam *relevant knowledge-based resource*. Produk terstandar dari ASME khusus untuk *Engineering Mechanics*, adalah antara lain: elevator, eskalator, *Performance Test Code* (untuk misalnya: *Fuel Cell Power Sytem, Integrated Gasification Combine Cycle, Combustion Turbine Inlet Air Conditioning Equipment, Concentrating Solar Power Plant, Over all Plant Performance with Carbone Capture*), boiler, bejana tekan, komponen mesin pengangkat, dan alat berat, diringkaskan dari ASME (2022). Setiap komponen atau bagian struktur dari Bejana Tekan Horizontal mempunyai standar masing-masing, misalnya: Nosel mengikuti ASME A-333, dan dinding tangki mengikuti ASME A-516 Grade-60.

Sebagai ***batasan masalah***, pembahasan fokus pada Desain Bejana Tekan Horizontal dengan penggunaan untuk *Amonia Letdown Drum* atau drum penampung proses akhir pengolahan ammonia. Bejana tekan horizontal ini, merupakan bagian dari peralatan pabrik pembuatan amoniak yang ditempatkan pada proses akhir sebagai penampung produk jadi amoniak. Desain bejana tekan horizontal ini, mengikuti aturan ASME A-333, Section-VIII, Division-1. Bejana tekan ini yang sebagai objek penelitian, ditentukan dengan kapasitas

minimum 2.03 m³ dan maksimum 5.1 m³ serta tekanan desain 280.134 Psi. Amoniak yang dihasilkan, umumnya digunakan antara lain untuk: bahan dasar industri pupuk (seperti pupuk: urea, Nitrat, ZA, dan Fosfat), sebagai *refrigerant*, produk asam nitrat (HNO₃), dan produk Natrium bikarbonat (NaHCO₃). Bahan dasar pembuatan Amoniak diperoleh dari gas alam, Pabrik Amoniak umumnya didesain mengikuti proses produksi desain dari Haber-Bosch yang mendapat hadiah Nobel bidang kimia, tahun 1981.

