

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang menggalakkan pembangunan, termasuk di bidang industri. Seiring dengan perkembangan zaman, perkembangan industri di Indonesia saat ini mengalami peningkatan di segala bidang. Peningkatan yang pesat baik secara kualitatif dan kuantitatif juga terjadi dalam industri kimia, dikarenakan kebutuhan akan bahan-bahan kimia di Indonesia akan semakin besar. Namun, kebutuhan berbagai bahan kimia masih sering mengandalkan impor dari luar negeri terutama China. Salah satu komoditi bahan kimia yang masih banyak di impor oleh Indonesia adalah amil alkohol.

Amil Alkohol ($C_5H_{11}OH$) merupakan bahan kimia yang banyak dibutuhkan untuk berbagai proses industri diantaranya sebagai pelarut, *extracting agent*, dan bahan aditif dalam pembuatan pelumas. Selain itu, amil alkohol juga banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetik, cat, penambangan minyak, dan pembuatan Amil Asetat. Keunggulan dari amil alkohol adalah sifatnya yang tidak berbahaya bagi lingkungan atau dikenal dengan istilah *non hazardous air pollutant*.

Tujuan dari pendirian pabrik Amil Alkohol ini terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam mendirikan pabrik Amil Alkohol, antara lain :

1. Amil Alkohol merupakan kebutuhan yang masih diperkirakan akan semakin terus meningkat setiap tahunnya, mengingat banyak industri yang membutuhkan pelarut organik dalam prosesnya. Selama ini kebutuhan akan amil alkohol selalu dipenuhi melalui kegiatan impor.
2. Pendirian pabrik amil alkohol di Indonesia selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri juga akan diproyeksikan untuk ekspor. Dengan didirikannya pabrik amil alkohol ini diharapkan mampu memberikan keuntungan untuk mengurangi ketergantungan impor,

membantu pabrik-pabrik di Indonesia yang menggunakan bahan baku amil alkohol.

3. Menambah devisa negara.
4. Mengembangkan penguasaan teknologi dan membuka lapangan pekerjaan baru bagi penduduk, sehingga menurunkan angka pengangguran.

Berdasarkan pertimbangan diatas dan dengan melihat kebutuhan dan peluang pasar, maka pendirian pabrik amil alkohol di Indonesia dipandang cukup strategis.

Adapaun syarat – syarat untul didirikannya pabrik amil alkohol adalah sebagai berikut:

1.1.1 Prospek Pasar dan Kapasitas

1.1.1.1.Data Ekspor dan Impor

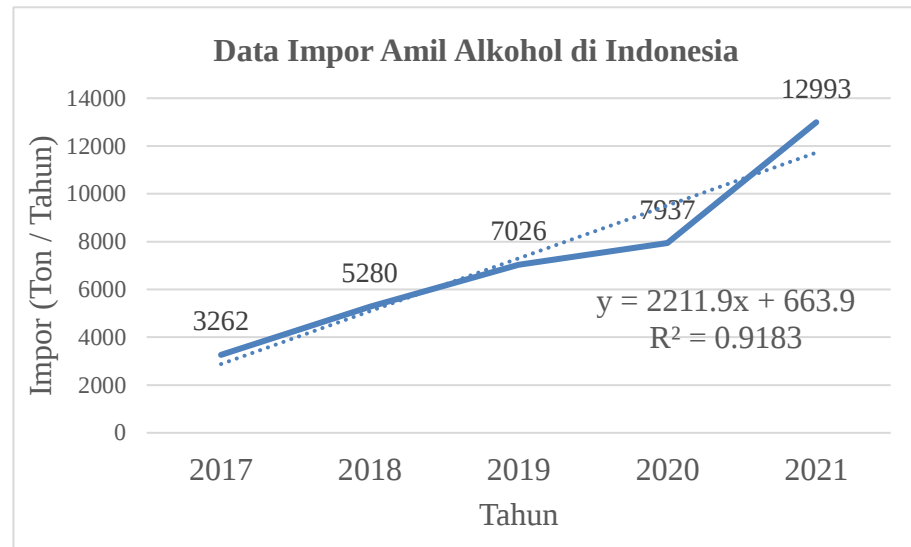
Kebutuhan amil alkohol di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan seiring degan perkembangan industri di Indonesia. Jumlah kebutuhan amil alkohol di Indonesia pada tahun 2017 - 2021, dapat di lihat di tabel data impor amil alkohol yang kami ambil dari data BPS, sebagai berikut:

Tabel 1.1 Data Impor Amil Alkohol di Indonesia.

