



JURNAL REKAYASA, TEKNOLOGI PROSES DAN SAINS KIMIA

Received: 26-12-2024

Accepted: 27-12-2024

Published: 17-01-2025

Crude Distillation Unit (CDU) Performance Analysis using Aspen Hysys

Fauzatu Arabica Yatasya¹¹Prodi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan¹Corresponding Email: fauzatuarabica@ptki.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi di Indonesia akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Optimalisasi proses pemisahan minyak mentah sangat dibutuhkan dalam kilang minyak saat ini karena tingginya biaya energi dan persyaratan akan produk minyak berkualitas. Salah satu komponen penting di dalam kilang minyak adalah Crude Distillation Unit (CDU) yang berfungsi sebagai tahap awal dalam pengolahan minyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh dari variasi kondisi umpan terhadap kinerja unit dan menyusun langkah-langkah pemecahan masalah (*troubleshooting*) yang ada pada CDU dengan menggunakan perangkat lunak Aspen Hysys. Bahan baku yang digunakan dalam simulasi proses ini adalah campuran minyak mentah Vasconia, Sapinhua, dan Omelca. Proses analisis dan *troubleshooting* sistem proses di CDU telah dilakukan dan diperoleh bahwa apabila tanpa penyesuaian kondisi operasi, maka akan muncul permasalahan operasi berupa peristiwa *jet flooding* pada tray 15 Main Tower ketika kandungan Omelca pada umpan CDU lebih dari 50%-vol dan laju alir umpan CDU lebih besar dari 112.000 bpd. Permasalahan *jet flooding* dapat diatasi dengan melakukan pengurangan laju alir Main Steam, pengurangan laju alir AGO Steam, dan pengurangan rasio *boil-up* pada unit reboiler *side stream* kerosin.

Kata Kunci: Aspen Hysys, Crude Distillation Unit, Jet Flooding, dan Minyak Mentah.

Abstract

Indonesia's energy needs continue to increase along with the increasing population. Optimization of the crude oil separation process is urgently needed in today's oil refineries due to the high energy costs and the requirement for quality oil products. One of the important components in an oil refinery is the Crude Distillation Unit (CDU) which functions as the initial stage in oil processing. This study aims to identify the effect of variations in feed conditions on unit performance and to develop troubleshooting steps in the CDU using Aspen Hysys software. The raw materials used in this process simulation are a mixture of Vasconia, Sapinhua, and Omelca crude oils. The process of analyzing and troubleshooting the process system in the CDU has been carried out and it was found that if without adjusting the operating conditions, operational problems will arise in the form of jet flooding events on trays-15 of the Main Tower when the Omelca content in the CDU feed is more than 50%-vol and the CDU feed flow rate is greater than 112,000 bpd. The problem of jet flooding can be overcome by reducing the Main Steam flow rate, reducing the AGO Steam flow rate, and reducing the boil-up ratio of the kerosene side stream reboiler unit.

Keywords: Aspen Hysys, Crude Distillation Unit, Jet Flooding, and Crude Oil.

I. PENDAHULUAN

Minyak mentah merupakan campuran hidrokarbon yang bervariasi seperti metana, etana, propana, dan lain-lain hingga komponen dengan berat molekul yang sangat tinggi (Doust dkk., 2012). Cadangan

minyak mentah di Indonesia tersebar di beberapa daerah, namun, cadangan minyak bumi tersebut menurun seiring waktu. Kebutuhan minyak mentah terus meningkat berbanding lurus dengan jumlah penduduk yang terus meningkat (Zaim dkk., 2017). Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, konsumsi minyak mentah di Indonesia saat ini mencapai sekitar 1,6 juta barel/hari. Sementara, produksi domestik hanya mampu menghasilkan sekitar 600 ribu barel/hari. Oleh karena itu, perlu didirikan kilang dengan proses yang optimal untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Juma & Thomas, 2009). Optimalisasi proses pemisahan minyak mentah merupakan salah satu aspek penting dalam kilang minyak saat ini karena tingginya biaya energi dan persyaratan akan produk minyak berkualitas (Shankar dkk., 2015).

