

Pemodelan dan Simulasi Proses *Flash Separation Condensate* untuk Optimasi RVP Produk CPF Lapangan-X

Alpi Nurjani^{1*}, Yanto^{1,2}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta, Jalan Sudirman 51 Jakarta 12930

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta. Jalan Raya Cisauk-Lapan No. 10, Cisauk, Tangerang, Banten 15345

Article Info

Abstract (english)

Article history:

Received
July 4 2025

Accepted
November 10 2025

Keywords:

Condensate, Flash separation, Pressure, RVP, Temperature

This research aims to optimize flash drum operating conditions at Field-X Central Production Facility (CPF) with a condensate production capacity of 50 barrels per day (bpd). Simulations were conducted using DWSIM software version 8.8.1 with the Peng-Robinson thermodynamic model, varying pressure (5, 10, 15, 20 psig) and temperature (50, 55, 60, 65, 70°C). Simulation results indicate that pressure increases at constant temperature enhance condensate flow rate, while temperature increases reduce RVP values but increase energy requirements. At 5 psig pressure and 50°C temperature, optimal performance was achieved with an RVP of 10.33 psia and an efficiency ratio of 10.30 bpd/kW. However, gravity flow design considerations led to the selection of 10 psig pressure with operating temperatures of 60-65°C. This study provides operational recommendations that balance product specifications, energy efficiency, and system technical constraints.

Article Info

Abstrak (bahasa Indonesia)

Article history:

Diserahkan
04 Juli 2025

Diterima
10 November 2025

Keywords:

Flash Separation, Tekanan, Kondensat, RVP, suhu

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan kondisi operasi flash drum pada Central Production Facility (CPF) Lapangan-X dengan kapasitas produksi kondensat 50 barrels per day (bpd). Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak DWSIM versi 8.8.1 dengan model termodinamika Peng-Robinson, memvariasikan tekanan (5, 10, 15, 20 psig) dan temperatur (50, 55, 60, 65, 70°C). Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan tekanan pada temperatur konstan meningkatkan laju alir kondensat, sementara kenaikan temperatur menurunkan nilai RVP namun meningkatkan kebutuhan energi. Pada tekanan 5 psig dan temperatur 50°C, diperoleh kinerja optimal dengan RVP 10,33 psia dan rasio efisiensi 10,30 bpd/kW. Namun, pertimbangan desain aliran gravitasi mengarahkan pada pemilihan tekanan 10 psig dengan temperatur operasi 60-65°C. Studi ini menghasilkan rekomendasi operasional yang mempertimbangkan keseimbangan antara spesifikasi produk, efisiensi energi, dan batasan teknis sistem

1. PENDAHULUAN

Central Production Facility (CPF) dalam industri minyak dan gas merupakan fasilitas terintegrasi yang dirancang sebagai tempat pemrosesan awal untuk fluida hidrokarbon yang dihasilkan dari sumur-sumur produksi. Pemisahan minyak mentah atau gas alam dari sumur

*Corresponding authors: Alpi Nurjani

Email: ALPI.12024006193@student.atmajaya.ac.id

produksi dalam satu lokasi (CPF) dinilai lebih efisien dibandingkan pemrosesan yang dilakukan disetiap lokasi sumur secara terpisah. Sebuah CPF gas umumnya terdiri dari beberapa peralatan utama seperti unit separasi, unit *sweetening* gas, unit dehidrasi gas, unit pengolahan kondensat dan air terproduksi. CPF menjamin produk hidrokarbon memenuhi spesifikasi yang diinginkan sebelum ditransportasikan menuju konsumen atau fasilitas pengolahan selanjutnya.

