

PRARANCANGAN PABRIK PENTARITRITOL DARI ASETALDEHID FORMALDEHID DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN PROSES CANNIZARO KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

Dewi Rahmawati S^{1*}, Syarifah Annahdliyah¹

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

*Corresponding Author: syarifah.annahdliyah@gmail.com

Abstrak

Indonesia adalah suatu negara berkembang yang banyak melakukan upaya pembangunan. Salah satu pembangunan dan pengembangannya yaitu pada sektor industri. Pada perindustrian, masih terdapat beberapa bahan kimia yang harus diimpor dari luar negeri, salah satunya ialah Pentaeritritol. Kebutuhan pentaeritritol sekarang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pabrik ini direncanakan didirikan di Gresik, Provinsi Jawa Timur, Indonesia dengan kapasitas sebesar 6000 Ton/Tahun dengan luas tanah 16599 m². Pabrik ini beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan dan staff sebanyak 150 orang.

Proses yang digunakan pada pabrik pentaeritritol adalah proses Cannizaro. Proses dimana cannizaro adalah yaitu molekul benzaldehid bisa mengoksidasi ataupun mereduksi molekul benzaldehid itu sendiri. pembuatan pentaeritritol adalah dengan mereaksikan asetaldehid, formaldehid dan natrium hidroksida. Reaksi terjadi pada reaktor alir tangki berpengaduk (R-210) yang dilindungi dengan jaket pendingin. Kemudian hasil keluaran akan dialirkan ke alat Neutralizer (N-220) dan dipisahkan dengan Evaporator (V-310). Selanjutnya produk dialirkan ke centrifuge kemudian di kristalisasi menggunakan Crystalizer. Keluaran Crystalizer dialirkan ke Rotary dryer untuk dilakukan pengeringan padatan. Produk utama proses ini adalah pentaeritritol dan produk samping adalah Natrium Format.

Berdasarkan analisa ekonomi yang didapatkan terlihat bahwa pabrik ini memiliki total capital investment (FCI) sebesar Rp. 208,357,088,468,00.- pabrik ini dinyatakan layak yang dilihat dari nilai Return On Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 40% dan ROI setelah pajak sebesar 26% dengan keuntungan (laba) bersih sebesar Rp 54,392,513,936,39.- pertahun. sedangkan Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 2,07 tahun dan sesudah pajak adalah 2,9 tahun. Break Even Point (BEP) adalah 47% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 31%. Dari uraian tersebut maka pabrik Pentaeritritol dari asetaldehid formaldehid dan Natrium hidroksida dengan proses Cannizaro kapasitas 6.000 ton/tahun layak didirikan.

Kata Kunci : Asetaldehid, Formaldehid, NaOH, Pentaeritritol, Cannizaro

1. Pendahuluan

Perkembangan jaman yang semakin cepat ikut berpengaruh pada perkembangan industri, di Indonesia. Industri sendiri yaitu suatu proses untuk mengolah bahan baku menjadi bahan setengah matang atau barang matang dan mempunyai nilai jual yang tinggi dan dapat digunakan. Indonesia masih bergantung pada negara lain guna memenuhi kebutuhan industri, salah satunya adalah pentaeritritol.

Kebutuhan pentaeritritol terus naik dengan adanya industri baru, tapi hal ini belum dapat dipenuhi. Indonesia masih harus mengimpor guna memenuhi kebutuhan pentaeritritol dari luar negeri. Oleh karena itu pendirian pabrik pentaeritritol di Indonesia bertujuan untuk menutupi kekurangan

terhadap pentaeritritol. Pentaeritritol adalah senyawa organik yang mempunyai lebih dari satu gugus OH (poliol).

Tabel 1. Data Impor Pentaeritritol di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Pertumbuhan (%)
2013	5550.894	-
2014	5269.261	-5.07
2015	5083.862	-3.52
2016	5133.349	0.97
2017	5628.687	9.65
2018	5952.499	5.44
Total	27067.66	7.47
Rata-rata		1.24

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2019)



Tabel 2. Pabrik Pentaeritritol yang beroperasi di Seluruh Dunia

No.	Produsen	Negara	Kapasitas (Ton/tahun)
1	Kanoria Chemicals & Industries	India	5.000
2	Liyang Ruiyang Chemical	Cina	10.000
3	Copenor	Brazil	12.000
4	Hercules	US	22.000
5	Perstorp	Jerman	36.000

Kebutuhan pentaeritritol pada tahun 2024 dapat ditentukan juga dengan perhitungan *discounted method* dengan rumus:

$$F = P (1+i)^n$$

Keterangan :

F = Nilai pada tahun ke-n

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

i = Kenaikan data rata-rata

n = Selisih tahun (tahun ke-n)

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data impor pentaeritritol pada tahun 2014 sampai 2018 dapat dilihat bahwa peluang kapasitas pabrik pentaeritritol yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 9200 ton/tahun. Kapasitas produksi pabrik pentaeritritol yang akan didirikan yaitu sebesar 65% dari kebutuhan yang diproduksi yaitu sebesar 6000 ton/tahun untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri.

