

ANALISIS EFEKTIVITAS *RESIDENCE TIME* TERHADAP PEMISAHAN FASA PADA *HIGH PRESSURE* SEPARATOR 3 FASA

Nadia Fayza Azkia^{1*}, Farid Alfalaki Hamid¹

¹Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Kabupaten Blora, 58312

*E-mail: nadiafayza04@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pemisahan pada separator tekanan tinggi yang digunakan untuk gas, kondensat, dan *produced water*, dengan membandingkan kondisi operasi serta nilai *residence time* desain dan aktual. Separator ini dirancang untuk beroperasi pada tekanan 450 psig dan suhu 150°F, dengan laju alir gas, kondensat, dan *produced water* masing-masing sebesar 183.529,8 lb/hr, 41.232,7207 lb/hr, dan 3.524,7063 lb/hr. Hal ini menghasilkan nilai waktu tinggal (*residence time*) untuk setiap fasa sebesar 0,0709 menit untuk gas, 23,153 menit untuk kondensat, dan 12,4 menit untuk *produced water*. Sedangkan, kondisi aktual menunjukkan bahwa separator beroperasi pada tekanan 425,35 psig dan suhu 125,05°F dengan laju alir yang lebih rendah, sehingga menghasilkan waktu tinggal sebesar 0,0252 menit untuk gas, 34,5569 menit untuk kondensat, dan 4,0154 menit untuk *produced water*. Perbedaan ini mengindikasikan adanya potensi *liquid carryover* yang dapat mempengaruhi kualitas pemisahan. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah kontrol tekanan, seperti penyesuaian *setpoint* pada *controller* atau penggunaan *pressure relief valves*, untuk menjaga kestabilan pemisahan pada separator.

Kata kunci: Separator, *High Pressure*, *Residence Time*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengolahan minyak dan gas bumi memegang peranan penting dalam bidang energi, sehingga kualitas serta kuantitas minyak dan gas bumi memicu pengembangan dalam teknologi produksinya. Peningkatan kualitas produk dengan kemurnian tinggi yang dihasilkan perlu diperhatikan. Gas bumi merupakan bahan bakar fosil yang biasa disebut juga dengan gas alam. Komponen utama yang terkandung dalam gas bumi merupakan metana (CH₄). Metana tergolong dalam molekul hidrokarbon rantai pendek yang paling ringan. Selain metana, gas bumi juga mengandung molekul-molekul hidrokarbon yang lebih berat seperti etana (C₂H₆), propana (C₃H₈), butana (C₄H₁₀) serta senyawa-senyawa sulfur. Selain itu gas bumi juga mengandung komponen non-hidrokarbon yaitu nitrogen, helium, CO₂, H₂S serta air (H₂O) [1].

Berdasarkan sumbernya gas bumi terbagi menjadi dua jenis yakni *associated gas* dan *non-associated gas*. *Associated gas* adalah gas yang berasal dari bumi tercampur dengan minyak bumi. *Associated gas* ini juga disebut dengan *wet gas* yang lebih banyak mengandung unsur parafin dengan berat molekul yang lebih tinggi. Sedangkan *non-associated gas* merupakan gas kering atau *dry gas* yang tidak tercampur dengan minyak bumi. Kandungan metana dalam *non-associated gas* lebih tinggi dibandingkan dengan *associated gas* [2].

Pemrosesan *associated gas* melibatkan proses pemisahan gas, minyak dan air yang terkandung didalamnya. *Gas Separation Unit (GSU)* adalah salah satu fasilitas penting dalam industri minyak dan gas yang bertujuan untuk memisahkan campuran gas menjadi komponen-komponennya yang lebih murni. Pada *Gas Separation Unit (GSU)*, *High Pressure Separator* merupakan salah satu komponen kunci yang berfungsi untuk memisahkan gas alam dari sumur menjadi komponen gas, minyak dan air [3].

Proses ini umumnya dilakukan di dalam high pressure separator tiga fasa yang dirancang untuk memisahkan komponen-komponen tersebut secara efisien berdasarkan perbedaan densitas. Pemisahan yang optimal di separator ini sangat berpengaruh terhadap kualitas produk akhir dan kinerja keseluruhan proses.

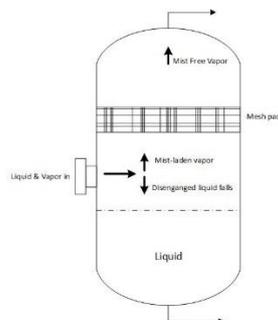
B. Jenis dan Prinsip Kerja Separator

Bejana bertekanan yang dikenal sebagai separator dapat digunakan untuk memisahkan dua fasa (gas dan air) atau tiga fasa (gas, minyak, dan air) dengan densitas yang berbeda [4]. Separator juga dibedakan berdasarkan jenisnya yaitu horizontal, vertikal, dan *spherical*/bulat [5]. Umpan yang berasal dari sumur akan diproses oleh separator dalam kondisi yang tidak saling melarutkan, hal ini dipengaruhi perbedaan *specific gravity* dari fluida tersebut sehingga akan terjadi proses pemisahan fluida tersebut [6]. Separator berfungsi untuk memisahkan minyak, air dan gas pada tekanan dan temperatur separator dalam waktu tinggal (*retention time*) yang relatif pendek. Pemisahan ini berdasarkan perbedaan densitas yang secara relatif bebas satu sama lain [6].