BAB 2

METODOLOGI PENELITIAN

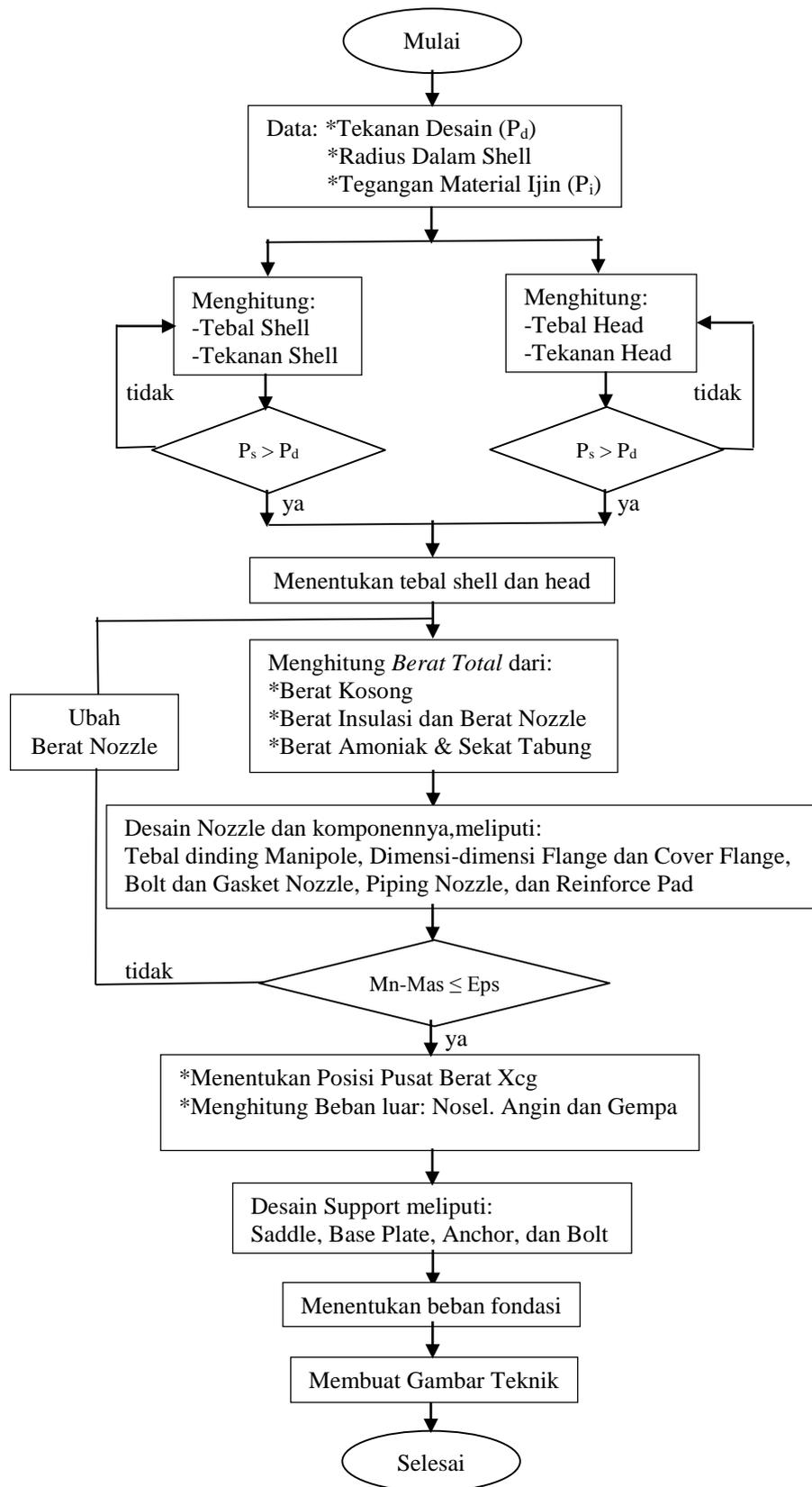
4(empat) tinjauan metodologi penelitian yaitu dari sisi: tujuan tertentu, aspek pendekatan, tingkat eksplanasi, dan pembuktian hipotesis dengan data. 7(tujuh) tinjauan metodologi penelitian dari jenis pengerjaannya, yaitu metodologi penelitian yang dilakukan secara: eksperimental, statistik longitudinal (penelitian dengan melakukan *survey* untuk memperoleh data dari hasil survey dengan tujuan tertentu), deskriptif (penelitian dari data kualitatif), studi kasus (antara lain contoh yang dilakukan dalam paper ini), fenomenologi (penelitian dari data hasil penyelidikan), grounded (penelitian masalah sosiologi dan keterkaitannya dengan ilmu non eksak lainnya), dan etnografi (penelitian yang fokus pada pola perilaku pada individu, suku, bangsa, atau agama), menurut Rifa'i Abubakar (2021). Metodologi Penelitian yang digunakan dari jenis pengerjaannya, adalah Studi Kasus Desain Bejana Tekan Horizontal penampung proses akhir pengolahan amonia. Prosedur metodologi penelitian studi kasus adalah melakukan sebagai berikut: urutan pengerjaan penelitian atau *Research Stages*, bagan penelitian atau *Research Chart*, objek studi kasus, persamaan model atau *Model Equation*, operasional produk dengan komponen pendukung atau *Data input Component*, hasil penelitian, Analisa, dan kesimpulan.

Urutan Pengerjaan Penelitian atau *Research Stages*, mengikuti Moss dan Basic (2012), sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi global tangki sesuai volume dan tekanan amoniak yang dibutuhkan, gambar-2.
2. Mencari padanan input data dimensi dan tekanan internal sesuai pilihan standar ASME yang dibutuhkan.
3. Untuk volume dan tekanan tertentu sesuai yang diminta, mencari data desain yang direkomendasikan dari ASME, misalnya melakukan pilihan material dan dimensi komponen-komponen standar struktur tangki tertentu untuk Flange (gambar-3) dan Cover Flange (gambar-4).
4. Melakukan tahapan perhitungan, item desain terhadap komponen-komponen struktur tangki, misalnya:
 - a. Dinding silinder atau *Shell* dan *Elliptical Head* meliputi parameter: tebal minimum, dan tekanan ijin.
 - b. Penjumlahan berat dari: bejana, amoniak, insulasi, dan Nozzle tanpa amoniak.

