

PRARANCANGAN PABRIK ISOPROPIL ASETAT DARI PROSES ESTERIFIKASI ANTARA PROPILLEN DAN ASAM ASETAT MENGGUNAKAN HF-BF₃ SEBAGAI KATALIS DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN

Muhammad Bayu Aji Pamungkas¹, Muhammad Hafiz*¹

Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author : bpamungkas17@yahoo.com

ABSTRAK

Isopropil asetat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$) adalah salah satu jenis senyawa ester berbentuk cairan tak berwarna dengan karakteristik memiliki aroma buah. Isopropil asetat memiliki kegunaan manufaktur seperti sebagian besar pelarut organik lainnya, yaitu pelarut turunan selulosa, plastik, minyak, dan lemak. Isopropil asetat dalam bidang industri digunakan sebagai bahan yang terkandung dalam tinta cetak dan parfum. Selama ini Indonesia masih mengimpor isopropil asetat dari negara lain dalam jumlah yang cukup besar berdasarkan data dari uncomtrade tahun 2021, sehingga untuk menutupi kebutuhan impor tersebut, dirancang pendirian pabrik isopropil asetat dengan kapasitas 80.000 ton/tahun pada tahun 2026. Pabrik akan didirikan di Desa Karang Anyar, Kecamatan Kasekan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Kebutuhan air akan dipenuhi dari air sungai cimanuk yang terletak dekat dengan pabrik.

Isopropil asetat dibuat melalui proses esterifikasi kimiawi dengan mereaksikan bahan baku propilen dan asam asetat dengan katalisator asam fluorida (HF) dan boron trifluorida (BF₃). Reaktor yang digunakan adalah reaktor gelembung yang beroperasi pada suhu 108° C dan tekanan 5,5 atm dengan konversi 80%. Hasil reaksi pada reaktor dialirkan ke dalam tangki absorber untuk menghilangkan katalis HF setelah itu hasil atas absorber didapatkan sebagai produk isopropil asetat dengan kemurnian 99,6%. Proses produksi ditunjang dengan adanya unit proses yang terdiri dari unit pengadaan air, steam, tenaga listrik, bahan bakar serta unit laboratorium yang selalu mengontrol kualitas bahan baku dan produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan dilengkapi dengan keselamatan dan kesehatan kerja karyawan.

Pemasaran isopropil asetat diutamakan untuk konsumsi dalam negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi line dan staff. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari shift dan non shift dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 170 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) sebesar Rp. 955.234.042.991,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp. 3.119.683.568.003,- Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 49,51% dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 37,13% Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 1,74 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak yaitu 2,22 tahun. Sehingga diperoleh Break Even Point (BEP) sebesar 40,18% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 28,97%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi ekonomi tersebut, maka pabrik isopropil asetat dengan kapasitas 80.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : Isopropil Asetat, Asam Asetat, Propilen, Esterifikasi

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara yang terus melakukan pembangunan baik segi Infrastruktur dan berbagai bidang lainnya dan salah satunya yaitu bidang Industri, sampai saat ini pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan, salah satunya adalah pembangunan sub sektor industri kimia. Namun ketergantungan impor luar negeri masih lebih besar dibandingkan eksportnya. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk-produk suatu industri kimia dari luar negeri.

Proses pembuatan isopropil asetat dengan cara esterifikasi langsung propilen dengan asam asetat dipilih dengan pertimbangan bahan baku tersebut

tersedia di Indonesia. Disamping itu, penggunaan proses esterifikasi langsung tersebut diharapkan dapat membuat langkah-langkah proses menjadi lebih singkat dibanding dengan cara biasa yaitu dengan bahan baku isopropanol dan asam asetat, sehingga secara ekonomis akan lebih menguntungkan.

Menurut (Bears, 1947), katalisator yang paling efektif dalam proses ini adalah asam fluorida (HF) dengan promotor boron trifluorida (BF₃). Permasalahan yang timbul dari pemakaian katalisator tersebut adalah terjadinya polimerisasi propilen dan pembentukan ester dengan berat molekul lebih tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, (Bears, 1947)





merekomendasikan untuk mencampur terlebih dahulu BF_3 dan HF dengan asam asetat sebelum direaksikan dengan propilen, sehingga kemungkinan terjadinya polimerisasi akan dapat dihindari.

