



PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT DAN METANOL KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Ahmad Rizal¹, Lailatul Fatma¹, Nabilah Lu'aali Fauziah¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Jember 68121 Indonesia

*Corresponding Author: ahmadrzl1902@gmail.com

Abstrak

Di era globalisasi, penting bagi Indonesia sebagai negara berkembang untuk meningkatkan pembangunan di segala bidang, termasuk sektor industri. Salah satu sektor yang dapat dikembangkan adalah industri kimia. Perkembangan industri kimia dapat ditandai dengan didirikannya pabrik-pabrik kimia baru yang dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri dalam negeri. Salah satu jenis bahan kimia yang belum terpenuhi dan diperoleh dengan cara impor dari negara produsen, antara lain metil akrilat. Pabrik metil akrilat yang menggunakan bahan baku asam akrilat dan metanol ini dirancang dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun. Kebutuhan bahan baku asam akrilat sebanyak 29.893.965 ton/tahun dan metanol sebanyak 19.937.607 ton/tahun dengan persentase konversi reaksi sebesar 98%. Dalam rencana ini, metil akrilat diproduksi melalui proses esterifikasi yang menghasilkan produk metil akrilat dan gipsum. Proses ini melibatkan reaksi esterifikasi asam akrilat dan metanol dalam fase cair dalam reactor plug flow dengan katalis asam sulfat. Reaksi dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 50°C secara eksotermis. Metil akrilat yang terbentuk dipisahkan menggunakan distilasi azeotropik sehingga diperoleh kemurnian 99,95%. Karyawan yang dibutuhkan sebanyak 153 orang. Hasil analisis ekonomi menunjukkan laba bersih penjualan sebesar Rp40.678.633.565,81, Rate of Investment (RoI) 13%, Pay Out Time (POT) 4,4 tahun. Dengan demikian, Break Even Point (BEP) mencapai 46%. Berdasarkan evaluasi keekonomian, pabrik metil akrilat dengan kapasitas produksi 35.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

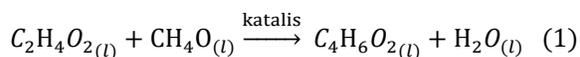
Kata kunci: metil akrilat, reaksi esterifikasi, reaktor plug flow.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia yang terbilang sangat signifikan membuat kebutuhan akan metil akrilat juga bertambah. Namun, tidak adanya pabrik nasional yang memproduksi metil akrilat mengharuskan Indonesia untuk mengimpor agar bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2020, nilai rata-rata impor metil akrilat di Indonesia sebesar 57.305,83 ton/tahun.

Metil akrilat dengan rumus molekul C₄H₆CO₂, merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai bahan baku produksi polimer (poliakrilat). Polimer tersebut digunakan sebagai bahan perekat, industri pangan, plastik, estetika, kosmetika, cat, kertas, dan tekstil serta bahan baku

untuk kopolimer dari acrylic fiber (Bhattacharyya, 2007). Bahan baku utama pembuatan metil akrilat adalah asam akrilat dan metanol. Metil akrilat diperoleh dari reaksi esterifikasi, seperti ditunjukkan reaksi pada Persamaan 1 berikut (Kaminsky et al., 2017):



Pabrik metil akrilat direncanakan didirikan untuk mengurangi kebutuhan impor sehingga dapat mengandalkan produksi dalam negeri. Selain untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri, diharapkan



dapat melakukan ekspor metil akrilat ke luar negeri yaitu di Negara Cina.

