

OPTIMASI *HIGH PRESSURE* SEPARATOR PADA GAS SEPARATION UNIT UNTUK MENGURANGI PERSENTASE *ENTRAINMENT*

Kaori Hermin Alifia¹, Rafly Abdillah Al-Fakhruddin¹, Wisnu Aji Thiananda¹, Tun Sriaana^{1*}

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No. 38 Cepu, Blora, Jawa Tengah 58315
E-mail: tun.sriaana@gmail.com

ABSTRAK

High pressure separator merupakan peralatan penting dalam proses pemisahan gas-liquid yang bertujuan meminimalkan *entrainment*, yaitu terbawanya *droplet liquid* ke aliran gas. Kinerja pemisahan yang baik diperlukan untuk menjaga kualitas gas dan mencegah gangguan pada peralatan hilir. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa aktual separator serta memahami pengaruh variasi kondisi operasi terhadap tingkat *entrainment* melalui analisis sensitivitas. Metode yang digunakan adalah pendekatan *trial and error* menggunakan simulasi ASPEN HYSYS V14 dengan model termodinamika *Peng-Robinson*, disertai perbandingan terhadap data operasi untuk memastikan keakuratan respons sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu merupakan parameter paling dominan dalam memengaruhi *entrainment*. Penurunan suhu dari 150°F ke 140°F pada tekanan konstan 450 psig menghasilkan penurunan *entrainment* yang signifikan, dari kisaran 0.01336 menjadi 0.01294. Kondisi suhu rendah meningkatkan densitas fasa liquid dan mengurangi volatilitas komponen berat, sehingga *droplet* lebih stabil dan tidak mudah terangkat ke aliran gas. Sebaliknya, peningkatan suhu hingga 200 °F menyebabkan *entrainment* meningkat bertahap hingga mencapai 0.01535, menunjukkan bahwa separator mendekati batas kecepatan gas yang diizinkan menurut kriteria *Souders Brown*. Variasi tekanan memberikan pengaruh yang jauh lebih kecil, ditunjukkan oleh penurunan *entrainment* yang sangat landai dari 0.01344 pada 400 psig menjadi 0.01322 pada 625 psig. Secara keseluruhan, hasil analisis menegaskan bahwa optimasi suhu jauh lebih efektif dibandingkan tekanan dalam mengendalikan *entrainment* dan menjaga stabilitas pemisahan. Kondisi 450 psig dan 140 °F direkomendasikan sebagai kondisi operasi paling optimal berdasarkan performa pemisahan yang paling stabil dan tingkat *entrainment* terendah dalam rentang pengujian.

Kata kunci: Separator Bertekanan Tinggi, Optimasi, Suhu Operasi, Efisiensi, ASPEN HYSYS

1. PENDAHULUAN

High Pressure Separator (HPS) merupakan salah satu peralatan utama dalam unit pemrosesan gas yang berfungsi untuk memisahkan fluida produksi menjadi fase gas, kondensat, dan air melalui mekanisme perbedaan densitas serta gaya gravitasi [1]. Pada fasilitas pengolahan gas, separator bertekanan tinggi memiliki peran kritis dalam mengurangi *entrainment*, yaitu terbawanya partikel cairan ke fase gas atau sebaliknya, yang dapat menurunkan kualitas aliran gas sekaligus menimbulkan masalah operasional pada peralatan hilir seperti kompresor, *heat exchanger*, ataupun unit pemrosesan lanjutan [2]. Efektivitas pemisahan di dalam separator sangat memengaruhi keberlangsungan operasi, stabilitas sistem, serta keandalan rantai pasok energi dari fasilitas pengolahan gas tersebut.

Dalam praktik operasi, berbagai permasalahan umum sering dijumpai pada *high pressure separator*, seperti meningkatnya *entrainment* gas ke fase cair, *carry-over* cairan ke sistem gas, penurunan waktu tinggal (*retention time*), dan terbentuknya akumulasi cairan (*liquid holdup*) yang mengganggu zona pemisahan [3]. Permasalahan-permasalahan ini biasanya terkait erat dengan perubahan kondisi operasi, baik tekanan, temperatur, maupun laju alir fluida produksi.