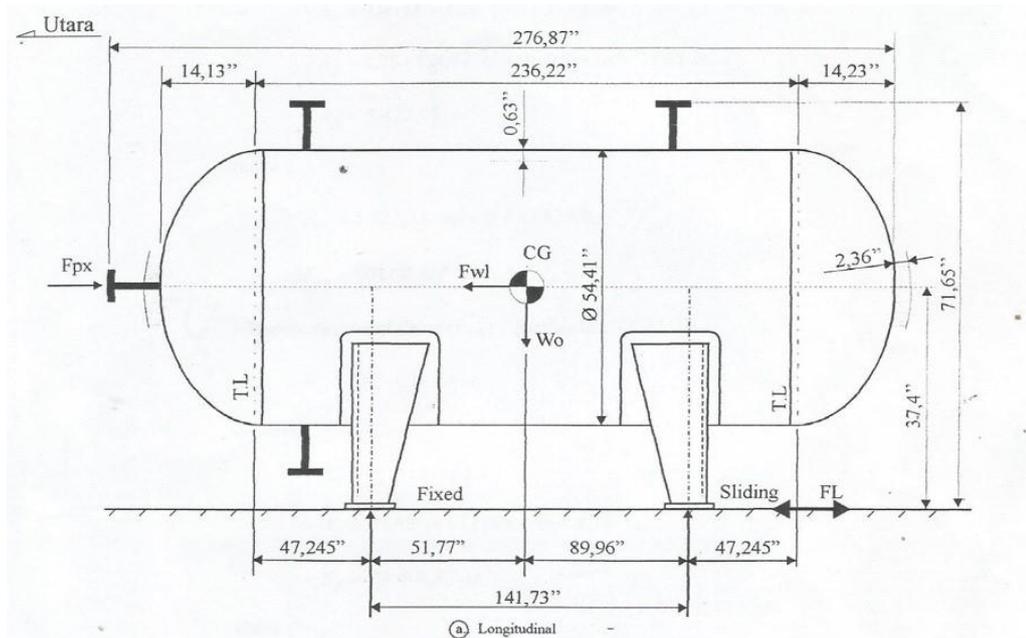
- c. Desain komponen Nozzle, yaitu: tebal dinding Manipole, Flange dan Cover Flange, Bolt dan Gasket Nozzle, Piping Nozzle, dan Reinforce Pad.
 - d. Menentukan X_{cg}
 - e. Menentukan beban luar tangki dari beban: angin, Nozzle saat operasi, dan gempa.
 - f. Menghitung reaksi tumpuan pada *Base Plate* untuk dapat sebagai patokan desain fondasi beton.
 - g. Support/tumpuan tangki horizontal atau *Saddle*, yaitu: diawali dengan memilih spesifikasi material khusus sesuai rekomendasi ASME untuk tipe support, menghitung kombinasi tegangan *Saddle*, menghitung kekuatan *Saddle* dari material yang dipilih, cek pilihan tipe material memenuhi syarat atau tidak, dan jika tidak memenuhi pilih tipe material lain dengan tegangan ijin lebih besar.
 - h. Menentukan kekuatan *Anchor Bolt*.
5. Menghitung beban untuk diteruskan pada fondasi atau landasan/support beton
6. Membuat Gambar Teknik hasil desain bejana tekan.

Bagan Penelitian atau ***Research Chart*** sesuai prosedur pada Urutan Pengerjaan Penelitian, dibuat sesuai gambar-1 modifikasi dari Edi Cahyono (2004), berikut ini.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Objek Studi Kasus merupakan gambaran produk hasil desain, sesuai gambar-2, berikut ini.



Gambar 2. Bejana Tekan Horizontal disertai Prediksi Dimensi Asumsi

Persamaan yang digunakan untuk desain ini atau *Model Equation*, adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tebal minimum dan tekanan tangki sebagai benda *Cylindrical Shell* yang diijinkan.

a. Menghitung tebal minimum.

$$t_{min} = \frac{(p-R)}{(SE-0.6-P_d)} \text{ mm} \tag{1}$$

Dimana, p=tekanan operasi (psi), R=diameter tangki (mm), S=tegangan ijin material yang dipilih (psi), E=efisiensi sambungan (keling/las) pada tangki, 0.6 adalah *Margin Safety*, dan P_d =tekanan tangki yang diinginkan sesuai harga desain (psi). Semua harga ruas kanan persamaan diketahui kecuali harga-S, atau tegangan ijin yang dipilih.

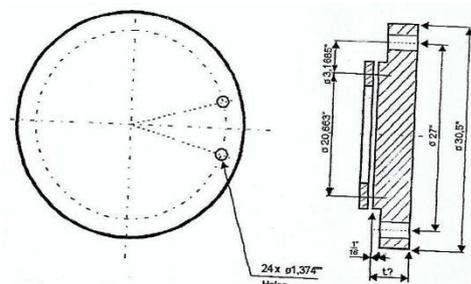
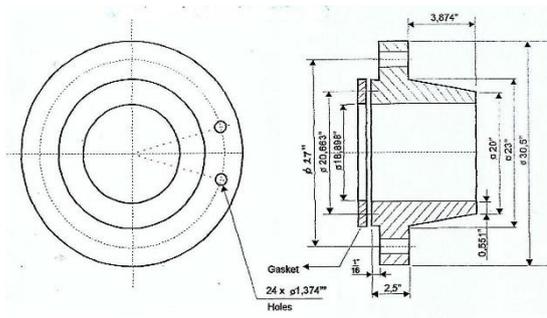
b. Menentukan tekanan tangki yang diijinkan.

$$P_i = \frac{(SE-t)}{(R+0.6-t)} \text{ Psi} \tag{2}$$

Jika $P_i > P_d$, maka perhitungan 1 dan 2 diulang dengan mengganti harga-S atau tegangan ijin lebih besar dari pilihan ASME. Harga tekanan tangki dan tebal shell diperoleh.

