

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemakaian batubara untuk sumber energi semakin meningkat, pada tahun 2018 penggunaan batubara sudah banyak diperlukan pada aktivitas industri. Batubara merupakan bahan utama yang berguna untuk bahan bakar PLTU yang menyuplai keperluan energi listrik untuk sebuah industri. Sentral listrik yang ada di Indonesia pada saat ini kebanyakan dari mereka memakai bahan bakar dari fosil seperti minyak bumi dan batubara. Dari beberapa macam pembangkit tenaga listrik, salah satunya ialah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mana sumber bahan bakarnya masih memakai batubara. Pada tahun 2021 Indonesia mempunyai persediaan batubara sebesar 38.84 milyar ton atau sebesar 3,1 % dari keseluruhan persediaan batubara di dunia. Persediaan batubara itu sebesar 67,9 % dapat dijumpai di Sumatra, 31,6 % berada di Kalimantan dan sisanya berada di pulau Jawa, Papua serta Sulawesi. Dari berbagai macam persediaan batubara yang ada di Indonesia alih-alih yang memiliki kualitas untuk memenuhi standar baku mutu emisi (BML) 2000 masih kurang dari pada 10 %. Kebanyakan persediaan batubara Indonesia memiliki kualitas yang belum memenuhi standar BME 2000 (Kementrian ESDM, 2021)

PLTU merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi kinetik dari uap yang selanjutnya membentuk sebuah energi listrik. Bahan utama dari PLTU ialah generator yang dikaitkan dengan turbin yang digerakkan dengan tenaga kinetik dari uap panas atau kering dengan menggunakan bahan bakar utama yakni minyak bakar dan batubara serta MFO (*Marine Fuel Oil*) untuk *start up* awal. (Indonesia Re, 2020)

PLTU akan tetap melakukan produksi menciptakan listrik tanpa bergantung pada musim. PLTU ini suatu pembangkit listrik unggulan serta merupakan kebutuhan primer untuk industri di dunia guna memenuhi kebutuhan energi listrik. Batubara sebagai bahan bakar banyak digunakan pada industri pembangkit listrik,

disamping harganya yang relatif murah dari pada bahan bakar minyak, batubara merupakan sumber energi yang sangat mudah cara mendapatkannya yaitu berasal dari alam, sehingga ketersediaannya masih cukup melimpah (Indonesia Re, 2020)

Penggunaan batubara dengan jumlah yang cukup besar seperti pada PLTU Cilacap yang membutuhkan sekitar 18 juta ton/tahun (*Centralized Control Main Equipment Operating Procedures*, 2016) ternyata membawa dampak serius, terutama bagi lingkungan, sebab polusi yang dihasilkan di udara seperti zat SO_2 dan NO_x akibat dari aktivitas industri bisa mencelakakan manusia serta lingkungannya. Pemuaan polusi yang mengandung gas semacam CO , CO_2 , SO_2 , NO_2 , hidrokarbon serta abu yang cukup banyak menjadi akar polutan yang relatif besar. Hal yang terjadi setelah itu akan mengakibatkan hujan asam yang berakibat bahaya, sebab adanya limbah abu hasil dari reaksi pembakaran batubara ialah abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) yang mempunyai kandungan silikon dioksida (SiO_2) serta kalsium oksida (CaO) (Mufrodi, 2010).

Gas pada limbah PLTU gas monoksida, gas nitrogen dioksida, dan nitrogen oksida ketiganya memiliki jenis yang tidak sama serta ketiganya cukup berbahaya untuk kesehatan. Gas NO mengotori udara secara visual sehingga akan susah dicermati sebab gas NO tidak memiliki warna serta bau sebaliknya gas NO_2 mengotori lingkungan cukup mudah dicermati dari bau gas amat menyengat serta berwarna coklat. Udara yang mempunyai kandungan gas NO jika berada pada ambang normal masih cukup aman dan tidak bahaya, namun jika tahap NO ada dalam ambang tinggi, secara umum pencemaran udara gas SO_x bermula sebab pembakaran bahan fosil yaitu batubara. Gas belerang (SO_x) terdiri dari dua jenis yakni SO_2 dan SO_3 dimana perubahan ini akan menciptakan SO_2 yang relatif banyak dari gas SO_3 meskipun gas SO_2 mempunyai dominan yang lebih namun pertautannya dengan udara yang berisi oksigen akan menciptakan SO_3 .