Produksi kondensat dari Lapangan CPF Lapangan-X diproyeksikan sebesar 50 *barrels per day* (bpd). Menurut Hasibuan dan Permadi (2023), kondensat memiliki karakteristik antara *light* hidrokarbon dan gas alam cair dengan rentang C_5-C_{12} . Dalam proses produksi gas, kondensat terbentuk ketika gas dari sumur mengalami penurunan tekanan dan/atau suhu, sehingga menyebabkan hidrokarbon yang lebih berat mengembun. Proses ini terjadi di berbagai titik, termasuk di *wellhead*, jalur pipa, dan fasilitas pemrosesan gas. Prayitno dan Martakusumah (2022), menekankan pentingnya penanganan kondensat yang tepat untuk memaksimalkan nilai ekonominya sekaligus memenuhi spesifikasi teknis untuk penyimpanan dan transportasi. Kualitas kondensat ditentukan berdasarkan parameter *Reid Vapor Pressure* (RVP). RVP didefinisikan sebagai tekanan absolut yang dihasilkan oleh campuran udara-uap pada rasio gas-liquid 4:1 pada suhu $37,8^{\circ}C$ ($100^{\circ}F$), yang diukur sesuai standar ASTM D323. Dari perspektif ekonomi, RVP merupakan salah satu parameter penentu harga dan spesifikasi produk dalam kontrak jual-beli kondensat. Studi terbaru oleh Sharma dan Kumar (2024), menunjukkan bahwa RVP kondensat yang terlalu tinggi dapat menyebabkan masalah keselamatan selama penyimpanan dan transportasi karena potensi pembentukan campuran uap-udara yang mudah terbakar. Sebaliknya, nilai RVP yang terlalu rendah menunjukkan bahwa fraksi ringan yang berharga telah hilang secara signifikan, sehingga menurunkan nilai ekonomis produk. Optimasi RVP menjadi tantangan teknis dalam industri migas karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti komposisi fluida, kondisi operasi, dan desain fasilitas pemrosesan.

CPF dengan produksi kondensat > 1000 BPD biasanya menerapkan teknologi *stabilizer condensate*, yaitu kolom fraksinasi yang dirancang khusus untuk menaikkan nilai RVP dengan mengendalikan komposisi dan tekanan uap produk melalui pemisahan komponen hidrokarbon ringan secara sistematis (Kidnay & Parrish, 2006). Namun penggunaan stabilizer ini tidak ekonomis untuk produksi skala rendah < 100 BPD. Salah satu pendekatan yang sedang dikembangkan saat ini adalah konfigurasi flash drum yang diintegrasikan dengan sistem pemanasan (Ling *et al.*, 2019).

Flash drum beroperasi berdasarkan prinsip kesetimbangan uap-cair (*vapor-liquid equilibrium*), dimana cairan bertekanan tinggi mengalami penurunan tekanan secara mendadak, menyebabkan sebagian cairan berubah menjadi uap. Rachman dan Sutrisno (2023) mengidentifikasi parameter-parameter kunci dalam desain *flash drum*, meliputi tekanan operasi, suhu, waktu tinggal (*residence time*), dan dimensi drum. Pemanasan kondensat sebelum memasuki *flash drum* meningkatkan fraksi uap yang terbentuk dan memperbaiki kualitas pemisahan. Optimasi kondisi operasi *heater* menjadi aspek penting dalam desain proses stabilisasi kondensat. Ibrahim dan Sulistyowati (2024) mengidentifikasi bahwa peningkatan suhu kondensat dari $30^{\circ}C$ menjadi $60^{\circ}C$ sebelum *flash separation* dapat menurunkan RVP produk hingga 25% tanpa memerlukan peningkatan jumlah tahap separasi.

Pengukuran RVP secara konvensional melalui metode ASTM D323 membutuhkan waktu, biaya, dan prosedur laboratorium yang ketat. Pada fase desain, untuk optimasi nilai RVP dapat menggunakan software proses seperti Aspen HYSYS, DWSIM, atau ProSim. DWSIM merupakan perangkat lunak *open source* untuk simulasi proses kimia yang semakin

