

# PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTIL PALMITAT DARI ISOBUTIL ALKOHOL DAN ASAM PALMITAT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN

Nisa Afifatush Shalihah<sup>1\*</sup>, Ihda Noor Sari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: nisaafifatush04@gmail.com

## ABSTRAK

Isobutil Palmitat dengan rumus molekul  $C_{20}H_{40}O_2$  merupakan senyawa organik yang termasuk ke dalam ester asam palmitat dan dapat digunakan sebagai *plasticizer*, pelarut dan perisa kimia. Saat ini Indonesia masih mengimpor isobutil palmitat, dikarenakan belum adanya pabrik isobutil palmitat di Indonesia. Prarancangan pabrik Isobutil Palmitat direncanakan didirikan dengan kapasitas 12.000 ton/tahun di Gresik, Jawa. Pabrik ini direncanakan pabrik beroperasi selama 330 hari/tahun dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 167 orang.

Pada pabrik ini Isobutil Palmitat dibuat melalui proses esterifikasi isobutil alkohol dengan asam palmitat dan asam sulfat sebagai katalis. Reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu  $107\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1,2 atm. Reaksi yang dihasilkan bersifat endotermis (memerlukan panas). Produk keluaran reaktor yang telah dinetralkan dengan NaOH di netralizer kemudian dialirkan ke *filter press* untuk pemisahan filtrat dari *slurry*. Proses pemurnian menggunakan alat menara distilasi, dimana produk distilat dialirkan ke dekanter untuk menghilangkan kandungan air yang akan digunakan sebagai arus *recycle*. Sedangkan produk *bottom* berupa Isobutil Palmitat dengan kemurnian 97 %.

Pabrik ini direncanakan sebagai perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Unit utilitas untuk mendukung proses produksi pabrik meliputi kebutuhan listrik, bahan bakar, pengolahan limbah dan air yang diambil dari air Sungai Berantas. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, pabrik ini membutuhkan modal investasi sebesar Rp 814.561.458.835,4,-. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 40% dan ROI sesudah pajak sebesar 26%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 2,0 tahun dan sesudah pajak 2,8 Tahun. Nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 43% Dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24%. Berdasarkan hasil analisis ekonomi tersebut menunjukkan bahwa pabrik Isobutil Palmitat layak untuk didirikan.

Kata kunci: Isobutil Palmitat, Esterifikasi, Isobutil Alkohol, Asam Palmitat.

## 1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara berkembang yang saat ini sedang mengembangkan di berbagai bidang, terutama bidang industri kimia. Perkembangan industri kimia di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Salah satu bahan kimia yang masih diimpor adalah isobutil palmitat. Isobutil palmitat digunakan sebagai Mengingat kebutuhan amil alkohol yang besar karena amil alkohol sangat potensial untuk di produksi di Indonesia terkait kegunaannya sebagai *plasticizer*, pelarut dalam industri cat, kosmetik, perisa kimia. Diperkirakan kebutuhan isobutil palmitat akan terus meningkat sedangkan pabrik yang memproduksi isobutil palmitat di Indonesia belum ada hingga saat ini.

Bahan baku untuk produksi isobutil palmitat adalah isobutil alkohol yang dapat dipenuhi oleh PT. Petro Oxo Nusantara dan asam palmitat oleh PT. Cisadane Raya Chemicals. jumlah impor isobutil palmitat dari tahun

2007-2016 berdasarkan data statistik dapat dilihat pada Tabel 1 (UN Comtrade, 2016):

**Tabel 1** Data Impor Isobutil Palmitat di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2007	6.506	0
2	2008	8.288	27,39
3	2019	8.141	-1,77
4	2010	9.882	21,38
5	2011	9.968	0,87
6	2012	10.740	7,75
7	2013	10.076	-6,19
8	2014	9.511	-5,61
9	2015	12.173	27,99
10	2016	9.415	-22,66
Pertumbuhan Rata-rata			4,92



Pabrik isobutil palmitat direncanakan akan didirikan pada tahun 2002. Perkiraan jumlah kebutuhan isobutil palmitat pada tahun 2022 menggunakan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$m_5 = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad \dots(1.2)$$

berdasarkan hasil perhitungan dan pertimbangan pabrik isobutil palmitat yang telah ada di beberapa negara, maka kapasitas produksi pabrik isobutil palmitat yang akan didirikan tahun 2022 yaitu 12.000 ton/tahun.