Banyaknya proses industri nyatanya terdapat yang menciptakan partikel-partikel yang bisa merambah ke udara. Akibatnya dari pembakaran bahan bakar batubara di PLTU menghasilkan emisi gas buang (*flue gas*) yang berisi SO_2 dan NO_x dengan dosis yang relatif tinggi. Hal itu termasuk dalam sumber polutan yang relatif besar. Proses yang berlangsung di udara dapat mengakibatkan hujan asam

yang berdampak bahaya untuk lingkungan. Pemakaian batubara dengan kualitas kecil dengan taraf berisi belerang bisa mengakibatkan tingkat pencemaran udara yang makin memprihatinkan, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengurangi hal tersebut antara lain FGD (*Flue Gas Desulphurisation*), SCR (*Selective Catalytic Reduction*) dan EB-FGT (*Electron Beam Flue Gas Treatment*) menggunakan MBE (*mesin bekas elektron*). Teknologi konvensional FGD untuk SO_2 dan SCR untuk NO_x sudah banyak digunakan pada beberapa negara maju, tetapi teknologi konvensional masih terbilang cukup mahal dan implementasinya membutuhkan tempat yang cukup luas. Suatu teknologi yang baru mulai diimplementasikan pada kelas industri ialah cara pembersihan gas limbah SO_2 dan NO_x dengan mesin berkas elektron (MBE) yang bisa meminimalisir taraf polusi gas limbah hingga ambang batas aman guna lingkungan (Puspa, 2007)

Pengelolaan gas limbah PLTU menjadi *Amonium Sulfat* sangat cocok di Indonesia, sebab Indonesia termasuk dalam salah satu negara agraris dengan bidang pekerjaan utama dalam bidang pertanian lebih dari 2,50 juta masyarakatnya adalah petani, (Kominfo, 2019) sehingga akan dapat memberikan efek yang signifikan dalam pemenuhan kebutuhan pupuk dalam negeri. *Amonium Sulfat* ialah garam anorganik yang dapat dipakai untuk pupuk *nitrogen* tidak hanya untuk *pupuk NPK*, *urea* dan *amonium nitrat*. Dalam pupuk tersebut mengandung senyawa *sulfur* berbentuk *anion sulfate* yang mudah meresap pada tanaman, serta senyawa *nitrogen* berbentuk kation *amonium* yang dengan mudah melepaskan *hidrogen*. Selain digunakan untuk pupuk, *Amonium Sulfat* juga dapat dipakai untuk sektor industri guna fermentasi, bahan tahan api, penyamakan, dan pengolahan air (Puspa, 2007)

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ferdinand Mangundap (2013) menunjukkan bahwa produksi pabrik amonium sulfat di Indonesia dirasakan sangat penting, terutama di era industri kimia modern saat ini. Hal ini mencerminkan pentingnya amonium sulfat sebagai bahan baku pupuk, mengatasi permasalahan yang ada dan menghemat devisa. Hasil pra rencana pabrik yang dilakukan belum sesuai atau mencukupi kebutuhan *Amonium Sulfat* di Indonesia sehingga penting dilakukan perencanaan yang lebih lanjut sesuai dengan

kemajuan teknologi sehingga nantinya dapat memenuhi kebutuhan *Amonium Sulfat* di Indonesia.

Pabrik *Amonium Sulfat* di Indonesia saat ini ada tiga pabrik yakni PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 400.000 ton/tahun (sumber www.petrokimia-gresik.com), PT. Timuraya Tunggal dengan kapasitas 72.000 ton/tahun (sumber www.bsn.go.id) dan PT. Pupuk Indonesia dengan kapasitas 575.640 ton/tahun (sumber www.pupuk-indonesia.com), sedangkan pertumbuhan konsumsi kebutuhan akan pupuk ini terus meningkat, sehingga setiap tahun Indonesia harus melakukan impor dari luar negeri dengan rata-rata sebesar 1.071.840 per tahunnya sebagaimana data berikut:

Tabel 1.1 Data Impor *Amonium Sulfat* Tahun 2016-2020

No	Tahun	Jumlah (dalam ton)	% Pertumbuhan
1	2016	930.688	
2	2017	1.070.492	0,1305
3	2018	1.303.692	0,1788
4	2019	1.067.577	- 0,2211
5	2020	986.750	- 0,0819
	Jumlah	5.359.199	0,0063
	Rata-rata	1.071.840	0,001575

