

## UPAYA PENINGKATAN KEMURNIAN DISTILAT 100D MELALUI OPTIMASI KONDISI OPERASI VDU DENGAN ASPEN HYSYS

Nopri Hidayat<sup>1</sup>, Fidelia Dahfa Arumdapti<sup>1</sup>, Habibi Afta Setiawan<sup>1</sup>, Tun Sriana<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gadjah Mada No. 38, Cepu, Blora, Jawa Tengah, 58315

E-mail: tun.sriana@gmail.com

### ABSTRAK

PT NHA merupakan hasil kerja sama antara PT XX dan SK SA yang berfokus pada pengolahan *Unconverted Oil* (UCO) menjadi *Lube Base Oil* (LBO). Dalam proses produksinya, salah satu unit penting yang berperan adalah *Vacuum Distillation Unit* (VDU), yang berfungsi memisahkan fraksi minyak berdasarkan titik didih untuk menghasilkan produk intermediet. Penelitian ini melakukan evaluasi terhadap kinerja kolom distilasi vakum (V-0101) melalui simulasi menggunakan Aspen HYSYS dengan *fluid package Peng-Robinson*. Simulasi tersebut digunakan untuk merepresentasikan kondisi operasi aktual berdasarkan parameter tekanan, suhu, dan laju alir dari data lapangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kolom distilasi beroperasi secara stabil tanpa adanya indikasi *flooding* maupun *weeping*, serta menghasilkan profil distilat yang mendekati data laboratorium 100D. Kemurnian distilat meningkat dari 23,1% menjadi 86,7%, sementara yield total tetap sebesar 75.539 BPD. Temperatur dasar kolom memiliki kondisi operasi yang optimum pada suhu 335-345°C, yang digunakan pada simulasi ini yaitu suhu optimum 342°C. Kemudian pada tekanan Top Column memiliki kondisi optimum sebesar 65-75 mmHg, pada simulasi ini digunakan tekanan sebesar 70 mmHg. Hal ini menandakan bahwa model simulasi telah menggambarkan kondisi operasi dengan tingkat akurasi yang baik. Sebagai langkah pengembangan, dilakukan optimasi terhadap kondisi operasi, meliputi penyesuaian suhu VDU serta tekanan vakum pada *Top Column* dan *Bottom Column*, guna meningkatkan kemurnian produk distilat serta efisiensi proses pada unit VDU.

**Kata kunci:** *Vacuum Distillation Unit, Unconverted Oil, Lube Base Oil, Aspen HYSYS, Optimasi proses*

### 1. PENDAHULUAN

PT NHA merupakan perusahaan yang bergerak dalam pengolahan pelumas dengan kapasitas produksi *lube base oil* sebesar 75.539 BPD. Dalam proses pengolahan ini, residu dari kilang XYZ, yaitu *Unconverted Oil* (UCO), diolah lebih lanjut untuk meningkatkan nilai jualnya yang relatif rendah jika dibiarkan dalam bentuk mentah. Dengan pemanfaatan teknologi tinggi seperti proses *hydrotreating* dan *hydrocracking*, UCO dapat dikonversi menjadi *lube base oil* [1]. Teknologi ini dikenal ramah lingkungan karena hampir tidak menghasilkan bahan buangan yang bersifat polutan, menjadikannya solusi yang berkelanjutan [2].

Di sisi ekonomis, teknologi ini memiliki keunggulan dengan biaya investasi dan operasi yang hanya sekitar setengah dari biaya proses LBO (*Lube Base Oil*) konvensional lainnya, sehingga memberikan keuntungan tambahan dalam pengelolaan biaya produksi [3]. Kilang ini juga dilengkapi dengan dua unit utama, yaitu *Vacuum Distillation Unit* (VDU) dan *Catalytic Dewaxing Unit* (CDW) [4]. Pada unit VDU, proses fraksinasi berlangsung untuk memisahkan produk *intermediet* 100D dan 150D yang kemudian akan diproses lebih lanjut di unit CDW [5]. Angka 100 dan 150 pada nama produk mengacu pada viskositas atau karakteristik fraksi distilatnya, yang umumnya dinyatakan dalam satuan *Saybolt Universal Seconds* (SUS) atau parameter serupa yang