Separator digunakan sebagai alat pemisah fraksi fluida, yang hasilnya dapat digunakan pada proses selanjutnya atau dapat di distribusikan kepada perusahaan yang menggunakan hasil pemisahan separator tersebut. Pemisahan separator dapat dilakukan dengan beberapa cara, mengikuti prinsip pemisahan, yaitu [7]:

1) Gaya gravitasi (*gravity settling*)

Prinsip *gravity settling* adalah proses dimana partikel-partikel terserap ke dasar cairan serta membentuk endapan. Partikel-partikel tersebut mengalami gaya gravitasi, berat jenis partikel lebih besar daripada berat jenis cairan [7]. Prinsip pemisahan ini dilakukan dengan memanfaatkan penurunan tekanan yang terjadi secara internal, secara otomatis tekanan permukaan pada bagian atas fluida menjadi lebih rendah daripada tekanan fluida dalam *vessel*, serta fluida yang memiliki tekanan lebih tinggi dari tekanan permukaan akan naik ke atas dan kemudian terpisah [4]. Prinsip *pemisahan gravity settling*, partikel-partikel akan cenderung jatuh ke dasar *vessel*. Gaya gravitasi sebagai pemisah utama fase, yang dapat menyebabkan gas dan cairan terpisah karena perbedaan densitas [7].



Gambar 1. *Gravity settling* [7].

2) Turbulensi aliran

Prinsip pemisahan dengan memberikan gaya sentrifugal pada fluida sehingga gas dan cairan akan terpisah. Gaya sentrifugal akan membuat fluida berputar untuk memisahkan gas dan cairan, cairan akan turun ke outlet cairan, dan gas naik ke outlet gas [7]. Prinsip pemisahan seperti ini biasanya terjadi pada inlet separator yang menggunakan inlet *device tipe cyclone* dan outlet separator dengan menggunakan outlet *device tipe centrifugal*. Prinsip pemisahan ini terjadi dengan memanfaatkan kecepatan putaran pada alat yang akan memutar fluida dan kemudian melontarkan fluida ke atas. Gas yang lebih ringan dari fluida cair akan terus naik ke

atas, sedangkan fluida cair yang lebih berat akan jatuh ke bawah dan keluar pada jalurnya tersendiri [4].



Gambar 2. Aliran Turbulen [4]

3) Efek *baffle*

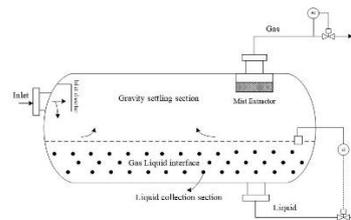
Saat aliran fluida menyentuh *baffle*, aliran akan menyebar dan mengarahkan aliran ke outlet. Dalam hal ini, aliran akan terpisah menjadi fase gas dan fase cairan.

4) *Screen/mist extraction*

Fluida berupa kondensat dan air akan terperangkap saat melewati eliminator, kemudian fluida tersebut jatuh ke saluran outlet cairan. Cairan akan lebih cepat jatuh ke pengumpul cairan. Proses pemisahan cairan dari gas membutuhkan waktu sekitar 30 hingga 60 detik. Dalam dunia industri, partisi dapat dibedakan menurut bentuk, letak dan fungsinya.

Beberapa jenis separator sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, yaitu separator berdasarkan fasa yang dipisahkan. Separator dibagi menjadi dua, yaitu separator dua fasadan separator tiga fasa [8].

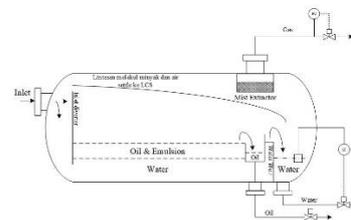
a. Separator Dua Fasa



Gambar 3. Separator Dua Fasa

Separator dua fasa, memisahkan fluida formasi menjadi cairan liquid dengan gas. Gas akan keluar dari atas karena gas memiliki densitas yang ringan sedangkan liquid akan keluar dari bawah karena memiliki densitas yang lebih berat dari gas [8]. Biasanya separator dua fasa digunakan pada sumur produksi awal, yang lebih dominan ke gas yang mempunyai tekanan yang lebih tinggi [4].