Sumber: BPS (2021)

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dan beberapa penelitian yang sudah dilakukan, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan *Amonium Sulfat* Dari Limbah Gas Buang PLTU Cilacap Expansion 660 MW Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”

1.2. Tujuan

Tujuan pendirian pabrik *Amonium Sulfat* dari Limbah Gas Buang PLTU yang akan didirikan adalah sebagai berikut:

1. Pemanfaatan limbah gas buang PLTU menjadi *Amonium Sulfat* sebagai Pengendalian emisi SO_2 dan NO_x
2. Pemenuhan kebutuhan *Amonium Sulfat* dalam negeri

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1 Amonium Sulfat

Amonium sulfat atau $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ merupakan garam anorganik dengan berbagai kegunaan. Seperti sebagai pupuk untuk membentengi unsur hara tanah atau sebagai bahan tambahan pangan. Amonium sulfat mengandung 21% unsur nitrogen dan 24% unsur belerang. Amonium sulfat terurai ketika dipanaskan hingga suhu 250°C , pertama-tama membentuk amonium bisulfat. Ketika dipanaskan sampai suhu tinggi, amonium sulfat terurai menjadi amonia, nitrogen, sulfur dioksida, dan air. (Liu & Chen, 2002).

Amonium Sulfat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ dianggap sebagai ZA, *zwavelzure amoniak*, dimana pada awalnya pupuk ZA dipakai untuk pertanian dengan berisikan 20-21%, dalam bentuk kristal putih, abu-abu, biru kebiru-biruan, atau relatif kuning, bersifat larut air dan kurang higroskopis (M. Isnaini 2006).

Amonium Sulfat (ZA) menggunakan rumus kimia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ adalah pupuk *nitrogen* yang berisi kurang lebih 21% *nitrogen* dan 24% *sulfur*. Hal tersebut secara alamiah terjadi menjadi mascagnite mineral dan memberikan banyak kelebihan menjadi pupuk, misalnya fisik yang baik, higroskopitas rendah, baik agronomi efektivitas, kehidupan jangka panjang, dan stabilitas kimia yang sangat baik (Gowariker, 2009).

Amonium Sulfat adalah pupuk yang mempunyai bentuk asam, sehingga dipakai dalam pH netral atau basa tanah. Dalam bentuknya mengalir bebas, secara langsung diimplementasikan dalam tanah atau dicampur menggunakan bahan granular lainnya. *Amonium Sulfat* juga memasok *sulfur*, yang mana adalah nutrisi krusial bagi tanaman. Pupuk tersebut juga tahan terhadap pembersihan lantaran bisa teradsorpsi pada tanah koloid, tanah liat dan humus, dan menggantikan kalsium. *Amonium Sulfat* terserap *garam amonium* kemudian diubah sebagai *nitrat* oleh bakteri *nitrifikasi* guna dipakai (Hidayat, 2021)

Berdasarkan uraian diatas bisa disimpulkan bahwa *Amonium Sulfat* $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ merupakan bahan kimia yang banyak dipakai pada industri pertanian menjadi pupuk dan pada industri kimia. Berdasarkan hasil penelitian Eka dan Rifqi (2016) proses produksi *ammonium sulfat* terdiri berdasarkan 4 tahapan : 1) reaksi

antara *amoniam* dan *asam sulfat* pada reaktor *Bubble Column* melalui reaksi netralisasi yang diikuti dengan menggunakan pembentukan kristal *Amonium Sulfat* pada reaktor dalam suhu 107° C dan tekanan atmosferis, 2) pemisahan kristal *Amonium Sulfat* berdasarkan larutan induknya pada indera *Centrifuge* menggunakan perbandingan 1:1, 3) pengeringan kristal *Amonium Sulfat* pada *Rotary Dryer* dalam suhu 120° C buat mencapai kadar air 0,15%, 4) Pengepakan produk dalam berukuran komersial 25 kg. Pada tabel 1.2 menggambarkan syarat mutu *Amonium Sulfat*.

