

PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI AMONIA DAN ASAM KLORIDA DENGAN PROSES *DIRECT NEUTRALIZATION* KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN

Muhammad Rezky Ramadhani^{1,*}, Rizali Aris Rahman¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Jenderal Achmad Yani KM 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

*E-mail: rizaliarisrahman@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam dunia industri begitu cepat, sehingga berdampak pada tumbuhnya berbagai industri di Indonesia, seperti industri kimia. Hal tersebut juga didukung oleh kondisi wilayah Indonesia yang memiliki sumber daya alam melimpah. Satu diantara yang ada pabrik akan relatif baik dibesarkan ialah pabrik amonium klorida. Amonium klorida ialah suatu mineral yang cukup banyak digunakan pada industri, baik untuk bahan mentah belum jadi serta bahan memberikan kemudahan proses. Kegunaan Amonium Klorida menjadi bahan standar digunakan pada pembuatan sel baterai kering di industri batu baterai. Melainkan, dapat dipergunakan untuk bibit standar dalam pabrik pupuk, bahan mempermudah proses dalam pabrik farmasi, pemrosesan aneka macam komponen amonia, penyepuhan, sanitasi dan menjadi bibit buat agar salju tidak meleleh. Pembangunan pabrik ini keinginan agar terpenuhinya keperluan amonium klorida dalam negeri sekaligus menaikkan pendapatan per kapita negara.

Pabrik ammonium klorida ini diproduksi dengan mereaksikan amonia dan asam klorida. Proses pembuatan ammonium klorida dapat dilakukan dengan *direct neutralization*. Sebelum direaksikan dengan asam klorida dan amonia terlebih dahulu di uapkan agar membentuk gas. Gas asam klorida dan amonia direaksikan dalam *fluidized bed reactor*. Gas asam klorida dan amonia dimasukkan dari bawah reaktor. Sehingga akan terjadi fluidasi antara gas umpan dengan pembentukan kristal amonium klorida. Dalam reaktor akan dipisahkan antara kristal amonium klorida dengan gas sisa secara langsung menggunakan siklon. Konversi dalam reaktor sebesar 99,5% dengan waktu reaksi 0,025 detik. Kemudian kristal amonium klorida diangkut kearah Rotary Dryer agar kering mencapai kadar air 0,5%. Setelah kering dilakukan penggilingan menggunakan Ball Mill dan penyaringan agar diperoleh ukuran 100 mesh menggunakan screen. Selanjutnya kristal amonium klorida dikemas dalam packaging unit.

Pabrik ammonium klorida ini diproduksi menggunakan kapasitas 110.000 ton/tahun pada 330 hari kerja selama 1 tahun serta rencana berjalan di tahun 2027. Lokasi pabrik direncanakan didaerah Santan Tengah, Marang Kayu, Kalimantan Timur menggunakan luas area 34.997 m². Pekerja diperlukan sebesar 157 orang menggunakan bentuk perusahaan PT (Perseroan Terbatas) serta memakai bentuk organisasi line dan staff. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai analisa ekonomi yaitu ROI (Return on Investment) sehabis pajak buat industri yang direncanakan adalah sebanyak 15,82 %, POT (Pay Out Time) sehabis pajak sebanyak 4,2 tahun. Melainkan dari itu nilai akibat produksi BEP (Break Even Point) adalah 45% kapasitas, dan SDP (Shut Down Point) adalah 29 %. Pada nilai diatas menggambarkan bahwa layak buat dipertimbangkan berdirinya pabrik tersebut serta bisa dikaji lebih mendalam buat perencanaannya.

Kata kunci: Asam klorida, amonia, amonium klorida, kristal, *direct neutralization*.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam dunia industri begitu cepat, sehingga berdampak pada tumbuhnya berbagai industri di Indonesia, seperti industri kimia. Hal tersebut juga didukung oleh kondisi wilayah Indonesia yang memiliki sumber daya alam melimpah. Satu diantara yang ada pabrik akan relatif baik dibesarkan adalah industri amonium klorida.

