

PRARANCANGAN PABRIK AMIL ALKOHOL DARI PENTANA DAN KLOORIN DENGAN KAPASITAS 11.000 TON/TAHUN

Brainy Aprilla Putri^{1*}, M. Arya Pringgodani¹, Kholid Muayyanah¹, Zuhriah Mumtazah¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹, Bektu Palupi¹, Boy Arief Fachri¹

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

*Corresponding Author: brainy.aprillia@gmail.com

Abstrak

Indonesia sebagai negara berkembang wajib untuk meningkatkan pembangunan di segala bidang, terutama pada sektor industri, lebih khususnya yaitu industri kimia. Perkembangan industri kimia dapat dilihat dari bertambahnya 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 amil alkohol. Pabrik amil alkohol yang menggunakan bahan baku pentana dan klorin ini dirancang dengan kapasitas 11.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun. Kebutuhan bahan baku pentana sebanyak 10.280,2299 ton/tahun dan klorin sebanyak 10.280,2299 ton/tahun dengan persentase konversi reaksi sebesar 95%. Dalam rencana ini, amil alkohol diproduksi melalui proses klorinasi dan hidrolisis yang menghasilkan produk amil alkohol. Proses ini melibatkan reaksi klorinasi pentana dan klorin dalam fase gas dalam reaktor fixed bed multitube dengan katalis metal rachiig ring. Reaksi dilakukan pada tekanan 9,5 atm dan suhu 135°C secara eksotermis. Amil alkohol yang terbentuk dipisahkan menggunakan dekanter sehingga diperoleh kemurnian 99%. karyawan yang dibutuhkan sebanyak 179 orang. Hasil analisis ekonomi menunjukkan laba bersih penjualan sebesar Rp 67.231.926.185. Rate of Investment (RoI) 25,55%, Pay Out Time (POT) 3,4 tahun. Dengan demikian, Break Even Point (BEP) mencapai 44,15%. Berdasarkan evaluasi keekonomian, pabrik amil alkohol dengan kapasitas produksi 11.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata kunci: amil alkohol, reaksi klorinasi, reaktor fixed bed multitube.

1. Pendahuluan

Peningkatan hasil suatu produk barang maupun jasa di Indonesia dituntut untuk dijaga kualitas dan kuantitasnya, sehingga Indonesia mampu bersaing dengan negara maju lainnya dalam bidang perindustrian. Pendirian pabrik amil alkohol ini dapat menjadi alternatif untuk memenuhi kebutuhan produk yang belum tersedia sampai saat ini di Indonesia, akibatnya Indonesia harus mengimpornya dari luar negeri yang harganya semakin tahun semakin meningkat (Pradipta et al., 2021).

Amil alkohol (C₅H₁₂O) adalah senyawa kimia yang biasanya digunakan dalam proses produksi di industri seperti cat, kosmetik, farmasi, pembuatan amil asetat, dan penambangan minyak. Amil alkohol

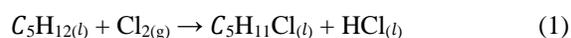
memiliki fungsi sebagai bahan untuk pembuatan pelumas, pelarut, dan agen pengekstraksi (Purwanti, 2016).

Pada proses klorinasi dengan pentana dilakukan dengan cara menguapkan pentana menggunakan HCl dan direaksikan dengan klorin pada perbandingan 1:15. Reaksi tersebut akan menghasilkan gas, lalu masuk ke furnace pada suhu 1200 °C dan keluar pada suhu 2600 °C. Selanjutnya difraksinasi supaya hasil reaksi yang tidak bereaksi di daur ulang sehingga dapat mengontrol konsentrasi klorin dan menghindari produk samping yang tidak diinginkan, kemudian didapatkan amil klorida pada proses destilasi.



