

PRARANCANGAN PABRIK AMMONIUM PERKLORAT DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 2500 TON/TAHUN

Prawita Dhewi ¹⁾, Ratnawati ¹⁾

1) Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia

E-mail: witadhewi@gmail.com

Abstrak

Amonium perklorat (NH_4ClO_4) dihasilkan dari reaksi pertukaran ion sodium perklorat dengan amonium klorida yang kemudian diproses kristalisasi sehingga menghasilkan garam anhidrat. Senyawa ini berbentuk kristal tidak berwarna dan bersifat sebagai oksidator kuat. Amonium perklorat memiliki beberapa penggunaan utama, terutama dalam bidang dirgantara, militer, kembang api dan piroteknik, karena sifatnya sebagai oksidator kuat. Pertumbuhan pasar amonium perklorat terutama didorong oleh peran vitalnya sebagai oksidan dalam bahan bakar roket padat (propelan) untuk aplikasi kedirgantaraan dan pertahanan. Di Indonesia Perusahaan yang memproduksi amonium perklorat sampai saat ini belum ada, sehingga kebutuhan akan amonium perklorat dipenuhi melalui pasokan impor. Selain dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, pendirian pabrik amonium perklorat akan membuka lapangan kerja bagi Masyarakat. Pabrik ini rencananya akan didirikan di Gresik dengan kapasitas produksi sebesar 2500 ton per tahun. Pabrik amonium perklorat dirancang akan mulai berproduksi pada tahun 2028. Proses pembuatan amonium perklorat menggunakan metode amoniasi dan kristalisasi. Ammonium perklorat yang dihasilkan memiliki kemurnian 99,67%. Bahan baku pembuatan amonium perklorat terdiri dari sodium perklorat (NaClO_4) sebanyak 9284,3327Kg/hari, amonium klorida (NH_4Cl) 4261,0081Kg/hari dan air sebagai pelarut sebanyak 52508,8179Kg/hari. Kedua bahan tersebut setelah dilarutkan dengan air bersuhu 90°C kemudian dialirkan kedalam reactor CSTR untuk diproses amoniasi. Setelah larutan tersebut tercampur homogen kemudian larutan amonium perklorat dialirkan ke tangki kristalisasi untuk pembentukan kristal pada suhu $14,8^\circ\text{C}$ pada tekanan 1atm. Produk kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan rotary dryer pada suhu 120°C .

Kata kunci: Ammonium Perklorat, Amoniasi, Kristalisasi.

Pendahuluan

Amonium perklorat (NH_4ClO_4) dihasilkan dari reaksi pertukaran ion sodium perklorat dengan amonium klorida yang kemudian diproses kristalisasi sehingga menghasilkan garam anhidrat. Senyawa ini berbentuk kristal tidak berwarna dan bersifat sebagai oksidator kuat. Ketiga jenis garam perklorat yang telah diproduksi dengan kuantitas besar adalah amonium perklorat, potasium perklorat dan natrium perklorat [1]. Perklorat pertama kali dipelajari pada abad ke-19 sebagai bagian dari pengembangan kimia anorganik. Penggunaan amonium perklorat secara besar-besaran dimulai pada era Perang Dingin, ketika perlombaan senjata dan eksplorasi luar angkasa mendorong kebutuhan akan bahan bakar roket yang efisien dan stabil.

Amonium perklorat memiliki beberapa penggunaan utama, terutama dalam bidang dirgantara, militer, kembang api dan piroteknik, karena sifatnya sebagai oksidator kuat. Pertumbuhan pasar amonium perklorat terutama didorong oleh peran vitalnya sebagai oksidan dalam bahan bakar roket padat (propelan) untuk aplikasi kedirgantaraan dan pertahanan. Industri ini membutuhkan teknologi propulsi berkinerja tinggi dan dapat diandalkan. Dalam propelan roket padat komposisi amonium perklorat memegang kandungan mencapai 70% sampai dengan 80% [1].

Kebutuhan Ammonium perklorat akan terus meningkat dari tahun ke tahun khususnya untuk bidang riset, produksi roket dan persenjataan. Sedangkan jumlah penggunaan komersial lain seperti bahan baku peledak (pertambangan) dan kembang api sangat kecil, karena harga amonium perklorat sangat mahal bila dibandingkan senyawa perklorat lain dan amonium perklorat tergolong senyawa strategis yang sulit didapatkan. Seperti terlihat pada Tabel 1 dibawah ini, konsumsi amonium perklorat mulai tahun 2023 hingga 2027:

Tabel 1. Data Proyeksi Konsumsi Amonium Perklorat di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)	% Pertumbuhan
2023	1,5	0
2024	2	33,33
2025	3,75	87,50
2026	11,25	200,00
2027	18,75	66,67
Rata-rata		96,88

Menurut *Verivied Market Report*, kapasitas produksi ammonium perklorat global diperkirakan mencapai sekitar 900.000 metrik ton pada tahun 2020, dengan pertumbuhan tahunan sekitar 5,1% hingga 2027. Berikut beberapa perusahaan terkemuka yang memproduksi ammonium perklorat:

Tabel 2. Kapasitas Ekonomis Ammonium Perklorat

PERUSAHAAN	NEGARA	KAPASITAS PRODUKSI	KETERANGAN
American Pacific Corporation (AMPAC)	Amerika Serikat	15000 ton/tahun	Satu-satunya produsen ammonium perklorat di Amerika Serikat. Pada April 2025, induk perusahaannya, NewMarket Corporation, mengumumkan investasi sebesar \$100 juta untuk meningkatkan kapasitas produksi lebih dari 50%, dengan target selesai pada 2026.
Changsa Yonta Industry CO., LTD.	Cina	2500 ton/tahun	-
Kerr Mcgee	Nevada	20000 ton/tahun	Didirikan pada tahun 1967
Calibre Chemicals Pvt. Ltd.	India	Tidak diungkapkan secara publik	Perusahaan India yang aktif dalam produksi ammonium perklorat untuk kebutuhan industri dan pertahanan. Kapasitas total produksi bahan kimia sebesar 10000 ton/tahun.

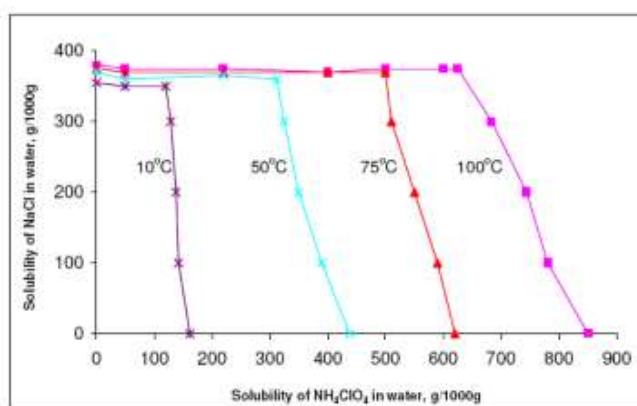
Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas ekonomis ammonium perklorat di dunia yaitu sebesar 2500 – 20000 ton/tahun. Permintaan akan amonium perklorat setiap tahunnya terus bertambah. Kebutuhan ammonium perklorat di Indonesia didominasi sektor pertahanan yaitu sebagai bahan baku bahan bakar roket padat (propelan). Dari proyeksi konsumsi diperkirakan penggunaan ammonium perklorat di Indonesia sampai tahun 2028 akan mencapai 36,937 ton/tahun. Berdasarkan data yang ada kapasitas ekonomis berada pada kisaran 2500-20000 ton/tahun, dari data tersebut maka

kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan yaitu sebesar 2500 ton/tahun. Walaupun kebutuhan dalam negeri hanya sebesar 36 ton/tahun, ammonium perklorat yang dihasilkan dapat diekspor ke negara yang saat ini sedang mengembangkan teknologi Antariksa diantaranya Singapura, Malaysia dan Vietnam. Pabrik ammonium perklorat dirancang untuk mulai berproduksi di tahun 2028.

Studi Pustaka

Secara garis besar produksi pembuatan ammonium perklorat dilakukan melalui proses amoniasi dan kristalisasi. Bahan baku pembuatan ammonium perklorat adalah natrium perklorat dan ammonium klorida berupa kristal putih. Kedua bahan tersebut dilarutkan dengan air bersuhu 90°C yang dialirkan oleh heater ke dalam tangki pelarutan pada 1 atm.

Selanjutnya tahap amoniasi, setelah kedua bahan tersebut larut sempurna barulah kemudian larutan sodium perklorat dan amonium klorida dialirkan kedalam reactor amoniasi dalam hal ini reactor yang digunakan adalah reactor CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor). Pada reactor amoniasi kedua larutan dicampur hingga homogen. Proses amoniasi berlangsung dengan suhu yang dijaga pada 90°C pada 1 atm.