Amonium klorida (NH₄Cl) merupakan taram balur yang bersifat terlarut pada air.

Komponen ini biasa ada didalam material vulkanik yang terbentuk secara alami (Ullmann, 2005). Amonium Klorida merupakan keliru satu bahan yang relatif banyak dipergunakan pada industri kimia, baik menjadi bahan baku dan bahan penunjang. Kegunaan Amonium Klorida menjadi bahan standar digunakan pada pembuatan sel baterai kering di industri batu baterai. Melainkan, dapat dipergunakan untuk bibit standar dalam pabrik pupuk, bahan mempermudah proses dalam pabrik farmasi,



pemrosesan aneka macam komponen amonia, penyepuhan, sanitasi dan menjadi bibit buat agar salju tidak meleleh (Kirk & Othmer, 1997).

Pembuatan Amonium Klorida dapat dilakukan dengan proses netralisasi. Proses netralisasi pada pembuatan Amonium Klorida menggunakan bahan baku amonia (NH_3) serta asam klorida (HCl). Kedua bahan tersebut praktis dihasilkan pada pada negeri sehingga menunjang dalam pembuatan pabrik Amonium Klorida dengan proses netralisasi di Indonesia.

Pada data pembelian produk ammonium klorida di Indonesia yang dilihat dari BPS (Badan pusat Statistik), dalam beberapa tahun ini mengalami peningkatan. oleh karena itu, atas pertimbangan hal-hal tadi, pendirian pabrik Amonium Klorida diharapkan bisa merangsang pertumbuhan industri kimia yg memakai Amonium Klorida menjadi bahan bakunya. Selain itu, besar harapan devisa negara asal industri kimia dapat meningkat.

Tabel 1.1 Pertumbuhan Pembelian Amonium Klorida di Indonesia (BPS, 2022).

Tahun	Impor Asam Fosfat (Ton)	Pertumbuhan (%)
2017	27.643,934	-
2018	42.467,919	0,35
2019	95.387,354	0,55
2020	198.373,952	0,52
2021	143.964,406	-0,38
Rata-rata		0,21

Pada data diatas maka menggunakan perhitungan dibawah guna mengetahui konsumsi pada tahun 2027:

$$M_5 = P \times (1 + i)^n$$

Keterangan: M_5 = Data di tahun ke-n
 P = Jumlah data tahun sekarang (ton/tahun)
 I = Bertambahnya data rata-rata
 n = Perbedaan tahun (tahun ke-n)

Sehingga konsumsi asam sulfat pada tahun 2027

$$M_5 = 143.964,406 (1 + (0,21))^6 = 451.821,977 \text{ ton/tahun}$$

Setelah pabrik mulai beroperasi, kegiatan tidak dihentikan namun diasumsikan nilai impor akan berkurang hingga 80% (Kusnarjo, 2010). Sehingga nilai m_1 adalah:

$$m_1 = 20\% \times m_5 = 0,2 \times 451.821,977 \text{ ton/tahun} = 90.364,3954 \text{ ton/tahun}$$

Peluang kapasitas produksi Amonium Klorida pada 2027 (m_3) dapat ditentukan dengan persamaan (Ulrich D. Gael, 1984) :

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

Keterangan :

m_1 = Data pembelian negara 2027 (ton/tahun) diasumsikan 20% (Kusnarjo, 2010) dari nilai impor pada data terakhir sebesar 90.364,3954 ton/tahun

m_2 = Penghasilan industri negeri (ton/tahun) sebab belum ada pabrik yang memproduksi Ammonium Klorida di Indonesia sehingga m_2 dimisalkan 0

m_3 = Jumlah produksi pabrik yang direncanakan tahun 2027 (ton/tahun)

m_4 = Data penjualan negara pada 2027 (ton/tahun) Nilai ekspor pada 2007 diasumsikan 0 dikarenakan produk Ammonium klorida berfokus pada kebutuhan dalam negeri

m_5 = Nilai konsumsi pada 2027 (ton/tahun) Dari hasil perhitungan nilai m_5 sebesar 451.821,977 ton/tahun