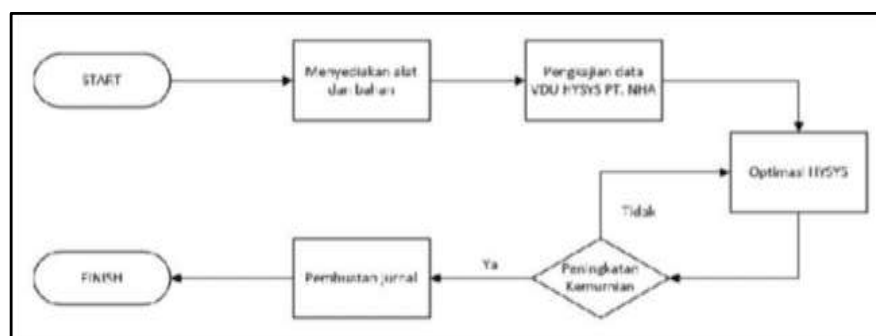
menggambarkan kekentalan minyak [3]. Artinya, 100D adalah distilat dengan tingkat kekentalan lebih rendah dibanding 150D, yang memiliki molekul lebih besar dan viskositas lebih tinggi [6].

Salah satu peralatan penting dalam unit VDU adalah kolom vakum (V-0101), yang berperan krusial dalam memastikan hasil fraksinasi sesuai spesifikasi yang diinginkan [7]. *Vacuum Distillation Unit* adalah sebuah unit pemrosesan yang digunakan untuk memisahkan komponen cairan (seperti minyak mentah) dengan titik didih tinggi yang tidak dapat dilakukan distilasi pada suhu atmosfer tanpa menyebabkan degradasi atau *cracking* [8]. Proses ini dilakukan dengan mengurangi tekanan di dalam kolom distilasi, sehingga menurunkan titik didih setiap senyawa dan memungkinkannya menguap pada suhu yang lebih rendah [9]. Untuk mengoptimalkan keluaran produk dari unit VDU, evaluasi terhadap kinerja kolom vakum menjadi sangat penting [10]. Evaluasi ini bertujuan untuk memaksimalkan output dari segi volume maupun kualitas sehingga dapat mendukung peningkatan efisiensi dan nilai tambah produk secara keseluruhan [11].

## 2. METODE

Penelitian dilaksanakan di PT NHA, berlokasi di Jl. XXX, Kota XYZ. Waktu penelitian berlangsung dari 15 Agustus 2025 hingga 30 September 2025. Bahan yang digunakan meliputi *Process Flow Diagram (PFD) Vacuum Distillation Unit (VDU)*, data desain *Vacuum Distillation Column (V-0101)*, log sheet kondisi operasi, serta data analisis laboratorium (*feed*, *top product*, dan *bottom product*). Peralatan yang digunakan yaitu laptop dengan perangkat lunak *Microsoft Office (Word, Excel, dan PowerPoint)* serta *Aspen HYSYS V14* untuk pengolahan data simulasi dengan *fluid packages Peng-Robinson*. Peng-Robinson adalah salah satu *fluid package* atau *equation of state (EoS)* yang digunakan untuk menghitung sifat termodinamika fluida, terutama campuran hidrokarbon. Model ini dikembangkan untuk memberikan perhitungan yang akurat pada sistem minyak dan gas, khususnya pada tekanan dan suhu tinggi. Subjek penelitian adalah *yield* distilat 100D dan 150D pada *Vacuum Distillation Unit (V-0101)*. Proses penelitian diawali dengan evaluasi kinerja simulasi kolom, dibandingkan terhadap spesifikasi desain, untuk kemudian dilakukan optimasi kondisi operasi.

Variabel dalam penelitian ini dibagi menjadi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi parameter operasi yang dapat dikontrol, seperti temperatur, tekanan vakum, dan laju alir *feed*. Sedangkan untuk variabel terikat diantaranya adalah *yield* distilat 100D dan 150D yang berubah sebagai respons terhadap variasi variabel bebas. Proses optimasi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemisahan dan kemurnian produk distilat 100D pada kolom distilasi vakum (V-0101) di unit VDU PT NHA. Blok diagram proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Proses