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Jenis-Jenis Proses

Proses produksi isobutil palmitat dapat dilakukan dua cara, yaitu esterifikasi dengan katalis homogen dan esterifikasi dengan *ion exchange resin*. Perbandingan proses produksi isobutil palmitat dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2** Perbandingan Proses Produksi Isobutil Palmitat

Parameter	Proses Esterifikasi	
Jenis katalis	Amberlyst 15	Asam sulfat
Bentuk katalis	<i>Pellets</i> /partikel	Cair
Temperatur	107 °C	107 °C
Tekanan	1 bar	1 bar
Konversi	42% / 38%	93,1%
Waktu reaksi	4 jam / 3 jam	16 menit
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katalis cukup mudah untuk dipisahkan</li> <li>Katalis dapat diregenerasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konversi yang dihasilkan tinggi</li> <li>Harga katalis lebih murah dari Amberlyst 15</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konversi yang dihasilkan rendah</li> <li><i>Pressure drop</i> relatif tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemisahan katalis sulit</li> <li>Katalis tidak dapat dipakai berulang</li> </ul>

Berdasarkan uraian Tabel 2 di atas, maka proses yang dipilih untuk produksi isobutil palmitat adalah esterifikasi dengan katalis asam sulfat

### 2.2 Uraian Proses

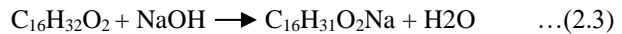
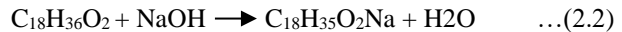
Isobutil alkohol dari tangki penyimpanan (F-130) dengan kondisi atmosferis diumpangkan ke Reaktor Alir tangki Berpengaduk (RATB) (R-210), sebelumnya dipanaskan di *heater* 1 (E-132) untuk menyesuaikan kondisi operasi reaksi. Asam palmitat dari silo (S-110) diumpangkan ke reaktor dengan menggunakan *hopper* (F-

120) melalui *belt conveyor* (J-111). Asam sulfat sebagai katalis dari tangki (F-140) diumpangkan ke reaktor (R-210) yang sebelumnya dipanaskan suhunya menjadi 107 °C.

Reaktor bereaksi pada fase padat-cair. Reaktor beroperasi dengan kondisi operasi tekanan 1,2 atm dan suhu 107 °C dan berlangsung secara isothermal. Bahan baku asam palmitat dan isobutil alkohol diumpangkan ke reaktor dengan perbandingan mol 1:5. Konversi yang dihasilkan adalah 93,1%. Reaksi pembentukan isobutil palmitat di reaktor (R-210) adalah:



Produk keluaran reaktor dialirkan menuju netralizer (N-220) untuk menetralkan asam stearat, asam palmitat dan asam sulfat. Bahan penetral yang digunakan adalah NaOH. Reaksi yang terjadi di netralizer adalah:



Produk netralizer diumpangkan ke *filter press* (H-310) untuk memisahkan produk dari garam-garamnya. Hasil *cake* dari *filter press* dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Sedangkan filtratnya diumpangkan ke menara distilasi untuk proses pemurnian produk

Filtrat dari *filter press* sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu 114 °C untuk menyesuaikan kondisi di menara distilasi (D-320). Produk *bottom* menara distilasi yaitu isobutil palmitat disimpan di tangki penyimpanan produk (F-410) dengan kemurnian 97% yang sebelumnya didinginkan terlebih dahulu. Produk distilat yaitu isobutil alkohol, air dan isobutil palmitat diumpangkan ke dekanter (H-330). Proses pemisahan dekanter berdasarkan berat jenis, sehingga menghasilkan fase ringan yang terdiri dari isobutil alkohol dan isobutil palmitat sebagai arus *recycle*. Sedangkan fase berat yaitu air dan sedikit isobutil alkohol dialirkan ke UPL.

