



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Uraian Proses

Terdapat tiga kategori bahan produk yang dihasilkan, yaitu produk utama berupa *crude oil* yang ditransportasikan via Booster Station menuju Balongan sejauh 210 km dan gas yang langsung dijual ke konsumen seperti PLTGU Muaratawar, LPG BBWM TBN, LPG PERTAGAS PDT, dan industrial gas via PERTAGAS. Untuk produk penunjang yaitu berupa kondensat yang tercampur dengan *crude oil*. Ketiga produk tersebut termasuk dalam *Crude Oil Production system*. Adapun *Produced Water Management System* untuk mengolah air yang berasal dari *waste pit* dan dikembalikan kedalam *injection well* dengan menurunkan TSS.

#### II.2 Uraian Tugas Khusus

##### II.2.1 Separator

Pada umumnya, sumur hidrokarbon memproduksi fluida multiphase yang sebagian besar terdiri dari gas, minyak, dan air. Untuk memisahkan masing – masing fluida tersebut, maka diperlukan alat pemisah, yakni separator. Separator adalah alat yang digunakan sebagai penunjang utama dalam proses produksi pada industri minyak dan gas dalam proses pemisahan fasa. Bagian dari fasilitas produksi berupa tabung bertekanan dan bertemperatur tertentu yang berfungsi untuk memisahkan fluida produksi ke dalam fasa cairan dan fasa gas ini disebut dengan separator.

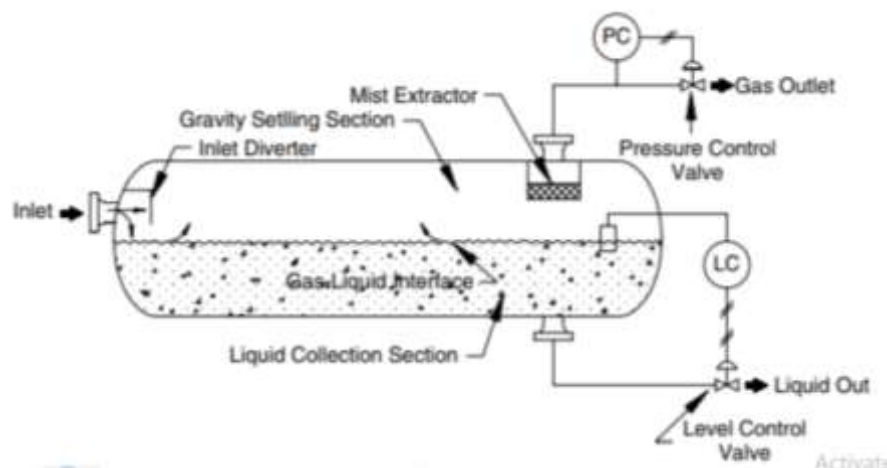
##### II.2.2 Jenis Separator

###### a. Separator Horizontal

Separator horizontal adalah bejana untuk memisahkan fluida produksi berdasarkan perbedaan densitasnya. Separator horizontal cocok untuk fluida yang memiliki GOR (gas oil ratio) medium sampai dengan tinggi, aliran konstan, dan memiliki permukaan yang lebar dan panjang, sehingga memiliki kapasitas yang besar serta waktu tunggu (residence time untuk fluida) yang relatif lebih lama. Separator horizontal ini dapat digolongkan

menjadi dua jenis yaitu single tube horizontal separator dan double tube horizontal separator.

Beberapa kelebihan dari separator horizontal yaitu lebih murah jika dibandingkan dengan separator vertikal, lebih mudah untuk ditransportasikan, dapat meminimalisasi terjadinya turbulensi dan buih, efektif dan efisien untuk volume gas yang besar. Sedangkan kekurangan dari separator horizontal ini adalah susah untuk dibersihkan (dari larutan lumpur, parafin dan pasir), memiliki sistem kontrol valve (katup) yang lebih rumit apabila dibandingkan dengan separator vertikal, dan memiliki diameter yang lebih kecil untuk kapasitas gas tertentu.