Penelitian diawali dengan pengumpulan data operasi Aspen HYSYS PT NHA unit VDU yang kemudian dimodelkan ke dalam Aspen HYSYS hingga kondisi simulasi mencapai status *converged*. Selanjutnya dilakukan optimasi kondisi operasi dengan menyesuaikan suhu dan tekanan kolom untuk memperoleh hasil pemisahan yang lebih baik. Hasil simulasi dibandingkan antara kondisi awal dan setelah optimasi untuk menilai perubahan kemurnian distilat, distribusi fraksi, serta yield total yang dihasilkan. Untuk menghitung nilai yield akan digunakan konversi %volume dengan menggunakan rumus:

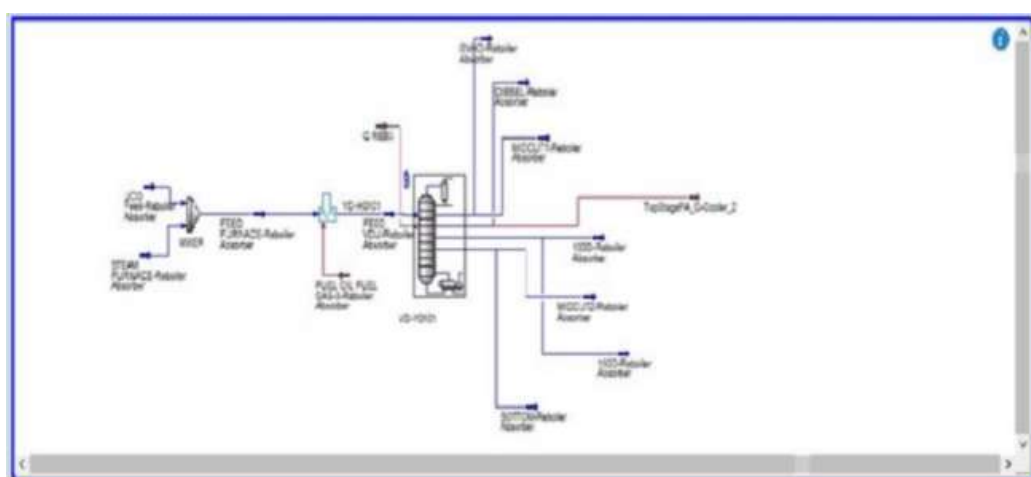
$$Y_{i,\%}^{vol} = \frac{V_i}{V_{feed}} \times 100\%$$

Spesifikasi kolom distilasi vakum yang digunakan dalam simulasi terdiri dari diameter 1,5 meter dan tinggi keseluruhan 2,5 meter, dengan konfigurasi 5 stage sebagai tahapan pemisahan. Kolom ini dilengkapi beberapa lapisan isian (packing) yang merepresentasikan pemisahan berbagai fraksi, yaitu Off Gas, Bottom, Midcut 1, 100D, Midcut 2, 150D, dan Diesel. Setiap lapisan isian berfungsi memfasilitasi kontak uap-cair sehingga proses fraksinasi dapat berlangsung lebih efektif sesuai rentang titik didih masing-masing komponen. Konfigurasi ini memungkinkan kolom bekerja secara optimal dalam memisahkan fraksi berat UCO menjadi distilat 100D dan produk lainnya.

### 3. PEMBAHASAN

#### A. Kondisi Simulasi Awal

Konfigurasi proses di *vacuum distillation unit* dengan menggunakan Aspen HYSYS ditunjukkan pada Gambar 2. Simulasi pada Aspen HYSYS telah menunjukkan status “*converged*” dan “*running*”. Status “*convergence achieved*” pada jendela simulation status menandakan bahwa seluruh perhitungan telah mencapai keseimbangan massa dan energi yang stabil, tanpa adanya pesan kesalahan maupun peringatan pada *error log* atau *message log*. Parameter utama seperti laju aliran, tekanan, dan temperatur berada dalam batas toleransi yang ditetapkan, dengan perubahan antar iterasi tidak melebihi nilai konvergensi yang telah diatur. Kondisi stabil ini menunjukkan bahwa jika proses diimplementasikan di lapangan, sistem akan beroperasi secara efisien dan konsisten, memberikan keyakinan terhadap keandalan operasional pabrik.