Tinjauan termodinamika untuk mengetahui apakah reaksi bersifat eksotermis atau endotermis. Data perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut (Yaws, 1999):

**Tabel 3** Nilai  $\Delta H_f^0$  (298K) Komponen

Komponen	$\Delta H_f^0$ (298K) (kJ/mol)
Isobutil alkohol	-283,4
Asam palmitat	-723,06
Isobutil palmitat	-706,21
Air	-241,8



$$\begin{aligned}\Delta H_{R(298K)} &= \sum(n \times H_f)_{\text{produk}} - \sum(n \times H_f)_{\text{reaktan}} \\ &= (-948,01) - (-1006) \\ &= 58,45 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi pembentukan isobutil palmitat bernilai positif, sehingga reaksi bersifat endotermis. Untuk mengetahui apakah reaksi pembentukan isobutil palmitat dapat berjalan atau tidak dapat dilihat dari tinjauan energi bebas Gibbs pada Tabel 4 berikut:

**Tabel 4** Nilai  $\Delta G_f^0(298K)$  Komponen

Komponen	$\Delta G_f^0(298K)$ (kJ/mol)
Isobutil alkohol	-155,01
Asam palmitat	-181,90
Isobutil palmitat	-118,84
Air	-228,6

$$\begin{aligned}\Delta G_{R(298K)} &= \sum(n \times G_f)_{\text{produk}} - \sum(n \times G_f)_{\text{reaktan}} \\ &= ((-347,44) - (-336,91)) \\ &= -10,53 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai  $\Delta G_{R(298K)}$  bernilai negatif, sehingga reaksi berlangsung dengan spontan atau dapat terjadi.

Reaksi pembentukan isobutil palmitat merupakan reaksi orde 2 dengan perhitungan sebagai berikut (Levenspiel, 1999):

$$\begin{aligned}(-dC_A/dt) &= -r_A \\ -r_A &= k \cdot C_A^{1,5} C_B^{0,5} \\ (-dC_A/dt) &= k \cdot C_A^{1,5} C_B^{0,5} \\ \frac{-dC_A}{C_A^{1,5} C_B^{0,5}} &= k dt\end{aligned}$$

Diintegrasikan menjadi

$$\begin{aligned}kt &= \frac{2}{C_A^{0,5} C_B^{0,5}} - \frac{2}{C_{A0}^{0,5} C_B^{0,5}} \\ k &= 3865,7512 \text{ L/mol.jam}\end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}-r_A &= k \cdot C_A^{1,5} C_B^{0,5} \\ &= 0,0012253 \text{ kmol/L.jam}\end{aligned}$$

