

TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL
DARI *CRUDE PALM OIL* (CPO) DAN AIR KAPASITAS 9.000
TON/TAHUN**



Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Studi Strata 1 pada jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Oleh :

YUDHA RIZKY KUNCORO

D 500 100 030

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL DENGAN *CRUDE PALM OIL* (CPO) DAN AIR DENGAN KAPASITAS 9.000 TON/TAHUN

PUBLIKASI ILMIAH

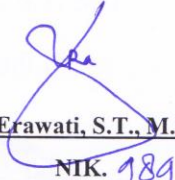
oleh:

YUDHA RIZKY KUNCORO

D 500 100 030

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing,


Emi Erawati, S.T., M.Eng

NIK. 189

HALAMAN PENGESAHAN
PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL
DARI *CRUDE PALM OIL* (CPO) DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 9000 TON/TAHUN

OLEH:

YUDHA RIZKY KUNCORO

D500100030

Telah dipertahankan di depan Dewan penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 11 Oktober 2017

dan dinyatakan memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Dr. Ir. A M Fuadi, M.T

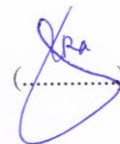
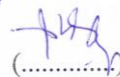
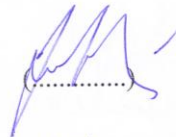
(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Nur Hidayati, M.T, Ph.D

(Dewan Penguji I)

3. Emi Erawati, S.T, M.T

(Dewan Penguji II)



Dekan Fakultas Teknik


Ir. H. Sri Sumarjono, M.T, Ph.D

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 Desember 2017

Penulis



YUDHA RIZKY KUNCORO

D 500 100 030

**PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL
DARI CRUDE PALM OIL (CPO) DAN AIR
KAPASITAS 9.000 TON/TAHUN**

ABSTRAK

Pabrik gliserol dengan bahan baku *crude palm oil* (CPO) dan air direncanakan didirikan di kawasan Rokan Hilir, Riau dengan kapasitas produksi 9.000 ton/tahun pada tahun 2020. Pembuatan gliserol dilakukan menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Secara termodinamika reaksi bersifat eksotermis. Reaksi berlangsung pada suhu 260°C dan tekanan 55 bar.

Kebutuhan CPO untuk pabrik ini 106,70 kg/jam, air 217,76 kg/jam, dan karbon aktif 17,04 kg/jam. Produk berupa gliserol 1.125,00 kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebanyak 17.070,88 kg/jam yang diperoleh dari air sungai Musi, kebutuhan *steam* sebanyak 1.481,98 kg/jam. Kebutuhan udara tekan sebanyak 50 m³/jam dan kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan generator sebesar 406,61 kW.

Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan 129 orang, modal tetap sebesar Rp 647.150.454.891,58 per tahun. Modal kerja sebesar Rp 242.464.414.113,27 per tahun. Setelah dipotong pajak keuntungan mencapai Rp219.015.924.994,38 per tahun. *Percent of return on investment (ROI)* sebelum pajak sebesar 44,11% dan sesudah pajak sebesar 31,21%. *Pay out time (POT)* sebelum pajak sebesar 1,83 tahun dan setelah pajak 2,43 tahun. *Break even point (BEP)* sebesar 40,7%, *shut down point (SDP)* sebesar 22,14%, *Discounted Cash Flow (DCF)* sebesar 47,6%. Berdasarkan pertimbangan nilai-nilai *ROI*, *POT*, *BEP*, *SDP* dan *DCF* untuk pabrik beresiko rendah perhitungannya memenuhi standar maka pabrik gliserol ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : gliserol, air, *crude palm oil* (CPO), RATB

ABSTRACT

Glycerol plant from crude palm oil and water with capacity 9,000 tons/year is designed to build in Industrial Rokan Hilir, Riau, around 2020. The forms of n-butyl methacrylate is an exothermic process and will be operated using continuous stirred tank reactor (CSTR). The operating condition is adjusted at temperature 250°C and pressure 55 bar.