b. Separator Tiga Fasa



Gambar 4. Separator Tiga Fasa

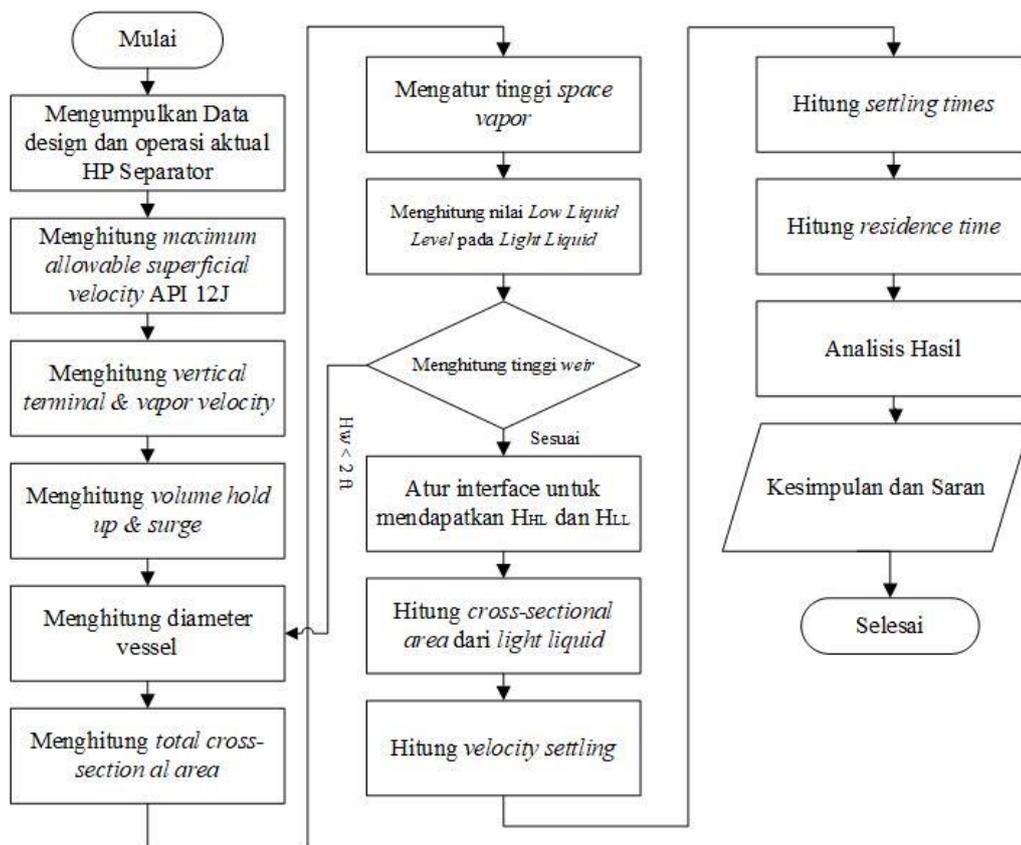
Separator tiga fasa, memisahkan fluida menjadi minyak, air, dan gas. Gas akan keluar dari atas karena memiliki densitas yang lebih ringan, minyak akan keluar dari tengah karena memiliki perbedaan densitas dengan air, sedangkan air akan keluar dari bawah karena memiliki densitas yang lebih berat dari minyak [8]. Separator tiga fasa biasanya digunakan bertekanan *low pressure* hingga *medium pressure*, biasanya separator tiga fasa ini digunakan untuk sumur produksi yang lebih dominan minyak dan digunakan pada sumur produksi yang dibantu oleh pompa [4].

Dalam API Standard 12J dan panduan GPSA, *residence time* atau waktu tinggal merupakan parameter penting yang mempengaruhi efektivitas pemisahan fase dalam separator. Waktu tinggal merupakan faktor utama yang mengontrol proses pemisahan [9]. *Residence time* adalah waktu yang dibutuhkan komponen fluida (minyak, gas, atau air) untuk berada di dalam separator hingga pemisahan optimal tercapai. Untuk pemisahan tiga fase, waktu retensi dapat berupa waktu total cairan tetap adabagian pemisahan pada laju umpan desain, atau jika didefinisikan sebagai waktu retensi fase, waktu fase tetap berada dibagian pemisahan [10].

Ada tiga *residence time* di dalam separator yaitu *residence time* gas, *residence time* minyak, dan *residence time* air. Tiga waktu tersebut mengacu pada *residence time* dari setiap fase kontinu. *Residence time* minyak biasanya adalah kendala yang mengatur dalam desain dan operasi pemisah. Lapisan minyak cenderung terkendali karena tetesan air dalam fase minyak akan menjadi lebih kecil dari tetesan minyak dalam fase air [11].