Ketidaksesuaian antara kondisi operasi aktual dengan kondisi desain dapat menyebabkan penurunan efisiensi pemisahan, sehingga pemantauan kinerja separator perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan operasi tetap stabil dan aman [4].

Hubungan antarparameter operasi seperti tekanan, temperatur, kecepatan aliran gas, fraksi cairan, dan waktu tinggal merupakan faktor kunci yang menentukan efisiensi pemisahan pada separator bertekanan tinggi. Tekanan yang terlalu tinggi dapat menurunkan selisih densitas antar fase sehingga pemisahan menjadi kurang efektif, sedangkan temperatur yang tidak stabil dapat mengubah karakteristik fluida dan mempengaruhi tingkat *entrainment* [5]. Selain itu, laju alir gas yang berlebihan dapat menyebabkan gaya tarik ke atas lebih besar daripada gaya gravitasi, sehingga partikel cairan terbawa menuju outlet gas (*carry-over*), yang mengindikasikan penurunan performa separator [6].

Berbagai penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa efisiensi separator sangat dipengaruhi oleh desain internal seperti *vane pack*, *mist extractor*, *inlet diverter*, serta geometri bejana, yang bekerjasama mengurangi *entrainment* dan meningkatkan kualitas pemisahan [7]. Studi lain menjelaskan bahwa prinsip kerja separator bertekanan tinggi mengikuti hukum mekanika fluida dan termodinamika, terutama terkait gaya gravitasi, momentum, dan kecepatan aliran, yang menentukan distribusi fase gas dan cairan di dalam bejana [8]. Literatur pada umumnya menekankan bahwa evaluasi kinerja separator idealnya dilakukan menggunakan pendekatan observasi langsung di lapangan serta perhitungan keseimbangan massa untuk melihat kesesuaian antara performa aktual dan desain [9].

Berdasarkan landasan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis performa aktual high pressure separator pada sebuah unit pemrosesan gas dengan tujuan mengetahui tingkat efisiensi pemisahan, mengidentifikasi parameter yang paling berpengaruh terhadap terjadinya *entrainment* dan *carry-over*, serta mengevaluasi sejauh mana kondisi operasi aktual sesuai dengan desain separator [10]. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang bermanfaat untuk meningkatkan kinerja, stabilitas, serta keselamatan operasi unit pemrosesan gas di masa mendatang.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan trial and error berbasis simulasi proses, yaitu metode dengan melakukan variasi parameter operasi secara bertahap untuk memahami respons separator terhadap perubahan tekanan dan suhu. Pendekatan ini dipilih karena pemisahan pada separator bersifat dinamis, terutama pada aliran multiphase gas liquid, sehingga perubahan kecil pada variabel operasi dapat berdampak signifikan terhadap kualitas pemisahan serta risiko *entrainment*. Dengan menggunakan metode ini, model separator dibangun berdasarkan data feed gas dan data desain peralatan, kemudian dilakukan simulasi dengan kondisi operasi aktual sebagai titik awal. Setelah itu, variasi tekanan dan suhu diterapkan untuk mengevaluasi batas kemampuan separator dan area operasi yang paling stabil. Tahap awal penelitian dimulai dengan mengumpulkan data kondisi feed gas, yaitu fluida yang masuk ke separator. Data ini menjadi dasar dalam menentukan kondisi termodinamik campuran sebelum proses pemisahan. Tabel berikut menunjukkan kondisi aktual feed gas.

Tabel 1. Data Kondisi Feed Gas

Parameter	Satuan	Nilai Aktual
<i>Mass Flow</i>	lb/hr	163.343,784
<i>Molar Flow</i>	lbmol/hr	6.926,331
<i>Pressure</i>	psig	425,35
<i>Temperature</i>	°F	125,05

