

PRARANCANGAN PABRIK ASAM TEREPHTALAT DENGAN PROSES OKSIDASI PARAXYLENE KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN

Maria Natalia^{1*}, Wirananditami Hazrifawati¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: mntalia24@gmail.com

Abstrak

Asam Terephtalat, $C_8H_6O_4$ juga diketahui sebagai 1,4 asam benzendikarboksil, asam p-phthalic dan asam p-benzendikarboksil terdiri dari cincin benzena dengan gugus karboksil pada karbon 1 dan 4. Lebih dari 90% produksi asam terephtalat di seluruh dunia digunakan untuk membuat PET terutama untuk pembuatan serat polyester. Sehingga kebutuhan asam terephtalat selalu meningkat setiap tahunnya, maka perlu direncanakan perancangan pabrik asam terephtalat di Indonesia agar mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik asam terephtalat direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk 300.000 ton/tahun dan direncanakan didirikan pada tahun 2024

Pabrik akan didirikan di Beluk Lor, Sroyo, Kecamatan Jatèn, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Asam terephtalat diproduksi dengan proses oksidasi paraxylene, asam asetat sebagai pelarut dan katalis $Co(CH_3COO)_2$, $Mn(CH_3COO)_2$ dan HBr . Proses oksidasi berlangsung pada suhu $200^\circ C$ dengan tekanan 14,8 atm dalam reaktor alir tangki berpengaduk, reaksi terjadi secara eksotermis. P-Xylene terkonversi 98%. Proses pembuatan asam terephtalat berlangsung melalui 3 tahap yaitu tahap oksidasi, tahap pemisahan dan tahap recovery. Tahap oksidasi merupakan pembuatan asam terephtalat dengan mereaksikan paraxylene dengan oksigen. Tahap pemisahan merupakan pemisahan slurry asam terephtalat dengan asam asetat dan katalis. Tahap recovery merupakan tahap recycle katalis dan asam asetat. Produk yang dihasilkan adalah asam terephtalat dalam bentuk Kristal dengan kemurnian 99,8%.

Asam terephtalat lebih diutamakan untuk dipasarkan dalam negeri dan juga di luar negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi line and shift. Sistem kerja dilakukan pembagian berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari shift and non shift dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 150 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil Total Capital Investment (TCI) adalah sebesar Rp. 986.062.060.330,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp. 19.269.297.739.748,-. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak 30% dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 22%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 2,2 tahun dan Pay Out Time sesudah pajak 2,9 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 50% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 36%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik asam terephtalat dengan kapasitas 300.000 ton/tahun ini layak didirikan.

Kata kunci : Asam Terephtalat, paraxylene, asam asetat, oksidasi, kobalt asetat, mangan asetat, continuous stirred tank reactor

1. Pendahuluan

Asam terephtalat, $C_8H_6O_4$ juga diketahui sebagai 1,4 asam benzendikarboksil, asam p-phthalic dan asam p-benzendikarboksil terdiri dari cincin benzena dengan gugus karboksil pada karbon 1 dan 4 (Roman, 2006). Asam terephtalat digunakan untuk membuat polyester jenuh dengan diol alifatik sebagai komonomer (Sheehan, 2005). Asam terephtalat merupakan senyawa aromatik yang penting secara komersial digunakan terutama sebagai prekursor utama polietilen polimer terephtalat (PET) yang diproduksi dengan etilen glikol dan PTA. Lebih dari 90% produksi asam terephtalat di seluruh dunia digunakan untuk membuat PET terutama untuk

pembuatan serat polyester. Industri Asam terephtalat merupakan merupakan bahan baku dari industri benang polyester, botol plastik, plastik film dan nylon tire cord (ICIS, 2013).

Di seluruh dunia permintaan untuk asam terephtalat terus tumbuh pada tingkat 7-8%, dengan kapasitas dunia saat ini melebihi 50 juta m^3 per tahun (ICIS, 2013). Perluasan industri tekstil berkontribusi pada peningkatan permintaan serat polyester dan benang, sehingga mendorong pertumbuhan pasar asam terephtalat murni. Meningkatnya permintaan untuk kemasan PET dari industri kesehatan dan makanan &





minuman telah menyebabkan peningkatan konsumsi asam terephtalat (Research and market, 2018).

