

Prarancangan Pabrik Ammonia dari Hidrokarbon dan Udara dengan Proses KBR dengan Disain Alat Utama CO₂ Stripper

Emiliana¹⁾, Muhammad Iwan Fermi²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

Email : emiliana0954@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The need for ammonia increases along with the number of finished products that use ammonia as a raw material in the manufacturing process. Ammonia is widely used in the fertilizer industry, textile industry and as a refrigerant. The main raw materials used in manufacture of ammonia by the KBR (Kellogg Braun and Root) process are natural gas and air. This plant is planned to operate for 330 days per year and work continuously for 24 hours/day with capacity of 350,000 ton/year which will be established in Dumai, Riau. The remaining time for 1 year of the operation process is used for shutdown, plant maintenance, maintenance and repair of equipment. The design of the main equipment in this plant is CO₂ Stripper which functions to regenerate monodiethanolamine solvent by releasing carbon dioxide from monodiethanolamine solution. CO₂ Stripper is operated at a pressure of 10 Bar and a temperature of 85 °C. The economic analysis on the design of this plant shows that the ammonia plant from hydrocarbons and air is feasible to be established with the profits that the plant gets after tax is Rp. 867,865,241,024/year and the plant's Payback Period (PBP) is 1.8 years.

Keywords: Ammonia, Economic Analysis, Natural Gas, Hydrocarbon, Plant Design

1. PENDAHULUAN

Ammonia merupakan salah satu bahan kimia yang memiliki banyak kegunaan untuk industri, seperti bahan baku pada pembuatan pupuk, refrigeran, industri tekstil, farmasi dan lain lain (Grand View Research, 2017). Kebutuhan ammonia meningkat seiring dengan banyaknya produk jadi yang menggunakan ammonia sebagai bahan baku dalam proses pembuatannya. Meningkatnya kebutuhan ammonia ini tidak seimbang dengan kapasitas produksi pabrik ammonia yang sudah ada, Hal ini menyebabkan adanya pembangunan pabrik ammonia baru sangat menjanjikan untuk didirikan.

Gas alam dan udara merupakan salah satu bahan baku utama dalam pembuatan ammonia. Menurut Kementerian Sumber Daya dan Minyak Bumi (2018), cadangan gas alam di Indonesia masih cukup banyak yaitu sekitar 94,36 TSCF dan bisa

digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Selain itu, gas alam di Indonesia sudah banyak dieksploitasi. Dari total eksploitasi gas alam di Indonesia, pada tahun 2017 sebanyak 58,59% digunakan sendiri dan 41,41% diekspor (ESDM, 2018). Sehingga gas alam sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan ammonia dimana akan lebih menguntungkan Indonesia.