Data feed gas ini menunjukkan bahwa fluida masuk ke separator pada laju dan tekanan

yang cukup tinggi, dengan suhu relatif rendah untuk standar fasilitas pemrosesan hidrokarbon. Kombinasi laju alir, tekanan, dan temperatur ini menyebabkan campuran berada dalam kondisi dua fasa, sehingga pemisahan membutuhkan desain separator yang sesuai dan operasi yang stabil. Laju molar dan massa yang besar juga menandakan bahwa separator harus mampu menampung volume signifikan dari gas, minyak, dan air dalam satu waktu. Selanjutnya, penelitian menggunakan data desain separator sebagai acuan untuk membangun model peralatan di Aspen HYSYS. Data desain ini penting untuk memastikan bahwa model yang digunakan sesuai dengan batas mekanis dan kapasitas pemisahan alat. Informasi desain tersebut disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Desain High Pressure Separator

Data Operasi / Desain	Nilai	Satuan
<i>Inside Diameter</i>	1700	mm
<i>Length (T/T)</i>	4800	mm
<i>Total Capacity</i>	430.18	ft ³
<i>Max. Liquid Capacity</i>	238.47	ft ³
<i>Design Pressure</i>	600	psig
<i>Design Temperature</i>	180	°F
<i>Operating Pressure</i>	450	psig
<i>Operating Temperature</i>	150	°F
<i>Gas Flowrate</i>	70.57	MMSCFD
<i>Oil Flowrate</i>	657.46	BPD
<i>Water Flowrate</i>	2468.84	BPD
HHLL (Left / Right Weir)	900 / 800	mm
HLL	800 / 650	mm
LLL	600 / 350	mm
LLLL	500 / 200	mm

Data desain ini menjelaskan bahwa separator dirancang sebagai *high-capacity* vessel dengan volume lebih dari 430 ft³ dan kapasitas maksimum liquid 238,47 ft³. Informasi tekanan dan suhu desain digunakan untuk memastikan bahwa simulasi tidak melampaui batas mekanis alat. Selain itu, data laju alir tiga fasa (gas, oil dan water) memberikan gambaran mengenai kompleksitas pemisahan yang harus dicapai separator setiap saat. Level kontrol (HHLL, HLL, LLL, LLLL) menunjukkan bahwa stabilitas level liquid merupakan aspek penting dalam operasi, karena fluktuasi level berpotensi menyebabkan *carry-over* atau *carry-under*.

Setelah seluruh data dasar dikumpulkan, model separator dibangun di Aspen HYSYS versi 14 menggunakan *equation of state Peng-Robinson*, yang umum digunakan untuk fluida hidrokarbon. Model dibuat sesuai dengan dimensi separator, kemudian kondisi operasi aktual dimasukkan untuk menjalankan simulasi awal. Ketika model sudah stabil, penelitian berlanjut pada proses variasi tekanan dan suhu sebagai bagian dari metode trial and error. Variasi kedua parameter ini dilakukan karena tekanan dan suhu secara langsung mempengaruhi densitas gas, kecenderungan kondensasi hidrokarbon berat, serta batas kecepatan gas yang diperbolehkan sebelum entrainment terjadi.

Variasi tekanan bertujuan memahami bagaimana perubahan kerapatan gas mempengaruhi batas entrainment sesuai persamaan *Souders Brown*. Misalnya, pada kondisi operasi 525 psig dan 135°F, nilai entrainment yang dihitung adalah 0,01264055, yang menunjukkan bahwa setiap perubahan kecil pada tekanan atau suhu dapat mengubah batas kecepatan gas di dalam separator. Jika batas ini terlampaui, *droplet* liquid akan terbawa ke outlet gas dan menurunkan kualitas pemisahan. Itulah sebabnya parameter tekanan diuji secara bertahap untuk mengetahui rentang operasi yang tetap aman.

