

## ANALISA STIFFENER RING DAN KONSTRUKSI VESSEL HP FLARE KO DRUM PADA PROYEK PUPUK KALTIM-5 MENGGUNAKAN SOFTWARE COMPRESS 6258

**Fadhlika Ridha**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email: fadhlika.fr@gmail.com

**Abstrak** - Pada proses pembuatan pupuk di PKT-5, berbagai gas limbah berbahaya dimusnahkan dengan cara membakarnya melalui *Flare*, sebelum terbakar di *Flare* gas-gas tersebut dialirkan dan ditampung pada sebuah *Vessel* bertekanan atau biasa disebut *Vessel High Pressure Flare Knock Out Drum*. Dalam perancangan konstruksinya perlu dilakukan analisis sehingga desain dari *vessel* tersebut sesuai dengan yang diharapkan dan aman untuk dioperasikan. Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan desain dari *Vessel KO Drum* menggunakan perhitungan manual sesuai 2007 ASME BPVC Section VIII Division 1 dan *Software Compress 6258*. Perhitungan dilakukan pada desain head, shell, saddle, nozzle, *stiffener ring* secara manual dan menggunakan *software* untuk mengetahui tegangan-tegangan yang terjadi. Selanjutnya dari kedua metode tersebut akan dibandingkan hasil perhitungan manual & *software*.

**Kata Kunci** : *Vessel*, Pressure, Stress, Flare, *Software*, Nozzle, *Stiffener ring*, Head, Saddle, Shell.

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dimana perekonomiannya banyak ditunjang dari sektor pertanian dan perkebunan. Perkembangan dari sektor tersebut akan meningkat dan berkembang jika ditunjang dengan tersedianya pupuk yang berkualitas. Untuk mencapai hal tersebut PT. Pupuk Kalimantan Timur kembali membangun sebuah site pabrik dengan nama PKT-5 (Pupuk KALTIM-5) guna menggantikan eksistensi dari unit pabrik KALTIM-1 yang kemungkinan akan ditutup karena sudah tua dan kurang efisien. Untuk mendukung operasional Kaltim-5, Pupuk Kaltim juga akan membangun pabrik amoniak berkapasitas sekitar 600.000 ton per tahun.

Pembuatan pupuk di pabrik PKT-5 ini terdiri dari berbagai macam proses reaksi kimia, sehingga menghasilkan pupuk dan juga berbagai macam gas berbahaya yang harus dimusnahkan sehingga tidak membahayakan lingkungan.

Gas berbahaya tersebut dimusnahkan dengan cara membakarnya melalui *Flare*, sebelum terbakar di *Flare* gas-gas tersebut dialirkan dan ditampung pada sebuah *Vessel* bertekanan tinggi atau biasa disebut *Vessel High Pressure Flare Knock out Drum*.

Kalau berbicara mengenai bejana bertekanan, pasti melibatkan tekanan (*Pressure*), baik itu *internal pressure* maupun *eksternal pressure*. Sehingga dibutuhkan ketelitian dalam merancang untuk mengatasi *pressure* tersebut. Ada beberapa macam contoh dari bejana tekan tersebut, misalnya : *Vessel (Separator)*, *Heat Exchanger*, *Filter*, *Column*, *Air Cooler*, dan *Storage Tank*. Dimana masing-masing dari bejana

tekan tersebut tentu memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda-beda.

Dalam tugas akhir ini penulis akan membahas mengenai *Vessel High Pressure Flare Knock out Drum* yang digunakan pada Proyek PKT-5. *HP Flare KO drums* sendiri didesain untuk menangani kapasitas dari *Flare system* dan menampung Liquid yang dikeluarkan oleh *safety valve* karena tekanan berlebih dan dalam keadaan darurat. Dalam perancangan sistem dan konstruksinya perlu dilakukan analisis sehingga sistem dan konstruksi dari *vessel* tersebut sesuai dengan yang diharapkan dan aman untuk dioperasikan.

