

# OPTIMASI PENINGKATAN KONDISI OPERASI PADA KOLOM DESTILASI (ATSMOFERIK) C1-1 DI UNIT CDU V PT X MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ASPEN HYSYS-14

Wulan Silvana Erubun<sup>1\*</sup>, Pusparatu<sup>1</sup>, Heriyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl Gajah Mada No.38 Cepu, Blora Jawa Tengah, 58312

\*E-mail: erubunjamlean25@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kondisi operasi kolom destilasi atmosferic *Crude Distillation Unit* (CDU) di Kilang Pengolahan Minyak, yang berperan penting dalam memisahkan fraksi minyak mentah berdasarkan perbedaan titik didih, menghasilkan produk Gasoline, Kerosene, Diesel, dan Residu. Tantangan yang dihadapi pada operasi destilasi ini termasuk fluktuasi suhu, tekanan, dan rendahnya efisiensi transfer panas, yang mempengaruhi kualitas produk akhir. Optimasi melibatkan penyesuaian suhu, tekanan, dan pemilihan Tray atau packing yang tepat, serta perbaikan sistem kontrol. Model proses destilasi Atmosferic dibangun menggunakan perangkat lunak ASPEN HYSYS-14 dan kalibrasi dengan data operasional untuk memastikan akurasi. Simulasi dilakukan dengan berbagai skenario untuk menentukan pengaruh variasi parameter terhadap pemisahan dan kualitas produk. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan pemisahan dan kualitas fraksi minyak, memenuhi spesifikasi pasar yang ketat. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kinerja CDU V, tetapi juga memberikan panduan bagi unit-unit pengolahan lain untuk meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi operasional dimasa mendatang.

**Kata kunci:** Kolom destilasi, Aspen HYSYS, Perbandingan Efisiensi, perbandingan Mol fraksi

## 1. PENDAHULUAN

Kilang Pengolahan Minyak dirancang untuk memproses minyak mentah di Indonesia. Salah satu elemen penting di kilang pengolahan minyak ini adalah *Crude Distillation Unit* (CDU V) yang berfungsi sebagai tahap awal dalam pengolahan minyak mentah [1]. Optimasi ini mencakup penyesuaian suhu dan tekanan, pemilihan tray atau packing yang sesuai, serta perbaikan sistem kontrol proses. Dengan melakukan analisis data operasional dan menerapkan teknik optimasi energi, diharapkan kinerja kolom destilasi dapat meningkat, menghasilkan pemisahan yang lebih efisien, dan mengurangi limbah. Dan diharapkan kualitas produk dapat memenuhi spesifikasi pasar yang semakin tinggi. Proyek ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan performa CDU V, tetapi juga dapat dijadikan contoh bagi unit-unit pengolahan lain, sehingga mendukung keberlanjutan dan efisiensi operasional yang lebih baik di masa mendatang[2].

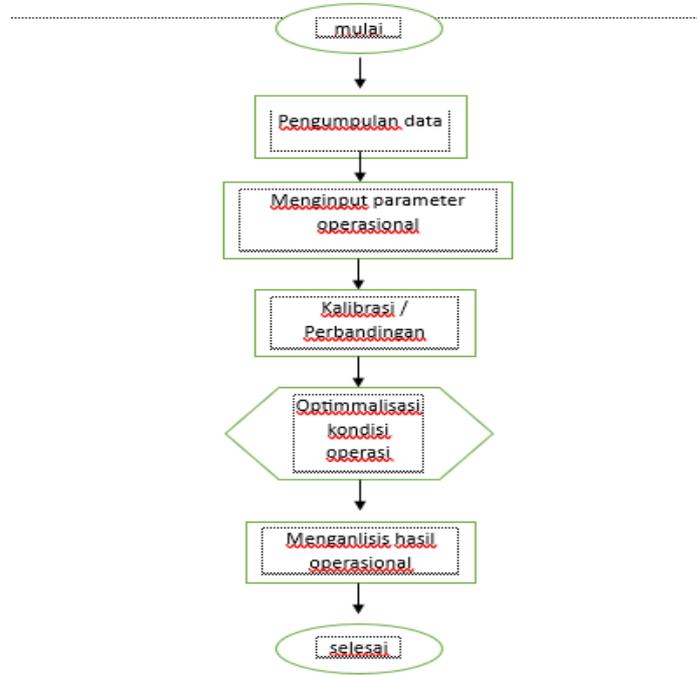
Kolom destilasi atmosferik C1-1 CDU V di Kilang Pengolahan Minyak sangat berperan penting dalam pemisahan minyak mentah, namun seringkali kolom destilasi atmosferik ini menghadapi masalah atau kendala, seperti fluktuasi suhu dan tekanan, efisiensi transfer panas yang rendah, fouling dan korosi pada tray atau packing, serta ketidakseimbangan aliran. Selain itu, kolom dikenal dengan konsumsi energi yang tinggi dan sistem kontrol yang kadang tidak responsif sehingga menurunkan kualitas pemisahan fraksi dan meningkatkan biaya operasional [3]. Dan juga efisiensi panas yang rendah disebabkan oleh pengotoran pada pemanas atau kondisi lingkungan yang berubah-ubah, kondisi ini membuat kolom destilasi membutuhkan lebih banyak energi[4].

