

Analisa Neraca Massa Pada Unit HF Regenerator

Muhamad Rivaldi Ardiansyah¹, Ronny Kurniawan²

¹Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Bandung

²Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : rivaltamt@gmail.com

Received 05 09 2023 | *Revised* 12 09 2023 | *Accepted* 12 09 2023

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara dengan penduduk terbanyak di dunia. Banyaknya penduduk membuat kebutuhan manusia semakin meningkat salah satunya kebutuhan sabun dan deterjen. Terdapat Perusahaan kimia yang menghasilkan produk utama berupa Linear Alkylbenzene (LAB) yang merupakan bahan baku utama pembuatan sabun dan deterjen. Dalam pembuatan Linear Alkylbenzene dilakukan pencampuran antara Benzene dan n-Oleffin dengan bantuan katalis HF. Bahan baku yang dapat terkonversi menjadi produk hanya sekitar 15%. Maka dilakukan pemisahan untuk efisiensi dan kemurnian produk. Katalis HF merupakan bahan penunjang dalam pembuatan produk Linear Alkylbenzene, dimana katalis HF banyak yang tidak ikut bereaksi pada proses pembuatan produk sehingga perlu dilakukan regenerasi katalis HF untuk dapat menggunakan ulang katalis HF pada proses reaksi. Pemisahan katalis HF dilakukan pada unit HF Regenerator dimana terjadi pemisahan antara katalis HF, air dan senyawa hidrokarbon dengan proses evaporasi untuk memisahkan katalis HF dari senyawa campuran tersebut. Dalam terjadinya pemisahan perlu diketahui massa yang ingin dipisahkan dengan menggunakan analisa neraca massa. Analisa neraca massa dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak katalis HF yang dapat dipisahkan dari air dan senyawa hidrokarbon. Pada hasil Analisa neraca massa, didapatkan hasil berupa massa katalis HF yang terpisahkan sebanyak 6052,18kg/jam.

Kata kunci: Linear Alkylbenzene, Neraca Massa, Deterjen, Hidrokarbon, HF Regenerator

ABSTRACT

Indonesia is one of the most populous countries in the world. The large population makes human needs increase, one of which is the need for soap and detergent. There are chemical companies that produce the main product in the form of Linear Alkylbenzene (LAB) which is the main raw material for making soap and detergent. In the manufacture of Linear Alkylbenzene, mixing between Benzene and n-Oleffin is carried out with the help of HF catalysts. The raw materials that can be converted into products are only about 15%. Then a separation is carried out for efficiency and purity of the product. HF catalyst is a supporting material in the manufacture of Linear Alkylbenzene products, where many HF catalysts do not react in the product manufacturing process so it is necessary to regenerate HF catalysts to be able to reuse HF catalysts in the reaction process. HF catalyst separation is carried out in the HF Regenerator unit where there is a separation between HF catalysts, water and hydrocarbon compounds with an evaporation process to separate HF

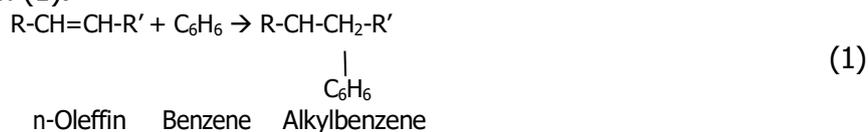
catalysts from the mixed compounds. In the occurrence of separation, it is necessary to know the mass that wants to be separated using mass balance analysis. Mass balance analysis is performed to determine how much HF catalyst can be separated from water and hydrocarbon compounds. In the results of the mass balance analysis, the results were obtained in the form of a separated HF catalyst mass of 6052.18kg / hour.

Keywords: Linear Alkylbenzene, Mass Balance, Detergent, Hydrocarbon, HF Regenerator

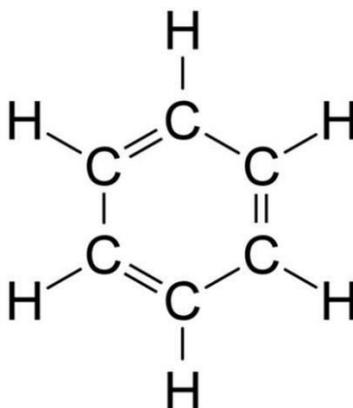
1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki penduduk terpadat di dunia saat ini. Dengan banyaknya penduduk, Indonesia konsumtif terhadap segala perkembangan teknologi dan energi. Hal tersebut membuat negara harus menyeimbangkan kebutuhan negeri dengan membangun suatu industri salah satunya yaitu industri kimia. Industri kimia merupakan industri yang dilakukan dengan proses kimia. Proses pada industri kimia meliputi dari pengumpulan bahan, pencampuran, pemisahan dan penyimpanan. Pemisahan dalam proses kimia dapat dilakukan dengan distilasi, ekstraksi, evaporasi, absorpsi dan lain-lain.