Jadi,

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) = (0 + 451.821,977) - (90.364,3954 + 0) = 361.457,5816 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1. 1 Nilai Kapasitas dihasilkan Bahan Baku di Indonesia

Bahan Baku	Pabrik	Kapasitas per tahun
Amonia	PT. Panca Amara Utama	700.000 MT
	PT Pupuk Sriwidjaja Palembang	1.470 MT
	PT. Pupuk Kalimantan Timur	2.740 MT
Asam Klorida	PT Asahimas Chemical	400.000 Ton
	PT Indo chlor Prakarsa Industries	130.000 MT



Tabel 1.3 Jumlah Dihasilkan Pabrik Amonium Klorida di Dunia

No	Perusahaan	Jumlah (Ton/Tahun)
1.	Shanxi Wencheng Chemicals Co., Ltd (China)	6.000
2.	Shandong Xingyuan Fertilizer Technology Co., Ltd (China)	36.000
3.	Diaxi of Chemical Zuoping Equipment Education Co., Ltd. (China)	80.000
4.	Alkali Tuticorin Chemicals and Fertilizers Limited (India)	162.000
5.	Plant Soda Ash Tianjin (China)	800.000
Rata-rata		216.800

Berdasarkan data kebutuhan Amonium Klorida memakai perhitungan discounted, tersedianya bibit standar dan jumlah produksi industri sedang berjalan sehingga besarnya jumlah produksi industri amonium klorida akan didirikan pada tahun 2027 sebanyak 30% (Kusnarjo, 2010) berasal jumlah prediksi kebutuhan nasional yaitu 108.437,2745 ton/tahun lalu dibulatkan menjadi 110.000 ton/tahun.

2.1 Uraian Proses

Seleksi proses pembuatan amonium klorida dari asam klorida dan amonia terlihat pada **Tabel 2.1** sebagai berikut.

Tabel 2.1 Proses Pembuatan Amonium Klorida

No	Parameter	Macam-macam proses		
		Direct Neutralization	Solvay process	Methatesis
1	Aspek bahan baku			
	Bahan baku yang digunakan	NH ₃ , HCl	NH ₃ , CO ₂ , NaCl, H ₂ O	(NH ₄) ₂ SO ₄ , NaCl
2	Kondisi operasi			
	Tekanan	1 atm	-	1 atm
	Suhu	25 °C	150 °C	117 °C
3	Aspek teknis			
	Reaksi	Eksotermis	-	Endotermis
	Konversi	99,5%	97%	97%
	Produk Samping	Tidak Ada	Ada	Ada

2.6 Uraian Proses

Proses pembentukan amonium klorida secara umum ada 3 tahapan, yaitu:

1. Mempersiapkan bibit standar dan sistem penguapan.
2. Reaksi netralisasi dan kristalisasi.
3. Pengemasan produk

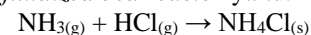
2.6.1 Mempersiapkan Bibit Standar dan Sistem Penguapan

Cairan Amonia berasal wadah pengumpulan (-33°C, 1 atm) dipompa menuju vaporizer untuk diuapkan hingga suhu 0,3°C tekanan 1 atm. Uap amonia dinaikkan suhunya hingga 25°C menggunakan *heater*.

Pada sisi lain, HCl 33% berasal wadah pengumpulan tersimpan pada fase cair dengan suhu 25°C, tekanan 1 atm. HCl akan diuapkan hingga suhu 18,31°C dengan vaporizer. Kemudian dinaikkan suhunya menggunakan *heater* hingga 25°C.