Konsumsi energi yang tinggi karena rendahnya suhu pada kondisi alat akan mengakibatkan peningkatan biaya dan kondisi lingkungan akan menjadi dampak negatif untuk masyarakat sekitar [5]. Fraksi-fraksi yang di hasilkan dari produk ini meliputi gas ringan, yang memiliki karakteristik Hidrokarbon ringan seperti metana, etana, propana, dan butana, biasanya digunakan sebagai bahan internal kilang atau pemurnian lebih lanjut, fraksi yang kedua terdapat Naphta rentang titik didihnya  $<30-180^{\circ}\text{C}$  yang memiliki karakteristik hidrokarbon rantai lurus bercabang (C5-C10) dan biasanya digunakan untuk kendaraan bermotor, dan yang terakhir adalah fraksi Kerosine yang memiliki rentang titik didih  $180-240^{\circ}\text{C}$  Serta memiliki karakteristik hidrokarbon (C10-C16) yang digunakan untuk bahan bakar jet (Jet A-1) dan juga sebagai bahan bakar rumah tangga (dibeberapa wilayah dan negara)[6]

Perangkat lunak Aspen HYSYS-14 merupakan salah satu alat simulasi proses yang banyak digunakan dalam industri minyak dan gas untuk memodelkan serta mengoptimalkan kinerja kolom destilasi atmosferik, melalui Aspen HYSYS berbagai variabel operasional, seperti suhu tekanan serta konfigurasi tray dan packing, dapat dianalisa dan dioptimalkan[7].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi kondisi operasi pada kolom destilat Atmosferic d CDU V di PT X, dengan harapan dapat meningkatkan efesiesni Dan efektivitas pada destilasi. Kolom destilasi memiliki peran penting dalam memisahkan fraksi minyak berdasarkan perbedaan titik didih, menghasilkan produk-produk seperti gasoline, kerosene, diesel, fuel oil, dan residu yang digunakan dalam pembuatan asfalt serta produk petrokimia[8]. Dengan pendekatan ini, diharapkan peningkatan efisiensi pemisahan fraksi minyak dapat tercapai[9]. Dan juga menghasilkan produk yang lebih sesuai dengan spesfikasi pasar serta mengurangi potensi limbah, sehingga mendukung keberlanjutan operasional kilang dalam jangka panjang[10].

## 2. METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian. Langkah pertama adalah memasukan data yang di ambil atau peroleh, model proses destilasi akan dibangun dalam perangkat lunak Aspen HYSYS-14. Model ini harus mencerminkan kondisi nyata dari unit CDU V agar hasil simulasi menjadi akurat. Dalam tahap ini, penting untuk menentukan jenis kolom destilasi yang

digunakan, apakah akan memakai *tray* atau *packing*, karena pilihan ini akan mempengaruhi efisiensi pemisahan fraksi minyak.

Model destilasi akan diinput dengan parameter operasional yang diperoleh, termasuk aliran masuk, suhu, dan tekanan. Parameter tersebut akan diatur berdasarkan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Dengan bantuan Aspen HYSYS, simulasi dapat di bangun. Kemudian kalibrasi model merupakan tahap penting dalam penelitian ini. Pada tahap ini, model yang telah dibuat akan disesuaikan dengan data historis dari operasi kolom destilasi yang ada. Proses kalibrasi melibatkan perbandingan hasil simulasi dan data aktual untuk memastikan bahwa model dapat merefleksikan kondisi nyata dengan baik.

