



Research Article

Perancangan Dan Fabrikasi Gas Separator Untuk Gas Tekanan Tinggi

M Muryanto¹, Trio Nur Wibowo², Daud Subekti³, Cahyo Wibowo⁴

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

^{3,4} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular Jakarta, Indonesia

*Corresponding author: m.muryanto@ump.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 29-05-2023

Revised : 20-01-2024

Accepted : 31-01-2024

Available online: 31-01-2024

Keywords: Gas; Liquid;
Pressure

Kata Kunci: Gas; Cairan;
Tekanan.

ABSTRACT

In fluid flow in the form of natural gas for fuel, gas phase change phenomena occur which are caused by the composition of the gas and the equipment used to distribute the gas from the main gas source to the end user. This phase change results in the gas composition mixing with liquid which must be avoided so as not to disrupt the combustion process. The fluid carried can be condensate, oil and water carried during the distribution process due to changes in temperature and pressure. From this phenomenon, in this design the researcher designed a separation device in the form of a gas separator which aims to separate liquid and gas to produce truly clean gas so that the combustion process is more perfect. The design of the horizontal spars uses the design method with AUTOCAD software, calculations using the site www.pveng.com and experimental tests. From the results of the design and fabrication of the horizontal sparator, material specifications for the sparator wall (shell) and sparator head (head) SA-240- schedule 80 were produced. with a design pressure = 25 MPa and a pressure vessel length dimension (Seamless) = 1000 mm, with a diameter (D) = 50.8 mm with Corrosion Allowance = 3 mm. For visual analysis results, the horizontal separator functions well at a capacity of >200 Sm³/h. Unneeded fluid gets trapped in the separator..

ABSTRAK

Dalam aliran fluida berupa gas alam untuk bahan bakar terjadi fenomena perubahan fasa gas yang diakibatkan oleh komposisi gas maupun peralatan yang digunakan untuk menyalurkan gas dari sumber gas utama sampai ke pengguna akhir. Perubahan fasa tersebut berakibat terhadap komposisi gas bercampur dengan cairan yang harus dihindari agar tidak menyebabkan terganggunya proses pembakaran. Cairan yang terbawa tersebut dapat berupa kondensat, oli dan air yang terbawa selama proses penyaluran akibat perubahan suhu dan tekanan. Dari fenomena tersebut maka dalam perancangan ini

peneliti merancang alat pemisah berupa gas separator yang bertujuan memisahkan antara cairan dan gas untuk menghasilkan gas yang benar-benar bersih agar proses pembakaran lebih sempurna. Perancangan sparator horizontal menggunakan metode disain perancangan dengan software AUTOCAD, perhitungan menggunakan situs www.pveng.com dan uji ekperimental. Dari hasil perancangan dan fabrikasi sparator horizontal menghasilkan spesifikasi material untuk dinding sparator (shell) dan kepala sparator (head) SA-240- schedule 80. dengan desain tekanan = 25 MPa dan mempunyai dimensi panjang bejana tekan (Seamless/Seamless) = 1000 mm, dengan diameter (D) = 50,8 mm dengan Corrosion Allowance = 3 mm Untuk hasil Analisa secara visual dari separator horizontal berfungsi dengan baik pada kapasitas >200 Sm³/h. cairan yang tidak diperlukan terjebak di dalam separator.