Amil klorida diteruskan ke digester dengan NaOH menggunakan katalis asam oleate. Reaksi samping yang dihasilkan adalah amilene (C_5H_{10}). Kemudian, produk dialirkan ke kolom pemisah setelah melewati kondensor. Hasil distilasi didapatkan kemurnian amil alkohol sebesar 95%. Pada tahun 1971, USA memiliki kapasitas produksi amil alkohol sebesar 23.000.000 lb/tahun dan permintaan amil alkohol akan tetap meningkat setiap tahunnya karena kebutuhan di berbagai bidang, reaksi klorinasi ditunjukkan pada persamaan 1 berikut (Mcketta, 2001).

Reaksi Klorinasi:



Pabrik amil alkohol direncanakan didirikan untuk mengurangi kebutuhan impor sehingga dapat mengandalkan produksi dalam negeri. Selain untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri, diharapkan dapat melakukan ekspor amil alkohol ke luar negeri seperti Amerika Serikat, Cina, dan Taiwan.

Perkiraan kebutuhan amil alkohol 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:

$$\begin{aligned} m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ &= (0 + 108.355) - (0 + 0) \\ &= 108.355 \text{ ton/tahun} \\ &= 110.000 \text{ ton/tahun} \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan:

- m_1 : Nilai impor
- m_2 : Produksi pabrik di dalam negeri
- m_3 : Kapasitas pabrik baru
- m_4 : Jumlah ekspor
- m_5 : Konsumsi dalam negeri

Kapasitas pabrik amil alkohol yang direncanakan 10% dari hasil perhitungan kebutuhan teoritis yakni 11.000 ton/tahun.

Tabel 1 Perbandingan Proses Pembuatan Amil Alkohol

Parameter	Fuel Oil Process	Chlorination	Oxo Process
Aspek Teknis			
<i>Bahan Baku</i>	Bahan Bakar	Pentana Klorin	Pentana Klorin
<i>Katalis</i>	n.a	NaOH, HCl	NaOH, HCl
<i>Kondisi proses:</i>			
Konversi (%)	21,99	67	50
<i>Kondisi operasi:</i>			
- Suhu (°C)	20	135	160 – 180
- Tekanan (atm)	1	9,5	197

2. Deskripsi Proses

Terdapat beberapa jenis proses dalam pembuatan amil alkohol. Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa jenis proses yang dipilih untuk pembuatan amil alkohol pada pabrik ini adalah proses klorinasi. Hal tersebut dikarenakan mudahnya perolehan bahan baku klorin, harganya murah, dan efektif dalam penggunaannya. Selain itu, dalam prosesnya menghasilkan konversi yield yang lebih tinggi dari proses lain.

2.1 Uraian proses

Proses pembuatan amil alkohol dapat dibagi menjadi dua tahap metode yaitu klorinasi dan hidrolisis, berikut uraian proses amil alkohol:

2.1.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Pentana 99% disimpan di dalam Tangki pentana (F-111) dalam keadaan cair pada suhu 30°C pada tekanan 1 atm. Gas pentana kemudian dialirkan



menuju reaktor klorinasi (R-110) menggunakan pompa (L-112) untuk menambah tekanan menjadi 9,5 atm. Sebelum dimasukkan ke reaktor klorinasi (R-110), gas pentana dinaikkan suhunya terlebih dahulu menggunakan Heat Exchanger (E-114) menjadi 120°C. Selanjutnya yaitu menyiapkan klorin (Cl₂) dengan kemurnian 99% yang disimpan dalam Tangki klorin (F-115) pada fase gas suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Gas klorin diumpankan menuju reaktor klorinasi (R-110) menggunakan bantuan blower (G-116) dan Heat Exchanger (E-118) untuk menaikkan suhu klorin menjadi 120°C. Bahan baku Natrium Hidroksida (NaOH) dengan kemurnian 50% disimpan pada Tangki Penyimpanan (F-311) dengan fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Cairan NaOH ini dialirkan menuju reaktor hidrolisis (R-310) dengan menggunakan pompa (L-312).