Salah satu komponen penting di dalam kilang minyak adalah Crude Distillation Unit (CDU) yang berfungsi sebagai tahap awal dalam pengolahan minyak. Prinsip kerja CDU yakni pemisahan komponen-komponen minyak bumi berdasarkan titik didihnya (*boiling point*) pada tekanan atmosferik (More dkk., 2010). Produk dari CDU merupakan produk antara bagi pengolahan minyak mentah sekaligus umpan bagi unit pengolahan lain, misalnya *naphta hydrotreater*, *kerosene hydrotreater*, *gas oil hydrotreater*, dan lain-lain (Rao, 2018; Santana & Zemp, 2001). CDU dapat mengolah campuran minyak mentah dengan berbagai variasi rasio umpan. Namun, setiap variasi rasio maupun jumlah umpan membutuhkan kondisi proses yang khusus agar umpan tersebut dapat diolah dengan baik menggunakan kolom distilasi yang ada (Popoola dkk., 2013). Oleh karena itu, setiap kali terjadi perubahan kondisi umpan maka diperlukan pengaturan kondisi operasi agar kolom distilasi dapat bekerja dengan baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh dari variasi kondisi umpan terhadap kinerja unit dan menyusun langkah-langkah pemecahan masalah (*troubleshooting*) yang ada pada CDU. Kajian ini bersifat prediktif yang bertumpu kuat terhadap hasil simulasi menggunakan simulator *Aspen Hysys*. Umpan minyak mentah yang diolah merupakan campuran dari 3 jenis/sumber minyak mentah, yaitu: Vasconia, Sapinhua dan Omelca. Campuran minyak mentah tersebut kemudian diproses menjadi produk utama & produk samping, antara lain: nafta, kerosene, diesel, Automotive Gas Oil (AGO), dan residu. Produk-produk tersebut diproses & dipisahkan menggunakan kolom distilasi yang memiliki prinsip kerja memisahkan komponen berdasarkan perbedaan titik didih.