Pengaruh *residence time* dalam standar API 12J dan GPS membantu memastikan efisiensi operasi serta menghindari *carryover* atau pencampuran antara fase-fase yang seharusnya. Efek dari *carryover* ini meliputi penurunan kualitas produk, pemborosan energi, dan penurunan efisiensi keseluruhan unit pengolahan. Oleh karena itu, analisis mengenai pengaruh *residence time* terhadap pemisahan di High Pressure Separator tiga fase menjadi penting untuk memastikan agar proses pemisahan berlangsung optimal.

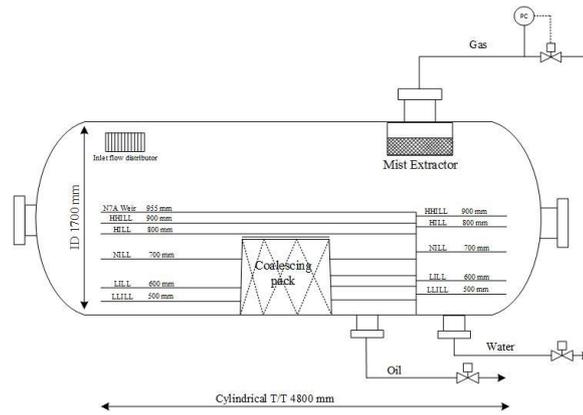
2. METODE



Gambar 5. Flowchart Metode Analisis

A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data desain dari *High Pressure Separator* 3 fasa serta data kondisi operasi aktual.



Gambar 6. Design High Pressure Separator 3 Fasa

B. Pengolahan Data

Setelah data terkumpul, data akan diolah serta analisis yang bertujuan untuk menemukan permasalahan yang terjadi serta pemecahannya. Untuk menganalisis *residence time* pada separator tahapan perhiungan yang dilakukan sebagai berikut[12]:

a) Menghitung *maximum allowable superficial velocity* (V_a) berdasarkan API 12J

$$V_a = K \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_v}{\rho_v}} \tag{1}$$

Nilai K dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini [13].

Tabel 1. Nilai konstanta berdasarkan API 12J

Type Separator	Height/Length (ft)	K value (ft/sec)
Vertical	5	0.12 to 0.24
Vertical	10	0.18 to 0.35
Horizontal	10	0.40 to 0.50
Horizontal	Other Lengths	$0.40 \text{ to } 0.50 \times (L/10)^{0.56}$
Spherical	All	0.20 to 0.35

b) Menghitung *vertical terminal vapor velocity* (U_T)

$$U_T = K \left(\frac{\rho_L - \rho_v}{\rho_v} \right)^{0.5} \tag{2}$$

Nilai K dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Separator K Values

Pressure (psia)	K value
$1 \leq P \leq 15$	$0.1821 + 0.0029P + 0.0460 \ln P$
$15 \leq P \leq 40$	0.35
$40 \leq P \leq 5500$	$0.043 + 0.023 \ln P$
Gas Processors Suppliers Association	
$0 \leq P \leq 1500$	$0.035 - 0.0001 (P-100)$

Sedangkan untuk nilai U_v sebagai berikut:

$$U_v = 0.75 U_T \tag{3}$$

c) Menghitung *Volume Hold up* (V_H) dan *Volume Surge* (V_S)

Volume hold up (V_H) merupakan volume keluaran bagian atas yang dipengaruhi oleh laju volume liquid per menit. Sedangkan *Volume surge* (V_S) adalah volume keluaran bagian bawah yang dipengaruhi laju volume liquid per waktu [12].

$$V_H = t_H + Q_L \tag{4}$$

$$V_S = t_S + Q_L \tag{5}$$

Tabel 3. Holdup dan surge times cairan

Separator	Hold up time (min) (NLL – LLL)	Surge time (min) (NLL – HLL)
Feed to Column	5	3
Feed to other drum or tankage		
1. With pump or through exchanger	5	2
2. Without pump	2	1
Feed to fire heater	10	3

d) Menghitung Diameter (D)

$$D = \left[\frac{16(V_H+V_S)}{0.6\pi (L/D)} \right]^{1/3} \tag{6}$$

Dengan nilai L//D pada tabel 4 berikut [12]:

Tabel 4. L/D Ratio

Operating Pressure (psig)	L/D
$0 \leq P \leq 250$	1.5 – 3.0
$250 \leq P \leq 500$	3.0 – 4.0
$P > 500$	4.0 – 6.0

e) Menghitung total cross-section al area (A_T)

$$A_T = \frac{\pi D^2}{4} \tag{7}$$

f) Atur tinggi space vapor (H_v)

Dengan mengatur > 0.2 D atau 2 ft (1 ft jika tidak ada mist eliminator). Selanjutnya nilai A_v/A_T didapatkan pada tabel dengan menggunakan H_v/D. Setelah itu hitung A_v [12].