2.6.2 Pereaksian dan Kristalisasi

HCl gas serta amonia direaksikan dalam *fluidized bed reactor*. Kondisi operasi *fluidized bed reactor* 25°C dengan tekanan 1 atm. Gas HCl dan gas amonia dimasukkan dari bawah reaktor. Sehingga akan terjadi fluidasi antara gas umpan dengan pembentukan Kristal Amonium Klorida. Dalam reaktor akan dipisahkan antara kristal Amonium Klorida dengan gas sisa secara langsung menggunakan siklon. Konversi dalam reaktor sebesar 99,5% dengan waktu reaksi 0,025 detik (Luria & Cohen, 1979), yang akan terjadi reaksi pada *fluidized bed reactor* yaitu.



Kemudian kristal Amonium Klorida diangkut menuju Rotary Dryer kearah *Rotary Dryer* agar kering mencapai kadar air 0,5%. Setelah kering dilakukan penggilingan menggunakan *Ball Mill* dan penyaringan agar diperoleh ukuran 100 mesh menggunakan *screen*. Selanjutnya kristal Amonium Klorida dikemas dalam *packaging unit*.

2.6.3 Tahap Pengemasan Produk

Kristal Amonium Klorida dialirkan ke packaging unit kemudian dibungkus pada woven plastik dengan massa 25 kg dalam gudang penyimpanan produk untuk disimpan sebelum didistribusikan.

3. Utilitas

Utilitas memiliki peranan sangat penting yang wajib terdapat pada perencanaan pendirian industri kimia. Unit utilitas merupakan bagian dari sistem penghasil produk yang



memfasilitasi kegiatan berjalannya proses produksi industri, yang memiliki tanggung jawab pada penyediaan keperluan biasanya yang diharapkan oleh pengoperasian seperti pemanas kekuatan listrik dan kebutuhan air. Kewajiban yang dilakukan pada utilitas yaitu.

- a. Menjaga dan Mengamankan secara berkesinambungan pada pengoperasian produk dengan menjalankan oleh tenaga yang handal.
- b. Mendistribusikan persediaan *steam*, listrik, dan air pada keperluan operasi industri, dan keperluan rumah, serta keperluan pendinginan operasi industri dengan air pendingin.

Pada perencanaan pendirian industry Amonium Klorida ini menyediakan unit utilitas sebagai berikut:

1. Unit pengolahan keperluan air
2. Unit Penyedia Uap (*steam*)
3. Unit Penghantar Listrik
4. Unit penyedia sumber energi
5. Unit pengolah limbah

Keperluan air pendingin di holistik pabrik pembuatan Amonium Klorida artinya 426,0978 L/jam, menggunakan memperhitungkan faktor kebocoran dan keamanan, maka diharapkan kebutuhan pendingin berupa air yang wajib disiapkan 10% lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan biasanya. Oleh sebab kebutuhan pendingin berupa air yang disiapkan berjumlah: 468,7076 L/jam, Kebutuhan air umpan boiler di pabrik pembuatan Amonium Klorida merupakan 10.204,6076 L/jam. menggunakan memperhitungkan faktor evaporasi kebocoran serta keamanan, maka diharapkan kapasitas air umpan boiler yang wajib disiapkan 10% lebih besar dibandingkan menggunakan keperluan biasanya. sebagai akibatnya kapasitas air umpan boiler disiapkan sebesar 11.225,0684 L/jam, air proses sebesar 14.628,9426 L/jam, persediaan uap panas berjumlah 349,3705 kg/jam dan penghantar daya listrik berjumlah 1.643,2095 kW. Listrik disuplai dari KDM (Kaltim Daya mandiri) sebanyak 34 MW serta generator pabrik yg dibangun sendiri sebagai tenaga listrik cadangan.

