

Perancangan Desain Tabung Oksigen Hiperbarik untuk Terapi Penyakit Diabetes Mellitus

Dio Desnawan Prakoso^{1*}, George Endri Kusuma², Budi Prasajo³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,3}

Program studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2 s}

Email: diodesnawan@gmail.com^{1*}

Abstract - Diabetes mellitus (DM) is one of the health problems that have an impact on the productivity of human resources. In the condition of Diabetes, insulin is not able to work optimally to transport sugar in the blood to body cells, so that sugar is trapped in the bloodstream. One way to treat DM disease is Hyperbaric Oxygen Therapy (TOHB). However, the availability of TOHB Tubes is still limited because the existing products are intended to treat decompression diseases in divers with 3-6 ATA pressure capability. While for DM therapy, it is enough only 1.3 ATA. Therefore, this study designed the TOHB tube design with specific abilities for the treatment of DM disease. Calculations are done manually by using ASME VIII division 1 code. Furthermore, the results obtained are compared with the simulation results from elite PV software. All methods, both manual calculation and software simulation, provide valid results. The TOHB tube which is designed has a cylindrical shape and a torispherical head at both tip. Based on the results of calculations that have been done, SA-182 F304 stainless steel material is declared safe to be applied to 0.24 inch or 6 mm thick in the head and shell parts. By adding one 0.24 inch (6 mm) thick stiffening ring to the center of the shell to counteract the external pressure. Nozzles with $\frac{3}{4}$ inch pipe sizes can be applied to counter existing design loads.

Keyword: ASME, chamber, diabetes mellitus, pressure vessel, hyperbaric oxygen therapy

Nomenclature

D	Diameter Silinder
Pi	Tekanan Internal
P	Tekanan Eksternal
T	Tekanan Operasi
ts	Tebal Shell
th	Tebal Head
l	Panjang Silinder
S	Tegangan Ijin Maksimum

1. PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) adalah suatu gangguan pada metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein dengan berbagai penyebab dan merupakan suatu penyakit yang kronik. Seseorang dengan DM memiliki kadar glukosa darah yang tinggi atau disebut hiperglikemia [1]. Bahaya Diabetes sangat besar dan dapat memungkinkan penderita mengalami banyak komplikasi serius dan menyebabkan tingkat kematian yang tinggi. Penderita DM menghadapi bahaya setiap harinya karena kadar gula darah yang tidak terkontrol. Glukosa darah mengandung kadar yang berubah-ubah sepanjang hari terutama pada saat makan dan beraktifitas.

Diabetes Melitus (DM) menjadi salah satu penyakit yang mengancam keberlangsungan kehidupan umat manusia pada abad ke-21. Prediksi yang dilakukan oleh WHO mengatakan bahwa pada tahun 2025 jumlah pengidap DM akan terus meningkat hingga mencapai angka 300

juta orang. Data WHO menunjukkan kasus DM di Indonesia termasuk yang paling tinggi yaitu pada tahun 2000 adalah 8,4 juta orang. Hal tersebut menjadikan Indonesia berada pada ranking 4 dunia setelah India (31,7 juta), Cina (20,8 juta), dan Amerika Serikat (17,7 juta) [2]. Menurut Kementerian Kesehatan RI (2012), jumlah penderita diabetes melitus di Indonesia diperkirakan mengalami peningkatan sejak tahun 2000 menjadi sekitar 21,3 juta jiwa pada tahun 2030 mendatang [3].

Secara umum Diabetes Melitus dibagi menjadi 3 macam, yaitu: DM yang tergantung pada insulin (DM Tipe 1). Diabetes melitus tipe 1 dikarakterisasi dengan ketidakmampuan produksi insulin karena kerusakan sel pankreas akibat reaksi autoimun. Pengidap penyakit DM jenis ini biasanya adalah anak-anak dan remaja yang pada biasanya tidak gemuk. Jenis selanjutnya yaitu Diabetes Melitus Tidak Tergantung Insulin (DM Tipe-2). Klasifikasi DM jenis ini terjadi karena adanya kombinasi dari kegagalan dalam produksi insulin dan resistensi insulin yang menghasilkan gangguan toleransi glukosa dan produksi glukosa hepatic puasa yang tinggi. Jenis Diabetes Melitus yang terakhir yaitu Gestasional (Diabetes Kehamilan) [4]. Diabetes Melitus Gestasional terjadi akibat adanya suatu kombinasi dari kemampuan reaksi dan pengeluaran hormon insulin yang tidak cukup.