Penentuan kapasitas produksi isopropil asetat berdasarkan pada data impor dari Badan Pusat Statistik 2015 sampai 2019 dan kapasitas pabrik yang sudah ada di Indonesia. isopropil asetat semakin dibutuhkan di Indonesia, hal ini dapat dilihat dari jumlah impor selama kurun waktu tahun 2016 sampai 2020 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Impor isopropil asetat

Tahun	Data Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2015	16.138,089	0,00
2016	19.174,348	0,16
2017	24.664,485	0,22
2018	27.352,045	0,10
2019	36.264,665	0,25
Total	198.839,325	0,72
Rata-rata		0,14

Pabrik isopropil asetat ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2026, peluang kapasitas produksi isopropil asetat pada tahun 2026 dapat ditentukan menggunakan perhitungan *discounted*, ketersediaan bahan baku dan kapasitas pabrik yang sudah beroperasi maka besarnya kapasitas pabrik isopropil asetat yang didirikan pada tahun 2026 sebesar 100% dari jumlah prediksi kebutuhan nasional yaitu 80.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Produksi isopropil asetat umumnya melalui proses esterifikasi berkatalis. Perbedaannya terdapat pada pemakaian katalis yang digunakan. Adapun perbandingan jenis proses dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perbandingan Jenis Proses

Parameter	Proses	
	Esterifikasi berkatalis Enzim	Esterifikasi Berkatalis Senyawa Kimia
Bahan Baku Utama	Asam asetat dan Isopropanol	Asam asetat dan Propilen
Katalis	Enzim Lipase dari <i>Bacillus Cereus</i>	HF dan BF_3
Harga Bahan Baku Utama	Rp. 34.000/kg dan Rp. 50.000/kg	Rp. 6.000/kg dan US\$ 1/kg
Harga Bahan	€173.00	Rp. 12.000/kg dan

Baku Pembantu		US\$ 9/kg
Fase Bahan Baku	Cair-Cair	Gas-Cair
Suhu Operasi	55 °C	108 °C
Tekanan Operasi	1 atm	5,5 atm
Waktu Operasi	9 jam	19 Menit
Konversi Reaksi	50 %	72 %
Yield	97 %	99,6 %
Jenis Reaktor	Reaktor Tangki Berpengaduk	Reaktor Gelembung Berpengaduk

Sehingga dari hasil penilaian diatas, maka pabrik isopropil asetat dirancang dengan esterifikasi berkatalis senyawa kimia.

2.2 Uraian Proses

Proses pembuatan berkatalis dengan proses Esterifikasi dilakukan dengan 3 tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
 - a. Asam asetat dalam tangki penampungan disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Kemudian dialirkan menggunakan pompa asam asetat ke dalam *mixer* dimana sebelumnya dinaikkan tekanannya menjadi 2 atm dengan *JT-valve*. Dalam *mixer* terjadi pencampuran gas (BF_3) dengan cairannya (asam asetat dan HF). Setelah itu hasil pencampuran dialirkan dengan pompa dan dinaikkan tekanannya menjadi 5,5 atm dengan *JT-valve* dan suhunya dinaikkan menjadi 108 °C menggunakan *heater*. Keluaran dari *heater* dengan suhu campuran 108 °C kemudian diumpankan ke dalam Reaktor gelembung.
 - b. Propilen dalam tangki penampungan disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 20 atm. Kemudian dialirkan ke dalam *vaporizer* untuk dinaikkan suhunya menjadi 108 °C dengan mengubah fase cair bertekanan menjadi uap-cair (sejumlah 80% uap dan 20 % cair). Keluaran *vaporizer* dipisahkan dengan *separator drum* dengan proses pemisahan berdasarkan perbedaan fase. Hasil keluaran bawah *separator drum* berupa cairan di-*recycle* ke *mixing point*. Sedangkan hasil keluaran atas *separator drum* dialirkan menuju *expander* untuk menurunkan tekanannya menjadi 5,5 atm. Keluaran *expander* kemudian diumpankan ke dalam Reaktor gelembung.





c. Katalis asam flourida tangki penampungan disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian dinaikkan tekanannya menggunakan JT-valve dan dialirkan menggunakan pompa asam flourida ke dalam mixer untuk bercampur dengan bahan baku asam asetat. Dalam waktu bersamaan, gas BF₃ dari tangki penampungan yang disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 2 atm dialirkan ke dalam mixer melalui sparger sehingga ketika berkontak dengan asam asetat didalamnya sehingga terbentuk titik didih campuran yang lebih tinggi akan mengubah BF₃ dalam fase gas menjadi fase cairan. Keluaran dari hasil pencampuran mixer dinaikkan tekanannya menjadi 5,5 atm dengan JT-valve dan suhunya dinaikkan menjadi 108 °C menggunakan heater, kemudian diumpankan ke dalam Reaktor gelembung