5. Hasil Evaluasi Ekonomi

Penganalisaan ekonomi perlu pengerjaan buat diketahui pabrik akan direncanakan apakah menguntungkan atau kerugian. Baik dari segi finansial atau ekonomi, salah satu industri disebutkan stabil dan sehat apabila terpenuhinya kewajiban finansial baik kedalam maupun keluar dan memunculkan laba yang layak bagi industri

serta pemilik industri. Kewajiban ekonomi kedalam pada beraneka ragam beban pembiayaan produksi yaitu bibit standar, bibit memfasilitasi peralatan proses, biaya karyawan, peryediaan piutang untuk dagang. Selain dari itu, kewajiban pembayaran keluar yaitu pembayaran pinjaman bank serta bunganya. Adapun hasil evaluasi ekonomi pabrik amonium klorida dapat dilihat pada **Tabel 5.1** berikut.

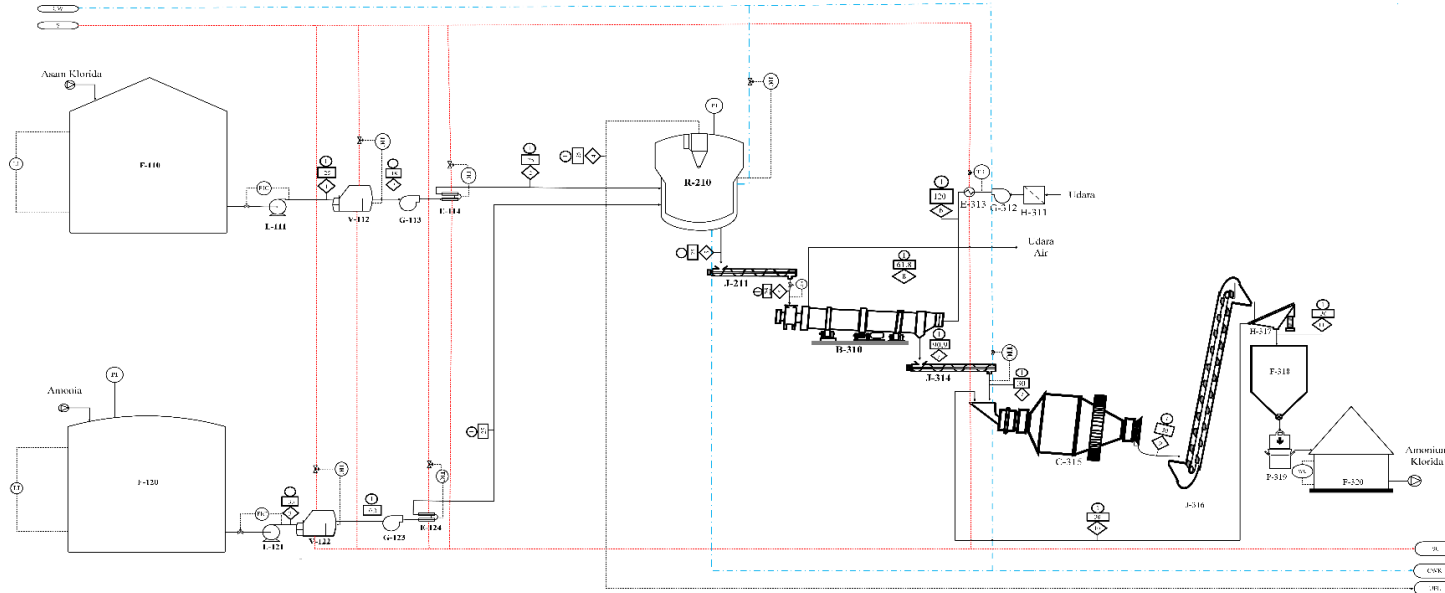
Tabel 5.1 Evaluasi Ekonomi Pabrik Amonium Klorida

Analisa	Nilai	Range	Keterangan
ROI	15,82 %	11-44%	Baik
POT	4,2 tahun	2-5 tahun	Pembayaran Cepat
BEP	45 %	40-60%	Layak
SDP	29 %	20-40%	Layak