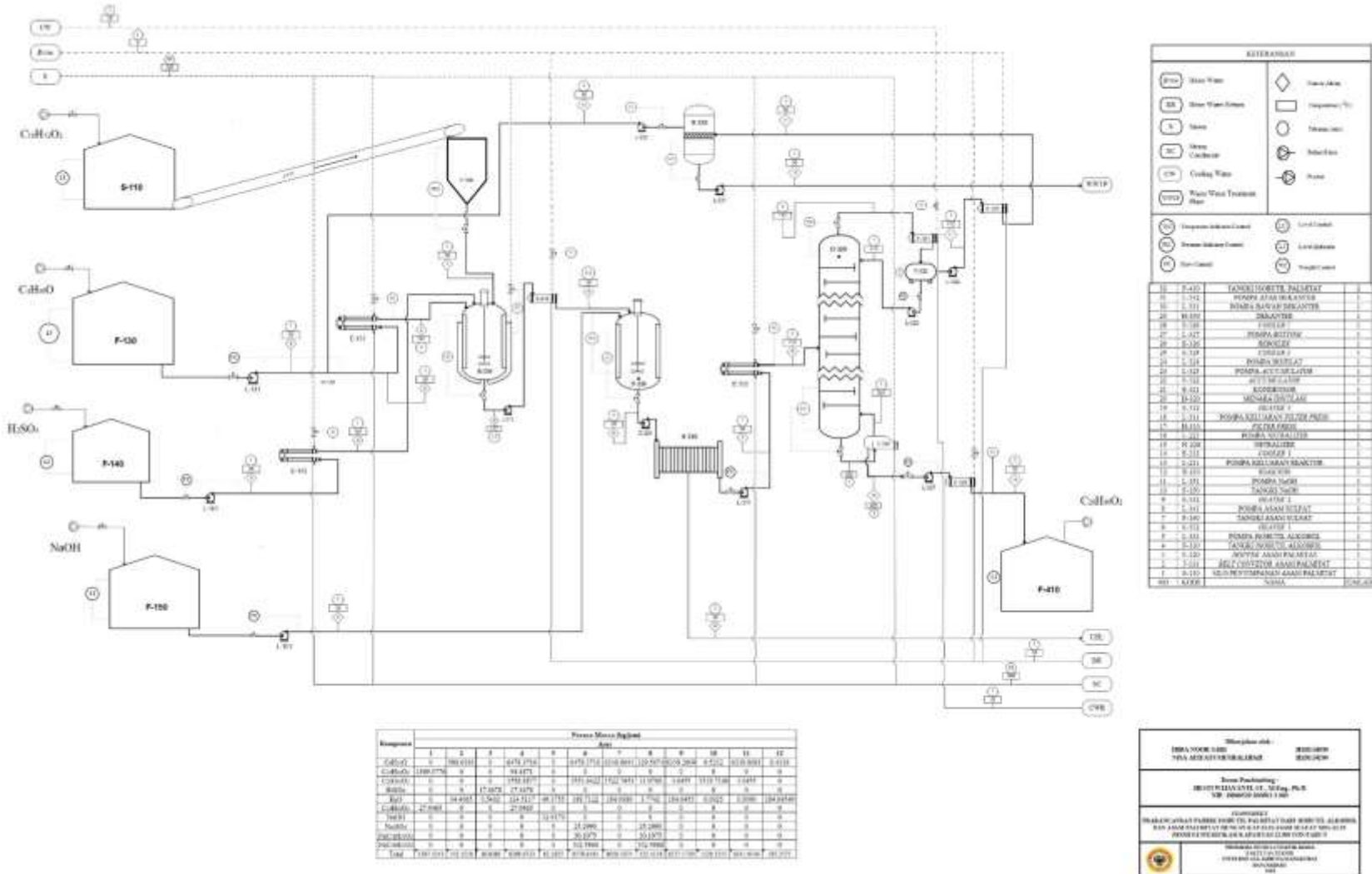
Laju reaksi pembentukan isobutil palmitat adalah 0,0012253 kmol/L.jam. Perhitungan neraca massa reaktor dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5** Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Aliran masuk (kg/jam)	Aliran keluar (kg/jam)
Asam palmitat	1369,3776	94,4871
Isobutil alkohol	6846,8882	6478,3716
Isobutil palmitat	3,0455	1556,8877
Asam stearat	27,9465	27,9465
Asam sulfat	17,4678	17,4678
Air	34,9467	124,5117
<b>Total</b>	<b>8299,6723</b>	<b>8299,6723</b>



**PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTIL PALMITAT DARI ISOBUTIL ALKOHOL DAN ASAM PALMITAT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**



Gambar 1. Diagram Alir Proses

### 3. Utilitas

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi operasi pabrik dan menunjang proses produksi adalah unit utilitas. Unit utilitas menyediakan kebutuhan akan air, uap (*steam*), listrik, bahan bakar dan pengolahan limbah. Sumber air untuk pabrik isobutil palmitat berasal dari air Sungai Berantas dengan debit air 2.160.000 m<sup>3</sup>/jam. Kebutuhan listrik disuplai dari generator dengan bahan bakar solar yang diperoleh dari PT. Pertamina. Cadangan kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN. Kebutuhan utilitas pabrik isobutil palmitat secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Kebutuhan Utilitas

Kebutuhan	Jumlah
Steam	13.891,9095 kg/jam
Air	229.571,166 kg/jam
Bahan Bakar	324,1158 L/jam
Listrik	713,139 kW

### 4. Analisis Ekonomi

Mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak, maka dilakukan analisa ekonomi. Untuk mendirikan pabrik isobutil palmitat memerlukan biaya yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

**Tabel 7.** Tota Biaya Pendirian Pabrik Isobutil Palmitat

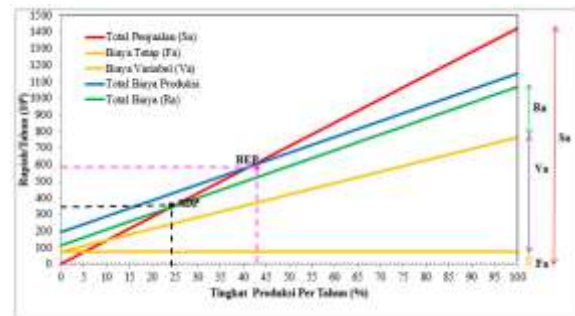
Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	568.321.646.357,76
TCI	814.561.458.835,4
WC	225.190.862.612,5
TPC	1.216.481.299.209,44