The synthesis process needs 106.70 kg/hour of CPO, 217.76 kg/hour of water, and 17.04 kg/hour of activated carbon as raw materials. The synthesis process produced 1,125.00 kg/hour of glycerol. To support this process, the utility takes 17,070.88 kg/hour of water from Musi River, and 1,481.98 kg/hour of steam. It also takes 50 m³/hour of compressed air and 406.61 kW electrical needs from generator and PLN.

Glycerol plant will be operated around 330 day/year by 129 employees. Fixed capital required to Rp 647,150,454,891.58 and working capital Rp 242,464,414,113.27 per year. Profit after tax is required to Rp

219,015,924,994.38 per year. The Return on Investment (ROI) before taxes is 44.11%, and 31.21% after tax. Pay Out Time (POT) before taxes 1.83 years and 2.43 years after tax. Break Even Point (BEP) is 40.7%, Shut Down Point (SDP) is 22.14% and Discounted Cash Flow (DCF) is 47.6%. From the feasibility study by calculations of ROI, POT, BEP, SDP, and DCF it can be concluded that n-butyl methacrylate plant deserves to be build.

Keyword: glycerol, water, CSTR

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia sebagai negara terus berkembang melakukan pengembangan dalam berbagai bidang, termasuk di sektor industri. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pendirian pabrik yang mengolah bahan mentah menjadi bahan jadi. Salah satu contoh pabrik yang mengolah bahan mentah menjadi bahan jadi adalah pabrik gliserol.

Gliserol merupakan istilah digunakan untuk zat kimia yang murni, sedangkan gliserin digunakan untuk istilah hasil pemurnian secara komersial (Kirk and Othmer, 1966). Pada penganekaragaman industri kimia khususnya, gliserol adalah salah satu bahan yang penting di dalam industri. Gliserol adalah bahan yang dibutuhkan pada berbagai industri, misalnya: obat-obatan, bahan makanan, kosmetik, pasta gigi, industri kimia, larutan anti beku, dan tinta printer. Jika dilihat dari banyaknya kebutuhan gliserol di Indonesia, maka untuk mencukupi kebutuhan bahan gliserol di Indonesia masih didatangkan dari luar negeri.

Perkembangan pabrik gliserol dari tahun –ketahun di Indonesia masih kecil dan melihat ketersediaan bahan baku CPO yang sangat melimpah di Indonesia saat ini mendorong untuk dikembangkannya pabrik gliserol.

Pertimbangan utama yang melatarbelakangi pendirian Pabrik Gliserol ini pada umumnya sama dengan sektor-sektor industri kimia yang lain, yaitu mendirikan suatu pabrik yang secara sosial-ekonomi cukup menguntungkan.

Di samping itu, dilihat dari kebutuhan Gliserol yang semakin meningkat di Indonesia, maka Pabrik Gliserol ini layak didirikan atas dasar pertimbangan:

- 1.) Sebagai pemasok bahan baku untuk industri-industri farmasi dan kosmetik dalam negeri

- 2.) Mengurangi jumlah impor gliserol sehingga dapat menghemat devisa negara.
- 3.) Memacu tumbuhnya industri lain yang memerlukan gliiserol sebagai bahan baku.
- 4.) Membuka lapangan kerja baru.

1.2. Kapasitas Pabrik

Pabrik gliserol direncanakan didirikan tahun 2020. Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik gliserol, diperlukan beberapa pertimbangan, yaitu perkiraan kebutuhan gliserol di Indonesia dan kapasitas pabrik yang sudah berdiri. Data kebutuhan dalam negeri dapat dilihat dalam Tabel 1. dan kapasitas pabrik gliserol yang sudah beroperasi dalam Tabel 2.

Tabel 1.1. Data Kebutuhan Gliserol dalam negeri (BPS, 2015).