1. PENDAHULUAN

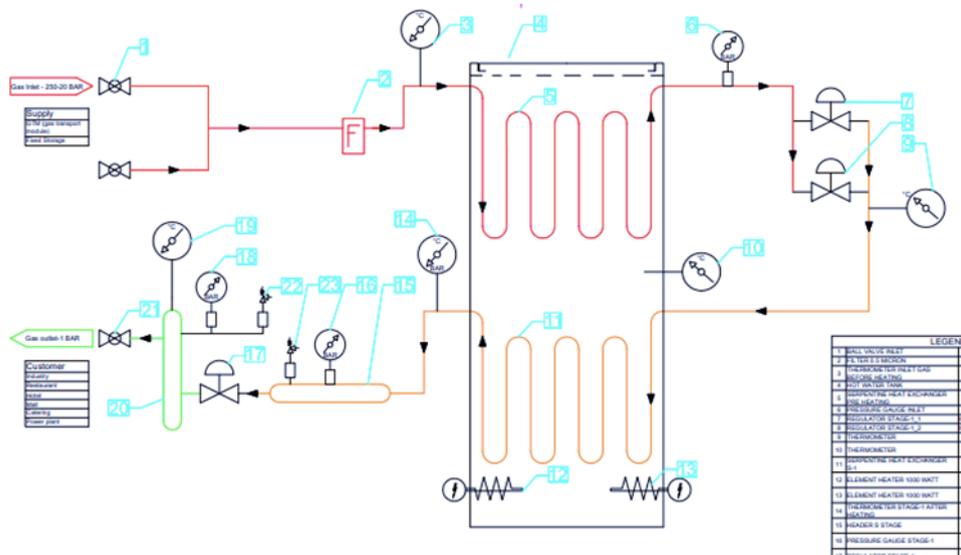
Permasalahan terbawanya cairan ke dalam sistem pembakaran pada peralatan produksi berbahan bakar gas alam merupakan hal yang sangat krusial. Cairan yang terbawa harus dieliminasi semaksimal mungkin untuk menghasilkan proses pembakaran yang sempurna, karena pembakaran yang sempurna akan berdampak positif terhadap kualitas hasil produk yang dihasilkan, efisiensi penggunaan bahan bakar yang tinggi, memperpanjang usia pakai mesin dan menurunkan biaya operasioanla dan pemeliharaan yang pada akhirnya akan menguntungkan bagi pengguna gas. Pada penelitian ini didasarkan atas fakta-fakta di lapangan yang terjadi pada distribusi gas tekana tinggi dalam bentuk *Compressed Natural Gas* (CNG), gas yang dialirkan dari sebelum kompresi, pada saat kompresi , pada saat penyimpanan, dan pada saat dekompresi memiliki fenomena yang hampir sama diakaibatkan oleh komposisi gas, suhu dan tekanan. Sehingga di dalam terjadilah kondensasi kondensasi tersebut menyebabkan adanya cairan-cairan yang terbwa di dalam gas sperti oli, kondensat, dan air. Dikarenakan cairan tersebut sering terbawa dan dapat mngurangi masa pake ataupun mengurangi kemampuan dari peralatan maka peneliti membuat separator pemisah antara gas dengan cairan yang tidak di butuhkan.

Penelitian ini gas yang dilakukan penanganan adalah pada sisi tekahir gas tekanan tinggi sebelum masuk tahapan dekompresi atau proses penurunan tekanan. Sebelum tahapan penurunan tekanan gas dialirkan melalui separator yang berfungsi untuk memisahkan cairan dan gas, cairan akan dibuang karena cairan tersebut tidak diperlukan, sedangkan gas akan dilairkan ke system penurun tekanan atau yang disebut Pressure Reduction System (PRS). Proses pемisan antara gas dan ciran ini desbut sebagai Separataor dengan menggunakan ukuran pipa 2 inchi dengan panjang 1000 mm, dengan posisi tegak lurus atau vertical. Dalam merancang bejana tekan dapat dihitung dengan cara manual (hand calculation) dengan formula dari standar ASME (American Society of Mechanical Engineers), Data yang diambil untuk penulisan ini berdasarkan proyek yang telah dikerjakan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini digunakan metode simulasi dan eksperimen, simulasi yang dilakukan adalah dengan cara analisis perhitungan menggunakan situs www.pveng.com selanjutnya disain menggunakan aplikasi Autocad yang, lalu di lakukan uji coba setelah alat di buat.

Untuk melakukan Langkah awal penelitian maka kita harus tau terlebih dahulu prinsip kerja dari gas CNG yang mana prinsipnya adalah dengan mengubah kecepatan dan arah fluida dari sumur (well), sehingga cairan dan gasnya terpisah karena perbedaan densitas. Fluida yang lebih berat jatuh kebawah dan yang lebih ringan diatas. Faktor yang mempengaruhi terjadinya pemisahan fluida karena adanya perbedaan densitas gas, minyak dan air.