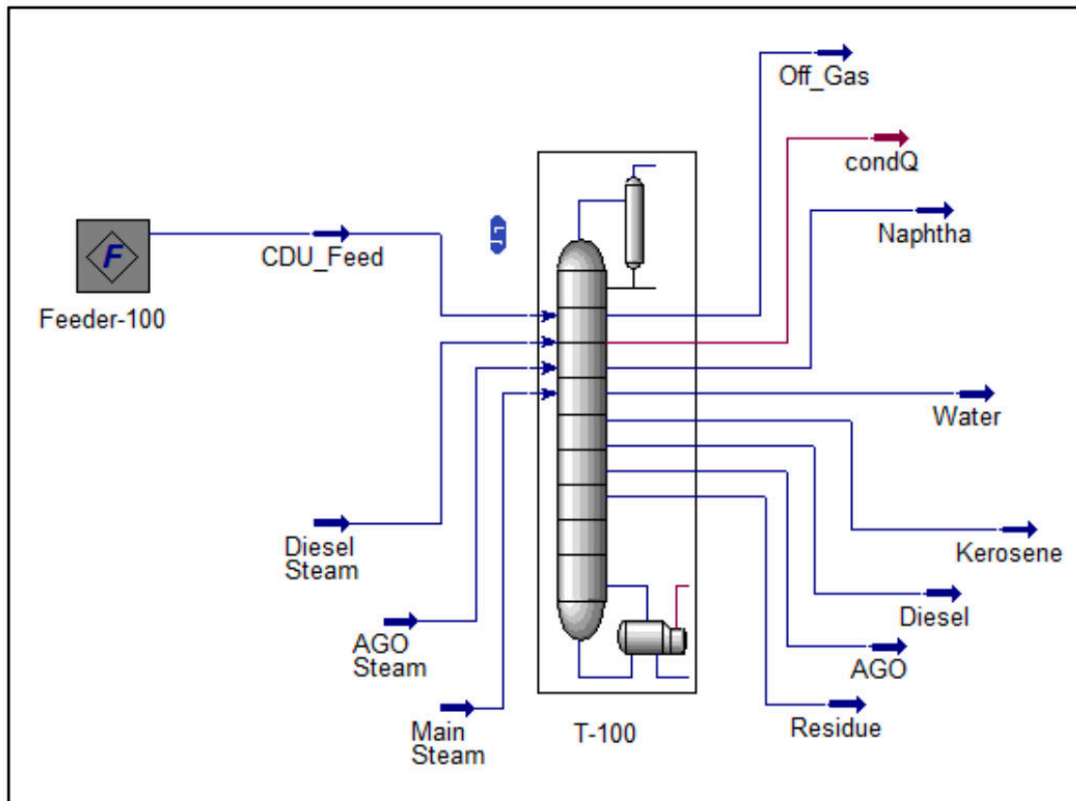
II. METODE PENELITIAN

CDU disimulasikan dengan perangkat lunak simulasi proses *Aspen Hysys* versi 10 pada kapasitas operasi normal sebesar 100.000 barel/hari dengan umpan berupa campuran minyak mentah yang terdiri dari: 47,5 %-vol Vasconia (Med-Heavy, API=20); 42,5%-vol Sapinhua (Light-Med, API=30); dan 10,0%-vol Omelca (Very Light, API = 40). Kolom distilasi didesain berdasarkan jumlah umpan dan rasio komposisi umpan tersebut. Namun, kondisi operasi kolom distilasi secara operasional masih dapat diatur untuk mengakomodir perubahan jumlah dan rasio komposisi umpan. Pengamatan kinerja CDU dilakukan ketika terjadi perubahan kondisi umpan sebagai berikut:

- a. Laju umpan mengalami fluktuasi pada rentang 80.000–120.000 barel/hari.
- b. Rasio Omelca pada umpan meningkat pada rentang 10-50%-vol dengan mempertahankan rasio antara Vasconia & Sapinhua tetap (47,5/42,5) dan jumlah produk total tetap (100.000 barel/hari).

Pengamatan & simulasi juga dilakukan untuk menyusun langkah-langkah *troubleshooting* terhadap masalah yang muncul akibat perubahan kondisi umpan di atas. Metode *troubleshooting* yang digunakan didasarkan pada kajian hidrolika kolom distilasi dan dilakukan tanpa modifikasi unit CDU yang ada. Model simulasi yang digunakan terdiri dari sebuah kolom CDU seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Basis simulasi yang dijadikan acuan dan digunakan sebagai nilai awal diperoleh dengan menjalankan model simulasi menggunakan data berikut:

- Laju umpan : 100.000 *barrel per day* (bpd)
- Temperatur umpan: 695°F
- Tekanan umpan: 90 psia.



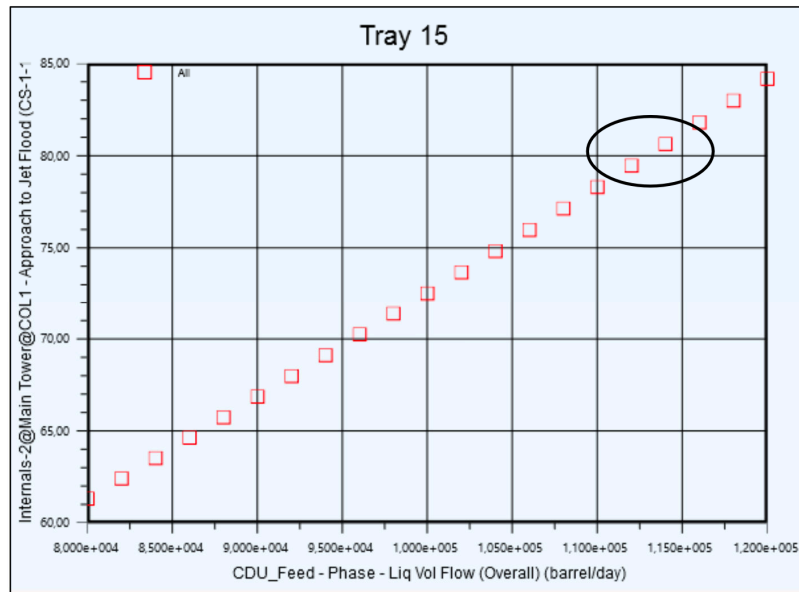
Gambar 1. Model simulasi *Crude Distillation Unit* (CDU)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan menggunakan 2 variasi kondisi umpan yang berbeda. Pada variasi A, disimulasikan laju umpan memiliki rentang 80–120% dari kondisi basis kemudian dilakukan pengamatan kinerja unit CDU. Selanjutnya dilakukan kajian untuk mengidentifikasi laju umpan maksimal yang dapat diolah dan pengaturan parameter operasi yang dibutuhkan. Pada variasi B, disimulasikan rasio Omelca pada umpan memiliki rentang 10–50%-vol. Selanjutnya sejumlah parameter operasi divariasikan untuk memperoleh produk nafta sebanyak mungkin dalam basis kapasitas total sebesar 100.000 barel/hari. Persyaratan yang digunakan pada simulasi ini ialah rasio Vasconia dan Sapinhua harus tetap, yaitu perbandingan 47,5/42,5 atau 1,1176:1. Tahapan simulasi dan penjelasannya dijabarkan dalam sub-bab berikut.

