

ANALISIS KINERJA *LOW PRESSURE* SEPARATOR PADA UNIT PRODUKSI MINYAK DAN GAS DI PT. X, INDONESIA

Salsabila Aliyatul Muna¹, Alimatun Nashira^{1*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0818 0230 5415
Email: alimatunnashira@ums.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja low pressure separator dua fasa pada unit produksi minyak dan gas di PT.X, yang berfungsi memisahkan fluida produksi menjadi fasa gas dan fasa cair berdasarkan perbedaan titik didih. Metode yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif yang berfokus pada analisis waktu tinggal (retention time) dan perbandingan flowrate terhadap standar API 12J. Hasil menunjukkan bahwa fasilitas produksi masih beroperasi dalam kondisi start-up atau early life produksi, yang terlihat dari laju alir aktual liquid sebesar 2274,87 BPD atau hanya sekitar 31% dari kapasitas desain 7250 Sbp/d. Kondisi early life ini, menyebabkan separator beroperasi sebagai bejana kapasitas berlebih (oversized). Meskipun efisiensi flowrate yang dihitung berada pada rentang 30,31% hingga 60,63% untuk waktu tinggal teoritis 10 hingga 20 menit, kondisi oversized ini secara krusial menghasilkan waktu tinggal liquid aktual yang jauh lebih lama daripada persyaratan standar minimum, yakni mencapai 32,99 menit. Waktu tinggal yang diperpanjang menjadi faktor dominan yang menjamin efisiensi pemisahan kualitas liquid-liquid tetap optimal hingga melampaui 99,99%, meskipun separator beroperasi pada tekanan yang lebih rendah dari rancangan desainnya..

Kata kunci: efisiensi separator; API 12J; retention time; oversized

Pendahuluan

Industri minyak dan gas bumi (migas) merupakan sektor strategis yang memiliki peran vital dalam menunjang pembangunan ekonomi dan penyediaan energi nasional. Minyak dan gas bumi menjadi tulang punggung dalam memenuhi kebutuhan energi dunia, khususnya di sektor transportasi, industri, pembangkitan listrik, dan rumah tangga (Setiawan & Pratiwi, 2018). Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi, permintaan terhadap energi fosil terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, sehingga dibutuhkan upaya optimalisasi dalam proses produksi, pengolahan, dan distribusinya (Antari & Bahari, 2016).

Pemerintah telah menetapkan target ambisius untuk peningkatan *lifting* migas guna menekan defisit dan mengurangi ketergantungan impor. Meskipun fokus transisi energi, konsumsi minyak mentah dan produk olahan masih mendominasi bauran energi primer di dalam negeri (SKK Migas, 2024). Faktanya, konsumsi minyak mentah Indonesia berdasarkan direktorat jenderal minyak dan gas bumi mencapai sekitar 1.603,769 ribu barel per hari pada akhir tahun 2023, menunjukkan tren permintaan domestik yang tinggi. Sementara itu, target *lifting* minyak bumi yang ditetapkan dalam APBN 2024 adalah 635.000 barel per hari, menandakan adanya defisit antara produksi dan kebutuhan konsumsi domestik yang harus ditanggulangi melalui impor. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa optimalisasi di seluruh rantai nilai produksi hulu migas, termasuk pemisahan fluida yang menjadi tujuan utama untuk mencapai kemandirian energi.

Dalam proses produksi di fasilitas hulu, pengolahan awal fluida hasil sumur yang berupa campuran gas, minyak, dan air harus dilakukan untuk memisahkan komposisi-komposisi tersebut (Arnold & Stewart, 2008). Peralatan utama yang digunakan untuk proses ini adalah separator dua fasa, yang bekerja berdasarkan prinsip perbedaan densitas antara fasa gas dan fasa cair (Antari & Bahari, 2016). Separator yang digunakan pada unit produksi minyak dan gas di PT.X adalah jenis bejana horizontal yang berfungsi untuk memisahkan fasa gas dan fasa cair secara efisien. Tahap pemisahan ini sangat menentukan kualitas akhir produk dan menjadi dasar bagi proses pengolahan berikutnya (Setiawan & Pratiwi, 2018). Proses pemisahan ini didasarkan pada prinsip gravitasi, di mana fluida dengan densitas lebih tinggi akan mengendap di bagian bawah bejana sebagai fasa cair, sedangkan gas dengan densitas lebih rendah akan naik ke bagian atas bejana. Pemisahan yang efektif sangat bergantung pada kondisi operasi seperti tekanan, temperatur, dan waktu tinggal (*retention time*) yang cukup agar tiap fasa dapat terpisah sempurna (Hidayat, 2017). Oleh karena itu, kinerja separator yang optimal sangat penting untuk memastikan bahwa minyak dan gas yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan.