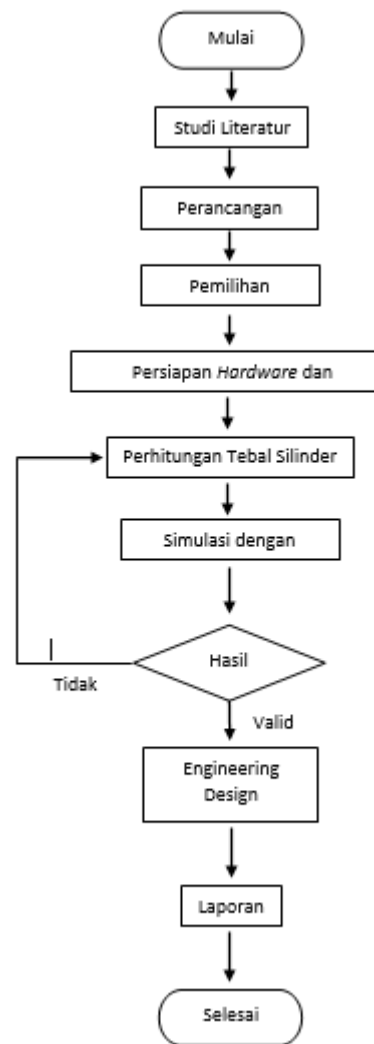
Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa pada penderita diabetes yang menjalani Terapi Oksigen

Hiperbarik (TOHB) akan mengalami penurunan glukosa dalam darah. Perubahan kadar gula darah telah menjadi temuan yang konsisten di hampir semua penelitian observasional. Terapi ini dilakukan di dalam chamber atau tabung dengan tekanan udara 1-3 ATA sehingga dapat meningkatkan sensitifitas jaringan terhadap insulin dimana terapi HBO ini dapat membantu penurunan kadar gula darah [5].

Seiring perkembangan jaman, berbagai macam produk kesehatan telah dikembangkan, mulai dari produk alat-alat medis di klinik atau Rumah Sakit, hingga alat-alat kesehatan yang umum digunakan oleh masyarakat luas. Namun tabung TOHB yang ada Rumah Sakit di Indonesia biasanya merupakan produk import. Sepesifikasi alat tersebut mampu untuk terapi penyakit dekompresi pada penyelam. Terapi tersebut dapat berlangsung dengan tekanan oksigen sebesar 3-6 ATA. Padahal untuk keperluan terapi penyakit Diabetes Melitus hanya dibutuhkan tekanan 1,3 ATA. Dalam Tugas Akhir ini akan memanfaatkan peluang dengan cara merancang produk Tabung Terapi Oksigen Hiperbarik yang lebih spesifik untuk terapi penyakit DM.

2. METODOLOGI.

Sistematika pelaksanaan penelitian ini dijelaskan dalam diagram alir seperti terlihat pada gambar 2.1 berikut:



2.1 Data Perancangan Awal

Proses mendesain Tabung Terapi Oksigen Hiperbarik dimulai dengan menentukan data teknis perancangan awal. Data-data tersebut diperoleh dari referensi yang ada. Adapun data perancangan awal tersebut tertera pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel. 2.1. Data perancangan awal