Tabel 3. Pilihan Proses

Parameter	Proses	
	Menggunakan Kalsium Hidroksida	Menggunakan Natrium Hidroksida
Kondisi operasi	- Suhu : 50 °C - P : 1 atm	- T : 30-45 °C - P : 1 atm
Yield	- 80 %	- 90%
Keuntungan	- Harga murah	- Produk memiliki kemurnian yang tinggi
Kerugian	- Memerlukan pemurnian lenih lanjut	- Harga lebih mahal

Dari beberapa pilihan proses pembuatan pentaeritritol, dipilih reaksi dengan natrium hidroksida dengan proses canizaro berdasarkan :

1. Dapat mencapai *yield* yang tinggi yaitu sebesar 90%
2. Proses operasi pada tekanan dan suhu yang rendah
3. Produk samping berupa natrium format dapat digunakan sebagai pelumas, bahan baku asam asetat dan digunakan sebagai bahan pemutih.
4. Kristal yang dihasilkan berwarna putih, sehingga tidak memerlukan pemurnian.

2. Tahap pembuatan pentaeritritol

Proses pembuatan pentaeritritol dengan natrium hidroksida sebagai media alkali dilakukan dalam 3, tahap yaitu :

1. Persiapan Bahan Baku
2. Proses Pembentukan Produk
3. Proses Pemisahan dan Kristalisasi

Persiapan Bahan Baku

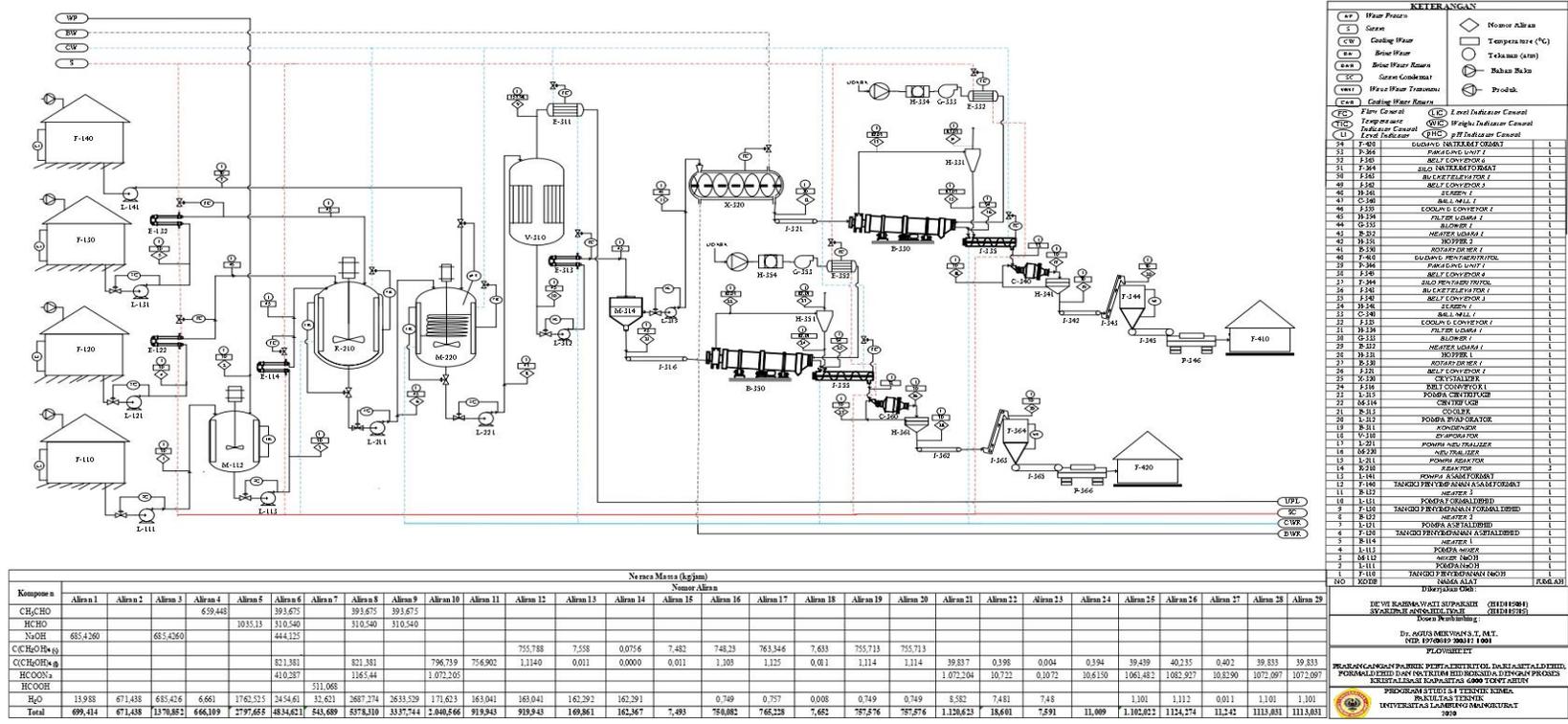
Awalnya, natrium hidroksida 98% dimasukkan ke dalam tangki *mixer* (F110) untuk diencer dengan menggunakan air untuk mendapatkan larutan natrium hidroksida 50%. Pada proses pelarutan dilakukan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Hasil pelarutan natrium hidroksida dari dalam *mixer* (F-110) kemudian dialirkan ke reaktor (R-210) untuk proses berikutnya.