Dalam industri minyak dan gas, sistem pemisahan bertingkat menggunakan separator tekanan tinggi (*High-Pressure Separator*, HP) dan separator tekanan rendah (*Low-Pressure Separator*, LP) adalah praktik standar untuk memproses aliran fluida dari sumur secara efisien (Arnold & Stewart, 2008). Menurut *GPSA Engineering Data Book*, Fluida produksi yang berasal dari sumur yang bertekanan tinggi diumpankan ke HP Separator, yang berfungsi untuk melakukan pemisahan awal volume gas dan *liquid* pada tekanan yang relatif tinggi. Tujuan utama pemisahan bertahap ini untuk meminimalkan *flashing* (pelepasan gas terlarut secara tiba-tiba) dan mengoptimalkan stabilisasi minyak dengan memisahkan sebagian besar gas ringan pada tekanan tinggi, yang kemudian dapat dikirim ke sistem kompresi atau *pipeline*. Kemudian, fase *liquid* yang keluar dari HP separator akan dilewatkan melalui katup pelepas tekanan (*choke* atau *control valve*) untuk diturunkan tekanannya sebelum masuk ke LP Separator (Kennedy & Pikaar, 1998). LP Separator berfungsi untuk memisahkan gas yang tersisa (gas terlarut) yang keluar dari *liquid* akibat penurunan tekanan. Sistem bertingkat ini dirancang untuk memaksimalkan pemulihan minyak cair sambil mengontrol tekanan dan laju alir, serta memenuhi spesifikasi kualitas (misalnya kandungan air dalam minyak) pada setiap tahapan, seperti yang disyaratkan oleh standar API 12J.

Kinerja dan efisiensi pemisahan separator sangat dipengaruhi oleh parameter desain seperti dimensi bejana dan waktu tinggal (*retention time*) fluida di dalamnya (Abubakar et al., 2018). Efisiensi separator merupakan ukuran kemampuan suatu alat pemisah dalam memisahkan fluida hasil produksi menjadi fasa-fasa yang berbeda secara optimal. Pada separator dua fasa, efisiensi didefinisikan sebagai tingkat keberhasilan alat dalam memisahkan gas dari cairan, atau sebaliknya, memisahkan cairan dari gas, sehingga diperoleh produk dengan tingkat kemurnian tinggi sesuai standar operasi (Arnold & Stewart, 2008). Menurut AbdulKareem (2014), efisiensi separator dipengaruhi oleh berbagai parameter desain seperti diameter bejana, tipe inlet, dan konfigurasi *mist extractor*, yang semuanya menentukan pola aliran serta kemampuan alat dalam mengendapkan dan menangkap partikel cairan dari gas. Semakin baik desain dan kestabilan operasi separator, semakin tinggi pula nilai efisiensi pemisahannya, bahkan pada penelitian tersebut efisiensi pemisahan gas-cair dapat mencapai 99,99%.

Namun, dalam praktik di lapangan, efisiensi separator sering kali mengalami penurunan akibat berbagai faktor seperti kondisi operasi yang tidak stabil, perbedaan karakteristik fluida, serta perubahan tekanan dan temperatur selama proses berlangsung. Penurunan efisiensi ini dapat menimbulkan permasalahan seperti *carry-over* (cairan yang terbawa ke aliran gas) dan *carry-under* (gas yang terbawa ke aliran cairan), yang berdampak pada menurunnya kemurnian produk serta potensi kerugian produksi. Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk melakukan analisis efisiensi separator dua fasa di perusahaan migas di kabupaten Indramayu sebagai upaya untuk mengevaluasi sejauh mana kinerja alat bekerja sesuai dengan desain dan standar API 12J. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan antara kondisi operasi separator terhadap tingkat efisiensinya serta langkah-langkah yang dapat diterapkan untuk meningkatkan performa alat agar proses pemisahan fluida berlangsung lebih efektif dan ekonomis.

Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja dan efisiensi separator dua fasa pada PT.X dalam proses pemisahan fluida hasil produksi yang terdiri dari minyak dan gas. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif deskriptif, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan hubungan antara kondisi operasi separator dengan tingkat efisiensi pemisahan fluida berdasarkan data aktual operasi di lapangan. Pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana kinerja separator sesuai dengan desain alat serta standar API 12J.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari hasil pengamatan di lapangan terhadap separator dua fasa yang meliputi tekanan operasi (psig), temperatur (°F), laju alir cairan (*liquid flowrate*, BPD), dan laju alir gas (*gas flowrate*, MMscfd). Sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen teknis perusahaan dan literatur pendukung, termasuk hasil penelitian terdahulu seperti AbdulKareem (2014), Efendioglu et al. (2014), dan Saleh (2020) yang menjelaskan hubungan antara parameter desain, kondisi operasi, dan efisiensi pemisahan fluida. Data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan dan analisis efisiensi separator.

Metode analisis dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan analisis waktu tinggal (*retention time*) dan perbandingan *flowrate* aktual dengan *flowrate* teoritis untuk menghitung efisiensi separator. Berikut metode perhitungan yang digunakan :

1. Perhitungan Volume *Liquid* (V_{liq})

Volume *liquid* yang dapat ditampung di dalam separator merupakan variabel fundamental dalam menentukan waktu tinggal. Separator yang dianalisis memiliki konfigurasi bejana tekan horizontal dengan ujung (*head*) berbentuk *hemisferikal* (setengah bola). Secara matematis, volume ini didapatkan dari penjumlahan volume bagian silinder bejana dan volume dari kedua ujung *head* (*Unit Operation of Chemical Engineering*, Singapore, 1993).

$$V_{liq} = \left[\left(\frac{1}{6} \times \pi \times K \times D^3 \right) + \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \right) \right]$$

Dengan, $K = 2b/d$

$$= \frac{2\left(\frac{1}{4}d\right)}{d}$$

Dimana :

- Vliq = Volume liquid (ft³)
- D = diameter separator (ft)
- L = Panjang separator (ft)
- K = Head coefficient
- b = Ellipse minor radius

2. Waktu Tinggal Aktual (*Retention Time*)

Waktu tinggal aktual adalah nilai yang diukur di lapangan selama operasi normal separator. Nilai ini biasanya dihitung berdasarkan volume cairan yang terisi di dalam alat dibagi dengan laju alir aktual yang melewatinya.

$$RT = \frac{V}{Q}$$

3. Perhitungan *Flow Liquid* Teoritis (Qliq)

Laju alir liquid teoritis merepresentasikan kapasitas desain maksimum yang dapat diproses oleh separator untuk mencapai efisiensi pemisahan yang ideal pada waktu tinggal yang telah distandardisasi. Nilai laju alir ini didapatkan dari perbandingan antara volume liquid yang ditampung dengan waktu tinggal minimum yang ditetapkan (Ken & Maurice, 2008).

$$Q_{liq} = \frac{V_{liq}}{\tau}$$

Keterangan :

- Qliq = Flowrate liquid (BPD)
- Vliq = Volume liquid yang ditampung (ft³)
- τ = retention time (minute)

4. Perhitungan Efisiensi *Flowrate* Separator

Efisiensi *flowrate* separator didefinisikan sebagai perbandingan antara laju alir liquid aktual yang diproses di lapangan dengan laju alir liquid teoritis yang didapatkan dari perhitungan kapasitas desain. Persamaan ini berfungsi untuk mengukur seberapa jauh kinerja operasional separator dibandingkan dengan kapasitas maksimumnya, dinyatakan dalam persentase (McCabe et al., 1993).

$$Efisiensi\ flowrate = \frac{Q_{aktual}}{Q_{teoritis}} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada *Low Pressure* (LP) Separator dua fasa di PT.X yang dirancang sebagai bejana horizontal silinder dengan ujung (*head*) berbentuk *hemispherical*. Spesifikasi desain separator ini menunjukkan kapasitas rancangan liquid sebesar 7250 Sbpld dan kapasitas gas sebesar 3 MMscfd dengan efisiensi *flowrate* separator yang ditargetkan mencapai 99,99%, serta dimensi fisik separator yang dirancang memiliki diameter 58 inci dan panjang 14 feet - 7 inch. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kondisi rancangan dan kondisi operasi aktual rata-rata yang dicatat selama periode 25 September - 09 Oktober 2025 :

Tabel 1. Data Spesifikasi *Low Pressure* Separator.

