

PRARANCANGAN PABRIK ASETALDEHID DARI ETANOL MENGGUNAKAN PROSES DEHIDROGENASI KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Era Nandita Radiya Oktaviana^{*1}, Siti Fatimah¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: erananditaro10@gmail.com

Abstrak

Prarancangan pabrik asetaldehid dari etanol menggunakan proses dehidrogenasi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, meningkatkan perekonomian Indonesia serta membuka lapangan pekerjaan. Asetaldehid digunakan sebagai senyawa intermediet dalam pembuatan asam asetat, n- butanol, 2-asetat anhidrida, etil asetat, piridin dan vinil asetat. Pabrik ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2026 dengan kapasitas 10.000 ton/tahun di Karanganyar-Solo, Jawa Tengah dengan luas tanah 30.000 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam setahun dengan jumlah tenaga kerja 147 orang.

Proses pembuatan asetaldehid dengan proses dehidrogenasi antara etanol dengan katalis Cu-Cr. Proses reaksi terjadi dalam Fixed Bed Multitube Reactor, pada kondisi operasi suhu umpan 260°C dan tekanan sebesar 1,5 atm. Konversi yang dihasilkan adalah 70%. Hasil keluaran dari reaktor berupa gas asetaldehid dan gas hidrogen yang akan di embunkan menggunakan kondensor dan selanjutnya dialirkan ke separator drum untuk memisahkan asetaldehid cair dan gas hidrogen yang akan dibuang ke flare gas system. Kemudian produk bawah separator drum berupa asetaldehid dialirkan menuju menara distilasi-01 untuk memurnikan produk utama berupa asetaldehid 99,5%. Kemudian produk dialirkan ke tangki penyimpanan produk asetaldehid. Sedangkan produk bawah menara distilasi-01 berupa etanol dialirkan menuju menara distilasi-02 untuk dilakukan pemisahan etanol dan air. Hasil atas menara distilasi-02 berupa etanol dengan kemurnian 92% yang akan disimpan pada tangki penyimpanan produk etanol untuk dijual.

Pemasaran asetaldehid diprioritaskan untuk konsumsi dalam negeri. Bentuk perusahaan adalah perseroan terbatas (PT) dan bentuk organisasinya adalah line dan staff. Hasil analisa ekonomi didapat modal investasi sebesar Rp. 454.759.917.650 dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp. 797.063.319.487. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 27,93% dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 18,31%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak 2,78 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 3,82 tahun. Sehingga didapat Break Event Point (BEP) sebesar 41,44% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 25,15%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi ekonomi tersebut, maka pabrik asetaldehid dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: Cu-Cr, asetaldehid, etanol, dehidrogenasi

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang, sehingga pertumbuhan industri kimia di Indonesia semakin meningkat. Pemerintah memfokuskan pembangunan nasional pada sektor industri dalam rangka pembangunan jangka panjang. Sasaran pembangunan Indonesia termasuk pada industri kimia baik itu industri penghasil bahan jadi maupun bahan setengah jadi. Hal ini membuat banyaknya industri kimia di Indonesia berkembang cukup baik. Oleh karena itu, pemerintah terus berupaya untuk membangun industri kimia guna memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri. Salah satu bahan kimia yang dibutuhkan dalam dunia industri kimia adalah asetaldehid. Asetaldehid merupakan bahan intermediate untuk menghasilkan bahan kimia yang lain, yaitu sebagai bahan baku pembuatan asam asetat, asetat

anhidrida, etil asetat, butil aldehida, krotonaldehida, piridin, asam pirasetat dan vinil asetat. Asetaldehid dapat juga digunakan sebagai pelarut dalam produksi karet, penyamakan kulit, dalam industri kertas, bahan pengawet buah dan ikan, sebagai bahan tambahan rasa, sebagai zat yang digunakan dalam denaturasi alkohol, dan dalam komposisi bahan bakar (Neramittagapong dkk., 2008). Kebutuhan asetaldehid di Indonesia masih belum tercukupi dikarenakan baru ada satu produsen lokal yaitu PT. Indo Acidatama Chemical Industri.