Gambar 2. Konfigurasi Simulasi Aspen HYSYS

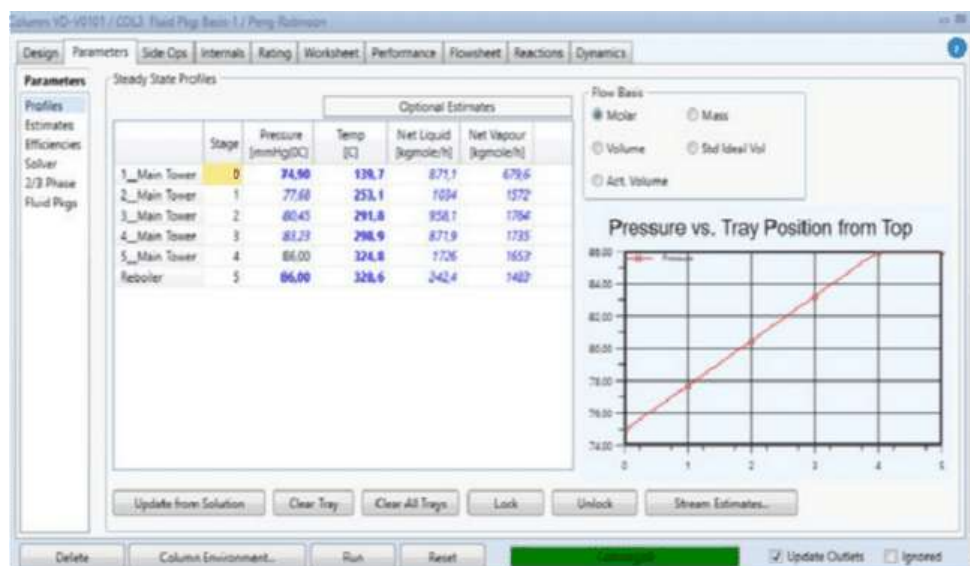
## B. Deskripsi Proses Umpan

Vacuum distillation dioperasikan pada tekanan sangat rendah, umumnya maksimal 100–150 mmHg pada bagian atas kolom. Tekanan ini dipilih karena mampu menurunkan titik didih fraksi berat, sehingga komponen dengan NBP sangat tinggi ( $>500^{\circ}\text{C}$ ) dapat menguap pada suhu yang lebih rendah dan aman. Hal ini penting karena menurut UOP (Universal Oil Products), reaksi cracking termal mulai terjadi pada sekitar  $385^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer, sehingga pemanasan di atas batas ini harus dihindari untuk mencegah degradasi fraksi berat.

Dalam penelitian pada jurnal ini, VDU beroperasi pada tekanan 70–86 mmHg, yang masih berada dalam batas aman dari literatur tersebut dan sesuai dengan karakteristik pemisahan fraksi berat UCO. Tekanan rendah inilah yang memungkinkan pemisahan fraksi parafinik dan gas oil berat berlangsung efektif pada suhu dasar kolom sekitar  $333\text{--}345^{\circ}\text{C}$ , jauh di bawah batas cracking. Rentang tekanan operasi yang rendah (maksimal 100–150 mmHg) dipilih karena merupakan kompromi optimal antara efisiensi pemisahan, pencegahan cracking, serta kesesuaian dengan standar operasi VDU industri.

Pada simulasi ini, umpan berupa *Used Cooking Oil* (UCO) dicampurkan dengan *Medium Pressure Steam* (MPS) pada temperatur  $196,4^{\circ}\text{C}$  dan tekanan  $12,49\text{ kg/cm}^2$  sebelum diarahkan menuju *furnace*. Penambahan *steam* berfungsi untuk mencegah pembentukan *coke* selama proses pemanasan pada suhu tinggi. Di dalam *furnace*, temperatur umpan meningkat dari  $307,5^{\circ}\text{C}$  menjadi  $333,9^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan bahan bakar berupa *fuel oil* dan *fuel gas*.

Setelah proses pemanasan, umpan dialirkan ke kolom distilasi untuk dilakukan pemisahan fraksi. Proses ini berlangsung dalam kondisi vakum karena UCO termasuk fraksi berat yang memerlukan penurunan tekanan agar titik didih komponen-komponen penyusunnya turun. Dengan demikian, pemisahan dapat berlangsung pada suhu yang lebih rendah sehingga mencegah degradasi termal pada produk. Kolom distilasi dioperasikan pada temperatur bagian atas sebesar  $139,7^{\circ}\text{C}$  dan bagian bawah sebesar  $328,6^{\circ}\text{C}$ , dengan tekanan masing-masing 74,9 mmHg di atas kolom dan 86 mmHg di bagian bawah.