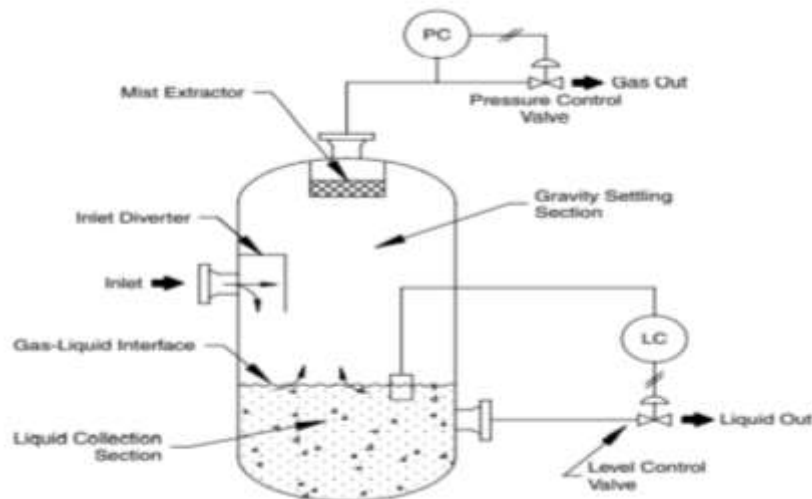


Gambar 2.3. Separator horizontal (Arnold & Stewart, 2008)

#### b. Separator Vertikal

Separator vertikal merupakan bejana yang berfungsi untuk memisahkan fluida produksi berdasarkan perbedaan densitasnya. Separator vertikal cocok digunakan pada sumur dengan nilai GOR ( Gas Oil Ratio ) yang rendah sampai sedang. Separator vertikal ini sangat efisien untuk ditempatkan, hal ini dikarenakan separator jenis ini tidak membutuhkan tempat yang luas sehingga dapat di gunakan di offshore. Bagian bawah dari separator vertikal ini biasanya berbentuk cembung yang berfungsi untuk menampung pasir dan kotoran padat yang terbawa.

Kelebihan separator vertikal antara lain mempunyai kapasitas surge cairan yang besar, mudah untuk dibersihkan, kecenderungan cairan untuk menguap diminimalisasi karena hanya tersedia luas permukaan yang sedikit bagi cairan untuk menguap, dapat menanggung pasir dalam jumlah yang besar, pengaturan jumlah cairan tidak terlalu kritis pada separator vertikal. Sementara itu, kekurangan dari separator vertikal yaitu separator vertikal lebih mahal pembuatannya, dan juga lebih mahal biaya pengiriman ke lokasi, serta separator vertikal membutuhkan diameter yang lebih besar untuk suatu kapasitas gas tertentu.