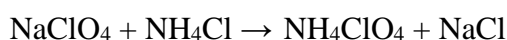


Gambar 1. Kelarutan Bersama ammonium perklorat dan sodium klorida dalam air diberbagai temperature [5]

Reaksi double exchange yang menghasilkan NH_4ClO_4 dan NaCl kemudian harus dipisahkan melalui kristalisasi. Untuk mengkristalkan ammonium perklorat dari larutan yang mengandung ammonium perklorat dan sodium klorida, profil kelarutan bersama, atau kelarutan bersama, terhadap keduanya harus diketahui. Keberadaan sodium klorida sangat memengaruhi kelarutan ammonium perklorat. Namun, perilaku utama kedua garam tersebut sama dengan garam murninya: kelarutan ammonium perklorat dipengaruhi oleh temperatur, sedangkan sodium klorida tidak.

Tahap kristalisasi yaitu dimana ammonium perklorat diperoleh melalui kristalisasi garam anhidrat dari air yang dihasilkan dari reaksi pertukaran ion antara sodium perklorat dengan ammonium klorida [2], [3]. Larutan ammonium perklorat didalam tangki kristalisasi didinginkan dengan dua tahap pendinginan. Yang pertama larutan diturunkan suhunya yang semula 90°C menjadi 55,4°C menggunakan media air yang bersuhu 25°C. Kemudian yang kedua yaitu pendinginan menggunakan media ethylene glycol bersuhu -27°C, larutan ammonium perklorat akan mengalami penurunan suhu mencapai 14,8°C pada kondisi inilah kristal ammonium perklorat terbentuk [3].

Kristal yang terbentuk kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan rotary dryer pada suhu 120°C. Kristal yang diperoleh disimpan kedalam drum penyimpanan, sedangkan larutan mother liquor kemudian dialirkan kedalam tangki penampung. Reaksi konversi natrium perklorat dalam ammonium perklorat:

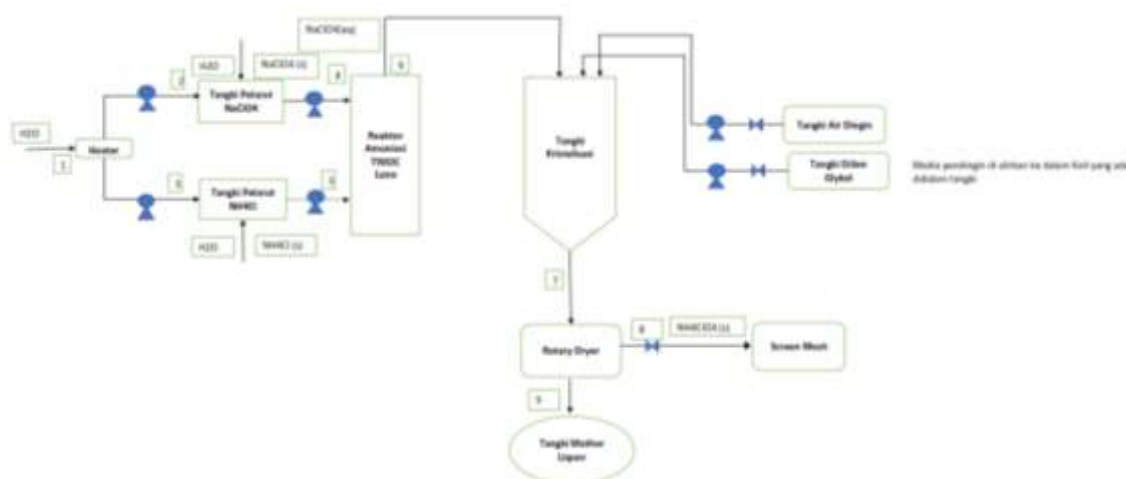


Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan adalah analisis teknik deskriptif. Data yang digunakan adalah neraca massa. Neraca massa adalah alat penting dalam industri kimia dan industri proses karena digunakan untuk menganalisis dan mengontrol aliran material antar tahapan dalam suatu sistem produksi. Dengan menggunakan neraca massa, perusahaan dapat memastikan efisiensi produksi yang optimal, menemukan kemungkinan pemborosan atau kebocoran dalam proses, membantu mengoptimalkan penggunaan bahan baku, dan memastikan bahwa bahan baku digunakan dengan benar [4].

Hasil dan Pembahasan

Pada Gambar 1, yaitu diagram alir proses produksi dapat kita lihat bahwa proses pembuatan ammonium perklorat diawali dengan pelarutan bahan baku yaitu natrium perklorat dan ammonium klorida menggunakan air bersuhu 90°C pada tekanan 1atm, yang kemudian dilanjutkan dengan proses amoniasi dan kristalisasi.