Proses Pembentukan Produk

Larutan natrium hidroksida dan air lalu dialirkan ke dalam reaktor (R-210) bersama dengan penambahan asetaldehid dan formaldehid pada suhu 45°C dengan tekanan 1 atm. Didalam reaktor (R-210) formaldehid, asetaldehid, dan larutan natrium hidroksida terjadi reaksi Canizaro ialah, molekul benzaldehid bisa melakukan oksidasi maupun reduksi padamolekul benzaldehid itu sendiri.Reduksiditunjukkan denganpenambahan atom hidrogen sehingga menghasilkan alkohol, sedangkan oksidasi ditunjukkan dengan penambahan atom oksigen sehingga menghasilkan asam karboksilat. Pentaeritritol, sodium format, asetaldehid, formaldehid, dan natrium hidroksida adalah produk dari reaktor yang kemudian dialirkan ke *neutralizer* (M-310).



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA, FORMALDEHIDA DAN NATRIUM HIDROKSIDA
DENGAN PROSES KRISTALISASI KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN



Gambar 1. Process Flow Diagram Diagram Prarancangan Pabrik Pentaeritritol dari Asetaldehyd, Formaldehyd dan Natrium Hidroksida dengan Proses Canizaro Kapasitas 6.000 Ton/Tahun

Proses Pemisahan dan Kristalisasi

Natrium hidroksida akan dinetralkan dengan menggunakan asam format pada suhu 45 °C dan tekanan 2 atm dalam *neutralizer* (M-220), reaksi dilakukan sampai natrium hidroksida telah habis bereaksi. Kemudian dilanjutkan dengan proses penetralan di *neutralizer*, semua bahan akan dialirkan ke evaporator (V-310) untuk dipisahkan antara produk dan bahan sisa yang dilakukan pada tekanan 1 atm. Produk atas evaporator adalah asetaldehid, formaldehid dan air berfase uap, sedangkan produk bawah adalah pentaeritritol dalam fase larutan dan natrium format dalam berfase larutan pekat. Hasil produk atas evaporator (V-310) akan dialirkan ke (UPL) sedangkan hasil bawah akan dimasukkan kedalam *centrifuge* (M-314) untuk proses memisahkan natrium format dari larutan pentaeritritol. Hasil atas *centrifuge* adalah pentaeritritol yang diumpukan ke *crystallizer* (X-320) untuk proses pengristalan. Lalu, kristal penteritritol akan diumpukan ke dalam *rotary dryer* (B-330). Selanjutnya pentaeritritol dihaluskan menggunakan *ball mill* (C-340) sampai ukuran 200 *mesh*, lalu dilakukan proses *screening* dan proses pengepakan. Sedangkan produk bawah *centrifuge I* (M-314) berupa natrium format dialirkan ke dalam *rotary dryer* (B-350) untuk menguapkan sisa air yang masih terkandung didalamnya. Lalu natrium format alirkan ke *ball mill* (C-350) dan menyamakn ukuran di *screen* sebelum dilakukan pengepakan.

