PRARANCANGAN PABRIK ISOPROPILAMIN DARI HIDROGENASI ASETON DAN AMONIA DENGAN KAPASITAS 46.000 TON/TAHUN

Bekti Palupi[1], Ditta Kharisma Yolanda[1], Istiqomah Rahmawati[1], Meta Fitri Rizkiana[1] Nikmahtus Naurin Qolby[1], Farell Ade Akbar Halim[1], Nawfal Bintang Darmawan[1]

[1]Jurusan Teknik Kimia Universitas Jember, Jawa Timur, Indonesia
Jl. Kalimantan Tegalboto No. 37, Krajan Timur, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121
*Corresponding Author: 201910401016@gmail.unej.ac.id

Abstrak

Pra-rancangan pabrik isopropilamin dirancang karena memiliki tujuan untuk memenuhi kebutuhan isopropilamin yang ada di indonesia. Saat ini industri di Indonesia sedang mengalami kemajuan yang signifikan di berbagai sektor, mendorong masyarakatnya untuk bergerak menuju era industrialisasi dan dapat bersaing dengan negara-negara maju lainnya. Isopropilamin digunakan dalam dunia pertanian sebagai campuran insektisida dan herbisida. Proses pembuatan isopropilamin dengan kapasitas 46.000 Ton/tahun ber-bahan baku aseton, amonia, dan hidrogen dengan menggunakan katalis nikel. Proses yang terjadi dibagi menjadi empat (4) proses yaitu proses pertama adalah persiapan bahan baku (pre-treatment), proses kedua adalah proses reaksi, proses ketiga adalah pemisahan produk dengan pengotor, dan proses terakhir adalah proses pemurnian. Total karyawan yang dibutuhkan untuk menjalankan pabrik ini berjumlah 180 orang. Hasil evaluasi analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwasannya pabrik isopropilamin dengan kapasitas 46.000 Ton/tahun layak didirikan dengan rincian Pay Out Time (POT) 1,8 tahun, Return of Invesment (ROR) 61%, laba bersih Rp35.010.152.786,93, dan Break Event Point (BEP) 58%.

Kata kunci: Pra-rancangan, Isopropilamin.

1. Pendahuluan

Saat ini industri di Indonesia sedang mengalami kemajuan yang signifikan di berbagai sektor, mendorong masyarakatnya untuk bergerak menuju era industrialisasi dan dapat bersaing dengan negara-negara maju lainnya. Jumlah pertumbuhan yang cepat mengakibatkan peningkatan permintaan akan bahan kimia. Salah satu contoh bahan kimia yang dibutuhkan di sektor pertanian adalah isopropilamin. Isopropilamin adalah senyawa kimia yang termasuk dalam golongan amina. Ini adalah amina sekunder dengan rumus kimia $(CH_3)_2CHNH_2$. Isopropilamin atau dikenal sebagai 2-aminopropana adalah senyawa organik yang terdiri dari tiga atom karbon, delapan atom hidrogen, dan satu atom nitrogen. Dalam keadaan murni, isopropilamin berwujud cairan tak berwarna dengan bau yang khas. Senyawa ini memiliki sifat-sifat kimia yang memungkinkannya digunakan dalam berbagai aplikasi industry (Yaman, 2021).

Isopropilamin adalah amina sekunder yang sering digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis senyawa organik, surfaktan, agen kompleksing, dan berbagai zat antara dalam pembuatan obat-obatan, pestisida, dan produk kimia lainnya. Selain itu, isopropilamin juga digunakan dalam industri pertanian sebagai bahan baku untuk pembuatan herbisida, insektisida, dan agen pengemulsi. Isopropilamin dapat digunakan dalam bidang pertanian yaitu sebagai bahan baku pada pembuatan herbisida dan insektisida, selain itu isopropilamin juga dapat digunakan sebagai bahan intermediet pada industri karet sintetis dan bahan adiktif dalam industri tekstil dan juga industri deterjen [(Vere Hodge, 2014).