2. Menentukan tebal minimum dan tekanan penutup tangki atau *Ellipsoidal Head* yang diijinkan, dilakukan dari persamaan 1 dan 2, dengan harga *Margin Safety* 0.2

3. Dengan cara identik, iterasi pertama memilih material rekomendasi ASME, kemudian menentukan tebal minimum sesuai persamaan-1 dan persamaan-2. Jika $P_i > P_d$ maka perhitungan 1 dan 2 diulang dengan mengganti harga S lebih besar dari pilihan ASME, untuk komponen nosel, yaitu pada tebal Reinforce Pad.
4. Komponen *Flange* dan *Cover Flange* mengikuti ANSI-B16.5 (untuk *Flange*) dan ANSI-B 36.10 (untuk *Cover Flange*), dari ANSI (2009), dengan informasi dari dimensi gambar teknik *Flange* dan *Cover Flange*, dan tegangan ijin (P_i) dua komponen tersebut.
5. Menghitung *berat total* dari berat: kosong, insulasi dan nozzle tanpa fluida, amoniak dan sekat tabung.
6. Desain Nozzle dan komponennya, meliputi: tebal dinding Manipole, dimensi2 Flange dan Cover Flange, Bolt dan Gasket Nozzle, Piping Nozzle, dan Reinforce Pad.
7. Menentukan Posisi Pusat Berat X_{cg} , *Prinsip Weight and Balance*. Prinsip ini menggunakan persamaan keseimbangan penjumlahan dari beban dan momen pada semua komponen tangki. Kemudian dihitung lokasi pusat berat dari posisi dimana resultan momen nol.
8. Menghitung Beban luar: Nosel (kondisi dialiri amoniak). Angin dan Gempa



Gambar 3. Flange ANSI-B16.5

Gambar 4. Cover Flange ANSI-B36.10

9. Desain Support, meliputi: *Saddle* terdiri dari 3(tiga) komponen, yaitu: *Saddle*, *Base Plate*, dan *Anchor Bolt*. Support ini diharapkan dapat kokoh menahan *beban-beban* yang sudah diketahui dari: berat tangki (kondisi: kosong, dengan isi tangki, nosel, insulasi, dan sekat dalam tabung), dan eksternal load (terdiri: beban dari sistem pemipaan nosel, beban angin, dan beban gempa).
10. Menentukan beban dan momen yang ditahan fondasi beton.

2(Dua) tumpuan bejana tekan, masing-masing memberikan beban dan momen reaksi akibat berat tangki dan eksternal load, disederhanakan sebagai: beban geser plat dengan fondasi, dua momen pada kedua tepi plat.

Perhitungan detail untuk desain *Support* atau Tumpuan antara bejana dengan cor fondasi, merupakan alur desain terpisah, mengikuti pola beban dan momen yang diterima. Perhitungan sesuai alur desain bejana ini, dilakukan dengan **bantuan Exel** dimana harga untuk iterasi dalam jangkauan atau *range* tertentu diinputkan bergantian. Hal ini dilakukan apabila tegangan ijin yang diperoleh, masih lebih besar dari kekuatan bahan. Studi kasus menggunakan perhitungan exel untuk desain Bejana Tekan Horizontal penyimpanan akhir amoniak.

Data input Component Bejana Tekan Horizontal ini umumnya, digunakan untuk *input perhitungan* dengan bantuan Exel. Data input Bejana Tekan Horizontal tersebut adalah sebagai berikut: Code ASME Section-VIII Division-1, *Elipsoidal Head, Radiographic Spot*, khusus isi cairan amoniak, data **dimensi utama** dengan panjang dan diameter silinder bejana masing-masing 1(satu) meter dan 0.5 m, diameter pengurangan akibat korosi pada dinding dalam maksimum 0.067 inc atau 1.7 mm, temperature operasi 2 derajat Fahrenheit atau - 16.8 Celcius, temperature desain antara -13° Fahrenheit sampai -25 ° Fahrenheit, Berat jenis Amoniak 0.66, efisiensi penyambungan silinder dan head 0,85, tekanan operasi 240.319 psi atau 16.9 kg/cm² G dimana G=Grafitasi sesuai bejana tekan ditempatkan, tekanan desain 280 psi, tekanan saat uji hidrostatis 364.174 psi, wajib melakukan test impact, dan inspeksi.