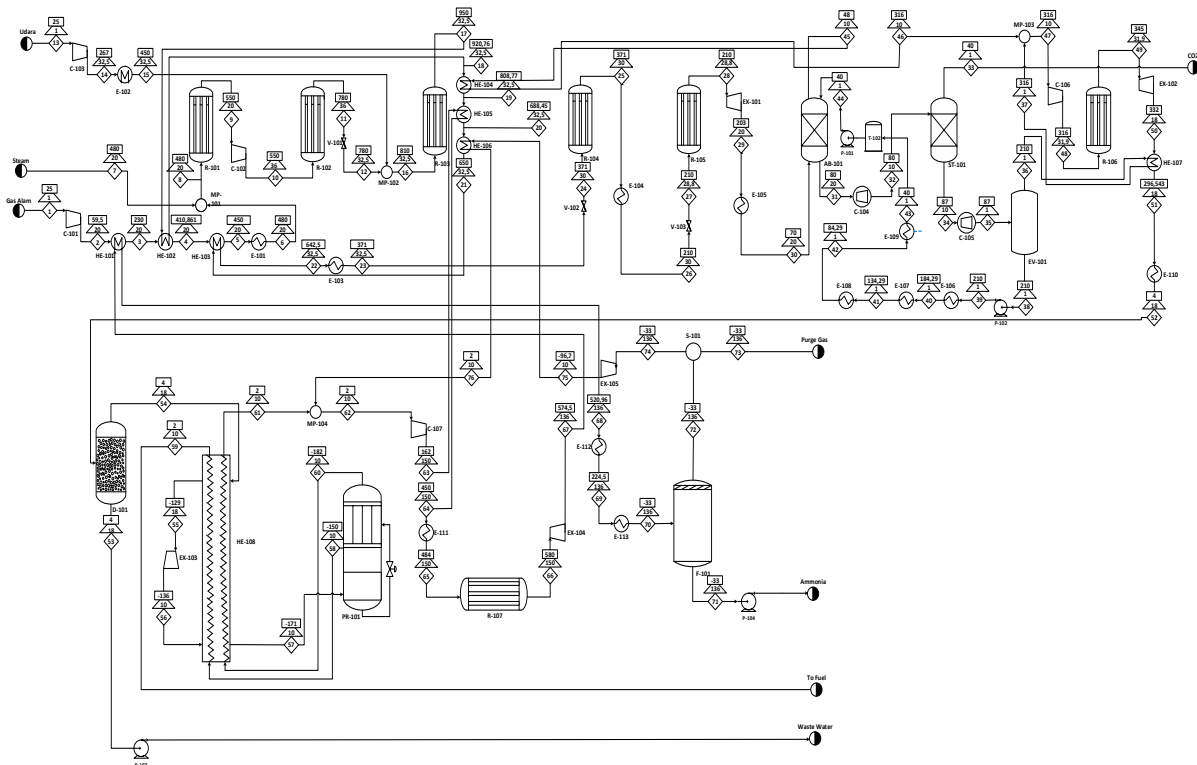
Kebutuhan ekspor ammonia di dunia terutama di wilayah Asia Pasifik sangat besar (Mordor Intelligence, 2018). Sementara itu, menurut MC Group (2019), pertumbuhan pasar di wilayah Asia Pasifik dari tahun 2019-2024 cenderung meningkat sebesar 5%. Faktor utama yang meningkatkan kebutuhan ammonia di dunia adalah pertumbuhan pasar pada industri agrikultur dan bahan peledak. Dua bahan ini menggunakan ammonia sebagai

bahan baku utama dalam proses pembuatannya. Industri agrikultur mendominasi pemasaran ammonia. Pada tahun 2018, sebanyak 80% hasil produksi ammonia digunakan untuk industri agrikultur (Epps, 2019). Oleh karena itu, Indonesia yang berada di kawasan Asia Pasifik dengan kandungan gas alam yang banyak, sangat berpotensi untuk membangun pabrik ammonia yang baru untuk

memenuhi kebutuhan ekspor ammonia di dunia.

2. DESKRIPSI PROSES

Pabrik ammonia dari hidrokarbon dan udara dirancang menggunakan proses KBR (*Kellog Braun and Root*). *Flowsheet* proses pembuatan ammonia ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Flowsheet* Proses Pembuatan Ammonia dengan Proses KBR

Gas alam yang terdiri dari 91,87% CH_4 , 5,66% C_2H_6 , 1,60% C_3H_8 , 0,79% iC_4H_{10} , 0,08% N_2 dan 0% CO_2 disintesis pada unit *pre-reformer* menggunakan katalis $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ untuk mereformasi hidrokarbon yang lebih berat menjadi metana dengan menggunakan *steam*. Kemudian, gas yang sudah disintesis diteruskan ke *primary reformer* yang berfungsi untuk mengkonversi CH_4 menjadi gas sintesa berupa H_2 , CO dan CO_2 . Kemudian, metana yang belum terkonversi di *primary reformer* dikonversi kembali pada *secondary reformer* dengan penambahan udara berlebih sekitar 50% dan katalis

ruthenium, sehingga gas sintesa yang terbentuk memiliki kandungan gas CH_4 <1%.