Seperti umumnya bahwa *Vessel* merupakan salah satu bejana bertekanan yang terdiri dari *Head* dan *Shell*. Ada dua macam *Vessel* yaitu *Horizontal Vessel* dan *Vertical Vessel*. Perbedaannya terletak pada penumpunya, dimana *horizontal Vessel* ditumpu oleh yang namanya *Saddle*, sedangkan pada *vertical Vessel* ditumpu oleh *leg*. Namun dalam analisa ini akan dibahas juga tentang kebutuhan penggunaan *stiffener ring*. Merancang *Vessel* ini tidak boleh sembarangan karena sudah diatur di dalam ASME *Section VIII*. Dalam era globalisasi ini sangat diperlukan metode untuk merancang atau mendesain suatu *Vessel* dengan cepat dan mudah, sehingga tidak perlu menghitung secara manual karena sangat membutuhkan waktu yang relatif lebih lama. Oleh karena itu selain menggunakan perhitungan secara manual penulis juga menggunakan perangkat lunak (*Software*) guna mempercepat dan mempermudah dalam proses perancangan *Vessel* tersebut. Salah satu *software* yang akan penulis gunakan disini adalah *Software Compress 6258*.

Cara penggunaan Software ini sangat sederhana, hanya tinggal memasukkan data yang ada pada *datasheet*, maka software ini akan menghitungnya secara otomatis dan *outputnya* telah disesuaikan dengan ASME Section VIII.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Vessel

*Vessel* merupakan salah satu contoh dari bejana bertekanan (*Pressure Vessel*) yang paling sederhana, hal ini dikarenakan bagian utama dari suatu *Vessel* hanya terdiri dari *head* dan *shell*. Pada industri *Oil and Gas*, *Vessel* berfungsi sebagai alat penampung dan pemisah *fluida*

*Vessel* sendiri ada 2 jenis yaitu: *Horizontal Vessel* dan *Vertical Vessel*. Dimana perbedaan tersebut terletak pada penumpunya.

#### a. Horizontal Vessel

Seperti namanya, maka *Horizontal Vessel* tentunya posisinya horizontal. Perbedaannya dengan *Vertical Vessel*, yaitu *horizontal Vessel* menggunakan *saddle* sebagai alat penumpunya (*support*). Keunggulan *horizontal Vessel* dibanding dengan *vertical Vessel* yaitu *external pressure* yang diterima tidak terlalu besar, tetapi *horizontal Vessel* membutuhkan tempat (*space*) yang luas jika ukuran *Vesselnya* besar karena posisinya yang horizontal.

#### b. Vertical Vessel posisinya vertical (berdiri)

Jika pada *horizontal Vessel* penumpunya adalah *saddle*, maka pada *vertical Vessel* alat penumpunya adalah kaki (*Leg*). Perbandingan maksimum antara panjang kaki dengan diameter *Vessel* biasanya 2:1. Jumlah kaki, ukuran dan detail tambahan tergantung besar beban yang diterima *Vessel* tersebut. Keunggulan *vertical Vessel* dibanding dengan *horizontal Vessel* yaitu *vertical Vessel* tidak perlu membutuhkan tempat (*space*) yang luas, karena posisinya yang vertical (berdiri), tetapi *external pressure* yang diterima cukup besar. Semakin tinggi *Vessel*, maka semakin besar pula *external pressure* yang diterima, misal seperti tekanan angin.

### 2.2 Head

*Head* (kepala) merupakan salah satu komponen utama penyusun suatu *Vessel* yang letaknya dipasang pada kedua ujung dari *shell* sekaligus sebagai penutup *shell* tersebut. Ada beberapa macam *head* yang digunakan dalam proses perancangan sebuah *Vessel*, misalnya : *Sphere and Hemispherical head*, *Ellipsoidal head*, *Torispherical head*, dan *Flat head*. Akan tetapi dalam perancangan sebuah

*Vessel* biasanya banyak menggunakan *ellipsoidal head 2:1*.