Chamber Utama		
Jenis vessel pressure	Oxygen Hyperbaric Chamber	
Fungsi	Terapi Diabetes Mellitus	
Bentuk head	Torispherical	
Jenis material	SA-182 F304	
Teg. ijin maksimum	20000 psi	(pada 77 ^o F)
Tekanan internal	1,3 ATA	19,1 psi
Tekanan eksternal	1 ATA	14,7 psi
Temperatur operasi	25 ^o C	77 ^o F
Panjang silinder	2,5 m	98,425 inch
Diameter silinder	1,8 m	70,86 inch
Tebal shell digunakan	6 mm	0,24 inch
Tebal head digunakan	6 mm	0,24 inch
Crown radius	1,806 m	71,10 inch
Nozel		
Jenis material	SA-182 F304	
Diameter dalam nozel	0,614 inch	($\frac{3}{4}$ sch 160)
Tebal leher nozel	0,218 inch	($\frac{3}{4}$ sch 160)
Kaca		
Jenis material	Al ₂ O ₃	
Teg. Ijin maksimum	45000 psi	(pada 77 ^o F)
Tebal kaca digunakan	6.3 mm	0,25 inch

2.2 Perancangan dengan Software PV elite

Software yang dipakai dalam perancangan ini yaitu PV elite dimana software ini mampu melakukan analisa lengkap untuk desain bejana tekan atau Pressure Vessel. Pada penelitian ini perancangan desain berdasarkan kode ASME VIII divisi 1 yang telah terintegrasi pada software PV elite [6].

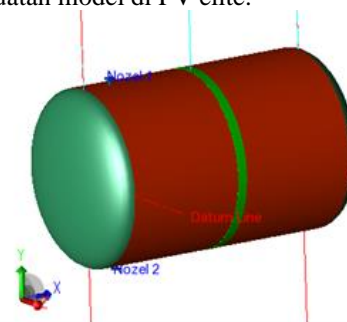
a. Pemodelan dengan PV elite

Pembuatan model 3 dimensi pada PV elite dimulai dengan membuat elemen dari chamber utama yang berupa sebuah silinder atau shell dan dua buah head pada kedua ujung shell. Selanjutnya masukan nilai dari inputan-inputan tiap element pada kolom Element Data seperti terlihat pada gambar 2.2. Inputan tersebut berupa dimensi ukuran, data fisik material dan parameter perancangan sesuai data perancangan awal yang telah ditentukan.

Element Data	
Element Description	Silinder
From Node	20
To Node	50
Element Type	Cylindrical
Diameter Basis	OD
Outside Diameter, in.	70.86
Cylinder Length, ft.	8.2
Finished Thickness, in.	0.24
Nominal Thickness, in.	0.24
Internal Corrosion Allowance, in.	0
External Corrosion Allowance, in.	0
Wind Diameter Multiplier	1.2
Material Name	SA-182 F304
Longitudinal Seam Efficiency	0.6
Circumferential Seam Efficiency	0.6
Internal Pressure, psig	35.27
Temp. for Internal Pressure, F	77
External Pressure, psig	0
Temp. for External Pressure, F	77
Additional Element Data	

Gambar. 2.2. Element data

Pembuatan model ini juga mencakup komponen pendukung seperti nozel dan stiffening ring. Setiap perintah penambahan komponen baik nozel maupun stiffening ring diikuti dengan pemberian inputan dimensi ukuran, nilai fisik material serta parameter desain lainnya. Gambar 2.3 merupakan hasil gambar 3-dimensi dari pembuatan model di PV elite.



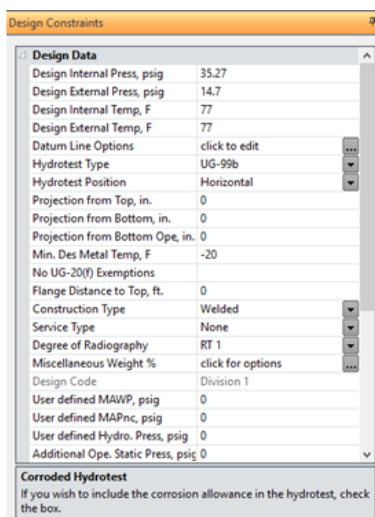
Gambar. 2.3. Pemodelan geometri pada PV elite

b. Memberi inputan untuk Kondisi Kerja

Selain diberikan inputan spesifik pada tiap-tiap elemen dan komponen pendukung, juga perlu diberikan inputan beban untuk kondisi kerja pressure vessel secara umum pada kolom Design Data. Beban yang dimaksud adalah tekanan internal dan eksternal beserta temperaturnya.