2. Tahap pembentukan produk

Reaktor gelembung ini bereaksi pada kondisi fase uap-cair yang beroperasi pada suhu 108 °C dan tekanan 5,5 atm selama 19 menit yang menghasilkan konversi sebesar 80%. Reaktor ini dilengkapi jacket dengan media air pendingin untuk menyerap panas reaksi yang timbul dan menjaga suhu cairan reaksi tetap pada kondisi 108 °C (isotermal). Berikut adalah persamaan reaksi yang terjadi:



Hasil keluaran dari atas reaktor berupa propilen dan boron triflourida dialirkan ke Sistem Flare. Hasil bawah reaktor berupa campuran asam asetat, isopropil asetat, air dan hidrogen flourida dalam fasa cair pada tekanan 5,5 atm diturunkan tekanan menjadi 1 atm dengan Expander dan dialirkan ke dalam tangki absorber. Sebelum dimasukan kedalam tangki absorber 1, terlebih dahulu campuran hasil reaksi dari reaktor tekanannya diturunkan menjadi 1 atm dengan Expander dan fasenya di uapkan menggunakan vaporizer menjadikan suhu campuran reaksi sebesar 151 °C.

3. Tahap pemurnian produk

Penjerapan gas dari umpan masuk keluaran reaktor terjadi di absorber. Untuk melarutkan HF digunakan air sebagai solvent-nya. Hasil bawah absorber terdapat banyak kandungan air dan sedikit kandungan campuran Isopropil Asetat,

Asam asetat, air dan HF diteruskan menuju ke waste water treatment. Sedangkan hasil atas absorber berupa campuran Isopropil Asetat akan dialirkan menuju kondensor untuk mengubah fase gas menjadi fase cair. Selanjutnya keluaran kondensor berupa produk Isopropil Asetat diturunkan suhunya terlebih dahulu menggunakan cooler dan disimpan di tangki penyimpanan Isopropil Asetat.

3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik isopropil asetat diperoleh dari sungai cimanuk. Air yang digunakan adalah sebesar 111.410,0889 kg/jam. kebutuhan listrik pabrik disuplai oleh PLN dengan generator sebagai cadangan energi. keperluan keseluruhan utilitas yang diperlukan untuk beroperasinya pabrik isopropil asetat dapat dilihat pada Tabel 3. Sebagai berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Pabrik Isopropil asetat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	2.651,913 kg/ jam
Listrik	689,3659 kW
Bahan bakar	73,0963 L/jam
Limbah	5.964,4435 L/jam