2.1.2 Proses Klorinasi

Gas pentana dan gas klorin yang diumpankan ke dalam reaktor klorinasi (R-110) pada suhu 120°C dan tekanan 9,5 atm berlangsung secara eksotermis dan bersifat spontan. Jenis reaktor yang digunakan yaitu Reaktor *Fixed Bed Multitube* yang dilengkapi dengan jaket pendingin sebagai penstabil suhu reaktor. Hasil keluaran reaktor klorinasi (R-110) berupa amil klorida dialirkan menuju cooler (E-211) untuk diturunkan suhunya menjadi 50,5°C dan diturunkan tekanannya menjadi 2 atm. Selanjutnya hasil keluaran cooler (E-211) dialirkan menuju separator (H-210) untuk dipisahkan fase cair dan gas. Fase gas selanjutnya diumpankan menuju UPL dengan bantuan blower sedangkan fase cair akan diumpankan menuju reaktor hidrolisis (R-310)

2.1.3 Proses Pemisahan

Hasil keluaran separator (H-210) berupa fase cair diumpankan menuju reaktor hidrolisis (R-310) menggunakan bantuan katup. Selanjutnya direaksikan dengan NaOH 50%. Reaktor yang digunakan yaitu Reaktor CSTR dengan suhu 90°C dan tekanan 1 atm serta dilengkapi dengan jaket pendingin sebagai penstabil suhu reaktor.

Proses pemisahan dilakukan oleh Decanter (X-320) dari reaktor hidrolisis (R-310) berupa amil alkohol dengan bantuan pompa (L-314). Dipilihnya decanter karena amil alkohol tidak larut dalam NaCl dan NaOH. Dalam decanter terjadi proses pemisahan berdasarkan densitas. Densitas rendah akan dialirkan ke tangki penyimpanan amil alkohol dengan kemurnian 95% dengan bantuan pompa (L-322)

sedangkan untuk densitas tinggi dialirkan ke UPL dengan bantuan pompa (L-321).

Diagram alir prosespraprancangan pabrik amil alkohol dari pentana dan klorin 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 Amil Alkohol ini memiliki beberapa unit yang sangat diperlukan untuk membantu proses produksi agar berjalan sesuai dengan yang diinginkan, diantaranya:

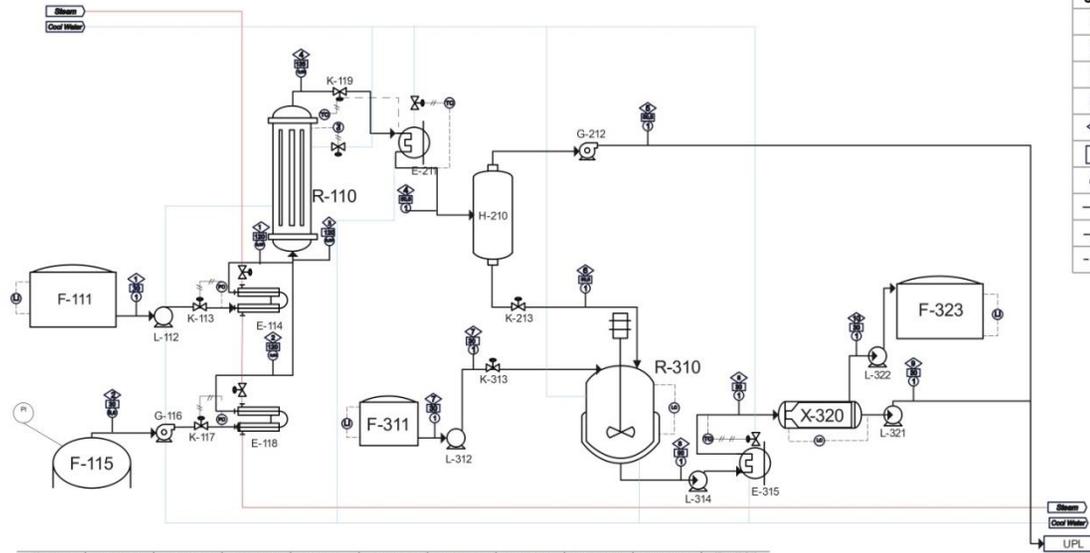
- Unit Pengolahan Air
- Unit Pengadaan *Steam*
- Unit Pengadaan Tenaga Listrik
- Unit Bahan Bakar
- Unit Pengolahan Limbah