Perkiraan kebutuhan metil akrilat di Indonesia ditentukan dengan analisis ekspor, impor, produksi, perkiraan nilai peredaran suatu produk pada tahun berdirinya pabrik, dan konsumsi pasar dari tahun ke tahun sehingga diperoleh peluang kapasitas. Dapat dituliskan dalam perumusan pada Persamaan 2 berikut:

$$m3 = (m4 + m5) - (m1 + m2) \quad (2)$$

$$= (0 + 99.550,172) - (0 + 0)$$

$$= 99.550,172 \text{ ton/tahun}$$

$$= 100.000 \text{ ton/tahun}$$

Keterangan:

m1 : Nilai impor

m2 : Produksi pabrik di dalam negeri

m3 : Kapasitas pabrik baru

m4 : Jumlah ekspor

m5 : Konsumsi dalam negeri

Kapasitas pabrik metil akrilat yang direncanakan 35% dari hasil perhitungan kebutuhan teoritis yakni 35.000 ton/tahun.

Tabel 1 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Akrilat

Parameter	Asetilasi	Esterifikasi
Aspek Teknis		
<i>Bahan Baku</i>	Asam Format Asetilena	Asam akrilat Methanol
<i>Katalis</i>	Nikel Karbonil	Asam Sulfat
<i>Kondisi proses:</i>		
Konversi (%)	92	98
<i>Kondisi operasi:</i>		
- Suhu (°C)	220 – 270	50 – 100
- Tekanan (atm)	140 – 316	1
Aspek Ekonomi		
- Bahan Baku	Bahan baku gas alam yang terbatas	Bahan baku mudah diperoleh
- Biaya Katalis	Mahal	Murah

2. Deskripsi Proses

Terdapat beberapa jenis proses dalam pembuatan metil akrilat. Tabel 1 menyajikan perbandingan jenis proses pembuatan metil akrilat. Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa jenis proses yang dipilih untuk pembuatan metil akrilat pada pabrik ini adalah proses esterifikasi. Hal tersebut dikarenakan mudahnya perolehan katalis asam sulfat, harganya murah, dan efektif dalam penggunaannya. Selain itu, dalam prosesnya menghasilkan reaksi samping yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan metode yang lain.

2.1 Uraian proses

Proses pembuatan metil akrilat dengan metode esterifikasi dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

2.1.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Asam akrilat disimpan dalam tangki penyimpanan (F-110) dan metanol di tangki

penyimpanan (F-120). Kedua bahan ini dimasukkan ke dalam mixer (M-210) untuk dilakukan pencampuran dengan perbandingan 1:1,5.

2.1.2 Proses Esterifikasi

Katalis asam sulfat dialirkan dari (F-130) menuju *heater* (E-132) untuk dinaikkan suhunya menjadi 50°C sebelum masuk ke reaktor (R-220). Kemudian, umpan dari *mixer* (M-210) juga dinaikkan suhunya menjadi 50°C sebelum dialirkan menuju reaktor (R-220). Di dalam reaktor, terjadi reaksi eksotermis dengan suhu 50°C dan tekanan 1 atm.

Produk keluaran dari reaktor (R-220) dialirkan menggunakan pompa (L-221) menuju *heater* (E-222) untuk menaikkan suhunya dari 50°C menjadi 90°C. Kemudian, dialirkan kembali menuju unit penetralisasi (R-230) menggunakan pompa (L-233). Tujuan dari penetralisasian ini adalah untuk menghilangkan asam sulfat (H₂SO₄) dengan cara



menambahkan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Asam sulfat nantinya akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dan membentuk gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), lalu gipsum tersebut akan melewati unit filtrasi (H-240). Gipsum dialirkan menuju tangki penyimpanan (F-250) menggunakan *conveyor* (J-241). Sementara, keluaran atas reaktor penetralisasi berupa campuran metil akrilat ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$), metanol (CH_3OH), dan air (H_2O) akan dilewatkan ke kondensor untuk diturunkan suhunya dari 90°C menjadi $50,6^\circ\text{C}$ sebelum dialirkan menuju tangki distilasi (F-310).