Variasi suhu dilakukan untuk mempelajari efek perubahan temperatur terhadap

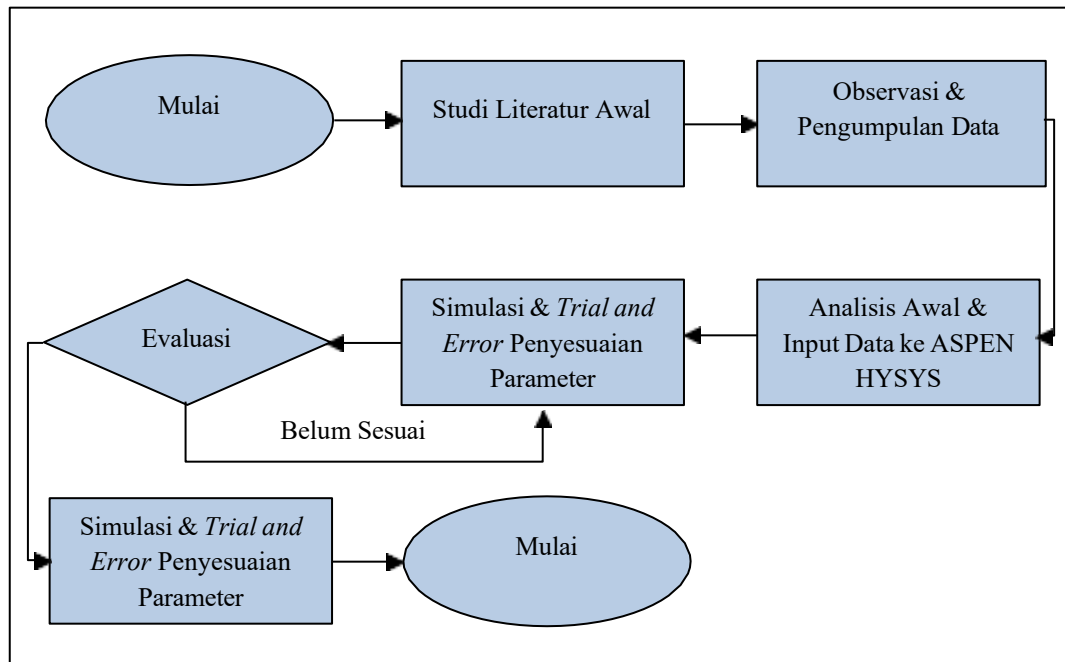
pembentukan fasa gas dan cair. Suhu yang lebih rendah meningkatkan kecenderungan kondensasi komponen berat dan menurunkan risiko entrainment, tetapi terlalu rendah dapat mengganggu kestabilan level liquid. Sebaliknya, suhu yang terlalu tinggi dapat mengurangi efisiensi pemisahan, menyebabkan lebih banyak komponen berat seperti C5+ ikut terbawa ke aliran gas. Dengan melakukan simulasi pada berbagai tingkat suhu, penelitian dapat menentukan titik di mana pemisahan gas liquid berlangsung paling efektif.

Setiap hasil simulasi dianalisis dengan membandingkan komposisi gas outlet, distribusi liquid, kestabilan level separator, serta deviasi dari batas operasi berdasarkan desain. Perbandingan ini berguna untuk menilai apakah kondisi operasi aktual sudah ideal atau perlu disesuaikan agar risiko *entrainment*, *overloading*, dan ketidakstabilan pemisahan dapat diminimalkan. Penelitian ini tidak menargetkan peningkatan puritas CH₄ karena fungsi separator bukan untuk meningkatkan kualitas gas, tetapi untuk meminimalkan terbawanya liquid pada aliran gas dan memastikan pemisahan fasa berlangsung stabil. Oleh karena itu, parameter seperti kadar hidrokarbon berat (C5+) pada outlet gas lebih relevan digunakan sebagai indikator performa dibandingkan puritas CH₄.

Melalui kombinasi pengumpulan data, pembangunan model simulasi, dan variasi parameter operasi, metode *trial and error* dalam penelitian ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai bagaimana separator berperilaku pada berbagai kondisi operasi. Dengan demikian, hasilnya dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas pemisahan gas liquid dan menentukan kondisi operasi yang paling aman serta paling stabil bagi separator sesuai dengan batas desainnya.