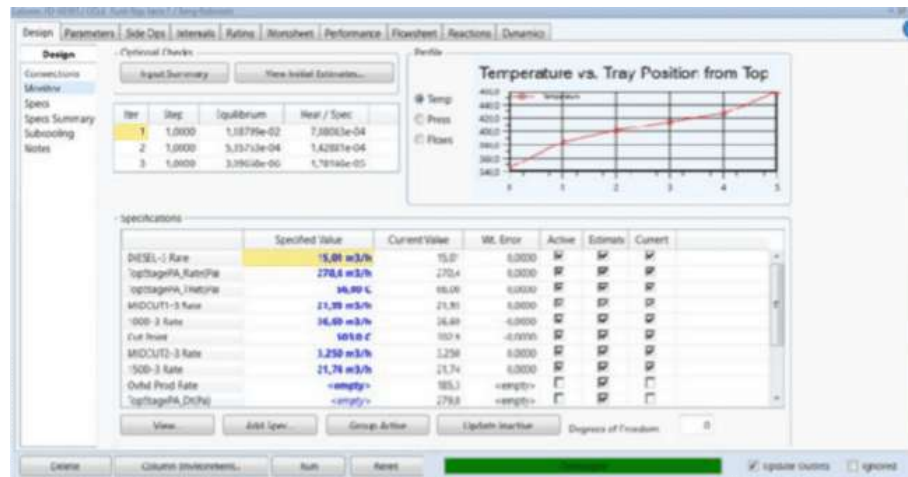
Gambar 3. Tekanan dan Temperatur Kolom

Gambar 3 memperlihatkan data tekanan dan temperatur pada kolom distilasi yang diperoleh dari *Distributed Control System* (DCS) View. Berdasarkan grafik hubungan tekanan terhadap posisi *packed* dari bagian atas kolom, terlihat bahwa tekanan berbanding lurus dengan temperatur. Artinya, seiring meningkatnya tekanan pada setiap lapisan *packing*, temperatur juga naik secara

proporsional. Hubungan ini menegaskan bahwa kondisi operasi kolom telah mencapai kesetimbangan termodinamika yang stabil.

### C. Monitoring Variabel Bebas dan Spesifikasi Simulasi

Tampilan *monitor variabel bebas* pada kolom distilasi hasil simulasi Aspen HYSYS ditunjukkan pada Gambar 4. Dalam proses simulasi, penting untuk mengaktifkan pemantauan parameter utama seperti temperatur, tekanan, dan laju aliran agar hasil perhitungan mencerminkan kondisi operasi aktual di lapangan. Aktivasi spesifikasi (centang “*spec active*”) memungkinkan sistem mengontrol variabel-variabel kunci sehingga produk yang dihasilkan sesuai target dan proses berlangsung stabil.



Gambar 4. Monitor Variabel Bebas Kolom

Langkah ini juga membantu Aspen HYSYS melakukan perhitungan sesuai prinsip keseimbangan massa dan energi, serta mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan (*error*) atau divergensi selama proses komputasi. Dengan demikian, proses optimasi dapat berjalan lebih efisien dan menghasilkan performa operasi yang lebih baik.

### D. Derajat Kebebasan (*Degree of Freedom*)

Dalam simulasi Aspen HYSYS “*degree of freedom*” (DOF) menunjukkan jumlah variabel bebas yang dapat diatur untuk mencapai keseimbangan dalam perhitungan proses. Agar simulasi stabil dan hasilnya dapat dihitung dengan baik, DOF perlu bernilai 0. Ketika DOF = 0, ini menunjukkan bahwa jumlah spesifikasi yang aktif sudah cukup untuk menyelesaikan semua persamaan yang ada dalam simulasi tersebut tanpa kelebihan atau kekurangan variabel proses. Jika DOF lebih besar dari 0, artinya ada terlalu banyak variabel bebas yang belum ditentukan, sehingga hasil simulasi akan menjadi tidak lengkap atau tidak akurat. Sebaliknya, jika DOF kurang dari 0, artinya ada terlalu banyak variabel bebas, dan simulasi tidak bisa diselesaikan karena proses menjadi *over-specified*. Jadi, mencentang “*spec active*” hingga DOF mencapai 0 adalah penting agar Aspen HYSYS bisa menyelesaikan semua simulasi proses yang dibutuhkan secara tepat dan menghasilkan hasil simulasi yang valid serta konsisten dengan kondisi yang diinginkan.