2.2.3 Proses Pemisahan

Pada tangki distilasi (F-310) terjadi penambahan n-heksana (C_6H_{14}). Tujuan penambahan tersebut untuk mengikat metanol agar nantinya bisa dipisahkan dengan metil akrilat pada saat memasuki kolom distilasi azeotrop. Kemudian, ketika di kolom distilasi produk bawah berupa metil akrilat masuk ke reboiler (E-326) dan dipompa menuju *cooler* (E-328) untuk menurunkan suhunya dari 72°C menjadi 30°C , dilanjutkan dengan dialirkan menuju tangki penyimpanan metil akrilat (F-340) menggunakan pompa (L-329).

Produk atas kolom distilasi (F-320) terdiri dari metanol, n-heksana, dan air akan memasuki kondensor (E-321) untuk diubah fasenya menjadi cair kembali, kemudian dimasukkan ke dalam decanter (H-322). Dekanter merupakan alat pemisahan yang memanfaatkan perbedaan densitas suatu campuran sehingga terbentuklah dua fasa berbeda. Fasa bawah dekanter berupa metanol dialirkan menggunakan pompa (L-323) menuju *cooler* (E-324) untuk diturunkan suhunya dari $50,6^\circ\text{C}$ menjadi 30°C , kemudian dialirkan menuju tangki penyimpanan (F-330) menggunakan pompa (L-325). Sementara, fasa atas dari dekanter akan dikembalikan ke dalam kolom distilasi.

Diagram alir proses pra-rancangan pabrik metil akrilat dari asam akrilat dan metanol dapat dilihat pada gambar 1.

3. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian penunjang proses yang diperlukan sebuah industri bahan kimia agar berjalan dengan baik. Utilitas pada Pabrik Metil Akrilat ini memiliki beberapa unit yang sangat diperlukan untuk membantu proses produksi agar berjalan sesuai dengan yang diinginkan, diantaranya:

- Unit Pengolahan Air
- Unit Pengadaan *Steam*
- Unit Pengadaan Tenaga Listrik
- Unit Bahan Bakar
- Unit Pengolahan Limbah

Air pendingin disediakan 20% berlebih karena diperhitungkan faktor keamanan dan kebocoran saat pengaliran air, oleh sebab itu total air yang dibutuhkan menjadi $149.302,910 \text{ kg/jam}$, *steam* sebesar $569,185 \text{ kg/jam}$ dan unit listrik sebesar $79,66 \text{ kW/jam}$, namun diperhitungkan power keamanan 20% berlebih sehingga total kebutuhan listrik menjadi $147,03 \text{ kW/jam}$. Bahan bakar yang digunakan terdapat dua jenis yaitu *anthracite coal* yang berfungsi sebagai pemanas boiler untuk unit pengadaan steam, massa *anthracite coal* yang dibutuhkan sebanyak $22,62 \text{ kg/jam}$ dan *diesel fuel* sebagai pemutar genset untuk kebutuhan listrik sekunder, massa *diesel fuel* yang dibutuhkan sebesar $18,08 \text{ kg/jam}$.

Limbah yang terdapat pada pabrik metil akrilat yaitu limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan dari *rotary drum filter* (H-240). Pengolahan pada pabrik metil akrilat menerapkan kebijakan pengelolaan limbah yang berkelanjutan dengan bekerja sama langsung dengan pihak ketiga yang telah terverifikasi dan memiliki izin resmi dari pemerintah untuk menangani dan mengelola limbah sesuai dengan peraturan yang berlaku. Proses ini memastikan bahwa semua limbah yang dihasilkan tidak diolah sendiri, melainkan langsung diserahkan kepada pihak ketiga tersebut. Langkah ini diambil untuk memastikan bahwa pengelolaan limbah dilakukan dengan cara yang paling efisien dan ramah lingkungan, serta untuk mematuhi standar keselamatan dan lingkungan yang ketat. Pihak ketiga ini memiliki kemampuan dan fasilitas yang memadai untuk mengolah berbagai jenis limbah, baik limbah padat, cair, maupun gas, sehingga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Pihak ketiga yang mengolah limbah dari pabrik metil akrilat ini adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Krakatau Tirta Industri.