Parameter Operasi	Kondisi Operasi Rata-Rata (Aktual)	Standar Deviasi	Kondisi Rancangan (<i>Design</i>)
Tekanan (psig)	49,53 psig	0,89	100 psig
Temperature (°F)	143,97 °F	9,37	32°F (min) - 220°F (maks)
Flowrate Liquid (BPD)	2274,87 BPD	1167,68	7250 BPD
Flowrate Gas (MMscfd)	0,11 MMscfd	0,09	3 MMscfd

Kondisi operasi pada LP separator menunjukkan bahwa separator bekerja setengah dari tekanan rancangannya yaitu sebesar 49,53 psig dari 100 psig dan laju alir *liquid* rata-rata jauh di bawah kapasitas desainnya yaitu sekitar 31% dari 7250 Sbpld. Tekanan operasi yang lebih rendah dari rancangan dapat memengaruhi efisiensi pemisahan gas, karena densitas gas menjadi lebih rendah. Berdasarkan tabel 1, tekanan rancangan 100 psig dapat diinterpretasikan sebagai Tekanan Kerja Maksimum yang Diizinkan (*Maximum Allowable Working Pressure* - MAWP), yang secara umum ditetapkan dua kali lipat lebih tinggi dari tekanan operasi normal untuk sistem keamanan bejana. Selain itu, laju alir aktual yang hanya 31% dari kapasitas desain mencerminkan kondisi *start-up* atau *early life* sumur, di mana *flowrate* sengaja dibatasi untuk menjaga stabilitas produksi dan menyesuaikan dengan kapasitas fasilitas di hilir proses.

Analisis statistik deskriptif data operasi menunjukkan bahwa sebagian besar parameter memiliki variabilitas yang sangat kecil, menandakan kondisi operasi yang stabil dan terkontrol. Parameter tekanan dan laju alir gas menunjukkan stabilitas yang sangat tinggi, dibuktikan dengan nilai standar deviasi yang sangat kecil, yaitu masing-masing sebesar 0,899 psig dan 0,0934 MMscfd. Stabilitas tekanan ini, menunjukkan bahwa kontrol *valve* berjalan optimal untuk menjaga *gas headroom* agar tetap stabil. Namun, data menunjukkan adanya ketidakstabilan yang cukup besar pada laju alir *liquid* dengan standar deviasi sebesar 1167,68, hampir mencapai setengah dari nilai rata-ratanya. Tingginya variabilitas tersebut mengindikasikan adanya *slugging* atau lonjakan cairan yang signifikan dari sumur, meskipun kondisi *oversizing* pada separator, dimana laju alir aktual yang rendah dibandingkan kapasitas desain mengakibatkan waktu tinggal cairan aktual jauh lebih lama daripada waktu tinggal minimum yang dipersyaratkan oleh API 12J (Tabel 2). Secara teknis, rendahnya laju alir yang rendah dan waktu tinggal yang lama berfungsi untuk mengompensasi tekanan operasi yang berada di bawah spesifikasi. Kondisi ini memastikan pemisahan *liquid-liquid* (minyak-air) tetap efisien dan separator lebih toleran terhadap fluktuasi *flowrate* tanpa mengalami *carry-over liquid* ke jalur gas (Saleh & Qadri, 2020). Inovasi desain seringkali menjadi kebutuhan krusial untuk mengatasi masalah operasional yang melampaui kapabilitas bejana produksi utama. Sebagai contoh, berdasarkan temuan Azka & Bahari (2016), mengidentifikasi bahwa penggunaan alat *sampling* konvensional sederhana, seperti wadah Nalgen, rentan memicu tumpahan minyak yang berdampak pada pencemaran lingkungan. Permasalahan tersebut mendorong urgensi dilakukannya perancangan ulang peralatan *sampling*. Oleh karena itu, pengembangan *mini vertical two-phase separator* diusulkan untuk meningkatkan efisiensi proses *sampling* sekaligus meminimalkan risiko lingkungan. Inovasi ini tidak hanya bersifat preventif terhadap pencemaran, tetapi juga terbukti memiliki nilai keekonomian yang tinggi.

