

PRARANCANGAN PABRIK MONOETANOLAMIN DARI ETILEN OKSIDA DAN AMONIAK DENGAN PROSES AMONOLISIS ANHYDROUS KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN
(Predesign Of Monoethanolamine Plant From Ethylene Oxide And Ammoniac By Anhydrous Ammonolysis Process Capacity 50.000 Tons/Year)

Nurazizah*, Halifa Mahdaniah, La Ifa, Fitra Jaya

¹*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

Inti Sari

Sejalan dengan tujuan pembangunan industri yaitu sebagai upaya untuk meningkatkan nilai tambah suatu bahan, maka pendirian pabrik monoethanolamin akan meningkatkan keberadaan sektor industri yang diharapkan dapat menumbuhkan perekonomian nasional Monoethanolamin (MEA) merupakan senyawa turunan etanolamin, dibuat dengan mereaksikan etilen oksida dengan amoniak. Reaksi berlangsung di dalam reaktor fixed bed multitube pada temperatur 110 °C dan tekanan 15 atm. Reaksi bersifat endotermis dan sebagai pemanas adalah steam. Kapasitas produksi monoethanolamin di rancang 50.000 ton/tahun, membutuhkan bahan baku etilen oksida dan amoniak. Utilitas berupa air sebesar 3813,5365 kg/jam, listrik 44,37 kW, steam 4116,14554 kg/jam dan bahan bakar jenis solar sebesar 207,4640 l/jam. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi didapatkan profitabilitas meliputi Rate of Investment (ROI) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 66 % dan 49 %, Pay of Time (POT) sebelum dan sesudah pajak 1,24 tahun dan 1,55 tahun dan Break Event Point (BEP) sebesar 42,13 %.

Kata Kunci: Amoniak, Etilen Oksida, Monoethanolamin, Reaktor *Fixed Bed Multitube*

Key Words : *Ammonia, Ethylene Oxide, Monoethanolamine, Fixed Bed Multitube Reactor*

Abstract

In line with the objective of industrial development, namely as an effort to increase the added value of a material, the establishment of a monoethanolamine factory will increase the existence of the industrial sector which is expected to grow the national economy. Monoethanolamine (MEA) is an ethanolamine derivative compound, made by reacting ethylene oxide with ammonia. The reaction takes place in a multitube fixed bed reactor at a temperature of 110 °C and a pressure of 15 atm. The reaction is endothermic and as a heater is steam. Monoethanolamine production capacity is designed to be 50,000 tonnes/year, requiring ethylene oxide and ammonia as raw materials. Utilities in the form of water is 3813.5365 kg/hour, electricity is 44.37 kW, steam is 4116.14554 kg/hour and diesel fuel is 207.4640 l/hour. Based on economic evaluation calculations, profitability includes the Rate of Investment (ROI) before and after tax, respectively, of 66% and 49%, Pay of Time (POT) before and after tax of 1.24 years and 1.55 years and Break Event Point (BEP) of 42.13%.,.

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
nurazizahrh99@gmail.com



Journal History

Paper received : 17 Agustus 2023
Received in revised : 25 September 2023
Accepted : 31 Oktober 2023