Industri kimia sangat berperan penting dalam mencukupi kebutuhan negeri salah satunya yaitu pada sektor industri sabun dan deterjen. Sabun dan deterjen didapatkan dengan bahan baku kimia yaitu Linear Alkylbenzene, dimana produk tersebut didapatkan dari pencampuran antara Benzene dengan n-Oleffin dan bantuan katalis HF hingga dapat terkonversi menjadi produk sekitar 10%-15%. Adapun reaksi yang terjadi dalam pembentukan Linear Alkylbenzene ditunjukkan pada Persamaan (1).

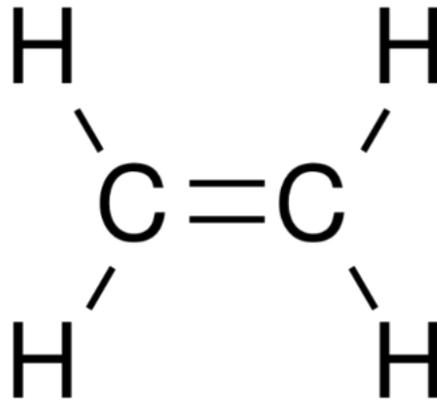


Benzene merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang mudah menguap (titik didih 80°C) dengan formula C₆H₆. Senyawa ini tidak berwarna dan dapat mudah terbakar dengan aroma yang manis (Speight, 2002). Pada tahun 1865, seorang ahli kimia Jerman bernama August Kekulee mendeskripsikan struktur benzene sebagai cincin heksagonal dengan ikatan rangkap bolak-balik yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Berikut dibawah ini merupakan gambar struktur molekul dari benzene.



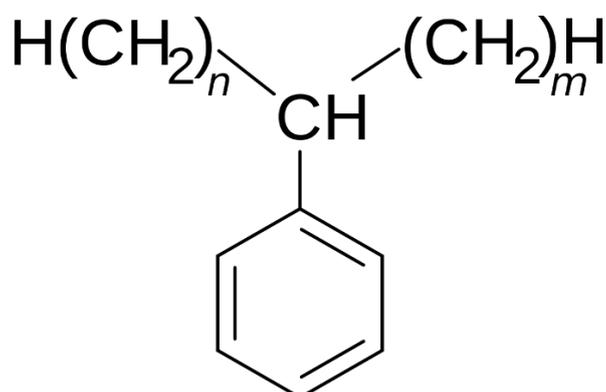
Gambar 1. Struktur Molekul Benzene

n-Oleffin merupakan senyawa hidrokarbon rantai tak jenuh, yaitu merupakan hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap. Senyawa ini dapat bereaksi langsung dengan Klor, Brom, Asam Klorida, dan Asam Sulfat tanpa menggantikan atom Hidrogen. n-Oleffin memiliki formula C_nH_{2n} (alkena rantai lurus) dengan wujud cair dan tidak berwarna, serta memiliki berat molekul 160-174 dan titik didih $213^{\circ}C$ - $216^{\circ}C$ pada tekanan 1 atm. Berikut dibawah ini merupakan struktur molekul n-Oleffin ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur Molekul Oleffin

Linear Alkylbenzene (LAB) merupakan salah satu bahan kimia organik dengan formula $C_{12}H_{25}C_6H_5$ yang sering digunakan sebagai bahan baku pada industri deterjen. Dengan semakin meningkatnya penggunaan deterjen dalam kehidupan manusia, mengakibatkan industri Linear Alkylbenzene semakin berkembang. Pada perusahaan ini, didapatkan kemurnian dari produk Linear Alkylbenzene yaitu mencapai 99,9% serta memiliki titik didih $331^{\circ}C$ dan densitas sebesar 860 kg/m^3 . Linear Alkylbenzene banyak digunakan pada industri kimia karena tidak menimbulkan polusi lingkungan dan mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Produk (LAB) yang dihasilkan dapat mencukupi kebutuhan di dalam negeri, sehingga seringkali produk (LAB) dapat diekspor ke luar negeri, hal ini terjadi karena dengan bertambahnya penduduk sehingga kebutuhan sabun semakin meningkat dari tahun ke tahunnya. Berikut dibawah ini merupakan struktur molekul dari Linear Alkylbenzene yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Struktur Molekul Linear Alkylbenzene