Produksi isopropilamin umumnya menggunakan bahan baku aseton, amonia, dan hydrogen. Proses yang digunakan untuk memproduksi isopropilamin di industri ada dua macam proses yaitu proses hidrogenasi dan aminasi. Pada proses hidrogenasi, hidrogen diikatkan dengan gugus karbonil pada aseton menggunakan katalis berupa logam seperti Ni atau Co kemudian menghasilkan produk isopropilamin. Jenis katalis yang digunakan untuk memproduksi isopropilamin sangat berpengaruh terhadap kecepatan reaksi, konversi bahan baku, selektivitas produk yang dihasilkan, dan stabilitas proses (Venkatasubramanian, 2019). Seiring dengan kebutuhan dan kemajuan bidang pertanian khusunya untuk insektisida dan herbisida, maka industri isopropilamin semakin dibutuhkan. Industri isopropilamin secara konvensional pertama kali didirikan di Amerika pada tahun 1902.

2. Deskripsi Proses

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang terdiri dari aseton dengan kemurnian 98% (F-110), amonia dengan kemurnian 99,5% (F-120), dan hidrogen dengan kemurnian 100% (F-130) dengan menggunakan perbandingan 3 : 3 : 1. Aseton yang terdapat di dalam (F-110) di pompakan menuju *vaporizer* (V-112) terlebih dahulu untuk mengubah fase dari cair menjadi gas dengan dipanaskan pada suhu 100℃. Uap gas yang dihasilkan dari *vaporizer* kemudian akan dialirkan menuju *heat exchanger* (E-113) untuk dipanaskan sesuai dengan suhu yang ada di dalam reaktor, aseton dipanaskan hingga mencapai suhu 180℃. Aseton yang telah dipanaskan, diumpankan menuju ke dalam reaktor dengan dibantu dengan kompresor (G-114) dan dinaikkan tekanannya hingga mencapai 9,8 atm. Amonia yang terdapat pada tangki penyimpanan amonia (F-120) dialirkan dengan menggunakan bantuan pompa (L-121) menuju ke dalam *vaporizer* (V-122) untuk merubah fase nya menjadi gas dengan dipanaskan dengan suhu 65℃. Gas yang dihasilkan dari *vaporizer* kemudian dipanaskan kembali dengan menggunakan *heat exchanger* (E-123) hingga suhu mencapai 180℃. Amonia yang telah dipanaskan dengan menggunakan *heat exchanger* kemudian dinaikkan tekanannya dengan menggunakan kompresor (G-124) agar sesuai dengan tekanan yang terdapat di dalam reaktor. Gas hidrogen yang disimpan di dalam tangki penyimpanan hidrogen (F-130) dialirkan menuju ke dalam *heat exchanger* dengan menurunkan tekanan terlebih dahulu menggunakan *expander* (X-131) menjadi 9,8 atm. Selanjutnya, gas hidrogen dipanaskan dengan menggunakan *heat exchanger* (E-132) hingga suhunya menjadi 180℃, setelah itu diumpankan menuju reaktor menggunakan bantuan *blower* (G-133).

b. Reaksi Pada Reaktor

Umpan yang dialirkan menuju kedalam reaktor (R-210) yang telah berisikan katalis nikel akan mengalami reaksi endotermis dan mengikuti reaksi orde satu (Fauzi ahmad & Raja willy, 2019). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$CH_3COCH_{3(g)} + H_{2(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow (CH_3)_2CHNH_{2(g)} + H_2O_{(g)} \quad (1)$$

Reaksi tersebut akan menghasilkan produk samping yaitu :

$$2CH_3COCH_{3(g)} + 2H_{2(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow C_6H_{15}N_{(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad (2)$$

$$3CH_3COCH_{3(g)} + 3H_{2(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow C_9H_{12}N_{(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad (3)$$

Pada saat reaksi terjadi di dalam reaktor, suhu yang ada pada dalam reaktor akan meningkat, untuk menjaga kestabilan suhu yang ada pada dalam reaktor, maka digunakanlah jaket pendingin agar suhu tidak melewati 250℃. Katalis yang digunakan dalam kondisi yang masih baik akan dapat mempercepat reaksi yang terjadi dan dapat mengurangi terjadinya produk samping. Produk yang keluar dari dalam reaktor berupa gas dengan suhu 180℃ yang terdiri dari aseton, amonia, air, hidrogen, mono isopropilamin (MIPA), diisopropilamin (DIPA), dan tri isopropilamin (TIPA).

