

PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL MELALUI PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Abdurrahman^{1*}, Muhammad Firdaus¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jalan A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: 1910814210004@mhs.ulm.ac.id

Abstrak

Metil akrilat merupakan ester dari asam akrilat (C_2H_3COOH) yang bereaksi dengan metanol (CH_3OH) dengan bantuan katalis asam atau H^+ seperti asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4) dan sebagainya. Metil akrilat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan emulsion dan solution polimer. Polimer dari akrilat banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan cat (coating), pengkilap lantai, serta untuk pembuatan pelapis, finishing, dan bahan perekat untuk kulit, tekstil, dan kertas. Prarancangan pabrik metil akrilat dari asam akrilat dan metanol direncanakan akan didirikan pada tahun 2027 dengan kapasitas 30.000 Ton/Tahun.

Proses yang digunakan pabrik ini adalah dengan cara esterifikasi asam akrilat dengan metanol. Bahan baku pembuatan metil akrilat adalah asam akrilat dan metanol dengan kemurnian masing-masing 99,7% dan 99,85%. Tahap pembentukan metil akrilat terjadi dengan mereaksikan asam akrilat dengan metanol pada reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu $80^\circ C$ dan tekanan 1 atm dengan katalis asam sulfat. Keluaran reaktor berupa campuran metil akrilat, asam akrilat, metanol, asam sulfat dan air dialirkan ke dekanter untuk dipisahkan metil akrilat, metanol dan air dengan komponen lainnya berdasarkan berat jenisnya. Selanjutnya dialirkan ke menara distilasi untuk dipisahkan metil akrilat dan air dengan metanol. Setelah itu metil akrilat dialirkan ke menara distilasi 2 untuk dimurnikan hingga kemurnian 99,5% dan disimpan pada tangki penyimpanan sebagai produk akhir.

Pabrik Metil Akrilat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan system organisasi line and staff. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 149 orang. Berdasarkan Analisa ekonomi didapatkan Return Of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 35% dan Return Of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 23%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 2,22 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak yaitu 3,05 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 47,07% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 29,78%. Berdasarkan pertimbangan hasil Analisa ekonomi tersebut, maka pabrik metil akrilat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun memungkinkan untuk dilanjutkan ke tahap perancangan.

Kata kunci: Metil Akrilat, Asam Akrilat, Metanol, Esterifikasi.

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya zaman kebutuhan dunia akan suatu produk mendorong pembangunan di sektor industri, khususnya industri kimia untuk memenuhi kebutuhan baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Di negara berkembang seperti Indonesia, berbagai kebutuhan produk-produk kimia belum seluruhnya dapat dihasilkan sendiri. Salah satu produk kimia yang belum dapat dihasilkan sendiri di Indonesia adalah metil akrilat. Metil akrilat

merupakan produk yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan emulsion dan solution polimer. Indonesia belum memiliki pabrik yang memproduksi metil akrilat sehingga untuk memenuhi kebutuhan metil akrilat sebagai bahan baku pada industri-industri di Indonesia dilakukan dengan cara mengimpornya dari negara lain (BPS, 2022).

Pabrik metil akrilat direncanakan akan berdiri pada tahun 2027, berdasarkan perhitungan



menggunakan metode discounted dapat diperkirakan kapasitas pabrik dengan persamaan:

$$m_5 = P \times (1 + i)^n$$

Keterangan:

m_5 = Nilai pada tahun ke-n

P = Besarnya data pada tahun sekarang (ton/tahun)

i = Kenaikan data rata-rata

n = Selisih tahun (tahun ke-n)

Tabel 1 Kebutuhan Impor $C_2H_2O_4P$ di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2018	26.362,80	-12,82
2	2019	26.323,79	-0,15
3	2020	31.181,75	15,58
4	2021	36.002,80	13,39
5	2022	32.466,20	-10,89
Pertumbuhan Rata-rata			1,02

Sehingga konsumsi Aseton pada tahun 2028

$$m_5 = 32.466,20 \times (1 + 1,02)^5$$

$$= 34,160,29 \text{ ton/tahun}$$

Impor pada tahun 2027 tidak dihentikan tapi dikurangi sebesar 80%, sehingga perkiraan nilai impor 2028 dengan asumsi hanya 20% dari m_5 adalah:

$$m_1 = m_5 \times 20\%$$

$$= 34,160,29 \times 20\%$$

$$= 6.832,06$$

Dalam menentukan kapasitas pabrik tahun 2027 dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

