

Analisis Kekuatan Material Air Receiver Drum Berdasarkan ASME Section VIII Division I

*Eflita Yohana, Andre Fiky Maulana

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: efnan2003@gmail.com

Abstract

The development of manufacturing industry and the use of pneumatic tools, pressure vessel became a staple that can not be separated. To fulfill the needs of the vessel, then the design of the international standard is needed so that it will have a good level of security. Pressure vessel is a container that serves to keep the fluid under pressure from internal or external as well as able to withstand various loads. In the design of the pressure vessel, it takes the normal operating condition is used as a reference to determine the condition of the design. Based on design conditions, minimum thickness of shell and head for the material A283 Grade C, A285 Grade C, and A36 can be calculated and can selecting the material to be used. ASME Boiler Pressure Vessel Code & Section VIII Division I is an international standard which used to design pressure vessel. UG-27 is used to design shell under internal pressure and UG-32 is used to design head under internal pressure. As for the material selection based on minimum thickness and weldability of the materials. Result of the calculation obtained the thickness of the shell for material A283 Grade C, A285 Grade C, and A36 each 14.5 mm, 14.5 mm, and 13.85 mm. The thickness of the head for material A283 Grade C, A285 Grade C, and A36 respectively 13.6 mm, 13.6 mm, and 12.9 mm. From the calculation of the MAWP. The results stated that MAWP all material is greater than the design pressure. A36 is material which used for the shell and head pressure vessel because it has the most minimum carbon equivalen values compared to the material A283 Grade C and A285 Grade C making it easier in the process of welding.

Keywords: pressure vessel, ASME Section VIII, shell, head, MAWP

Abstrak

Perkembangan industri manufaktur dan penggunaan alat-alat pneumatik, bejana tekan menjadi kebutuhan pokok yang tidak bisa dipisahkan. Untuk memenuhi kebutuhan perusahaan akan bejana tekan maka diperlukan perancangan yang berstandar internasional sehingga akan memiliki tingkat keamanan yang baik dan diakui dunia internasional. Bejana tekan adalah suatu wadah yang berfungsi untuk menyimpan fluida di bawah tekanan internal atau eksternal serta mampu menahan berbagai beban lainnya. Dalam perancangan tangki bejana tekan, dibutuhkan kondisi normal operasi yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan kondisi desain. Berdasarkan kondisi desain, tebal minimum *shell* dan *head* untuk material A283 Grade C, A285 Grade C, dan A36 dapat dihitung serta dapat ditentukan material yang paling efektif untuk digunakan. ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section VIII Division I merupakan standar internasional yang digunakan dalam mendesain bejana tekan. UG-27 digunakan untuk mendesain *shell* berdasarkan tekanan internal dan UG-32 digunakan untuk mendesain *head* berdasarkan tekanan internal. Sedangkan untuk pemilihan material berdasarkan ketebalan minimum dan sifat mampu las dari material. Dari hasil perhitungan diperoleh tebal *shell* untuk material A283 Grade C, A285 Grade C, dan A36 masing-masing 14,5 mm, 14,5 mm, dan 13,85 mm. Sedangkan tebal *head* untuk material A283 Grade C, A285 Grade C, dan A36 masing-masing 13,6 mm, 13,6 mm, dan 12,9 mm. Dari perhitungan MAWP dinyatakan bahwa nilai MAWP semua material lebih besar dari tekanan desain sehingga aman untuk digunakan. A36 merupakan material yang digunakan untuk *shell* dan *head* karena memiliki nilai kadar karbon ekuivalen yang paling kecil dibanding material A283 Grade C dan A285 Grade C lebih mudah dalam proses pengelasan.

Kata kunci: bejana tekan, ASME Section VIII, *shell*, *head*, MAWP

1. Pendahuluan

Perkembangan zaman yang semakin maju oleh ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut manusia pada zaman ini harus semakin aktif menggunakan produk-produk hasil teknologi. Dalam dunia industri terutama dalam bidang fluida bertekanan, pengolahannya membutuhkan perhatian lebih dari peran alat didalamnya karena fluida merupakan senyawa yang kompleks. Salah satu peralatan yang dapat menunjang kegiatan produksi adalah bejana bertekanan (*pressure vessel*). Aplikasi dari bejana bertekanan bisa berupa tangki udara, tangki bahan bakar gas, tangki bahan-bahan kimia

baik gas maupun cair, dan tabung hampa udara. Untuk memenuhi kebutuhan perusahaan akan bejana tekan maka diperlukan perancangan yang berstandar internasional sehingga akan memiliki tingkat keamanan yang baik [1].