populer dalam industri migas sebagai alternatif dari simulator komersial. Keunggulan utama DWSIM adalah kemampuannya dalam memodelkan sistem multikomponen dengan berbagai model termodinamika, termasuk persamaan keadaan *Peng-Robinson*, *Soave-Redlich-Kwong*, dan model koefisien aktivitas seperti NRTL dan UNIQUAC. Dalam konteks simulasi menggunakan DWSIM, implementasi PR-EOS telah divalidasi oleh Nugroho dan Prasetya (2024) untuk aplikasi spesifik stabilisasi kondensat. Penelitian ini menunjukkan bahwa PR-EOS dalam DWSIM mampu memprediksi komposisi fasa dan properti termodinamika dengan akurasi yang sebanding dengan implementasi dalam simulator komersil. Hal ini menjadikan DWSIM sangat cocok untuk simulasi proses hidrokarbon, termasuk stabilisasi kondensat dan optimasi RVP. Studi perbandingan yang dilakukan oleh Prasetyo dan Juwono (2024) menunjukkan bahwa hasil simulasi DWSIM untuk proses *flash separation* kondensat memiliki akurasi yang sebanding dengan simulator komersial seperti Aspen HYSYS dan PRO/II, dengan perbedaan hasil kurang dari 5%. Studi terkait pemodelan dan simulasi proses *flash separation* dilakukan untuk memperoleh kondisi operasi optimal yang dapat menghasilkan nilai RVP sesuai spesifikasi jual-beli pada produk kondensat CPF Lapangan-X.

2. METODE PELAKSANAAN

Tahap awal dilakukan kajian literatur terkait optimasi nilai RVP produk kondensat yang telah diimplementasikan di Industri Migas. Selanjutnya, menentukan batasan variasi yang akan dianalisa meliputi kondisi operasi, komposisi fluida, desain simulasi, dan model termodinamik. Desain simulasi peralatan ini akan mengacu pada dokumen P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram*) milik CPF Lapangan-X. Komposisi fluida awal mengacu pada dokumen hasil pengujian milik CPF Lapangan-X yang telah diuji sebelumnya. Sedangkan model termodinamik akan dipilih sebagai variasi tetap yaitu menggunakan persamaan keadaan Peng-Robinson. Komposisi kondensat dari CPF Lapangan-X, untuk kebutuhan input simulasi akan mengacu pada data yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Komposisi Kondensat CPF Lapangan-X

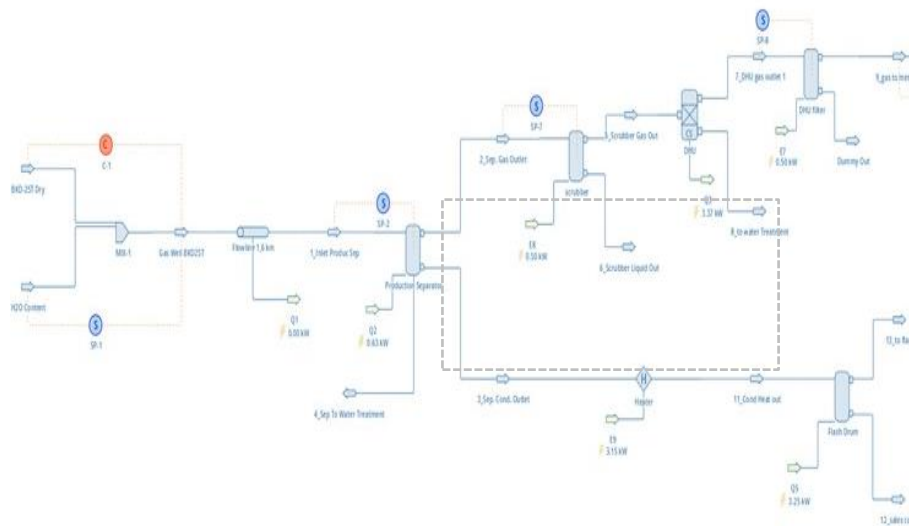
Komponen	%Mol
C ₆	1.25
C ₇	5.02
C ₈	13.98
C ₉	13.56
C ₁₀	12.32
C ₁₁	8.58
C ₁₂	5.98
C ₁₃	6.52
C ₁₄	5.31
C ₁₅	5.57
C ₁₆ -C ₂₀	14.72
C ₂₁ -C ₃₆	7.19
Total	100