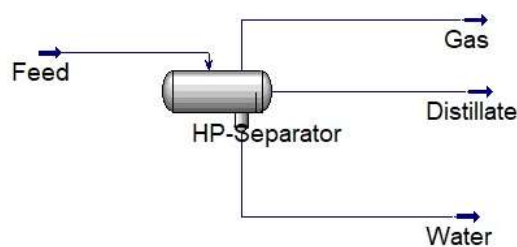
Selain rangkaian tahapan tersebut, keseluruhan proses penelitian ini divisualisasikan dalam Gambar 1. Alur Proses Penelitian, yang menggambarkan hubungan sistematis antara setiap langkah yang dilakukan. Pada tahap awal, penelitian dimulai dengan kegiatan studi literatur untuk memahami prinsip kerja separator gas liquid, karakteristik aliran multiphase, serta parameter desain yang relevan. Tahap ini menjadi fondasi konseptual sebelum dilakukan observasi lapangan dan pengumpulan data aktual. Selanjutnya, data *feed* gas dan data desain separator dianalisis dan dimasukkan ke dalam Aspen HYSYS sebagai dasar pembangunan model. Setelah model terbentuk dan kondisi operasi aktual diterapkan, tahap simulasi dilanjutkan dengan pendekatan *trial and error* untuk melihat respons separator terhadap berbagai variasi suhu dan tekanan.

Flowchart tersebut juga menunjukkan bahwa setiap hasil simulasi tidak langsung dianggap final, melainkan harus melalui proses evaluasi. Jika hasil simulasi belum sesuai misalnya terjadi indikasi *entrainment* melebihi batas desain, ketidakstabilan level liquid, atau distribusi fasa yang tidak konsisten maka parameter operasi akan disesuaikan kembali dan proses simulasi diulang. Siklus iteratif ini berlangsung hingga diperoleh kondisi operasi yang mendekati kinerja ideal berdasarkan desain separator. Dengan demikian, diagram alur pada Gambar 1 bukan hanya representasi visual dari langkah penelitian, tetapi juga menggambarkan pendekatan berulang yang esensial dalam metode *trial and error*. Proses iteratif inilah yang memungkinkan peneliti menemukan kombinasi kondisi operasi yang paling aman, stabil, dan sesuai dengan batas pemisahan gas liquid yang dirancang pada separator.



Gambar 1. Alur proses penelitian

Selain diagram alur penelitian, penelitian ini juga dilengkapi dengan *Process Flow Diagram (PFD)* sederhana yang ditampilkan pada Gambar 2. PFD tersebut menunjukkan skema dasar aliran fluida pada *high pressure separator* (HP-Separator) yang menjadi objek utama penelitian. Pada gambar tersebut, aliran *feed* yang berupa campuran gas, minyak, dan air masuk ke dalam separator melalui sisi kiri peralatan. Di dalam bejana separator, fluida kemudian dipisahkan secara gravitasi berdasarkan perbedaan densitas masing-masing fasa. Komponen gas yang memiliki densitas paling rendah naik ke bagian atas bejana dan keluar melalui outlet gas. Komponen cair hidrokarbon (*distillate* atau *oil*) terkumpul di bagian tengah bejana dan keluar melalui outlet tengah, sementara air yang memiliki densitas paling tinggi mengendap di bagian paling bawah dan keluar melalui *outlet water*.



Gambar 2. PFD

PFD ini membantu menggambarkan proses pemisahan tiga fasa yang berlangsung di dalam separator, sekaligus memperjelas tujuan penelitian, yaitu mengevaluasi kinerja pemisahan gas–liquid, bukan meningkatkan kemurnian komponen tertentu seperti CH_4 . Dengan memahami distribusi aliran pada setiap outlet, penyesuaian parameter operasi (tekanan dan suhu) dalam simulasi dapat dianalisis berdasarkan dampaknya terhadap stabilitas level cairan, batas entrainment gas, dan jumlah liquid yang terbawa pada aliran gas. Oleh karena itu, PFD ini menjadi elemen penting dalam menjelaskan konteks operasional separator, sehingga hasil simulasi dan evaluasi kinerja dapat ditafsirkan secara lebih akurat sesuai prinsip pemisahan fasa.