Bejana tekan (*pressure vessel*) merupakan tangki yang digunakan untuk penyimpanan fluida [2]. Biasanya fluida yang disimpan dalam bejana tekan adalah fluida yang memiliki karakteristik maupun perlakuan khusus, misalnya fluida bertekanan, fluida dalam temperatur rendah maupun temperatur tinggi dan lain-lain [3].

Bejana tekan memiliki tekanan pada bagian internal akibat tingginya suhu sehingga ada perbedaan tekanan antara internal dengan eksternal bejana sehingga menyebabkan terjadinya tegangan pada bejana. Tegangan yang timbul akibat beban-beban yang ditanggung bejana menjadi sebuah pertimbangan yang penting pada saat merancang bejana tekan [4].

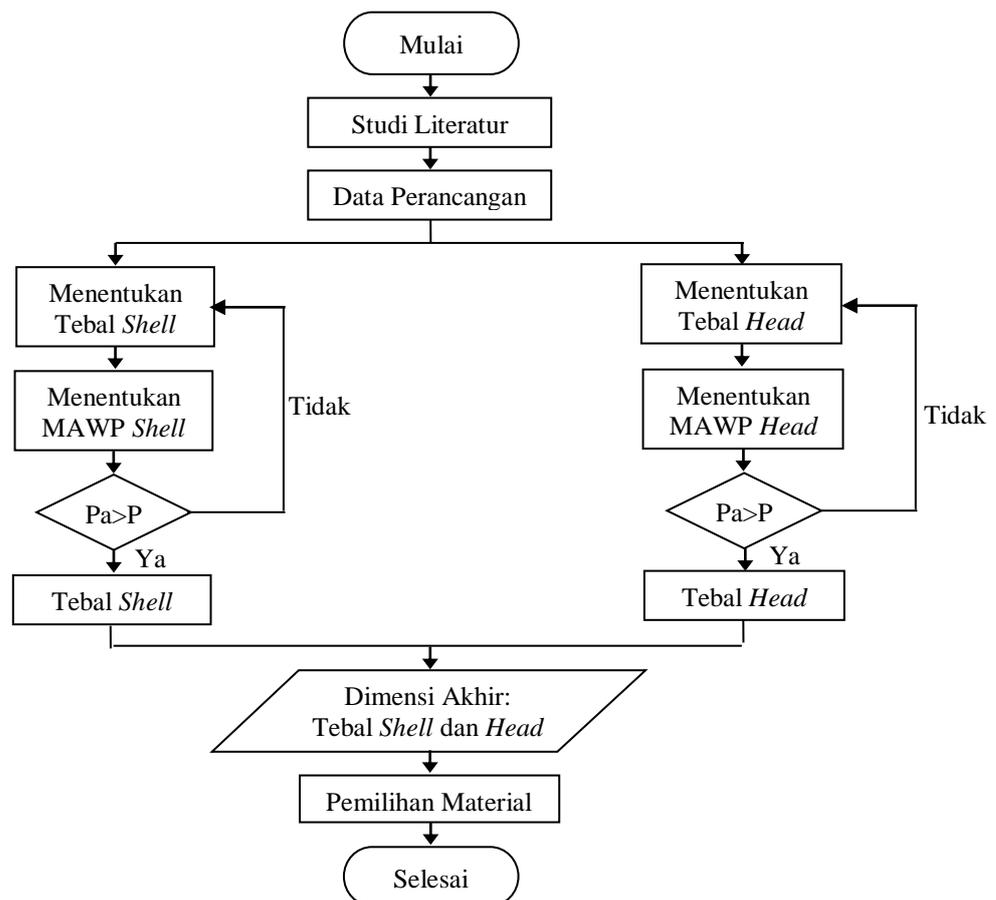
Dalam penelitiannya, Suratno menyatakan bahwa tekanan internal yang terjadi terutama pada bagian dinding bejana dapat ditahan apabila memiliki ketebalan yang cukup [5]. Maka dari itu, ketebalan *shell* dan *head* bejana tekan tidak boleh kurang dari ketebalan minimum hasil perhitungan. Ketebalan *shell* dan *head* dapat dihitung pada kondisi desain.