Optimasi kondisi proses akan dibagi kedalam beberapa skenario dengan melakukan variasi terhadap tekanan dan temperatur. Setelah data teknis diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi. Software DWSIM versi 8.8.1 akan digunakan untuk simulasi dengan variasi tekanan 5,10,15,20 psig dan temperatur 50,55,60,65,70 °C, total terdapat 20 skenario yang akan disimulasikan untuk memperoleh kondisi optimal RVP kondensat untuk CPF Lapangan-X ini. Perbandingan konsumsi energi juga akan dianalisa sehubungan dengan penggunaan *electric heater* di upstream *flash drum*.

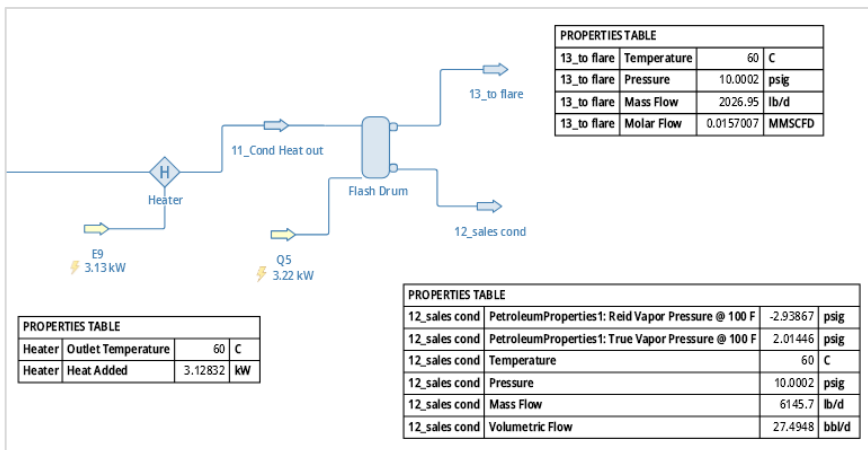
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

CPF Lapangan-X akan beroperasi untuk pengolahan awal gas alam dari sumur produksi yang terdiri dari unit separasi untuk memisahkan antara gas, kondensat dan air terproduksi. Kondensat akan melalui proses pengolahan lanjutan hingga memenuhi spesifikasi yang telah di persyaratkan dalam kontrak jual beli, salah satu nya adalah RVP kondensat harus < 12 psia untuk memastikan keamana pada saat transportasi dan penyimpanan produk. Gambar 1 menyajikan model simulasi untuk CPF Lapangan-X, batasan yang dianalisa berada pada jalur outlet separator. Detail jalur kondensat dapat dilihat pada Gambar 2.

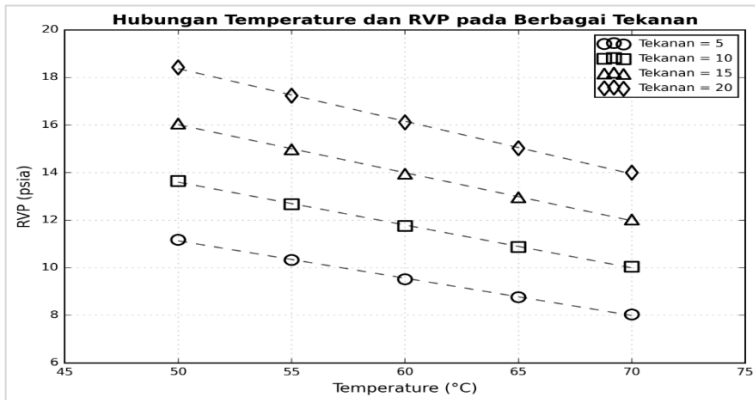
Pemilihan *flash drum* dengan pemasangan *electric heater* pada bagian *upstream* umum digunakan secara praktik industri untuk CPF gas dengan kapasitas < 100 BPD. CPF Lapangan-X ini di desain dengan kapasitas 50 BPD. *Flash drum* bekerja berdasarkan prinsip perbedaan titik didihh antara komponen-komponen dalam campuran. Saat tekanan dalam sistem diturunkan secara tiba-tiba (*flash*), komponen dengan titik didih lebih rendah akan menguap, sementara komponen dengan titik didih lebih tinggi tetap dalam fase cair. Dalam sistem *flash drum* ini, tekanan akan dikontrol oleh PCV (*Pressure Contol Valve*) pada jalur outlet.