ROI (*Return on investment*) merupakan tingkatan laba diperoleh hasil pada tingkat penanaman modal yang dibiayai. ROI digambarkan pada persentase tahunan. Untuk industri kimia persentase ROI sebelum pajak 23,34 % merupakan pengembalian cepat dan 15,82 % pengembalian lambat. POT (*Pay out time*) ialah lama kembalinya modal yang didapatkan atas laba dicapai. Hasil ini dibutuhkan agar diketahui waktu penanaman modal dilakukan agar kembali. POT pada industri kimia dengan pengembalian cepat selama 2 tahun dan pengembalian lambat selama 5 tahun. BEP (*Break Event Point*) ialah titik seimbang (pada keadaan yang mana industri tergambaran penghasilan dan biaya sama atau tidak mengalami untung maupun rugi). Adanya BEP (*Break Even Point*) kita bisa menentukan tingkat nominal jual dan kapasitas unit jual secara minimum dan jumlah nominal dan penjualan wajib dicapai agar didapatkan keuntungan. SDP (*Shut down point*) adalah penentuan kegiatan produksi wajib diberhentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expanse* (Fa) dibandingkan wajib produksi. Adapun penyebab itu ialah Pengeluaran terlalu tinggi, atau karena keputusan manajemen akibatnya berdampak pada ekonomi suatu aktivitas produksi (tidak mendapatkan keuntungan). Grafik evaluasi ekonomi pabrik amonium klorida tertera pada **Gambar 5.1** sebagai berikut.



PROCESS ENGINEERING DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI
AMONIA DAN ASAM KLORIDA DENGAN PROSES
DIRECT NEUTRALIZATION KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (Kg/Jam)										
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11
HCl	9523,2244	9475,6083	-	47,378	-	-	-	-	-	-	-
NH ₃	-	-	28713,9644	24322,7339	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ Cl	-	-	-	-	13819,4607	-	13819,4607	-	14348,7460	529,2853	13819,4607
H ₂ O	19335,0313	96,6752	144,2913	4,8194	236,1471	-	69,4282	166,7190	72,0873	2,6591	69,4282
Udara	-	-	-	-	2811,1216	-	-	2811,1216	-	-	-
Total	28858,2557	9572,2835	28858,2557	24374,9313	14055,6078	2811,1216	13888,8889	2977,8406	14420,8333	531,9444	13888,8889

Gambar 5.2 Process Flow Diagram Pabrik Amonium Klorida

SIMPULAN	
Aliran Proses	Aliran Proses

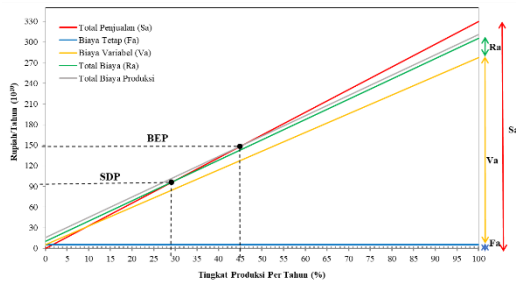
23	04-100	GEJANG AMONIUM KLORIDA	1
22	04-109	PUMP KNO3-101	1
21	F-210	DRUM AMONIUM KLORIDA	1
20	04-107	DRUM KNO3	1
19	04-106	DRUM ELEKTROLIT	1
18	F-210	DRUM SILE	1
17	F-210	DRUM SILE	1
16	E-313	HEATER 1	1
15	G-313	BLOWER ROTARY MIXER	1
14	R-310	REACTOR	1
13	R-210	REACTOR	1
12	E-211	SCRUBBER	1
11	R-210	REACTOR	1
10	R-211	REACTOR 2	1
9	G-211	REACTOR	1
8	V-212	VALVE	1
7	L-111	PUMPA AMONIA	1
6	04-100	KANALISASI AMONIA	1
5	L-114	REACTOR	1
4	G-115	BLOWER	1
3	V-112	VALVE	1
2	L-111	PUMPA ASAM KLORIDA	1
1	04-100	KANALISASI ASAM KLORIDA	1
01	04-100	KANALISASI	1