Analisa ekonomi juga bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang layak untuk didirikan atau tidak. Hal-hal yang perlu ditinjau dalam analisa ekonomi seperti *percent return of investment* (ROI), *pay out time* (POT), *interest rate of return* (IRR), *break event point* (BEP) dan *shut down point* (SDP) dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

**Tabel 8.** Analisis Ekonomi

Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Ket
ROI	26%	Minimal 11%	Layak
POT	2,8 thn	Maksimal 5 thn	Layak
IRR	20,01%	>12%	Layak
BEP	43%	40%-60%	Layak
SDP	24%	20%-40%	Layak

ROI adalah rasio laba atau keuntungan yang didapatkan berdasarkan jumlah uang yang diinvestasikan. Nilai ROI ditunjukkan dalam presentase, semakin tinggi presentasinya, keadaan perusahaan semakin baik. POT adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan profit yang dicapai. IRR adalah indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi modal. Investasi dapat dilakukan jika laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian di bank. Nilai IRR diperoleh sebesar 20,01% untuk melunasi modal pinjaman di bank dalam waktu 10 tahun. BEP adalah titik impas, dimana kondisi suatu pabrik menunjukkan tidak untung atau rugi. Sedangkan SDP adalah titik dimana aktifitas produksi diberhentikan, salah satunya karena tidak menguntungkan (Aries and Newton, 1955). Grafik BEP dan SDP pabrik isobutil palmitat dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Grafik BEP dan SDP Pabrik Isobutil Palmitat

### 5. Kesimpulan

Hasil perhitungan analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik isobutil palmitat dari isobutil alkohol dan asam palmitat dengan katalis asam sulfat melalui proses esterifikasi kapasitas 12.000 ton/tahun layak untuk didirikan, dengan pertimbangan hasil analisa ekonomi ROI 26%, POT 2,8 tahun, IRR 20,01%, BEP 43% dan SDP 24%.

### Ucapan Terimakasih

- Terima Kasih Kepada Ibu Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng.,Ph.D sebagai Dosen Pembimbing.
- Terima Kasih Kepada seluruh Dosen dan Staff Teknik Kimia ULM.
- Terima Kasih kepada teman-teman angkatan 2014.
- Terima Kasih kepada seluruh pihak yang membantu selama pengerjaan tugas akhir ini.







## DAFTAR PUSTAKA

- Anneken, David J., et. Al. 2006. *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Fatty Acid*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim.
- Aries, R. S. and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: Mc Graw Hill Book Company Inc.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- CAMEO Chemicals. 2016. *Sulfuric Acid*. <https://cameochemicals.noaa.gov>. Diakses pada tanggal 15 Maret 2018.
- Goto, S., Tagawa, T., & Yusoff. 1991. *Kinetics of The Esterification of Palmitic Acid with Isobutyl Alcohol*, 23(4), 17-26.
- Goto, S., Taekuchi, M., & Matouq, M.H. 1992. *Kinetics of The Esterification of Palmitic Acid with Isobutyl Alcohol on Ion-Exchange Resin Pellets*, 24, 587-592.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. New York. John Wiley and Sons Inc.
- Sreeramulu, Vannala and Paluri Bhimeswara Rao. 1973. *Kinetics of Esterification of Isobutyl Alcohol with Palmitic Acid Using Sulfuric Acid Catalyst. Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*, 12 (4), 483-485.
- The Good Scents Company. 2017. *Isobutyl Palmitate*. <http://www.thegoodscentscompany.com>. Diakses pada tanggal 11 Maret 2018.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons Inc.
- United Nations Statistics Division. 2018. *UN Comtrade*. New York: United Stations. <http://comtrade.un.org/data>. Diakses pada tanggal 29 Januari 2018.
- Yaws, Carl L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental,*

*Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. Mc Gwar-Hill. New York.