Sebagai salah satu industri petrokimia yang cukup berkembang, pendirian pabrik asam terephtalat ini cukup menjanjikan. Selain kebutuhan dalam negeri yang kian meningkat, pendirian pabrik asam terephtalat juga diharapkan mampu mengurangi kebutuhan impor dari Negara luar. Prarancangan pabrik ini membuka peluang tenaga kerja di dalam negeri.

Dengan pertimbangan kebutuhan hal tersebut sehingga pendirian pabrik asam terephtalat dengan oksidasi paraxylene sangat diperlukan. Data impor asam terephtalat di Indonesia tahun 2014-2017 dapat dilihat pada **Tabel 1** (UNData, 2014-2017).

Tabel 1. Data Kebutuhan Asam Terephtalat di Indonesia Tahun 2014-2018

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2014	32205.88	0.0000
2	2015	40606.81	0.2609
3	2016	79851.35	0.9665
4	2017	119094.98	0.4914
Pertumbuhan Rata-rata			0.3438

Pertimbangan pemilihan kapasitas yang ditentukan setidaknya telah memenuhi kapasitas minimum pabrik asam terephtalat Indonesia dan masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di Dunia. Berikut data pabrik asam terephtalat yang beroperasi di Dunia dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Pabrik Asam Terephtalat di Dunia

No.	Industri	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Sinopec Tianjin Company	340.000
2.	Amoco Chemical	390.000
3.	Zhuhai Biyang Chemical	500.000
4.	Siam Mitsui PTA	800.000
5.	BP Chemical	1.400.000
6.	Reliance Industries	2.300.000

Berdasarkan data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan Asam Terephtalat pada tahun 2024 didapatkan dengan perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Dari hasil perhitungan dengan persamaan *discounted method* dan data Asam Terephtalat pada tahun 2014 sampai 2017 menunjukkan jika peluang kapasitas pabrik Asam Terephtalat yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 300.000 ton/tahun sehingga dapat memenuhi kebutuhan impor di Indonesia. Ketersediaan bahan baku asam terephtalat juga menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan kapasitas.

2. Deskripsi Proses

Pada rancangan pabrik Asam Terephtalat, proses pembuatan Asam Terephtalat dibedakan berdasarkan bahan baku dan proses yang digunakan. Terdapat empat jenis proses yaitu Henkel, Mitsubisi Gas Chemical, Eastman Kodak dan Amoco.