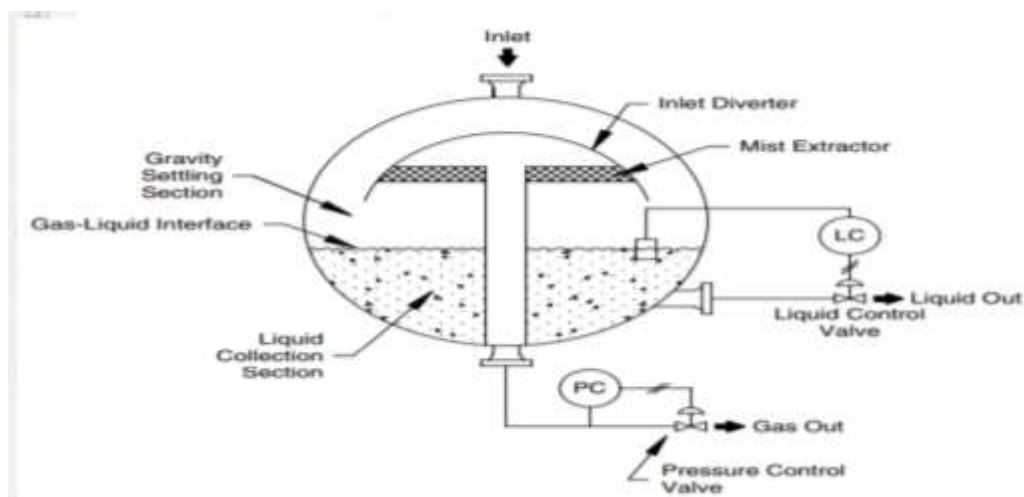


Gambar 2.4.separator vertikal(Arnold& Stewart, 2008)

c. Separator Spherical

Separator bulat (spherical) adalah bejana untuk memisahkan fluida produksi berdasarkan perbedaan densitasnya. Separator spherical ini didesain dengan tujuan untuk mengoptimalkan penggunaan metode pemisahan gas dan cairan diantaranya meliputi pengendapan gravitasi, gaya sentrifugasi, penurunan kecepatan dan kontak permukaan. Separator ini memiliki bentuk yang kompak dan sangat baik untuk digunakan pada fluida yang mengandung lumpur dan pasir. Akan tetapi, separator ini memiliki kapasitas yang lebih kecil dibandingkan dengan separator horizontal.

Kelebihan dari separator spherical ini antara lain lebih murah apabila dibandingkan dengan separator horizontal dan vertikal, memiliki ukuran yang kecil dan memberikan fasilitas pembersihan sumur dan pengeringan dari bawah yang lebih baik dibandingkan dengan separator vertikal, separator jenis spherical ini juga dapat digunakan untuk aliran sumur dengan nilai GOR yang rendah hingga menengah. Sementara itu, kekurangan dari separator spherical ini antara lain yaitu pengaturan tingkat cairan sangat penting dan separator spherical memiliki ruangan untuk buih dan keterbatasan pada bagian pengendapan cairan sehingga sulit digunakan untuk pemisahan tiga fasa.



Gambar 2.5. separator spherical(Arnold&Stewart, 2008)

### II.2.3 Jenis Separator Berdasarkan Fasa Hasil Pemisahannya

Berdasarkan fasa hasil pemisahannya, separator dibedakan menjadi :

- Separator Dua Fasa Pada separator dua fasa, fluida formasi dipisahkan menjadi cairan dan gas, dimana cairan akan keluar melalui outlet cairan pada bagian bawah separator dan gas akan keluar dari outlet gas pada bagian atas separator.
- Separator Tiga Fasa Pada separator tiga fasa, fluida formasi dipisahkan menjadi minyak, air, dan gas. Gas akan dikeluarkan melalui bagian atas



separator, minyak melalui bagian tengah, sedangkan air melalui bagian bawah separator.

#### II.2.4 Jenis Separator Berdasarkan Tekanan Kerjanya (Pressure)

Menurut Chillingarian (1987), separator dapat dibedakan berdasarkan tekanan kerjanya (pressure), diantaranya yaitu :

- High pressure separator dengan pressure sebesar 650 hingga 1500 psig.
- Medium pressure separator dengan pressure sebesar 225 hingga 650 psig.
- Low pressure separator dengan pressure sebesar 10 hingga 225 psig.

#### II.2.5 Prinsip Pemisahan Pada Separator

Fluida yang mengalir dari sumur dapat terdiri dari minyak, gas, air dan padatan-padatan lainnya. Ketika fluida mencapai permukaan, dimana tekanan lebih rendah dibandingkan dengan tekanan pada reservoir, kapasitas cairan yang melarutkan gas akan menurun sehingga akan terpisah dari minyak. Pemisahan separator pada dasarnya bergantung kepada gaya gravitasi untuk memisahkan fluida, yakni dengan menggunakan perbedaan densitas dari fluida. Densitas minyak akan lebih berat dibandingkan dengan gas. Minyak dengan berat kira-kira  $\frac{3}{4}$  dari berat air, membutuhkan waktu sekitar 30 hingga 60 menit untuk melakukan pemisahan. Maka dari itu, separator di desain agar cairan berhenti berkisar antara 30 hingga 60 menit. Lamanya waktu penyiaran di dalam separator dan waktu pendiaman di dalam cairan pada separator sering di sebut dengan Resident Time (RT) yang dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$RT = \frac{V}{FR} \text{ (Persamaan 2.1)}$$