No	Tahun	Impor (Ton / Tahun)
1	2017	3.262,000
2	2018	5.280,000
3	2019	7.026,000
4	2020	7.937,000
5	2021	12.993,000

(Sumber : Badan Pusat Statistik)

Dari tabel data impor tahun 2017 - 2021 diatas dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



Gambar 1.1 Grafik Impor Amil Alkohol di Indonesia
Dengan menggunakan persamaan garis lurus pada grafik

$$Y = ax + b$$

Diperoleh persamaan garis lurus

$$Y = 2211.9x + 663.9 \text{ ton/ tahun}$$

Dari persamaan di atas di ketahui bahwa kebutuhan impor pada tahun 2026 adalah:

$$Y = 2211.9x + 663.9$$

$$Y = 2211.9(10) + 663.9$$

$$Y = 22.782,9 \text{ Ton/ Tahun}$$

Berdasarkan Data Kebutuhan tersebut, dengan perkiraan kebutuhan impor di tahun 2026 (10) sekitar 22.782,9 ton /tahun.

1.1.2 Sasaran Pasar

Amil Alkohol merupakan bahan yang biasanya digunakan sebagai pelarut aktif beberapa resin. Oleh karena kegunaannya yang banyak, maka amil alkohol dibutuhkan di berbagai sektor industri. Pendirian pabrik amil alkohol ini untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri salah satunya adalah PT. Sulfindo Adihusada yang memproduksi amil asetat dengan bahan baku utama amil alkohol.

Berikut beberapa industri di Indonesia yang membutuhkan amil alkohol dalam proses pembuatannya:

Tabel 1.2 Kebutuhan Amil Alkohol di Indonesia

No	Macam Industri	Fungsi
1	Industri Cat	Pelarut
2	Kosmetik	Pelarut
3	Pelumas	Pelarut
4	Thinner	Pelarut
5	Industri Amil Asetat	Bahan Baku

Tabel 1.3 Data Perusahaan Konsumen

Industri	Produksi	Lokasi	Kapasitas
PT. Dystar Colours Indonesia	Zat pewarna tekstil	Cilegon	1.100 Ton
PT Mitsubishi Chemical Indonesia	Resin	Cilegon	5.800 Ton
PT. Indo Acidatama Chemical Industri	Industri Amil Asetat	Karanganyar	10.000 Ton
PT. Cakra Elok Kosmetik	Kosmetik	Cilegon	5.000 Ton

1.1.3 Prediksi Kapasitas

Dalam penentuan kapasitas produksi pabrik amil alkohol di Indonesia juga harus mempertimbangkan kapasitas produksi amil alkohol pada industri produsen amil alkohol di luar negeri sebagai dasar untuk menentukan kapasitas produksi minimal pabrik amil alkohol di Indonesia. Salah satu industri produsen amil alkohol yang terdapat di luar negeri salah satunya yaitu di negara China. Untuk data produsen amil alkohol dari China dapat dilihat pada tabel 1.4 seperti dibawah.

Tabel 1.4 Produsen Amil Alkohol dari China

Nama Industri	Kapasitas (Ton /Tahun)
Beijing Huamaoyvan Fragrance Flavor Co.,Ltd	6.000
Zhengzhou Yibang Industri Co.,Ltd	8.000
Shandong Dianmei International Trade Co., Ltd	12.000
Jiangsu Hengxing New Material Technology	25.000

Dari data analisis yang telah dilakukan didapatkan data produsen amil alkohol yang berada diluar negeri pada range 6.000 – 25.000 ton per tahun. Data tersebut juga dapat dijadikan acuan dalam menentukan kapasitas produksi.