### E. Optimasi Kondisi Operasi untuk Peningkatan Kemurnian

Optimasi kondisi operasi pada kolom distilasi vakum (V-0101) dilakukan untuk meningkatkan kemurnian produk distilat 100D tanpa menurunkan kapasitas produksi. Proses optimasi difokuskan pada pengaturan dua variabel operasi utama, yaitu temperatur dasar kolom

(*bottom column*) dan tekanan vakum bagian atas dan bawah kolom, yang disimulasikan menggunakan Aspen HYSYS. Kedua parameter ini memiliki pengaruh langsung terhadap efisiensi pemisahan fraksi hidrokarbon berat, sehingga sangat menentukan kualitas produk distilat yang dihasilkan.

Simulasi awal dilakukan berdasarkan data operasi eksisting, dengan hasil menunjukkan bahwa sistem telah mencapai kondisi stabil dengan status “*converged*” dan “*running*”, menandakan keseimbangan massa dan energi telah terpenuhi serta tidak terdapat indikasi *flooding* maupun *weeping*. Kondisi ini digunakan sebagai acuan dasar (*baseline*) sebelum dilakukan optimasi.

Langkah optimasi dilakukan dengan menaikkan temperatur dasar kolom dari 333,9 °C menjadi 342 °C, serta menurunkan tekanan bagian atas kolom (*top column*) dari 74,9 mmHg menjadi 70 mmHg, dan tekanan bagian bawah kolom (*bottom column*) menjadi 84 mmHg. Kenaikan suhu dasar kolom bertujuan untuk memperbesar jumlah fraksi cairan berat yang teruapkan, sehingga komponen menengah dapat lebih mudah naik dan mengalami pemisahan. Nilai 342 °C dipilih karena masih berada dalam rentang aman operasi kolom vakum (340–345 °C), sehingga tidak menimbulkan degradasi termal (*cracking*) pada fraksi berat. Sementara itu, penurunan tekanan bagian atas kolom memperkecil titik didih komponen berat, meningkatkan volatilitas relatif antar fraksi, dan memperbaiki efisiensi pemisahan.

Setelah dilakukan optimasi, hasil simulasi menunjukkan perubahan signifikan pada distribusi fraksi berdasarkan *Normal Boiling Point* (NBP). Sebelum optimasi, distilat 100D masih mengandung fraksi berat dengan NBP 531 °C dan 555 °C masing-masing sebesar 40,72% dan 36,16%, menandakan bahwa produk atas masih tercampur dengan fraksi residu. Total fraksi ringan–menengah ( $\leq 511$  °C) hanya 23,1%, yang menunjukkan kemurnian produk awal masih rendah. Setelah dilakukan optimasi, distribusi komposisi distilat berubah drastis. Berdasarkan hasil simulasi, detail fraksi distilat ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Optimasi**

| NBP        | % vol  |
|------------|--------|
| NBP 418 °C | 0,34%  |
| NBP 441 °C | 1,45%  |
| NBP 473 °C | 29,93% |
| NBP 511 °C | 54,96% |
| NBP 531 °C | 11,88% |
| NBP 555 °C | 1,45%  |

Komposisi tersebut menunjukkan bahwa distilat kini didominasi oleh fraksi gas oil (NBP 473–511 °C) sebesar 85% dari total volume, sedangkan fraksi berat (NBP > 531 °C) berkurang menjadi hanya 13,33%. Dengan demikian, kemurnian distilat meningkat dari 23,1% menjadi 86,7%, atau terjadi kenaikan kemurnian sebesar 63,6% dibandingkan kondisi awal.

Selain itu, yield total distilat tetap sebesar 75.539 BPD, sehingga peningkatan kemurnian tidak menurunkan kapasitas produksi. Kombinasi kondisi operasi baru terbukti menjadi kondisi optimum untuk meningkatkan kemurnian distilat 100D, karena mampu memperbaiki efisiensi pemisahan, mengurangi *carry-over* fraksi berat, serta mempersempit rentang titik didih produk tanpa menimbulkan gangguan stabilitas operasi.