Dimana :

V = Volume Separator

FR = Flow rate

Pada separator horizontal, gas mengalir melalui inlet diverter dan kemudian secara horizontal melalui gravity settling section. Saat gas mengalir melalui bagian ini, tetesan kecil cairan yang tertahan di dalam gas dan yang tidak dipisahkan oleh inlet diverter akan dipisahkan oleh gravitasi dan jatuh ke gas liquid interface.



Beberapa tetesan memiliki diameter yang kecil sehingga tetesan tersebut dapat dipisahkan dengan mudah pada gravity settling section. Sebelum gas meninggalkan bejana, gas akan melewati coalescing section atau mist extractor. Pada bagian ini, menggunakan elemen – elemen vanes, wire mesh, orplates untuk menggabungkan dan menghilangkan tetesan cairan yang sangat kecil dalam satu pemisahan terakhir sebelum gas meninggalkan bejana. Pada separator vertikal, gas dari bagian pemisahan utama mengalir ke arah atas, sedangkan cairan jatuh ke bagian penampungan cairan. Terdapat penghalang dengan bentuk kerucut yang berfungsi untuk memisahkan bagian pemisahan utama dan bagian penampungan cairan. Tujuannya yaitu untuk menjamin permukaan cairan yang tidak terganggu sehingga pengaturan tingkat cairan dapat dilakukan dengan baik dan gas terlarut dapat lepas. Droplet cairan dengan ukuran yang lebih kecil tetap terbawa oleh aliran gas, dibuang di penghalang sentrifugal yang terletak di dekat bagian atas separator. Mist extractor yang terletak pada outlet gas berguna untuk membuang droplet cairan yang tertahan pada gas dengan range ukuran mikron. Pada separator spherical, aliran inlet akan dialihkan, sehingga hal ini menyebabkan aliran sumur menyebar mengelilingi dinding separator. Cairan dipisahkan menjadi dua aliran yang akan bergabung kembali ketika telah melewati setengah dari dinding separator, kemudian akan jatuh ke bagian penampungan cairan. Dengan penurunan kecepatan terhadap gas di dalam separator, droplet cairan dari gas hampir seluruhnya dibuang. Mist extractor digunakan pada pembuangan terakhir droplet cairan yang lebih kecil.

### **II.2.5 Bagian – Bagian Utama Pada Separator**

Terdapat 4 (empat) daerah dari peralatan yang digunakan sebagai daerah pemisahan pada separator produksi, diantaranya yaitu :

- a. Primary Separation Section Merupakan bagian utama pada separator yang berguna untuk mengakumulasikan sebagian besar fluida yang masuk ke dalam separator. Pada daerah ini terdapat pula inlet port serta baffle yang berguna untuk membelokkan arah aliran utama fluida dari aliran gas.
- b. Secondary Separation Section / Gravity Settling Section Gravity settling section berukuran sedemikian rupa sehingga tetesan cairan yang lebih besar



dari 100 hingga 140 mikron jatuh ke gas liquid interface, sementara tetesan cairan yang lebih kecil tetap bersama gas. Tetesan cairan yang lebih besar dari 100 hingga 140 mikron tidak diinginkan karena dapat membebani mist extractor secara berlebihan pada outlet separator. Bagian ini berfungsi untuk memisahkan butiran cairan yang sangat kecil yang tidak dapat terpisahkan pada primary section.