c. Proses Simulasi

Berdasarkan bentuk geometri dengan data fisik material dan parameter-parameter desain yang telah ditentukan selanjutnya dilakukan kalkulasi oleh software PV elite. Dimana sebelum kalkulasi dimulai perlu dipastikan bahwa kode yang digunakan yaitu ASME VIII divisi 1.



Gambar. 2.4. Design Data

d. Hasil Simulasi

Hasil dari simulasi PV elite akan muncul secara otomatis apabila proses kalkulasi telah selesai. Hasil tersebut dibuka pada jendela baru diluar jendela program PV elite. Hasil perhitungan hingga semua formula yang digunakan berdasarkan kode yang digunakan ditampilkan lengkap pada bagian ini.

2.3 Perancangan dengan metode manual

Perhitungan secara manual perlu dilakukan guna mengetahui apakah simulasi software memberikan hasil yang valid atau tidak. Proses perhitungan ini dibantu dengan software M.S. Excel dimana rumus yang dipakai ditentukan secara manual berdasarkan ASME VIII divisi 1. Begitu juga penentuan nilai tertentu dengan grafik atau kurva dilakukan secara manual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Ketebalan Shell dan Head

Perhitungan ketebalan Shell dan Head yang dilakukan mengacu pada code ASME section VIII yang berisi tentang aturan kontruksi dari bejana tekan (pressure vessel). Berdasarkan code tersebut perhitungan dilakukan 2 kali berdasarkan tekanan dalam (internal) dan tekanan luar (eksternal).

3.1.1 Berdasarkan Tekanan Dalam

A. Shell

Material pada bagian shell yang dipilih yaitu stainless steel SA-182 F304, pada kondisi rangan atau suhu 770 Fahrenheit berdasarkan ASME Section II Part D memiliki tegangan ijin maksimum sebesar 20000 psi [7]. Sesuai inisial desain yang telah ditentukan, tekanan internal desain memiliki nilai 19,1 psi (1,3 atm) dengan jari-jari yaitu 35,43 inch. Sedangkan efisiensi sambungan las menurut ASME section VIII table UW-12 untuk sambungan las tanpa radiografi tes yaitu memiliki nilai 0,6 [8]. Sehingga didapat ketebalan minimum shell (t_{cal}) dan Maximum

Allowable Working Pressure (p) dengan metode manual maupun simulasi software seperti pada tabel 3.1 berikut:

Tabel. 3.1. Hasil perancangan shell berdasarkan tekanan dalam

Metode	Manual	Software
Tebal plat (t _{cal})	0,0564 inch	0,0564 inch
Maximum Allowable Working Pressure (p)	81,508 psi	81,508 psi

Perhitungan secara manual dan software memberikan hasil yang sama sehingga hasil tersebut dinyatakan valid. Selain itu ketebalan plat yang dipilih pada perancangan awal yaitu 0,24 inch dapat diterapkan karena harganya lebih besar dari hasil tebal plat dibutuhkan (t_{cal}) dengan hasil Maximum Allowable Working Pressure sebesar 81,508 psi lebih besar dari tekanan dalam desain 19,1 psi.

B. Head

Pada bagian Head, material yang digunakan sama dengan bagian silinder (shell) yaitu yaitu stainless steel SA-182 F304. sesuai table UG-37 nilai spherical dalam atau crown radius (L) didapatkan sebesar 71,26 inch sedangkan nilai radius knucle (r) sebesar 4,25. Maka untuk menentukan tebal minimum () pada bagian head tipe Torispherical sesuai ASME VIII harus diketahui nilai L/r nya. Dimana $L/r = 70,86/4,25 = 16,667$. Untuk nilai L/r lebih besar dari 16 2/3 perlu di cari nilai faktor M dari Torispherical head yang kemudian didapatkan nilai faktor M= 1,77 [9]. Selanjutnya dapat dihitung minimum head (t_{cal}), dimana hasil ketebalan tersebut dipakai untuk menghitung Maximum Allowable Working Pressure (p). Hasil perhitungan dengan metode manual maupun simulasi software tertera pada tabel 3.2 berikut:

Tabel. 3.2. Hasil perancangan head berdasarkan tekanan dalam

Metode	Manual	Software
Tebal plat (t _{cal})	0,1 inch	0,1001 inch
Maximum Allowable Working Pressure (p)	45,95 psi	45,89 psi

Hasil perhitungan manual maupun dengan software memberi hasil yang nyaris sama. Dimana tebal plat yang dibutuhkan (0,1 inch) nilainya lebih kecil dari tebal plat yang dipilih (0,24 inch). Sedangkan Maximum Allowable Working Pressure nilainya (45,95 psi) lebih besar dari tekanan internal desain (19,1 psi) sehingga desain tersebut aman.

3.1.2 Berdasarkan Tekanan Luar

A. Shell

Pada bagian ini digunakan tekanan desain eksternal (P) sebesar 14,7 psi sesuai dengan kondisi operasi pada tekanan ruang terbuka. Rasio $D0/t = 70,86/0,24 = 295,25$ dengan kedalaman head (h) yaitu sebesar $h = D0/4 = 70,86/4 = 17,715$ inch. Untuk harga $L=110,23$ maka rasio

$L/D0 = 110,23/70,86 = 1,56$. Rasio $L/D0$ digunakan dalam menentukan harga Faktor A dan B dengan menggunakan grafik G dan H-1 pada ASME section II part D. Dimana harga faktor A yang didapat yaitu 0,00015 dan faktor B 2100 untuk modulus elastisitas material sebesar 28 106. Pada bagian shell tekanan ijin eksternal maksimum yang terjadi tertera pada tabel 3.3.

Tabel. 3.3. Hasil perancangan shell berdasarkan tekanan luar

Metode	Manual	Softwere
Maximum Allowable Working Pressure (Faktor A)	9,48 psi	
Maximum Allowable Working Pressure (Faktor B)	9,48 psi	10,839 psi

Hasil perhitungan manual maupun dengan softwere PV elite memberi kan hasil yang tidak jauh berbeda. Yaitu 9,48 psi untuk cara manual dan 10,84 psi dengan softwere PV elite. Hal itu terjadi akibat niali faktor A maupun faktor B yang berbeda. Akan tetapi hasil yang ada memberikan nilai yang lebih rendah dari tekanan eksternal desain yaitu 14,7 psi. Sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang dengan menambah stiffening rings.

Penambahan stiffening rings dilakukan dengan cara meletaknya tepat pada bagian tengah shell. Sehingga rasio $L/D0$ berubah menjadi $L/D0 = 55,12/70,86 = 0,78$. Maka nilai faktor A berubah menjadi 0,00032 dan faktor B menjadi 4600. Sehingga tekanan ijin eksternal maksimum yang terjadi tertera pada tabel 3.4.

Tabel. 3.3. Hasil perancangan shell berdasarkan tekanan luar

Metode	Manual	Softwere
Maximum Allowable Working Pressure (Faktor A)	20,23 psi	
Maximum Allowable Working Pressure (Faktor B)	20,77 psi	22,29 psi

Hasil dari perhitungan dengan faktor A dan B secara manual dan softwere semuanya memberi nilai yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut dinilai tidak masalah karena rentang perbedaanya kecil. Selanjutnya dipilih yang nilainya paling kecil yaitu 20,23 psi. Dimana tekanan ijin eksternal tersebut lebih besar dari tekanan eksternal desain.

B. Head

Perhitungan pada bagian head akibat tekanan eksternal juga menggunakan harga faktor A dan faktor B. Akan tetapi pada bagian ini harga faktor A didapat dengan formula sesuai ASME VIII divisi 1 sedang faktor B diperoleh dari grafik CS-2 ASME section II part D. Dengan nilai faktor sebesar A 0,00047 dan faktor B sebesar 6000 didapat nilai Maximum Allowable External Pressure pada bagian head seperti tabel 3.4.