## F. Perbandingan Data awal dan Data sesudah

Dalam simulasi Aspen HYSYS, data *feed* dimasukkan berdasarkan hasil distilasi dari minyak UCO yang diperoleh dari lab dengan bantuan *oil manager*. Data komposisi *feed* yang dihasilkan terdiri dari komponen-komponen bayangan yang hanya diketahui nilai *Normal Boiling Point* (NBP)-nya. NBP merupakan titik suhu di mana zat cair akan berubah menjadi uap pada tekanan

atmosfer. Konsep ini menjadi landasan utama dalam pemisahan komponen melalui distilasi karena NBP setiap zat memungkinkan prediksi urutan penguapan setiap komponen dalam campuran. Semakin rendah titik didihnya, maka semakin cepat suatu komponen akan menguap dibanding komponen lain. Jadi, dengan mengetahui NBP tiap komponen, suhu dapat diatur untuk memisahkan komponen yang diinginkan dengan tepat di kolom distilasi, memberikan kendali pada kualitas produk yang dihasilkan. Pada data yang didapatkan akan terlihat kenaikan kemurnian berdasarkan volume (%Vol) yang dihasilkan. Volume akan digunakan sebagai parameter kenaikan kemurnian produk.

Didapatkan data komponen produk 100D yang kemudian dibandingkan dengan data yang telah dilakukan optimasi. Data simulasi 100D sebelum dan setelah dilakukan optimasi ditampilkan dalam Tabel 2 dan Tabel 3 secara berurutan.

**Tabel 2. Data Simulasi 100D sebelum optimasi**

|              | % Volume         | Yield (BPD)      |
|--------------|------------------|------------------|
| NBP 418*     | 0,188481         | 142.37           |
| NBP 441*     | 0,103485         | 78.18            |
| NBP 473*     | 7,317967         | 5,526.49         |
| NBP 511*     | 15,49169         | 11,709.74        |
| NBP 531*     | 40,71701         | 30,761.47        |
| NBP 555*     | 36,16435         | 27,320.75        |
| <b>Total</b> | <b>100,00000</b> | <b>75,539.00</b> |

**Tabel 3. Data Simulasi 100D setelah optimasi**

|              | % Volume         | Yield (BPD)      |
|--------------|------------------|------------------|
| NBP 418*     | 0.34             | 256.83           |
| NBP 441*     | 1.45             | 1,095.32         |
| NBP 473*     | 29.93            | 22,625.00        |
| NBP 511*     | 54.96            | 41,569.74        |
| NBP 531*     | 11.88            | 8,972.73         |
| NBP 555*     | 1.45             | 1,095.32         |
| <b>Total</b> | <b>100,00000</b> | <b>75,539.00</b> |

Setelah dilakukan optimasi dengan menaikkan suhu dasar kolom menjadi 342°C serta menurunkan tekanan vakum menjadi 70 mmHg (*top*) dan 84 mmHg (*bottom*), distribusi fraksi mengalami pergeseran. Fraksi gas oil (NBP 473–511 °C) meningkat hingga 85%, sedangkan fraksi berat berkurang drastis menjadi 13,33%. Peningkatan suhu dasar memperkuat penguapan fraksi menengah tanpa menyebabkan *cracking*, sedangkan penurunan tekanan memperkecil titik didih komponen berat sehingga pemisahan berlangsung lebih efisien.

Perubahan ini meningkatkan kemurnian distilat dari 23,1% menjadi 86,7%, atau naik 63,6%, dengan *yield* total tetap 75.539 BPD. Hasil ini membuktikan bahwa optimasi kondisi operasi meningkatkan kualitas produk tanpa mengorbankan kapasitas produksi. Proses distilasi juga menjadi lebih selektif, ditandai dengan berkurangnya *carry-over* fraksi berat ke produk atas.