Kinerja separator dievaluasi melalui pendekatan analisis *retention time* dan perhitungan efisiensi *flowrate* separator. *Retention time* merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan efektivitas pemisahan *liquid-liquid* (minyak-air), dimana semakin lama waktu tinggal, semakin besar peluang partikel berukuran kecil untuk mengendap akibat gaya gravitasi sesuai Hukum Stokes. Standar API 12J menetapkan *retention time* minimum dipersyaratkan berdasarkan *Oil Gravity*.

Tabel 2. Standar *Retention time*.

<i>Oily gravity</i> , °API	<i>Temperature</i> , °C	<i>Typical retention time</i>
> 35	100+	3 to 5
≤ 35	80-100	5 to 10
	60-80	10 to 20

Sumber : API 12J.

Berdasarkan studi sebelumnya yang dilakukan oleh Setiorini et al., (2022) pada separator tipe vertikal dua fasa, hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai waktu tinggal yang diperoleh sebesar 8,48 menit. Nilai ini dianggap memenuhi kriteria desain dan telah terbukti efisiensi dalam proses pemisahan. Namun, waktu tinggal aktual yang diperoleh dari penelitian ini sebesar 32,99 menit pada laju alir rata-rata dan 15,11 menit pada laju alir maksimum. Jika ditinjau dari parameter operasional dengan suhu 60°F dan nilai *API Gravity* 32,5, standar API 12J secara teoretis mensyaratkan rentang *retention time* sebesar 10-20 menit untuk mencapai kesetimbangan fase optimal. Berdasarkan perbandingan tersebut, nilai pada laju alir maksimum telah sesuai dengan standar, sedangkan nilai pada laju alir rata-rata masih berada jauh di atas rentang yang dipersyaratkan. Perbedaan signifikan ini, menunjukkan bahwa separator bekerja dalam kondisi *oversizing*, di mana laju alir aktual lebih rendah dari kapasitas desain, sehingga menyebabkan lama kontak fluida di dalam bejana melampaui batas minimum yang ditetapkan oleh standar internasional.

Kinerja separator di fasilitas produksi dievaluasi secara langsung melalui perhitungan efisiensi *flowrate* separator yang dipengaruhi oleh waktu tinggal. Peningkatan waktu tinggal menjadi pendekatan utama untuk meningkatkan efisiensi *flowrate* separator, karena hal ini memberikan *droplet* cairan waktu yang lebih lama untuk mengendap akibat gaya gravitasi, sesuai dengan Hukum Stokes.

Tabel 3. Hasil perhitungan efisiensi *flowrate* separator.

<i>Retention Time</i>	<i>Flowrate Liquid</i> (Qliq)	Efisiensi (%)
10 menit	7732,27	30,31
11 menit	7029,33	33,34
12 menit	6443,55	36,38
13 menit	5947,90	39,41
14 menit	5523,05	42,44
15 menit	5154,84	45,47
16 menit	4832,66	48,50
17 menit	4548,39	51,53
18 menit	4295,70	54,56
19 menit	4069,61	57,60
20 menit	3866,13	60,63