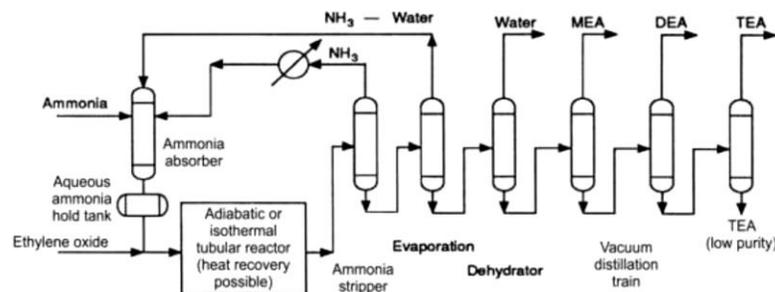
PENDAHULUAN

Monoetanolamin merupakan senyawa turunan etanolamin, yang merupakan hasil reaksi antara etilen oksida dengan amoniak. Etanolamin merupakan bahan baku berbagai produk seperti sabun dan deterjen (32%), etilen amin (20%), proses pemurnian gas (17%), pembersihan logam (10%), bahan antara (10%), kebutuhan tekstil (5%) dan lain-lain (6%). Monoetanolamin juga merupakan senyawa yang sering digunakan sebagai bahan antara dalam berbagai industri [1]. Potensi sumber bahan baku monoetanolamin di Indonesia khususnya amoniak ternyata cukup besar. Pabrik-pabrik industri kimia di Indonesia ternyata banyak menghasilkan amoniak terutama di pulau Jawa, Sumatera dan Kalimantan. Sejalan dengan tujuan pembangunan industri yaitu sebagai upaya untuk meningkatkan nilai tambah suatu bahan, maka pendirian pabrik monoetanolamin akan meningkatkan keberadaan sektor industri yang diharapkan dapat menumbuhkan perekonomian nasional. Kebutuhan akan bahan kimia golongan etanolamin (MEA, DEA, TEA) di dalam negeri dari tahun ke tahun semakin meningkat. Kegunaan monoetanolamin ini sangat diperlakukan sebagai bahan baku kosmetik, toiletries, herbisida, zat penghambat korosi, untuk pemurnian gas dan pelarut. Selama ini untuk memenuhi kebutuhan akan bahan kimia monoetanolamin, Indonesia harus mengimpornya dari luar negeri dikarenakan Indonesia belum memproduksi monoetanolamin [2]. Berdasarkan kebutuhan pasar akan monoetanolamin di Indonesia serta potensi bahan bakunya, pabrik monoetanolamin diharapkan mampu memenuhi kebutuhan pasar, mengurangi jumlah impor monoetanolamin dan meningkatkan perekonomian Indonesia.

Secara umum pembuatan monoetanolamin dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Proses Etanolamin Melalui Reaksi Amonolisis Tanpa Katalis

Bahan baku yang digunakan yaitu larutan amoniak (25-30% NH_3) yang direaksikan dengan etilen oksida cair. Dihasilkan variasi suhu (50-275°C) dan 15 tekanan (15-1500 psi). Dengan perbandingan amonia dan etilen oksida sebesar 10:1, produk yang dihasilkan sebesar 65% MEA, 26% DEA. Dan 9% TEA. Reaksi non-katalis juga dapat di jalankan menggunakan reaktor alir pipa dengan pendingin air. Kondisi operasi pada tekanan 20-120 bar dan pada suhu 50-120°C. Konversi total etilen oksida adalah sebesar 95% maka akan diperoleh produk MEA sebesar 65% massa dari keseluruhan proses amonolisis. Keunggulan dari proses non-katalitik yaitu proses ini menggunakan larutan amoniak, sehingga biaya penyimpanan larutan amoniak relatif murah dibandingkan harus mencairkan terlebih dahulu gas amoniak untuk dijadikan bahan baku. untuk kelemahannya, karena terdapat kandungan air dalam proses sehingga pada bagian akhir proses harus dipisahkan terlebih dahulu untuk mendapatkan produk dengan konsentrasi yang tinggi, untuk melakukan pemisahannya memerlukan alat pemisah sehingga harus menambahkan lagi biaya [3]. Proses etanolamin melalui reaksi amonolisis tanpa katalis ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flow Process Amonolisis tanpa Katalis

2. Proses Etanolamin Melalui Reaksi Amonolisis *Anhydrous* Dengan Katalis Silika-Alumina

Proses pembentukan etanolamin melalui reaksi amonolisis anhydrous process dengan menggunakan katalis silika-alumina (25% Al_2O_3), dan bahan baku yang digunakan ialah amoniak anhidrat (99-99,5% NH_3) dan 16 etilen oksida. Proses tersebut berlangsung pada fase cair dengan tekanan berkisar 500 psig - 2000 psig dan suhu 75°C - 132°C. Perbandingan reaktan amonia dan etilen oksida yang digunakan adalah 3 :1. Produk utama MEA yang dihasilkan sebesar 87,04% serta produk samping berupa DEA dan TEA sebesar 10,12% dan 2,10%. (US Patent 4438281). Sedangkan keunggulan proses katalitik adalah dalam proses tidak menggunakan air sehingga tidak ada proses pemisahan lagi dan produk dengan konsentrasi tinggi langsung didapatkan.