Setelah model kalibrasi, simulasi dapat di lakukan untuk mengoptimalkan kinerja kolom destilasi Atmosferik C1-1. Berbagai skenario operasional akan diuji untuk menentukan pengaruh variasi suhu, tekanan, dan jenis *tray* atau *packing* terhadap pemisahan. Kemudian setelah simulasi selesai, hasil yang diperoleh akan dianalisis untuk menentukan kondisi operasi yang optimal. Efisiensi pemisahan akan dioptimalkan berdasarkan seberapa baik produk akhir memenuhi spesifikasi yang telah diharapkan. Hasil dari simulasi akan dibandingkan dengan target kualitas produk, seperti kandungan oktan pada gasoline serta spesifikasi kerosene dan diesel

Analisis ini tidak hanya membantu dalam menentukan kondisi operasional yang ideal, tetapi juga memberikan gambaran tentang bagaimana kolom destilasi dapat beroperasi dengan lebih efisien. Dengan cara ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kinerja unit CDU V di kilang pengolahan minyak. Setelah analisis dilakukan, evaluasi diperlukan untuk menilai keberhasilan optimasi yang diterapkan dalam simulasi. Data dari simulasi akan dibandingkan dengan spesifikasi produk yang diharapkan untuk memastikan bahwa fraksi minyak yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditentukan.

Hasil dari penelitian ini di harapkan tidak hanya meningkatkan kinerja CDU V, tetapi juga dapat menjadi acuan bagi unit-unit yang lain untuk menghadapi tantangan serupa. Melalui pendekatan yang sistematis ini, penelitian di harapkan dapat berkontribusi pada pengembangan proses pengolahan minyak yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

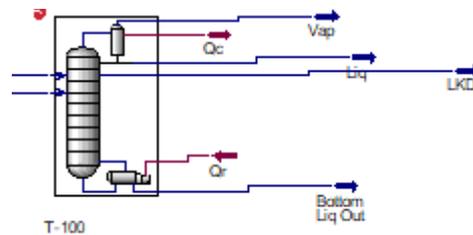
### 3. PEMBAHASAN

#### A. Proses simulasi hysys Kolom C1-1

Fungsi utama *Crude Distillation Unit* (CDU V) di Kilang pengolahan Minyak adalah untuk memisahkan minyak mentah menjadi fraksi-fraksi hidrokarbon berdasarkan perbedaan titik didihnya melalui proses distilasi atmosferik. CDU V merupakan langkah pertama dalam pemrosesan minyak mentah di kilang. Dimana minyak mentah yang masuk dipanaskan hingga mencapai suhu yang diharapkan untuk pemisahan, kemudian dipisahkan menjadi produk antara naphtha, kerosene, gas oil, dan residu. Pada kolom C1-1 produk utama ialah *Light Kondensat Destillate* (LKD), yang dimana memiliki peran penting diberbagai sektor industri, khususnya untuk pembuatan bahan bakar seperti LPG, bensin, dan produk petrokimia. LKD merupakan fraksi ringan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan sangat dibutuhkan dalam industri energi serta kimia. Peningkatan melalui optimasi dan pengaturan kondisi operasi bisa dilakukan melalui:

- Pemisahan Lebih Efisien: Penggunaan perangkat lunak seperti ASPEN HYSYS meningkatkan efisiensi pemisahan fraksi hidrokarbon, menghasilkan produk yang lebih murni.
- Pengendalian Suhu dan Tekanan: Penyesuaian suhu dan tekanan yang ketat dengan valve control membantu meningkatkan efisiensi kolom distilasi, mengurangi kehilangan energi dan meningkatkan kapasitas produksi.