- c. Mist Extraction Section Gas yang meninggalkan bagian gravity settling akan mengandung tetesan cairan kecil, umumnya kurang dari 100 hingga 140 mikron. Sebelum gas meninggalkan bejana, gas akan melewati bagian penggabungan atau mist extractor. Bagian ini menggunakan elemen penggabungan yang menyediakan area permukaan dalam jumlah besar yang digunakan untuk menyatukan dan menghilangkan tetesan kecil cairan. Saat gas mengalir melalui elemen penggabungan, ia harus membuat banyak perubahan arah. Dikarenakan massanya yang lebih besar, tetesan cairan tidak dapat mengikuti perubahan arah aliran yang cepat. Tetesan ini mengenai dan mengumpul pada elemen penggabungan, di mana mereka jatuh ke bagian pengumpulan cairan. Berikut ini beberapa hal yang mempengaruhi terjadinya pemisahan dengan baik antara butiran cairan yang berbentuk kabut dengan gas, diantaranya yaitu :
  1. Perbedaan densitas antara gas dengan minyak
  2. Kecepatan aliran gas
  3. Waktu yang tersedia. Pemisahan butir cairan dengan gas dapat berlangsung dengan baik apabila kecepatan aliran gas cukup rendah.
- d. Liquid Collecting Section Merupakan tempat penampungan semua cairan yang sudah terbebas dari gas. Biasanya sight glass dipasang pada daerah ini untuk melihat ketinggian fluida yang terdapat dalam separator.

### II.2.6 Perhitungan desain ideal separator

Di Pertamina EP Asset 3 Tambun field, separator yang digunakan yaitu separator 2 fase, yaitu untuk memisahkan liquid dan vapor. Prinsip kerjanya dengan menggunakan penurunan tekanan. Pada proses pemisahan separator, gas yang



dihasilkan akan dibawa ke gas compressor dan liquid dialirkan menuju FWKO ( *Free Water Knock Out* ).

Tabel 2.1 Data actual dari separator 2 fase

Nama variable data terpasang	simbol	Satuan	operasional
Tekanan separator	Psep	Psig	36
Temperature separator	Tsep	DegF	129
Specific gravity minyak	SG oil		0,82
Specific gravity air	SG water		1
Specific gravity gas	SG gas		0,8511
Kompresibilitas pada kondisi standar	Zsc		1
Dimensi diameter separator	ID	Feet	6
Dimensi Panjang separator	L/H	Feet	21,28
Kadar air	Wc	%	77,17
Kompresibilitas separator	Zsep		0,9965
Luas bagian dalam separator	Ag	Ft <sup>2</sup>	14,13
Volume produksi gas		MMSCFD	11,8516
Target volume produksi gas		MMSCFD	10,2327





Langkah-langkah perhitungan

1. Menghitung API dengan menggunakan persamaan

$$API = \frac{141,5}{SG_{sep}} - 131,5$$

$$API = \frac{141,5}{0,82} - 131,5 = 41,06$$

2. Menentukan waktu retensi(t, menit) didalam separator  
karena separator yang digunakan separator 2 fase dan nilai API lebih besar dari 35 maka waktu retensi adalah 1 menit

3. Menghitung *reduced liquid capacity factor*

Derajat API lebih besar dari 35 maka nilai C adalah 1

4. Menentukan diameter separator (Dl, ft) berdasarkan volume cairan, jenis separator yang digunakan adalah separator horizontal double barrel

$$Dl = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{Q_o \times t}{50,46 \times C}}$$

$$Dl = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{3067,651 \times 1}{50,46 \times 1}} = 1,96 \text{ ft}$$

5. Mengubah laju produksi gas standar ke laju produksi gas pada kondisi separator( $V_g$ , SCF/day)

$$V_g = 3,27 \times 10^{-7} \frac{Q_g \times T_{sep} \times Z_{sep}}{P_{sep} \times Z_{sc}}$$

$$V_g = 3,27 \times 10^{-7} \frac{11,8516 \times 10^6 \times 588,67 \times 0,9952}{36 \times 1} = 54,45 \text{ cuft/detik}$$