3. PEMBAHASAN

A. Data Trial dan Error

Pendekatan *trial and error* digunakan untuk mengamati pengaruh variasi kondisi operasi khususnya suhu dan tekanan terhadap performa pemisahan gas liquid di dalam separator. Karena separator tidak dirancang untuk menghasilkan tingkat kemurnian komponen tertentu, evaluasi performanya harus berfokus pada *entrainment*, yaitu seberapa besar droplet liquid yang ikut terbawa ke aliran gas. Peningkatan *entrainment* biasanya terdeteksi melalui naiknya komponen berat (misalnya C_5+) di gas outlet. Sebaliknya, ketika *entrainment* menurun, kualitas pemisahan meningkat.

Tabel 1. Trial and Error Variabel Temperature

<i>Pressure (psig)</i>	<i>Temperature (F)</i>	<i>Persentase Entrainment</i>
450	130	0.012554115
450	140	0.012938836
450	150	0.013359763
450	160	0.013833066
450	170	0.014374712
450	180	0.015000891
450	190	0.01543446
450	200	0.015351122

Dari data terlihat bahwa tren *entrainment* meningkat seiring naiknya suhu operasi. Pada suhu rendah seperti 130°F dan 140°F, nilai *entrainment* berada pada kisaran 0.0125–0.0129, yang merupakan nilai terendah dalam rangkaian percobaan. Ketika suhu naik menuju 150°F hingga 200°F, *entrainment* bertambah secara bertahap, menunjukkan bahwa *droplet* liquid semakin mudah terangkat oleh aliran gas. Fenomena ini sejalan dengan prinsip mekanisme pemisahan dua fase, suhu yang lebih tinggi menurunkan densitas liquid dan meningkatkan volatilitas komponen berat. Akibatnya, *droplet liquid* menjadi lebih ringan dan lebih mudah terbawa gas. Selain itu, pada suhu tinggi, penguapan sebagian komponen berat dapat meningkatkan fraksi berat di gas outlet, sehingga memperbesar risiko *carry-over*.

Pada suhu rendah, perbedaan densitas antara gas dan liquid menjadi lebih besar sehingga gaya pemisahan gravitasi semakin dominan. *Droplet* yang terbentuk juga memiliki ukuran lebih besar dan cenderung mudah mengendap kembali ke *liquid pad*. Inilah sebabnya nilai *entrainment* pada suhu 130–140°F berada pada tingkat paling rendah. Peningkatan *entrainment* yang konsisten dari 150°F sampai 200°F menunjukkan bahwa separator bergerak mendekati batas kecepatan gas yang diperbolehkan menurut persamaan *Souders Brown*, sehingga operasi pada suhu tinggi lebih rentan terhadap terjadinya *carry-over*.

Tabel 2. Trial and Error Variabel Pressure

<i>Pressure (psig)</i>	<i>Temperature (F)</i>	<i>Persentase Entrainment</i>
400	150	0.013441332
425	150	0.013397531
450	150	0.013359763
475	150	0.013327349
500	150	0.013299744
525	150	0.013276509
550	150	0.013257281
575	150	0.013241761
600	150	0.013229702
625	150	0.013220896

Dari hasil percobaan, terlihat bahwa perubahan tekanan memberikan efek yang lebih kecil dibandingkan perubahan suhu. Saat tekanan meningkat dari 400 psig hingga 625 psig, nilai entrainment menurun perlahan dari 0.01344 ke 0.01322. Pola penurunan ini relatif landai, menunjukkan bahwa perubahan tekanan tidak menghasilkan perubahan signifikan dalam performa pemisahan. Secara teori, tekanan yang lebih tinggi meningkatkan densitas gas, sehingga gaya pemisahan gravitasi terhadap droplet liquid seharusnya meningkat. Namun, pada kondisi separator, peningkatan tekanan juga meningkatkan intensitas turbulensi dalam aliran gas. Turbulensi ini dapat membentuk droplet yang lebih kecil dan ringan, yang lebih sulit dipisahkan oleh gravitasi maupun demister pad. Droplet kecil inilah yang berpotensi menyebabkan *carry-over*, terutama jika *superficial gas velocity* mendekati batas *Souders–Brown*.