Data Material bejana tekan umumnya adalah **baja karbon rendah paduan tinggi** dengan kandungan unsur carbon 0.1 atau 0.22 persen. *Unsur selain karbon* dengan variasi prosentasi kandungan sesuai spesifikasi ASME, adalah aluminium (AL), mangan (MN), pospor (P), silikat (SI), sulphur (S), chromium (CR), nikel (NI), molibnum (MO), titanium (TI), dan vanadium (V), dan Niobium (NB).

BAB 3

HASIL DAN ANALISA

Setelah dilakukan iterasi pada semua komponen Bejana Tekan Horizontal, 6(enam) jenis material plat baja karbon rendah paduan tinggi sebagai pilihan pada masing-masing komponen sesuai rekomentasi ASME untuk bejana ini, adalah: SA 516 Grade-60 (untuk: dinding silinder saluran inlet-outlet yang menempel tangki atau *External and Internal Welded to Shell*, dinding tangki, penutup tangki atau *head*, sambungan pipa dengan tangki atau *Reinforcing Pad for Pipe*), SA 283 Grade-C untuk *Saddle*, SA 350 Grade-LF2 (untuk: Flange, dan Cover Flange), SA 333 Grade-6S untuk (*Nozzle Neck Plate, dan Internal Pipe*), SA 320 Grade-1.7 untuk (*External Bolts and Nuts*), dan SA 307 Grade-B untuk (*Foundation Bolts and Nuts*). Komponen penunjang Nozzle yaitu: *Forged Nozzle, Welding Neck Flange, dan Slipe on Flange* dengan bentuk dan dimensi sesuai yang ditentukan, mengikuti rekomendasi *American National Standards Institute* atau ANSI INPS 2-24. Sedang singkatan INPS adalah *Intelligent Network Product Support*. Antara plat bentuk dinding pada semua komponen yang menerima panas dari uap amoniak, ditambahkan *Pelapis Cold* tebal beragam. Tetapi untuk tangki, pelapis dipasang dengan tebal 60 mm.

Dari program Excel, setelah melakukan iterasi sesuai dinyatakan pada alinea sebelumnya, diperoleh hasil perhitungan untuk dianalisa, sebagai berikut:

- a. Hasil perhitungan tebal dinding bejana tekan horizontal sesuai kapasitas, diperoleh minimum 0.585 inch dan maksimum 0.592 inch. Harga tebal Shell ini masih lebih kecil dari prediksi harga desain 0.63 inch sesuai gambar-2 yang diperoleh dari rekomendasi ASME. *Ketebalan shell* yang dipilih adalah 0.63 inch atau 16.002 mm + 1.7 mm untuk prediksi korosi, menjadi 16.7 mm. Sedangkan selisih tebal ketebalan tidak signifikan, sehingga dapat menggunakan material dan dengan ketebalan yang sama. *Ketebalan elliptical head* diperoleh dari perhitungan 1.36 inch atau 15.22 cm + 1.7 mm menjadi 16.39 mm. Tebal *elliptical head* selalu *lebih besar* dari tebal shell. Meskipun dapat terjadi selisih ketebalan itu, terjadi tidak signifikan. Pilihan material identik sesuai ASME adalah SA 516 Grade-60. Pemilihan tebal plat baja karbon rendah untuk Shell maupun Head, mengikuti standard. Tebal **plat shell** dan **elliptical Head** ditentukan lembaran plat baja 17 mm.
- b. Plat jenis material identik dari pilihan shell, digunakan juga pada Nozzle Manipol hanya semata alasan kemudahan manufaktur. Hasil perhitungan diperoleh ketebalan **Nozzle**

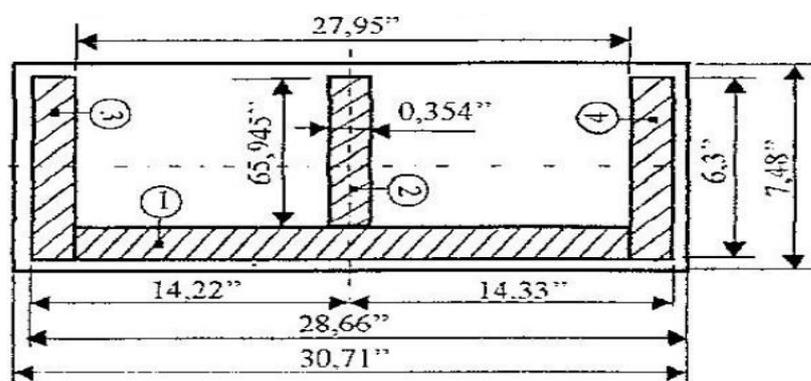
Manipol 5.7 mm. Sehingga lembaran plat Nozzle yang mengikuti standard dipilih 6 mm. Dapat terjadi dalam praktek dapat terjadi, tebal Nozzle Manipol juga diambil 17 mm yang memungkinkan ada kelebihan material SA 516 Grade-60. Dalam hal ini, ongkos manufaktur perlu dipertimbangkan. Dimensi dasar Diameter **Nozzle** sebesar 20 inch, ditentukan sebagai data permintaan sesuai kebutuhan laju amoniak. Dengan penentuan ketebalan ini, dimensi diameter komponen elemen mesin lainnya yang tergabung dalam Nozzle dapat ditentukan, yaitu untuk *Vapour Outlet*, *Feed Inlet*, dan *Liquid Outlet*, dengan diameter 6 inch. *Drain* dibuat dengan diameter 1.5 inch dan *Stand Pipe Connection* dibuat dengan diameter 5 mm. Semua diameter elemen mesin penunjang Nozzle, mengikuti pilihan standar diameter pipa dipasaran. Termasuk, pilihan tipe pengelasan *Weld Neck* digunakan sesuai ketentuan ASME dan memudahkan manufaktur.