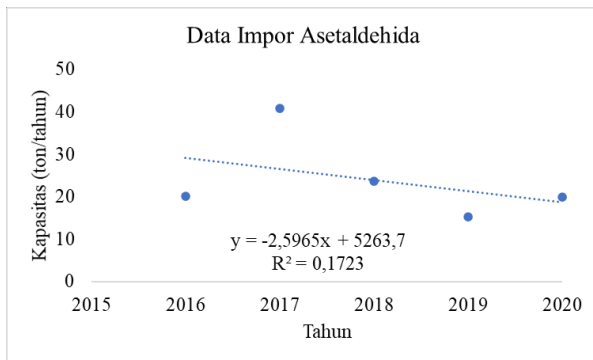
Kapasitas pabrik asetaldehid ditentukan dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, perkiraan kebutuhan produk di Indonesia berdasarkan data impor dan kapasitas minimum pabrik yang sudah berdiri. Data impor asetaldehid dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.



Tabel 1. Data Impor Asetaldehid di Indonesia (BPS, 2021)

Tahun	Total (ton)	Pertumbuhan (%)
2016	20,151	0
2017	40,823	0,18
2018	23,679	-0,63
2019	15,214	-0,16
2020	19,973	0,31
Rata-rata		-0,059

Berdasarkan data tersebut maka didapatkan besarnya impor asetaldehid pada tahun 2026 di Indonesia menggunakan perhitungan regresi linear. Dari Tabel 1. data impor asetaldehid di Indonesia diperoleh Gambar 1.



Gambar 1. Kebutuhan Impor Asetaldehid di Indonesia

Dari Gambar 1. dapat diperkirakan kebutuhan impor asetaldehid pada tahun 2026 yang didapatkan berdasarkan regresi linear sebagai berikut:

$$y = -2,5965x + 31,761$$

$$y = -2,5965(2026) + 31,761$$

$$y = -5228,7$$

Keterangan: y = Besarnya data pada tahun tertentu
x = tahun pabrik yang akan didirikan

negatif, namun dilihat dari kegunaan asetaldehida sebagai zat *intermediate* untuk industri asam asetat, etil asetat, butadine dan menghasilkan bahan kimia lain, membuat kebutuhan akan asetaldehida sebagai bahan baku menjadi semakin besar, seperti pabrik PT. Petrokimia Butadine dengan kapasitas pabrik sebesar 137.000 ton/tahun yang memerlukan asetaldehida sebagai bahan baku pembuatan butadine. Sehingga pabrik akan tetap didirikan guna membantu ketersediaan asetaldehid di Indonesia serta dapat bekerjasama dengan pabrik-pabrik industri kimia yang menggunakan asetaldehid sebagai bahan baku.

Sehingga, setelah dipertimbangkan maka pada tahun 2026 akan didirikan pabrik asetaldehida dengan mengambil sebanyak 50% dari kapasitas pabrik yang sudah ada (PT. Indo Acidatama, 20.000 ton/tahun) yaitu 10.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

pertimbangan pemilihan proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Proses Pembuatan Asetaldehid

Parameter	Nama Proses		
	Hidrasi	Oksidasi	Dehidrogenasi
Bahan Baku	Asetilena	Etilen	Etanol
Katalis	Asam Sulfat dan Merkuri Sulfat	Pd	Cu-Cr
Tekanan Operasi	1 – 2 atm	3 – 10 atm	1,5 atm
Suhu Operasi	90-95°C	120-130°C	260-290°C
Jenis Reaktor	Line Vertical Reactor	Bubble Reactor	Fix Bed Multitube Reactor
Yields Produk	97%	90-95%	99,5%
Konversi ekonomi	55%	98%	30-70%
Bahan baku	Relatif Mahal	Relatif Mahal	Relatif Murah

Proses pembuatan asetaldehid ini dalam skala industri memiliki beberapa proses yang dipilih sesuai dengan bahan baku yang digunakan, yaitu proses hidrasi dari asetilena, proses oksidasi dari etilen dan proses dehidrogenasi dari etanol. Dari ketiga macam proses maka dipilih proses dehidrogenasi dari etanol,

2.2 Proses Pembuatan Asetaldehid

2.2.1 Penyiapan Bahan Baku

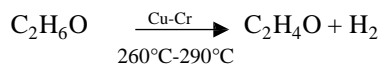
Bahan baku yang digunakan pada proses ini adalah etanol dan katalis Cu-Cr. Etanol 96,5% fase cair disimpan pada tangki penyimpanan dengan suhu penyimpanan 30°C dan tekanan 1 atm.