Gas sintesa yang dihasilkan dari unit *reformer* diteruskan ke unit *High Temperature Shift Converter* (HTSC) dan *Low Temperature Shift Converter* (LTSC) dengan dua tahap operasi menggunakan suhu tinggi dan suhu rendah untuk mengubah CO menjadi CO_2 , sehingga sisa kandungan gas CO pada keluaran LTSC kurang dari 0,3%. Selanjutnya gas diteruskan ke unit *removal CO_2* yang terdiri dari *CO_2 absorber* dan *CO_2 stripper* menggunakan *solvent αMDEA* dengan konsentrasi 30%. Gas keluaran dari unit

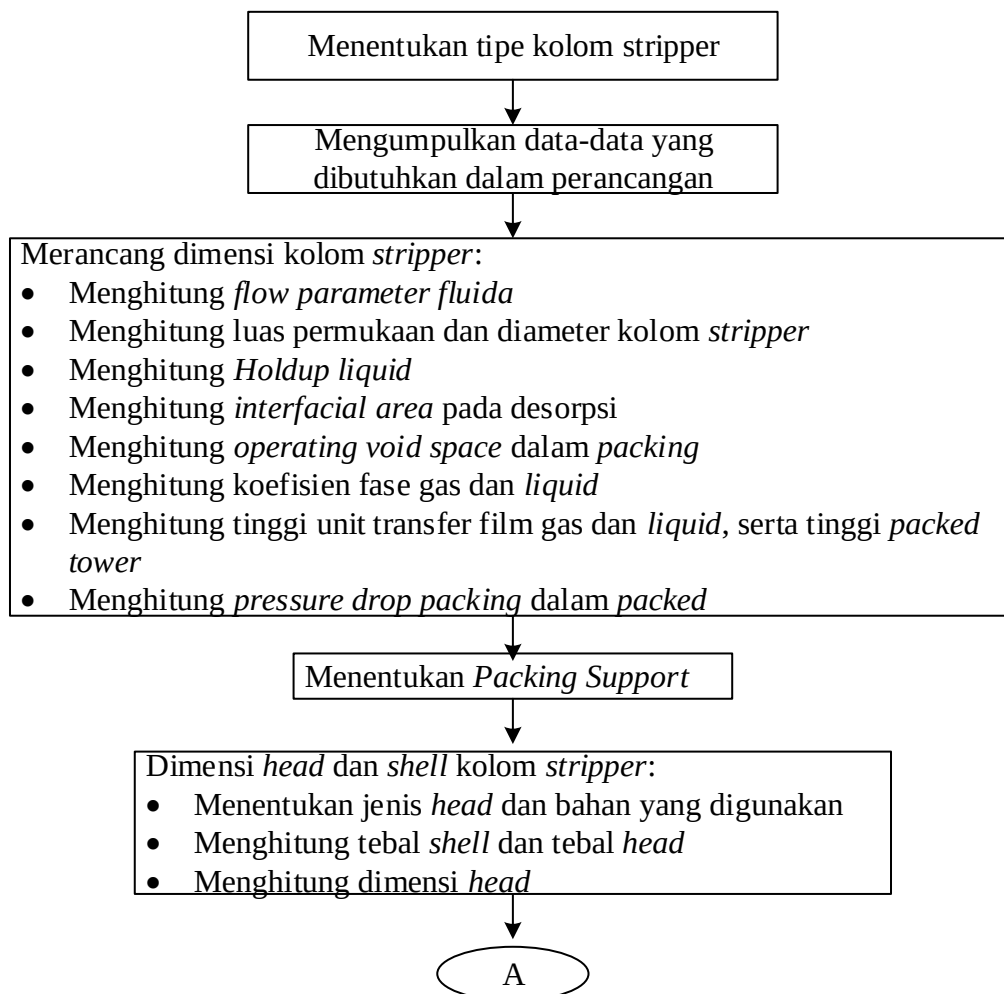
CO₂ removal masih mengandung sedikit CO dan CO₂ yang merupakan racun bagi katalis pada *ammonia converter*, sehingga gas tersebut dilewatkan melalui katalis metanasi untuk mengubah sisa CO dan CO₂ menjadi metana. Kemudian, gas dari metanator didinginkan menggunakan refrigeran sampai suhunya menjadi 4°C sebelum dilakukan pengeringan kandungan air yang terdapat dalam gas sintesa menggunakan *activated carbon* dengan siklus operasi 24 jam.