Berdasarkan uraian jenis-jenis proses diatas sehingga perbedaan pada proses pembuatan kloroform dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Pemilihan Proses Produksi

Parameter	Nama Proses	
	Amonolisis tanpa Katalis	Amonolisis <i>Anhydrous Process</i> dengan Katalis Silika-Alumina
Bahan Baku	Etilen oksida dan <i>aqueos</i> amoniak	Etilen oksida dan amoniak anhidrat
Katalis	-	Silika Alumina
Suhu Operasi	90°C	75°C - 132°C
Waktu Reaksi	138 menit	60 menit
Peralatan	Kompleks	Sederhana
Ekonomi	Amoniak sulit di- <i>recycle</i>	Amoniak dapat di- <i>recycle</i>
Konversi	95%	98%

Berdasarkan perbandingan pada tabel diatas, maka proses untuk membuat monoetanolamin yang dipilih adalah proses Amonolisis *Anhydrous* dengan Katalis Silika-Alumina. Adapun beberapa pertimbangan atas pemilihan proses tersebut, antara lain:

1. Konversi lebih tinggi yaitu sebesar 98%
2. Proses yang dipilih lebih ekonomis karena hampir semua etilen oksida terkonversi
3. Katalis berumur panjang (12-15 bulan).
4. Lebih ekonomis dan hemat energi karena tidak memerlukan peralatan dan proses pemisahan air dari produk karena tidak menggunakan air pada prosesnya (*anhydrous*).
5. Amoniak yang berlebih dapat di-*recycle* kembali.

Penentuan kapasitas suatu pabrik didasarkan pada beberapa pertimbangan diantaranya kebutuhan monoetanolamin di dalam ataupun di luar negeri dan ketersediaan bahan baku. Bersumber data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika tahun 2020, kebutuhan impor monoetanolamin di Indonesia termuat pada tabel berikut ini

Tabel 2. Data Impor Monoetanolamin

Tahun	Jumlah Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2016	1427,617	-
2017	1282,857	-0,101399745
2018	1526,21	0,189696124
2019	1460,956	-0,042755584
2020	1673,638	0,14557728
Total	7371,278	0,191118074
Rata-rata		0,04778

(Sumber: Badan Pusat Statistika 2020).

Perhitungan awal untuk kapasitas pabrik menggunakan rumus persamaan, sebagai berikut:

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

Keterangan:

A = Kapasitas pabrik tahun 2028

P = Kapasitas tahun terakhir (2020)

i = Indeks pertumbuhan rata-rata

n = Selisih tahun yang akan diprediksi.

Maka, perkiraan kapasitas produksi pada tahun 2028 adalah sebagai berikut:

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

$$A = 1673,638 (1 + 0,04778)^8$$

$$A = 2431,20 \text{ Ton/Tahun}$$

Selain kebutuhan impor monoetanolamin dalam negeri, data produsen atau pabrik monoetanolamin yang sudah beroperasi menjadi salah satu pertimbangan penentuan kapasitas minimum untuk mendirikan pabrik monoetanolamin di Indonesia, sehingga target pasar untuk negara lain atau dunia juga dapat terpenuhi. Tabel 3 menunjukkan data produsen monoetanolamin di dunia, sebagai berikut:

Tabel 3. Data Produsen MEA Wilayah Asia

Manufaktur	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Asia		
Greensoft	Daesan, South Korea	20.000
Liaoning Fushun	Changzhi, China	25.000
Mitsui Chemicals	Osaka Japan	30.000
Nippon Shokubai	Kawasaki Japan	40.000
Optimal	Kerteh, Malaysia	75.000
OUC	Lin Yuan, Taiwan	40.000

Sumber : PCI Xylenes & Polyesters, 2004

Berdasarkan data yang telah diperoleh diatas, maka kapasitas pabrik monoetanolamin yang akan beroperasi di Indonesia pada tahun 2028 adalah sebesar 50.000 Ton/Tahun, yaitu 25% dari total kapasitas produksi Monoetanolamin di Asia.