c. Pemisahan Produk

Gas yang telah keluar dari dalam reaktor akan dialirkan menuju *expander* (X-211) terlebih dahulu untuk diturunkan tekananya dan masuk ke dalam *cooler* (E-212). *Coller* (E-212) memiliki tujuan untuk mendinginkan gas hasil dari reaktor untuk selanjutnya akan dipisahkan dengan menggunakan menara distilasi (D-310). Pada saat umpan dari *cooler* (E-212) dialirkan menuju menara distilasi (D-310).Pada menara distilasi akan menghasilkan dua hasil yaitu

hasil atas dan bawah, hasil bawah dari menara distilasi (D-310) akan dialirkan menuju ke dalam *reboiler* (E-311) untuk dipanaskan kembali yang berfungsi apabila terdapat produk yang terikut pada hasil bawah akan dikembalikan menuju ke dalam menara distilasi, sedangkan untuk yang hasil atas akan dialirkan menuju ke dalam kondensor (E-312) untuk didinginkan kembali sehingga membentuk dua fase lagi yaitu gas dan cair dan ditampung di akumulator (F-313). Akumulator (F-313) untuk tempat penampungan sementara dan produk yang dihasilkan dialirkan menuju separator (H-410) untuk dipisahkan kembali dan produk yang belum dialirkan menuju separator (H410) akan dialirkan kembali menuju menara distilasi (D-310) untuk dipanaskan kembali.

d. Pemurnian Produk

Pada separator (H-410) akan menghasilkan dua hasil yaitu hasil atas dan hasil bawah, Untuk hasil atas yang berupa gas amonia dan hidrogen akan dialirkan menuju heater IV (E-411) lalu diumpankan menju reactor (R-210) dengan bantuan blower 5 (G-412). Sementara untuk hasil bawah dari separator (H-410) yang merupakan produk isopropilamin akan langsung diumpankan menuju ke dalam tangki penyimpanan produk (F-420) dengan menggunakan bantuan pompa produk (L-413).

3. Tata Letak

Lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup dari perusahaan. Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk mendirikan sebuah pabrik agar mendapatkan lokasi pabrik yang sesuai. Penentuan lokasi yang tepat untuk mendirikan pabrik isopropilamin ada di daerah Cilegon, Jawa Barat. Lokasi pabrik dipilih setelah mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk ketersediaan bahan baku, sistem transportasi, strategi pemasaran, tenaga kerja, kondisi lingkungan, serta utilitas yang tersedia.

Lokasi di Cilegon, Jawa Barat, yang dipilih sebagai tempat pendirian pabrik isopropilamin dipilih setelah mempertimbangkan beberapa aspek, yang selanjutnya dibagi menjadi faktor utama dan faktor pendukung.

a. Faktor Primer

Terdapat beberapa faktor primer yang dapat mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik yang akan didirikan. Faktor primer yang dapat ditinjau yaitu faktor ketersediaan bahan baku, pemasaran produk, sarana transportasi, ketersediaan tenaga kerja, dan kebutuhan air dan listrik.

- Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik harus disesuaikan dengan keberadaan sumber bahan baku yang berdekatan. Bahan baku yang digunakan terdiri dari hidrogen 100% diperoleh dari PT. Air Liquid Cilegon, Jawa Barat, aseton sebesar 99% diperoleh Sinopec dari Tiongkok, amonia 98% diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur.