Air pendingin disediakan 20% berlebih karena diperhitungkan faktor keamanan dan kebocoran saat pengaliran air, oleh sebab itu total air yang dibutuhkan menjadi 99346,2157kg/jam, steam sebesar 176,7922 kg/jam dan unit listrik sebesar 79,66 kW/jam, namun diperhitungkan power keamanan 20% berlebih sehingga total kebutuhan listrik menjadi 887,0474 kW/jam. Bahan bakar yang digunakan terdapat dua jenis yaitu High Speed Diesel yang berfungsi sebagai pemanas boiler untuk unit pengadaaan steam, massa High Speed Diesel yang dibutuhkan sebanyak 109,42 kg/jam dan diesel fuel sebagai pemutar genset untuk kebutuhan listrik sekunder, massa diesel fuel yang dibutuhkan sebesar 109,42 liter/jam.

Limbah yang terdapat pada pabrik amil alkohol yaitu limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan dari dekanter (X-320). Pengolahan pada pabrik amil alkohol 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



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK AMIL ALKOHOL DARI PENTANA DAN KLORIN
DENGAN KAPASITAS 11.000 TON/TAHUN



Simbol	Keterangan	Kode Alat	Keterangan
(LI)	Level Indikator	F-111	Tangki Pentana
(PC)	Pressure Control	L-112	Pompa
(TC)	Temperature Control	K-113	Katup
(LC)	Level Control	E-114	Penyular Panas
◇	Arus	F-115	Tangki Klorin
□	Suhu	G-116	Blower
○	Tekanan	K-117	Katup
—	Pipping	E-118	Penyular Panas
≡	Ukara tekanan	R-110	Reaktor Klorinasi
---	Electric Connection	K-119	Katup
		E-211	Pendingin
		H-210	Separator
		K-213	Katup
		G-212	Blower
		R-310	Reaktor CSTR
		F-311	Tangki NaOH
		L-312	Pompa
		K-313	Katup
		L-314	Pompa
		E-315	Pendingin
		X-320	Dekanter
		L-321	Pompa
		L-322	Pompa
		F-323	Tangki Amil Alkohol

Komponen	Aliran 1 (kg)	Aliran 2 (kg)	Aliran 3 (kg)	Aliran 4 (kg)	Aliran 5 (kg)	Aliran 6 (kg)	Aliran 7 (kg)	Aliran 8 (kg)	Aliran 9 (kg)	Aliran 10 (kg)
Cl ₂		1286,0287		81,21	71,24	9,9711		9,9711	9,9711	
C ₅ H ₁₂	1286,0287		1286,0287	84,26	28,89	36,869		36,869	36,869	
H ₂ O	12,8801		12,8801	0,11	12,889		891,28711	804,23359	890,345	13,889
C ₅ H ₁₁ Cl				1898,7	23,00	1792,7		89,1397	89,1397	
HCl				918,87	602,89	16,204		16,2041	16,2041	
NaOH							891,28711	228,2743	228,2743	
C ₅ H ₁₁ OH								1588,1095	24,4143	1374,69
NaCl								890,2889	890,2889	
O ₂		12,8801	12,8801	12,8801	12,84	0,0405		0,0405	0,0405	

Nama Energi	Nama Alat dan Kode														
	Heater	E-114	Heater	E-118	Milling Point	Reaktor	R-110	Cooler	E-211	Separator	H-210	CSTR	R-310	Cooler	E-315
Pemua Mamb	24984243,821		83216794,74		29540870,2		234320309,174		33748994,769		28988974,102		276837037,182		844287823,289
Pemua Kobar	24984243,821		83216794,741		29540870,2		234320309,174		33748994,769		28988974,102		276837037,182		844287823,289

PRA-RANCANGAN PABRIK AMIL ALKOHOL DAN KLORIN KAPASITAS 11.000 TON/TAHUN DENGAN PROSES KLORINASI PENTANA

Disusun Oleh :

Dratny Aprilia Putri	201910401011
Muhammad Ayo Pringgodani	201910401024
Kholid Muayyannah	201910401087

Dosen Pembimbing Utama :

Zuhriah Mardiana, S.Si., M.Sc.