METODE PENELITIAN

Proses pembuatan monoetanolamin dilakukan melalui reaksi fase cair-cair antara etilen oksida dan amonia melalui beberapa tahapan yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku

Proses pembuatan monoetanolamin dengan bahan baku yang digunakan adalah etilen oksida dan amoniak. Bahan baku etilen oksida yang berasal dari PT. Polychem Indonesia disimpan di dalam tangki penyimpanan dengan kondisi operasi temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Bahan baku ke-2 yaitu amoniak yang berasal dari PT Pupuk Kujang disimpan di dalam tangki penyimpanan (T-02) dengan kondisi operasi temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya, kedua bahan baku ini akan dialirkan ke Reaktor 01. Proses pencampuran umpan segar dan *recycle* terjadi di *Mix Point*, kemudian aliran setelah pencampuran tersebut menuju reaktor 01. Sebelum masuk ke dalam reaktor 01, aliran dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu di dalam reaktor yaitu 110°C dan tekanannya dinaikkan menjadi 15 atm. Proses pemanasan aliran umpan menggunakan alat *heat exchanger*.

2. Tahap reaksi pembentukan

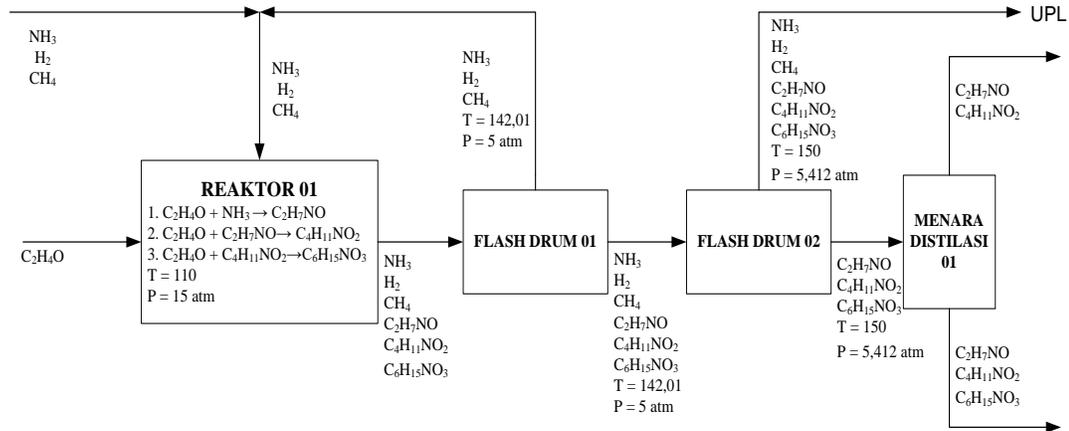
Proses pembentukan produk monoetanolamin terjadi di dalam reaktor 01, yaitu reaktor *fixed bed multitube*. Proses berlangsung pada kondisi operasi temperatur 110°C dan tekanan 15 atm. Reaktor ini berisi katalis padat yaitu silika-alumina. Perbandingan umpan molar amoniak dengan etilen oksida ialah 3 : 1 dan dengan produk utama monoetanolamin serta produk samping berupa dietanolamin dan trietanolamin. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor 01 bersifat endotermis, sehingga perlu dijaga temperaturnya dengan cara mengalirkan steam pada bagian *shell* / cangkang reaktor.

3. Tahap pemurnian produk

Tahap pemurnian dilakukan dengan menggunakan menara distilasi (MD-01). Pada menara distilasi (MD-01), produk utama dipisahkan dengan produk samping dengan kondisi operasi temperatur 142,01°C dan tekanan 15 atm. Hasil atas dari Menara Distilasi-01 ialah berupa produk monoetanolamin 95%, dan hasil bawah merupakan produk samping. Monoetanolamin kemudian dialirkan menuju *cooler* 1 untuk diturunkan temperaturnya sebelum disimpan

di Tangki Penyimpanan Produk (T-04) , sementara aliran bawah yang berupa produk samping dialirkan menuju cooler 2 yang kemudian akan disimpan di Tangki penyimpanan produk samping (T-05) [2].

Tahapan proses pemuatan monoetanolamin beserta data kualitatifnya dapat dilihat pada Gambar 2.