Penurunan *entrainment* yang tampak pada tabel sebagian besar bukan karena pemisahan yang jauh lebih baik, tetapi lebih terkait dengan pergeseran distribusi fase akibat perubahan sifat fluida pada tekanan tinggi. Pengaruhnya jauh lebih kecil dibandingkan pengaruh suhu, yang secara langsung mengubah fenomena kondensasi dan densitas masing-masing fasa. Dengan demikian, meskipun tekanan tinggi sedikit menurunkan *entrainment*, risiko operasi pada tekanan sangat tinggi tetap ada, terutama terkait pembentukan droplet berukuran mikro yang sulit ditangkap oleh *mist extractor*.

B. Hasil Penelitian

Bagian hasil penelitian ini menggambarkan bagaimana variasi tekanan dan suhu memengaruhi performa pemisahan pada *high pressure separator*, dengan fokus pada perubahan komposisi gas, stabilitas operasi, dan terutama kecenderungan *entrainment*. Data hasil simulasi yang dibandingkan dengan kondisi operasi menunjukkan bahwa perubahan tekanan memberikan dampak terhadap kecepatan aliran gas dan densitas fasa, sehingga memengaruhi mekanisme jatuhnya droplet cairan di dalam separator. Ketika tekanan dinaikkan, densitas gas meningkat dan kecepatan *superficial gas* menurun, memungkinkan *droplets* memiliki waktu lebih lama untuk mengalami pemisahan secara gravitasi. Kondisi ini membantu mengurangi kemungkinan cairan terbawa naik menuju outlet gas. Namun peningkatan tekanan juga menunjukkan adanya batas efektif, karena tekanan yang terlalu tinggi cenderung memberikan beban operasional tambahan di bagian hulu dan hilir proses, termasuk kompresi, sehingga tidak dapat dianggap sebagai solusi paling efisien meskipun efeknya terhadap pengurangan *entrainment* cukup jelas.

Sementara itu, variasi suhu memberikan perubahan yang lebih nyata pada hasil pemisahan. Dalam simulasi, penurunan suhu terbukti menghasilkan pemisahan yang lebih bersih, karena suhu yang lebih rendah menyebabkan densitas fasa cair meningkat dan volatilitasnya menurun, sehingga *droplets* cairan lebih stabil dalam fase liquid dan tidak mudah ikut terangkat ke aliran gas. Perubahan ini berdampak langsung pada penurunan *entrainment*, yang terlihat jelas dari

meningkatnya fraksi mol gas utama (misalnya CH₄) dalam output separator. Selain itu, suhu rendah juga mengurangi potensi vaporisasi komponen ringan dalam cairan, sehingga fase gas menjadi lebih kering dan kualitas *sales gas* meningkat. Dengan demikian, suhu menjadi parameter yang paling sensitif dan paling efektif dalam mengendalikan *entrainment*, dibandingkan tekanan.

Dari keseluruhan data yang muncul, penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun tekanan tetap memberi kontribusi terhadap stabilitas pemisahan, peran suhu jauh lebih dominan dan konsisten dalam meningkatkan efisiensi pemisahan pada *high pressure separator*. Pengaruhnya tidak hanya terlihat melalui peningkatan kemurnian gas, tetapi juga pada kemampuan separator menekan *entrainment* sampai tingkat yang stabil dan aman secara operasional. Kondisi optimal yang diperoleh dari analisis sensitivitas yakni suhu lebih rendah pada tekanan yang tidak berubah memperlihatkan kinerja pemisahan yang lebih baik tanpa menambah risiko operasional yang tidak perlu. Keseluruhan hasil ini menegaskan bahwa kontrol suhu merupakan strategi paling efektif dalam mencapai performa separator yang lebih efisien dan andal.