Perumusan *thickness* dan *pressure* pada *spherical head* yaitu :

$$t = \frac{PL}{2SE - 0.2P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{L + 0.2t}$$

Dimana :

t = *Thickness required* (inches)

P = *Design Pressure* (Psi)

L = *Inside spherical or crown radius* (inches)

S = *Stress value of material* (Psi)

E = *Joint Efficiency*

### 2.3 Ellipsoidal Head

Perumusan *thickness* dan *pressure* pada *Ellipsoidal head* yaitu:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$$

Dimana

D = *Inside diameter head* (inches)

### 2.4 Shell

Sama seperti dengan *head*, *shell* juga merupakan komponen utama dari sebuah *Vessel*. Pada proses perancangan sebuah *Vessel* yang cukup besar, diperlukan lebih dari satu plat baja yang kemudian disambung dengan cara pengelasan. Lalu setelah itu dilakukan proses pengerolan sehingga terbentuk suatu *shell*.

### 2.5 Nozzle

*Nozzle* merupakan *Inlet*/masukan dan *Outlet*/keluaran suatu *fluida* pada suatu *Vessel*. *Nozzle* biasanya dipasang pada *shell* atau *head*, yang nantinya sebagai tempat sambungan (*connection*) dengan pipa.

### 2.6 Saddle

*Saddle* merupakan alat penumpu (*support*) pada *horizontal Vessel*. *Saddle* sering dipakai pada *horizontal Vessel* karena konstruksinya sederhana dan cukup kuat untuk menahan beban, bahkan untuk *Vessel* yang berukuran sangat besar sekalipun. Sebagian besar *Vessel* horizontal ditumpu oleh dua buah *saddle* dengan sudut kontak 120°.

### 2.7 Reinforcement pad

*Reinforcement pad* merupakan penguat yang dilekatkan di sekeliling *nozzle* dan di atas *shell* atau *head*, sebagai kompensasi atas

daerah yang hilang karena adanya lubang yang dipakai untuk penyambungan suatu *nozzle*.

### 2.8 Lifting Lug

*Lifting lug* adalah bagian dari *Vessel* yang berfungsi sebagai tempat untuk mengaitkan alat pemindah yang biasanya berupa *crane*. Perhitungan *lifting lug* didasarkan pada 3 macam kekuatan yaitu : kekuatan lubang *lug*, kekuatan kaki *lug*, dan kekuatan las *lug*. *Lifting lug* harus dapat menahan berat vesel dalam keadaan kosong ditambah dengan berat *saddle*.

### 2.9 Software Compress 6258

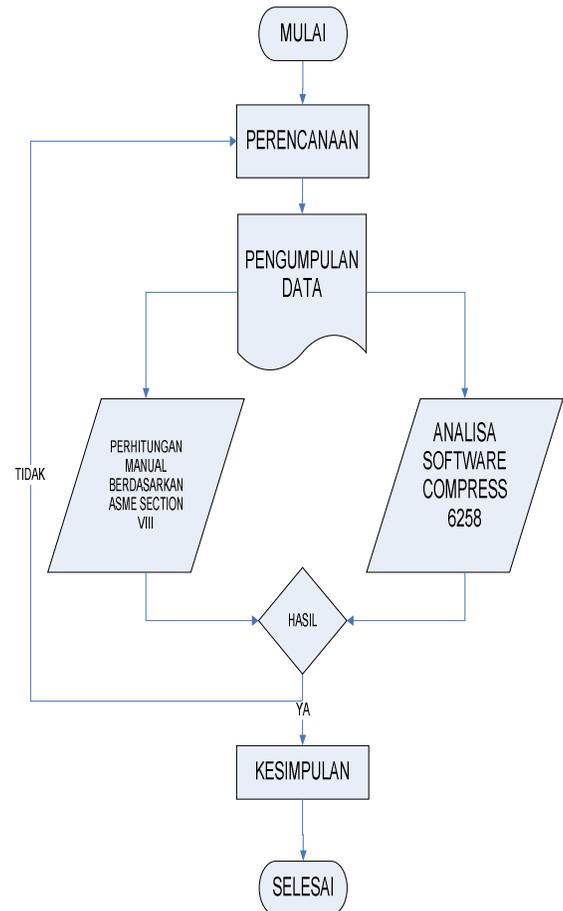
Software Compress 6258 merupakan software khusus yang dapat digunakan untuk proses merancang dan menganalisa *Pressure Vessel*, seperti : *Vessel*, *Heat Exchanger*, *Filter*, dan *Column*. *Input data* yang akan dimasukkan ke dalam software ini berasal dari *datasheet* yang telah dibuat, lalu data tersebut diolah berdasarkan standard ASME 2007 *Section VIII* div. 1 yang telah tersedia dalam software ini. Jadi, pada intinya software ini sangat memudahkan dalam proses menganalisa *pressureVessel*.