Tahun	Impor (ton/tahun)
2007	27071
2008	28995
2009	30919
2010	32439
2011	33712
2012	34829
2013	36517
2014	37963

Tabel 2. (Kapasitas pabrik gliserol yang sudah beroperasi:

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas, ton/tahun
PT Flora Sawita	Medan	5.400
PT Sayap Mas Utama	Bekasi	4.000
PT Bukit Perak	Semarang	1.440
PT Unilever	Surabaya	8.450

Dari dua pertimbangan di atas maka dipilih kapasitas prarancangan pabrik gliserol sebesar 9.000 ton/tahun.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik akan sangat menentukan kelangsungan dan perkembangan suatu industri. Berdasarkan pengamatan, Rokan Hilir, Riau, dirasa cocok sebagai tempat untuk mendirikan Pabrik Gliserol. Secara teoritis, pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada 2 faktor, yaitu faktor utama dan faktor pendukung.

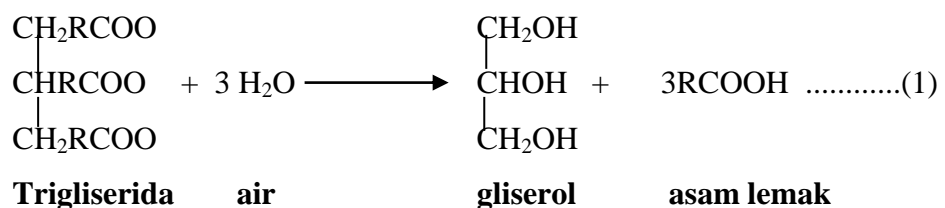
1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-Macam Proses

Berdasarkan Shreve's *Chemical Process Industries* (1986), ada 3 cara pembuatan Gliserol. Penggolongan ini didasarkan pada perbedaan bahan baku yang digunakan. Ketiga cara itu antara lain:

1.4.1.1.1. Twitchell

Pada proses ini minyak dihidrolisis dengan menggunakan proses *batch* pada suhu 100-105°C, tekanan vakum, konversi yang diperoleh 85-98% dengan kemurnian gliserol 5-15% dan waktu tinggal 12-48 jam. Proses ini menggunakan katalis *alkyl aryl sulfonic acid* atau *cycloaliphatic sulfonic acid*. Dalam proses ini, proses hidrolisis dilakukan dengan 2 *stage* berlawanan arah, menggunakan reaktor tangki berpengaduk. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gliserol akan dipisahkan dari asam lemak melalui bagian bawah tangki hidrolisis. Sedangkan asam lemak bersama katalis akan keluar melalui bagian atas. Hasil bawah reaktor disebut *sweet water* dengan kandungan gliserol sekitar 15%. Untuk menetralkan asam lemak yang terbawa dan memekatkan gliserol sampai konsentrasi yang dikehendaki dilakukan proses lanjutan yaitu netralisasi, filtrasi, evaporasi, distilasi, dan kondensasi.

Adapun kelebihan proses ini antara lain:

- 1.) Temperatur dan tekanan rendah.
- 2.) Biaya awal rendah, karena alat yang dibutuhkan mudah dan murah.

Sedangkan kelemahannya antara lain:

- 1) Perlu adanya pengendalian katalis.
- 2) Waktu reaksi lama.
- 3) Untuk persediaan bahan baku harus segera disuling untuk menghindari kontaminasi katalis.
- 4) Terjadi penguapan yang tinggi dan bertendensi membentuk asam yang berwarna gelap.
- 5) Membentuk lebih dari satu tahapan untuk mendapatkan hasil yang baik, serta konsentrasi gliserol yang tinggi.
- 6) Tidak dapat beradaptasi dengan pengendalian yang otomatis serta biaya karyawan yang tinggi.
- 7) Proses hanya menguntungkan untuk skala kecil.

1.4.1.2.2. Batch Autoclave

Proses ini meliputi hidrolisis asam lemak dengan air pada fase cair dengan menggunakan katalis Seng Oksida (ZnO) dan Magnesium Oksida (MgO) atau tanpa katalis. Proses ini akan memberikan konversi sebesar 98%. Reaksi hidrolisis tanpa katalis berlangsung pada suhu 220-240°C dan tekanan 29-31 atm dengan waktu tinggal 2-4 jam. Reaksi hidrolisis dengan menggunakan katalis berlangsung pada suhu 150-175°C dan tekanan 52-100 atm dengan waktu tinggal selama 5-10 jam.