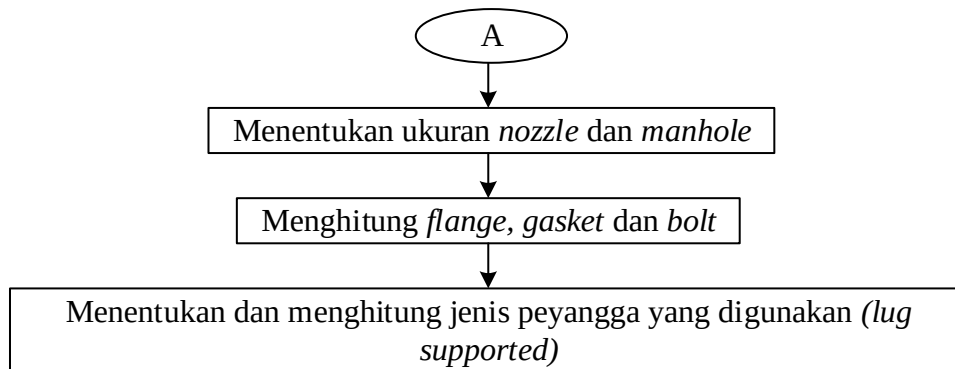
Hasil gas sintesa diteruskan ke unit *purification Braun* untuk menghasilkan H₂ dan N₂ yang murni dengan rasio mol H₂:N₂ yaitu 3:1 dan sisa gas sintesa berupa N₂ dan CH₄ digunakan sebagai *fuel*. Gas yang telah dimurnikan beserta dikompresi tekanannya menjadi 150 bar setelah digabungkan dengan *recycle gas* yang

tidak bereaksi dari *ammonia converter*. Dalam mengkonversi H₂ dan N₂ menjadi ammonia, dalam *ammonia converter* gas akan melewati tiga *bed* katalis *magnetit* (Fe₂O₃) untuk menghasilkan konversi sebesar 19%. Hasil gas sintesa tersebut diteruskan ke *flash drum* untuk memisahkan ammonia cair dengan *purge gas* yang akan di *recycle* ke unit *ammonia converter* kembali. Kemudian, produk ammonia diteruskan ke penyimpanan.

3. METODOLOGI PERANCANGAN CO₂ STRIPPER

Metodologi perancangan CO₂ Stripper dilakukan dengan langkah-langkah yang ditampilkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan CO_2 Stripper

4. DISAIN CO_2 STRIPPER

CO_2 stripper (ST-101) didisain untuk meregenerasi pelarut α MDEA (monodiethanolamine) dengan melepaskan karbon dioksida dari larutan α MDEA yang di stripping menggunakan steam. Kolom stripper yang digunakan yaitu jenis packed tower. Menurut Treybal (1981), packed tower memiliki beberapa keunggulan seperti membutuhkan tekanan yang lebih kecil, nilai rasio antara liquid/gas yang diperoleh tinggi, serta packed tower biasanya menahan liquid dalam waktu pendek sehingga kerusakan solven akan lebih sukar terjadi dan bisa digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

Adapun spesifikasi hasil perancangan CO_2 stripper (ST-101) ditampilkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

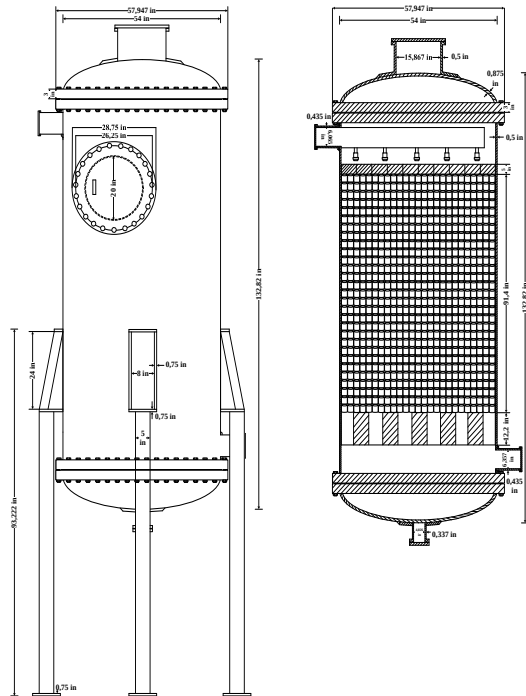
Tabel 4.1 Data Spesifikasi CO_2 stripper