Tabel 1.2 Syarat Mutu *Amonium Sulfat*

No	Uraian	Persyaratan
1	Kadar <i>Nitrogen</i>	Min 20,8%
2	Kadar <i>Belerang</i>	Min 23%
3	<i>Asam bebas</i> , sebagai H_2SO_4	Maks 0,10%
4	Kadar Air	Maks 1,0%

Sumber : Standar Nasional Indonesia (www.dpring.go.id)

1.3.2 Proses Pembuatan *Amonium Sulfat*

Pada tahun 1920-an, proses karbonisasi batubara ini sangat populer di industri. Namun, proses ini telah tertunda dalam pengembangannya karena meningkatnya instalasi *oil-gas process* serta penggunaan minyak dan gas alam untuk pemanasan. Di sisi lain, batu bara yang dikarbonasi masih dipakai untuk menghasilkan *Amonium Sulfat*. Ada tiga cara untuk memproduksi *Amonium Sulfat* dari batu bara, yaitu langsung, tidak langsung, dan semi langsung. Dalam proses langsung, semua gas didinginkan terlebih dahulu untuk menghilangkan sejumlah besar tar sebelum dikirim ke *saturator tipe bubble* atau *spray*. *Kristal Amonium Sulfat* dipisahkan dari cairannya, dicuci dalam *centrifuge*, dikeringkan, dan selanjutnya disimpan (Septiyan, 2018).

Proses langsung ini mempunyai banyak kelemahan, secara khusus kontaminasi produk karena kontaminasi dengan tar, *pyridine*, atau komponen organik lainnya telah secara signifikan menurunkan harga *Amonium Sulfat* di pasar, dan juga *klorid* dari minyak ataupun air yang dipakai dapat mengakibatkan *Amonium klorida* serta mengakibatkan korosif, namun hal tersebut tidak akan

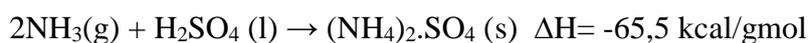
terjadi apabila sudah dipasangkan peralatan utama untuk pencegah korosif. Selain itu cara tersebut mempunyai kelebihan yakni biaya investasi dan operasi yang relatif rendah, sebab adanya keterbatasan dari cara yang digunakan, sehingga mulailah dicari cara baru baru yakni suatu cara tidak langsung. Dalam tahap ini gas panas dalam *oven* awalnya didinginkan menggunakan sirkulasi *wash liquor* dan *scrubbing air*. *Liquor* yang telah digabungkan kemudian dipisah dengan *amonia bebas* didalam *stripping*, setelah itu di *stripper*, *liquor* tersebut diolah menggunakan larutan biasa guna memisahkan *Amonium kloridanya*. Kemudian, akan dialirkan dalam *saturator* yang selanjutnya membentuk *Amonium Sulfat* (Septiyan, 2018).

Sedangkan tahap semi langsung, gas didinginkan lalu dihilangkan tarnya guna mengolah kondensatnya yang berisi relatif banyak amonianya. Tahap ini diolah menggunakan hasil *Amonium Sulfat* yang lebih murni serta menggunakan *yield recovery amonia* yang relatif tinggi. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu *Amonium Sulfat* awal pengolahan melewati bahan baku (*by product*) dari tahap kimia semacam *caprolactam* dan *acrylonitrile*. Bahan lainnya yakni cairan asam sulfat (*sulfuric acid*) berasal dari limbah produksi *steel* (Septiyan, 2018)

Terdapat tiga cara pembuatan *Amonium Sulfat* menurut bahan baku yang paling banyak dipakai yakni :

a. Reaksi Netralisasi

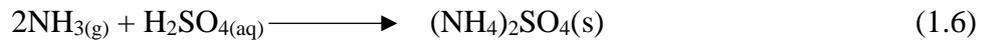
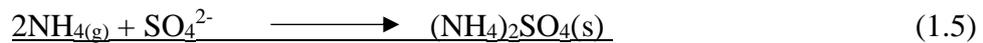
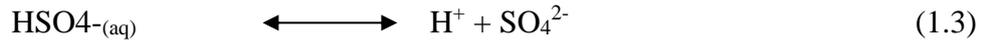
Secara umum pembuatan *Amonium Sulfat* berasal dari penetralan reaksi *amonia* dan *asam Sulfat kuat* dalam ambang keasaman diatas 70%. Tahap ini berangsur pada tahap gas-cair dimana *amonia* dalam *gas* dan *asam sulfat* pada fasa cair. Oalahan yang diciptakan akan berbentuk kristal *ammonium sulfat* $[(NH_4)_2SO_4]$ yang telah berbaur dalam larutan *mother liquor*. Dibawah ini adalah reaksi pembentukan *Amonium Sulfat* :