4. Analisis Ekonomi

Layak atau tidaknya suatu pabrik untuk didirikan ditinjau dari evaluasi ekonomi. Hal ini ditujukan agar dapat mengetahui seberapa besar keuntungan yang diperoleh dari kapasitas produksi tertentu. Hasil evaluasi ekonomi pabrik sorbitol terdapat pada Tabel 2.

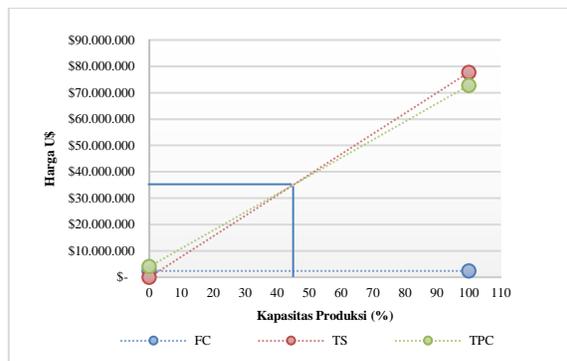




Tabel 2 Parameter Kelayakan Ekonomi

No	Parameter	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1.	ACF	18 %	Layak
2.	POT	4,4	Layak
3.	NPOTLP	\$ 26.538.396	Layak
4.	TCS	\$ 26.199.844,67	Layak
5.	ROR	13 %	Layak
6.	DCF-ROR	18 %	Layak
7.	BEP	46 %	Layak

Pabrik dapat dikatakan layak didirikan apabila nilai BEP tidak terlalu besar maupun terlalu kecil. Menurut Kusnarjo, 2010 nilai BEP yang dapat diterima yaitu $40\% < \text{BEP} < 60\%$. Berdasarkan perhitungan nilai BEP yang diperoleh yaitu 46% dimana nilai tersebut telah memenuhi syarat sehingga Pabrik Metil Akrlilat dari Asam Akrlilat dan Metanol layak untuk didirikan. Grafik di bawah ini merupakan grafik BEP yang menampilkan FCost, TC, dan TPC. Nilai BEP dapat dilihat dari perpotongan antara garis total penjualan (TS) dengan total biaya produksi (TPC).



Gambar 2. Grafik BEP

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa, Pabrik Metil Akrlilat memiliki kapasitas produksi sebesar 35.000 ton/tahun dengan proses yang digunakan yaitu esterifikasi. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi Line and Staff. Pembangunan Pabrik Metil Akrlilat dari Asam Akrlilat dan Metanol direncanakan berdiri pada tahun 2027 di Kawasan Industrial Estate Cilegon (KIEC), Jawa Barat. Pabrik beroperasi kontinu 24 jam selama 330 hari/tahun dengan kebutuhan tenaga kerja untuk mengoperasikan pabrik ini sebanyak 153 karyawan. Evaluasi ekonomi diperoleh waktu pengembalian modal selama 4,4 tahun dan BEP sebesar 46%.