A. *Evaluasi Pengaruh Laju Alir Umpan pada Rentang 80-120% dari Basis*

Parameter kinerja kolom distilasi yang diamati dalam simulasi ini ialah parameter *jet flooding*. Batasan nilai *jet flooding* yang digunakan ialah maksimal 80%. Parameter *jet flooding* digunakan untuk mengidentifikasi apakah perubahan laju alir umpan dapat menimbulkan peristiwa *flooding*. Pada pengoperasian kolom distilasi tidak diharapkan terjadi peristiwa *flooding* karena dapat menurunkan efisiensi proses distilasi (Wijarnako dkk., 2023). Pengaruh perubahan laju alir umpan terhadap kinerja kolom CDU dapat diamati dalam Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh laju alir umpan terhadap nilai *jet flooding* di tray-15

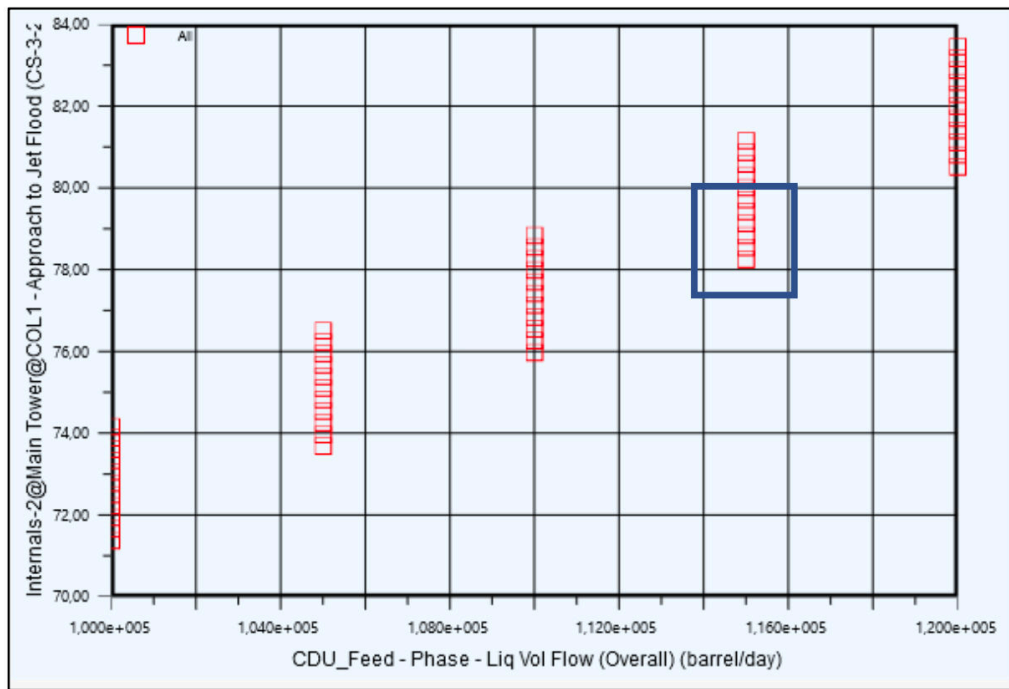
Berdasarkan Gambar 2, dapat diamati bahwa pada rentang laju alir 80–100% basis, nilai *jet flooding* pada tray-15 selalu lebih kecil dari 80%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan laju alir umpan tidak akan menimbulkan permasalahan operasional kolom CDU. Sebaliknya, jika diamati pada rentang laju alir 100–120% basis, parameter *jet flooding* pada tray-15 mendekati nilai maksimal 80% pada saat laju alir umpan meningkat mencapai 112.000 bpd. Hal ini menandakan ketika laju alir umpan lebih besar dari 112.000 bpd akan menyebabkan permasalahan di kolom CDU berupa terjadinya peristiwa *flooding* di tray-15 dari *main tower*.