- Pengurangan Pemborosan Energi: Pemanfaatan *Heat Exchanger* mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional, serta menurunkan jejak karbon.
- Optimalisasi Hasil Produk: Penyesuaian aliran uap dan cairan dalam kolom meningkatkan efisiensi pemisahan produk utama seperti LKD dan kerosene, sehingga ketersediaan produk untuk industri energi dan kimia meningkat.
- Keakuratan Model Simulasi: Hasil simulasi dengan kesalahan kecil dibandingkan data lapangan menunjukkan bahwa model ini dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan operasional.
- Peningkatan Keandalan Proses: Optimasi kolom distilasi meningkatkan stabilitas operasi, mengurangi risiko keselamatan dan kerugian finansial.
- Strategi Keberlanjutan: Mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca mendukung citra industri yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.
- Menghadapi Tantangan Pasar: Dengan efisiensi dan kualitas produk yang meningkat, CDU V mampu bersaing lebih baik di pasar energi global, memenuhi kebutuhan yang terus meningkat.



Gambar 1. Kolom destilasi C1-1, Aspen HYSYS-14

Dari Gambar 1 di atas proses masuknya *feed* hasil dari pembakaran di Furnance yang mana bagaian atas atas kolom, temperatur lebih rendah, yaitu 150-200°C, dimana fraksi ringan seperti naphta akan terpisah. Sedangkan dibagian bawah kolom, temperatur mencapai 250-315°C, Untuk memisahkan fraksi lebih berat seperti kerosene, gas oil, dan residu. Tekanan pada kolom bisa mencapai antara 1-2 kg.cm<sup>2</sup>.

Aliran dari Bottom kolom C1-1 kemudian dialirkan ke kolom destilasi kedua (kolom C1-2), untuk pemurnian lebih lanjut. Pengendalian suhu, dan tekanan dilakukan secara ketat dengan menggunakan valve control untuk mendinginkan fraksi gas dibagian atas kolom sehingga menjadi cairan. bagian atas kolom destilasi dapat digunakan sebagai bahan baku reforming atau sebagai komponen dalam bensin, sementara produk utama kolom C1-1 sendiri, yaitu LKD atau *kerosene* dipisahkan dibagian tengah dan dapat digunakan sebagai bahan bakar jet atau untuk keperluan lain setelah diproses lebih lanjut. Kolom destilasi, yang di simulasikan dan optimasi menggunakan perangkat lunak seperti ASPEN HYSYS untuk mengontrol aliran uap dan cairan didalam melalui penambahan energi panas pada bagian bawah dan kondensasi di bagian atas kolom.

### C. Perbandingan Fraksi Mol LKD Lapangan dan Simulasi HYSYS-14

Tabel 2. Mol Fraksi Aktual LKD di Lapangan

Komponen	Rumus	%Mol	kmol	BM	kg
Metana	CH <sub>4</sub>	0.00	0.00	16.04	0.0000
Etana	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.04	0.04	30.07	1.2028
Propana	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.69	0.69	44.1	30.4290

i-Butana	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.84	0.84	58.12	48.8208
n-Butana	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1.99	1.99	58.12	115.6588
i-Pentana	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2.40	2.40	72.15	173.1600
n-Pentana	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2.45	2.45	72.15	176.7675
Total			8.41		546.0389

$$\begin{aligned}
 \text{BM Campuran} &= 546.0389 \text{ kg} \\
 &\quad \text{Massa} \\
 \text{Mol total} &= \text{BM campuran} \\
 &\quad 2862.500 \text{ kg/jam} \\
 &= 546.0389 \text{ kg/mol} = 5.2423 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

**Tabel 3. Mol Fraksi Simulasi HYSYS-14**

%Mol	kmol	BM	Kg
0,00	0,00	16,04	0,00
0,48	0,48	30,07	14,4336
0,82	0,82	44,1	36,162
0,99	0,99	58,12	57,5388
0,23	0,23	58,12	13,3676
0,28	0,28	72,15	20,202
0,29	0,29	72,15	20,9235
TOTAL	2,80		162,628

$$\begin{aligned}
 \text{Laju alir massa feed} &= 3200 \text{ ton/day} * 1000 \text{ kg/1 ton} * 1 \text{ day/24 jam} \\
 &= 133333 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{BM Campuran} = 162,628$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol Total} &= \text{Massa/BM Campuran} \\
 &= 819,8670 \text{ kg/jam} / 162,628 \\
 &= 5,0414 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