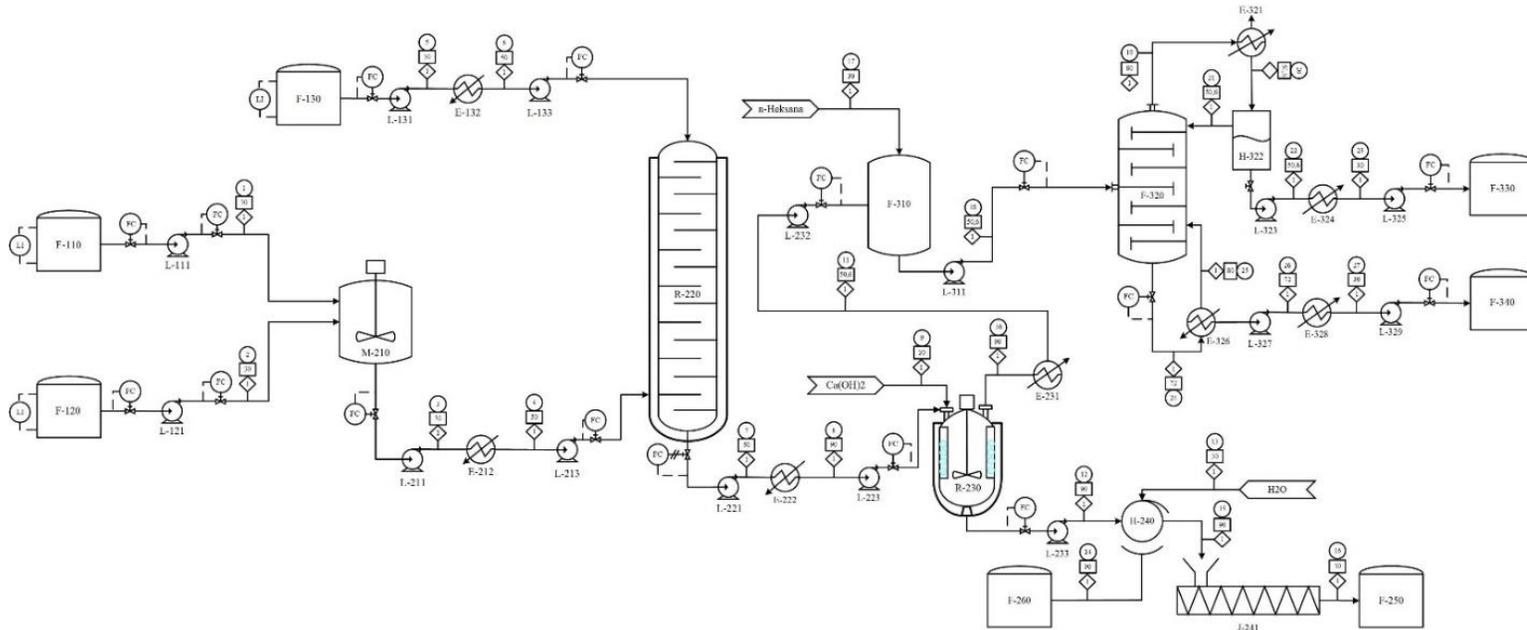
Berdasarkan evaluasi ekonomi yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa Pabrik Metil Akrlilat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Bhattacharyya, S. K., & Sen, A. K., 2007, "Catalytic synthesis of methyl acrylate from acetylene, carbon monoxide and methanol under pressure.", *Journal of Applied Chemistry*, 13, hal. 498 – 505.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.77563>
- Brownell, L. E., & Young. E. H., 1959, "Process Equipment Design.", John Willey And Sons.
- Ferlazzo., 1975, "Oksidasi propilen."
- Fisher, G.J. & MacLean, A. F., 1959, "Esterifikasi of Acrylic Acid with Methanol. Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa.", 1(1), hal. 2 – 4.
<https://doi.org/10.29313/jiff.v4i1.6497>
- Geankoplis, C.J., 2003, "Transport Processes and Separation Process Principles: Includes Unit Operations.", Prentice Hall Professional Technical Reference. Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Himmelblau, D.M., 1989, "Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering ", Fifth Edition, Singapore.
- Jiang, S. dkk., 2017, "One-Step Synthesis of Methyl Acrylate Using Methyl Acetate with Formaldehyde in a Fluidized Bed Reactor.", *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 56(33), hal.9322–9330.
<https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.02.p2581>
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", International Student Edition, Mc Graw Hill, New York.
- Mc Cabe, Smith and Harriot, 1993, "Unit Operations of Chem Engineering, 5 Th. Edition", Mc Graw Hill, Inc. New York.
- Kusnarjo, 2010, "Perancangan Pabrik Kimia." ITS Press
- Liu, 2000, "Patent proses asetilen".
- Ludwig, E. E., 1997, "Applied Process Design (3rd ed, Vol. 1).", Gulf Professional Publishing.
- Parod, R. J., 2014, "Methyl Acrylate. Third Edit, Encyclopedia of Toxicology: Third Edition.",
<https://doi.org/10.1002/eng2.12306>



