

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Dewasa ini Indonesia sebagai negara berkembang, belum seluruhnya menghasilkan dan memenuhi produk sendiri. Terutama kebutuhan dalam sektor industri kimia, banyak bahan-bahan kimia yang masih diimpor dari berbagai negara. Dalam rangka mendukung pembangunan nasional khususnya dalam sektor industri kimia maka perlu didirikan pabrik hulu yang dapat memberikan manfaat dalam perkembangan industri di Indonesia. Salah satunya industri pembuatan metil akrilat.

Metil akrilat adalah senyawa kimia yang mempunyai ikatan rangkap yang biasa digunakan sebagai bahan baku untuk produksi polimer (poliakrilat). Metil akrilat merupakan produk antara yang banyak dipakai dalam industri kertas, cat, tekstil dan lain-lain. Kebutuhan metil akrilat dalam negeri akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan industri-industri yang memerlukan metil akrilat sebagai salah satu bahan utama dalam proses produksi. Sehingga pembangunan pabrik metil akrilat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi impor dari negara-negara asing.

Atas dasar ketersediaan bahan baku yang mudah, sumber daya manusia yang terampil dan terlatih, sumber daya alam, modal dan ilmu pengetahuan teknologi yang cukup untuk peningkatan sumber daya ekonomi dan kesejahteraan masyarakat Indonesia, maka pendirian pabrik metil akrilat merupakan alternatif yang sangat memungkinkan untuk didirikan di Indonesia.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1 Metil Akrilat

Metil akrilat merupakan senyawa organik dengan rumus $C_4H_6O_2$. Metil akrilat memiliki bentuk karakteristik yang cair dan tidak berwarna

dengan bau yang tajam, serta larut di dalam air. Dari segi bahaya, senyawa ini merupakan senyawa yang mudah terbakar.

1.2.2 Kegunaan Metil Akrilat

Secara komersial metil akrilat dengan tingkat kemurnian minimum 98.5%, senyawa ini digunakan secara luas bahan tambahan pembuatan *surface coating*, tekstil, bahan perekat, industri kulit, kertas, *adhesive* dan sebagai bahan baku pembuatan polimer yaitu polimetil akrilat.

Berikut adalah penjelasan tentang kegunaan produk metil akrilat yang telah banyak digunakan dalam berbagai macam industri :

1. Sebagai bahan baku pembuatan polimer emulsi dan larutan polimer. Polimer emulsi banyak digunakan sebagai bahan pelapis pada proses akhir pada industri kayu, furniture dengan bahan baku besi, kontainer, kaleng serta kawat; bahan perekat dan bahan pengikat pada industri kulit, tekstil, dan kertas; bahan baku untuk pembuatan cat dan pengkilap lantai serta serat dan plastik sintesis.
2. Digunakan sebagai amfoter surfaktan. Proses pembuatannya yaitu amina lemak dasar (lauril amina) direaksikan dengan metil akrilat untuk menghasilkan ester N-lemak amino propionik. Digunakan sebagai substrat untuk menghasilkan sistein dan vanilin yang kemudian diproses lebih lanjut untuk industri pangan sebagai bahan tambahan makanan. Sistein dan vanilin dalam industri pangan terutama digunakan pada reaksi *flavour (savory flavour)*, selain itu digunakan sebagai antioksidan, kondisioner alami adonan roti. Di Amerika, sistein dalam bentuk n-acetyl sistein digunakan pada produk dietary supplement.

1.2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis atau endotermis) dan mengetahui reaksi dapat berlangsung maupun tidak.



1. Menghitung Panas Reaksi

Tabel 1.1 Data Kapasitas Panas dan Panas Pembentukan 298 K

Komponen	ΔH_f° (Kj/mol.K)
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-336.23
CH_3OH	-201.17
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$	-333
H_2O	-241.8

(Chemical Properties Handbook, Yaws)

Untuk mengetahui sifat reaksi, dapat dilakukan dengan menghitung entalpi total, yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{298} &= \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan} \\ &= \{(n \times \Delta H_f^\circ \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2) + (n \times \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O})\} - \{(n \times \Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2) \\ &\quad + (n \times \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH})\} \\ &= \{(1 \times -333) + (1 \times -241,8)\} - \{(1 \times -201,17) + (1 \times 336,23)\} \\ &= -37,4 \text{ Kj/mol}\end{aligned}$$

Reaksi pembentukan metil akrilat dari asam akrilat dan metanol merupakan reaksi eksotermis karena nilai ΔH°_{298} bernilai negatif.

