

II. DESKRIPSI PROSES

A. Jenis-Jenis Proses

Proses produksi Metil Akrilat dapat dibuat melalui beberapa cara, antara lain :

1. Pembuatan Metil Akrilat dari Asetilena

Proses pembuatan metil akrilat adalah dengan mereaksikan metanol, asetilena dan karbon monoksida dengan menggunakan katalis nikel halida (misalnya NiBr_2 atau NiCl_2). Reaksi pembentukan metil akrilat berlangsung pada suhu $220 - 270^\circ\text{C}$ dan tekanan $2000-4500 \text{ lb/inc}^2$ ($140.61-316.38 \text{ atm}$) dengan waktu tinggal 5-15 menit. Reaksi dapat dilangsungkan secara *batch* maupun *continue*.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Secara teoritis, satu mol asetilen bereaksi dengan 1 mol methanol dan 1 mol karbonmonoksida tetapi reaksi bahkan semakin baik ketika menggunakan eksese methanol berlebih. Kondisi operasi harus dijaga pada kondisi optimum. Temperatur dan tekanan tinggi dibutuhkan agar reaksi berjalan cepat dan spontan. Konversi yang diperoleh mencapai 92 %.

Ketika tekanan diturunkan dari kondisi operasi yang ditetapkan maka konversi pun akan menurun atau butuh waktu tinggal yang cukup lama untuk mencapai konversi yang sama. Hasil reaksi berupa *liquid* yang kemudian dinetralisasi dan dimurnikan di dalam kolom distilasi.

2. 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 400-500°C pada tekanan atmosfer.

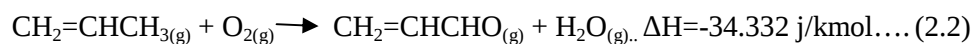
Reaksi Oksidasi propilena ini sangat kompleks dan jika tidak dapat dikendalikan dengan baik mengakibatkan terbentuknya produk samping yang bermacam macam, tergantung dari kondisi dan katalisnya. Selanjutnya, akrolein yang terbentuk diubah menjadi asam akrilat pada suhu 400°C. Gas panas yang keluar dari reaktor didinginkan dengan menggunakan *heat exchanger* untuk mencegah terjadinya reaksi samping dan pembentukan polimer. Asam akrilat yang terkandung dalam gas panas tersebut dipisahkan, kemudian diumpankan dalam menara esterifikasi.

Tahap selanjutnya adalah tahap esterifikasi dari asam akrilat dan metanol dengan menggunakan katalis asam atau *cation exchange resin* sehingga terbentuk metil akrilat. Metil akrilat yang dihasilkan dialirkan ke menara distilasi untuk dimurnikan, sedangkan larutan akrilik dan asam asetat

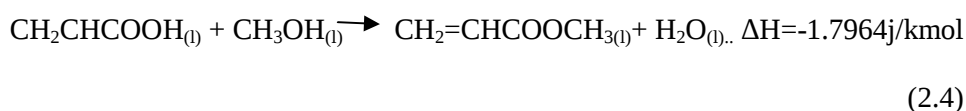
yang tak bereaksi di *recycle*. Konversi yang diperoleh sebesar 58% terhadap propilena.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

- Tahap Oksidasi Propilena



- Tahap Esterifikasi



3. Proses Esterifikasi

Proses pembuatan metil akrilat dengan cara esterifikasi dapat dilihat pada reaksi (2.4) diatas. Pada proses ini, reaksi berlangsung pada tekanan atmosfer, suhu 80-95°C, rasio molar methanol dan asam akrilat sebesar 1.2 : 1, dengan konversi reaktor sebesar 98% terhadap asam akrilat.

Setelah proses esterifikasi yang dilangsungkan dalam reaktor selesai, maka produk yang keluar berupa campuran metil akrilat, asam akrilat, metanol, air dan katalis asam sulfat. Kemudian keluaran reaktor dialirkan ke kolom distilasi 1 yang berfungsi untuk memisahkan asam akrilat dan asam sulfat dari campuran tersebut. Asam sulfat dan asam akrilat yang merupakan *bottom product* distilasi 1 di *recycle* ke reaktor sedangkan *top product* yang berupa campuran metil akrilat, methanol dan air masuk ke distilasi 2. Pada menara distilasi 2 terjadi pemisahan methanol terhadap

air dan metil akrilat. Metanol bersama sedikit air dan metil akrilat yang terikut sebagai *top product* menara distilasi 2 di *–recycle* bersama dengan *bottom product* menara distilasi 1. *Bottom product* menara distilasi 2 berupa metil akrilat dimurnikan dengan kemurnian 99.5 % dari air dan reaktan yang tersisa.