Kelebihan proses ini adalah:

- 1) Waktu tinggal lebih sedikit dibanding dengan Proses *Twitchell*.
- 2) Adanya pengendalian katalis.
- 3) Biaya awal lebih murah, untuk produksi berkapasitas rendah.

Kelemahan proses ini antara lain:

- 1) Reaksi lebih lama jika dibandingkan dengan proses kontinyu.
- 2) Biaya karyawan tinggi.

- 3) Tidak dapat beradaptasi dengan pengendalian yang otomatis, seperti halnya proses kontinyu.
- 4) Proses ini membutuhkan lebih dari 1 tahapan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik serta gliserol yang mempunyai konsentrasi tinggi.

1.4.1.3. *Continuous*

Proses kontinyu merupakan proses pemisahan lemak dengan menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi. Proses pemisahan asam lemak lebih dikenal dengan proses *Coltage-Emery*, merupakan metode yang paling efisien dalam hidrolisis lemak. Suhu dan tekanan tinggi dipergunakan untuk mempercepat waktu reaksi. Aliran counter current dipenuhi oleh minyak dan air guna menghasilkan suatu derajat pemisahan yang maksimal tanpa memerlukan katalis. Pada proses ini, minyak dihidrolisis pada suhu 250°C – 260° dan tekanan 41-48 atm. Proses ini memberikan konversi 97-99% dengan waktu tinggal 2-3 jam. Reaksi hidrolisis dapat berlangsung tanpa katalis.

Adapun kelebihan dari proses ini adalah:

- 1) Proses tidak membutuhkan ruangan yang besar.
- 2) Kualitas produk beragam.
- 3) Asam lemak yang dihasilkan mempunyai konsentrasi tinggi.
- 4) Harga labor rendah.
- 5) Proses lebih akurat, karena pengendalian dilakukan secara otomatis.
- 6) Biaya tahunan rendah.

Sementara, kelemahannya antara lain:

- 1) Biaya awal produksi tinggi.
- 2) Kemampuan mengoperasikan besar.
- 3) Tekanan dan suhu yang dibutuhkan tinggi.

Proses ini dijalankan dalam reaktor pada suhu dan tekanan tinggi. Reaksi yang terjadi pada reaktor sama dengan yang terjadi pada proses *Twitchell*, bedanya tidak menggunakan katalisator. Produk gliserol dipisahkan dari asam

lemak dan selanjutnya di pekatkan dengan menggunakan multiplate effect evaporator.

1.4.2 Kegunaan Produk

1.4.2.1. Kosmetik

Digunakan sebagai *body agent, emollient, humectant, lubricant, solven*. Biasanya dipakai untuk *skin cream and lotion, shampoo and hair conditioners*, sabun dan *detergen*

1.4.2.2. Kosmetik

Digunakan sebagai *body agent, emollient, humectant, lubricant, solven*. Biasanya dipakai untuk *skin cream and lotion, shampoo and hair conditioners*, sabun dan *detergen*

1.4.2.3. Dental Cream

Digunakan sebagai *humectant*.

1.4.2.4. Peledak

Digunakan untuk membuat nitrogliserin sebagai bahan dasar peledak.

1.4.2.5 Industri Makanan dan Minuman

Digunakan sebagai solven, emulsifier, *conditioner, freeze, preventer and coating* serta dalam industri minuman anggur.

1.5 Tinjauan Proses Secara Umum

Pada perancangan ini yang digunakan adalah proses *Continuous*. Kondisi operasi proses adalah pada temperatur 260°C dan tekanan 55 bar.