### 2.10 Sistem Flare KO Drum

*Knock out Drum Vessel* digunakan untuk memperlambat gas dan memisahkan cairan dari aliran gas. *Knock out drum* dapat diinstal baik di *header* gas limbah ataupun di *flare* itu sendiri. *Knock out Drum* dapat dikonfigurasi baik horisontal, atau vertikal. Ketika horisontal, *knock out drum* yang akan dibangun dengan satu gas *inlet* aliran, dan dua *outlet*, yang kemudian dapat bergabung dengan manifold. Konfigurasi lain yang dapat digunakan adalah salah satu *inlet* dengan *outlet* yang jauh lebih besar. Sebuah *liquid level gauge* atau indikator harus selalu disertakan, karena *vessel* ini harus tetap kering dan bebas dari kelebihan cairan. Dalam pengaturannya vertikal *KO drum* dapat memiliki *inlet* sisi dengan keluaran yang lebih besar yang akan memperlambat gas. Metode lain untuk menggunakan *drum* vertikal adalah dengan menggunakan *inlet* tangensial. Dengan tangensial *KO drum*, gas akan masuk dan berputar di sekitar dinding *vessel*. Selama memutar fluidic gas di sepanjang dinding akan mengikis banyak cairan endapan. Baffle juga digunakan dalam *drum* vertikal untuk menghalangi dan memperlambat gas sebelum keluar. *Drum* ini harus dilengkapi dengan *liquid level gauge* atau indikator sehingga mereka dapat dikeringkan. *Knock out drum*, apakah dipasang di *header* gas limbah atau di dasar *flare* dapat diberikan dengan pilihan berikut: *Vessel* yang berukuran sesuai dengan kebutuhan proses klien. Konstruksi dapat dari

*Carbon Steel*, atau untuk korosif menggunakan *Stainless steel*. Kontrol saluran otomatis dapat dimasukkan untuk mencegah akumulasi cairan pada *seal*. Untuk mengeringkan dan membersihkan *vessel* digunakan 2" *Flanged Drain connection*.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN



## 4. ANALISIS

Thickness Summary

Component Identifier	Material	Diameter (in)	Length (in)	Nominal t (in)	Design t (in)	Joint E	Load
Ellipsoidal Head #1	SA-516 70	177.16 ID	44.68	0.3937*	0.3531	1.0000	Internal
Straight Flange on Ellipsoidal Head #1	SA-516 70	177.16 ID	2.00	0.5625	0.5268	1.0000	External
Cylinder #1	SA-516 70	177.16 ID	395.67	0.5625	0.5268	0.8500	External
Straight Flange on Ellipsoidal Head #2	SA-516 70	177.16 ID	2.00	0.5625	0.5268	1.0000	External
Ellipsoidal Head #2	SA-516 70	177.16 ID	44.68	0.3937*	0.3531	1.0000	Internal