1	BALL VALVE INLET	14	THERMOMETER STAGE-1 AFTER HEATING
2	FILTER 0.5 MICRON	15	HEADER S STAGE
3	THERMOMETER INLET GAS BEFORE HEATING	16	PRESSURE GAUGE STAGE-1
4	HOT WATER TANK	17	REGULATOR STAGE-1
5	SERPENTINE HEAT EXCHANGER PRE HEATING	18	PRESSURE GAUGE STAGE -2 OUTLET
6	PRESSURE GAUGE INLET	19	THERMOMETER STAGE-2 OUTLET
7	REGULATOR STAGE-1_1	20	SEPARATOR OUTLET
8	REGULATOR STAGE-1_2	21	BALL VALVE OUTLET
9	THERMOMETER	22	PRESSURE SAFETY VALVE-2
10	THERMOMETER	23	PRESSURE SAFETY VALVE-1
11	SERPENTINE HEAT EXCHANGER S-1		
12	ELEMENT HEATER 1000 WATT		
13	ELEMENT HEATER 1000 WATT		

Gambar 1. Prinsip Kerja CNG System

Selanjutnya melakukan pengamatan terhadap hasil draining yang dilakukan pada perlatan penurunan tekan pada sisi inlet sebelum masuk ke filter inlet, dari hasil pengamatan yang dilakukan di beberapa tempat menghasilkan jumlah kondensat sebanyak 500 ml selama 24 jam dengan flowrate 150 m³ /h. selain itu penelitian ini menggunakan metode experimental dengan merancang sebuah separator menggunakan pipa diameter 50,8 mm (2 inci) schedule 80 dengan panjang 1000 mm.

Perhitungan Bejana Tekan

Material yang digunakan dalam perancangan bejana tekan ini adalah SA-240-304, Dengan Internal data pressure 250 bar, berikut adalah Perhitungan bejana tekan menurut tabel ASME.

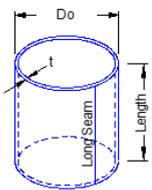
Finite Element Analysis ASME Code Calculations
 Canadian Vessel Registration Vessel Modeling and Drafting

Pipe and Shell Design Tool ver E.4.02 Page: 1 of 1

Straight Pipe and Shell Description

Dimensions:

2.000	Do [in] - outside diameter
0.270	t [in] - nominal wall thickness
40.000	L [in] - length
0.010	Corr [in] - corrosion allowance



Material and Conditions:

SA-240 304	Material
20,000	S [ksi] - allowable stress
0.85	EI - long seam efficiency (circ stress)
0.70	Ec - circ seam efficiency (long stress)
12.5%	UTP [in] - undertolerance allowance
50.0	P [psi] - interior pressure

Calculated Properties:

Volume [cuft] = ((Do/2-t)*2)*pi()*L/1728	(((2/2-0.27)*2)*pi()*40/1728 =	0.04
Weight [lbs] = (Do-t)*pi()*L*t*40.84/144	((2-0.27)*pi()*40*0.27*40.84/144 =	16.65

Variables:

UT [in] = t*UTP	0.27*0.1 =	0.034
nt [in] = t-Corr-UT	0.27-0.01-0.034 =	0.226
Ri [in] = Do/2-nt	2/2-0.226 =	0.774

Required Thickness: UG-27(c)(1,2)

ta [in] = P*Ri/(S*EI-0.6*P)	long seam	50*0.774/(20000*0.85-0.6*50) =	0.002
tb [in] = P*Ri/(2*S*Ec+0.4*P)	circ seam	50*0.774/(2*20000*0.7+0.4*50) =	0.001
Treq [in] = MAX(ta,tb)	required minimum thickness	MAX(0.002,0.001) =	0.002
CheckTreq = Treq <= nt		0.002 <= 0.226 =	Acceptable

Maximum Pressure: UG-27(c)(1,2)

Pint1 [psi] = (S*Ei*nt)/(Ri+0.6*nt)	(20000*0.85*0.226)/(0.774+0.6*0.226) =	4229	
Pint2 [psi] = (2*S*Ec*nt)/(Ri-0.4*nt)	(2*20000*0.7*0.226)/(0.774-0.4*0.226) =	9272	
PMax [psi] = Min(Pint1,Pint2)	maximum allowed design pressure	MIN(4229,9272) =	4229.0
CheckP = PMax >= P		4229 >= 50 =	Acceptable

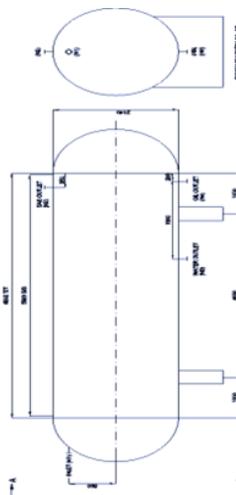
Treq provides a worst case required thickness for nozzle analysis is for a nozzle located on the long seam or circ seam
 This sheet will not calculate thick walled vessels. Check — Not a thick walled vessel, calculations are valid
 The UG-10(b) minimum thickness requirement has not been taken into consideration here.
 This sheet cannot be used to check for allowable exterior pressure loads.
 Use the Weld Efficiency program to calculate E and Ec.
 This sheet is for educational use only - use at your own risk.