Meskipun sebagian besar fraksi berat dengan NBP 531 °C dan 555 °C telah mengalami perubahan fasa dari cair menjadi uap dan tertahan di bagian bawah kolom, simulasi ini belum dapat mengidentifikasi secara spesifik senyawa-senyawa penyusun fraksi tersebut. Nilai NBP dalam Aspen HYSYS hanya merepresentasikan rentang titik didih, bukan komposisi kimia aktual. Oleh karena itu, diperlukan analisis lanjutan secara eksperimental seperti *Gas Chromatography* (GC) atau *Simulated Distillation* (SIMDIS) untuk memperoleh karakterisasi lebih detail terhadap fraksi berat setelah optimasi dilakukan.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa optimasi kondisi operasi kolom distilasi vakum (V-0101) di PT NHA menggunakan Aspen HYSYS mampu meningkatkan kemurnian distilat 100D secara signifikan tanpa menurunkan kapasitas produksi. Dengan menaikkan temperatur dasar kolom dari 333,9°C menjadi 342°C serta menurunkan tekanan bagian atas dan bawah kolom menjadi 70 mmHg dan 84 mmHg, kemurnian distilat meningkat dari 23,1% menjadi 86,7%, sementara yield total tetap sebesar 75.539 BPD. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengaturan suhu dan tekanan yang tepat dapat memperbaiki efisiensi pemisahan fraksi, mengurangi *carry-over* fraksi berat, serta menjaga stabilitas operasi kolom. Oleh karena itu, simulasi dan optimasi menggunakan Aspen HYSYS terbukti efektif dalam meningkatkan performa dan kualitas produk pada *Vacuum Distillation Unit* (VDU) di PT NHA.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Zbytovský, T. Sommer, M. Zapletal, and J. Trejbal, "Comparison of various column packing materials efficiency for hydrocarbons and aqueous mixtures," *Chem Biochem Eng Q*, vol. 33, pp. 183–190, 2019, doi: 10.15255/CABEQ.2018.1565.
- [2] S. Lee, D. Palacio Lozano, H. Jones, K. Shin, and M. Barrow, "Characterization of Mineral and Synthetic Base Oils by Gas Chromatography–Mass Spectrometry and Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance Mass Spectrometry," *Energy & Fuels*, vol. 36, 2022, doi: 10.1021/acs.energyfuels.2c02437.
- [3] G. Kang, F. Zhang, H. Liu, B. Wei, Z. Jin, and H. Lv, "Rapid Separation and API Grades Identification of Base Oil in Low Viscosity Gasoline Engine Oil SN 0W-16," *ACS Omega*, vol. 9, no. 19, pp. 21270–21275, 2024, doi: 10.1021/acsomega.4c01291.
- [4] A. Widyasanti, S. Nurjanah, B. Nurhadi, and C. P. Osman, "Optimization of the Vacuum Fractional Distillation Process for Enhancing the  $\alpha$ -Guaiene of Patchouli Oil with Response Surface Methodology," *Separations*, vol. 10, no. 9, 2023, doi: 10.3390/separations10090469.
- [5] W. L. Luyben, "Distillation column pressure selection," *Sep Purif Technol*, vol. 168, pp. 62–67, 2016, doi: 10.1016/j.seppur.2016.05.015.
- [6] R. W. Gaikwad, A. R. Warade, S. L. Bhagat, and J. B. Bhasarkar, "Optimization and simulation of refinery vacuum column with an overhead condenser," *Mater Today Proc*, vol. 57, pp. 1593–1597, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.12.175.
- [7] A. Supriatna, M. L. Singgih, E. Widodo, and N. Kurniati, "Overall equipment effectiveness evaluation of maintenance strategies for rented equipment," *International Journal of Technology*, vol. 11, no. 3, pp. 619–630, 2020, doi: 10.14716/ijtech.v11i3.3579.
- [8] 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, 2021, doi: 10.3390/pr9020327.
- [9] O. Lacroix-Andrivet, M. Hubert-Roux, C. Loutelier Bourhis, S. Moualdi, A. L. Mendes Siqueira, and C. Afonso, "Characterization of Base Oil and Additive Oxidation Products from Formulated Lubricant by Ultra-High Resolution Mass Spectrometry," *Lubricants*, vol. 11, no. 8, 2023, doi: 10.3390/lubricants11080345.
- [10] S. Thambiyapillai and M. Ramanujam, "An experimental investigation and aspen hysys

- simulation of waste polystyrene catalytic cracking process for the gasoline fuel production,” *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 10, no. 4, pp. 891–900, 2021, doi: 10.14710/IJRED.2021.33817.
- [11] Z. Varga and K. Lóczi, “Investigation of heat recovery with pump-arounds at a crude oil atmospheric distillation tower,” *Chem Eng Trans*, vol. 52, pp. 889–894, 2016, doi: 10.3303/CET1652149.