Keterangan:

m_1 = Volume impor dalam negeri tahun 2027 (ton/tahun), pabrik berdiri sehingga impor tidak dihentikan, maka nilai $m_1 = 6.832,06$

m_2 = Volume produksi dalam negeri (ton/tahun)

m_3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan tahun 2027 (ton/tahun)

m_4 = Volume ekspor tahun 2027 (ton/tahun)

m_5 = Volume konsumsi dalam negeri tahun 2027 (ton/tahun)

$$\text{Jadi, } m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$= (0 + 34.160,29) - (6.832,06 + 0)$$

$$= 27.328,23 \text{ ton/tahun}$$

$$\approx 30.000 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga dapat diketahui peluang kapasitas produksi pada tahun 2027 sebesar 30.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Seleksi Proses

Proses produksi metil akrilat dapat dilakukan dengan tiga proses diantaranya adalah aetilen, ketene dan esterifikasi. Dari hasil tiga proses tersebut maka dapat dilihat perbandingan ketiganya pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2 Perbandingan Kondisi Operasi Proses-Proses Pembuatan Metil Akrilat

No	Parameter	Proses Asetilen	Proses Ketene	Proses Esterifikasi
1.	Teknis			
	a. Temperatur	40°C	150°C	50-100 °C
	b. Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
	c. Konversi	80%	-	99%
	d. Yield	85%	-	95-98%
	e. Bahan baku	Asetilena, Metanol, Nikel Karbonil, Asam Klorida	Asam asetat, Formaldehid	Asam akrilat, Metanol
2.	Kelebihan dan Kekurangan			
	a. Kelebihan	- Produk samping bukan zat beracun	- Bahan baku mudah di dapatkan	- Bahan baku relatif mudah di dapat. - Produk samping bukan merupakan zat beracun.
	b. kekurangan	- Bahan baku gas alam terbatas - Menggunakan an nikel karbonil yang beracun dan korosif	- Menghasilkan β -propiolactone yang bersifat racun - Prosesnya melalui banyak tahapan	- Membutuhkan katalis asam yang bersifat korosif. - Waktu reaksi relatif lama

Pada prarancangan ini dipilih proses esterifikasi dengan kelebihan:

1. Bahan baku yang relatif murah dan mudah didapatkan.
 - Asam akrilat : PT. Nippon Shokubai Indonesia(NSI), Banten
 - Metanol : PT. Kaltim Methanol
2. Konversi dan *yield* produk yang dihasilkan relatif paling besar.
3. Reaksi yang terjadi hanya satu tahapan proses.
4. Temperatur operasi yang tidak terlalu tinggi yaitu 50-100 °C.



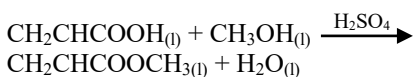
2.2 Uraian Proses

2.2.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa asam akrilat (CH_2CHCOOH) dari tangki penyimpanan asam akrilat (F-110), metanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan metanol (F-120) pada kondisi suhu 30°C dan 1 atm serta asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalisator dari tangki penyimpanan asam sulfat (F-130) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dipompa menuju reaktor yang beroperasi pada suhu 80°C dan 2 atm

2.2.2 Tahap Persiapan Produk

Reaksi pembentukan metil akrilat ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) dilakukan di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) (R-210) yang beroperasi secara isothermal pada 80°C dan tekanan 2 atm. Perbandingan mol bahan baku asam akrilat (CH_2CHCOOH) dan metanol (CH_3OH) adalah 1:2. Sebagai katalisator digunakan asam sulfat 98% sebanyak 5% dari total massa reaktan. Reaksi antara asam akrilat (CH_2CHCOOH) dengan metanol (CH_3OH) adalah suatu reaksi substitusi gugus radikal organik dengan ion hidrogen yang berasal dari asam. Dengan putusannya ikatan karbonil-oksigen atau ikatan alkil oksigen, maka terbentuklah air.



Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga untuk menjaga kondisi isothermal perlu dilakukan pengembalian panas. Panas diambil dari dalam reaktor (R-210) melalui jaket pendingin. Hasil dari reaksi yang berlangsung di reaktor adalah metil akrilat (R-210), sedikit sisa asam akrilat, metanol, asam sulfat dan air. Kemudian hasil tersebut dibawa ke tahap unit pemurnian produk

2.2.2 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh produk metil akrilat ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) hingga mencapai kemurnian 99,5%. Hasil reaksi dari reaktor dialirkan menuju dekanter (H-310) untuk memisahkan komponen berdasarkan berat jenisnya. Pada dekanter (H-310) akan terbentuk 2 lapisan, yaitu lapisan atas merupakan komponen dengan berat jenis yang lebih ringan dan lapisan bawah merupakan komponen dengan berat jenis yang lebih berat. Lapisan atas yaitu berupa metanol, air dan produk metil akrilat.

Sedangkan pada lapisan bawah terdiri dari asam akrilat sisa, sedikit metil akrilat, sedikit metanol, asam sulfat dan air. Produk utama yaitu metil akrilat sebagian besar berada pada lapisan atas yang kemudian akan diumpangkan ke dalam menara distilasi 1 (D-320). Kemudian lapisan bawah dialirkan ke UPL

Menara distilasi 1 (D-320) berfungsi untuk memisahkan metanol dengan metil akrilat dan air. Hasil atas dari menara distilasi 1 (D-320) yaitu metanol dan sedikit air yang akan diumpangkan kembali menuju reaktor (R-210) sebagai *recycle* metanol. Hasil bawah menara distilasi 1 (D-320) berupa metil akrilat, sedikit metanol dan air akan diumpangkan ke menara distilasi 2 (D-330).

Pada menara distilasi 2 (D-330) berfungsi untuk memurnikan metil akrilat sehingga kemurniannya mencapai 99,5%. Hasil atas menara distilasi 2 (D-330) berupa produk metil akrilat, sedikit metanol dan air diumpangkan ke dalam tangki penyimpanan produk metil akrilat (F-340). sedangkan hasil bawah menara distilasi 2 (D-330) berupa air, sedikit metil akrilat dan metanol dipompa dan diumpangkan ke dalam unit pengolahan limbah (UPL).

2.3 Tinjauan Termodinamika

2.3.1 Entalpi Pembentukan

Nilai ΔH reaksi standar dihitung untuk mengetahui suatu reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Apabila ΔH reaksi standar bernilai positif (+) maka reaksi bersifat endotermis atau reaksi memerlukan panas. Sedangkan jika ΔH reaksi standar bernilai negatif (-), reaksi bersifat eksotermis atau reaksi menghasilkan panas.

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{r_{\text{total}}} &= \Delta H^\circ_f \text{ produk} + \Delta H^\circ_f \text{ reaktan} + \Delta H^\circ_f 298 \\ &= 13,1496 \text{ kJ/mol} + (-13,0125 \text{ kJ/mol}) + \\ &\quad (-37,414 \text{ kJ/mol}) \\ &= -37,263 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