Selisih perbandingan antara mol LKD sebesar 5,2423 kmol dan mol total simulasi sebesar 5,0414 kmol selisi anantara 0,2009 kmol. Perbandingan ini menunjukkan bahwa simulasi memperkirakan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan hasil Mol fraksi di lapangan. Presentase dihitung dengan rumus  $(0,2009/5,2423) \times 100\%$ , Yang mendapatkan hasil 3.83%. dengan kesalahan yang relatif kecil, model simulasi ini cukup akurat dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan, meskipun masih ada ruang untuk perbaikan. Hal ini dinyatakan estimasi yang mendekati hasil nyata, sehingga meminimalkan resiko dalam perencanaan operasional. Selain itu data ini juga memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam memastikan kondisi parameter yang digunakan dapat terus ditingkatkan untuk meningkatkan akurasi yang tepat.

Selain memberikan panduan yang andal, keakuratan model simulasi ini juga menjadi landasan dalam perencanaan strategis yang lebih baik diseluruh tahapan proses distilasi. Ketetapan estimasi sangat berperan dalam merancang proses operasional yang efisien dan aman. Kesalahan yang dapat menyebabkan kerugian finansial risiko keselamatan dalam proses kilang.

#### D. Perbandingan Optimasi Efisiensi di lapangan dan Simulasi HYSYS-14

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{72202}{81529} \times 100\% \\ &= 88.56\% \end{aligned}$$

##### Panas yang hilang

=	<b>Total Panas Masuk</b>	-	<b>Total Panas Keluar</b>
=	81529673.1477	-	72202017.9181
=	9327655.2296		

Berdasarkan data perhitungan di lapangan, efisiensi kolom destilasi C1-1 yang diukur adalah 88%. Hal ini menunjukkan bahwa kolom masih cukup efektif dalam memisahkan komponen campuran maka, ada sisa campuran komponen yang hilang atau terbuang. Karena semakin tinggi efisiensinya semakin mendekati hasil yang ideal. Dimana produk akhir memiliki kemurnian yang baik. Jika dibandingkan dengan simulasi HYSYS, parameter destilasi menunjukkan efisiensi ideal 100% atau didalam simulasi HYSYS 1000 parameters, yang mencerminkan pemisahan sempurna tanpa ada kehilangan pembrosesan. Namun, dalam praktik lapangan, efisiensi 100% sering kali hanya merupakan nilai teoritis yang sulit dicapai karena pengaruh suhu dan tekanan.

Mekipun efisiensi simulasi menunjukkan hasil sempurna, tetapi didunia nyata selalu ada faktor yang mengurangi sehingga kehilangan. Dan untuk menghitung efisiensi baru berdasarkan data di lapangan (88%) dan simulasi (100%), bisa dilakukan pendekatan sederhana dengan menghitung efisiensi peningkatan. Selisih antara kedua data tersebut adalah 12% sehingga jika optimal berhasil, efisiensi baru bisa berhasil 100% namun tergantung pada kondisi lapangan.

Selain dari aspek operasional, efisiensi energi juga menjadi perhatian penting dalam pengoperasian kolom destilasi C1-1. Salah satu strategi yang dapat diterapkan adalah penggunaan *Heat Exchanger* untuk memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari aliran produk untuk aliran feed. Hal ini tidak hanya mengurangi konsumsi energi pada reboiler tetapi juga membantu mengurangi biaya operasi keseluruhan, sehingga meningkatkan *profitabilitas* kilang. Proses ini memungkinkan pengurangan konsumsi energi secara keseluruhan karena reboiler tidak lagi harus memanaskan feed dari suhu lingkungan tetapi menerima aliran yang sebagian besar telah dilepaskan panas sisah. Dampak dari pengurangan konsumsi energi ini tidak hanya terbatas pada penghematan biaya, tetapi juga mengurangi jejak karbon dari proses destilasi. Dengan menurunkan jumlah energi yang dibutuhkan, maka penggunaan bahan bakar untuk menjalankan operasi juga berkurang, sehingga emisi gas rumah kaca dapat diminimalisir.

Kemudian pada penggunaan *Heat Exchanger* untuk pemanfaatan panas juga sejalan dengan prinsip *Sustainability* atau keberlanjutan dalam industri energi modern. Industri minyak dan gas terus didorong untuk mengadopsi teknologi yang lebih ramah lingkungan, dan langkah-langkah seperti pengurangan konsumsi energi melalui pemanfaatan panas adalah salah satu citra kilang sebagai pelaku industri yang bertanggung jawab secara lingkungan.