$$y = A_v / A_T \tag{8}$$

$$y = \frac{a+cx+ex^2+gx^3+ix^4}{1.0+bx+dx^2+fx^3+hx^4} \tag{9}$$

Dimana nilai x = H_v/D

Tabel 5. Koefisien konversi tinggi cylindrical dan area

Koefisien	Nilai	Koefisien	Nilai
a	-4.755930 x 10 ⁻⁵	f	4.018448
b	3.924091	g	-4.916411
c	0.174875	h	-1.801705
d	-6.358805	i	-0.145348
e	5.668973		

g) Hitung nilai Low Liquid Level pada kondensat

$$H_{LLL} = 0.5D + 7 \tag{10}$$

Dimana nilai D dalam ft dan H_{LLL} dalam inchi. Jika nilai D ≤ 4.0 ft, kemudian H_{LLL} = 9 in. Maka gunakan H_{LLL}/D pada tabel 3 untuk menghitung A_{LLL} [12].

h) Hitung tinggi weir

$$H_w = D - H_v \tag{11}$$

Jika nilai HW < 2 ft, naikan nilai D dan ulangi

i) Atur interface di tinggi $H_w/2$ untuk mendapatkan tinggi dari *heavy liquid* H_{HL} & *light liquid* dan H_{LL} .

j) Untuk *Liquid Settling*, hitung *cross-sectional area* dari *light liquid* dengan menggunakan H_{HL}/D pada tabel.

$$A_{LL} = A_T - A_v - A_{HL} \tag{12}$$

k) Hitung *velocity settling* dari *heavy liquid* (air) dari fasa *light liquid* (U_{HL}) dengan rumus [12]:

$$U_{HL} = \frac{k_s(\rho_H - \rho_L)}{\mu_L} \tag{13}$$

$$U_{LH} = \frac{k_s(\rho_H - \rho_L)}{\mu_H} \tag{14}$$

Tabel 6. Nilai K_s untuk pemisahan liquid-liquid

Fasa ringan	Fasa Berat	Minimum droplet diameter (μm)	k_s
Hydrocarbon			
SG at 60°F < 0.85	Water or caustic	127	0.333
SG at 60°F < 0.85	Water or caustic	89	0.163
Water	Furfural	89	0.163
Methylethyl keton	Water	89	0.163
Sec-Buthyl alcohol	Water	89	0.163
Methyl isobuthyl ketone	Water	89	0.163
Nonyl alcohol	Water	89	0.163

l) Hitung *settling times* dari *heavy liquid* dari fasa *light liquid* dan *light liquid* dari fasa *heavy liquid* [12].

$$t_{HL} = 12 \frac{H_{LL}}{U_{HL}} \tag{15}$$

$$t_{LH} = 12 \frac{H_{HL}}{U_{LH}} \tag{16}$$

m) Hitung nilai *residence time* dari setiap fasa berdasarkan volumenya

$$\theta_{LL} = \frac{H_{LL} A_L}{Q_{LL}} \tag{17}$$

$$\theta_{HL} = \frac{H_{HL} A_H}{Q_{HL}} \tag{18}$$

C. Analisis Hasil

Metode analisis dalam hasil perhitungan *residence time* ini dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pemisahan gas dalam High Pressure separator. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membandingkan data design serta data aktual hasil perhitungan yang diperoleh untuk mendapatkan efisiensi pemisahan gas. Metode analisis yang dilakukan berdasarkan standar API 12J serta *Gas Processors Suppliers Association*.

3. PEMBAHASAN

Separator yang ditinjau merupakan separator tipe horizontal yang memisahkan 3 fasa antara gas, kondensat dan air. Pemisahan dilakukan pada tekanan tinggi sebesar 425,35 psig dikarenakan tekanan umpan gas dari sumur memiliki tekanan yang tinggi. *Temperature* selama pengamatan proses pemisahan dalam separator didapatkan sebesar 125,05 °F. Pada HP Separator aliran fluida yang masuk akan pecah saat terjadinya tumbukan momentum pada *deflector plate* sehingga memisahkan antara gas dan liquid. Gas akan bergerak ke atas dan liquid akan bergerak ke bawah. Pada fase ini fluida melewati *gravity settling* dimana fluida mengalami gaya gravitasi perbedaan densitas akan membuat liquid dan gas terpisah secara alamiah dan tekanan akan menurun. Penurunan tekanan akan terjadi dalam beberapa tahap untuk menghasilkan kompone yang mudah menguap agar pemisahan air terjadi dan pemulihan cairan maksimum dan produksi minyak dan gas mencapai kondisi yang stabil.

Dalam *gravity settling* ini terdapat *coalescing packed* untuk mendapatkan efisiensi pemisahan antara kondensat dan *produced water*. *Coalescer pack* ini menyatukan partikel-partikel liquid yang kecil akan menurun ke dasar *High Pressure Separator*. Pada proses *gravity settling* akan memanfaatkan ketinggian separator untuk memperpanjang waktu tinggal atau *residence time* fluida dalam melakukan pemisahan. Hal ini memungkinkan peningkatan waktu tinggal partikel dalam separator, sehingga memungkinkan gaya gravitasi untuk bekerja dan memisahkan fasa cair dan fasa gas dengan lebih efektif.