Perhitungan kapasitas produksi amil alkohol yang di tinjau dengan dua pertimbangan. Pertimbangan pertama hasil dari grafik linier pada Tabel 1.1 di peroleh perkiraan kapasitas produksi amil alkohol sebesar 22.782,90 ton/tahun. Pertimbangan ke dua adalah dari data kapasitas produsen yang berada di luar negeri disajikan pada tabel 1.4, dari data tersebut produsen yang paling kecil adalah Beijing Huamaoyvan Fragrance Flavor Co.,Ltd dan yang paling besar yaitu Jiangsu Hengxing New Material Technology.

Dari dua pertimbangan tersebut, dapat diperkirakan kapasitas produksi amil alkohol yang akan didirikan sebesar 30.000 ton/tahun yang mana sebanyak 22.782,90 ton/tahun digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya akan di ekspor ke luar negeri untuk mendukung pemerintah dalam menambah pendapatan negara.

1.1.4 Lokasi Pabrik

Lokasi pendirian pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi jangka panjang. Pabrik amil alkohol ini direncanakan didirikan di Cilegon, Provinsi Banten. Adapun dasar pertimbangan pemilihan lokasi tersebut dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1.2 Lokasi di Kawasan Industri Asahimas Chemical

1.1.5 Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku meliputi amil klorida masih bergantung pada impor luar negeri, dan kebutuhan natrium hidroksida dipasok produsen perusahaan di Indonesia. Adapun data perusahaan penyedia bahan baku NaOH dan Amil Klorida disajikan pada tabel 1.5 dan 1.6 seperti dibawah.

Tabel 1.5 Perusahaan Penyedia Bahan Baku Natrium Hidroksida

Pabrik	Kapasitas (Ton / Tahun)	Lokasi
PT. Asahimas Subentra Chemical	700.000	Cilegon
PT. Sulfindo Adiusaha	320.000	Banten

Tabel 1.6 Negara Produsen Amil Klorida

Negara	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton / Tahun)
China	Shanghai Hanwish Industrial Co.,Ltd.,	20.000
China	Yancheng Huaye Pharmaceutical & Chemical Co., Ltd	10.000
China	Yancheng Huaye Pharmaceutical & Chemical Co., Ltd	8.000
China	Ningbo Inno Pharmchem	30.000
Amerika Serikat	Merckmillipore	10.000
Total		78.000

Bahan baku Natrium Hidroksida diperoleh dari PT. Asahimas Subentra Chemical yang berada di Cilegon. Sedangkan bahan baku Amil Klorida ($C_5H_{11}Cl$) dan katalis di impor dari perusahaan di China yaitu Ningbo Inno Pharmchem, dan untuk katalis natrium oleat juga akan diimpor dari Hebei Zhuanglai Chemical Trading Co., Ltd.

1.1.6 Sarana Penunjang

Tersedianya sarana penunjang seperti transportasi dari dan ke lokasi pabrik haruslah lancar dan memadai. Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalur darat maupun laut. Kendaraan besar atau kecil dapat melalui jalan raya yang cukup lancar. Adanya dua pelabuhan besar yang dekat dengan lokasi perencanaan pembangunan yakni Pelabuhan Merak dan Tanjung priok, bandara internasional Soekarno-Hatta cukup memadai untuk pengangkutan udara, serta jalan tol yang juga mempermudah distribusi melalui jalur darat sehingga dapat mengangkut bahan baku maupun produk.

1.1.7 Penyediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan berbanding lurus dengan kemajuan produksi pabrik untuk tenaga kerja ahli dan berkualitas dapat mengambil dari lulusan Universitas / Institut di seluruh Indonesia. Untuk tenaga kerja non ahli (operator) dapat mengambil dari non formal (dari daerah sekitar), sehingga tenaga kerja mudah didapatkan.