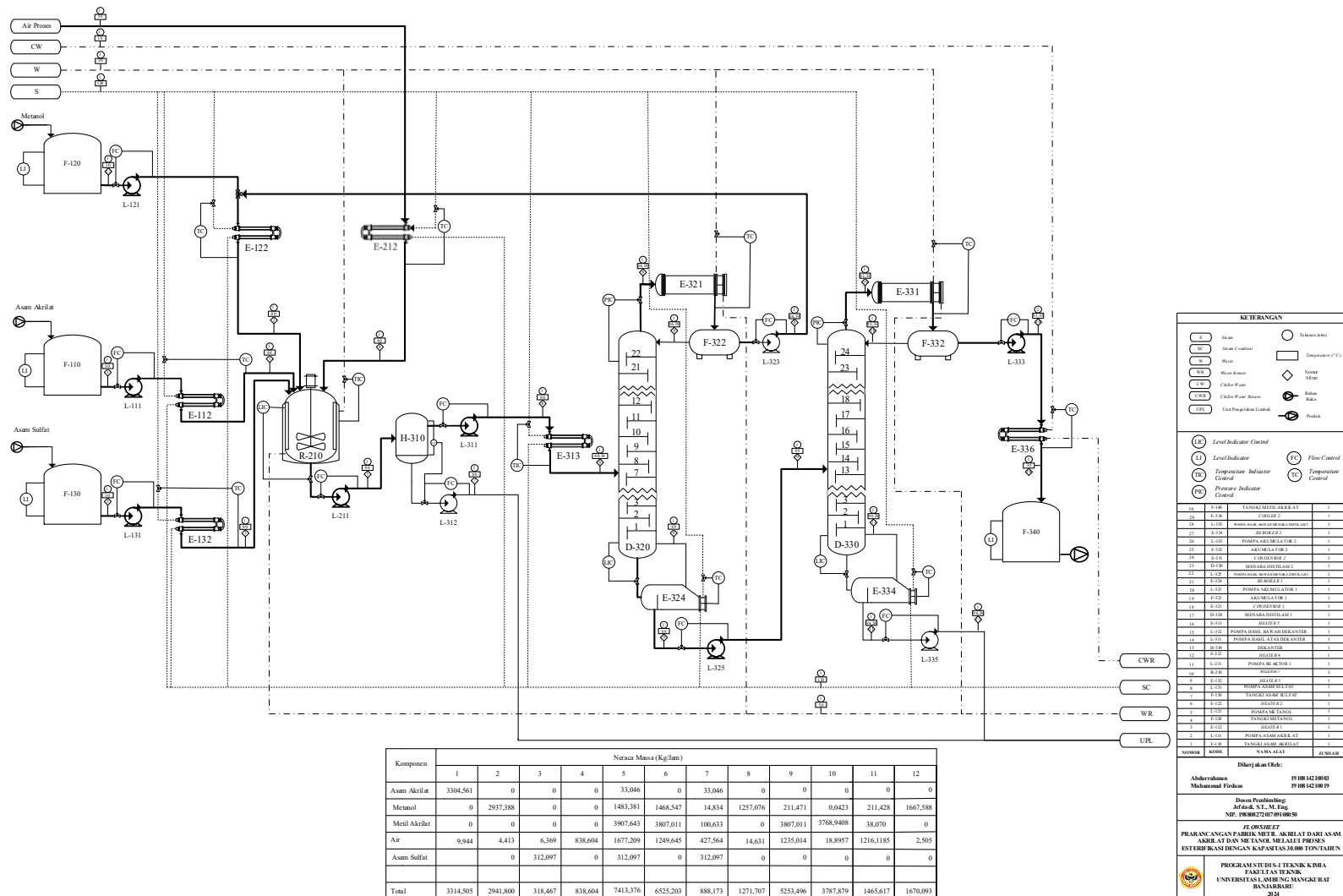
Berdasarkan perhitungan diatas disimpulkan bahwa reaksi bersifat eksotermis atau melepaskan panas.

2.3.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika dilakukan untuk mengetahui kecepatan reaksi. Dari data US Patent 3875212, pembuatan metil akrilat dari asam akrilat dan metanol dengan reaksi esterifikasi dapat diketahui konstanta laju reaksi (k), dengan perbandingan reaktan A (Asam Akrilat) : B (Metanol) = 1 : 2 dengan reaktan



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN METANOL MELALUI PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



pembatasnya yaitu asam akrilat. Jumlah katalisator 5 – 50% dari total massa reaktan. Reaksi esterifikasi pembuatan metil akrilat dari asam akrilat dan metanol merupakan reaksi berorde 2.

$$k = 1,88.10^6 \exp(-15200 \pm 200/(RT))$$

$$\text{dm}^3/\text{mol.min} \quad (\text{Witczak M dkk, 2003})$$

$$R = 1,99 \text{ cal/mol.K}$$

$$T = 80^\circ\text{C} = 353,15 \text{ K}$$

$$k = 0,01 \text{ dm}^3/\text{mol.min}$$

$$= 587 \text{ L/Kmol.jam}$$

$$(-r_A) = k.C_A.C_B$$

$$= 587,0361 \text{ L/Kmol.jam} \times$$

$$0,000608 \text{ Kmol/L} \times$$

$$0,0061404 \text{ Kmol/L}$$

$$= 0,00022 \text{ Kmol/L.jam}$$

$$= 0,2192 \text{ Kmol/m}^3.\text{jam}$$

3 Utilitas

Utilitas merupakan unit yang sangat penting dan harus ada dalam perancangan suatu pabrik. Utilitas merupakan salah satu bagian dari unit produksi yang menunjang kegiatan operasi pabrik dan berfungsi menyediakan kebutuhan-kebutuhan rutin yang diperlukan oleh kegiatan operasi seperti energi *steam*, listrik dan air.