B. Pemilihan Proses

a. Tinjauan berdasarkan proses

Pemilihan berdasarkan proses yang telah diuraikan sebelumnya dapat dibandingkan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perbandingan Berdasarkan Proses Pembuatan Metil Akrilat

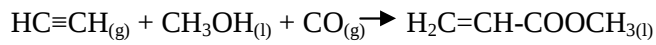
Kriteria	Pembuatan dari asetilena	Oksidasi Propilena	Esterifikasi
Konversi	92%	58%	98%
Reaksi	1 tahap	2 tahap	1 tahap
Tekanan	140.61-316.38 atm	1 atm	1 atm
Suhu	220-270°C	400-500°C	80-95 °C
Hasil samping	NiCl ₂ dan H ₂	H ₂ O	H ₂ O

b. Tinjauan termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi apakah reaksi dapat berlangsung atau tidak.

1. Pembuatan Metil Akrilat dari Asetilena

Reaksi :



Tabel 2.2 Nilai ΔG°_f masing-masing Komponen

Senyawa	$DG^\circ (10^{-7} \text{ J/kmol})$
C_2H_2	21.068
CH_3OH	-16.23
CO	-13.715
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$	-25.7

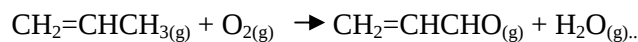
Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$$\begin{aligned}
 \Sigma \Delta G^\circ &= \Sigma(n\Delta G^\circ_f) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G^\circ_f) \text{ reaktan} \\
 &= [\Delta G^\circ \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2] - [(\Delta G^\circ \text{C}_2\text{H}_2) + (\Delta G^\circ \text{CH}_3\text{OH}) + (\Delta G^\circ \text{CO})] \\
 &= [-25.7] - [(21.068) + (-16.23) + (-13.715)] \\
 &= \mathbf{-16.823}
 \end{aligned}$$

2. Proses Oksidasi Propilena

a. Tahap Oksidasi Propilena

Reaksi 1 :



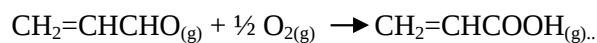
Tabel 2.3 Nilai ΔG°_f masing-masing Komponen

Senyawa	$DG^\circ (10^{-7} \text{ J/kmol})$
C_3H_6	6.215
O_2	0
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$	-5.68
H_2O	-22.85

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$$\begin{aligned}
 \Sigma \Delta G^{\circ} &= \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ reaktan} \\
 &= [(\Delta G^{\circ} \text{C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta G^{\circ} \text{H}_2\text{O})] - [(\Delta G^{\circ} \text{C}_3\text{H}_6) + (\Delta G^{\circ} \text{O}_2)] \\
 &= [(-5.68) + (-22.85)] - [(6.215) + (0)] \\
 &= \mathbf{-34.745}
 \end{aligned}$$

Reaksi 2 :



Tabel 2.4 Nilai ΔG°_f masing-masing Komponen

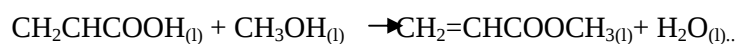
Senyawa	$\Delta G^{\circ} (10^{-7} \text{ J/kmol})$
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$	-5.68
O_2	0
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-30.60

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

$$\begin{aligned}
 \Sigma \Delta G^{\circ} &= \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ reaktan} \\
 &= [\Delta G^{\circ} \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2] - [(\Delta G^{\circ} \text{C}_3\text{H}_4\text{O}) + (\Delta G^{\circ} \text{O}_2)] \\
 &= [-30.60] - [(-5.68) + (0)] \\
 &= \mathbf{-24.92}
 \end{aligned}$$

b. Tahap Esterifikasi

Reaksi :



Tabel 2.5 Nilai ΔG°_f masing-masing Komponen

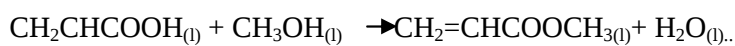
Senyawa	$\Delta G^\circ (10^{-7} \text{ J/kmol})$
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-30.60
CH_3OH	-16.23
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$	-25.7
H_2O	-22.85