2. Menghitung Energi Gibbs

Tabel 1.2 Data Energi Gibbs 298 K

Komponen	ΔG_f° 298 (Kj/mol.K)
$C_3H_4O_2$	-286,24
CH_3OH	-162,52
$C_4H_6O_2$	-227,32
H_2O	-228,64

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ &= \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\
 &= \{(n \times \Delta G_f^\circ C_4H_6O_2) + (n \times \Delta G_f^\circ H_2O)\} - \{(n \times \Delta G_f^\circ C_3H_4O_2) + (n \times \Delta G_f^\circ CH_3OH)\} \\
 &= \{(1 \times -257,32) + (1 \times -228,6)\} - \{(1 \times -286,06) + (1 \times 162,51)\} \\
 &= -37,35 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh ΔG° bernilai negatif sehingga reaksi berlangsung spontan

Pada saat setimbang, $\Delta G = 0$

Maka :

$$\Delta G - \Delta G^\circ = RT \ln K$$

$$- \Delta G^\circ = RT \ln K$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln K = - \frac{\Delta G^\circ}{RT}$$

$$\ln K = \frac{-37,35 \text{ kJ/mol}}{\left(-8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol K}}\right) \times (298)}$$

$$\ln K = 15,075$$

$$K = 2,713$$

Reaksi berlangsung pada temperatur 80°C, sehingga konstanta kesetimbangan K pada temperatur 353°K dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\ln \frac{K_{operasi}}{K_{standar}} = \frac{1}{R} \Delta H \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{K_{operasi}}{K_{standar}} = \frac{-37,4 \text{ Kj/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kj/mol}} \times \left(\frac{1}{353} - \frac{1}{298} \right) \text{ K}$$

$$\ln K_{operasi} - \ln K_{standar} = 2.3519$$

$$\ln K_{operasi} = 2.3519 + \ln K_{standar}$$

$$\ln K_{operasi} = 2.3519 + 15,075$$

$$K_{operasi} = 17.4269$$

$$K_{operasi} = 2.858$$

Dari perhitungan diatas harga $K > 1$, sehingga produk tidak dapat kembali menjadi reaktan, diasumsikan bahwa reaksi bersifat *irreversible*.

1.2.4 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika dilakukan untuk mengetahui kecepatan reaksi. Dari data percobaan US Patent nomor 3.875.212 untuk pembuatan metil akrilat dari asam akrilat dan metanol dengan reaksi esterifikasi dapat diketahui konstanta kecepatan laju reaksi (k), perbandingan reaktan A:B = 1 : 2-3. Kebutuhan katalisator 5-50% dari total massa reaktan. Reaksi pembuatan metil akrilat dari metanol dan asam akrilat merupakan reaksi berorde dua.

$$A = 0.7217$$

$$k = 415.12437 \text{ L/kgmol jam}$$

Energi Aktivasi

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT}$$

$$\ln 415.12437 \text{ L/kgmol jam} = \ln 0.7217 - \frac{Ea}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot 353 \text{ K}}$$

$$6.0285 + 0.3261 + 2934.842 = Ea$$

$$Ea = 2941.1966$$

1.2.5 Seleksi Proses

Ada beberapa cara pembuatan metil akrilat, antara lain:

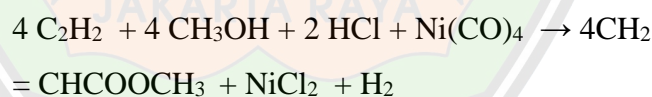
a. Proses Asetilen

Pada proses ini metil akrilat dibuat dengan mereaksikan dengan alkohol dalam suasana asam dengan katalis nikel karbonil pada tekanan 140.61-316.38 atm pada suhu 220°C – 2700°C. Konversi yang diperoleh mencapai 92 %.

- Kerugian

Proses ini kesulitan dalam penanganan nikel karbonil yang beracun dan korosif serta kondisi operasi yang tinggi.