**PRA-RANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI
ASAM AKRILAT DAN METANOL KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**



Simbol	Keterangan
E	Heat Exchanger
F	Bejana
L	Pompa
J	Konveyor
R	Reaktor
H	Unit Pemisah
LI	Level Indicator
TC	Temperatur Control
FC	Flow Control
○	Aliran
□	Suhu

Neraca Massa	Aliran																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
Asam Akrilat (C3H4O2)	3774,491		3774,491	3774,491			75,490	75,490				75,490		75,490															
Metanol (CH3OH)		2517,375	2517,375	2517,375			872,690	872,690		872,690	872,690							872,690	872,690	872,690	661,598	211,092	211,092						
Asam Sulfat (H2SO4)					1171,198	1171,198	1171,198	1171,198																					
Kalsium Hidroksida (Ca(OH)2)									884,727																				
Metil Akrilat (C4H6O2)						4419,192	4419,192	4419,192	4419,192	4419,192	4419,192							4419,192							4419,192	2,211	4416,981	4416,981	
Air (H2O)	38,126	2,520	40,646	40,646	24,390	24,390	989,529	989,589		672,358	672,358	317,171	2000	2219,515	97,656	97,656		4419,192							4419,192	2,211	4416,981	4416,981	
n-Heksana (C6H14)																	1137,704	1137,704	1137,704	1137,704	1119,339	18,365	18,365						
Gypsum (CaSO4.2H2O)										1953,129					1953,129														
Neraca Massa	Nama Alat dan Kode																												
	Heater E-212	Mixer M-210	Heater E-132	Reaktor R-220	Heater E-222	Reaktor Netralisasi R-230	Kondensor E-231	RDF H-240	Konveyor J-241	Tangki Azeotrop F-310	Distilasi F-320	Kondensor E-321	Dalancor H-322	Cooler E-324	Reboiler E-326	Cooler E-328													
Panas Masuk	432225,03	71325,263	53812,996	7052828,696	1295592,75	1853364,229	1385736,944	730847,1	100799,214	388318,545	845156,571	501966,080	173711,282	100025,764	406653,297	231193,126													
Panas Keluar	432225,03	71325,263	53812,996	7052828,696	1295592,75	1853364,229	1385736,944	730847,1	100799,214	388318,545	845156,574	501966,080	173711,282	100025,764	406653,297	231193,126													

Gambar 1. Flow Diagram Process

**PRA-RANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI ASAM AKRILAT
DAN METANOL KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :

Lailatul Fatma 201910401015
Nabilah Lu'aili Fauziah 201910401024
Ahmad Rizal 201910401076

Dosen Pembimbing Utama :
Ir. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
Dosen Pembimbing Anggota :
Ir. Istiqomah Rahmawati S.Si, M.Si

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER



- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D. & West, R.E., 2003, "Plant Design and Economics For Chemical Engineers.", McGraw-Hill Chemical Engineering Series. McGraw-Hill Education.
- Perry, R.H And, Green, D., 1978, "Perry's Chemical Engineer's Handbook, 8th Ed."
- Smith, J.M. And Van Ness, H.C., 1996, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5th Ed."
- Timmerhaus, 2003, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers.", Mc Graw-Hill.
- Ulrich, G. D., & Wiley, J., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics".
- Walas, S. M., 1990, "Chemical Process Equipment.", British Library Caraloguing in Publication.
- Yaws, C. L., 1999, "Chemical Properties Handbook.", McGraw-Hill.