Selain tebal minimum, pemilihan material menjadi salah satu hal yang penting dalam perancangan bejana tekan. Saptono menyatakan bahwa pemilihan material adalah tahapan penting dalam pengembangan produk dan pembuatan komponen *engineering* [6]. Melalui perhitungan tebal minimum dan nilai karbon ekuivalen untuk beberapa jenis material, maka material yang paling efektif digunakan untuk bejana tekan dapat ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung tebal minimum dan menentukan material yang paling efektif digunakan untuk *shell* dan *head* bejana tekan. Dalam perhitungannya menggunakan ASME *Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division I*.

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir

Adapun langkah pertama dalam perancangan bejana tekan adalah melakukan studi literatur dengan mencari referensi yang berkaitan dengan perhitungan bejana tekan. Selanjutnya mencari data-data perancangan yang akan digunakan untuk menghitung ketebalan *shell* dan *head* minimum. Perhitungan tebal *shell* dan *head* menggunakan standar ASME *Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division I*. Setelah menghitung tebal minimum, selanjutnya menghitung nilai MAWP *shell* dan *head*. MAWP adalah besarnya tekanan kerja maksimal yang diijinkan pada bejana tekan yang dihitung menggunakan tebal tanpa kondisi korosi. Apabila nilai MAWP lebih besar dari tekanan desain, maka langkah selanjutnya adalah memilih material. Dalam memilih material, parameter yang digunakan adalah nilai karbon ekuivalen pada material tersebut.



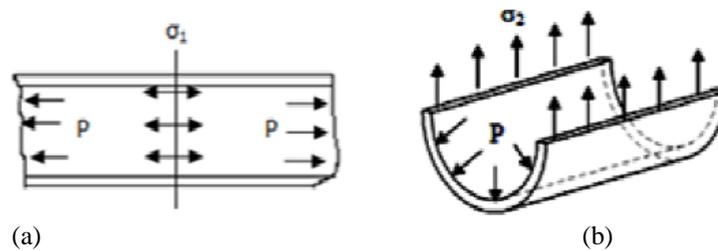
Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

2.2 Perhitungan yang Digunakan

2.2.1 Shell

Standar ASME *Section VIII Div. I Part UG-27* untuk desain dengan tekanan internal digunakan dalam menghitung ketebalan *shell* minimum yang dibutuhkan dan MAWP (*Maximum Allowable Working Pressure*) bejana tekan. *Part UG-27* menyatakan bahwa ketebalan *shell* di bawah tekanan internal harus tidak boleh kurang dari ketebalan hasil perhitungan dengan persamaan yang telah ditentukan [7].

Dalam perhitungan tebal minimum *shell*, ada 2 jenis metodr yang digunakan yaitu untuk *longitudinal stress* dan *circumferential stress*. *Longitudinal stress* adalah tegangan searah akibat pengelasan *shell* melingkar. Sedangkan *Circumferential stress* adalah tegangan melingkar akibat pengelasan *shell* yang searah. *Longitudinal stress* dan *circumferential stress* ditunjukkan pada Gambar 2a dan 2b.



Gambar 2. (a) *Longitudinal stress* [8] (b) *Circumferential stress* [8]

Untuk menghitung tebal *shell* minimum menggunakan persamaan 1 untuk *longitudinal stress* dan persamaan 2 untuk *circumferential stress*.

$$t = \frac{PR_i}{2SE + 0,4P} \quad (1)$$

$$t = \frac{PR_i}{SE - 0,6P} \quad (2)$$

Sedangkan nilai MAWP *shell* dapat dicari menggunakan persamaan 3 untuk *longitudinal stress* dan persamaan 4 untuk *circumferential stress*.

$$P_a = \frac{2SEt_{corr}}{R_{i,corr} - 0,4t_{corr}} \quad (3)$$

$$P_a = \frac{SEt_{corr}}{R_{i,corr} + 0,6t_{corr}} \quad (4)$$

2.2.2 Head

Dalam merancang *head*, standar yang digunakan adalah ASME *Section VIII Div. I Part UG-32* untuk desain dengan tekanan internal. Desain *head* berdasarkan standar ASME UG-32 yang menyatakan bahwa ketebalan *head* yang dibutuhkan pada titik paling tipis setelah proses pembentukan harus dihitung berdasarkan persamaan yang telah ditentukan [7]. Desain *head* yang dipakai adalah jenis *ellipsoidal head*.