Pressure Vessel Engineering Ltd.
 120 Randall Drive, Suite B
 Waterloo, Ontario, Canada, N2V 1C6
www.pvenq.com (519) 880-9808

Gambar 2. Perhitungan bejana tekan menggunakan standard ASME

Pembuatan Piping and instrument diagram P&ID.

Piping and Instrument Diagram atau biasa disingkat P&ID adalah ilustrasi skematik yang mendetail mengenai hubungan fungsional perpipaan, instrumentasi dan komponen sistem peralatan di dalam suatu plant, misalnya pada oil refinery plant, chemical plant, paper mill, atau cement plant. P&ID adalah salah satu informasi penting mengenai semua komponen plant dalam fase desain, fase konstruksi, dan fase operasional. Pada fase desain, perancang pipa mengacu pada data-data dalam P&ID, standard, dan work instruction aturan tambahan yang berlaku dalam suatu proyek. [7]



Gambar 3. Vessel Sketch [7]

Data Perancangan

Desain data:

Pi = Internal data pressure = 250 bar = 25 MPa

Po = External data pressure = 1 atm = 1,01325 bar = 0,101325 Mpa

D = Diameter = 50,80 mm

Panjang (T/T) = 1000 mm

Panjang (S/S) = Panjang (T/T) – Welding Line = 1000 – 100 = 900 mm

Ca = Corrosion Allowance = 3 mm (Corrosion internal dan external masing-masing 3 mm)

E = Joint Efficiency = 1

Head type = 2:1 (ellipsoidal)

Jenis support = Saddle

Material = SA-240-304

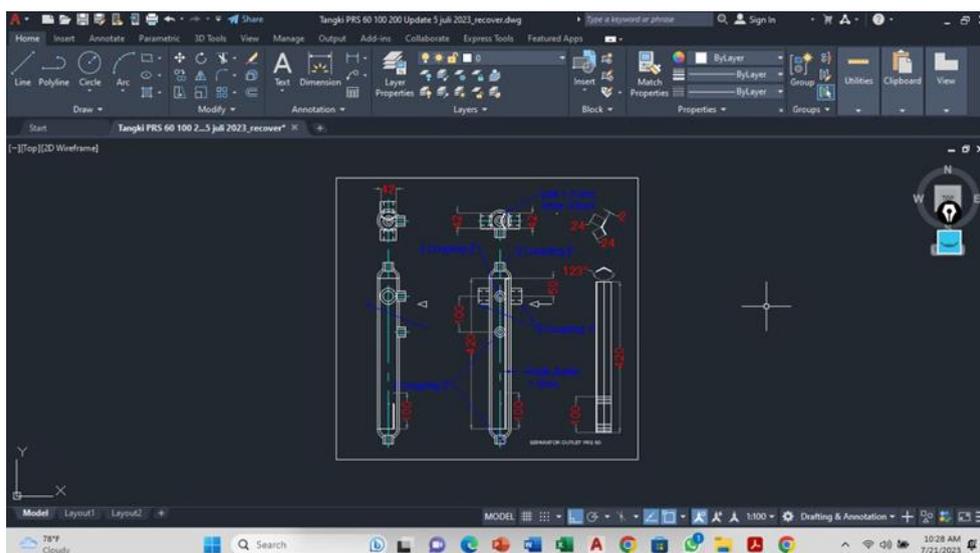
Penentuan Tebal Shell dan Head [7]

Setelah mendapatkan data dimensi panjang dan diameter bejana kemudian menentukan tebal minimum silinder. Tebal ini dapat dicari berdasarkan tekanan operasi bejana tekan tersebut melalui persamaan tebal berdasarkan tegangan akibat tekanan internal. Dan tipe head yang dipilih adalah tipe ellipsoidal 2:1. Perhitungan tebal ini menggunakan efisiensi sambungan 1 sebab bejana berisi ammonia, yang bersifat berbahaya jika terjadi kebocoran dan corrosion allowance sebesar 0.125” dengan pertimbangan ammonia sebagai zat yang sangat korosif dan Data flow rate gas yang diperoleh saat ini maximal adak 250 bar. Dengan persamaan mencari tebal yang terdapat pada bab sebelumnya didapat tebal awal head dan shell sebesar:

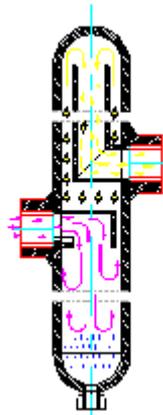
$$t_{\text{shell}} = 250 \cdot 50,8 / (15700 \cdot 1 - 0,6 \cdot 260) = 0,82 \text{ cm} = 0,32 \text{''}$$

Disain

Tahap selanjutnya disain separator dan gambran aliran separator menggunakan AUTOCAD dalam bentuk 2D berdasarkan data dan perhitungan yang ada di atas.