Sumber : Perry's Tabel 2-196

$$\begin{aligned}
 \Sigma \Delta G^\circ &= \Sigma(n\Delta G^\circ_f) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G^\circ_f) \text{ reaktan} \\
 &= [(\Delta G^\circ \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_2) + (\Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2) + (\Delta G^\circ \text{ CH}_3\text{OH})] \\
 &= [(-25.7) + (-22.85)] - [(-30.60) + (-16.23)] \\
 &= \mathbf{-1.72}
 \end{aligned}$$

3. Proses Esterifikasi

Reaksi :

Tabel 2.6 Nilai ΔG°_f masing-masing Komponen

Senyawa	$\Delta G^\circ (10^{-7} \text{ J/kmol})$
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	-30.60
CH_3OH	-16.23
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$	-25.7
H_2O	-22.85

Sumber : Perry's Tabel 2-196

$$\begin{aligned}
\Sigma \Delta G^{\circ} &= \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ reaktan} \\
&= [(\Delta G^{\circ}_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2}) + (\Delta G^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}})] - [(\Delta G^{\circ}_{\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2}) + (\Delta G^{\circ}_{\text{CH}_3\text{OH}})] \\
&= [(-25.7) + (-22.85)] - [(-30.60) + (-16.23)] \\
&= \mathbf{-1.72}
\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG° semua reaksi dari masing-masing proses yang telah diperoleh menunjukkan bahwa reaksi pada reaktor dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^{\circ} < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil). Dalam parameter perancangan pabrik kimia berupa parameter termodinamika bahwa nilai $\Delta G^{\circ} < 0$ masih dapat terpenuhi.

c. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 40,000 ton/tahun. Berikut ini perbandingan beberapa harga bahan baku dan harga produk pada tahun 2012.

Tabel 2.7 Harga bahan baku dan produk

Bahan	Harga dalam \$	Harga dalam Rp.
Metanol	250 USD/ton	2,394,500/ton
Asam Akrilat	1060 USD/ton	10,152,680/ton
Asetilena*	61 USD/cylinder	584,258/cylinder
Karbon Monoksida*	45 USD/cylinder	431,010/cylinder
Propilene	1469 USD/ton	14,070,082/ton
Oksigen	2.5 USD/liter	25,000/liter
Metil Akrilat	2800 USD/ton	26,818,400/ton

Sumber: * www.alibaba.com, 2012 dan www.icis.com, 2012

1. Proses Pembuatan dengan Asetilena

Konversi : 92%

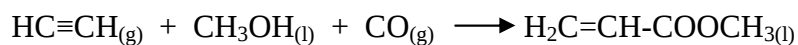
Kapasitas : 40,000 ton metil akrilat tiap tahun

$$MMA = \frac{Mma(k)}{B}$$

$$Mma = \frac{40,000,000 k}{86}$$

$$MMA = 465,116.279 k$$

Dengan reaksi :



Mula	a	b	c	
Bereaksi	465,116.279	465,116.279	465,116.279	465,116.279
Setimbang	(a-465,116.279)	(b-465,116.279)	465,116.279	465,116.279

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 40,000 ton atau 465,116.279 kmol metil akrilat dengan konversi reaksi 95% maka dibutuhkan reaktan sebagai berikut

$$a = b = c = 1: 1: 1$$

$$a, b, c = \frac{100\%}{92\%} \times 465,116.279 \text{ k} = 505,561.173 \text{ k}$$

- Mol methanol = 505,561.173 kmol

Metanol yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg metil akrilat

$$= \text{mol metanol} \times \text{BM metanol}$$

$$= 505,561.173 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 16,178 \text{ ton}$$

- Mol Asetilen = 505,561.173 kmol

Asetilen yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg Metil akrilat

$$= \text{mol asetilen} \times \text{BM asetilen}$$

$$= 505,561.173 \text{ kmol} \times 26 \text{ kg/kmol}$$

$$= 13,144 \text{ ton}$$

- Mol Karbon monoksida = 505,561.173 kmol

Karbon monoksida yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg Metil akrilat

$$\begin{aligned}
 &= \text{mol CO} * \text{BM CO} \\
 &= 505,561.173 \text{ kmol} \times 28 \text{ kg/kmol} \\
 &= 14,156 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jumlah harga bahan baku:

$$\begin{aligned}
 &= (16,178 \text{ ton/tahun} \times \$ 250 \text{ USD/ton}) + (13,144,000 \text{ kg/tahun} \times \$ \\
 &\quad 61/7.2 \text{ kg}) + (14,156,000 \text{ kg/tahun} \times \$ 45/8 \text{ kg}) \\
 &= \$ 195,030,888.9 \text{ /tahun}
 \end{aligned}$$