- c. **Berat total** dari penjumlahan berat kosong dengan berat insulasi dan berat amoniak, dapat diperoleh. Berat total ini, digunakan sebagai data dalam perhitungan untuk menentukan posisi pusat berat atau **posisi Xcg**, sesuai gambar-2, yaitu: 37.4 inch dari fondasi dan 99.015 inch dari kiri ujung silinder. Lokasi Xcg ditentukan dari akumulasi berat masing-masing komponen yang dikalikan posisi Xcg komponen yang bersangkutan. Berat shell diperoleh 34475.85 kg. Berat *elliptical Head* dengan diameter 54.1 inch dan tinggi 14.23 inch diperoleh 445.94 kg dengan jenis *Torispherical Heads*, atau *Flanged and Dished Heads* yang mempertimbangkan dimensi lokasi (*Arc Length of Knuckle*, *Arc Length of Crown*, dan *Straight Flange Length*). Berat komponen di luar tabung diperoleh 105 kg. Dengan volume tabung 5.1 m^3 , maka berat amoniak 3.723 kg. Berat komponen dalam tabung lainnya adalah 2(dua) sekat sesuai diameter shell dan satu sekat datar masing-masing tebal 17 mm. Berat sekat plat dalam tabung, diperoleh 1384.52 kg. Berat total (kondisi: kosong, insulasi, dan isi amoniak), menjadi 36415.24 kg.
- d. **Gaya luar** terdiri dari beban gempa dan beban angin. *Beban gempa* sesuai persyaratan yaitu harga berat total dikalikan konstanta atau factor-K. Harga factor-K ditentukan sesuai lokasi atau daerah bejana ditempatkan, yaitu $K=0.15$, atau 5462.3 kg. *Beban angin* dipengaruhi oleh posisinya terhadap arah dan kecepatan angin maksimum pada lokasi dimana ditempatkan. Beban angin tersebut dalam posisi miring diuraikan menjadi dua arah, yaitu: transversal dan longitudinal. Sehingga bagian yang ditahan oleh permukaan luar *elliptical Head* sebagai beban longitudinal dengan notasi F_{wl} , adalah 2228.8 Newton. Beban angin yang ditahan shell sebagai beban transversal dengan notasi F_{wt} adalah 8227.70 Newton. *Beban luar dari Nosed* akibat pemipaan dinyatakan sebagai beban dua