Reaksi:

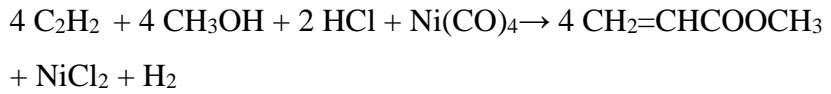


(Ullman, 1985)

b. Proses Oksidasi Propilena

Pada proses ini, pembuatan metil akrilat berlangsung dalam dua tahap. Tahap pertama adalah oksidasi katalitik terhadap propilena membentuk asam akrilat. Katalis yang digunakan adalah Cobalt Molibdate dan tellurium oxide. Reaksi sangat eksoterm, suhu keluaran yang dihasilkan sebesar 400°C-500°C pada tekanan atmosfer. Konversi yang diperoleh sebesar 58% terhadap propilena.

Reaksi:



(Kirk-Othmer, 1998)

c. Proses Esterifikasi

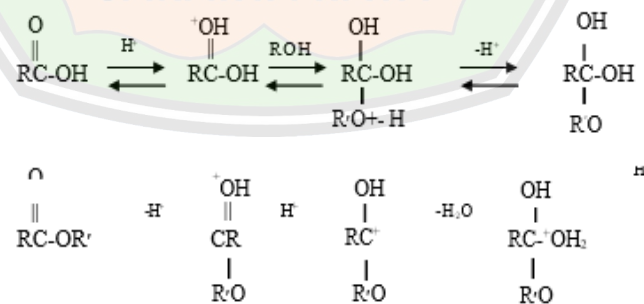
Proses ini merupakan esterifikasi asam akrilat dan metanol dengan katalis asam sulfat akan membentuk metil akrilat. Reaksi ini berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu 80°C - 95°C menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk. dengan konversi reaktor sebesar 98% terhadap asam akrilat. Di dalam reaktor terjadi reaksi sebagai berikut, esterifikasi suatu asam karboksilat berlangsung melalui serangkaian tahap protonasi dan deprotonasi. Oksigen karbonil diprotonasi, alkohol nukleofilik menyerang karbon positif, dan eliminasi air akan menghasilkan ester yang dimaksud.

Reaksi:

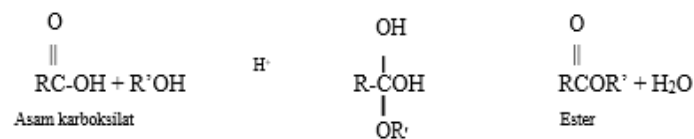


(Ullman, 1985)

Gambar 1.1 Reaksi Esterifikasi



Mekanisme tersebut dapat diringkas sebagai berikut:



Perbandingan antara proses pembuatan metil akrilat dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Akrilat

Kriteria	Asetilen	Oksidasi Propilen	Esterifikasi
Konversi	92%	58%	98%
Reaksi	1 Tahap	2 Tahap	1 tahap
Tekanan	140.61-316.38 atm	1 atm	1 atm
Suhu	220 °C-270 °C	400 °C-500 °C	80 °C-95 °C
Hasil Samping	NiCl ₂ dan H ₂	H ₂ O	H ₂ O
Bahan Baku	Metil akrilat Metanol-Katalis Nikel Karbonil	-Metil akrilat Metanol -Katalis Cobalt Molibdatedan tellurium	-Metil akrilat -Metanol -Kataslis Asam sulfat
Kelebihan	Produk samping bukan merupakan zat beracun		-Bahan baku relatif mudah didapat.

			-Produk samping bukan merupakan zat beracun.
Kekurangan	-Bahan baku gas alam terbatas Menggunakan katalis nikel karbonil yang beracun dan korosif	Menggunakan suhu tinggi Konversi kecil	-Membutuhkan katalis asam yang bersifat korosif. Waktu reaksi relatif lama
Referensi	Ullman, 1985	Kirk and Othmer, 1983	Ullman, 1985

Berdasarkan tabel 1.3. , Maka pada perancangan pabrik metil akrilat proses produksi dilakukan dengan cara esterifikasi asam akrilat dengan methanol karena:

- a. Nilai konversi yang dapat lebih tinggi.
- b. Proses lebih sederhana.
- c. Kondisi operasi (suhu dan tekanan) lebih rendah.