(Kirk-Othmer 4th ed ,1998)

Berdasarkan teori *Bronsted-Lowry* (Vogel, 1979), tata cara proses produksi *ammonium sulfat* $[(NH_4)_2SO_4]$ ialah :





Mekanisme reaksi berdasarkan teori *Bronsted-Lowry* yang mendasarkan pada reaksi *asam-basa*, dimana asam sebagai pendonor proton dan basa sebagai penerima proton (akseptor). *Asam Sulfat* (H_2SO_4) akan terurai menjadi sebuah proton (H^+) dan sebuah basa konjugat (HSO_4^-). Selanjutnya, basa konjugat HSO_4^- akan terurai menjadi sebuah proton (H^+) dan sebuah basa konjugat SO_4^{2-} . Dua buah proton (H^+) yang terbentuk akan bereaksi dengan basa (NH_3) membentuk asam konjugat NH_4^+ . Asam konjugat ini akan bereaksi dengan basa konjugat SO_4^{2-} membentuk *Ammonium Sulfat* atau $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Reaksi bersifat eksotermis (67,710 cal/gm) atau sekitar 4320 BTU/lb.N. Panas yang timbul ini dikendalikan dengan penambahan air panas pada reaktor. Pada unit atmosfer pendinginan dapat dilakukan dengan pendinginan air melalui *vessel*.

Pemilihan kondisi operasi pada suhu 105-110⁰C dan tekanan 1 atm. Gas *ammonia* dan *asam sulfat* cair bereaksi secara stoikhiometri membentuk *Amonium Sulfat* dengan konversi reaksi over all sebesar 98%. Suhu dalam *reactor* dijaga dengan pertimbangan bahwa pada suhu yang terlalu tinggi *asam sulfat* akan membentuk *aerosol* dan bereaksi dengan *gas amonia* menjadi *amonium bisulfat* [NH_4HSO_4]. Senyawa *amonium bisulfat* ini berupa kristal putih yang bersifat korosif dan berbahaya, seperti menyebabkan iritasi pada kulit. Pembentukan *amonium bisulfat* bisa terjadi jika temperatur reaksi jauh lebih dari 100⁰C dan melebihi temperatur leleh *Amonium Sulfat* (235-280⁰C). Akan tetapi apabila temperatur reaksi terlalu rendah dapat menyebabkan konversi reaksi menjadi kecil (kurang maksimal) (Septiyan, 2018)

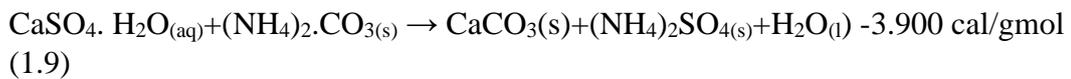
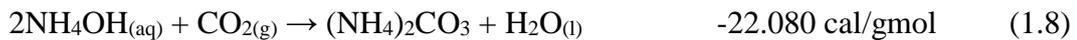
Pada proses reaksi dan kristalisasi yang terbentuk dalam unit yang sama yaitu *saturator*. Panas reaksi diserap dengan cara menguapkan air yang terdapat dalam *saturator*. Penguapan air juga akan menyebabkan kristal-kristal *ammonium sulfate* akan terbentuk. Kristal tersebut kemudian akan dipisahkan

dengan *mother liquor*. *Mother liquor* dikembalikan dalam *saturator* untuk mempercepat proses *kristalisasi*. Kristal kemudian dikeringkan dan dikemas (Septiyan, 2018).

b. *Amonium Sulfat* dari *Gypsum* dan *Ammonium Carbonat*

Di negara Inggris, Austria dan India, *Amonium Sulfat* diproduksi dengan reaksi antara *kalsium Sulfat* dan *Amonium karbonat*. Metode ini dikenal juga sebagai *Merseburg Process*, yang menggunakan *Gypsum* dan *Kalsium Sulfat Anhidrit*.