Gambar 1.
Model Simulasi CPF Lapangan-X

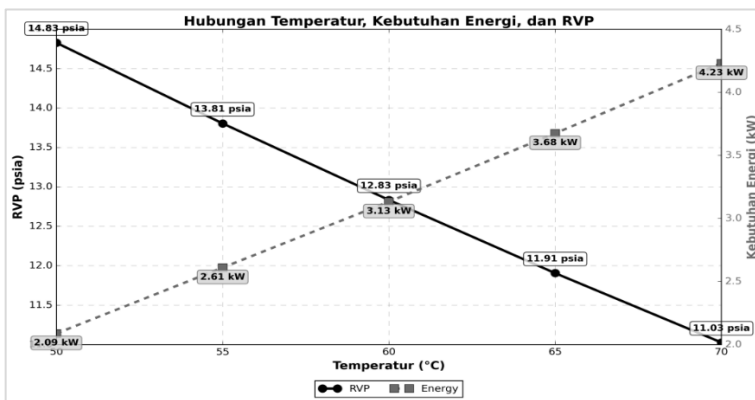


Gambar 2.
Detail Jalur Kondensat

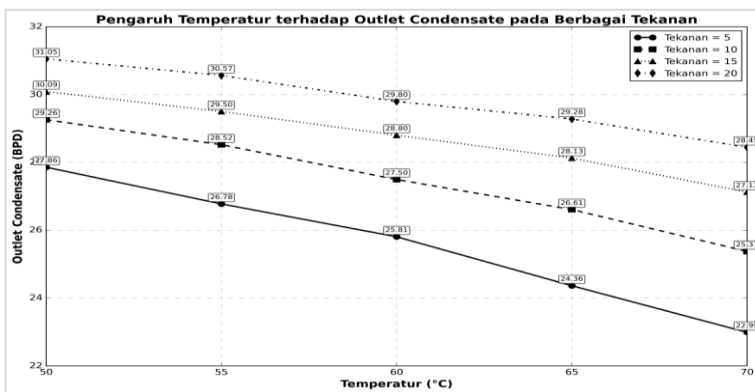


Gambar 3.
Temperatur-Tekanan vs RVP Kondensat

Gambar 3 menunjukkan pengaruh temperatur dan tekanan terhadap nilai RVP kondensat. Nilai RVP terlihat menurun akibat kenaikan temperatur secara konsisten untuk semua kondisi, hal ini sesuai dengan persamaan *Clausius-Clapeyron* yang dijelaskan oleh Poling *et al.* (2001) dalam "*The Properties of Gases and Liquids*". Pada tekanan yang lebih tinggi, nilai RVP cenderung lebih tinggi untuk temperatur yang sama, sesuai dengan prinsip termodinamika yang dinyatakan dalam penelitian Mohammadi *et al.* (2017) di jurnal *Fuel Processing Technology*. Setiap kenaikan temperatur sebesar 5°C menyebabkan penurunan RVP sekitar 7 - 8% pada semua level tekanan. Temuan ini sejalan dengan studi oleh Wang *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa sensitivitas RVP terhadap temperatur berkisar antara 6-9% per 5°C untuk kondensat.