Peristiwa *flooding* yang muncul kemungkinan terjadi akibat adanya laju alir uap maupun cairan yang terlalu besar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan penyesuaian kondisi operasi di kolom CDU maupun *side stream & pump around system*. Penyesuaian kondisi operasi dilakukan bertujuan untuk mengatur laju alir cairan dan uap yang melewati tray yang mengalami *flooding*. Urutan pengaturan dilakukan dari tray paling bawah menuju tray paling atas yang mengalami *flooding*. Urutan ini dipilih karena pengaturan tray bagian bawah akan menghasilkan pengaruh yang lebih kuat terhadap sistem kolom secara keseluruhan dibandingkan pengaturan tray bagian atas (Wijarnako dkk., 2023).

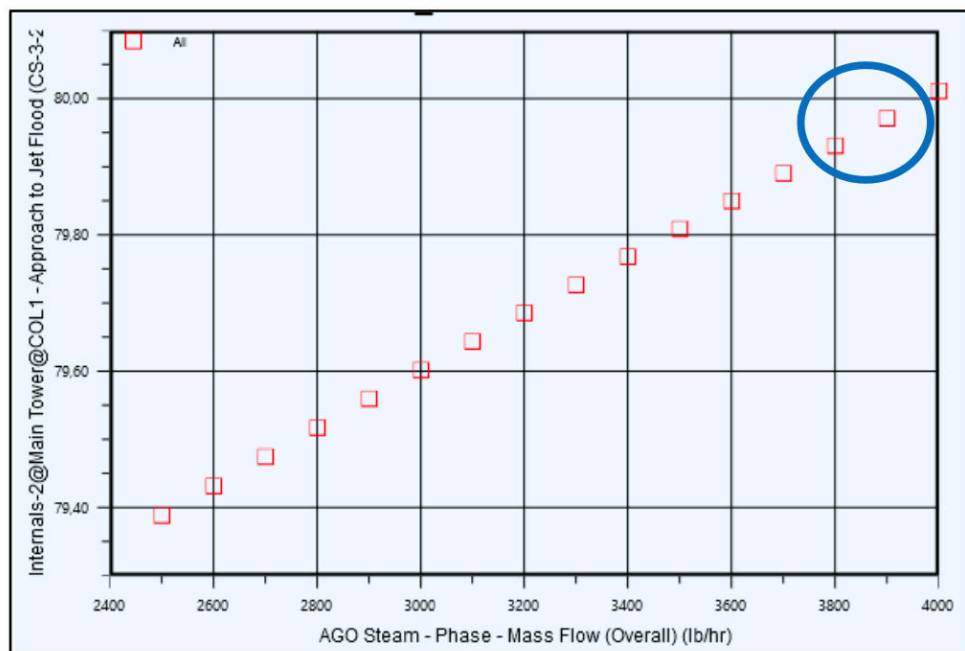
Salah satu langkah penyesuaian kondisi operasi dalam rangka *troubleshooting* adalah pengurangan laju alir umpan CDU, Main Steam, dan AGO_Steam. Langkah ini dilakukan dengan tujuan utama untuk mengurangi laju alir uap di tray-23. Uap yang melewati tray-23 berasal dari 3 sumber, yaitu: umpan CDU, Main steam & AGO_SS. Sebelumnya, dilakukan analisis pengaruh kombinasi umpan CDU & Main steam terhadap nilai *jet flooding* tray-23. Analisis dilakukan menggunakan *case study analysis* dengan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, diperoleh data bahwa laju umpan CDU maksimum yang dapat diolah ialah 115.000 bpd. Berdasarkan hasil, kombinasi nilai laju Main Steam yang paling optimal ialah sebesar 66.000 lb/hr.