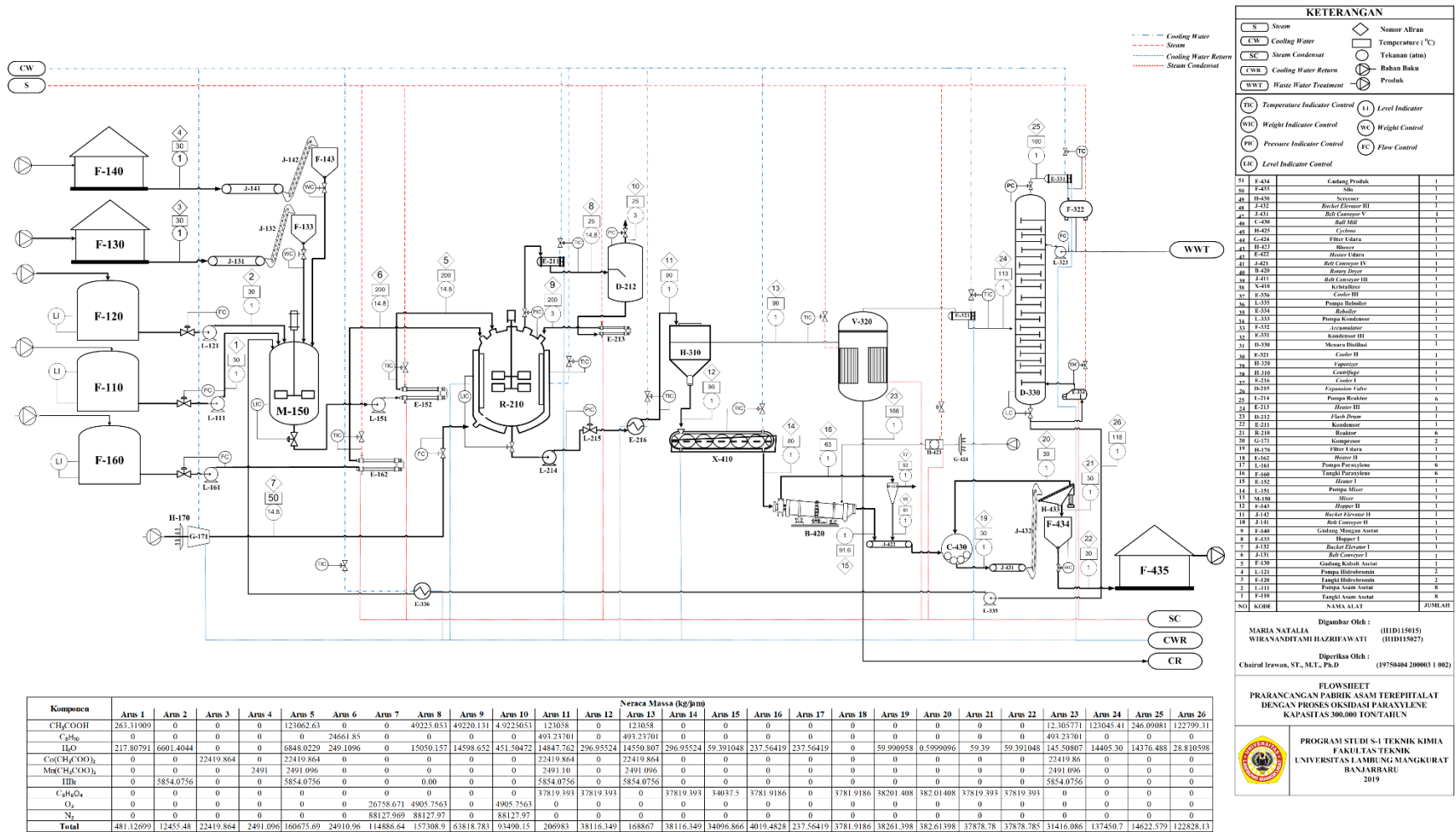
Berikut adalah perbandingan proses pembuatan Asam Terephtalat dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Aluminium Sulfat

No	Parameter	Proses Henkel	Proses Mitsubhisi Gas Chemical	Proses Eastman Kodak	Proses Amoco
1	Suhu	350°C - 450°C	30°C - 40°C	121°C - 177°C	175°C-225°C
2	Tekanan	1000-5000 kPa	-	689,47 kPa– 1378,95 kPa	1500 kPa – 3000 kPa
3	Bahan baku	Asam benzenecarboxylic	Toluene, CO	Asetaldehid, p-xylene	P-xylene, O ₂
4	Reaksi	Kontinyu	Kontinyu	Kontinyu	Kontinyu
5	Konversi	-	-	82%	98%



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK ASAM TEREPHTALAT DENGAN PROSES OKSIDASI PARAXYLENE KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN



Gambar 1. Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik Asam Terephthalat dengan Proses Oksidasi Paraxylene Kapasitas 300.000 Ton/Tahun

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMHUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2019



Proses pembuatan Asam Terephtalat dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses pertama yaitu pencampuran *solvent* asam asetat dengan katalis kobalt asetat, mangan asetat dan hidrobromin dalam mixer hingga homogen dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Liquid hasil pencampuran mixer kemudian tekanan dinaikan menjadi 14,8 atm dengan pompa lalu dipanaskan menggunakan *heater* hingga 200°C. Kemudian diumpankan menuju reaktor. Bahan baku paraxylene dinaikan tekanan menjadi 14,8 atm menggunakan pompa dan dipanaskan hingga suhu 200°C menggunakan *heater* kemudian diumpankan masuk reaktor. Oksigen diperoleh dari udara luar yang telah melalui filter udara dan kemudian dikompresikan menggunakan kompresor hingga tekanan menjadi 14,8 atm.