Untuk menghitung tebal *head* minimum menggunakan persamaan 5, sedangkan nilai MAWP dapat dicari menggunakan persamaan 6.

$$t = \frac{PD,K}{2SE - 0,2P} \quad (5)$$

$$P_a = \frac{2SEt_{corr}}{KD_{i,corr} + 0,2t_{corr}} \quad (6)$$

2.2.3 Karbon Ekuivalen

Dalam pengelasan, karbon ekuivalen (CA) digunakan untuk memahami bagaimana unsur-unsur paduan yang berbeda memengaruhi kekerasan baja yang dilas. Hal ini berhubungan dengan *hydrogen embrittlement*, yang merupakan cacat las yang paling umum untuk baja, dengan demikian hal ini paling sering digunakan untuk menentukan

weldability. Semakin tinggi konsentrasi karbon dan elemen paduan lain seperti mangan, kromium, silikon, molibdenum, vanadium, tembaga, dan nikel semakin cenderung untuk meningkatkan kekerasan dan menurunkan weldability [9]. Menurut American Welding Society (AWS) perhitungan karbon ekuivalen (CE) dirumuskan menurut persamaan 7.

$$CE = C + \frac{(Mn+Si)}{6} + \frac{(Cr+Mo+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \quad (7)$$

2.3 Data Perancangan

Berikut adalah data-data yang digunakan untuk menghitung nilai ketebalan shell dan head.

Tabel 1. Data perancangan

Parameter	Nilai
Jenis bejana tekan	Vertikal
Tekanan desain	1,2 Mpa (1200 Kpa)
Temperatur desain	52 °C (125,6 °F)
Diameter dalam bejana	1900 mm
Panjang bejana total	4600 mm
Panjang silinder bejana	3600 mm
Faktor korosi	2 mm
Tipe head	Ellipsoidal head
Tipe radiografi	Spot
Efisiensi sambungan	0,85 (Tipe 1 Kategori A dan B)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Tebal Shell dan Head

Berdasarkan perhitungan sesuai standar yang telah dilakukan, maka diperoleh tebal shell dan head untuk setiap material yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Tebal shell dan head

Material	Tebal Shell		Tebal Head
	Longitudinal	Circumferential	
A283 Grade C	6,2 mm	12,5 mm	11,6 mm
A285 Grade C	6,2 mm	12,5 mm	11,6 mm
A36	5,7 mm	11,85 mm	10,9 mm

Untuk selanjutnya, tebal shell yang dipilih adalah tebal shell dengan perhitungan circumferential. Semua tebal yang telah dihitung kemudian ditambah dengan nilai faktor korosi sebesar 2 mm. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Tebal shell dan head dengan faktor korosi

Material	Tebal Shell	Tebal Head
A283 Grade C	14,5 mm	13,6 mm
A285 Grade C	14,5 mm	13,6 mm
A36	13,85 mm	12,9 mm

3.2 Perhitungan MAWP Shell dan Head

Berdasarkan perhitungan sesuai standar yang telah dilakukan, maka diperoleh MAWP shell dan head untuk setiap material yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. MAWP shell dan head

Material	MAWP Shell	MAWP Head
A283 Grade C	1248 Kpa	1342 Kpa
A285 Grade C	1248 Kpa	1342 Kpa
A36	1317 Kpa	1417 Kpa

Dari hasil perhitungan MAWP shell dan head untuk setiap material, dapat disimpulkan bahwa semua material dapat digunakan untuk shell dan head dengan syarat tebal material yang akan digunakan pada bejana tekan tidak boleh kurang dari tebal minimum material berdasarkan perhitungan.

3.3 Perbandingan Material

Dari perhitungan tebal *shell* dan *head*, menyatakan bahwa ketiga material memiliki tebal minimum yang lebih kecil dari tebal material yang akan digunakan sebagai material bejana. Dari perhitungan MAWP *shell* dan *head*, menyatakan bahwa nilai MAWP ketiga material lebih besar dari nilai tekanan desain sehingga tebal minimum dari hasil perhitungan *shell* dan *head* masih aman untuk digunakan. Selanjutnya, akan dipilih material yang paling efektif untuk *shell* dan *head* dengan parameter *weldability* (mampu las). Dengan mengetahui persentase unsur yang terkandung dalam material, maka besarnya karbon ekuivalen dapat dicari. Persentase kandungan unsur material dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. Komposisi material [10]