Gambar 4. Disain separator menggunakan AUTOCAD dalam bentuk 2D



Gambar 5. Design konsep aliran pada separator

Untuk gambar Design konsep aliran pada separator warna ungu menunjukkan gas masuk, Warna kuning menunjukkan gas keluar setelah melalui tahapan separasi, warna biru menunjukkan partake berat jatuh ke bawah

Tahapan Pembuatan

Konstruksi Internal Separator:

Tabung Separator yang dibuat menggunakan pipa diameter 2 inchi dengan ketinggian satu meter, dengan inlet nozzle sisi kiri sedangkan outlet nozzle sisi kanan. Spesifikasi pipa yang digunakan adalah Pipa Seamless Schedule 80 Grade B ASTM A53/A 106B X 2" SCH 80 dengan Diameter 50.8mm tebal 8 mm [6]. Inlet nozzle dan outlet nozzle menggunakan half coupling $\frac{3}{4}$ " 6000 psi, tutup atas dan tutup bawah menggunakan end cap 2" Schedule 80 , sedangkan nozzle bawah sebagai lobang drain menggunakan half coupling $\frac{1}{2}$ " 3000 psi.

Konstruksi bagian dalam dari nozzle inlet menggunakan pipa $\frac{1}{2}$ " Sch 40 dengan tutup samping dan dibuat alur lejong menghadap ke bawah untuk menciptakan efek turbulensi sehingga aliran akan terdorong ke bawah sedangkan gas yang lebih ringan akan mengalir ke atas, selain itu akan ada efek gesekan dari gas terhadap dinding pipa sehingga fluida yang lebih berat akan menempel dan secara perlahan akan tiris dan mengalir ke bawah akibat gravitasi.

Pipa outlet dipasang dari sisi atas kemudian aliran akan ke bawah sampai titik tengah pipa dan gas ringan akan mengalir ke kanan. Pipa outlet dibuat dari pipa $\frac{1}{2}$ " Sch 40 yang sisi masuknya rata dengan dinding tabung bagian atas dimakdudkan agar jarak antara gas masuk dan gas yang mengandung cairan telah ditiriskan dan menghindari cairan yang sudah diendapkan agar tidak dapat mengalir ke atas.

Bagian bawah ditandai dari sisi masuk sampai dengan dasar tabung, sedangkan bagian atas ditandai dari sisi outlet sampai dengan tutup tabung bagian atas.



Gambar 1. Fabrikasi pengelasan (sumber : dokumen pribadi)



Gambar 2. Tahapan uji tekan pada 100 bar (sumber : dokumen pribadi)



Gambar 3. Tahapan uji tekan pada 200 bar (sumber : dokumen pribadi)



Gambar 4. Pengujian tekan menggunakan Hydrotest Pump hingga tekanan maximal 320 bar (sumber : dokumen pribadi)



Gambar 5. Persiapan pengecatan (sumber : dokumen pribadi)



Gambar 6. Selesai Pengecatan (sumber : dokumen pribadi)



Gambar 7. Separator terpasang lengkap di mesin (sumber : dokumen pribadi)

3. HASIL DAN DISKUSI

Dari hasil uji coba selama pemakean selama 56 jam dengan tekanan konstan 250 bar pada kapasitas $>200 \text{ Sm}^3/\text{h}$, di dapatkan aliran oli yang terbawa saat proses pengisian tabung penipman berasal dari system pelumasan kompresor, oli yang digunakan untuk melumasi bagian bagian yang bergerak akan terkompresi bersamaan dengan proses kompresi itu sendiri walaupun jumlahnya sangat kecil. Oli yang terbawa dan terjebak di separator sebanyak 50ml diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 13.Oli (lubricant) (sumber : dokumen pribadi)