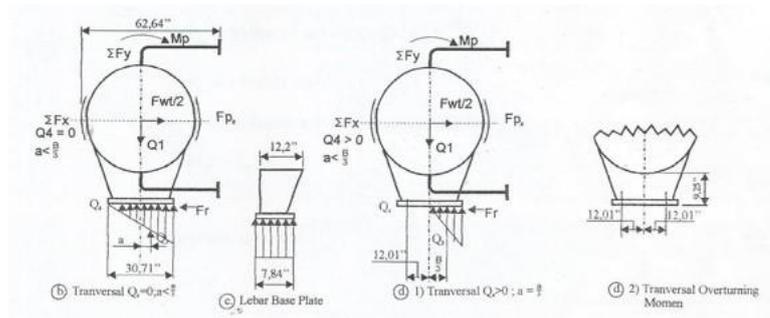
- dimensi. Beban ini sampai pada komponen Nozzle, dapat diuraikan dalam koordinat bejana tekan menjadi dalam gaya: arah-x dan arah-y untuk komponen Stand Pipe Connection, dan gaya arah-x dan arah-z yang masing-masing sesuai persyaratan, sama dengan 11000 lb atau 48.928 Newton. Untuk komponen lainnya kecuali Manipol, beban sesuai persyaratan arah-x dan arah-z sebesar masing-masing 4000 lbf atau 17.792 Newton. Komponen lainnya adalah: *Vapour Outlet, Feed Inlet, Liquid Outlet, dan Drain.*
- e. Gaya dari masing-masing beban total dan masing-masing beban luar, menimbulkan beban dan atau momen akibat pemindahan beban pada lokasi dimana desain komponen dilakukan. Kemudian gaya-momen ini menjadi *sebuah tegangan* berupa tegangan normal atau tegangan geser yang diberlakukan pada semua komponen Bejana Tekan Horizontal. Pada lokasi komponen tertentu, sejumlah tegangan dari aneka beban tersebut dikelompokkan kemudian diakumulasi menjadi sebuah tegangan normal dan sebuah tegangan geser. Kemudian hasil akumulasi tegangan tersebut, digunakan untuk menghitung harga *Tegangan Normal Maksimum* dengan *Persamaan Kombinasi Tegangan Mohr*, sesuai Egor Paul P. (1976). Tegangan normal maksimum ini, diharapkan lebih kecil dari *Kekuatan atau Tegangan* material dari komponen yang dipilih tersebut. Desain komponen didasarkan pada evaluasi tegangan terhadap pilihan material komponen yang bersangkutan, seperti: desain Nozzle (meliputi: dimensi2 Flange dan Cover Flange, Bolt dan Gasket Nozzle, Perpipaan Nozzle, dan Reinforce Pad), dan desain Support (meliputi: Saddle, Base Plate, Saddle Base, Anchor Holt). Tegangan material sesuai standar ASME adalah sebagai berikut: SA 350 Grade-LF2 dan SA 307 Grade-B dengan tegangan ijin 17500 psi, SA 516 Grade-60 dan SA 333 Grade-6S dengan tegangan ijin 15000 psi, SA 283 Grade-C dengan tegangan ijin 13800 psi, dan SA 320 Grade-1.7 dengan tegangan ijin 25000 psi.
- f. Desain **Flange** diawali dari penentuan gaya pada flange sebagai kombinasi beban tekanan (sesuai persyaratan 280.134 psi) dan *reaksi gaya* akibat gaya luar yang sampai Flange (62873.72 lb). Kedua beban tersebut menimbulkan 3(tiga) tegangan pada Flange, yaitu tegangan: longitudinal, radial, dan tangensial. Harga Kombinasi tegangan ketiganya yang sudah *mempertimbangkan Faktor Keamanan* dengan prinsip persamaan atau penggambaran lingkaran Mohr, diperoleh 15781.16 psi. Hal ini lebih kecil dari tegangan ijin 17500 psi dan Flange aman dioperasikan. Beban **baut Flange** yang menerima beban tekanan, menggunakan material yang dipilih dengan tegangan ijin 17500 psi. Faktor Keamanan diperoleh 6.27. Faktor Keamanan Baut yang menerima beban tekanan sesuai

persyaratan umumnya, mempunyai harga minimum 5.0, dari KPS (2020). Proses pemasangan bejana pada fondasi menggunakan pilinan *Tali Sling Baja* untuk pesawat perangkat, mengikuti prosedur Syamsir Muin (1990). **Desain gasket** pada Nozzle adalah dalam hal penentuan ketebalan. Ketebalan ijin gasket yang disyaratkan harus lebih besar dari harga 2.497 inc. **Reinforce Pad** merupakan penebalan (tambahan tebal) plat pada lokasi pangkal dimana dilakukan pekerjaan untuk sambungan las penguatan Nozzle. Perhitungan penebalan ini dilakukan seperti halnya pada *shell* dan *head*, dengan persamaan-1 dan persamaan-2. Penebalan ditentukan sesuai kemampuan untuk tetap bertahan terhadap aliran amoniak pada 4(empat) kondisi yaitu: campuran cair dan gas, padatan, cairan, dan udara kering. Masing-masing kondisi mengalir dengan kecepatan tertentu sesuai persyaratan desain agar laju produksi tetap terjaga. Kondisi variasi kecepatan aliran cairan amoniak, memberikan pilihan penebalan 16 mm atau 0.628 inch. Sebagai harga paling besar.

- g. **Saddle** hasil desain Support, terdiri dari plat baja dengan tebal dipilih/ditentukan yang mengikuti ukuran standar dengan panjang dan lebar dihitung sedemikian hingga dapat menjadi penahan beban dan momen. Dua benda Saddle masing-masing menjalankan fungsi tumpuan, yaitu sebagai engsel disebut *Base Plate* dan roll disebut *Sliding Plate*. Tebal plat untuk pembuatan *Saddle* dipilih dengan plat baja 9 mm atau 0.354 inch. Penampang irisan horizontal Saddle ditentukan seperti gambar-5 dimana dimensi irisan ini dimisalkan untuk kemudian dilakukan pemeriksaan tegangan. Apabila dimensi yang dimisalkan memberikan tegangan lebih besar dari tegangan ijin, dimensi penampang diperbesar, sampai mendapat hasil ukuran seperti gambar-5. Desain **Base Plate** diperoleh panjang 30.17 inch, lebar 7.48 inch, dan tebal 0.354 inch, gambar-6.