Mata air baku yang digunakan pada pabrik metil akrilat bersumber dari mata air Sungai Cidanau, Banten. Pabrik ini menggunakan generator sebagai pembangkit Listrik utama. Kebutuhan yang diperlukan dalam mengoperasikan pabrik metil akrilat ditunjukkan pada **Tabel 3** berikut.

Tabel 3 Kebutuhan Utilitas Pabrik Metil Akrilat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	7.332,8120 kg/jam
Air Pendingin	218.277,6490 kg/jam
Air Sanitasi	3.020,8300 kg/jam
Listrik	565,3218 kW
Bahan Bakar	223,9200 kg/jam

3. Analisis Ekonomi

Analisa ekonomi bertujuan untuk menganalisa dan melihat apakah pabrik metil akrilat ini layak berdiri atau tidak. Dalam Analisa ekonomi ini dihitung harga peralatan yang digunakan, harga bahan, harga jual produk utama ataupun produk samping, jumlah tenaga kerja beserta jumlah gaji. Suatu pabrik akan dikatakan sehat jika dapat memenuhi kewajiban finansial kedalam dan keluar serta dapat mendatangkan keuntungan yang layak bagi

Perusahaan dan pemiliknya. **Tabel 4** berikut menunjukkan biaya yang digunakan untuk mendirikan pabrik aseton.

Tabel 4 Total Biaya Pabrik Metil Akrilat

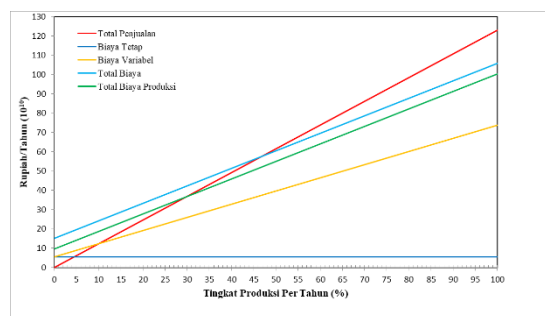
Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	371.456.879.981,00
TPC	1.057.986.228.051,00
TCI	588.687.404.607,56
WC	191.612,808.766,00

Faktor-faktor yang diperlukan untuk ditinjau untuk Analisa kelayakan ekonomi pabrik yang akan dibangun, yaitu *Net Present Value*, *Percent Return on Investment*, *Pay Out Time*, *Percent Profit on Sales*, *Interest Rate of Return*, *Break Even Point* dan *Shut Down Point* berikut **Tabel 5** menunjukkan hasil Analisis ekonomi untuk pabrik metil akrilat:

Tabel 5 Analisis Ekonomi

Analisis	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	23%	Min. 11%	Layak
POT	3,05 tahun	Max. 5 tahun	Layak
BEP	47,07%	40-60%	Layak
SDP	29,78%	20-40%	Layak

Profit yang diperoleh dari hasil investasi yang dikeluarkan disebut *Return on Investment* (ROI). Waktu yang diperlukan untuk modal Kembali yang diperoleh dari *profit* yang dicapai disebut *Pay Out Time* (POT). *Break Even Point* (BEP) merupakan titik nol antara biaya dan penghasilan berada pada jumlah yang setara. *Shut Down Point* (SDP) merupakan titik penentuan aktivitas produksi berhenti karena adanya factor biaya dan Keputusan manajemen yang tidak sesuai sehingga tidak menghasilkan *profit*. Bagian Analisa ekonomi pada pabrik metil akrilat ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 2. BEP dan SDP Pabrik Metil Akrilat Kapasitas 30.000 Ton/Tahun





4. Kesimpulan

Prarancangan pabrik metil akrilat dari asam akrilat dan metanol melalui proses esterifikasi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2027, dan berlokasi di Cilegon, Banten. Bentuk Perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan tenaga kerja sebanyak 149 orang. Berdasarkan pada analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik aseton ini layak untuk didirikan. Hasil yang didapatkan menunjukkan ROI sebesar 23%, POT sebesar 3,05 tahun, BEP sebesar 47,07% dan SDP sebesar 29,78%.

Daftar Pustaka

- BPS. (2022): *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, Impor dan Ekspor Menurut Jenis Barang dan Negara Asal*. Jakarta.
- US Patent No. 3.875.212. 1975. *Process For Continously Synthesizing Acrylic Acid Esters*. United State Patent Office: USA