Proses pengolahan sampai produk akhir yang berupa Gliserol, melewati beberapa tahapan utama yaitu:

- 1) Persiapan Bahan Baku
- 2) Proses *Continuous*
- 3) Pemurnian Gliserol

1.6 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

1.6.1 Spesifikasi Bahan Baku

1.6.1.1. Crude Palm Oil (CPO)

Rumus Molekul	: $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{COOR} \\ \\ \text{CHCOOR} \\ \\ \text{CH}_2\text{COOR} \end{array}$
Rumus Kimia	: $\text{C}_3\text{H}_5(\text{COOR})_3$
Berat Molekul	: 847,28 g/mol
Titik Didih	: 298°C
Titik Beku	: 5°C
<i>Specific Gravity</i> (37,8°C)	: 0,9
Densitas	: 0,895 g/cm ³
Panas Jenis	: 0,497 kal/g°C
Kenampakan	: Cairan kuning jingga
Kemurnian	: 98%
Impuritas	: Air 2%

(Ketaren, 1986)

1.6.1.2. Air

Rumus Molekul	: H – O – H
Rumus Kimia	: H ₂ O
Berat Molekul	: 18,0153 g/mol
Titik Didih	: 100°C
Titik Beku	: 0°C
Temperatur Kritis	: 374,15°C
Tekanan Kritis	: 218,3074 atm
Densitas	: 0,998 g/cm ³ (cair, 20°C) 0,92 g/cm ³ (padatan)
Panas Jenis	: 0,9995 kal/g°C

Kenampakan : Cairan jernih
Kemurnian : 100%

(ChemCad 5.7)

1.6.2 Spesifikasi Produk

1.6.2.1. Gliserol

Rumus Molekul : $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CHOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$

Rumus Kimia : $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$

Nama Lain : 1,2,3-Propanatriol
1,2,3-Trihidroksipropana
Gliserin
Gliseritol
Glycyl Alcohol

(www.wikipedia.com)

Berat Molekul : 92,095 g/mol

Titik Didih : 290°C

Titik Leleh : 18°C

Specific Gravity (25oC) : 1,262

Densitas : 1,261 g/cm³

Viskositas : 1,5 Pa.s

(Chemcad 5.7)

Panas Jenis : 0,497 kal/g°C

Kenampakan : Cairan kuning pucat

Kemurnian : 99%

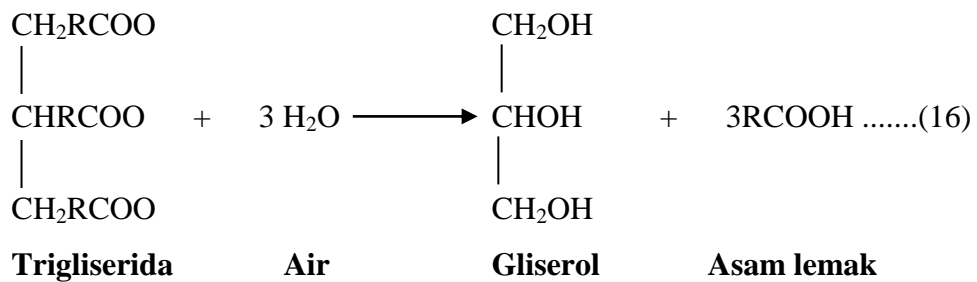
Impuritas : Air 1%

(PT SALIM IFO MAS PRATAMA)

2. METODE

2.1 Tinjauan Termodinamika

Reaksi hidrolisis CPO merupakan reaksi endotermis. Konsep tinjauan termodinamika dari reaksi pembuatan gliserol ditinjau dari reaksi utamanya, yaitu:



Untuk mengetahui reaksi berlangsung secara eksotermis atau endotermis, dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta H_r^0 = H^0 f_{(p)} - H^0 f_{(r)}$$

Dimana:

$$\Delta H_f^0 \text{C}_3\text{H}_5(\text{COOR})_3 = -382,456 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O} = -68,317 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta H_f^0 \text{RCOOH} = -138,642 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta H_f^0 \text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 = -159,10 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta H^0_r = [3(\Delta H_f^0 \text{RCOOH}) + 1(\Delta H_f^0 \text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3)] - [1(\Delta H_f^0 \text{C}_3\text{H}_5(\text{COOR})_3) + 3(\Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O})]$$

$$\Delta H^0_r = [3(-138,642) + 1(-159,10)] - [1(-382,456) + 3(-68,317)]$$

$$\Delta H^0_r = 12,321 \text{ kal/gmol}$$

Harga ΔH yang positif menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi merupakan reaksi endotermis yaitu reaksi yang menyerap panas atau membutuhkan panas, sehingga untuk menjaga agar reaksi tetap berlangsung pada kondisi proses perlu ditambahkan panas.