Tabel. 3.4. Hasil perancangan head berdasarkan tekanan luar

Metode	Manual	Softwere
Maximum Allowable Working Pressure	20,32 psi	19,94 psi

Maximum Allowable Working Pressure 20,32 psi 19,94 psi Maximum Allowable Working Pressure kedua metode memberikan nilai diatas tekanan eksternal desain 14,7 psi. Sehingga tebal plat head dipilih yaitu 0,24 dinilai aman.

3.2 Perhitungan Nozel

Ukuran nozel yang dipakai seperti ukuran pipa $\frac{3}{4}$ schedule 160 dengan material SA182 F304. Mengacu pada ukuran tersebut maka tebal dinding nozel yang tersedia yaitu 0,218 inch dengan diameter dalam nozel 0,614 inch. Sedangkan perhitungan tebal dinding nozel yang dibutuhkan baik secara manual maupun softwere memberikan hasil 0,04 inch. Artinya nozel dengan ukuran pipa $\frac{3}{4}$ sch 160 dapat digunakan karena tebal dindingnya lebih besar dari tebal dinding nozel yang dibutuhkan.

Selain ketebalan dinding nozel, luas reinforcement juga harus diperhitungkan dalam perancangan nozel. Dari data perancangan awal yang telah ditentukan, didapat hasil perhitungan luas reinforcement minimal yang dibutuhkan sebesar 0,448 inch². Sedangkan luas reinforcement yang tersedia harus dihitung masing-masing bagian dari luas reinforcement yang ada. Secara garis besar luas reinforcement tersebut dibagi menjadi 3 bagian yaitu kelebihan shell, kelebihan nozel dan luas las sisi luar.

Pada bagian kelebihan shell hanya terdapat satu komponen luas yaitu A1, dimana pada perhitungan ini didapatkan luasan A1 sebesar 0,153 inch². Untuk bagian kelebihan nozel dibagi menjadi 2 komponen luas. Komponen yang pertama yaitu kelebihan nozel proyeksi keluar (A2), satunya lagi adalah kelebihan nozel proyeksi kedalam (A3). Hasil perhitungan pada bagian kelebihan nozel memberikan nilai A2 sebesar 0,194 inch², sedangkan untuk A3 sebesar 0,238 inch². Perhitungan luas reinforcement pada bagian las sisi luar memberikan hasil A41 sebesar 0,14 inch². Semua hasil perhitungan A1, A2, A3 dan A41 dijumlahkan seluruhnya untuk mendapatkan total luasan reinforcement yang tersedia (Aa). Dimana hasil penjumlahan tersebut adalah sebesar 0,725 inch².

Luas reinforcements yang dibutuhkan (A) dengan reinforcements yang tersedia (Aa) harus dibandingkan. Berdasarkan perhitungan diatas reinforcements yang tersedia (Aa) memiliki nilai 0,689 inch², dimana nilai ini lebih besar dari nilai reinforcements yang dibutuhkan yaitu 0,0448 inch². Sehingga tidak diperlukan reinforcements tambahan.

3.3 Perhitungan Ketahanan Kaca

Jenis hyperbaric chamber yang didesain pada penelitian ini adalah monoplace, dimana pada bagian tertentu cahmber utama (shell) diganti dengan material kaca Al2O3. Pada suhu ruang

770 F tegangan ijin maksimum material kaca ini sebesar 45000 psi. Hasil perhitungan tebal minimum kaca dan Maximum Allowable Working Pressure untuk tebal kaca dipilih 0,25 inch tertera pada tabel 3.5.