Dosen Pembimbing Anggota :

I. Dilla Kharisma Yolanda Putri, S.T., M.T.

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

Gambar 1. Flow Diagram Process

yang mengolah limbah dari pabrik amil alkohol ini adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Mikalindo Bakti Cemerlang.

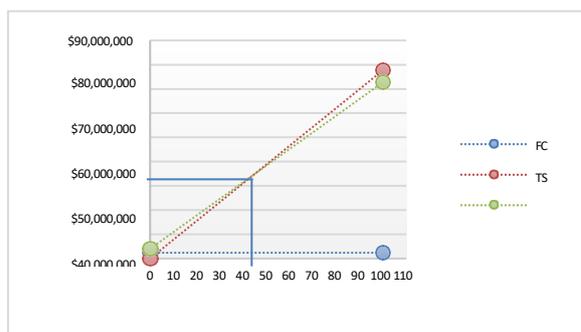
4. Analisis Ekonomi

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 amil alkohol terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Kelayakan Ekonomi

No	Parameter	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1.	ACF	26,24%	Layak
2.	POT	3,4	Layak
3.	NPOTLP	\$ 22.065.747,81	Layak
4.	TCS	\$ 24.517.496,81	Layak
5.	ROR	25,55 %	Layak
6.	DCF-ROR	21,88%	Layak
7.	BEP	44,15%	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 44,15% dimana nilai tersebut telah memenuhi syarat sehingga Pabrik Amil Alkohol dari Pentana dan Klorin 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 Amil Alkohol memiliki kapasitas produksi sebesar 11.000 ton/tahun dengan proses yang digunakan yaitu klorinasi dan hidrolisis. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi Line and Staff. Pembangunan Pabrik

Amil Alkohol dari Pentana dan Klorin direncanakan berdiri pada tahun 2027 Di Kawasan Industri Cilincing, Jakarta Utara. Pabrik beroperasi kontinu 24 jam selama 330 hari/tahun dengan kebutuhan tenaga kerja untuk mengoperasikan pabrik ini sebanyak 179 karyawan. Evaluasi ekonomi diperoleh waktu pengembalian modal selama 3,4 tahun dan BEP sebesar 44,15%. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa Pabrik Amil Alkohol dengan kapasitas 11.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

B. Pradipta, Q., Hirawan, F.B. & Ragamustari, S.K., 2021, "Evaluation of policy in the vocational education system revitalization in Indonesia: Examining the teaching factory readiness of the industry", *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 11(1), hal. 68–77. Available at: <https://doi.org/10.21831/jpv.v11i1.37693>.

Brownell, L. E., & Young. E. H., 1959, "Process Equipment Design.", John Willey And Sons.

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.

Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", International Student Edition, Mc Graw Hill, New York.

Kusnarjo., 2010, "Perancangan Pabrik Kimia.", ITS Press

Ludwig, E. E., 1997, "Applied Process Design (3rd ed, Vol. 1).", Gulf Professional Publishing.

Mcketta, J.J., 2001, "Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Volume 69 (Supplement 1), Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Volume 69 (Supplement 1).". Available at: <https://doi.org/10.1201/9781482276152>.





- Papa, A.J. (2003) 'Amyl Alcohols', Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 2. Available at: <https://doi.org/10.1002/0471238961.0113251216011601.a01.pub2>.
- 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."
- Purwanti, A., 2016, "Pemisahan Amil Alkohol Dari Limbah Cair Lutter Washer", Teknoin, 22(1). Available at: <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol22.iss1.art3>.
- 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.