Nominal t: Vessel wall nominal thickness

Design t: Required vessel thickness due to governing loading + corrosion

Joint E: Longitudinal seam joint efficiency

\* Head minimum thickness after forming

Load

internal: Circumferential stress due to internal pressure governs

external: External pressure governs

Wind: Combined longitudinal stress of pressure + weight + wind governs

Seismic: Combined longitudinal stress of pressure + weight + seismic governs

**A. Circumferential Stress (S<sub>4</sub>)**

Stress at the horn of saddle (S<sub>4</sub>)

Karena  $L = 395.67 < 8R = 712$ ,  
 $A(78.74) > R/2(89/2)$ , maka rumus yang digunakan :

$$s_4 = - \frac{Q}{4t_s(b + 1.56\sqrt{Rt_s})} - \frac{12K_6QR}{Lt_s^2}$$

$A/R = 78.74/88.97 = 0.88$  ;  $K_6 = 0.046$  (lihat grafik 2.1.) ;  $b = 33.8$

$$s_4 = - \frac{227984.43}{4 \times 0.47(33.8 + 1.56\sqrt{88.97 \times 0.47})} - \frac{12 \times 0.046 \times 227984.43 \times 88.97}{12 \times 0.47^2 \times 227984.43 \times 88.97}$$

$$s_4 = - \frac{227984.43}{82.5} - \frac{395.67 \times 0.47^2}{11196643.65}$$

$$s_4 = -2763.45 - 128108.05$$

$$s_4 = -130871.5 \text{ psi}$$

S<sub>4</sub> melebihi batas tegangan dari shell material yang dikalikan 1.5 yakni :  $70000 \text{ psi} \times 1.5 = 105000 \text{ psi} < S_4$

**B. Tegangan pada bagian bawah shell (S<sub>5</sub>)**

$$s_5 = - \frac{K_7 \cdot Q}{t_s(b + 1.56\sqrt{Rt_s})}$$

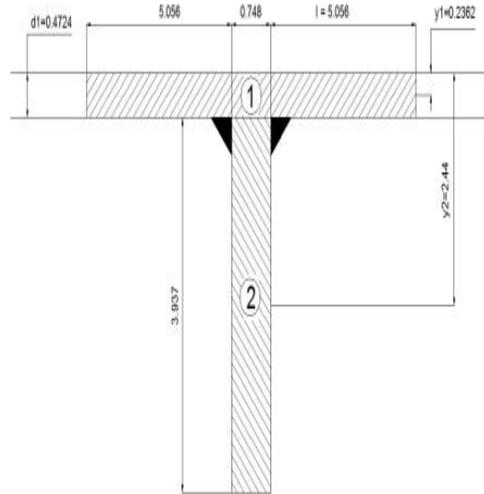
$$s_5 = - \frac{0.47(12.99 + 1.56\sqrt{88.97 \times 0.47})}{173268.17}$$

$$s_5 = - \frac{10.8465}{10.8465}$$

$$s_5 = -15947.57 \text{ psi}$$

S<sub>5</sub> tidak melebihi tekanan pada yield point yang dikalikan dengan 0.5 yakni :  $38000 \times 0.5 = 19000 \text{ psi} > S_5$

Karena tegangan Circumferential lebih besar daripada tegangan shell material yang diijinkan maka pada daerah saddle diberi stiffener atau penguat dengan rumusan sebagai berikut:



$$s_6 = - \frac{0.34 \times 227984.43}{7.67} + \frac{0.053 \times 227984.43 \times 88.97}{1/7.41}$$

$$s_6 = -10106.2 + 7966.04$$

$$s_6 = -2140.16 \text{ psi}$$

- S<sub>6</sub> tidak melebihi tegangan yang diijinkan pada shell material yakni :  $17500 \text{ psi} > S_6$
- S<sub>6</sub> tidak melebihi tegangan pada yield point yang dikalikan dengan 0.5 yakni :  $38000 \times 0.5 = 19000 \text{ psi} > S_6$

Tabel berikut hasil perhitungan tegangan-  
 tegangan yang terjadi pada saddle dengan menggunakan Codeware Compress 6258 :  
 Tabel 4.4. tabel tegangan yang terjadi pada saddle 401-FA

**Notes:**

(1) Saddle calculations are based on the method presented in "Stresses in Large Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports" by L.P. Zick.