Berdasarkan hasil analisis data pada Tabel 3, menunjukkan hubungan kuat antara penurunan laju alir cairan dengan peningkatan efisiensi *flowrate* separator, dimana seiring dengan peningkatan *retention time*, laju alir cairan menurun secara drastis dari 7732,27 BPD menjadi 3866,13 BPD, sehingga efisiensi *flowrate* separator secara signifikan meningkat mencapai 60,63%. Menurut Hukum Stokes, hal ini terjadi karena partikel cairan yang lebih berat memiliki waktu lebih lama untuk mengendap. Dalam kondisi aktual, laju alir cairan operasional jauh lebih rendah dari kapasitas desain bejana yang mengindikasikan bahwa separator beroperasi dalam kondisi kapasitas berlebih (*oversized*). Laju alir cairan yang rendah dalam separator memberikan keuntungan operasional dengan *retention time liquid* yang secara efektif melebihi batas minimum yang ditetapkan oleh standar desain industri. Hasil pengukuran operasional di lapangan menunjukkan bahwa nilai waktu tinggal aktual yang secara substansial lebih tinggi dibandingkan parameter desain. Secara kuantitatif, analisis data mencatat waktu tinggal sebesar 32,99 menit pada laju alir rata-rata, dan 15,11 menit pada laju alir maksimum. Tingginya nilai aktual ini, mengindikasikan adanya margin keamanan waktu yang signifikan dan berimplikasi bahwa separator beroperasi pada kondisi yang konservatif. Meskipun tekanan operasi berada di bawah tekanan desain, yang secara teoritis dapat merugikan pemisahan gas/*liquid*, perpanjangan waktu tinggal *liquid* ini berhasil mengkompensasi dan menjamin pemisahan *liquid* tetap optimal.

Dalam upaya mengevaluasi mekanisme kerja dan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi *flowrate* pada *low pressure separator*, analisis statistik dilakukan dengan menggunakan metode korelasi pearson. Metode ini dipilih karena dapat mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antara dua variabel terdistribusi secara kontinu. Tujuan utama dari analisis korelasi ini adalah untuk mengidentifikasi sejauh mana variabel-variabel operasional, seperti tekanan dan laju alir yang saling memengaruhi satu sama lain, serta untuk menginterpretasikan fenomena yang terjadi di dalam separator. Koefisien korelasi Pearson memiliki rentang nilai antara -1 hingga +1, di mana nilai yang mendekati 1 atau -1 menunjukkan hubungan yang kuat, sementara nilai mendekati 0 mengindikasikan bahwa hubungan linier antara kedua variabel sangat lemah atau tidak signifikan. Berikut adalah tabel hasil korelasi pearson yang telah dihitung berdasarkan data operasi *logsheet*.

Tabel 4. Hasil analisis korelasi pearson.

Pasangan variable yang dikorelasikan	Koefisien korelasi	Interpretasi kekuatan hubungan	Arah hubungan
<i>Flowrate</i> gas HP separator vs <i>Flowrate</i> gas LP separator	+0,43	Lemah	Positif
Tekanan HP separator vs <i>Flowrate</i> gas LP separator	- 0,23	Lemah	Negatif
Tekanan LP separator vs <i>Flowrate</i> gas HP separator	+0,16	Sangat lemah	Positif

Korelasi positif lemah antara *flowrate* gas *high pressure* separator dan *flowrate* gas *low pressure* separator mengindikasikan bahwa peningkatan laju alir gas pada *high pressure* cenderung diikuti oleh kenaikan laju gas pada *low pressure*, meskipun hubungannya tidak terlalu kuat. Secara mekanika proses, peningkatan gas *load* pada *high pressure* separator berpotensi meningkatkan volume gas yang terbawa ke tahap berikutnya apabila efisiensi *flowrate* separator tidak tercapai secara optimal. Fenomena ini sering terjadi pada kondisi yang mendekati batas kapasitas pemisahan gas. Meskipun demikian, rendahnya koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol dan

desain separator masih efektif menahan fluktuasi laju alir antartahap, sehingga hanya sebagian kecil variasi gas *high pressure* yang memengaruhi gas *low pressure*. Adanya korelasi positif ini, menandakan bahwa kenaikan *flowrate* gas *high pressure* separator perlu dipantau karena dapat menjadi indikator awal terjadinya penurunan efisiensi pemisahan pada *high pressure* yang berpotensi mempengaruhi *low pressure*.

Hubungan negatif lemah antara tekanan *high pressure* separator dan *flowrate* gas *low pressure* separator mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan pada *high pressure* cenderung diikuti oleh penurunan laju alir gas di *low pressure*. Secara termodinamika, kenaikan tekanan pada *high pressure* separator dapat meningkatkan densitas gas serta kelarutan gas dalam fasa cair. Hal ini disebabkan oleh adanya sebagian gas terlarut dalam cairan untuk waktu yang lebih lama, sehingga volume fasa gas bebas yang masuk ke *low pressure* mengalami reduksi. Namun rendahnya nilai koefisien korelasi ini, menandakan bahwa fluktuasi tekanan *high pressure* terhadap *flowrate* gas *low pressure* bukan merupakan faktor utama dalam proses. Faktor yang lebih dominan umumnya berasal dari fluktuasi *inlet flow* total, karakteristik termodinamika fluida, serta pengaturan *choke* dan *control valve* yang mengendalikan pelepasan gas di setiap tahap pemisahan. Oleh karena itu, meskipun terdapat kecenderungan arah hubungan, perubahan tekanan *high pressure* dalam batas operasional normal tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kontrol laju alir gas pada *low pressure* separator.