Pada Industri pembuatan Linear Alkylbenzene ini dilakukan pemisahan katalis HF yang tidak ikut bereaksi, katalis HF yang dipisahkan akan diregenerasi dan digunakan Kembali untuk proses reaksi. Pada pemisahan katalis HF ini dilakukan di unit HF Regenerator untuk memisahkan senyawa katalis HF, air dan senyawa hidrokarbon yang terkandung didalam senyawa campuran tersebut. HF Regenerator merupakan suatu unit pemisah dengan

memanfaatkan pemisahan secara evaporasi dimana pada unit tersebut dilakukan pemanasan sehingga katalis HF yang memiliki titik didih lebih rendah akan terpisahkan dan teruapkan dari senyawa hidrokarbon dan air. Pada unit HF Regenerator umpan yang dimasukkan dibagi menjadi dua aliran dimana yang membedakannya pada temperatur masuk aliran, aliran masuk dibedakan temperaturnya bertujuan untuk menjaga suhu di dalam unit HF Regenerator. Pemanas yang terdapat pada unit HF Regenerator menggunakan hot oil sebagai media pemanasnya. Dan pada unit ini terdapat dua aliran keluar dimana aliran atas berupa katalis HF yang sudah dipisahkan akan dialirkan dan ditampung untuk digunakan Kembali pada proses reaksi, sedangkan untuk aliran bawah akan terbentuk menjadi polimer akibat bereaksinya air dan senyawa hidrokarbon dengan waktu lama.

Evaporasi merupakan jenis pemisahan suatu campuran dengan menguapkan sebagian pelarut dari suatu campuran. Evaporasi ini kadang sering disamakan dengan distilasi namun memiliki tujuan yang berbeda. Dimana pada evaporasi ini biasanya uap komponen tunggal, dan jika uap berupa campuran maka tidak ada usaha untuk memisahkan menjadi fraksi fraksinya. Sedangankan distilasi uapnya sering berupa campuran yang akan dipisahkan menjadi fraksi – fraksinya. Evaporasi merupakan suatu proses penguapan dengan menggunakan suatu alat bernama evaporator, dimana pada evaporator ini seringkali akan dihubungkan dengan alat penukar panas yaitu kondensor ataupun air fan.

Proses evaporasi pada perusahaan ini sudah dirancang sedemikian rupa untuk kapasitas tertentu, namun setelah pemakaian dengan jangka waktu yang cukup lama maka ada kemungkinan berkurangnya efisiensi dari alat tersebut, sehingga dapat menyebabkan adanya permasalahan. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan analisa neraca massa pada proses tersebut untuk mengetahui efisiensi dari alat tersebut.

Neraca massa merupakan suatu hal yang sangat penting bagi suatu industri kimia, karena merupakan salah satu dasar dalam perhitungan satuan operasi dan satuan proses. Semua dasar perhitungan tersebut harus didasarkan berdasarkan hukum kekekalan massa. Neraca massa yang dianalisa pada perusahaan ini meliputi neraca massa masuk dan neraca massa keluar sistem pada unit HF Regenerator dengan rumus yang ditunjukkan pada Persamaan (2). Untuk menghitung neraca massa, dari data-data yang didapat dihitung neraca massa masuk dan neraca massa keluar dengan basis 1 jam operasi. Antara neraca massa masuk dan neraca massa keluar harus dalam keadaan seimbang, dalam arti neraca massa masuk harus sama dengan neraca massa keluar.

$$\text{massa masuk sistem} = \text{massa keluar sistem} + \text{akumulasi} \quad (2)$$