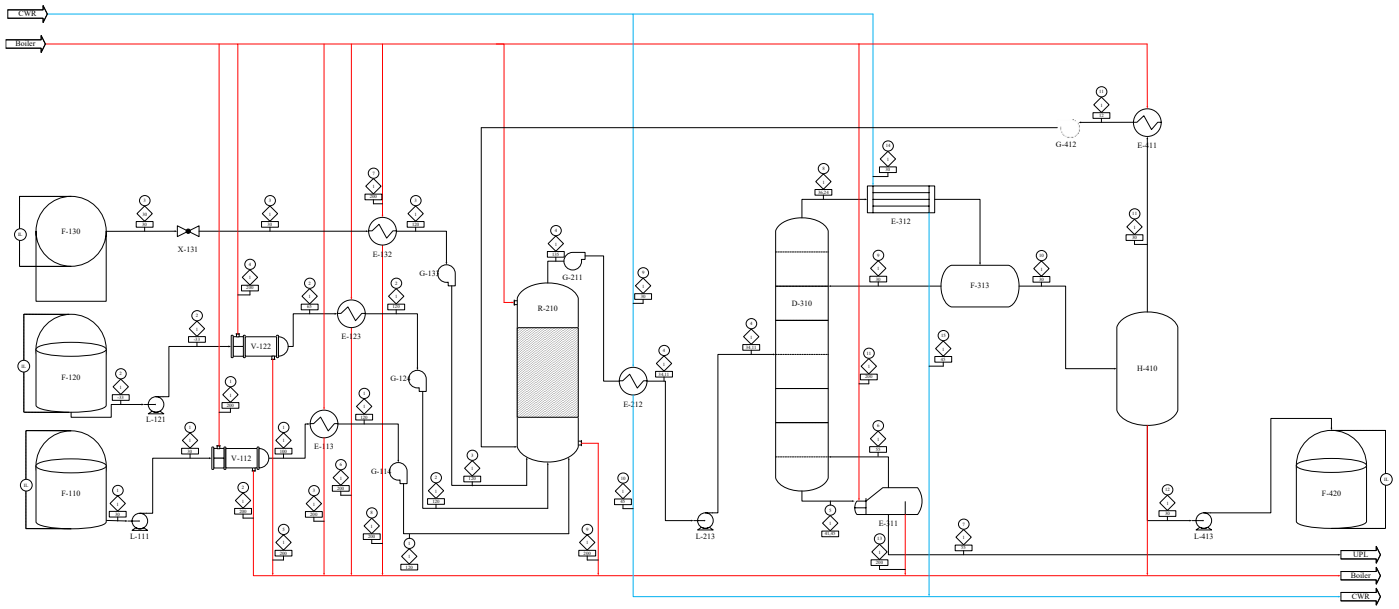
- Pemasaran Produk

Penentuan lokasi pabrik harus memperhitungkan kedekatan dengan konsumen, karena strategi pemasaran produk memainkan peran penting dalam menentukan keberhasilan operasional dan kelangsungan pabrik. Isopropilamin, sebagai produk intermediate, memiliki permintaan yang signifikan di kawasan industri, sehingga menjadikan lokasi yang strategis untuk mengakomodasi kebutuhan konsumen menjadi faktor kunci. Berikut merupakan daftar konsumen yang menggunakan isopropilamin antara lain :

- PT. Nusa Mandiri Utama (NMU) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertanian. PT. Nusa Mandiri Utama berlokasi di Jl. H.R. Rasuna Said Kav. C-3, Karet, Setiabudi, Jakarta Selatan.
- PT. Asiana Chemicalindo Lestari merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak di bidang formulasi pestisida. Lokasi perusahaan tersebut ada di Jl. Raya Kby. Lama No. 647, Grogol Selatan, Kby Lama, Jakarta Selatan.
- PT. Agro Sejahtera Indonesia (Asterindo) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri bahan kimia pertanian. PT. Agro Sejahtera Indonesia berlokasi di Jl. Ciputat Raya No. 201, Pd. Pinang, Kby Lama, Jakarta Selatan.
- PT. Sari Kresna Kimia adalah perusahan agro chemical yang memproduksi berbagai macam pestisida. PT. Sari Kresna Kimia berlokasi di Jl. Raya Kosambi Curug Km. 87, Desa Duren, Kec. Klari, Kab. Karawang, Provinsi Jawa Barat.

PT. Danken Indonesia merupakan perusahaan multinasional yang bergerak dalam distribusi produk-produk agrokimia dengan kualitas terbaik. PT. Danken Indonesia berlokasi di Jl. Horizon Broadway No. M2 No. 18, Sampora, Kec. Cisauk, Kab. Tangerang, Banten.