Kombinasi penurunan laju umpan CDU & Main Steam ternyata belum cukup untuk mengatasi masalah *flooding* di tray-23. Namun, kombinasi tersebut telah memperbaiki kondisi tray di area *middle* sehingga tidak ada lagi yang mengalami *flooding* di area tersebut. Pengaturan selanjutnya ialah mengurangi laju alir AGO_Steam seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, diperoleh data bahwa nilai laju alir AGO_Steam yang paling optimum ialah 3900 lb/hr. Oleh karena itu, langkah *troubleshooting* ini memperoleh kombinasi nilai sebagai berikut:

- Laju Alir Umpan CDU: 115.000 bpd
- Laju Alir Main Steam: 66.000 lb/hr
- Laju Alir AGO_Steam: 3900 lb/hr



Gambar 3. Pengaruh kombinasi pengurangan laju umpan CDU & Main Steam terhadap *jet flooding* tray-23



Gambar 4. Pengaruh Penurunan Alir AGO_Steam terhadap *Jet Flooding* Tray-23

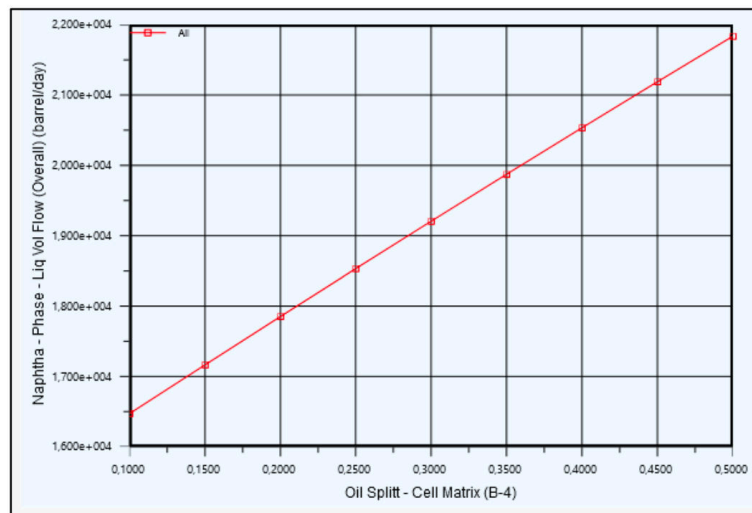
B. Evaluasi Pengaruh Kandungan Omelca dalam Umpan Minyak Mentah

Evaluasi dilakukan dengan melakukan variasi minyak dari Omelca di umpan minyak mentah pada rentang 10-50%-vol dengan tetap menjaga rasio Vasconia : Sapinhwa sebesar 47,5 : 42,5 atau 1,1176 : 1. Minyak mentah dari Omelca merupakan minyak yang memiliki fraksi ringan terbanyak dibandingkan dengan Vasconia dan Sapinhwa. Oleh karena itu, dengan peningkatan porsi minyak Omelca secara teoretis akan diperoleh produk nafta yang lebih banyak. Rasio Vasconia : Sapinhwa harus selalu tetap, sehingga evaluasi ini dilakukan dengan mensimulasikan komposisi minyak mentah sesuai dengan data yang ditampilkan pada Tabel 1.

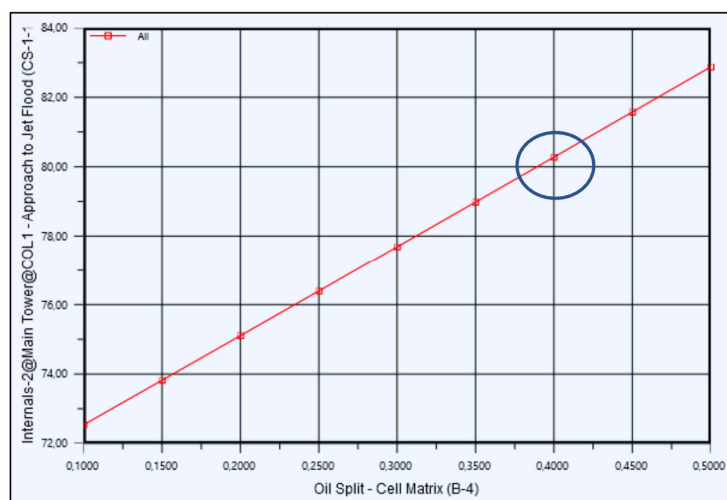
Pengaruh peningkatan kandungan minyak dari Omelca pada umpan minyak mentah terhadap perolehan nafta ditampilkan pada Gambar 5. Pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa perolehan nafta memiliki hubungan yang linier terhadap kandungan Omelca. Hal ini menandakan bahwa untuk memperoleh produk nafta sebanyak mungkin maka gunakan umpan minyak mentah dengan kandungan Omelca setinggi mungkin. Sifat Omelca yang ringan memudahkan Omelca untuk diolah menjadi nafta. Namun, makin tinggi kandungan Omelca pada umpan minyak mentah, maka campuran umpan tersebut akan memiliki fraksi ringan yang lebih banyak. Fraksi ringan yang banyak dapat menyebabkan gangguan di kolom CDU karena banyaknya uap yang dihasilkan dari area *bottom*. Gangguan tersebut dapat diamati melalui nilai *jet flooding*. Pengaruh kandungan Omelca dalam umpan terhadap *jet flooding tray-15* ditampilkan pada Gambar 6.