Kemudian bahan baku dipompakan untuk dinaikkan tekanannya menjadi 1,5 atm setelah itu diumpankan ke *mixer* untuk mencampurkan etanol dengan *recycle* etanol dari separator drum-01. Setelah itu etanol diubah fasenya menjadi gas dengan menggunakan *vaporizer*. Dari *vaporizer*, etanol uap akan diumpankan ke *separator drum* untuk dipisahkan etanol fase cair yang akan *direcycle* ke *mixer*. Gas dari separator drum dipanaskan menggunakan *heater* sampai suhu 260°C setelah itu diumpankan ke dalam reaktor.

2.2.2 Reaksi Dehidrogenasi Etanol

Proses dehidrogenasi etanol berlangsung di dalam reaktor *fixed bed multitube* katalitik untuk menghasilkan asetaldehid. Kemudian gas etanol masuk bersama dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan katalis *chromium copper* aktif (Cu-Cr). Gas masuk reaktor melalui bagian bawah reaktor dimana gas yang memiliki densitas kecil akan naik ke seluruh bagian reaktor dan akan berkontak dengan katalis yang ada dalam pipa. Kondisi operasi dalam reaktor adalah tekanan 1,5 atm dan suhu umpan 260°C. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut



Hasil keluar reaktor berupa gas asetaldehid dan gas hidrogen. Konversi reaksi dalam reaktor sebesar 70%.

2.2.3 Pemurnian Produk

Produk keluar reaktor berupa campuran gas etanol, gas asetaldehid, gas hidrogen dan uap air. Kemudian produk masuk ke kondensor supaya fasenya berubah menjadi cair. Setelah keluar dari kondensor, produk diumpankan ke separator *drum* untuk dipisahkan antara asetaldehid dan gas hidrogen. Gas hidrogen lalu diumpankan ke *flare gas system*, dan asetaldehid dengan komposisi asetaldehid, etanol, dan air diumpankan ke menara distilasi 1. Menara distilasi 1 ini bertujuan untuk memperoleh asetaldehid dengan kemurnian 99,5%. Hasil atas menara distilasi 1 adalah yang terdiri dari; Asetaldehid 99,5%, Etanol 0,4%, dan Air 0,1%. Hasil atas menara distilasi masuk ke tangki penyimpanan produk yang kemudian siap untuk dipasarkan. Sedangkan hasil bawah dari menara distilasi 1 berupa etanol dan air yang kemudian diumpankan ke menara distilasi 2. Menara distilasi 2 berfungsi untuk memisahkan antara etanol dan air. Oleh karena titik didih etanol lebih rendah dibanding air, maka hasil atas menara distilasi 2 adalah etanol yang kemudian disimpan pada tangki penyimpanan etanol. Sedangkan hasil bawah menara distilasi 2

merupakan air yang akan diproses ke Unit Pengolahan Limbah.

3. Utilitas

Penyediaan air untuk unit utilitas di *supply* dari air sungai Bengawan Solo, Kalimantan Selatan. Air digunakan sebagai air sanitasi, *hydran* dan air proses sebesar 82.268,3565 kg/jam. Listrik disuplai dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Waduk Gajah Mungkur sebesar 7,0594 KvA. Jika terjadi pemadaman listrik, listrik disuplai menggunakan 1 buah generator. Kebutuhan unit utilitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Unit Utilitas

Unit Utilitas	Kebutuhan
Steam	5000,8274 kg/jam
Cooling water	67.414.3452 kg/jam
Tenaga listrik	705,9454 kW
Bahan bakar	235,7968 liter/jam
Limbah	135,0536 liter/jam

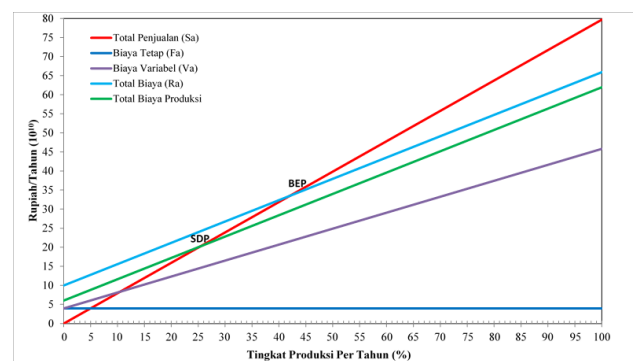
4. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak. Untuk itu pada perancangan pabrik asetaldehid dibuat evaluasi atau penilaian yang ditinjau dengan beberapa aspek, sebagai berikut.