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA-RANCANGAN PABRIK ISOPROPILAMIN DARI HIDROGENASI ASETON, AMONIA, DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 46.000 TON/TAHUN



NOTASI	
	Nomor Arus
	Tekanan (atm)
	Suhu (°C)
	Control Valve
	Water Process
	Steam

Instrumen	
TC	*Temperature Control*
FC	*Flow Control*
LI	*Level Indicator*

NO	KODE ALAT	KETERANGAN
1.	F-110	Tangki Penyimpanan Aseton
2.	F-120	Tangki Penyimpanan Amonia
3.	F-130	Tangki Penyimpanan Hidrogen
4.	L-111	Pompa Aseton
5.	V-112	*Vaporizer* Aseton
6.	E-113	*Heat Exchanger* Aseton
7.	G-114	Blower Aseton
8.	L-121	Pompa Amonia
9.	V-122	*Vaporizer* Amonia
10.	E-123	*Heat Exchanger* Amonia
11.	G-124	*Blower* Amonia
12.	X-131	*Expander* Nitrogen
13.	E-132	*Heat Exchanger* Nitrogen
14.	G-133	*Blower* Nitrogen
15.	R-210	Reaktor
16.	G-211	*Blower* Reaktor
17.	E-212	*Cooler* Produk Reaktor
18.	L-213	Pompa dari Kondensor Menuju Distilasi
19.	D-310	Menara Distilasi
20.	E-311	*Reboiler*
21.	E-312	*Kondensor*
22.	F-313	Akumulator
23.	H-410	Separator
24.	E-411	Heater *Recycle* Amonia dan Hidrogen
25.	G-412	Blower *Recycle*
26.	L-413	Pompa Hasil Akhir Menuju Tangki
27.	F-420	Tangki Penyimpan Produk

TABEL NERACA MASSA

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CH3COCH3	5943,86			115,35	115,35	1,16	114,19	1,49	0,34	1,15		1,15
NH3		5200,63		3483,99				4512,13	1028,1	3484	3484	
H2			600,79	409,84				530,78	120,95	409,84	409,84	
H2O				1857,89	1857,89		1875,89					
C6H15N				2,04	2,04		2,04					
C9H21N				0,009	0,009		0,009					
C3H9N				5866,75	7580,7	7522,1	58,67	7522,07	1714	5808,08		5808,08

TABEL NERACA PANAS

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CH3COCH3	7969,10	87274,03	116508,14						2731,16	289,79	552,37	7,3	1081,83	2,594	1,13	0,197	0,937		
NH3				-43349	28793,62	68612,8			53383,67	4412,15				6582,75	2932,08	509,24	2422,83	2410,2	45734,41
H2							330,44	6604,31	5181,47	406,6				607,76	269,21	46,76	222,45	22,45	4550,22
H2O									28712,55	6462,66	11615,78		21001,58						
C6H15N									59,04	11,16	18,25		34,72						
C9H12N									0,375	0,08	0,14		0,267						
C3H9N									122772,81	1984,004	5714,71	14900,1	720,95	3205,23	1067,72	1185,44	882,28		

PRA-RANCANGAN PABRIK ISOPROPILAMIN DARI HIDROGENASI ASETON DAN AMONIA DENGAN KAPASITAS 46.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

Nikmahtus Naurin Qolby **201910401016**
Farell Akbar Ade Halim **201910401027**
Nawfal Bintang Darmawan **201910401102**

Dosen Pembimbing Utama :
Ir. Bekti Palupi, S. T., M. Eng.

Dosen Pembimbing Anggota :
Ir. Ditta Kharisma Yolanda Putri, S. T., M. T.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
JEMBER 2024

Gambar 1. *Flow Diagram Process*

- Sarana Transportasi

Transportasi perlu diperhatikan untuk kelancaran produksi isopropilamin setiap tahunnya. Transportasi yang digunakan menyesuaikan dengan lokasi dari bahan baku yang akan digunakan. Hal yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan transportasi antara lain jalan raya yang dapat dilalui mobil dan truk dan dekat dari pelabuhan. Pelabuhan terdekat dari pabrik yang didirikan yaitu Pelabuhan Merak. Pelabuhan tersebut terletak di Kecamatan Pulomerak, Kota Cilegon, Provinsi Banten.