Kemudian didinginkan menggunakan *rotary cooler* sampai suhu 90°C. Kemudian bahan diangkat menggunakan *bucket elevator* setelah itu dimasukkan ke dalam silo *dolomite*.

b. Tahap Oksidasi Paraxylene

Bahan baku paraxylene, asam asetat dan katalis diumpankan masuk reaktor dengan suhu 200°C dan tekanan 14,8 atm. Udara diumpankan masuk ke dalam reaktor dengan excess 20%. Reaktor yang digunakan 6 buah disusun secara paralel dengan waktu tinggal 2 jam. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis dan berlangsung pada suhu 200°C dan tekanan 14,8 atm. Dalam proses oksidasi asam asetat dibiarkan menguap keluar reaktor bersama oksigen, nitrogen dan air untuk menjaga tekanan reaktor lalu dikondensasikan menggunakan kondensor kemudian asam asetat dan air dipisahkan melalui proses *separation* liquid-gas menggunakan flash tank. Asam asetat dan air tersirkulasi kembali ke dalam reaktor sedangkan oksigen dan nitrogen dibiarkan keluar reaktor. Reaksi menggunakan *continuos stirred tank reactor*. Konversi reaksi sebesar 98% dan kemurnian produk sebesar 99,8%.

c. Tahap Pemisahan dan Pengeringan Produk

Arus keluaran reaktor berupa *slurry* diekspansikan menggunakan *expansion valve* menjadi 1 atm lalu suhu diturunkan menjadi 90°C. Kemudian diumpankan menuju *centrifuge* untuk memisahkan *slurry* dari asam

asetat, katalis dan air. Asam asetat, katalis, sisa paraxylene dan air merupakan bagian ringan lalu diumpankan masuk *vaporizer*. *Slurry* yang telah terpisahkan diumpankan menuju *crystallizer* untuk dikristalkan menjadi kristal asam terephtalat dengan proses kristalisasi secara *continue* dengan suhu 80°C (Patent WO 2007/066365). Selanjutnya kristal diumpankan masuk *rotary dryer* dengan udara panas sebagai media pemanas untuk mengurangi kadar air kristal asam terephtalat. Kemudian kristal diumpankan masuk *ball mill* untuk mengurangi ukuran butiran kristal asam terephtalat menjadi 100 mesh. Asam terephtalat kemudian diangkut menuju silo untuk penyimpanan sementara menggunakan *belt conveyor* sebelum disimpan di gudang penyimpanan .

d. Proses Recovery

Liquid ringan hasil dari *centrifuge* diumpankan masuk *vaporizer* untuk memisahkan antara katalis dan *solvent*. *Vaporizer* beroperasi pada suhu 168°C dan tekanan 1 atm. Bagian bawah berupa katalis kobalt asetat, mangan asetat dan hidrobromin yang kemudian diproses lebih lanjut untuk *catalyst recycle*. Sedangkan bagian atas berupa asam asetat dan air diumpankan menuju menara distilasi untuk memisahkan asam asetat dengan air. Air dan asam asetat diumpankan dengan suhu 107°C dengan tekanan 1 atm. Bagian atas berupa air yang kemudian diarahkan ke UPL untuk dikelola lebih lanjut. Hasil bawah menara distilasi berupa asam asetat dengan kemurnian 99,8% diumpankan kembali menuju mixer.

Reaksi pembentukan Asam Terephtalat merupakan reaksi orde 1 dengan nilai k sebesar 1,42 menit⁻¹ dengan konversi sebesar 98% (Wang,2006). Dengan persamaan kecepatan reaksi adalah sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A \quad \dots(2)$$

Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk dan keluar reaktor dapat dilihat pada **Tabel 4.** berikut

Tabel 4. Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (Kg/jam)	
	5	6	7	6	7
CH ₃ COOH	123062	-	-	123058	4,922
Co(CH ₃ COO)	22419	-	-	22419	-
Mn(CH ₃ COO)	2491	-	-	2491	-
HBr	5854	-	-	5854	-
C ₈ H ₁₀	-	24661	-	493	-
O ₂	-	-	26758	-	4905,7
N ₂	-	-	88127	-	88127
C ₈ H ₆ O ₄	-	-	-	37819	-
H ₂ O	6848	249,1	-	14847	451,5
Setimbang	300473,29			300473,29	



3. Utilitas

Kebutuhan air untuk memenuhi proses operasi pabrik direncanakan menggunakan air dari sungai Bengawan Solo. Pembangkit listrik utama pabrik ini menggunakan generator dan sebagian kebutuhan listrik disupply dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan untuk pabrik Asam Terephtalat dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Utilitas pada Pabrik Asam Terephtalat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	29.966,2375 kg/jam
Air	11.555,3526 kg/jam
Listrik	422,4481 kW
Bahan Bakar	22.820,1840 kg/jam