Tabel 4. Analisa Ekonomi (Aries dan Newton, 1955)

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	18,21%	Min. 11%	Layak
POT	3,82 tahun	Max.5 tahun	Layak
BEP	41,44%	40-60%	Layak
SDP	25,15%	20-40%	Layak

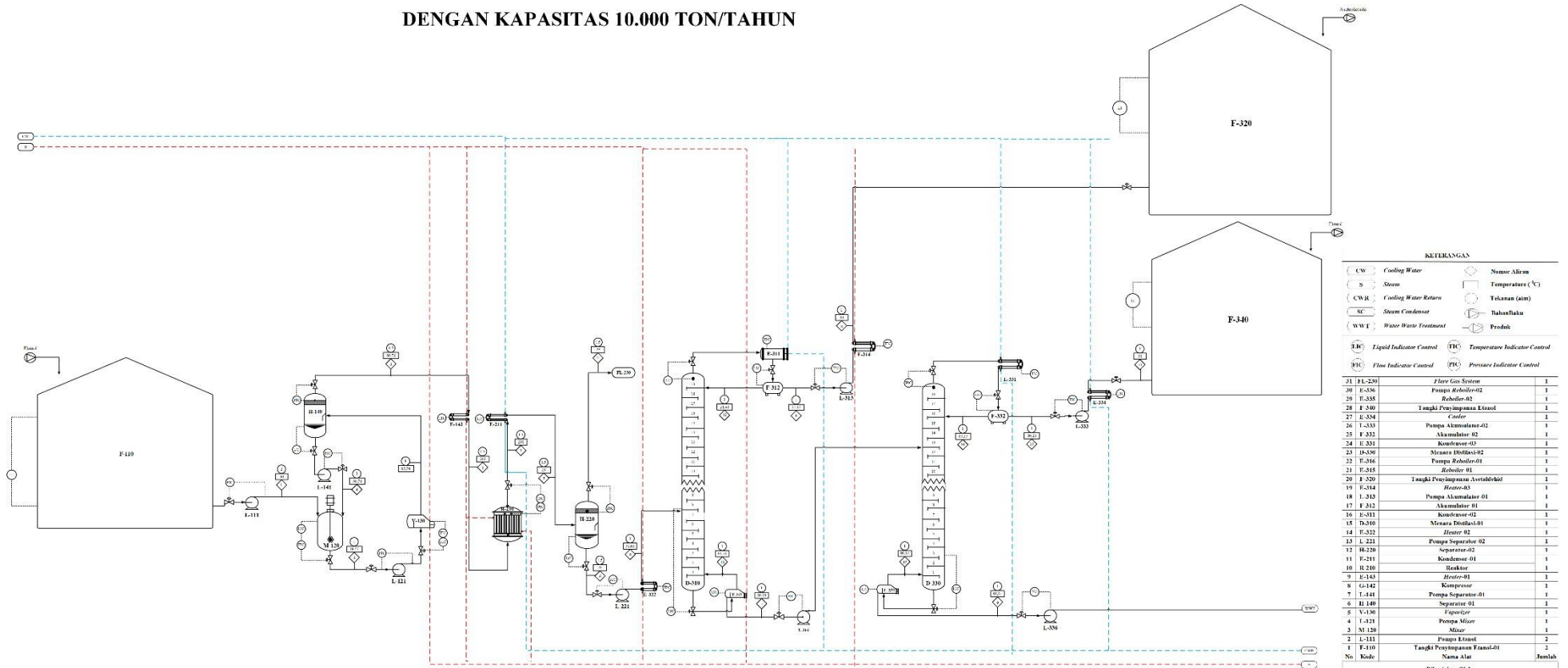
Berdasarkan data tersebut maka didapatkan grafik *Break Event Point* dan *Shut Down Point* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik *Break Event Point* dan *Shut Down Point* pada Analisa Ekonomi