Tabel 1. Variasi Komposisi Umpan Minyak Mentah

Sumber	Rasio Komposisi Minyak Mentah (Volume Based)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vasconia	0,4750	0,4486	0,4227	0,3958	0,3694	0,3430	0,3167	0,2903	0,2639
Sapinhua	0,4250	0,4014	0,3783	0,3542	0,3306	0,3070	0,2833	0,2597	0,2361
Omelca	0,1000	0,1500	0,1990	0,2500	0,3000	0,3500	0,4000	0,4500	0,5000



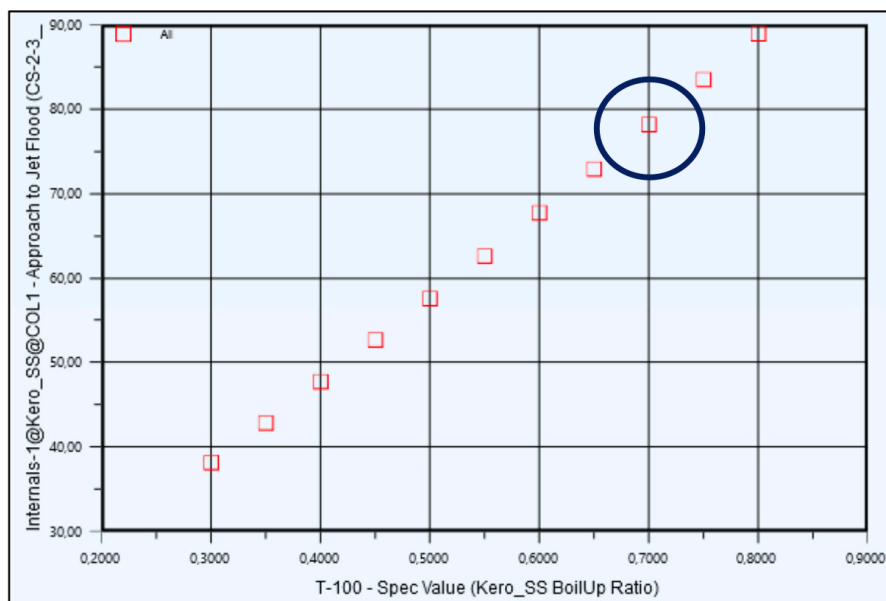
Gambar 5. Pengaruh kandungan Omelca dalam umpan terhadap perolehan nafta.



Gambar 6. Pengaruh kandungan Omelca dalam umpan terhadap *jet flooding tray-15*.

Sama seperti pengaruh terhadap perolehan nafta, peningkatan kandungan Omelca juga menyebabkan peningkatan nilai *jet flooding* pada *tray* di kolom CDU. Pada Gambar 6 dapat diamati bahwa jika tanpa adanya penyesuaian kondisi operasi maka kandungan Omelca dalam umpan harus < 40%-vol agar tidak menyebabkan *flooding* di dalam kolom CDU. Peristiwa *flooding* yang muncul di beberapa terjadi akibat adanya laju alir uap yang terlalu besar akibat dari kandungan Omelca yang tinggi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan penyesuaian kondisi operasi di kolom CDU maupun *side stream* dan *pump around system*.

Salah satu langkah penyesuaian kondisi operasi dalam rangka *troubleshooting* adalah pengurangan laju alir uap melalui pengurangan rasio *boil-up*. Permasalahan *jet flooding* disebabkan karena campuran umpan CDU memiliki fraksi ringan lebih banyak dibanding normal sehingga cairan di *tray* 12 juga akan memiliki fraksi ringan yang lebih banyak. Ketika cairan dari *tray* 12 diuapkan menggunakan reboiler, maka fasa gas yang dihasilkan juga lebih banyak sehingga menciptakan laju alir gas yang tinggi. Penguapan di reboiler dapat dikurangi dengan mengatur rasio *boil-up*. Pengaruh nilai rasio *boil-up* terhadap *jet flooding tray-3* disajikan pada Gambar 7. Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa nilai *jet flooding* pada *tray-3* mulai turun <80% pada saat nilai rasio *boil up* sekitar 0,7. Oleh karena itu, digunakan nilai rasio *boil-up* sebesar 0,7 untuk pengaturan *troubleshooting*.