Sedangkan, gas yang bergerak ke atas akan melewati *mist extraction* untuk menyaring butiran cairan yang terbawa ke dalam aliran gas. Saat aliran gas berada pada *mist extraction* akan terjadi perubahan arah aliran yang menyebabkan butiran cairan terperangkap dalam *mist extraction* yang kemudian akan membuat butiran cairan jatuh dalam *liquid collection section*. Gas yang telah melewati *mist extraction* kemudian akan mengalir keluar dari *High Pressure Separator* menuju alat selanjutnya yaitu *Inlet Cooler Fin Fan* untuk menurunkan *temperature* gas hasil pemisahan separator dengan medium pendingin udara sebelum ke proses selanjutnya, agar meningkatkan efisiensi pengolahan gas pada *Acid Gas Removal Unit*.

Pada *liquid collection section* terdapat weir atau penahan cairan yang akan memisahkan kondensat dengan air dengan lebih lama sehingga pemisahan yang terjadi akan lebih efektif. Pada outlet *liquid vortex breaker* akan mencegah terjadinya pusaran cairan agar gas tidak terbawa oleh cairan yang akan di drain. Kondensat yang keluar dari outlet liquid akan dialirkan menuju *Condensate Handling Unit* melalui low pressure separator. Sedangkan fasa air akan dialirkan untuk diolah pada *Produced water Treatment and Injection Unit*.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *residence time* kondisi aktual pada alat separator, maka dapat dilihat perbandingan kondisi aktual dengan data desain alat *high pressure separator* yang dimiliki sebagaimana pada tabel 8.

Tabel 7. Data perbandingan *design* dan aktual *High Pressure Separator*

HP SEPARATOR		
<i>Service</i>	HP Separator	
DESIGN CONDITION		
<i>Inside Diameter</i>	mm	1700
<i>L/D Ratio</i>		2,82
<i>Length (T/T)</i>	mm	4800
<i>Design Pressure</i>	psig	600
<i>Design Temperature</i>	°F	180
OPERATING CONDITION		

		<i>Design</i>			<i>Actual</i>		
<i>Fluid</i>		Hydrocarbon					
<i>Pressure</i>	psig	450			425,35		
<i>Temperature</i>	°F	150			125,05		
		<i>Design</i>			<i>Actual</i>		
<i>Fluida</i>		<i>Vapor</i>	<i>Light liq-uid</i>	<i>Heavy liq-uid</i>	<i>Vapor</i>	<i>Light liquid</i>	<i>Heavy liq-uid</i>
<i>Flowrate</i>	lb/hr	183529,8	3524,7063	41232,7207	129474,3143	3775,9853	30093,4341
<i>Density</i>	lb/ft ³	17.899	50.42.00	61.03.00	17.899	50.42.00	61.03.00
<i>Viscosity</i>	cP	0,0993	4,6396	3,1514	0,0993	4,6396	3,1514
<i>Mol. Weight</i>		23.07	237.08.00	18.05	23.07	237.08.00	18.05
<i>Compressi-bility</i>		6,5347222	-	-	6,5347222	-	-
<i>Surf. Tens</i>	dyne/cm	-	20.16	64.86	-	20.16	64.86
<i>Droplet size</i>	μm	140	150	150	140	150	150
<i>Time hold up</i>	sec	300			300		
<i>Time surge</i>	sec	180			180		
<i>Volume hold up</i>	m ³	16,2250			16,2250		
<i>Volume surge</i>	m ³	16,1684			16,1684		
<i>Vertical Terminal velocity</i>	m/s	0,2483			0,0752		
<i>Velocity Settling</i>	m/s	0,1863	0,7785	0,5288	0,0564	0,7785	0,5288
<i>Maximum allowable surficial ve-locity</i>	ft/s	1,1792			1,1792		
<i>Height</i>	m	0,2973	0,7785	0,7785	0,3163	0,5949	0,5949
<i>Cross Sec-tional area</i>	m ²	1,5744			1,78186		
<i>Cross Sec-tional area</i>	m ²	0,2404	0,7557	0,5782	0,2721	0,8553	0,6544
RESIDENCE TIME							
		<i>Design</i>			<i>Actual</i>		
<i>Gas Residence time (s)</i>		4,255			1,5126		
<i>Light liquid Residence time (s)</i>		1389,2			2073,4159		
<i>Heavy liquid Residence time (Bottom to NIL) (s)</i>		744			240,9254		