LEMBAR SPESIFIKASI			
Nama Alat	CO ₂ Stripper	Kode Alat	ST-101
Fungsi	Memisahkan gas Carbon Dioksida dari larutan αMDEA		
Jenis	Packed Bed Column		
KONDISI OPERASI			
Tekanan Operasi (Bar)			10
Temperatur Operasi (°C)			85
Laju Alir Umpan (Kg/jam)			311481
Laju Alir Gas (Kg/jam)			60197,8
Laju Alir Liquid (Kg/jam)			251284,1
Laju Alir Stripping Agent (Kg/jam)			63364,632
MATERIAL AND DESIGN			
Bahan			Carbon

	Steel SA-285 Grade C
Tebal Shell, t_s (in)	0,5
Inside Diameter, ID (m)	1,3
Outside Diameter, OD (m)	1,372
Luas Permukaan Stripper, A (m^2)	1,327
Height of Transfer Unit, H_{toL} (m)	1
Number of Transfer Unit, N_{toL}	2,322
Tinggi Packed, Z (m)	2,322
Pressure Drop Packing, $\Delta P/Z$ (N/m^2)	1744,331
Tinggi Kolom Stripper (m)	3,375
Jenis Packing	Rasching ring
Material Packing	Ceramic
Ukuran Packing (in)	2
Wall thickness (in)	0,236
Diameter partikel packing, d_s (in)	0,0725
Void space, ϵ	0,74
Packing Factor, A_p (m^{-1})	92
MATERIAL AND DESIGN HEAD STRIPPER	
Bahan	Carbon Steel SA-285 Grade C
Jenis Sambungan	Single welded butt joint with backing strip
Efisiensi Sambungan	0,8
Inside Diameter (in)	51,207
Outside Diameter (in)	54

Tebal <i>Head</i> (in)	0,875
Tinggi <i>Head</i> (in)	12,108

Adapun gambar design *CO₂ stripper* (ST-101) dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Design *CO₂ Stripper*

Spesifikasi disain mekanis *CO₂ Stripper* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi Disain Mekanis *CO₂ Stripper*

MATERIAL AND DESIGN PIPA DAN NOZZLE		
	Bahan	Ukuran
<i>Input Umpan</i>	Carbon Steel SA-106 Grade A	6 in
<i>Output Top</i>	Seamless Alloy Steel SA-335 P1	16 in
<i>Output Bottom</i>	Carbon Steel SA-106 Grade A	4 in
<i>Input Stripping agent</i>	Carbon Steel SA-106 Grade A	6 in
MATERIAL AND DESIGN FLANGE, GASKET DAN BOLT		
Bahan Material <i>Gasket</i>	Soft Steel	
Bahan Material <i>Flange</i>	Carbon Steel SA-240	

	Grade A
Bahan Material <i>Bolt</i>	Carbon Steel SA-193 Grade B6
Diameter <i>Gasket</i> (in)	54,127
Tebal <i>Flange</i> (in)	3
<i>Outside Diameter Flange, OD</i> (in)	57,947
Tebal <i>Gasket</i> (in)	0,051
<i>Bolt size</i> (in)	0,25
<i>Minimum Radial Distance, R</i> (in)	1,375
<i>Edge Distance, E</i> (in)	1,0625
Jumlah <i>Baut</i>	35
<i>Jarak Radial Bolt Circle</i> (in)	0,686
MATERIAL AND DESIGN LUG SUPPORT	
Tinggi <i>lug support</i> (in)	93,222
Tebal <i>plate, t_p</i> (in)	0,75
Panjang <i>plate, b</i> (in)	8
Tebal <i>gusset, t_g</i> (in)	0,75
Jarak antar <i>gusset, x</i> (in)	8
Jumlah <i>gusset, n</i>	2
Tinggi <i>gusset, h</i> (in)	24

5. ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi terhadap perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik tersebut untuk didirikan. Dalam mendirikan pabrik, dibutuhkan *plant cost estimation* dan *production cost estimation*. *Plant cost estimation* merupakan perkiraan ekonomi pendirian suatu pabrik hingga pabrik tersebut beroperasi. Biaya ini termasuk *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI). Pada industri kimia perhitungan WCI yaitu 10-20% dari *Total Capital Investment* (Peters et al, 2003). Yang termasuk *Plant cost estimation* seperti biaya peralatan utama, biaya instalasi, serta biaya listrik. Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 5.1, diperoleh FCI sebesar Rp 1.721.561.555.904, WCI sebesar Rp 303.804.980.454 dan TCI atau *plant cost estimation* sebesar Rp 2.025.366.536.358.

Production cost estimation adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan pada pengolahan bahan baku menjadi bahan jadi dan sampai produk berada di pasar. Total biaya produksi terdiri dari *manufacturing*

cost, *fixed charge*, dan *plant overhead cost* (Peters et al, 2003). Adapun hasil perhitungan total biaya produksi ditampilkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.1 *Plant Cost Estimation*

Direct Cost (DC)		
Biaya Peralatan (E)		Rp 327.470.948.134
<i>Instalation equipment and painting</i>	47% E	Rp 153.911.345.623
Instrumentasi dan kontrol	36% E	Rp 117.889.541.328
<i>Piping</i>	68% E	Rp 222.680.244.731
<i>Electrical system</i>	15% E	Rp 49.120.642.220
<i>Building</i>	18% E	Rp 58.944.770.664
Fasilitas pelayanan	70% E	Rp 229.229.663.694
<i>Yard improvement</i>	10% E	Rp 32.747.094.813
<i>Land</i>	4% E	Rp 13.098.837.925
Total		Rp 1.205.093.089.133
Indirect Cost (IC)		
Teknisi dan supervise	8% FCI	Rp 137.724.924.472
<i>Construction</i>	10% FCI	Rp 172.156.155.590
<i>Legal expenses</i>	2% FCI	Rp 34.431.231.118
Kontigensi	8% FCI	Rp 137.724.924.472
<i>Contractor fee</i>	2% FCI	Rp 34.431.231.118
Total		Rp 516.468.466.771
Fixed Capital Invesment (FCI)	DC + IC	Rp 1.721.561.555.904
Working Capital Investment (WCI)	15% TCI	Rp 303.804.980.454
Total Capital Invesment (TCI)	FCI + WCI	Rp 2.025.366.536.358

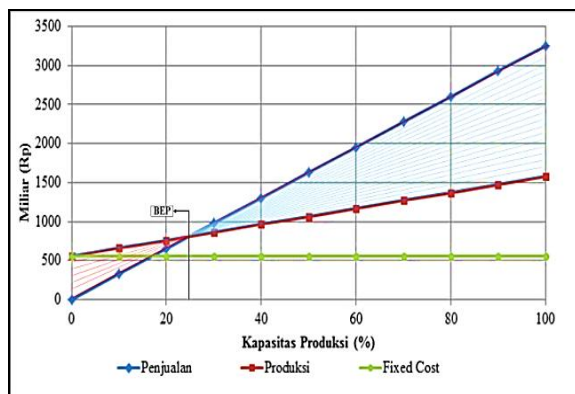
Tabel 5.2 *Estimasi Total Biaya Produksi*

Direct Production Cost (DPC)		
<i>Raw material</i>		Rp 687.123.522.599
<i>Operating labor (OL)</i>		Rp 22.538.760.000
<i>Direct supervisory</i>	15% OL	Rp 3.380.814.000
Utilitas	20% TPC	Rp 314.783.268.352
<i>Maintenance & repairs (MR)</i>	2% FCI	Rp 34.431.231.118
<i>Operating supplies</i>	15% MR	Rp 5.164.684.668
<i>Laboratory charges</i>	10% OL	Rp 2.253.876.000
<i>Patents and royalty</i>	1% TPC	Rp 15.739.163.418
Total		Rp 1.085.415.320.155
Fixed Charges (FC)		
Depresiasi	5% FCI	Rp 86.078.077.795
<i>Local taxes</i>	2% FCI	Rp 34.431.231.118
Asuransi	1% FCI	Rp 17.215.615.559
<i>Interest</i>	1% FCI	Rp 20.253.665.364
Total		Rp 157.978.589.836