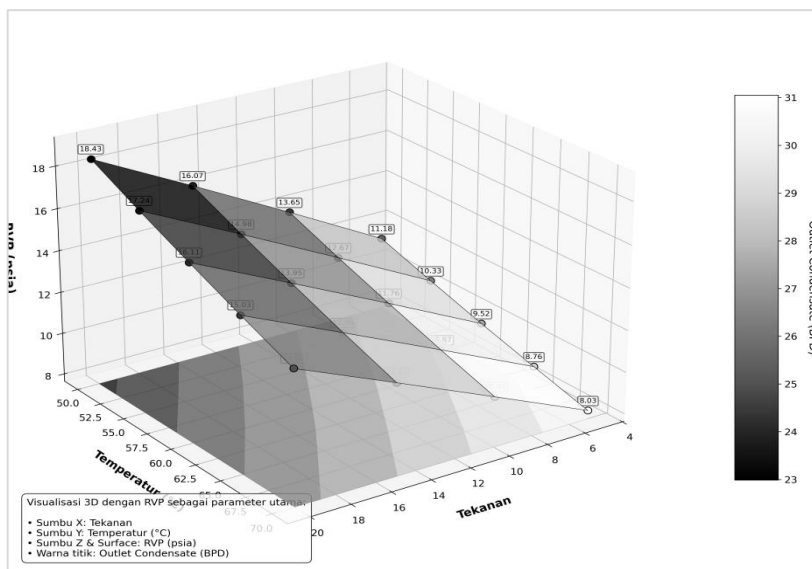
Gambar 4.
Temperatur-RVP vs Kebutuhan Energi



Gambar 5.
Temperatur-Tekanan vs Outlet kondensat (bpd)

Pengaruh kenaikan temperatur terhadap kebutuhan energi untuk menurunkan nilai RVP kondensat terlihat pada Gambar 5. Pada prinsip perpindahan panas, kebutuhan energi meningkat seiring kenaikan temperatur. Berdasarkan grafik, kenaikan temperatur dari 50°C-70°C membutuhkan kenaikan energi sekitar 102% (dari 2.09 kW menjadi 4.23 kW). Pada penelitian Al-Malah (2016) disebutkan bahwa untuk hidrokarbon ringan, peningkatan temperatur sebesar 20°C dapat meningkatkan konsumsi energi hingga 90-110% tergantung pada komposisi dan kondisi operasi fluida.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan tekanan operasi pada temperatur konstan menghasilkan peningkatan laju alir kondensat (*outlet flow*). Sebagai contoh, pada temperatur 50°C, peningkatan tekanan dari 5 psia ke 20 psia menghasilkan kenaikan *outlet flow* dari 27,86 bpd menjadi 31,05 bpd (peningkatan sebesar 11,45%). Fenomena ini disebabkan oleh perbedaan kesetimbangan fasa yang terjadi pada tekanan yang lebih tinggi, menyebabkan lebih banyak komponen hidrokarbon terkondensasi.



Gambar 6.
Trade-off antara RVP dan Kebutuhan Energi

Hubungan terbalik antara RVP dan kebutuhan energi menggambarkan kompromis fundamental dalam pengolahan kondensat (Gambar 6). Studi oleh Johnson *et al.* (2018) dalam *Journal of Process Safety and Environmental Protection* menekankan pentingnya analisis *trade-off* ini untuk optimasi keseimbangan antara kualitas produk dan efisiensi energi. Untuk mencapai RVP target 10 psia (nilai yang umum dalam spesifikasi ASTM D4814 untuk bahan bakar transportasi), diperlukan sekitar 3.5-4.0 kW energi pada tekanan 5 unit dan temperatur 65-70°C. Namun, menurut penelitian Yang *et al.* (2021) dalam *Energy Conversion and Management*, optimasi multivariabel dengan mempertimbangkan tekanan operasi dapat menghemat energi hingga 15-20% untuk target RVP yang sama.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kondisi operasi pada tekanan 5 psig dan temperatur 50 °C menunjukkan performa terbaik dari segi perolehan kondensat dan efisiensi energi dengan nilai RVP kondensat 10.33 psia dan rasio efisiensi nya sebesar 10.30 bpd/kW. Namun, sistem di jalur kondensat ini di desain untuk mengalir secara gravitasi sehingga tekanan operasi 10 psig dapat dipilih untuk memastikan aliran gravitasi ke tangki berjalan secara normal. Titik operasi optimal pada tekanan 10 psig adalah pada temperatur 60-65°C. Meskipun kondisi 60°C memberikan nilai