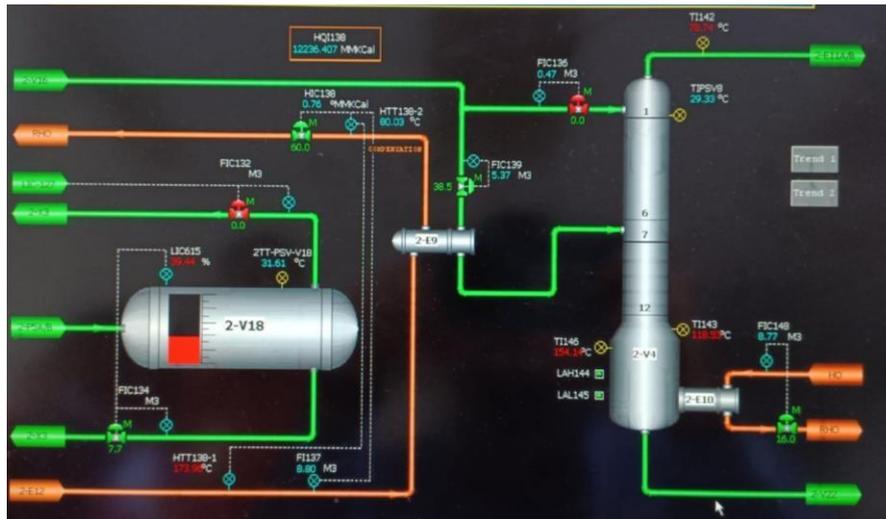
2. Metodologi Penelitian

Sebagai penunjang informasi untuk metode yang digunakan pada penelitian ini, maka dijelaskan mengenai tahap pengumpulan data yang akan digunakan di perhitungan serta tahap langkah-langkah perhitungan yang digunakan.

2.1. Pengumpulan data

Metode yang digunakan dalam memperhitungkan neraca massa pada unit HF Regenerator dengan menggunakan metode perbandingan. Data yang digunakan untuk metode perbandingan tersebut yaitu menggunakan data yang didapat dalam ruangan DCS (Distributed Control System). Berikut merupakan data-data yang tertera pada DCS yang akan digunakan dalam memperhitungkan neraca massa. Data yang didapatkan yaitu berupa laju alir volumetrik untuk senyawa yang dimasukkan kedalam HF Regenerator yaitu sekitar 6m³ dimana aliran yang

masuk dibagi menjadi dua aliran dengan aliran pertama memiliki laju sebanyak $0,5\text{m}^3$ dengan temperatur 50°C dan aliran kedua dengan laju sebanyak $5,5\text{m}^3$ memiliki temperatur 80°C yang memiliki komposisi sama yaitu katalis HF, air dan senyawa hidrokarbon. Temperatur operasi pada alat ini yaitu sekitar 170°C agar dapat memisahkan katalis HF. Katalis HF yang telah diupkan akan didinginkan menggunakan cooler hingga temperaturnya mencapai 30°C dengan tujuan untuk merubah fasa katalis HF dari uap menjadi cairan. Berikut dibawah ini merupakan **Gambar 4.** data DCS pada unit HF Regenerator.



Gambar 4. Data Pada Unit HF Regenerator

2.2. Langkah-langkah Perhitungan

Setelah didapatkan pengumpulan data yang dapat digunakan untuk perhitungan, maka langkah perhitungan yang digunakan yaitu menghitung laju alir massa dengan rumus yang ditunjukkan pada Persamaan (3)

$$m = \rho \cdot V \quad (3)$$

Serta menghitung neraca massa dengan rumus yang ditunjukkan pada Persamaan (4)

$$m_{\text{masuk sistem}} = m_{\text{keluar sistem}} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

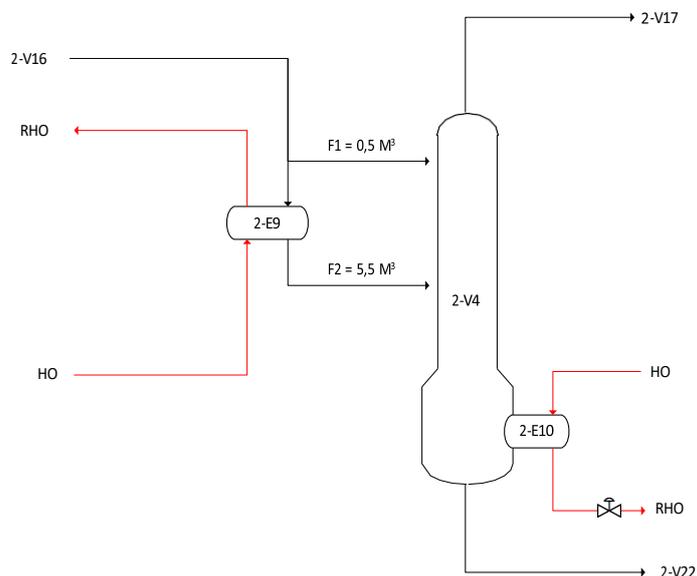
3.1. Neraca Massa Berdasarkan Teori

Neraca massa merupakan cabang keilmuan yang mempelajari kesetimbangan massa dalam sebuah sistem. Dalam neraca massa, sistem adalah sesuatu yang diamati atau dikaji. Neraca massa adalah konsekuensi logis dari hukum kekekalan massa yang menyebutkan bahwa di alam ini jumlah total massa adalah kekal tidak dapat dimusnahkan ataupun diciptakan. Massa yang masuk kedalam suatu sistem harus sama dengan massa yang keluar meninggalkan sistem tersebut atau terakumulasi didalam sistem.