Gambar 7. Pengaruh penurunan rasio *boil-up* terhadap *jet flooding tray-3* Kero_SS.

IV. SIMPULAN

Proses analisis dan *troubleshooting* sistem proses di *Crude Distillation Unit* (CDU) telah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Aspen Hysys*. Pengamatan terhadap variasi laju alir umpan CDU pada rentang 80-120% dari basis menunjukkan bahwa apabila tanpa penyesuaian kondisi operasi, maka akan muncul permasalahan operasi berupa peristiwa *jet flooding* pada enam *tray* 15 Main Tower ketika laju alir umpan CDU lebih besar dari 112.000 bpd. Tanpa modifikasi alat, kapasitas pengolahan maksimal kolom CDU ialah 115.000 bpd. Permasalahan *jet flooding* dapat diatasi dengan melakukan pengurangan laju alir Main Steam menjadi 66.000 lb/hr dan pengurangan laju alir AGO Steam menjadi 3.900 lb/hr. Selain itu, pada pengamatan terhadap variasi kandungan Omelca pada rentang 10- 50%-vol menunjukkan bahwa peningkatan kandungan Omelca pada umpan CDU hingga 50%-vol menyebabkan permasalahan *jet flooding* pada *tray*-15, 23 Main Tower dan *tray*-3 SS Kero. Kolom CDU dapat mengolah umpan campuran crude oil dengan porsi Omelca hingga 50%-vol tanpa perlu melakukan modifikasi peralatan. Pengolahan umpan dengan porsi Omelca 50%-vol tanpa menimbulkan masalah operasional memerlukan langkah penyesuaian, yaitu pengurangan rasio *boil-up* unit reboiler SS Kero menjadi 0,7.

DAFTAR PUSTAKA

- Doust, A. M. Shahraki, F. & Sadeghi, J. (2012). Simulation, Control, and Sensitivity Analysis of Crude Distillation Unit. *Journal of Petroleum and Gas Engineering* 3 (6): 99-113.
- Juma, H. & Tomas, P. (2009). Steady-state and Dynamic Simulation of Crude Oil Distillation using Aspen Plus and Aspen Dynamics. *Pet. Coal. J.* 51 (2): 100-109.
- More, R. K. Bulsara, V. K. Uppaluri, R. & Banjara, V. R. (2010). Optimization of Crude Distillation System Using Aspen Plus: Effect of Binary Feed Selection on Grass Root Design. *Chemical Engineering Research and Design* 88: 121-133.
- Popoola, L. T. Babagana, G. & Susu, A. A. (2013). Expert System Design and Control of Crude Oil Distillation Column of a Nigerian Refinery using Artificial Neural Network Model. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences* 15: 337-346.
- Rao, B. (2018). *Modern Petroleum Refining Processes*. New Delhi: CBS Publishers and Distributors Private Limited.
- Santana, E. I. & Zemp, R. J. (2001). Thermodynamic Analysis of a Crude-Oil Fractionating Process. *4th Mercosur Congress on Process-Systems Engineering* 21: 523-525.
- Shankar, N. Aneesh, V. & Sivasubramanian, V. (2015). Aspen Hysys based Simulation and Analysis of Crude Distillation Unit. *International Journal of Current Engineering and Technology* 5 (4): 2833-2837.
- Wijanarko, A. Hidayat, M. & Sutijan, S. (2023). Evaluation of Jet Flooding in Distillation Column Olefins Plant on Naphta to LPG Feed Substitution. *ChemEngineering* 7 (63): 1-16.
- Zaim, R. L. Muqni, W. E. Nurkhamidah, S. Rahmawati, Y. & Gondo, S. (2017). Srude Distillation Unit (CDU) dari Kuwait Crude Oil. *Jurnal Teknik ITS* 6 (2): 237-240.