Harga produk metil akrilat:

$$\begin{aligned}
 &= (40,000 \text{ ton/tahun} \times \$ 2800/\text{ton}) \\
 &= \$ 112,000,000 \text{ /tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan per tahun} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Reaktan} \\
 &= \$ 112,000,000 - \$ 195,030,888.9 \\
 &= \$ -83,030,888.9 \\
 &= \text{(minus) Rp. 795,269,853,900}
 \end{aligned}$$

Harga produksi per kg metil akrilat :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{harga bahan baku}}{\text{kg}} \text{ /tahun} \\
 &= \frac{\$ 195,030,888.9 \text{ /tahun}}{40,000,000 \text{ kg/tahun}} \\
 &= \$ 4.876/ \text{ kg} = \$ 4876/ \text{ ton} \\
 &= \text{Rp. 46,700.15/ kg} (\$1 = \text{Rp 9578})
 \end{aligned}$$

Harga pembuatan per kg metil akrilat dengan menggunakan proses ini sebesar \$ 4876/ ton, lebih mahal dibandingkan harga jual metil akrilat sebesar \$ 2800 /ton (rugi).

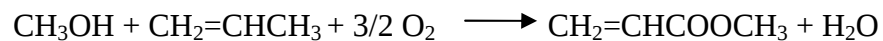
2. Proses Oksidasi Propilena

Konversi : 58%

Kapasitas produk : 40,000 ton Metil akrilat tiap tahun

$$\begin{aligned} \frac{M}{M} \frac{M}{m} \frac{A}{a} &= \frac{M}{m} \frac{a}{A} (k) \\ \frac{M}{m} \frac{a}{A} &= \frac{40,000,000 k}{86} \\ \frac{M}{m} \frac{A}{a} &= 465,116.279 k \end{aligned}$$

Dengan reaksi :



Mula a b c

Bereaksi (465,116.279) (465,116.279) (465,116.279) (465,116.279)(465,116.279)

Sisa (a-465,116.279)(b-465,116.279)(c-465,116.279) (465,116.279)(465,116.279)

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 40,000 ton atau 465,116.279 kmol metil akrilat dengan konversi reaksi 58% maka dibutuhkan reaktan sebagai berikut

$$b = \frac{100\%}{58\%} \times 465,116.279 k = 801,924.619 k$$

$$a:b = 1:1 m \quad a = 801,924.619 k$$

$$c:a = 1.5 : 1$$

$$m_c = 1.5 * 801,924.619 \text{ k} = 1,202,886.9 \text{ k}$$

- Mol methanol = 801,924.619 kmol

Metanol yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg metil akrilat

$$= \text{mol metanol} * \text{BM metanol}$$

$$= 801,924.619 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 25,661,587.81 \text{ kg} = 25,661.5878 \text{ ton}$$

- Mol Propilena = 801,924.619 kmol

Propilena yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg Metil akrilat

$$= \text{mol propilena} * \text{BM propilena}$$

$$= 801,924.619 \text{ kmol} \times 42 \text{ kgr/kmol}$$

$$= 33,680,834 \text{ kg}$$

$$= 33,680.834 \text{ ton}$$

- Mol Oksigen = 1,202,886.9 kmol

Oksigen yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg Metil akrilat

$$= \text{mol Oksigen} * \text{BM Oksigen}$$

$$= 1,202,886.9 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 38,492,380.8 \text{ kg}$$

$$= 38,492.38 \text{ ton} = 26,936,585,580 \text{ liter}$$

Jumlah harga bahan baku:

$$\begin{aligned}
 &= (33,680.834 \text{ ton} \times \$ 1469.23/\text{ton}) + (25,661.5878 \text{ ton} \times \$ 250/\text{ton}) \\
 &\quad + (26,936,585,580 \text{ liter} \times \$ 2.5 / \text{liter}) \\
 &= \$ 67,397,364,240
 \end{aligned}$$

Harga produk metil akrilat:

$$\begin{aligned}
 &= (40,000 \text{ ton} \times \$ 2800/\text{ton}) \\
 &= \$ 112,000,000 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan per tahun} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Reaktan} \\
 &= \$ 112,000,000 - \$ 67,397,364,240 \\
 &= \$ -67,285,364,240 \\
 &= \text{Rp.} - 6.44 * 10^{14}
 \end{aligned}$$

Harga produksi/kg metil akrilat :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ha} \quad \text{b ha} \quad \text{b} \quad \text{k} \quad \text{si} \quad \text{hu}}{\text{k} \quad \text{p}} \\
 &= \frac{\$ 67,397,364,240/\text{tahun}}{40,000,000 \text{ kg}/\text{tahun}} \\
 &= \$ 1684.934/ \text{kg} = \$ 1684000.934/ \text{ton} \\
 &= \text{Rp. } 16,138,298.87/ \text{kg} (\$1 = \text{Rp } 9578)
 \end{aligned}$$

Harga pembuatan per kg metil akrilat dengan menggunakan proses ini sebesar \$ 1684000/ ton, jauh lebih mahal dibandingkan harga jual metil akrilat sebesar \$ 2800 /ton (rugi).