NUTRANSIAR DEPT. KEMENTERIAN (100841002)
 DEPT. KEMENTERIAN (100841000)

Diproses oleh:
 Hani Anwarul N. N. S. No.
 (190622124101000)

PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI AMONIA DAN
 ASAM KLORIDA DENGAN PROSES DIRECT NEUTRALIZATION
 KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS ANGGRANI SURABAYA
 SURABAYA



Gambar 5. 1 Break Event Point dan Shutdown Point Prarancangan Pabrik Amonium Klorida dengan Kapasitas 110.000 Ton/Tahun,

6. Kesimpulan

Hasil analisa perhitungan pada prarancangan pabrik pembuatan amonium klorida dari asam klorida dan amonia didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Rancangan pabrik yang direncanakan berkapasitas 110.000 ton/tahun.
2. Bentuk perusahaan menurut hukum yang berlaku direncanakan ialah Perseroan Terbatas (PT).
3. Sistem organisasi direncanakan ialah line and staff berjumlah pekerja diperlukan 157 orang.
4. Pabrik terletak di daerah kawasan Santan Tengah, Marang Kayu, Kalimantan Timur dengan luas area 34.997 m².
5. Analisis ekonomi:
 - Penanaman modal: Rp 632.273.946.853,00.
 - Biaya produksi: Rp 3.110.201.515.163,00.
 - Hasil penjualan: Rp 3.300.000.002.640,00.
 - Laba sebelum pajak: Rp 131.834.232.245,00
 - Laba sesudah pajak: Rp 85.692.250.960,00
 - Keuntungan penjualan sebelum pajak: 3,99 %
 - Keuntungan penjualan sesudah pajak : 2,60 %
 - Pengembalian modal sebelum pajak: 23,34 %
 - Pengembalian modal sesudah pajak: 15,82 %
 - Waktu kembali modal sebelum pajak: 3,1 tahun
 - Waktu kembali modal sesudah pajak: 4,2 tahun
 - Net present value ratio: 1,2283
 - Interest rate of return: 15,90 %
 - Break event point: 45 %.
 - Shut down point: 29 %.

Dari perhitungan analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa industri amonium klorida dengan bahan baku asam klorida dan amonia ini layak untuk dipertimbangkan dan dikaji kembali.

Daftar Pustaka

Abbot, M. ., Van Ness, H., & Smith, J. (2001). *Thermodynamic Chemical Engineering to Introduction* (Sixth Edit). Hill Book McGraw Company.

- Afrox. (2015). *MSDS Ammonia*.
- Alibaba. (2022a). *Ammonium Klorida*. indonesian.alibaba.com/g/ammonium-chloride.html
- Alibaba. (2022b). *Harga Bahan Baku Dan Produk*. <https://indonesian.alibaba.com/>
- Aries & Newton, R. D (1955). *Estimation-Kupdf.Net_Chemical-Engineering-Aries-Amp-Newton.Pdf*. Hill Book McGraw Company.
- Biochemical. (2001). *MSDS Hydrochloric Acid*. <https://doi.org/10.1002/047084289x.rh032>
- BPS. (2022). *Impor Ammonium Klorida*. www.bps.go.id
- Banchero Julius T., dan Badger, Walter L. 1957. *Chemical Engineering to Introduction*. Singapore: Hill Book McGraw Company.
- Brownell, L. E. (1959). *Process Equipment Design* (Vol. 3, Issue 3, p. 408). Sons & John Wiley Inc. <https://books.google.com/books?id=QtQWiZSkBzMC&pgis=1>
- Bur, M., Nazaruddin, Mahyuddin, A. I., & Samudra, J. (2017). Karakteristik Pengayakan Getar Dengan Sumber Eksitasi Poros Eksentrik. *Teknik Mesin, ITB, 15*(1).
- Carl Yaws L. (1999). *Chemical properties handbook: physical, , health related properties for organic and inorganic chemicals and thermodynamic, environmental, transport, safety Carl L Yaws*. Hill-McGraw.
- Cepci. (2022). *Plant Cost Chemical Engineering Indec*. <https://www.chemengonline.com/pci-home>
- Coker, K. A. (2001). *Reactor Design and Modeling of chemical kinetics*. In *Technology*. Gulf Publishing Company.
- Cotton, F. Albert., & Wilkinson, G. (1989). *Kimia Anorganik Dasar*. Universitas Indonesia.
- Dollar, K. (2022). *Kurs Rupiah ke Dollar*. <https://kursdollar.org/>
- Fogler, H. S. (2004). *Reaction Of Element Engineering Chemical* (Third Edit). Hall Prentice of India.
- Geankoplis, Lepek, D. H., & C. J., Hesel, A. A. (2018). *Separation Process Principles And Transport Process* (Fifth Edit). Prentice Hall.
- Green, D. W., & Perry, H. R. (2008). *Perry's Chemical engineers Handbook* (Eighth Edi). Hill-McGraw.
- Heath, S. B. (1935). 987 572.