Unsur	Material		
	A283 Gr.C	A285 Gr.C	A36
Karbon (C)	0,24 wt-%	0,28 wt-%	0,25 wt-%
Mangan (Mn)	0,9 wt-%	0,98 wt-%	-
Fosfor (P)	0,035 wt-%	0,035 wt-%	0,04 wt-%
Sulfur (S)	0,04 wt-%	0,035 wt-%	0,05 wt-%
Silikon (Si)	0,4 wt-%	-	0,4 wt-%
Tembaga (Cu)	0,2 wt-%	-	0,2 wt-%

Selanjutnya, dengan persamaan 7 dapat dicari nilai karbon ekuivalen untuk setiap material yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6. Karbon ekuivalen material

Material	Karbon Ekuivalen
A283 Grade C	0,47%
A285 Grade C	0,44%
A36	0,33%

Berdasarkan perhitungan karbon ekuivalen untuk setiap material, diperoleh bahwa material A36 memiliki nilai karbon ekuivalen yang paling kecil dibanding material A283 Grade C dan A285 Grade C. Sehingga, *weldability* material A36 lebih baik dibanding dua material yang lain. Oleh karena itu, material yang akan digunakan dalam perancangan komponen *shell* dan *head* bejana tekan adalah material A36.

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan, didapatkan tebal *shell* untuk material A283 Grade C, A285 Grade C, dan A36 masing-masing adalah 14,5 mm, 14,5 mm, dan 13,85 mm. Sedangkan tebal *head* untuk material A283 Grade C, A285 Grade C, dan A36 masing-masing adalah 13,6 mm, 13,6 mm, dan 12,9 mm. Material yang digunakan untuk *shell* dan *head* bejana tekan adalah A36 karena memiliki nilai karbon ekuivalen yang paling kecil dibanding material A283 Grade C dan A285 Grade C sehingga lebih mudah dalam proses las.

Nomenklatur:

- t = Tebal *shell* atau *head*, mm
- P_a = MAWP *shell* atau *head*, kPa
- P = Tekanan desain internal, kPa
- D_i = Diameter dalam bejana, mm
- t_{corr} = Tebal material yang tersedia dikurangi faktor korosi, mm
- D_{i,corr} = Diameter dalam bejana dikurangi faktor korosi, mm
- R_i = D_i/2, mm
- S = Tegangan ijin maksimum pada temperatur desain, kPa
- E = Efisiensi sambungan las
- K = Faktor antara D_i/2h senilai
$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right]$$

Daftar Pustaka

- [1] Cahyono, E., 2008, Perancangan Bejana Tekan Vertikal Berisi Udara untuk Peralatan Pneumatik Kapasitas 8,25 m³ dengan Tekanan Kerja 5,7 kg/m³, Universitas Sebelas Maret.
- [2] Megyesy, E. F., 2001, Pressure Vessel Handbook 12th edition, Oklahoma, Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc.
- [3] Aziz, A., Hamid, A., & Hidayat, I., 2014, Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Separasi 3 Fasa, Sinergi, Vol.18, No.1, 31-38.
- [4] Satrijo, D., & Habsya, S. A., 2012, Perancangan dan Analisa Bejana Tegangan pada Bejana Tekan Horizontal dengan Metode Elemen Hingga, Rotasi, Vol. 14, No. 3, 32-40.
- [5] Suratno, 2009, Analisa Tegangan pada Ketel Uap Pabrik Tahu Berdasarkan Standar Megyesy dengan Bantuan Software Catia, Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] Saptono, R., 2003, The Selection of Materials for Roller Chains from the Prespective of Manufacturing Process, Makara Teknologi, Vol. 7, No. 3.
- [7] The American Society of Mechanical Engineers, 2001, ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section VIII Division I (Part UG), New York, ASME.
- [8] Rodiawati, M., Risano, A. Y., & Su'udi, A., 2013, Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dengan Variabel Kapasitas Produksi 10.000 ton/bulan, FEMA, Vol. 1, 36-41.
- [9] Rananggono, D., Mulyadi, Y., & Winarno, G. D, 2010, Studi Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan SMAW dengan Variasi Preheat dan Postheat Menggunakan Metode Pendinginan Cepat dan Pendinginan Lambat, Jurnal Tugas Akhir ITS, 1-9.
- [10] The American Society of Mechanical Engineers, 2015, ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section II Part D, New York, ASME.