3. Proses Esterifikasi

Konversi : 98%

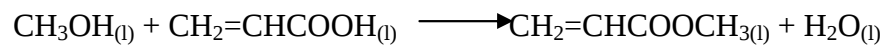
Kapasitas produk : 40,000 ton Metil akrilat tiap tahun

$$\frac{M}{M} \frac{A}{A} = \frac{M}{B} \frac{m}{a} \frac{k}{(k)} \frac{a}{B}$$

$$\frac{M}{M} \frac{m}{m} \frac{a}{a} = \frac{40,000,000 \text{ k}}{86}$$

$$\frac{M}{M} \frac{M}{M} \frac{A}{A} = 465,116.279 \text{ k}$$

Dengan reaksi :



Mula	a	b		
Bereaksi	465,116.279	465,116.279	465,116.279	465,116.279
Sisa	a-465,116.279	b-465,116.279	465,116.279	465,116.279

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 40,000 ton atau 465,116.279 kmol metil akrilat dengan konversi reaksi 98% maka dibutuhkan reaktan sebagai berikut

$$b(a - a) = \frac{100\%}{98\%} \times 465,116.279 \text{ k}$$

$$= 474,609.3022 \text{ k}$$

$$a:b = 1.2:1 \text{ m} \quad a(m - ha) = 1.2 \times 489,596.083 \text{ k}$$

$$a(m - ha) = 569,531.1624 \text{ k}$$

- Mol methanol = 569,531.1624 kmol

Metanol yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg metil akrilat

$$= \text{mol metanol} * \text{BM metanol}$$

$$= 569,531.1624 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol}$$

$$= 18,224,997.1968 \text{ kg} = 18,224.997 \text{ ton}$$

- Mol asam akrilat = 474,609.3022 kmol

Asam akrilat yang dibutuhkan untuk menghasilkan 40,000,000 kg Metil akrilat

$$= \text{mol asam akrilat} * \text{BM asam akrilat}$$

$$= 474,609.3022 \text{ kmol} \times 72 \text{ kg/kmol}$$

$$= 34,171,869.7584 \text{ kg}$$

$$= 34,171.869 \text{ ton}$$

Jumlah harga bahan baku:

$$= (18,224.997 \text{ ton} \times \$ 250/\text{ton}) + (34,171.869 \text{ ton} \times \$ 1,060/\text{ton})$$

$$= \$ 4,556,000 + \$ 36,222,108$$

$$= \$ 40,778,108$$

Harga produk metil akrilat dalam setahun:

$$= (40,000 \text{ ton} \times \$ 2800/\text{ton})$$

$$= \$ 112,000,000 / \text{tahun}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan per tahun} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Reaktan} \\
 &= \$ 112,000,000 - \$ 40,778,108 \\
 &= \$ 71,221,892 \\
 &= \text{Rp. 682,163,281,576}
 \end{aligned}$$

Harga produksi/kg metil akrilat :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{harga bahan baku}}{\text{kg}} \quad \text{si hu} \\
 &= \frac{\$ 40,778,108 / \text{tahun}}{40,000,000 \text{ kg/tahun}} \\
 &= \$ 1.019/ \text{kg} = \$ 1019/ \text{ton} \\
 &= \text{Rp. 9,759.982/ kg} (\$1 = \text{Rp 9578})
 \end{aligned}$$

Harga pembuatan per kg metil akrilat dengan menggunakan proses esterifikasi ini sebesar \$ 1019/ ton, lebih murah hampir 3 kali lipat dibandingkan harga jual metil akrilat sebesar \$ 2800 /ton (layak).