Berdasarkan data Tabel 8, *High Pressure Separator* ini mempunyai diameter berukuran 1,7 m dengan panjang penampang 4,8 m. *Volume holdup* dan *volume surge* secara berturut-turut 16,225 m³ dan 16,1684 m³ terminal velocity sebesar 0,0752 m/s sedangkan *vapor velocity settling* bernilai 0,0564 m/s. Partikel cairan dengan diameter tertentu akan dapat terpisahkan di separator apabila *terminal velocity* lebih besar dari kecepatan aliran gas. Dalam hal ini partikel-partikel cairan memiliki kecepatan pengendapan yang cukup untuk mengendap dan terpisah

dari aliran gas. Partikel cairan dengan ukuran yang lebih besar cenderung memiliki *terminal velocity* yang lebih tinggi, sehingga akan lebih mudah terpisahkan. Sedangkan, partikel-partikel yang lebih kecil dengan *terminal velocity* lebih rendah dapat tertahan oleh *vapor velocity*, sehingga dapat mengurangi efisiensi pemisahan partikel kecil.

Residence time mempengaruhi kinerja separator dalam memisahkan ketiga fasa tersebut, terutama dalam memastikan bahwa setiap fasa memiliki cukup waktu untuk terpisah dengan baik sesuai dengan perbedaan densitasnya. Nilai *residence time* fase gas dalam desain sebesar 0,0709 menit, fase liquid memiliki nilai 23,153 menit. Kemudian *heavy liquid* atau *produced water* memiliki nilai *residence time* sebesar 12,4 menit. Sedangkan nilai *residence time* gas, kondensat dan *produced water* pada kondisi aktual secara berturut-turut sebesar 0,0252 menit; 34,5569 menit; 4,0154 menit. Waktu tinggal gas menunjukkan bahwa aliran gas yang melalui separator lebih singkat karena densitas gas lebih rendah dibandingkan dengan densitas liquid. Sedangkan kondensat memiliki waktu yang lebih lama untuk terpisah dibandingkan gas dengan *produced water*, waktu yang lebih lama ini memungkinkan pemisahan kondensat lebih optimal.

Berdasarkan data pada tabel 7 diatas, waktu tinggal gas dan *produced water* lebih rendah dibandingkan dengan nilai *residence time* desain, sedangkan nilai *residence time heavy liquid* atau kondensat lebih tinggi dibandingkan nilai desainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kondensat mengendap lebih lama dibandingkan desain serta gas dan *produced water* lebih cepat. Hal tersebut mempengaruhi pemisahan ketiga fasa yang terjadi pada high pressure separator ini. *Residence time* gas yang terlalu cepat dapat dipengaruhi oleh perubahan tekanan yang memicu kenaikan laju alir.

Residence time pada high pressure separator ini merupakan waktu tinggal yang singkat untuk memisahkan gas dari cairan sehingga *droplet* cairan dari kondensat maupun *produced water* dapat terbawa dalam fasa gas tersebut atau dikenal dengan istilah *carryover*. Selain itu kenaikan laju alir cairan dapat memperpendek waktu tinggal yang dapat menurunkan efisiensi pemisahan 3 fasa tersebut.

Kenaikan laju alir dapat disebabkan karena adanya perubahan tekanan yang terjadi, tekanan yang lebih rendah atau fluktuasi yang sering dapat mengakibatkan gas tidak memiliki waktu yang cukup untuk pemisahan atau reaksi tertentu dalam sistem. Hal ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi proses pemisahan gas.

Untuk memastikan efisiensi pemisahan yang optimal, penting untuk menjaga tekanan dan laju alir gas dan cairan dalam batas yang memungkinkan waktu tinggal yang cukup. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah kontrol tekanan, seperti penyesuaian setpoint pada controller atau penggunaan pressure relief valves, untuk menjaga kestabilan pemisahan fasa pada separator. Kondisi operasi yang optimal harus memberikan waktu yang cukup bagi gas dan cairan untuk terpisah tanpa mengurangi waktu tinggal fasa gas, yang pada gilirannya akan mengurangi efisiensi pemisahan. Berdasarkan waktu tinggal tersebut dapat dilakukan peningkatan *demister pad* atau *vane pack* secara optimal dapat menjaga stabilitas pemisahan gas untuk menangkap lebih banyak *droplet* cairan dengan waktu tinggal yang singkat.