1.1.8 Penyediaan Utilitas

Utilitas pada pabrik Amil Alkohol ini meliputi penyediaan air, penyediaan listrik serta penyedia udara tekan. Penyedia air di *suplay* dari sungai cidanau dan danau krenceng yang berada didekat lokasi pabrik dan penyedia listrik di *suplay* dari PT. PLN.

1.1.9 Penyediaan Bahan Bakar dan Energi

Di Cilegon, Banten terdapat kawasan industri, dimana terdapat beberapa perusahaan atau industri besar seperti PT. Pertamina sehingga penyediaan bahan bakar dapat terpenuhi.

1.1.10 Iklim

Daerah Cilegon, Banten merupakan suatu daerah yang terletak didaerah kawasan industri dan lumayan dekat dengan pesisir pantai yang memiliki daerah alam yang sangat menunjang. Daerah Cilegon dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan industri.

1.2. Tinjauan Pustaka

Amil Alkohol merupakan senyawa dengan rumus molekul $C_5H_{11}OH$. Amil alkohol merupakan bahan kimia yang banyak dibutuhkan untuk berbagai proses industri. Selain itu, amil alkohol juga banyak digunakan-

dalam industri farmasi, kosmetik, cat, penambangan minyak, dan pembuatan Amil Asetat.

Berdasarkan penggunaan utama Amil Alkohol yang telah dijelaskan, terdapat kegunaan lain dari Amil Alkohol antara lain:

1. Bahan baku pembuatan amil asetat

Merupakan salah satu kegunaan amil alkohol adalah sebagai pembuatan amil asetat, hal ini sesuai dengan kapasitas produksi amil asetat dalam negeri. Pabrik dalam negeri adalah PT Sulfindo Adiusaha dengan kapasitas 700.000 ton/ tahun.

2. Industri Pertanian

Selain digunakan untuk bahan baku, amil alkohol digunakan sebagai pelarut untuk proses ekstraksi lemak dari biji-bijian.

3. Industri Cat

Selain itu, amil alkohol digunakan sebagai pelarut dalam pembuatan cat, pelapis serta tinta.

4. Industri Farmasi

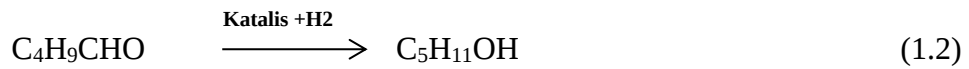
Amil alkohol digunakan dalam formulasi farmasi untuk pelarut dalam produksi obat.

1.3. Pemilihan Proses

Amil Alkohol dapat diproduksi dengan beberapa proses. Untuk menentukan proses apa yang paling menguntungkan, harus ditinjau dari beberapa pembuatan amil alkohol. Berikut beberapa cara untuk memproduksi amil alkohol adalah:

1.3.1 Proses Oxo

Proses ini dimulai dari pembuatan aldehid dengan cara mereaksikan olefin dengan karbon monoksida dan hidrogen dengan katalis tertentu. Olefin bereaksi dengan karbon monoksida dan hidrogen pada tekanan 55 atm dan suhu 200 °C. Kemudian aldehid dihidrogenasi sehingga didapat campuran alcohol (Kirk & Othmer,1999).



Katalis yang umumnya digunakan reaksi hidrogenasi valeraldehid adalah cobalt pada tekanan 0,3 – 24 MPa dan suhu 50 – 250 °C. Konversi butena pada proses ini dapat mencapai 95 %. Namun, selisih harga bahan baku dengan produk yang dihasilkan tidak terlampau jauh, sehingga prospek keuntungan di masa akan datang kurang menjanjikan. Pada proses ini, digunakan suhu dan tekanan tinggi serta reaktan yang sifatnya korosif. Hal ini menyebabkan proses ini membutuhkan spesifikasi alat yang lebih tinggi dan lebih mahal (Kirk & Othmer, 1999).