Gambar 2. Blok diagram proses ammonium perklorat

Dengan konversi reaksi pembentukan ammonium perklorat sebesar 85% maka jumlah natrium perklorat yang digunakan yaitu sebanyak 9284,3327Kg/hari dan ammonium klorida sebanyak 4261,0081Kg/hari dengan kebutuhan air sebanyak 52508,8179Kg/hari untuk menghasilkan kristal ammonium perklorat sebanyak 7575,7576Kg/hari. Perhitungan jumlah reaktan yang digunakan dan produk yang dihasilkan dapat kita lihat pada Tabel 1. Pabrik dirancang untuk dapat beroperasi pada tahun 2028 dengan kapasitas 2500ton/tahun dengan jam kerja 330hari/tahun dengan jam kerja 24 jam/hari.

Table 3. Neraca Massa Prarancangan Pabrik Ammonium Perklorat

Komponen	Berat Molekul (gram/mol)	Tangki Pelarutan NaClO ₄		Tangki Pelarutan NH ₄ Cl		Reaktor Amoniasi	
		Masuk (Kg/hari)	Keluar (Kg/hari)	Masuk (Kg/hari)	Keluar (Kg/hari)	Masuk (Kg/hari)	Keluar (Kg/hari)
NaClO ₄ 9 (s)	122,4	9284,3327					
NH ₄ Cl (s)	53,5			4261,0081			
H ₂ O	18	46421,6635	46421,6635	6087,1544	6087,1544	52508,8179	52508,8179
NH ₄ ClO ₄ (s)	117,5						
NH ₄ ClO ₄ (aq)							7575,7576
NaCl (aq)	58,4						3765,3127
NaClO ₄ (aq)	122,4		9284,3327			9284,3327	1392,6499
NH ₄ Cl (aq)	53,5				4261,0081	4261,0081	811,6206
Total		55705,9962	55705,9962	10348,1625	10348,1625	66054,1587	66054,1587

Komponen	Berat Molekul (gram/mol)	Tangki Kristalisasi		Rotary Dryer	
		Masuk (Kg/hari)	Keluar (Kg/hari)	Masuk (Kg/hari)	Keluar (Kg/hari)
NaClO ₄ 9 (s)	122,4				
NH ₄ Cl (s)	53,5				
H ₂ O	18	52508,8179	52508,8179	52508,8179	47257,9861
NH ₄ ClO ₄ (s)	117,5		6060,6061	6060,6061	6060,6061
NH ₄ ClO ₄ (aq)		7575,7576	1515,1515	1515,1515	1515,1515
NaCl (aq)	58,4	3765,3127	3765,3127	3765,3127	3765,3127
NaClO ₄ (aq)	122,4	1392,6499	1392,6499	1392,6499	1392,6499
NH ₄ Cl (aq)	53,5	811,6206	811,6206	811,6206	811,6206
Total		66054,1587	66054,1587	66054,1587	66054,1587

Kesimpulan

Berdasarkan analisis teknik dapat disimpulkan bahwa:

- Pabrik Amonium Perklorat akan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur, lokasi tersebut dipilih karena dekat dengan pasar atau konsumen, sumber bahan baku, pelabuhan, dan tenaga kerja.
- Pabrik direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2028.
- Kapasitas produksi pabrik ini yaitu 2500ton/tahun, membutuhkan bahan baku natrium perklorat sebanyak 9284,3327Kg/hari dan ammonium klorida sebanyak 4261,0081Kg/hari dengan kebutuhan air sebanyak 52508,8179Kg/hari.
- Pabrik akan menjalankan produksi secara kontinyu selama 330 hari.
- Bentuk badan usaha yang akan didirikan yaitu berupa Perseroan Terbatas (PT).

Daftar Pustaka

- Prianto, Bayu (2007). Jurnal Teknologi Dirgantara vol. 5 no. 2 (Dec. 2007), page 95-102
- Shcumacher,J.C (1960). Perhlorates Their Properties, Manufacture And Uses. New York ReinHold, Publishing Corporation.
- Pinalia, Anita (2011). Kristalisasi Ammoniumu Perklorat (AP) Dengan Sistem Pendinginan Terkontrol Untuk Menghasilkan Kristal Berbentuk Bulat. Jurnal teknologi Dirgantara Vol.9 No.2, 124-131.
- A. Zahidin & L. Rubianto, 2020, Perhitungan Neraca Massa, Neraca Panas dan Efisiensi Pada Rotary Kiln Unit Kerja RKC 3 PT Semen Idonesia(PERSERO) Tbk.,Distilat J. Teknol. Separasi,Vol. 6, No. 2, pp. 309–315.
- Andric, A.M.Z., (2007). Crystallization of Ammonium Perchlorat from Solution of Electrolytically Produced Sodium Perchlorate in a Pilot-Scale Plant. European Congress of Chemical Engineering, Copenhagen, 16-20, September 2007.