3.2. Neraca Massa Berdasarkan Perhitungan

Pada unit HF Regenerator yang merupakan unit pemisahan antara katalis HF dengan air dan senyawa hidrokarbon memiliki laju alir masuk sebanyak 6m^3 dan produk keluarannya terbagi menjadi dua aliran yaitu produk atas dan produk bawah. Pada aliran produk bawah diketahui laju alirnya yaitu sebanyak $0,2\text{m}^3/\text{jam}$ dan untuk aliran produk atas tidak diketahui flow nya. Dalam menganalisa neraca massa maka dapat ditentukan massa yang masuk sama dengan

massa yang keluar dengan menggambar sistem seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**. Massa yang masuk meliputi tiga komponen yaitu Katalis HF, air dan senyawa hidrokarbon. Diketahui pula komposisi aliran, dimana aliran yang masuk memiliki kandungan katalis HF, air dan senyawa hidrokarbon dengan komposisi berturut-turut yaitu 99,07%; 0,60% dan 0,33%. Pada produk bawah itu merupakan polimer yang terbentuk akibat reaksi air dan senyawa hidrokarbon pada waktu yang lama. Sedangkan untuk produk atasnya merupakan senyawa murni katalis HF. Densitas campuran yang didapat yaitu 1017,34 kg/m³. Dari data tersebut maka didapatkan massa yang keluar pada produk bawah yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.



Gambar 5. Sistem Pada Unit HF Regenerator

Tabel 1. Neraca Massa Total Pada Unit HF Regenerator

In		=	Out		Keterangan
F1	F2	=	D	W	
0,5	5,5	=	?	0,02	perjam
50	550	=	?	2	Per 100 jam
	600	=	?	2	
	598	=	D		

Maka didapatkan volume katalis HF yang teruapkan sebanyak 598m³/100jam dan dilakukanlah perhitungan untuk mengetahui massa katalis HF dengan menggunakan rumus pada Persamaan (5).

$$m = \rho \cdot V \tag{5}$$

Maka didapatkan hasil total massa katalis HF yang dapat dipisahkan yaitu sebanyak 605218,1kg/100jam atau 6052,18kg/jam.

3.3. Perbandingan Antara Teori Dengan Perhitungan

Neraca massa merupakan hal penting yang harus diperhatikan pada industri kimia. Dimana neraca massa ini dapat memberikan indikasi massa yang masuk kedalam suatu sistem harus sama dengan massa keluar meninggalkan sistem tersebut atau terakumulasi didalam sistem. Nilai neraca massa masuk harus sama dengan neraca massa keluar. Jika tidak, maka ada

massa yang hilang dan harus ditinjau lebih lanjut lagi. Pada analisa neraca massa ini yang dilakukan pada unit HF Regenerator massa yang masuk sistem sama dengan neraca keluar sistem. Hal ini sesuai dengan teori yang berlaku dimana memang pada seharusnya massa yang masuk kedalam sistem harus sama dengan massa yang meninggalkan sistem.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa katalis HF yang dapat dipisahkan pada unit HF Regenerator yaitu sebanyak 6052,18kg/jam dan pada analisa neraca massa ini memiliki hasil yang didapatkan sesuai dengan teori, dimana neraca massa masuk sama dengan neraca massa keluar. Namun pada kenyataannya pada sistem tersebut tidak dipasang indikator yang memang seharusnya pada setiap aliran terpasang indikator agar lebih memudahkan pada proses analisa.

DAFTAR PUSTAKA

- Coulson & Richardson. Chemical Engineering, Volume I: Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer, 6 Ed. 1999. Oxford: Butterworth-Heinemann
- Kern, D.Q. Process Heat Transfer, International Student Edition. 1950. New York: McGraw-Hill
- Maesaroh, Eroh., 2017. "Menghitung Efisiensi HF Stripper Feed Heater (450-E5) Pada Plant UAB 1 di PT. Unggul Indah Cahaya Tbk". Cilegon.
- McCabe, W.L., Julian C. Smith, and Peter Harriott. Unit Operations of Chemical Engineering, 5th Ed. 1993. New York: McGraw-Hill
- Perry, R.H. & Don W. Green Perry's Chemical Engineering Handbook, 8th Ed. 2008. New York: McGraw-Hill
- Speight, James G. 2002. Chemical and Process Design Handbook.
- Smith, Robin, 1995, "Chemical Process Design", McGraw Hill International Book Company, Singapore
- Yaws, C.S., Chemical Properties Handbook, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York