Berdasarkan Proses Diatas, Maka Didapatkan Neraca Massa Pada Reaktor Pada Proses sebagai Berikut:

Tabel 4. Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	3	4	5	6
CH ₃ CHO	-	659.448	-	393.675
HCHO	-	-	1035.13	310.540
NaOH	685.426	-	-	444.125
C(CH ₂ OH) ₄	-	-	-	821.380
HCOONa	-	-	-	410.287
H ₂ O	685.426	6.661	1762.525	2454.613
Subtotal	1370.853	666.109	2797.659	4834.621
Total	4834.621			4834.621

3. Utilitas

Sumber air untuk pabrik pentaeritritol diperoleh dari Sungai Bengawan Solo dengan debit air sebesar 617,438m³/jam. Pembangkit listrik utama menggunakan generator dengan bahan dasar *diessel oil* yang diperoleh dari PT. Pertamina dan sebagian kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN. Kebutuhan total

utilitas yang diperlukan pada operasi pabrik pentaeritritol dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Utilitas Pabrik *Precipitated Silica*

No.	Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
1	Steam	1843,442
2	Air Pendingin	65310,190
3	Air Proses	617,438
4	Air Sanitasi	2255,213
Total		69432,481

4. Analisis Ekonomi

Berikut adalah analisa ekonomi yang didapatkan :

Produk	Jumlah (kg/jam)	Harga/kg	Harga Total Per Tahun
Pentaeritritol	757,5758	139.660	837.960.000.000
Sodium nitrat	1073,1982	2.793	23.741.444.434
Total			861.701.444.434

Tabel 6. Harga Jual

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik pentaeritritol dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Pembiayaan Pabrik

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	208,357,088,486.5
WC	130,422,342,215.0
TCI	354,564,058,617.0
TPC	755,051,955,127.73

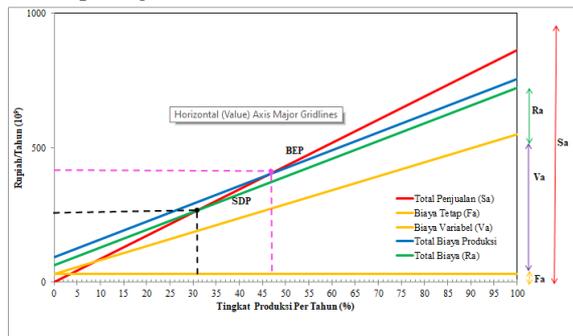
Untuk bisa mengetahui lab yang akan diperoleh besar atau kecil dan pabrik dapat dikategorikan layak atau tidak untuk dibangun maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonomi. Langkah yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi memiliki antara lain adalah *Percent Profit On Sales* (POS), *Percent Return On Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Net Present Value* (NPV), *Interest Rate of Return* (IRR), *Break Event Point* (BEP), dan *Shut Down Point* (SDP). Hasil analisa ekonomi pada pabrik Pentaeritritol dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	26%	Min. 11%	Layak
POT	2,07thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	47%	40-60%	Layak
SDP	31%	20-40%	Layak



Return On Investment (ROI) yaitu perkiraan kecepatan kembalinya keuntungan pertahun untuk mengembalikan investasi. *Pay Out Time (POT)* adalah jumlah waktu yang digunakan untuk mengembalikan modal yang dihasilkan dari laba yang didapatkan. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Even Point (BEP)* adalah titik seimbang atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point (SDP)* adalah suatu titik dimana aktifitas produksi harus dihentikan karena lebih bagus untuk menutup pabrik dan membiayai *Fixed Expense (Fa)* dibandingkan harus produksi. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen karena tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik Pentaeritritol dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Pentaeritritol Kapasitas 6.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Hasil analisa perhitungan pada Prarancangan Pabrik Pentaritritol dari Asetaldehid Formaldehid dan Natrium Hidroksida dengan Proses Kristalisasi Kapasitas 6.000 Ton/Tahun diperoleh kesimpulan Produk utama berupa Pentaeritritol sedangkan produk samping adalah Natrium Hidroksida. Bentuk hukum perusahaan yang akan direncanakan adalah berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah staf dan tenaga kerja yang dibutuhkan adalah 150 orang. Pabrik terletak di Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 16566 m². Modal investasi 354,564,058,617,00.- Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 26%, POT sebesar 2,9 tahun, BEP sebesar 47% dan SDP sebesar 31%. Dapat disimpulkan bahwa pabrik Pentaeritritol layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ketahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc-Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Badan Pusat Statistika Indonesia. 2018. *Data Ekspor-Impor*. <http://www/bps.go.id>. Diakses tanggal 10 Februari 2018.
- Faith, W.L., and Keyes, D.B. 1961. *Industrial Chemical*. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Kirk R.F and Othmer D.F. 1982. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Willey and Sons Inc. New York.
- Peters, M.S and Timmerhouse, K.D. 1991. *Plants Design and Economics for Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw-Hill Inc. Singapore.
- Ullmann. 1996. *Ullmann's Encyclopedia of Industry Chemistry 5th Edition*. Weinheim Willey-Vch Verlag GmbH & co KgaA. Germany.
- Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Hand Book*. Lamar University Beaumont. Texas.