6. Menentukan  $SG_{sep}$  dengan menggunakan menggunakan grafik hubungan  $SG_{sc}$  dan  $SG_{sep}$ . Untuk  $SG_o = 0,82$  didapat  $SG_{sep} = 0,82$

7.  $W_c = 77,17 \%$

8. Menghitung  $SG$  campuran cairan di separator

$$SG_{ls} = (W_c \times SG_w) + (1 - W_c)SG_{sep}$$

$$SG_{ls} = (0,7717 \times 1) + (1 - 0,7717) \times 0,82$$

$$SG_{ls} = 0,95$$

9. Menghitung densitas cairan di separator( $BDl$ , lb/cuft)



$$BDl = SGls \times 62,4$$

$$BDl = 0,95 \times 62,4 = 59,83 \text{ lb/cuft}$$

10. Menghitung densitas gas pada kondisi separator (BDg, lb/cuft)

$$BDg = 2,7 \times \frac{SGg \times Psep \times Zsc}{Tsep \times Zsep}$$

$$BDg = 2,7 \times \frac{0,8511 \times 36 \times 1}{588,67 \times 0,9952} = 0,14 \text{ lb/cuft}$$

11. Menghitung V (kecepatan maksimum gas, ft/detik)

$$V = K \sqrt{\frac{BDl - BDg}{BDg}}$$

Dengan L = 35 maka K = 0,00142 x L = 0,0497

$$V = 0,0497 \sqrt{\frac{59,83 - 0,14}{0,14}} = 1,02 \text{ ft/detik}$$

12. Menghitung luas separator bagian dalam (Ag, ft<sup>2</sup>) berdasarkan kapasitas gas

$$Ag = \frac{Vg}{V}$$

$$Ag = \frac{54,45}{1,02} = 53,28 \text{ ft}^2$$

13. Menghitung diameter dalam separator (Dg) jenis separator yang digunakan adalah separator horizontal double barrel

$$Dg = \sqrt{\frac{8 \times Ag}{\pi}}$$

$$Dg = \sqrt{\frac{8 \times 53,28}{3,14}} = 11,65 \text{ ft}$$

14. Menentukan nilai Rm dengan persamaan

$$Rm = \frac{L}{Dg}$$

$$Rm = \frac{35}{11,65} = 3,003$$

Karena  $Rm \ 3 < 3,003 < 5$  maka memenuhi syarat, maka ukuran ideal separator yang seharusnya terpasang adalah ukuran (ID x H) 11,65 feet x 35 feet



Tabel 2.2 Perbandingan data actual dan desain ideal

Nama variable data terpasang	simbol	Satuan	Nilai	
			Keadaan aktual	Desai ideal
Tekanan separator	Psep	Psig	36	36
Temperature separator	Tsep	DegF	129	129
Specific gravity minyak	SG oil		0,82	0,82
Specific gravity air	SG water		1	1
Specific gravity gas	SG gas		0,8511	0,8511
Kompresibilitas pada kondisi standar	Zsc		0,9952	0,9952
Dimensi diameter separator	ID	Feet	6	11,65
Dimensi Panjang separator	L/H	Feet	21,28	35
Kadar air	Wc	%	77,17	77,17
Kompresibilitas separator	Zsep		1	1
Luas bagian dalam separator	Ag	Ft <sup>2</sup>	14,13	53,28
Volume produksi gas		MMSCFD	11,8516	-
Target volume produksi gas		MMSCFD	10,2327	10,2327

Rekomendasi disain dimensi production separator (IDxH) lebih besar yaitu 11,65 ft x 35 ft dibanding dimensi production separator (IDxH) terpasang yaitu



sebesar 6 ft x 21,28 ft sehingga target produksi gas yang dihasilkan bisa tercapai. Ini disebabkan rekomendasi disain dimensi production separator (IDxL) mempunyai efisiensi sebesar 100%. Ini menandakan bahwa kinerja rekomendasi disain dimensi production separator (IDxL) bisa efektif untuk mencapai target produksi.