Kondensat merupakan bagian dari komposisi gas itu sendiri, gas yang memiliki GHV diatas 1150 btu/mmscf akan memiliki kandungan kondensat yang cukup tinggi. Kondensat sendiri adalah komposisi lain dari gas alam berupa C3 dan C4. Akibat kompresi yang menimbulkan proses adiabatik maka kondensat selalu akan terbentuk oleh proses adiabatik itu sendiri dan terbawa ke tabung penyimpanan. Kondensat yang terbawa karena proses tersebut dan terjebak di dalam sparator sebanyak 100 ml wujud kondensat dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 14. Condensate (sumber : dokumen pribadi)

Air merupakan salah satu komposisi yang terbawa dari sumber gas yaitu gas yang berasal dari sumur. Gas yang berasal dari sumur sebenarnya telah melalui gas processing system untuk mengeliminasi air dari gas atau memisahkan air dari gas, namun demikian dengan jumlah gas yang sangat besar dan kemampuan peralatan yang memiliki batasan, maka hasil produksi dari stasiun pengumpul gas tetap saja memiliki kandungan air. Air yang terbawa dan terjebak di dalam sparator sebanyak 400ml dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 15. Air yang terbawa oleh tabung penyimpan dan terjebak di dalam separator (sumber: dokumen pribadi).

4. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan fabrikasi sparator horizontal menghasilkan spesifikasi dan hasil tegangan yang di hasilkan dari perhitungan menurut situs www.pveng.com untuk Diameter 2" = 50,80 mm dan Panjang (T/T) 40 = 1000 mm, sedangkan untuk ketebalan Shell adalah 0,270 " = 8 mm dan tekanan maksimalnya adalah 25 MPa.

Sedang untuk spesifikasi yang diperoleh dari perhitungan dengan pertimbangan kapasitas, tekanan, temperatur dan fluida kerja saat operasi adalah sebagai berikut:

Pi	= Internal data pressure = 250 bar = 25 MPa
Po	= External data pressure = 1 atm = 1,01325 bar = 0,101325 Mpa
D	= Diameter = 50,80 mm
Panjang (T/T)	= 1000 mm
t_shell	= 0,82cm = 8 mm = 0,32"
Panjang (S/S)	= Panjang (T/T) – Welding Line = 1000 – 100 = 900 mm
Ca = Corrosion Allowance	= 3 mm (Corrosion internal dan external masing-masing 3 mm)
E	= Joint Efficiency = 1
Head type	= 2:1 (elipsoidal)
Jenis support	= Saddle
Material	= SA-240-304
Schedule	= 80

Untuk hasil uji coba selama pemakaian selama 56 jam dengan tekanan konstan 250 bar pada kapasitas >200 Sm³/h jumlah cairan yang terkondensasi di separator horizontal untuk oli 50ml, kondensat 100ml dan air 400ml.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eugene F. Megyesy. 1995. " Pressure vessel hand book tent edition" University Tulsa, Oklahoma.
- [2] Ferrous material specifications "Pressure Vessel Section II part A" ASME VIII, New York 2010.
- [3] Properties of Pressure Vessel Section II part D ASME VIII, New York, 2010.
- [4] Rules Construction of Pressure Vessel Section VIII Division I ASME VIII, New York, 2010.
- [5] Sutrisno, Agus Didik Setiawan "Desain Separator Natural Gas Dengan Kapasitas 0,79 M3, Temperature 600c, Tekanan 21 Kg/Cm²" Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik
- [6] Ball, Bruce E., Will J. Carter. CASTI Guidebook to ASME Section VIII Div.1-Pressure Vessel-Third Edition. 2002.
- [7] Kohan, Anthony L. Pressure Vessel System A User's Guide To Safe Operations And Maintenance. 1987
- [8] Mathews, Clifford. Engineers' Guide o Pressure Equipment. 2001.
- [9] Megyesy, Eugene F., Paul Buthod. Pressure Vessel Handbook-Tenth Edition. 1997.
- [10] Pipe Flanges And Flanged Fittings. An American National Standard. 1996
- [11] Ball, Bruce E., Will J. Carter. CASTI Guidebook to ASME Section VIII Div.1-Pressure Vessel-Third Edition. 2002.
- [12] Kohan, Anthony L. Pressure Vessel System A User's Guide To Safe Operations And Maintenance. 1987
- [13] Mathews, Clifford. Engineers' Guide o Pressure Equipment. 2001.
- [14] Megyesy, Eugene F., Paul Buthod. Pressure Vessel Handbook-Tenth Edition. 1997.
- [15] Pipe Flanges And Flanged Fittings. An American National Standard. 1996