4. SIMPULAN

High Pressure Separator memiliki desain yang memadai untuk pemisahan fasa gas dan cairan berdasarkan perbedaan kecepatan terminal partikel cairan dan *vapor velocity*. Namun, dengan *residence time* yang singkat untuk gas (0,0252 menit), ada risiko *carryover* atau terbawanya *droplet* cairan dalam fasa gas, terutama untuk partikel yang lebih kecil. *Residence time* yang lebih lama untuk kondensat dan *produced water* memungkinkan pemisahan yang lebih efektif pada fasa cair. Pengoptimalan tekanan dan laju alir serta *demister pad/ vane pack*

dapat dilakukan untuk menangkap *droplet* cairan sehingga pemisahan ketiga fasa tersebut dapat berlangsung secara optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. H. Mulyati, *Evaluasi Kinerja Methyl Diethanol Amine (MDEA) dalam Penyerapan Kandungan H₂s Pada Proses Pengolahan Gas Alam*. eprints.unpak.ac.id, 2019.
- [2] S. Faramawy, T. Zaki, and A. A.-E. Sakr, "Natural gas origin, composition, and processing: A review," *J. Nat. Gas Sci. Eng.*, vol. 34, pp. 34–54, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2016.06.030>.
- [3] N. M. Al-Mhanna, "Simulation of high pressure separator used in crude oil processing," *Processes*, 2018, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/361398>.
- [4] A. R. Antari, "Perancangan Separator Vertikal Mini 2 Fasa Pada Kegiatan Sampling Fluida (Tinjauan Aspek Keekonomian) Di Pt. Pertaminaep Asset 2 Field Limau," *J. Tek. Patra Akad.*, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.pap.ac.id/index.php/JTPA/article/view/19>.
- [5] R. Nasirly and D. Septianto, "Analisis Risiko pada Separator di Industri Migas dengan Metode HIRARC," *Semin. Nas. Teknol.*, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/SNTIKI/article/view/11068>.
- [6] D. D. A. Sukaryo, M. T. Toha, and U. A. Prabu, "Kajian Ulang Desain Separator Untuk Mencapai Target Produksi 1500 BFPD Pada Oil Plant SG-09 PT . Energi Mega Persada (EMP) Gelam – Jambi," vol. 1, no. 2, 2017.
- [7] M. Huda, *Perancangan Separator Horizontal Kapasitas 4500 Barrel Per Day Pada Area Bunyu Field*. repository.unas.ac.id, 2022.
- [8] I. A. Setiorini *et al.*, "Pengaruh nilai waktu tinggal (wt) pada alat separator tipe vertikal dua fasa pada industri minyak dan gas," vol. 13, no. 01, pp. 25–32, 2022.
- [9] K. Pun, F. Hamad, M. Pun, G. Lawson, and P. Russell, "Experimental investigation of the effect of slenderness ratio and retention time on the separation performance of a two-phase horizontal separator," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 207, pp. 221–231, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2024.05.035>.
- [10] Gas Processors Suppliers Association, "*Separation Equipment*," pp. 1–48, [Online]. Available: <https://dl.eiepd.com/libraries/manuals/separator-design/pressure-vessel/GPSA.pdf>.
- [11] D. H. Yoon, D. Tanaka, T. Sekiguchi, and S. Shoji, "Structural Formation of Oil-in-Water (O/W) and Water-in-Oil-in-Water (W/O/W) Droplets in PDMS Device Using Protrusion Channel without Hydrophilic Surface Treatment," *Micromachines*, vol. 9, 2018, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:53151298>.
- [12] W. Monnery and W. Svrcek, "*Successfully Specify Three-Phase Separators*," *Chem. Eng. Prog.*, vol. 90, pp. 29–40, Jan. 1994.
- [13] API, "Specification for Oil and Gas Separators," 1989.

Daftar Simbol

A	= Vertical cross-sectional area, m ² atau ft ²
A _T	= Total cross-sectional area, m ² atau ft ²
D	= Diameter vessel, mm atau ft
H	= Height, m atau ft
H _v	= Vapor disengagement area height, m atau ft
H _w	= Tinggi weir, m atau ft
k _s	= Stokes law terminal velocity constant, (in/min)(cP)/(lb/ft ³)
K	= Terminal velocity constant, ft/s atau m/s
L	= Panjang, m atau ft
P	= Pressure, psig atau psia
Q	= Volumetric flowrate, ft ³ /s atau ft ³ /min atau m ³ /s
T _H	= Hold up time, min
T _s	= Surge time, min
t _{HL}	= Settling time for heavy liquid droplets out of light liquid, min
t _{LH}	= Rise time for light liquid droplets out of heavy liquid, min
U _{HL}	= Settling velocity of heavy liquid droplets out of light liquid, in/min atau m/s

U_{LH}	=	<i>Rising velocity of light liquid droplets out of heavy liquid, in/min atau m/s</i>
U_v	=	<i>Vapor velocity, ft/s atau m/s</i>
U_{vA}	=	<i>Vapor velocity aktual, ft/s atau m/s</i>
V_H	=	<i>Volume hold up, m³ atau ft³</i>
V_S	=	<i>Volume surge, m³ atau ft³</i>
W	=	<i>Weight, lb</i>
μ	=	<i>Viskositas, Ns/m</i>
ρ	=	<i>Massa jenis, Kg/m³</i>
θ	=	<i>Residence time, sec atau min</i>