- Ketersediaan Tenaga Kerja

Pendirian lokasi pabrik isopropilamin didirikan berdekatan dengan pemukiman warga. Keberadaan berbagai pabrik ini dapat mendukung ketersediaan tenaga kerja yang berpotensi memiliki pendidikan dan keterampilan yang sesuai, peraturan perburuhan, dan tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah. Ketersediaan tenaga kerja yang ada di kecamatan Cilegon, Jawa Barat, mengalami kenaikan setiap tahunnya khususnya lelaki/pria. Menurut data pada BPS sensus penduduk tahun 2020, data penduduk laki-laki dan perempuan pada kecamatan Cilegon, Jawa Barat mengalami kenaikan. Kenaikan yang dialami tidak begitu signifikan, namun terdapat kemungkinan bahwa semakin bertambahnya tahun, penduduk akan semakin pesat.

4. Analisis Ekonomi

Evaluasi ekonomi diperoleh:
– Laba perusahaan = Rp36.620.152.786,93
– Return on Invesment (ROI) = 64%
– Pay out time (POT) = 1,8 tahun
– Shut down point (SDP) = 55,87%
– Internal rate of return (IRR) = 35,87%%
– Break even point (BEP) = 58%

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lokasi pabrik Isopropilamin berada di Kecamatan Mekarsari, Kabupaten Cilegon, Provinsi Jawa Barat dengan total luas lahan seluas 33.665 m2 dengan lahan utama seluas 8800 m2 dan lahas perluasan 4880 m2;
2. Pabrik Isopropilamin ini memiliki kapasitas produksi sebesar 46.000 ton/tahun;
3. Bahan baku berupa aseton, ammonia, hydrogen, dan menggunakan katalis nikel yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan produksi pada pabrik ini.
4. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari;
5. Pabrik ini terdiri dari empat tahap proses, yaitu Pretreatment, reaksi, pemisahan, dan pemurnian. Jenis reaksi yang digunakan adalah hidrogenasi;
6. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini adalah perseroan terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 180 orang;
7. Berdasarkan evaluasi ekonomi pabrik isopropilamin dari hidrogenasi aseton dan ammonia dengan kapasitas 46.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik Kota Cilegon, 2024, “Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan”, data statistik daring, diakses tanggal: 30 Juni 2024. https://Cilegonkota.Bps.Go.Id/Indicator/12/37/1/Jumlah-Penduduk-Menurut-Kecamatan.html

Fauzi, R.N. dan Raja Willy H.K., 2019, “Pra Rancangan Pabrik Isopropilamin dari Hidrogenasi Aseton dan Amonia dengan Katalis Nikel Kapasitas 10.000 Ton/Tahun”, skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Geankoplis, C.J., 1993, “Transport Processes and Unit Operations”, edisi ke-3, Prentice Hall, New Jersey.

Kraus, A.D., 1996, “Process Heat Transfer”, dalam Process, Enhanced, and Multiphase Heat Transfer, hal. 82–103.

Kusnarjo, 2010, “Desain Pabrik Kimia”, ITS Press, Surabaya, hal. 214.

Perry, R.H., 1999, “Conversion Factors and Mathematical Symbols”, dalam Perry's Chemical Engineers' Handbook.

Shallcross, D., 2023, “Process Equipment Design”, dalam Chemical Engineering Explained: Basic Concepts for Novices, hal. 324–346.

Smith, J.M., 1950, “Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics”, Journal of Chemical Education, 27(10).

Venkatasubramanian, V., 2019, "The Promise of Artificial Intelligence in Chemical Engineering: Is It Here, Finally?", AIChE Journal, 65(2), hal. 466–478.

Vere Hodge, R.A., 2014, "Meeting Report: 27th International Conference on Antiviral Research, in Raleigh, NC, USA", Antiviral Research, 111, hal. 143–153.

Yaman, W., 2021, "Efikasi Herbisida Isopropilamina Glifosat 240 g L^{-1} terhadap Pertumbuhan Gulma di Perkebunan Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) Tanaman Menghasilkan", Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan, 9(2), hal. 189–198.

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