1.3.2 Proses Hidrolisis Amil Klorida dengan Katalis Oleat

Pada proses ini dilakukan dengan dua tahap yaitu proses klorinasi pentan menjadi bahan setengah jadi yaitu amil klorida pada suhu 250°C - 300°C, selanjutnya diteruskan dengan proses hidrolisis amil klorida pada suhu 90°C - 180°C dengan menggunakan larutan Natrium Hidroksida menjadi Amil Alkohol Dan Natrium Klorida.

Awal proses klorinasi

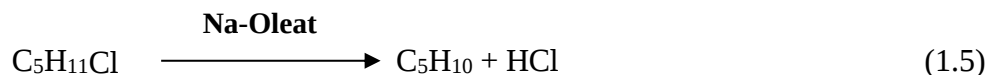


Selanjutnya Amil Klorida yang terbentuk dihidrolisis dengan larutan NaOH.

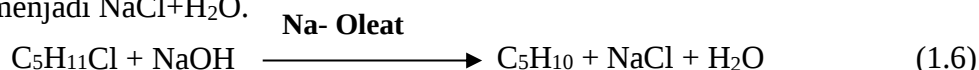


Sodium Oleat pada reaksi ini berfungsi sebagai katalis dan zat pengemulsi untuk mendispersikan C₅H₁₁Cl dari larutan NaOH.

Selain reaksi utama, terjadi reaksi samping berupa dekomposisi Amil Klorida menjadi Amilen (C_5H_{10}) sebagai berikut:



Kemudian HCl yang terbentuk, akan bereaksi dengan NaOH sisa menjadi $NaCl + H_2O$.



1.3.3 Proses Fermentasi

Amil Alkohol diperoleh dari minyak *fusel* yang merupakan hasil samping dari fermentasi karbohidrat menjadi alkohol. Produk Amil Alkohol dari *fusel oil* menghasilkan 50 % *isoamyl* dan 15 % *2-methyl-1-butanol*.

Untuk saat ini jumlah produksi Amil Alkohol dari *fusel oil* kurang dari 10 %. Bakteri yang digunakan dalam proses ini adalah *Clostridium Acetobutylum* dan *Butribacterium Methylothropichum*. Reaksi yang terjadi adalah :



Keuntungan proses ini adalah bahan baku relatif murah dan mudah didapat, lahan yang dibutuhkan relatif kecil, dan prosesnya sederhana. Namun, karena komposisi minyak *fusel* sangat bergantung pada bahan baku, kondisi operasi fermentasi, dan proses pemurnian alkohol, maka sulit untuk menjaga konsistensi produk yang dihasilkan. Tabel perbandingan kelebihan dan kekurangan ditampilkan pada tabel 1.7.

Tabel 1.7 Tabel Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan

Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
Hidrolisis	• Proses sederhana • Kondisi operasi tidak ekstrim • Bahan baku NaOH dapat disuplai dari pabrik Indonesia	• Bahan baku amil khlorida & katalis natrium oleat harus di impor
Proses Oxo	• Konversi besar	• Kondisi operasi ekstrim (tekanan dan suhu) tinggi diantara proses yang lain • Bahan yang digunakan korosif • Biaya proses yang mahal
Proses Fermentasi	• Bahan baku relatif murahserta mudah didapat • Lahan yang dibutuhkanrelatif kecil • Prosesnya sederhana	• Sulit menjaga konsistensi produk yang dihasilkan • Kemurniannya sangat rendah • Konversi kecil

Tabel 1.8 Perbandingan Tinjauan Proses

Tinjauan	Hidrolisis	Proses Oxo	Fermentasi
Reaksi	Cair-cair	Cair-gas	Cair- cair
Bahan Baku	Amil Klorida dan Natrium Hidroksida	Olefin, H ₂ dan CO	Fusel Oils (Fermentasi), Karbohidrat dan Bakteri
Katalis	Natrium Oleat	Cobalt	-
Tekanan	1 - 10 Atm	50 Atm	1 Atm
Suhu	90 - 180°C	200 °C	20 - 35 °C
Konversi	90%	95 %	60 %

Dari tabel 1.8 menunjukkan bahwa dari ketiga proses diatas, proses hidrolisis Amil Klorida dianggap pilihan yang paling tepat, aman serta prosesnya yang tidak memerlukan tekanan dan suhu yang tinggi, sehingga alat – alat proses yang digunakan akan lebih ekonomis, selain itu konversi yang dihasilkan tinggi. Sehingga proses hidrolisis adalah pilihan yang tepat sebagai proses pembuatan Amil Alkohol.