Tabel 4.3. Values of Constant, K

Cont act Angl e Θ	12	13	14	15	16	17	18
	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
K <sub>9</sub>	.34	.33	.32	.30	.29	.27	.25
K <sub>10</sub>	.05	.04	.03	.03	.02	.02	.01
	3	5	7	2	6	2	7

**C. Tegangan pada ring diluar shell (S<sub>6</sub>)**

$$s_6 = - \frac{K_9 \cdot Q}{A} + \frac{K_{10} \cdot Q \cdot R}{1/c}$$

$K_9 = 0.34$  ,  $K_{10} = 0.053$  (lihat table 4.1.) ;  
 $c = Ay / A \rightarrow 7.41/7.67 = 0.966$

Mark of Area	Area A	y	a x y
1	5.13	0.2362	1.212
2	2.54	2.44	6.198
TOTAL	A = 7.67	-	AY = 7.41

Load	Vessel condition	Bending + pressure between saddles (psi)				Bending + pressure at the saddle (psi)			
		S <sub>1</sub> (+)	allow (+)	S <sub>1</sub> (-)	allow (-)	S <sub>2</sub> (+)	allow (+)	S <sub>2</sub> (-)	allow (-)
Weight	Operating	6,164	20,000	22	8,755	6,173	20,000	30	8,755
Weight	Test	6,940	34,200	202	8,824	7,030	34,200	287	8,824
Weight	Vacuum	22	20,000	274	8,824	30	20,000	283	8,824

Load	Vessel condition	Tangential shear (psi)	allow	Splitting (psi)	allow	Stiffener ring stress (psi)			
		S <sub>3</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub> (shell)	allow (+/-)	S <sub>7</sub> (ring)	allow (+/-)		
Weight	Operating	79	16,000	202	11,667	13,383	30,000	-2,385	30,000
Weight	Test	753	27,360	2,508	34,200	24,142	34,200	-27,433	34,200
Weight	Vacuum	79	16,000	202	11,667	1,098	30,000	-2,385	30,000

Hasil yang diperoleh dari penggunaan metode software juga menunjukkan bahwa tidak terjadi tegangan yang berlebih pada desain *saddle*. Dengan demikian *saddle* aman menurut metode perhitungan manual dan metode perhitungan software.

## 5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan mengenai konstruksi *VesselKnockoutDrum* dengan menggunakan metode perhitungan manual sesuai dengan *PressureVessel Code Section VIII Rules for Construction of PressureVessel, Division 1* dan metode simulasi menggunakan software Compress 6258, diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Desain *vendor* memenuhi kriteria keamanan desain.
2. Penambahan *stiffener* diperlukan dikarenakan tegangan *circumferential stress* yang terjadi pada *horn saddle* melebihi tegangan yang diijinkan pada material *saddle* tersebut. Selain itu *reinforcement pad* dibutuhkan pada *Nozzle* untuk mengurangi

tegangan berlebih akibat area *opening* pada sisi *shell* yang besar.

## DAFTAR PUSTAKA

1. B.F. Forman, 1981, "*Local Stresses in Vessels – Computer Programs for HP-67 or 97*", Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc., Tulsa, OK.
2. Eugene F, Megyesy, 1986, "*Pressure Vessel Handbook Seventh Edition*", PUBLISHING INC., Tulsa, OK.
3. H.H. Bednar, Pressure Vessel Design Handbook, 1981, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
4. K.K. Mahajan, Design of Process Equipment-2nd Ed. 1985, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc., Tulsa, OK.
5. M.H. Jawad & J.R. Farr, Structural Analysis and Design of Process Equipment, 1984, John Wiley & Sons, New York
6. Tri J, Mulato, 2012, "*Analisa Over Stress Pada Pipa Cooling Water PT.CHEVRON PACIFIC INDONESIA dengan bantuan software CAESAR II*", Universitas Mercubuana, Jakarta.