Korelasi positif yang sangat lemah antara tekanan *low pressure* separator dan *flowrate* gas *high pressure* separator menunjukkan bahwa hubungan keduanya hampir tidak memiliki keterkaitan linier. Secara teoritis, peningkatan tekanan pada suatu unit separator dapat mempengaruhi densitas dan pola aliran gas, sehingga secara tidak langsung berpotensi mempengaruhi performa proses di hulu maupun hilir. Namun, nilai korelasi yang mendekati nol memperjelas bahwa fluktuasi tekanan *low pressure* separator dalam batas normal tidak memberikan perubahan substansial terhadap fluktuasi *flowrate* gas *high pressure* separator. Hal ini mengimplikasikan bahwa laju alir gas pada *high pressure* lebih dominan dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti besarnya laju alir fluida dari sumur, kondisi *reservoir*, serta pengaturan *control valve* otomatis. Hubungan yang sangat lemah ini juga menunjukkan bahwa sistem separator bertingkat (*multi-stage separation*) yang beroperasi sesuai prinsip desainnya, dimana setiap tahap bersifat relatif independen dan memiliki pengaruh minimal terhadap tahap lainnya selama masih berada dalam batas operasi normal.

Upaya mempertahankan serta mengoptimalkan efisiensi separator di PT. X Indonesia menjadi prioritas utama, karena fasilitas saat ini masih berada dalam fase *start-up* atau *early life* produksi. Kondisi ini ditandai dengan laju alir aktual cairan yang masih jauh di bawah kapasitas desain, sehingga separator beroperasi secara *oversized*. Meskipun hal ini memberikan keuntungan berupa waktu tinggal (*retention time*) yang lebih lama dan mampu meningkatkan kualitas pemisahan cairan hingga melampaui 60,63%. Strategi operasional jangka panjang harus mengintegrasikan dua aspek fundamental guna menjamin keberlanjutan performa sistem. Pertama, potensi *oversizing* harus dimanfaatkan sebagai jaminan kinerja saat dilakukan peningkatan kapasitas (*ramp-up*) agar margin keamanan tetap terjaga. Kedua, meskipun usia alat baru berkisar ± 1 tahun dan degradasi material belum menjadi isu utama, pemeliharaan preventif harus tetap dijadwalkan secara rutin. Dalam praktiknya, pemeliharaan menyeluruh pada bejana separator hanya dapat dilakukan saat jadwal *shutdown* setiap beberapa tahun sekali. Namun, untuk menjaga kelancaran aliran gas dan efisiensi *flowrate* separator, pemeliharaan pada instrumen pendukung seperti pembersihan *strainer* tetap dilakukan secara rutin sekitar 1–2 kali dalam sebulan, tergantung pada kualitas fluida produksi dan akumulasi sedimen yang masuk ke sistem.