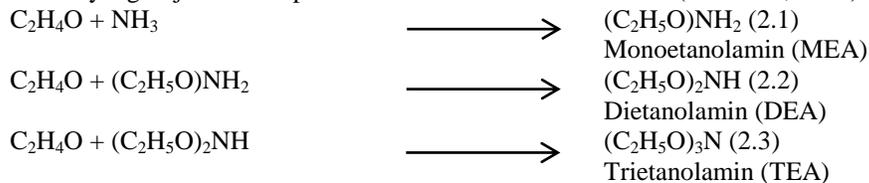


Gambar 2. Diagram Alir Kualitatif

PEMBAHASAN

Produk utama dari pabrik yang direncanakan adalah Monoetanolamin. Monoetanolamin merupakan senyawa turunan etanolamin, yang merupakan hasil reaksi antara etilen oksida dengan amoniak. Etanolamin merupakan bahan baku berbagai produk seperti sabun dan deterjen (32%), etilen amin (20%), proses pemurnian gas (17%), pembersihan logam (10%), bahan antara (10%), kebutuhan tekstil (5%) dan lain-lain (6%). Monoetanolamin juga merupakan senyawa yang sering digunakan sebagai bahan antara dalam berbagai industri[2].

Reaksi yang terjadi dalam pembuatan monoetanolamin adalah (Laurence, 2003) :



Jumlah kebutuhan air yang dibutuhkan untuk semua kebutuhan sebanyak 3813,5365 kg/jam. Sumber air baku yang akan digunakan berasal dari aliran sungai. Pada pabrik digunakan uap sebagai media pemanas alat-alat perpindahan panas. Uap diproduksi dalam ketel dengan total kebutuhan pabrik sebesar 4116,14554 kg/jam.

Tenaga listrik pada pabrik digunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya. Total kebutuhan listrik merupakan jumlah kebutuhan listrik untuk peralatan proses produksi, penerangan pabrik, alat transportasi bahan dan keperluan lain. Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik monoetanolamin dapat dipenuhi oleh PLN (Persero). Selain itu juga digunakan generator sebagai cadangan yang harus siap setiap saat apabila ada gangguan listrik pada PLN. Adapun total kebutuhan listrik pada pabrik monoetanolamin adalah 44,7 kW. Bahan bakar yang digunakan untuk ketel uap dan pembangkit tenaga listrik (generator) adalah minyak solar karena minyak solar efisien dan mempunyai nilai bakar yang tinggi, dengan total kebutuhan solar 207,4640 liter/jam. Analisis ekonomi digunakan untuk menentukan apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah *Percent Profit on Sales* (POS) Waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*, POT) Titik impas (*Break event Point*, BEP) Shut down point (SDP) [9] [10].

Perhitungan harga alat sesuai dengan kapasitas alat yang akan digunakan dengan kurs dollar sebesar Rp.15.043. *Fixed Capital Investment* (FCI) atau modal tetap sebesar Rp 223.485.742.662 dan *Working Capital Investment* (WCI) atau modal kerja sebesar Rp 170.942.116.113. Harga penjualan produk Monoetanolamin dengan kemurnian 95% sebanyak 50.000 Ton/tahun adalah sebesar Rp 800.000.000.000 dengan keuntungan setelah dikurangi pajak adalah sebesar Rp 110.470.690.403

Percent Profit on Sales (POS)

Percent profit on sale adalah satuan keuntungan, baik sebelum atau setelah pajak-pajak, dinyatakan sebagai persentase dari satuan harga jual. Jadi *profitability* dinyatakan dalam *term* batas antara biaya dan harga penjualan. Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi diketahui nilai POS sebelum pajak yaitu 18% dan sesudah pajak 14%.

Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi diketahui nilai POT sebelum pajak yaitu selama 1,24 Tahun dan sesudah pajak selama 1,55 tahun.

Return of Investment (ROI)

Return of Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan berdasarkan jumlah investasi yang dikeluarkan. Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi, didapatkan nilai ROI sebelum pajak 66 % dan sesudah pajak sebesar 49 %.