Plant Overhead Cost (POC)	8% TPC	Rp 125.913.307.341
Manufacturing Cost (MC)	DPC + FC + POC	Rp 1.369.307.217.332
General Expenses (GE)		
<i>Administration cost</i>	3% TPC	Rp 47.217.490.253
<i>Distribution and marketing cost</i>	5% TPC	Rp 78.695.817.088
<i>Research and development cost</i>	5% TPC	Rp 78.695.817.088
Total		Rp 204.609.124.429
Total Production Cost (TPC)	MC + GE	Rp 1.573.916.341.760

Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari laba yang diperoleh, *payback period* (PBP), *Break Event Point* (BEP) dan *Return On Investment* (ROI). *Payback period* menunjukkan seberapa cepat proyek dapat mengembalikan investasi. *Payback Period* pabrik ini yaitu selama 1,8 tahun. Nilai ini menunjukkan bahwa pabrik ammonia layak untuk didirikan karena pengembalian modal kurang dari 5 tahun masa operasi.

Break Event Point (BEP) merupakan titik dimana hasil produksi pabrik tidak memberikan keuntungan dan juga tidak rugi. Biasanya BEP disebut sebagai titik impas antara pendapatan dan biaya produksi yang diperoleh dari kapasitas produksi. Pada pabrik ini nilai BEP yang diperoleh sebesar 25%.



Gambar 5.1 Grafik Perhitungan BEP

Return On Investment (ROI) merupakan perkiraan tingkat keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Nilai ROI yang diperoleh pada pabrik ammonia ini adalah 42,85%.

6. KESIMPULAN

CO₂ stripper didisain untuk meregenerasi pelarut α MDEA dengan melepaskan *CO₂* dari larutan α MDEA yang di *stripping* menggunakan *steam* serta menggunakan jenis *packing ceramic rashing ring*.

Evaluasi analisa ekonomi perancangan pabrik ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan keuntungan yang diperoleh pabrik setelah pajak adalah Rp 867.865.241.024/tahun, *Return On Investment* (ROI) pabrik adalah 42,85%, *Break Event Point* (BEP) adalah 25%, *Internal Rate of Return* (IRR) adalah 35,5%, dan *Payback Period* (PBP) pabrik selama 1,8 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Epps, A. 2019. *Ammonia Market Growth Analysis by Revenue, Size, Share, Scenario on Latest Trends & Types, Applications Forecast 2019 to 2024*. diakses 14 Agustus 2020. <https://downstreamnewz.com/ammonia-market-growth-analysis-by-revenue-size-share-scenario-on-latest-trends-type-s-applications-forecast-2019-to-2024/1451/>.

Grand View Research. 2017. *Ammonia Market Analysis By Product Form (Liquid, Gas, Powder), By Application (Fertilizers, Textile, Pharmaceuticals, Refrigerants), By Region, And Segment Forecasts, 2018 - 2025*. diakses 14 Agustus 2020. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/ammonia-market>.

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). *Neraca gas bumi indonesia 2018-2027*. Jakarta: Ditjen Migas.
- MCGroup. (2019). *Ammonia: 2019 World Market Outlook and Forecast Up to 2028*. Merchant Research and Consulting Ltd.
- Mordor Intelligence. (2018). *Ammonia Market - Growth, Trends, and Forecast (2019 - 2024)*. diakses 14 Agustus 2020. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ammonia-market>.
- Peter, M.S., K.D. Timmerhaus., dan R.E. West. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Treybal, R., E. (1981). *Mass Transfer Operation, Third Edition*. Singapura: McGraw-Hill Book Company.