Kesimpulan

Analisis efisiensi pada *low pressure* separator dua fasa di PT. X Indonesia menunjukkan bahwa unit tersebut saat ini beroperasi di bawah kapasitas desainnya. Hal ini terlihat dari efisiensi *flowrate* yang rendah, berkisar antara 30,31% hingga 60,63% untuk rentang *retention time* teoretis 10 hingga 20 menit. Berdasarkan perbandingan data, laju alir aktual 2274,87 BPD dibandingkan dengan kapasitas desain 7250 sBPLD, yang mengindikasikan bahwa separator berada dalam kondisi *oversized*. Kondisi *oversizing* tersebut secara langsung berdampak pada durasi kontak fluida di dalam bejana, di mana hasil perhitungan menunjukkan waktu tinggal aktual rata-rata mencapai 32,99 menit. Bahkan pada kondisi laju alir maksimum, waktu tinggal aktual yang diperoleh tetap berada pada angka 15,11 menit, yang masih memenuhi batas optimal standar operasional. Waktu tinggal yang diperpanjang ini menjadi faktor dominan yang secara efektif meningkatkan efisiensi pemisahan fasa cair melalui gaya gravitasi. Dengan demikian, separator memiliki efisiensi kualitas pemisahan yang sangat tinggi karena *oversizing* dan waktu tinggal yang lama, meskipun beroperasi pada tekanan yang lebih rendah dari rancangan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada manajemen PT. X atas izin, dukungan operasional, dan fasilitas yang diberikan selama penelitian. Apresiasi khusus ditujukan kepada pembimbing lapangan, Bapak Ricky Fredinansyah, Bapak Syarief Basyarahil, dan Bapak M. Faiz Ikhsan, serta rekan-rekan di PT. X atas bimbingan dan wawasan praktis yang sangat berharga.

Daftar Pustaka

- AbdulKareem, L.A. (2014). Effect of Design Parameters on The Separation Efficiency of Vertical Gas/Liquid Separator in Oil Gas Pipeline. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(2), 269–275.
- Abubakar, A. O., Awan, O., & Sani, M. M. (2018). The effect of retention time and vessel dimensions on the performance of a two-phase separator. *Journal of Engineering Research and Reports*, 2(3), 1-13.
- American Petroleum Institute (API). (2011). *API Specification 12J: Specification for Oil and Gas Separators* (9th ed.). Washington, D.C.
- Antari, A. R. & Bahari, R., 2016. PERANCANGAN SEPARATOR VERTIKAL MINI 2 FASA PADA KEGIATAN SAMPLING FLUIDA (TINJAUAN ASPEK KEEKONOMIAN) DI PT. PERTAMINAEP ASSET 2 FIELD LIMAU. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, Volume 7, pp. 49-62.
- Arnold, K. & Stewart, M. (2008). *Surface Production Operations, Volume 1: Design of Oil-Handling Systems and Facilities* (3rd ed.). Gulf Professional Publishing, Houston, TX.
- Azka, R, A., dan Bahari, R. 2016. PERANCANGAN SEPARATOR VERTIKAL MINI 2 FASA PADA KEGIATAN SAMPLING FLUIDA (TINJAUAN ASPEK KEEKONOMIAN) DI PT. PERTAMINAEP ASSET 2 FIELD LIMAU. 7(2) : 49–62.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. (2024). *Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2024*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Efendioglu, K., Meral, M.E., & Ceyhan, K. (2014). Computational analysis of effects of location of the diverter plate and inlet velocity on the efficiency of two-phase flow separ. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29(3), 579-588.
- GPSA Engineering Data Book (Gas Processors Suppliers Association). (Various Editions). *Chapter 7: Separation*.
- Hidayat, Z. I., 2017. PENGELOLAAN DAN PROSES INSTALASI PERAWATAN AIR LIMBAH DALAM PEMBERSIHAN MINYAK DAN GAS DENGAN MENGGUNAKAN SEPARATOR DAN SCRUBBER DI LAPANGAN "X". *Jurnal OFFSHORE*, Volume 1, pp. 39-47.
- Kenndy, H. T., & Pikaar, M. J. (1998). *Petroleum Engineering: A Reservoir Engineering Approach*. Elsevier Science.
- McCabe, W.L., Smith, J.C. and Harriott, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill, New York.
- Saleh, M. & Qadri, S. (2020). Effect of Physical Factors on Separation Efficiency of GAS From Oil Case Study in Alif Oil Field (Block 18). *Hadhramout University Journal of Natural & Applied Sciences*, 17(1), 22-35.
- Setiawan, A. B. & Pratiwi, S. E., 2018. Perancangan dan Analisis Tegangan Separator Produksi Menggunakan Software PV Elite dan SolidWorks. *Jurnal Teknik Mesin*, Volume 7, pp. 97-103.
- Setiorini, I, A., Agusdin., Pratama, S, A., dan Yudhianto, A. 2022. PENGARUH NILAI WAKTU TINGGAL (WT) PADA ALAT SEPARATOR TIPE VERTIKAL DUA FASA PADA INDUSTRI MINYAK DAN GAS. 13(1) : 25-32.