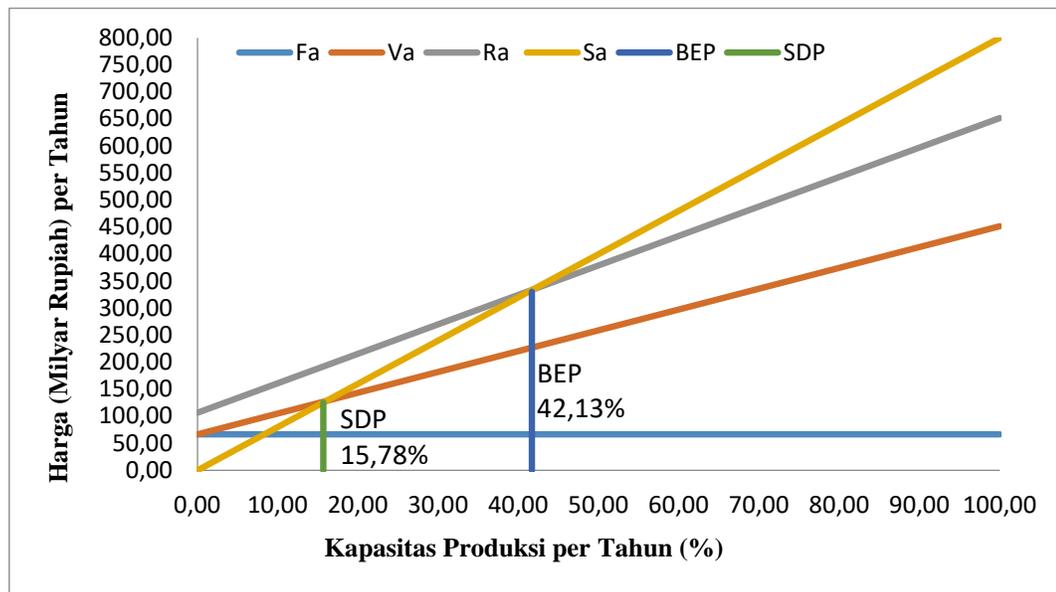
Break Event Point (BEP)

Break Event Point merupakan titik impas atau kondisi jumlah biaya dan penghasilan dari suatu pabrik sama besar (tidak untung dan tidak rugi). Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi didapatkan nilai BEP sebesar 42,13%.

Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik impas atau kondisi penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk pabrik dan membayar *Fixed Expense* dibandingkan harus terus melakukan produksi. Berdasarkan analisis ekonomi didapatkan nilai SDP sebesar 15,78%.

Break Event Point (BEP) dan *Shut Down Point (SDP)* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Break Event Point* dan *Shutdown Point*

KESIMPULAN

Prarancangan pabrik monoetanolamin dari etilen oksida dan amoniak dengan proses *amonolisis anhydrous* kapasitas 50.000 ton/tahun direncanakan dengan bentuk perusahaan adalah *Perseroan Terbatas (PT)* dengan sistem *garis dan staf*, membutuhkan tenaga kerja sebanyak 150 orang. Pabrik direncanakan didirikan di Krakatau Industrial Estate Cilegon, Banten dengan luas tanah 41.000 m². Kebutuhan berupa air sebesar 3813,5365 kg/jam, listrik 44,37 kW, *steam* 4116,14554 kg/jam dan bahan bakar jenis solar sebesar 207,4640 l/jam Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik didapatkan nilai *Profitabilitas* meliputi *Rate of Investment (ROI)* sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 66 % dan 49 %, *Pay of Time (POT)* sebelum dan sesudah pajak 1,24 tahun dan 1,55 tahun dan *Break Event Point (BEP)* sebesar 42,13 % [3].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aries, R .S. and R. D. Newton, Chemical Engineering Cost Estimation, New York: MC Graw hill Book Company inc, 1955.
- [2] Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2020.
- [3] Khamzah and Malik, R. A... “Prarancangan Pabrik Monoetanolamin Dari Etilen Oksida Dan Amoniak Dengan Proses *Amonolisis Anhydrous* Kapasitas 35.00 ton/tahun”. Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [4] La Ifa and Nurdjannah, “Ekonomi Pabrik”. Makassar: Waode Group National Publishing, 2019
- [5] Laurence, A. B. , “Transport Phenomena for Chemical Reaction Design”, New Jersey : John Wiley & Sons. Inc. Hoboken, 2003.
- [6] PCI Xylenes & Polyesters, 2004
- [7] Riegel, E. R., and Kent, J. A., “Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology”, Amerika : Springer Publisher, 2007..
- [8] Technical Bulletin, “ Monoethanolamine.”, The Woodlands, Texas: Hunstman Corporation, 2011.
- [9] Wibowo, H dan Adiwiguna, R “Pra Rancangan Pabrik Monoetanolamin Dari Etilen Oksida dan Ammonia Menggunakan Proses *Anhydrous* dengan Kapasitas 30.000 MT/Tahun”, Bandung : Politeknik Negeri Bandung, 2012.