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK ASETALDEHIDA DARI ETANOL MENGGUNAKAN PROSES DEHIDROGENASI DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



KELETERANGAN

CW	Cooling Water	NA	Normal Aliran
S	Steam	T	Temperature (°C)
CWR	Cooling Water Return	U	Ukuran (mm)
SC	Steam Condensate	TR	TahanRusak
WW T	Waste Water Treatment	P	Produk

LIC	Liquid Indicator Control	TIC	Temperature Indicator Control
PLC	Flow Indicator Control	PIC	Pressure Indicator Control

No	Detail	Jumlah
21	F-1200	1
20	E-500	1
19	T-300	1
28	F-300	1
27	E-300	1
26	P-300	1
25	F-302	1
24	E-301	1
23	D-500	1
22	T-306	1
21	T-305	1
20	F-200	1
19	H-304	1
18	P-303	1
17	E-302	1
16	E-301	1
15	D-300	1
14	H-302	1
13	P-302	1
12	H-200	1
11	G-200	1
10	R-200	1
9	H-103	1
8	G-102	1
7	H-101	1
6	H-100	1
5	V-100	1
4	L-101	1
3	M-100	1
2	L-101	2
1	F-100	2

No	Komponen	Beraca Massa (kg/jam)														
		Aliran														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	C ₂ H ₆ O	2268.6099	2002.1432	2006.7016	685.4416	602.0105	602.0105	6.7181	1336.8995	-	6.7181	-	0.3850	631.3975	296.4789	0.7032
2	C ₂ H ₄ O	-	-	-	-	1343.6176	1343.6176	599.0004	3.0101	0.5990	598.4014	-	171.0135	7.0443	3.3285	-
3	H ₂	-	-	-	-	61.0735	-	62.1922	-	-	-	-	61.0735	-	-	-
4	H ₂ O	82.2834	110.5088	62.1922	48.3765	62.1922	62.1922	667.9107	1339.9096	45.1080	622.2057	-	0.0009	65.5486	8.4644	52.9475

Gambar 2. Diagram Alir Proses Prarancangan Pabrik Asetaldehid Kapasitas 10.000 ton/tahun

Dibuat oleh:
Ere Nandita Rafira Oktaviana (171081420606)
Siti Fatimah (1710814206020)

Dosen Pembimbing:
Primata Mardiana, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19810324 200604 2 002

**PRARANCANGAN PABRIK ASETALDEHIDA DARI ETANOL
MENGGUNAKAN PROSES DEHIDROGENASI DENGAN KAPASITAS
10.000 TON/TAHUN**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS KEMIPA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BALIKPAPAN**

2021

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa maupun perhitungan maka pabrik dimetil adipat akan beroperasi pada kapasitas 10.000 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Solo-Sragen Karanganyar, Jawa Tengah dengan luas tanah sebesar 30.000 m². Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff* dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 147 orang. Berdasarkan analisa ekonomi didapat BEP dan SDP sebesar 41,44% dan 25,12%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Alibaba.com. (2021): *Alibaba.com Official Site-Online Wholesale Supplier*.
- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955, "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York.
- Comtrade, U. (2020): *Database Import Ekspor*.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F., 1983, "*Chemical Engineering*", Volume 6, Pergamon Press, Oxford.
- Kern, D.Q., 1965, "*Process Heat Transfer*", Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York.
- Neramittagapong, A., Attaphai boon, W. dan Neramittagapong, S. (2008): *Acetaldehyde Production from Ethanol Over Ni-Based Catalysts. Chiang Mai J. Sci.* 35. 171-177
- Peloso, A., Moresi, M., Mustachi, C. dan Soracco, B. (1979): *Kinetics of the Dehydrogenation of Ethanol to Acetaldehyde on Unsupported Catalysts. The Canadian Journal of Chemical Engineering.* 57. 159-164
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1984, "*Perry's Chemical Engineers Hand Book*", 7 ed., Mc.Graw Hill Book Company Inc., Singapore.
- Yaws, Carl. L., 1999, "*Chemical Properties Handbook*" Mc Graw Hill, New York.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959, "*Process Equipment Design*", John Willey and Sons Inc., N