1.4 Tinjauan Termodinamika

a. Energi Bebas Gibbs (ΔG^0)

Energi gibbs (ΔG^0) digunakan untuk menentukan reaksi bisa berlangsung secara spontan atau tidak. Persamaan energi gibbs terdapat pada Persamaan

$$\Delta G^0_r = (\Delta G^0_{f \text{ produk}} - \Delta G^0_{f \text{ reaktan}})$$

Tabel 1. 9 Harga ΔG^0_f

Komponen	ΔG^0_f (kJ/mol)	Referensi
$C_5H_{11}Cl$ (aq)	-37,40	Speight, J. G., 2017
NaOH (aq)	-419,15	Perry and Green, 1997
$C_5H_{11}OH$ (aq)	-146,10	Speight, J. G., 2017
NaCl(aq)	-392,96	Perry and Green, 1997

$$\begin{aligned} \Delta g^0_f 298,15K &: \Delta G^0_f \text{ produk} - \Delta G^0_f \text{ reaktan} \\ &: (\Delta G^0_f C_5H_{11}OH + \Delta G^0_f NaCl) - (\Delta G^0_f C_5H_{11}Cl + \Delta G^0_f NaOH) \\ &: ((-538,66) - (-456,55)) \text{ kJ/mol} \\ &: -82,11 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Hasil menunjukkan nilai ΔG^0_f 298,15 K negatif, yang artinya bahwa reaksi pembuatan amil alkohol dapat berlangsung secara spontan.

b. Panas Reaksi (ΔH^0_r)

Panas reaksi (ΔH^0_r) berfungsi untuk mengetahui jenis reaksi bersifat eksotermis atau endotermis dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH^0_f) pada suhu 298,15 K dan tekanan 1 bar. Perhitungan panas reaksi (ΔH^0_r) dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Harga ΔH°_r

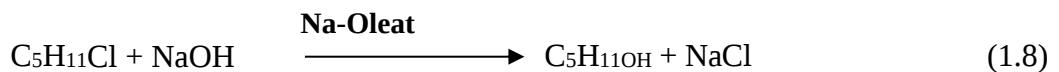
Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)	Referensi
$C_5H_{11}Cl$ (aq)	-174,89	Yaws, 1999
$NaOH$ (aq)	-425,60	Yaws, 1999
$C_5H_{11}OH$ (aq)	-300,16	Yaws, 1999
$NaCl$ (aq)	-411,20	Yaws, 1999

$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_r \text{ 298,15K} &= \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H^{\circ}_f \text{ C}_5\text{H}_{11}\text{OH} + \Delta H^{\circ}_f \text{ NaCl}) - (\Delta H^{\circ}_f \text{ C}_5\text{H}_{11}\text{Cl} + \Delta H^{\circ}_f \text{ NaOH}) \\
 &= ((-711,36) - (-600,49)) \text{ kJ/mol} \\
 &= -110,87 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Karena $\Delta H^{\circ}_r \text{ 298,15K}$ negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

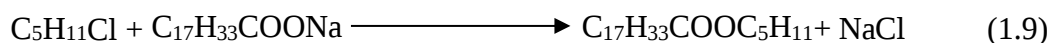
1.5 Tinjauan Kinetika

Reaksi sintesis Amil Alkohol dari Amil Klorida dan larutan Natrium Hidroksida merupakan reaksi yang bersifat eksotermis. Berdasarkan percobaan yang dilakukan (Ayres, 1929) dengan mereaksikan Amil Klorida dan larutan Natrium Hidroksida, pada suhu 180°C. Reaksi utama dari sintesis Amil Alkohol dapat dilihat pada Persamaan 1.8

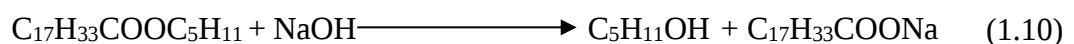


Reaksi utama di atas terdiri dari 2 tahapan reaksi yaitu reaksi 1a dan reaksi 1b.