Gambar 5. Irisan Penampang Horizontal Saddle



Gambar 6. Dimensi Base Plate beserta Ilustrasi Bebannya

h. **Anchor** sebagai landasan *Base Plate* karena menyatu base plate dengan Bolt. Penentuan ketebalan memperhatikan *tegangan normal* dari beban aksial dan momen lentur, diperoleh tebal 6.342 mm. Penyederhanaan, digunakan plat baja tebal 6.5 mm. Tegangan normal ini menjadi tegangan geser pada diameter Bolt, mengikuti Robert C. Juvinall (1967), untuk dipindahkan pada fondasi. Dengan coba-coba diameter **Bolt** sekalian distandarkan 2 cm. **Beban Fondasi** merupakan beban geser dari transfer tegangan geser Bolt. Untuk setiap *Saddle* mentranser beban geser setiap bolt, diperoleh 291.019 kilo Newton atau 654.27 lb.

BAB 4

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil desain bejana tekan horizontal penyimpan amoniak cair sesuai permintaan dengan kapasitas maksimum 5.1 meter kubik. menggunakan plat SA 516 Grade-60 untuk dinding silinder shell dan elliptical head 17 mm. Penggunaan material lain adalah: plat SA 283 Grade-C untuk *Saddle* tebal 9 mm, *machining parts* SA 350 Grade-LF2 untuk Flange dan Cover Flange, plat SA 333 Grade-6S untuk *Nozzle Neck Plate* tebal 6 mm, dan *Internal Pipe* tebal 5 mm, SA 320 Grade-1.7 untuk *External Bolts and Nuts* ulir metrik 2 cm, dan SA 307 Grade-B untuk *Bolts and Nuts* fondasi dengan beban geser setiap bolt 291.019 kilo Newton.

Sebagai saran seperti halnya hasil desain, selalu memberikan *solusi layak* atau yang memenuhi yang lebih dari satu. Pilihan ketebalan dan tegangan ijin dari material yang berbeda, memberi harga beban dan momen total (intern) berbeda. Sehingga desain *Nozzle* dan *Saddle* berbeda. Mencari alternatif hasil desain dengan dimensi tertentu yang meminimumkan biaya dalam manufaktur, menjadi penting. Manufaktur bejana tekan ini dapat terjadi syarat material dan komponen standar yang dibutuhkan tidak tersedia. *Solusi alternatif* pilihan material dan komponen lain dapat dilakukan asal memenuhi persyaratan. Analisa struktur bejana tekan sesungguhnya, tergantung dari syarat cukup regulasi, apakah dengan hanya kriteria beban statis, gempa, dan korosi (seperti beban dalam tinjauan desain paper ini), atau disertakan syarat lain yaitu tinjauan terhadap beban misalnya: gempa, getaran, fatik, atau impact. Hal ini tergantung bagaimana *kondisi operasional* bejana tekan yang bersangkutan, dan ketegasan *regulasi* dalam hal seberapa besar beban yang disyaratkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, R. (2021). *Pengantar Metodologi Penelitian*, 1st Edition, SUKA-Press. Indonesia.
- ANSI. (2009). "Pipe Flanges and Flanges Fittings, NPS ½ through NPS 24 Metric/Inch Standar", The American Society of Mechanical Engineering, New York. <http://cstools.asme.org>
- ASME. (2022). "Standards and Certification, Use of Codes and Standard for student in Mechanical Engineering and Other Fields". <http://.ame.org/about-a me>
- Cahyono, E. (2004). "Perancangan Bejana Tekan Vertikal Berisi Udara untuk Peralatan Pneumatika Kapasitas 8.25 m³ dengan Tekanan Kerja 5.7 kg/cm²", Undergraduate Thesis. Mechanical Engineering, Universitas Sebelas Maret, Indonesia.
- Juinall, R.C. (1967), "Engineering Consideration of Strain, and Strength", 4th Edition, McGraw-Hill, England.
- Karyakreasi Putra Satya (KPS). (2020). "Cara Menghitung Kekuatan Tali Sling". <http://kpssteel.com/educational/cara-menghitung-kekuatan-tali-sling/>
- Moss, D.R., and Michael B. (2012). "Pressure Vessel Design Manual", 4th Edition, Butterword-Heinemann Ltd. England.
- Muin, S.A. (1990). "Pesawat Pesawat Pengangkat", 1st Edition, Rajawali Pres, Jakarta.
- Popov, E.P. (1976). "Mechanics of Material", 2nd Edition, Prentice Hall, England.