Berdasarkan uraian pemilihan proses berdasarkan tinjauan proses, termodinamika dan ekonomi maka rancangan proses pembuatan metil akrilat yang dipilih yaitu berdasarkan proses pembuatan metil akrilat satu tahap dengan esterifikasi dengan mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Temperatur dan tekanan lebih rendah
2. Konversi terhadap asam akrilat lebih besar
3. Prosesnya relatif lebih simpel (1 tahap) dan lebih aman

4. Menghasilkan limbah berupa H_2O (tidak berbahaya) sehingga tidak butuh pengolahan limbah yang rumit.
5. Berdasarkan tinjauan termodinamika, energi gibbs $\Delta G^0 < 0$ sehingga dapat terpenuhi.
6. Berdasarkan tinjauan ekonomi, proses esterifikasi memberikan keuntungan paling besar jika dibandingkan proses lainnya. Harga pembuatan metil akrilat mencapai hampir 3 kali lipat dari harga jualnya sehingga dari segi ekonomi maka proses ini dinyatakan paling layak.

C. Uraian Proses

Proses pembuatan metil akrilat dari asam akrilat dan metanol meliputi tiga tahapan, yaitu: tahap persiapan bahan baku, tahap esterifikasi dan tahap pemisahan produk.

Proses ini diawali dengan mengalirkan umpan segar berupa metanol 99.9% (suhu 30 °C, tekanan 1 atm) dari tangki penyimpanan 01 (ST-102), asam akrilat 99% (suhu 30 °C, tekanan 1 atm) dari ST-101 dan katalis asam sulfat 93% (suhu 30 °C, tekanan 1 atm) dari ST-103 ke Heat Exchanger 01 (HE-101), Heat Exchanger 02 (HE-102) dan Heat Exchanger 03 (HE-103) hingga suhu 80 °C. Selanjutnya bahan-bahan tersebut dialirkan menuju ke reaktor 01 (RE-201).

Didalam reaktor (RE-201) terjadi reaksi esterifikasi antara metanol dan asam akrilat yang menghasilkan metil akrilat dengan bantuan katalis asam sulfat. Reaksi yang terjadi dalam reaktor (RE-201) merupakan reaksi *isothermal* pada suhu 80 °C dan tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan konversi sebesar 88%. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, sehingga diperlukan pendingin berupa koil yang dialiri air untuk menjaga suhu reaksi tetap pada 80 °C.

Cairan yang keluar dari reaktor (RE-201) berupa metanol, asam akrilat, metil akrilat, air dan asam sulfat dengan suhu 80 °C dimasukan kembali ke reaktor 2 (RE-202) yang dipasang secara seri untuk menyempurnakan konversi agar tercapai konversi 98%. Cairan yang keluar reaktor (RE-202) selanjutnya dimasukkan terlebih dahulu ke Heat Exchanger 02 (HE-201) untuk dipanaskan hingga suhu 85.84⁰C dan kemudian diumpankan kedalam Menara Distilasi 1 (DC-301) untuk memisahkan asam sulfat dan sisa asam akrilat yang nantinya berupa keluaran bawah atau *bottom*. Hasil bawah tersebut akhirnya diumpankan (di *recycle*) menuju reaktor (RE-201) untuk dapat digunakan kembali sebagai umpan.

Sedangkan hasil atas menara distilasi 1 (DC-01) yang berupa metanol, metil akrilat dan air dengan suhu 85.84 °C memasuki menara distilasi 2 (DC-302) untuk selanjutnya dilakukan pemisahan kembali. Umpan menara distilasi 2 (DC-302) yang masuk pada suhu 85.459 °C dan tekanan 1 atm dipisahkan sehingga diperoleh produk atas berupa metanol dan sedikit metil akrilat serta

air yang nantinya bercampur dengan *recycle* yang berasal dari *bottom* menara distilasi 1 (DC-301) bersama-sama diumpankan kembali menuju reaktor (RE-201), sedangkan hasil bawah menara distilasi 2 (DC-302) berupa metil akrilat dan air masuk ke menara distilasi 3 (DC-303) untuk memisahkan produk metil akrilat dari air sehingga diperoleh. metil akrilat dengan kemurnian tinggi sekitar 99.5% dengan impurities berupa 0.05% metanol dan 0.45% air yang merupakan *top product* dari menara distilasi 3 (DC-303). *Bottom* dari menara distilasi 3 (DC-303) sebagian besar berupa air dan sangat sedikit metil akrilat. Hasil bawah menara distilasi 3 (DC-303) tersebut kemudian dibuang ke unit pengolahan limbah (UPL). Produk atas menara distilasi 3 (DC-303) yang merupakan produk yang diinginkan didinginkan terlebih dahulu sampai suhu 40 °C sebelum masuk ke tangki penyimpanan (ST-401).