4. Analisa Ekonomi

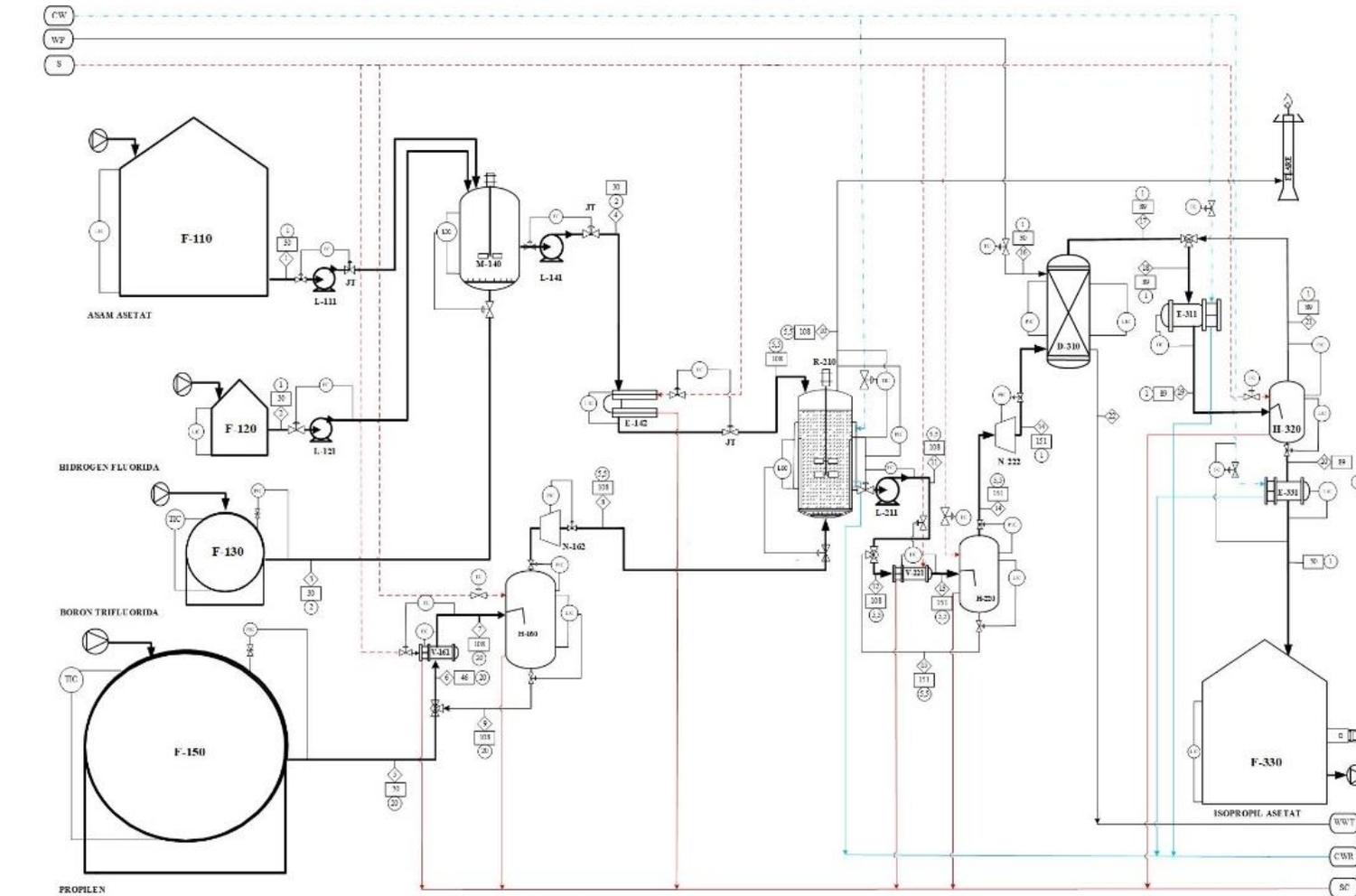
Analisa ekonomi bertujuan untuk menganalisa dan mengetahui apakah pabrik isopropil asetat ini layak didirikan atau tidak. Hasil analisis ekonomi pabrik isopropil asetat dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut

Tabel 4 Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	37,13 %	Min. 11%	Layak
POT	2,22 Tahun	Max. 5 Tahun	Layak
BEP	40,18 %	40-60%	Layak
SDP	28,97 %	20-40%	Layak

(Aries dan Newton, 1955)





KETERANGAN		
Aliran Proses		
CW	Cooling Water	◇ Nomor Aliran
CWR	Cooling Water Return	□ Suhu (°C)
S	Steam	○ Tekanan (atm)
SC	Steam Condensat	⊗ Produk
WW/T	Waste Water Treatment	⊕ Bahan Baku
PI/C	Pressure Indicator Control	TC Temperatur Control
TI/C	Temperature Indicator Control	LK Level Indicator Control
FC	Flow Control	NC Flow Control

No	KODE	KETERANGAN	JUMLAH
22	F-330	Tangki Penyimpanan Isopropil Asetat	2
21	E-331	Cooler	1
20	H-320	Separator 3	1
19	E-311	Condensator	1
18	D-310	Absorber	1
17	N-222	Expander 2	1
16	V-221	Vaporizer 2	1
15	H-220	Separator 2	1
14	H-211	Pompa Reaktor	1
13	R-210	Reaktor Golombang	1
12	N-162	Expander 1	1
11	V-161	Vaporizer 1	1
10	H-160	Separator 1	1
9	F-150	Tangki Penyimpanan Propilen	8
8	E-142	Heater	1
7	L-141	Pompa Mixer	1
6	M-140	Mixer	1
5	F-130	Tangki Penyimpanan Boron Trifluorida	5
4	L-121	Pompa Asam Fluorida	1
3	F-120	Tangki Penyimpanan Asam Fluorida	1
2	L-111	Pompa Asam Asetat	1
1	F-110	Tangki Penyimpanan Asam Asetat	15