- Hesse, C.H. and Rushton, J.H., "Design Equipment Process", D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.
- Hill, J., & G., C. (1977). *An Introduction Reactor Design To Chemical Engineering Kinetics* & John Wiley & Sons Inc.
- Indotrading. (2022). *Harga HCl*. https://www.indotrading.com/company_hydrochloric-acid_8755/
- Indra, S., Dedi, T., & Ikhwan, R. (2016). Sistem Kendali Suhu, Kelembaban Dan Level Air Pada Pertanian Pola Hidroponik. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 03(01), 1–10.
- Kern, D. Q. (1965). *Heat Transfer Process*. Hill McGraw Book Company.
- Kirk, & Othmer, D. F. (1997). *Encyclopedia of Chemical Technology, vol.23, 4nd edition*. John Wiley & Sons Inc.
- Kusnarjo. (2010). *Desain Pabrik Kimia*.
- Lamudi. (2022). *Harga Tanah*. <https://www.lamudi.co.id/central-sulawesi/land/buy/>
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Engineering Reaction* (Third Edit, Vol. 35, Issue 9). John Wiley & Sons Inc. [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(80\)80138-2](https://doi.org/10.1016/0009-2509(80)80138-2)
- Luria, M., & Cohen, B. (1979). Kinetics of gas to particle conversion in the NH₃-HCl system. *Atmospheric Environment*, 14(6), 665–670. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(80\)90050-5](https://doi.org/10.1016/0004-6981(80)90050-5)
- Matche. (2022). *Harga Alat*. <http://matche.com/equipcost/Default.html>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operation Of Chemical Engineering* (Fifth Edit). McGraw-Hill.
- McMillan, G. K., & Considine, D. M. (1999). *Controls Handbook Process And Industrial Instruments* (Fifth Edit). Hill-McGraw.
- MSDS Ammonium Chloride. (2014). *Lembar Data Keselamatan Bahan*.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th ed*. McGraw-Hill Book Company.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003). Chemical Engineers for Plant Design and Economics. In *News.Ge* (fifth Edit). Hill- McGraw.
- Sinnott, R. K. (2005). *Chemical Engineering Design* (Fourth Edi). Elsevier Heinemann-Butterworth.
- Thompson, S., & Shipman, P. D. (2013). Patterns, oscillations, and microtornadoes: Extreme events in vapor-to-particle reaction zones. *Procedia IUTAM*, 9, 138–164. <https://doi.org/10.1016/j.piutam.2013.09.013>
- Treybal, R. E. (1981). *Mass Transfer Operation* (Third Edit). McGraw-Hill. <https://doi.org/10.4161/cbt.4.3.1637>
- Ullmann, F. (2005). *Industrial Chemistry of Encyclopedia*. John Wiley & Sons.
- Ulrich D. Gael. (1984). *A Guide to Economicand Chemical Engineering Process Design s*. John Willey and Sons Inc.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. Hill- McGraw.