Untuk mengetahui apakah reaksinya *irreversible* atau *reversible* (harga K) dapat dihitung dengan persamaan konstanta kesetimbangan berikut:

$$\Delta Gr^{\circ} = - RT \ln K$$

$$\ln K = \frac{-(\Delta Gr)}{RT}$$

$$\frac{\ln K_A}{\ln K_0} = \frac{-(\Delta Gr)}{R} \times \left[\left(\frac{1}{T_1} \right) - \left(\frac{1}{T_2} \right) \right]$$

Keterangan:

ΔGr = Energi Gibbs (kal/mol)

K_0 = Konstanta kesetimbangan pada suhu referensi

K_1 = Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi

T_1 = Temperatur operasi

T_2 = Temperatur referensi

R = Tetapan gas (1,987 kal/mol.K)

$$\Delta G^{\circ}_f \text{ C}_3\text{H}_5(\text{COOR})_3 = - 84,842 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta G^{\circ}_f \text{ H}_2\text{O} = - 59,690 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta G^{\circ}_f \text{ RCOOH} = - 90,098 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta G^{\circ}_f \text{ C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 = -113,650 \text{ kmol/gmol}$$

$$\Delta G^{\circ}_r = [3(\Delta G^{\circ}_f \text{ RCOOH}) + 1(\Delta G^{\circ}_f \text{ C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3)] - [1(\Delta G^{\circ}_f \text{ C}_3\text{H}_5(\text{COOR})_3) + 3(\Delta G^{\circ}_f \text{ H}_2\text{O})]$$

$$\Delta G^{\circ}_r = [3(- 90,098) + 1(- 113,650)] - [1(- 84,842) + 3(- 59,690)]$$

$$\Delta G^{\circ}_r = -120,032 \text{ kal/gmol}$$

$$\Delta G^{\circ}_r = -RT \cdot \ln K$$

$$-120,032 \text{ kal/gmol} = -1,987 \text{ kal/gmol K} \cdot (298 \text{ K}) \cdot \ln K$$

$$\ln K = -0,2027$$

$$K = 1,2247$$

Pada $T = T_{\text{operasi}}$

$$\ln \frac{K_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \frac{-\Delta G}{R} \times \frac{T - T_{\text{ref}}}{T \times T_{\text{ref}}}$$

$$\ln \frac{K_{\text{operasi}}}{1,2247} = -\frac{120,032}{1,987} \times \frac{563,15 - 298,15}{563,15 \times 298,15}$$

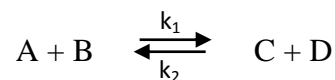
$$K_{\text{operasi}} = 1,03199$$

Dari persamaan reaksi hidrolisis minyak di atas, terlihat bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi yang *reversibel*, sehingga agar reaksi tetap berjalan ke kanan dapat dilakukan dengan menggunakan kemurnian reaktan yang tinggi atau memperbesar jumlah reaktan yang bereaksi dalam hal ini air dibuat berlebihan (*excess*) sehingga kesetimbangan akan bergeser ke kanan.

2.2 Tinjauan Kinetika

Persamaan reaksi hidrolisis minyak di atas disederhanakan menjadi

:



Reaksi hidrolisis minyak merupakan reaksi reversibel namun karena kecepatan reaksi ke kanan jauh lebih besar daripada kecepatan reaksi ke kiri maka pada proses hidrolisis minyak selalu dianggap bahwa reaksinya merupakan reaksi *irreversibel* (Kirk and Othmer, 1985).

Reaksi minyak dengan air merupakan reaksi dengan fase heterogen sehingga kinetika reaksi selain ditentukan oleh reaksi kimia juga ditentukan oleh kecepatan difusi. Maka kinetika reaksi hidrolisis minyak ditentukan oleh kecepatan difusi air ke dalam fase minyak dan reaksi antara air dengan minyak di fase minyak, yang dapat disajikan dalam persamaan matematika berikut ini:

$$dC_a/dt = k_{L_a} \cdot (C_{A_i} - C_{A_o})$$

Dimana:

k_L : Konstanta kecepatan difusi air ke fase minyak.