Reaksi 1a:



Reaksi 1b:



Amil oleat merupakan senyawa yang sangat reaktif sehingga sedikit saja penambahan larutan natrium hidroksida yang merupakan basa kuat menyebabkan reaksi menjadi spontan. Reaksi 1 memiliki laju reaksi orde 1 terhadap amil klorida (Ayres, 1929)

Persamaan laju reaksi 1 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$-r_a = k_1 C_a \quad (1.11)$$

Dengan, $-r_a$: laju reaksi amil klorida, $\text{mol}/(\text{m}^3 \cdot \text{menit})$

k_1 : konstanta laju reaksi 1, $1/\text{menit}$

C_a : konsentrasi amil klorida, mol/m^3

Nilai k_1 adalah fungsi terhadap suhu reaksi yang dapat dicari dengan menggunakan pers. Arrhenius :

$$k_1 = A_1 \exp - \frac{E_1}{RT} \quad (1.12)$$

Berdasarkan percobaan yang dilakukan Ayres (1929) didapatkan nilai laju reaksi meningkat dua kali setiap kenaikan suhu sebesar 10°C . Adapun data kinetika reaksi 1 pada penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 1.11

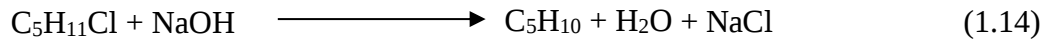
Tabel 1. 11 Data Kinetika Reaksi 1

Data Kinetika	Nilai	Satuan
Tetapan gas (R)	8,314	J/(mol.K)
E_1/R	14155	K
Energi aktivasi (E_1)	117.684,67	J/mol
Faktor Tumbukan (A_1)	$1,167 \times 10^{12}$	1/menit

Diperoleh persamaan sebagai berikut, dengan T dan k_1 dalam satuan menit^{-1} seperti berikut:

$$k_1 = 1,167 \times 10^{12} \exp - \frac{14155}{T} \quad (1.13)$$

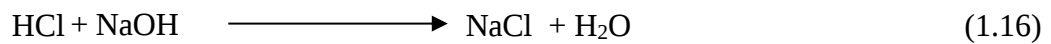
Reaksi dari $C_5H_{11}OH$ dari $C_5H_{11}Cl + NaOH$ menghasilkan reaksi samping yaitu dekomposisi amil klorida menjadi amilen dan juga pembentukan garam $NaCl$ karena ikut bereaksi dengan $NaOH$ (Ayres, 1929).



Reaksi 2a:



Reaksi 2b:



Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Ayres (1929) laju dekomposisi amil klorida menjadi amilen pada suhu $180^\circ C$ sebesar 0,0008 per menit. Laju dekomposisi meningkat 2 kali setiap kenaikan suhu $10^\circ C$.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya diperoleh data kinetika laju reaksi 2 seperti tabel 1.12 seperti dibawah.

Tabel 1. 12 Data Kinetika Reaksi 2

Data Kinetika	Nilai	Satuan
Tetapan gas (R)	8,314	J/(mol.K)
E_2/R	14155	K
Energi aktivasi (E_2)	117.684,67	J/mol
Faktor Tumbukan (A_2)	$3,16182 \times 10^{10}$	1/menit

Diperoleh persamaan sebagai berikut, dengan T dan k_1 dalam satuan menit⁻¹.

$$K_2 = 3,16182 \times 10^{10} \exp \left(-\frac{14155}{T} \right) \quad (1.17)$$