4. Analisis Ekonomi

Berikut daftar harga bahan baku dan produk pada prarancangan pabrik Asam Terephtalat

Tabel 6. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Asam Asetat	4.929
Kobalt Asetat	11.244
Mangan Asetat	17.503
Asam Hidrobromik	15.374
Paraxylene	14.016
Asam Terephtalat	65.391

Biaya modal yang dibutuhkan dalam perancangan pabrik Asam Terephtalat dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Total Biaya Pabrik Asam Terephtalat

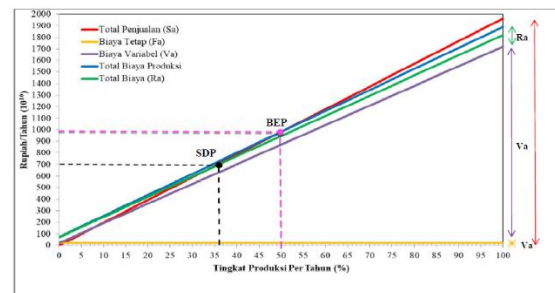
Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	744.718.199.410
WC	186.179.549.852
TCI	986.062.060.311.067.330
TPC	18.623.981.217.203

Keuntungan dapat diketahui apakah keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut apakah masuk kategori layak atau tidak untuk dapat didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonomi. Cara yang dapat digunakan untuk menunjukkan dari kelayakan ekonomi yaitu *Percent Profit On Sales* (POS), *Percent Return On Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Net Present Value* (NPV), *Interest Rate of Return* (IRR), *Break Even Point* (BEP), dan *Shut Down Point* (SDP). Hasil analisa ekonomi pabrik Asam Terephtalat dapat dilihat pada tabel 8 berikut:

Tabel 8. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	30%	Min. 11%	Layak
POT	2,2 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	50%	40-60%	Layak
SDP	35%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat diperoleh dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Even Point* (BEP) adalah titik impas atau kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi (impas). *Shut Down Point* (SDP) merupakan titik saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expanse* (Fa) dibandingkan membayar biaya produksi. Faktor penyebabnya yaitu *variable cost* yang terlalu tinggi atau karena keputusan manajemen yang diakibatkan ketidakekonomisannya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan untung (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik Asam Terephtalat dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini,



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Asam Terephtalat dengan Kapasitas 300.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Asam Terephtalat dengan Proses Oksidasi Paraxylene Kapasitas 300.000 ton/tahun yang akan didirikan di Beluk Lor, Sroyo, Kec. Jaten, Kabupaten Karanganyar pada tahun 2024. Bentuk perusahaan direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi adalah *line* dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 150 orang. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari





beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 30%, POT sebesar 2,2 tahun, BEP sebesar 50% dan SDP sebesar 35%. Sehingga dapat diketahui bahwa pabrik Asam Terephthalat layak untuk didirikan dan dapat dilanjutkan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: MC Graw Hill Book Company inc.
- Brown, G.G., Katz, D., Foust, AS and Sceidewind, R. 1950. *Unit Operation*. John Wiley & Sons. New York.
- Brownel, L.E., and Young, E.H. 1959. *Proces Equipment Design*. John Wiley & Sons. New York.
- Coulson, J., Richardson, J., Backhurst, J. & Harker, J. 1991. Vol. 2: *Particle technology and separation processes*, Oxford [etc.]: Butterworth - Heinemann.
- Icis 2013. *Icis Px, Pta, Meg Market Outlook Webinar: Asia And Middle East Markets. Market Outlook Webinar: Asia And Middle East Markets*
- Roman, et.al. 2006. *The Merck Index 14th Ed. Merck & Co. Whitehouse Station*.
- Patent WO 2007/066365. 2007. A Process For Preparing High Purity Terephthalic Acid. International Application Published Under The Patent Cooperation Treaty (PCT).
- Wang, Q.B. 2006. "*Reactive crystallization in the oxidation of paraxylene*". Ph.D. Thesis, Zhejiang University, Hangzhou, China .