C_{A_i} : Konsentrasi air di interfase

C_{A_o} : Konsentrasi air di minyak

Sehingga waktu untuk transfer massanya dapat dihitung dengan penurunan dari persamaan di atas.

$$t = \frac{1}{kLa} \times \frac{\ln(C_{Ai} - C_{Ao})}{C_{Ai}}$$

Ditinjau dari segi kinetika, kecepatan reaksi proses hidrolisis pembentukan gliserol dapat ditulis dalam persamaan:

$$(-r_a) = k_1 C_a C_b - k_2 C_c C_d$$

$$K = \frac{k_1}{k_2}$$

Maka jika kedua persamaan tersebut digabung menjadi:

$$(-r_a) = k_1 \left[C_a C_b - \frac{1}{K} C_c C_d \right]$$

Untuk harga K yang besar maka $\frac{1}{K} C_c C_d$ mendekati nol dan dapat diabaikan, sehingga persamaan menjadi:

$$(-r_a) = k_1 C_a C_b$$

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan oleh Khairat, Syamsu Herman diperoleh harga:

$$\alpha = 1,3828-1,4147 \text{ (rata-rata 1,4)}$$

$$\beta = 0,5897-0,6274 \text{ (rata-rata 0,6)}$$

Dari persamaan di atas, diperoleh konstanta kecepatan reaksi:

$$k = A.e^{-E/RT}$$

Dengan, k = Konstanta kecepatan reaksi

E = Energi aktivasi

R = Tetapan gas murni

T = Suhu

A = Frekuensi tumbukan

$$k = 9,295 \times 10^7 e^{(-10834,94/T)}$$

(Khairat, 2004)

Saat $T = 523$ K, berarti dari persamaan konstanta kecepatan reaksi (k) di atas, diperoleh $k = 0,0935$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Reaktor

Tugas : Mereaksikan Bahan baku CPO dan air menjadi gliserol dan asam lemak

Jenis : RATB dilengkapi koil Pemanas

Kondisi opr. : 260 °C, $54,28$ atm

Volume reaktor : $1,1736$ m³

Spesifikasi :

shell

- Diameter : $1,0383$ m

- Tinggi : $1,0383$ m

- Tebal : $1,4603$ in

head dan bottom reaktor

- Tinggi : $0,3080$ m

- Tebal : $1,625$ in

- Jenis : *elhiptical head*

Pemanas

- Koil

- Tinggi koil : $0,3236$ m

- jumlah lilitan : 14

- ukuran koil : $1,5$ in IPS,Sch 40

isolasi

- jenis bahan : *Silicon Carbide Brick*

- tebal isolasi : 0,073 m
- pengaduk
- jenis : Turbin (1 impeller)
- tinggi pengaduk : 0,069 m
- diameter pengaduk : 0,3461
- lebar pengaduk : 0,0865 m
- lebar baffle : 0,1038 m
- kec. putar : 600 rpm
- motor : 9 hp

Jumlah : 2 buah

Bahan : *Stainless steel SA 316I AISI*

Harga : US \$ 1021500

3.2 Filter

Kode : F-01

Fungsi : Menyaring gliserol untuk menghilangkan kandungan *activated charcoal* yang terikut dalam gliserol akibat proses penjernihan

Jenis : *Gravity sand filter*

Bahan : *Carbon steel*

Kondisi operasi :

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 80 °C

Spesifikasi :

- Panjang : 8,0394 m
- Lebar : 4,0197 m
- Tinggi : 1,1007 m

Jumlah : 3 buah

Harga : US \$ 88400

3.3 Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya suatu proses dalam suatu pabrik. Unit

pendukung proses antara lain : unit penyediaan air (air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan *boiler* dan air untuk perkantoran dan perumahan), *steam*, listrik dan pengadaan bahan bakar.