Tabel. 3.5. Hasil perancangan kaca berdasarkan tekanan dalam

Metode	Manual	Software
Tebal plat (t_{cal})	0,015 inch	0,015 inch
Maximum Allowable Working Pressure (p)	318,43 psi	318,43 psi

Baik perhitungan secara manual maupun software memberikan nilai yang sama besar, sehingga hasil perhitungan software tersebut dianggap valid. Tebal plat kaca yang dipilih 0,25 inch jauh lebih besar dari tebal kaca minimum hasil perhitungan sehingga desain tersebut aman.

3.3 Perhitungan Beban

Pressure Vessel yang dirancang harus dapat mengakomodasi beban berat yang ada. Dimana pada rancangan ini dipertimbangkan berat orang sebesar 440,92 lbs, berat Kasur 590,52 lbs dan *carbonsteel* 0,19 lbs/inch. Total dari beban berat tersebut adalah sebesar 10,67 lbs/inch. Selain beban berat perlu dihitung juga panjang lengan momen dan momen terbesar, berturut-turut memberikan hasil sebesar 525,07 lbs dan 12920,51 inch-lbs

3.4 Perhitungan Stiffening Rings

Guna memperkuat bagian *shell* akibat tekanan eksternal maka diberi *stiffening rings* pada bagian tengah silinder. Adapun material yang dipakai adalah SA-182 F304 dengan tebal yang direncanakan adalah 0,24 inch. Perhitungan momen inersia yang dibutuhkan (I_s) memberikan hasil sebesar 0,617 Inch⁴. Sedangkan data perancangan awal *stiffening ring* mempunyai nilai moment Inersia (I) sebesar atau 1,738 Inch⁴. Nilai momen inersia yang dibutuhkan (I_s) tersebut lebih kecil daripada nilai moment Inersia yang terjadi (I) maka data perancangan awal tersebut dapat diterima (approved).

4. KESIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Perhitungan secara manual maupun dengan software PV elite memberikan hasil yang hampir sama sehingga dianggap valid.
2. Tebal plat sesuai perancangan awal 0,24 inch dengan material SA-182 F3014 pada bagian shell dan head dinilai aman atau boleh diaplikasikan untuk melawan tekanan internal desain 19,1 psi.
3. Untuk melawan tekanan eksternal tebal plat dipilih telah aman atau boleh diaplikasikan pada bagian head. Sedangkan pada bagian shell harus diperkuat dengan stiffening ring yang diletakkan pada bagian tengah shell

4. Pemilihan nozel dengan menggunakan ukuran pipa $\frac{3}{4}$ inch schedule 160 dengan material SA-182 F3014, tebal dinding nozel yang diperoleh dinilai aman atau boleh diaplikasikan. Dan luasan reinforcement yang tersedia telah cukup atau tidak perlu reinforcement tambahan.
5. Tebal kaca yang dipilih yaitu 0,25 inch dengan material Al₂O₃ dinilai aman untuk mengcover tekanan internal desain.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Bapak George Endri Kusuma, ST., M.Sc.Eng, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
3. Bapak Bapak Budi Prasodjo, ST., MT, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
4. Senior dan teman-teman teknik perpipaan yang mau berbagi pengalaman dan dukungan dalam pengerjaan jurnal tugas akhir.

6. PUSTAKA

- [1] Anonim, 2012. *Kemitraan Pemerintah dan Swasta Dalam Pengendalian Diabetes Melitus di Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- [2] Anonim, 2009. *Tahun 2030 Prevalensi Diabetes Melitus di Indonesia Mencapai 21,3 Juta Orang*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- [3] Fitriyani, 2012. *Faktor Risiko Diabetes Melitus Tipe 2 di Puskesmas Kecamatan Pulo Merak, Kota Cilegon*. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.
- [4] Huda, N. T., 2010. *Pengaruh Hiperbarik Oksigen terhadap Perfusi Perifer Luka Gangren pada penderita Diabetes Melitus di RS AL. Dr. RAMELAN Surabaya*. Balai Penerbit FK-UI Depok.
- [5] Mali, A., Bhosale, H., Bedi, D. S. dan Modasar, A., 2017. *Design of Vertical Pressure Vessel using PV Elite software*. International Research Journal of Engineering and Technology, 4(5):2147-2153