RVP 11,76 psia, kondisi tersebut dapat dipilih dengan pertimbangan adanya masa simpan kondensat dalam tangki sebelum proses loading dimana komponen volatil dalam kondensat akan mengalami *weathering* (penguapan alami). Untuk margin yang lebih aman *user* dapat menggunakan temperatur 65°C dengan perolehan nilai RVP 10.87 psia, namun efeknya adalah kebutuhan energi naik sekitar 15% dari 3.13 kW menjadi 3.68 kW dan produk kondensat turun sebesar 3.3% atau 0.89 bpd.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Al-Malah, K. I. M. (2016). Aspen Plus: *Chemical Engineering Applications*. New York: John Wiley & Sons.
2. Hasibuan, R., & Permadi, P. (2023). Karakteristik dan penanganan kondensat hidrokarbon pada fasilitas produksi gas. *Jurnal Teknologi Migas Indonesia*. 35(2), 112-124.
3. Ibrahim, M., & Sulistyowati, F. (2024). Pengaruh temperatur preheating terhadap stabilitas kondensat hidrokarbon pada proses *flash separation*. *Jurnal Riset Minyak dan Gas*. 18(1), 45-59.
4. Johnson, R., Williams, K., & Thompson, L. (2018). Energy optimization in condensate stabilization processes: A case study. *Journal of Process Safety and Environmental Protection*. 116, 385-397.
5. Kidnay, A. J., & Parrish, W. R. (2006). *Fundamentals of Natural Gas Processing*. Boca Raton: CRC Press.
6. Ling, K., Wu, X., Guo, B., & He, J. (2019). *Integrated Condensate-Stabilization and Flash-Vapor-Recovery Processes*. Society of Petroleum Engineers.
7. Mohammadi, A. H., Asoodeh, M., & Zendeheboudi, S. (2017). A comprehensive study on the effects of pressure and temperature on vapor-liquid equilibrium and thermophysical properties of condensate systems. *Fuel Processing Technology*. 163, 8-19.
8. Nugroho, A., & Prasetya, H. (2024). Validasi model Peng-Robinson dalam DWSIM untuk simulasi proses stabilisasi kondensat: Perbandingan dengan simulator komersial. *Jurnal Teknik Proses*. 12(1), 78-91.
9. Poling, B. E., Prausnitz, J. M., & O'Connell, J. P. (2001). *The Properties of Gases and Liquids* (5th ed.). McGraw-Hill.
10. Prasetyo, D., & Juwono, A. (2024). Studi komparatif simulator proses *open source* dan komersial dalam pemodelan sistem flash separation untuk kondensat. *Journal of Chemical Process Engineering*. 9(2), 112-125.
11. Prayitno, T., & Martakusumah, R. (2022). Optimasi penanganan kondensat pada fasilitas produksi gas: Tinjauan aspek teknis dan ekonomis. *Jurnal Energi dan Lingkungan*. 17(3), 234-248.
12. Rachman, A., & Sutrisno, B. (2023). Parameter kunci dalam desain *flash drum* untuk pemisahan kondensat hidrokarbon. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 22(2), 156-169.
13. Sharma, D., & Kumar, A. (2024). Safety aspects of Reid Vapor Pressure in condensate storage and transportation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 78, 104698.
14. Wang, J., Liu, Z., & Chen, G. (2020). Temperature sensitivity of Reid vapor pressure in natural gas condensate stabilization. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 83, 103535.
15. Yang, Y., Zhang, H., Tian, L., & Zhou, J. (2021). Multi-objective optimization of condensate stabilization process considering energy efficiency and product quality. *Energy Conversion and Management*. 229, 113735.