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis sensitivitas terhadap variasi suhu dan tekanan pada *high pressure separator*, dapat disimpulkan bahwa parameter operasi yang paling berpengaruh terhadap kinerja pemisahan adalah suhu, bukan tekanan. Penurunan suhu terbukti mampu menurunkan *entrainment* secara signifikan, sebagaimana terlihat dari berkurangnya nilai *entrainment* dari sekitar 0.01336 pada 150 °F menjadi 0.01294 pada 140 °F pada tekanan tetap 450 psig. Kondisi suhu rendah meningkatkan perbedaan densitas antara fasa gas dan liquid serta menurunkan volatilitas komponen berat, sehingga droplet liquid lebih mudah terpisah secara gravitasi dan tidak terbawa ke aliran gas. Sebaliknya, perubahan tekanan hanya memberikan perubahan *entrainment* yang kecil dan cenderung linier, yaitu dari 0.01344 pada 400 psig menjadi 0.01322 pada 625 psig. Meskipun tekanan tinggi sedikit memperbaiki stabilitas pemisahan, efeknya tidak sebesar pengaruh suhu dan dapat menimbulkan risiko pembentukan *droplet* berukuran sangat kecil yang sulit ditangkap oleh demister. Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa suhu merupakan variabel yang paling efektif dalam mengendalikan *entrainment*, sedangkan tekanan memiliki sensitivitas rendah terhadap fenomena pemisahan dua fase di dalam separator. Dengan demikian, kondisi 550 psig dan 140 °F dapat direkomendasikan sebagai kondisi operasi yang memberikan performa pemisahan paling stabil, tingkat *entrainment* terendah dalam rentang percobaan, serta menjaga separator tetap beroperasi jauh dari batas *entrainment* berdasarkan kriteria *Souders Brown*. Kondisi ini dianggap paling sesuai sebagai acuan operasi untuk menjaga kualitas gas dan keandalan sistem pemrosesan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. Santoso and F. T. Kurniawan, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan' Spesifikasi dan Kualifikasi Gas di Central Processing Plant FTK PT.Pertamina EP Asset 4 Untuk Memenuhi Kebutuhan PLTU Tambak Lorok," *Jurusan Teknik Kimia*, 2019.
- [2] Firdi Madya Prawira, "Institut Teknologi Sains Bandung Desain Separator Horizontal Tiga Fasa Studi Kasus Lapangan X," Bekasi, 2021.
- [3] T. A. Rizky, K. F. Hartono, and H. K. Oetomo, "PENENTUAN PARAMETER GEOMEKANIKA PADA SUMUR X," *PETRO:Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, vol. 11, no. 4, pp. 149–156, Jan. 2023, doi: 10.25105/petro.v11i4.13389.
- [4] R. Fauzan, "PENERAPAN METODE HYSIS DALAM PENENTUAN JUMLAH TAHAP SEPARATOR UNTUK MENINGKATKAN PEROLEHAN MINYAK BUMI," *Journal of Science and Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 17, no. 02, pp. 1693–248, Dec. 2019.

- [5] J. L. Valverde, V. R. Ferro, and A. Giroir-Fendler, "Automation in the simulation of processes with Aspen HYSYS: An academic approach," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 31, no. 2, pp. 376–388, Mar. 2023, doi: 10.1002/cae.22589.
- [6] M. A. El-Emam, W. Shi, and L. Zhou, "CFD-DEM simulation and optimization of gas-cyclone performance with realistic macroscopic particulate matter," *Advanced Powder Technology*, vol. 30, no. 11, 2019, doi: 10.1016/j.appt.2019.08.015.
- [7] W. Lan *et al.*, "Numerical and experimental investigation on a downhole gas-liquid separator for natural gas hydrate exploitation," *J Pet Sci Eng*, vol. 208, 2022, doi: 10.1016/j.petrol.2021.109743.
- [8] A. G. Olugbenga, "Dependence of operational properties on reboiler duty in the removal of CO₂ from natural gas with aspen Hysys," *Results in Engineering*, vol. 21, 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2024.101755.
- [9] L. Mu, X. Li, Q. Tan, Q. Zhang, and Q. Cui, "Experimental Study on CH₄ Recovery from Simulated Coal Bed Gas by Forming Hydrate Slurries," *Energy and Fuels*, vol. 36, no. 4, 2022, doi: 10.1021/acs.energyfuels.1c03691.
- [10] A. G. Olugbenga, N. M. Al-mhanna, M. D. Yahya, E. A. Afolabi, and M. K. Ola, "Validation of the molar flow rates of oil and gas in three-phase separators using aspen hysys," *Processes*, vol. 9, no. 2, pp. 1–18, Feb. 2021, doi: 10.3390/pr9020327.