Digambar Oleh :
M. BAYU AJI PAMUNGKAS (1710814100142)
MUHAMMAD ISAFIZ (1710814100116)

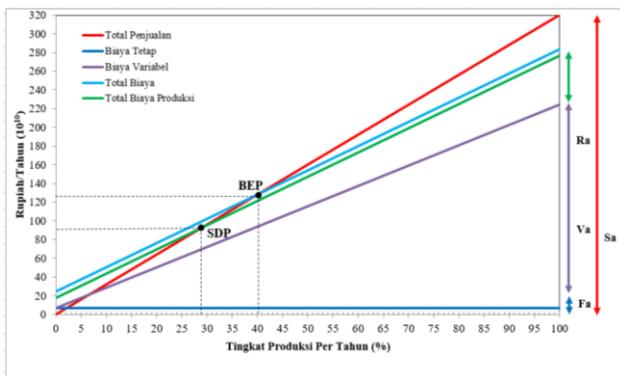
Diperiksa Oleh :
PRIMATA MARDINA, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19810324 200604 2 002

FLOWSHEET
PRARANCANGAN PABRIK ISOPROPILO ASETAT
DARI PROSES ESTERIFIKASI ANTARA PROPILLEN DAN ASAM
ASETAT MENGGUNAKAN HF-BU SEBAGAI KATALIS
DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2021

No	Aliran	Masa (kg/jam)																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Asam Asetat	9.345,5	-	-	9.345,5	-	-	-	-	-	-	1.869,09	1.909,50	1.869,09	1.828,68	40,41	-	27,43	49,37	27,43	5,49	21,94	1.801,25
2	Air	18,73	-	-	18,73	-	-	-	-	-	-	18,73	18,94	18,73	18,52	0,21	5.661,5	18,52	33,33	18,52	3,70	14,81	5.661,5
3	Asam Fluorida	-	112,15	-	112,15	-	-	-	-	-	-	112,15	112,37	112,37	111,92	0,25	-	-	-	-	-	-	111,92
4	Boron Trifluorida	-	-	37,38	37,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Propilen	-	-	-	7.105,47	8.880,8	8.880,82	7.105,47	1.775,35	1.866,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Propilena	-	-	-	28,54	37,02	37,02	28,54	8,49	28,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Isopropil Asetat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.715,42	12.846,6	12.715,42	12.584,22	131,20	-	12.580,32	22,645	12.580,32	2.516,06	10.064,25	3,90
8	Total	9.364,18	112,15	37,38	9.513,7	7.134,01	8.917,8	8.917,84	7.134,01	1.783,84	1.932,33	14.715,38	14.887,4	14.715,61	14.543,33	172,05	5.661,5	12.626,26	22,727	12.626,26	2.525,3	10.101,01	7.578,6

Gambar 1 Process Flow Diagram



Gambar 2 Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomis pada Prarancangan Pabrik isopropil asetat dari Propilen dan Asam asetat dengan Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis HF-BF_3 dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di Kecamatan Kasekan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat pada tahun 2026 dengan kapasitas 80.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan adalah perseroan terbatas (PT) sementara bentuk organisasi berupa garis (*lines*) dan *staff*. Sedangkan total tenaga kerja yang dibutuhkan adalah 170 orang. Berdasarkan perhitungan ekonomi diperoleh nilai evaluasi ROI sebesar 37,13% dan POT selama 2,22 tahun. Adapun nilai BEP diperoleh sebesar 40,18% dan SDP sebesar 28,97%, sehingga dari hasil analisa yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pabrik isopropil asetat ini layak dikaji ulang untuk didirikan di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Aries, R.S.and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: Mc Graw Hill Book Company inc.
- Bearse, A. E. a. M., R.D. (1947): Production of Esters. *US Patent*. No. 2.415.000.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York : John Wiley & Sons.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc Graw Hill.
- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F. (1978): *Encyclopedia Of Chemical Technology. 3rd Edition*. 1.
- Perry, R. H. (1997): *Perry's Chemical Engineering Handbook 7th Edition*. McGraw-Hill. New York

Ulrich, G. D. (1984): A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. *John Wiley and Sons*. New York.

Verma, M. L., Azmi, W. dan Kanwar, S. S. (2011): Enzymatic Synthesis of Isopropyl Acetate by Immobilized *Bacillus cereus* Lipase in Organic Medium. *Enzyme Research*. 2011. 919386

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