- 1) .Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
- 2) .Unit Penyediaan *Steam*
- 3) .Unit Penyediaan Bahan Bakar
- 4) .Unit Penyediaan Listrik
- 5) .Unit Penyediaan Udara Bertekanan
- 6) .Unit Pengolahan Limbah

3.4 Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan peran yang lain adalah mengendalikan pencemaran lingkungan, baik limbah gas, cair maupun padat. Limbah cair berupa air limbah hasil proses. Laboratorium kimia adalah sarana untuk mengadakan penelitian bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas atau mutu produk dari perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku dan proses serta produk.

Tugas laboratorium antara lain :

- 1). Memeriksa bahan baku yang akan digunakan
- 2). Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
- 3). Menganalisa kadar zat-zat yang dapat menyebabkan pencemaran pada buangan pabrik

4. PENUTUP

Pabrik gliserol dikategorikan pabrik yang beresiko rendah dengan bahan baku dan produk bukan bahan yang mudah meledak serta kondisi operasi tidak ekstrim. Dari analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa proyek pendirian pabrik cukup menarik untuk dipertimbangkan lebih lanjut karena memiliki indikator perekonomian yang relatif baik, yaitu :

- 1). Keuntungan sebelum pajak Rp 312.879.892.849,12 per tahun

Keuntungan sesudah pajak Rp 219.015.924.994,38 per tahun

2). *Return On Investmen* (ROI) sebelum pajak 44,11 %

Return On Investmen (ROI) sesudah pajak 31,21 %

Return On Investmen (ROI) sebelum pajak untuk pabrik berisiko tinggi minimal 44%.

3). *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,83 tahun

Pay Out Time (POT) sesudah pajak 2,43 tahun

Pay Out Time (POT) sebelum pajak untuk pabrik berisiko tinggi maksimal 2 tahun

4). *Break Even Point* (BEP) adalah 40,7 % dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 22,14 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40% 60%

5). *Discounted Cash Flow* (DCF) adalah 47,6 %

IRR yang dapat diterima harus lebih besar dari bunga pinjaman di bank, suku bunga bank saat ini 10%.

Dari data hasil perhitungan analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik gliserol menarik untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.

Austin, G.T., 1984, *Shreve's Chemical Process Industries*, 5th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Badan Pusat Statistik, 2014, "Statistik Perdagangan Luar Negeri". Jakarta.

Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 2005, *Chemical Engineering*, Vol 6, Pergamon Internasional Library, New York.

Groggins, P.H., 1958, *Unit Processes in Organics Synthesis*, 5th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

<http://www.matche.com/EquipCost/index.htm>, diakses 14 agustus 2016.

Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Khairat, Syamsu Herman, 2004, *Kinetika Reaksi Hidrolisis Minyak Sawit dengan Katalisator Asam Klorida*, [www.unri.ac.id/jurnal/jurnal-natur/vol6\(2\)/khairat.pdf](http://www.unri.ac.id/jurnal/jurnal-natur/vol6(2)/khairat.pdf).

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1983, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.

Lacey, Felix E., William M. Leaders, 1952, *Manufacture of Fatty Acids, Patented July 8, 1952*, United States Patent Office, Chicago.

Ludwig, Ernest E., 1991, *Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants, Volume I, 2nd Edition*, Gulf Publishing Company Book Division, Houston.

Lurgi, *Fatty Acid Technology*, www.lurgi.com, accessed on 15 November 2015.

Perry, R.H., and Green, D.W., 194, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Rase, F.H., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plants*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Ritonga, M. Yusuf, 2004, *Pengaruh Bilangan Asam terhadap Hidrolisa Minyak Kelapa Sawit*, library.usu.ac.id/modules.

Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, Mc Graw Hill Book co., Inc., New York.

Swern, Daniel, 1982, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Interscience Publisher a Division of John Wiley and Sons, New York, pp. 55-56, 204-208, 931-641.

Treyball, R.E., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3rd edition, McGraw-Hill, Singapura.

Ulrich, G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and sons, Inc., New York

Yaws, Carl L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw-Hill, New York..

Yaws, C. L. 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw-Hill, New York.