Dengan demikian, kolom destilasi C1-1 CDU V, merupakan tulang punggung dalam proses destilasi minyak mentah, yang berperan dalam menghasilkan produk-produk bernilai tinggi. Melalui optimasi yang tepat dan penerapan teknologi canggi, efisiensi proses dapat ditekan, dan kualitas produk dapat dijaga atau bukan ditingkatkan. Ini penting tidak hanya untuk keberhasilan operasi kilang, tetapi juga untuk menjawab tantangan global dalam menghadapi kebutuhan energi yang semakin meningkat dan ketatnya persaingan di industri minyak dan gas.

#### 4. SIMPULAN

Meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemisahan dan menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi pasar serta mengurangi limbah, dan juga konsumsi energi. Efisiensi perbandingan antara data lapangan dan simulasi HYSYS dapat dikatakan hasil aspen HYSYS 100% memiliki kemurnian yang sesuai dan memisahkan secara efektif, sedangkan data lapangan 88% yang mana akan ada kehilangan dalam proses pemisahan dan dikatakan sedikit cukup efektif dalam proses pemisahan. Perbedaan mol LKD dan simulasi HYSYS sebesar 0,2009 kmol atau 3,83%, menunjukkan bahwa simulasi memberikan hasil yang cukup akurat dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan. Meskipun sedikit ruang untuk perbaikan, selisih yang kecil ini mencerminkan estimasi yang mendekati kondisi nyata, memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan dan peningkatan model di masa datang. PT X di CDU V memisahkan minyak mentah menjadi fraksi hidrokarbon seperti naphta, kerosene, gas oil, dan residu. Unit ini juga meningkatkan efisiensi energi dengan memanfaatkan panas dari produk destilasi, serta menyediakan feedstock berkualitas untuk lanjutan dikilang. Strategi pemanfaatan panas sisa berjalan dengan prinsip keberlanjutan, yang mendorong industri minyak dan gas untuk mengadopsi teknologi ramah lingkungan. Proses Distilasi ini dioptimasi menggunakan perangkat lunak ASPEN HYSYS untuk mengontrol aliran uap dan cairan di dalam kolom dengan penambahan panas dibagian bawah dan kondensasi bagian atas.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] APV. *Distillation Handbook*. front editio. Americans, Engineered systems 395 Fillmore, N.Y..2014
- [2] Asep Muhamad Samsudin. Pemilihan Tipe kolom pemisah perancangan Alat proses. *Chemical Engineering* Diponegoro, Semarang. 2014 Universitas
- [3] Chen, Chau-Chyun and Paul M. Mathias. 2002. *Applied Thermodynamics for process modeling*. *AIChE Journal* vol 48, no. 2. Cambridge : Aspen Technologi, Inc
- [4] Coulson J.M. Richardson, Sinnott, R.K. 1983. *Chemical Engineering Volume 6 (SI units) Design*. Oxford: pergamon press
- [5] Descamps, Gerard. 2009. *Indonesia fuels and Refining*. total Professor Associes. Total E & D Indonesia
- [6] Irawan, D.P. (2024, April 23). Distilasi: pengertian, sejarah, jenis, proses, dan contoh, hal1-6
- [7] Karl Kolmetz. *Distillation Column Selection and Sizing Engineering Design Guidelines*. Johor Bahru Malaysia.2013
- [8] PT X, P. R. (2010). Deskripsi proses Unit CDU V. : PT X
- [9] PT X. R. U. (2020). Laporan kerja PT X
- [10] POLSRI.(2015). Praktikum Teknologi MIBUM. *Jobsheet*
- [11] Pfeifer. *Practica in Process Engineering II*. Zurich, February 6, 2014
- [12] Rohyani, A. (2017, Agustus 8). Kolom pemisah
- [13] SECTOR, R &. (2017). *Working Area Of Refinery Unit*
- [14] Treybal, R.E *mass Transfer Operations*, 3rdEdition. Rodes island: McGraw-Hillbook Co
- [15] Wisianto, E. (2023, Maret 28). Macam-macam destilasi dan cara kerjanya