Reaksi yang terjadi adalah:



Proses ini digunakan pada negara-negara yang memiliki sumber *kalsium Sulfat* tetapi tidak memiliki *sulfur* untuk memproduksi *Amonium Sulfat*. Baik produk dari proses ini dapat digunakan pada industri semen atau juga dapat digunakan pada pabrik *kalsium Amonium nitrat*. Larutan *amonium karbonat* jenuh digunakan dalam proses dimana dibuat dengan cara melarutkan *karbon dioksida* dalam larutan *amonium hidroksida*. *Karbon dioksida* tersedia sebagai hasil samping pembakaran *hidrokarbon*. Konversi pada akhir reaksi kira-kira 95 % sesudah lima jam, jika *gypsum* bereaksi sempurna dan suhu reaksi dijaga pada 70°C. Campuran reaksi difilter untuk memisahkan *kalsium karbonat* dan *kalsium sulfat* yang tidak bereaksi dari larutan *amonium sulfat* (Faith & Keyes, 1957).

c. *Proses Morino Ammonia* dengan *Sulfur dioxide*

Pada *Marino Proses* ditemukan teknik pengurangan kadar *sulfur* dengan biaya yang rendah untuk unit yang kecil. Proses ini meliputi reaksi larutan *ammonia* dengan *sulfur dioxide* dalam *reaktor crystalisser* untuk membentuk kristal *amonium sulfat*. Gas yang tidak bereaksi dibuang ke udara.

Tahapan reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi berada pada tekanan 0,1 – 5 atm dan suhu 200–450⁰C menggunakan *katalis V2O5*. *Ammonium Sulfit kristal* dicentrifuge dari *kristalizer* dan dioksidasi menjadi *ammonium sulfat* dalam *rotary dryer*. Konversi yang dihasilkan adalah 75%. *Amonium Sulfit* kristal dialirkan dari *kristallizer* menuju *centrifuge* untuk memisahkan cairan dan kristal.

1.3.3 Kegunaan *Amonium Sulfat*

Amonium Sulfat terutama digunakan sebagai pupuk untuk memberikan unsur hara *Nitrogen* dan *Belerang* pada tanaman sebagai berikut:

1. Unsur hara *Nitrogen*
 - a. Membuat tanaman menjadi lebih hijau segar, banyak mengandung butir hijau daun yang penting dalam fotosintetis.
 - b. Mempercepat pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, cabang dan sebagainya).
 - c. Menambahkan kandungan protein hasil panen.
2. Unsur hara *belerang*
 - a. Membuat pembentukan butir hijau daun (*chlorophyl*), sehingga daun menjadi lebih hijau.
 - b. Menambahkan kandungan protein dan vitamin hasil panen.
 - c. Memacu pertumbuhan anakan produktif.
 - d. Berperan sebagai sintesa minyak yang berguna bagi proses pematangan zat gula.

Disamping digunakan sebagai pupuk, *Amonium Sulfat* juga digunakan dalam bidang industri seperti untuk pengolahan air, fermentasi, bahan tahan api dan penyamakan.

1.4. Pemilihan Proses

Proses pembuatan *Amonium Sulfat* dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu Reaksi Netralisasi, *Amonium Sulfat* dari *Gypsum* dan *Ammonium Carbonat* dan Proses *Morino Ammonia* dengan *Sulfur dioxide*. Untuk dapat menyeleksi proses yang baik untuk digunakan dalam

pembuatan pabrik *Amonium Sulfat* ini perlu dilakukan peninjauan mengenai perbandingan tiap-tiap proses yang ada. Berikut merupakan uraian mengenai seleksi proses yang dilakukan:

Tabel 1.3 Jenis Proses Pembuatan *Amonium Sulfat*

Parameter:	Jenis Proses		
	Netralisasi	Messerburg	Morino
Bahan baku	NH_3 dan H_2SO_4	NH_3 , CO_2 , $CaSO_4.H_2O$, H_2O	NH_3 , SO_2 , H_2O , O_2
Bahan baku	Dalam negeri	Dalam negeri	Dalam negeri
Proses	Kontinyu	Batch	Kontinyu
Suhu	105-110 ⁰ C	70 ⁰ C	200-450 ⁰ C
Tekanan	1 atm	1 atm	5 atm
Produk samping	-	$CaCO_3$	-
Katalis	-	-	V_2O_5
Konversi	98%	95%	75%
Kemurnian Produk	95% (Kandungan ZA pada larutan induk 40%)	98,5% (Kandungan ZA pada larutan induk 41%)	75% (Kandungan ZA pada larutan induk 25%)
Aspek dampak lingkungan	Tidak memiliki hasil samping dan gas buang dimasukan ke dalam <i>cyclone</i> sehingga tidak terbuang ke lingkungan.	Hasil samping dapat diolah kembali menjadi gypsum sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku tanpa menimbulkan pencemaran lingkungan	Masih terdapat sisa larutan yang susah diolah sehingga dapat mencemari lingkungan
Korosivitas bahan	Tingkat keasaman kristal tidak menentu sehingga menyulitkan dalam proses pencucian	Keasaman rendah sehingga mempermudah pencucian dan mencegah korosivitas bahan	Keasaman tinggi sehingga menyulitkan pencucian dan dapat menimbulkan korosivitas bahan
Pabrik Indonesia	Di PT Petrokimia Gresik menjadi salah satu perusahaan yang menggunakan proses netralisasi	Metode ini biasanya digunakan untuk hasil buang CO_2 dari limbah gas PLTU	Belum terdapat pabrik di Indonesia yang menggunakan metode ini

Dari Perbandingan proses pembuatan *Amonium Sulfat* pada Tabel 1.3 diatas disimpulkan bahwa proses yang paling menguntungkan adalah proses netralisasi. Kelebihan proses netralisasi langsung adalah konversi reaksi yg tinggi, Tekanan dan Suhu operasi yang rendah, tidak ada reaksi samping, tidak membutuhkan katalis, prosesnya sederhana serta bahan baku yang mudah didapat. Sehingga proses yang digunakan adalah proses netralisasi. (Septiyan, 2018)

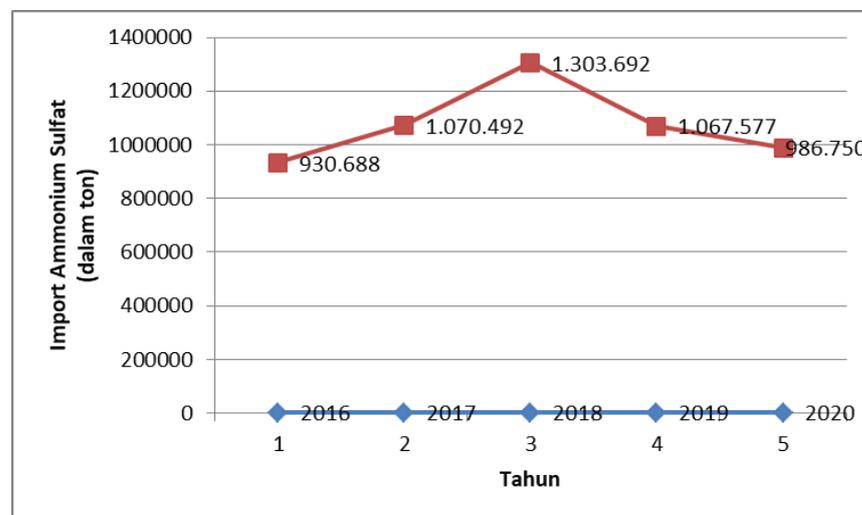
1.5. Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas produksi pabrik menggunakan beberapa pertimbangan diantaranya adalah prediksi kebutuhan *Amonium Sulfat* di Indonesia dan Ketersediaan bahan baku. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016-2020 menunjukkan bahwa impor *Amonium Sulfat* tiap tahun mengalami fluktuatif sebagaimana tabel berikut ini.

Tabel 1.4 Data Impor *Amonium Sulfat* Tahun 2016-2020

No	Tahun	Jumlah (dalam ton)	% Pertumbuhan
1	2016	930.688	
2	2017	1.070.492	0,1305
3	2018	1.303.692	0,1788
4	2019	1.067.577	- 0,2211
5	2020	986.750	- 0,0819
	Jumlah	5.359.199	0,0063
	Rata-rata	1.071.840	0,001575

Sumber: BPS (2021)



Gambar 1.1 Grafik Impor *Ammonium Sulfat* Tahun 2016-2020

Dari data statistik kebutuhan *amoiium sulfat* di Indonesia yang mengalami fluktuatif rata rata peningkatan sebesar 0,001575 %, jika pabrik diproyeksikan untuk tahun 2023 maka perkiraan kebutuhan pada tahun tersebut dapat dihitung menggunakan:

$$F = F_0(1+i)^n$$

Dengan:

F = Perkiraan kebutuhan Amonium Sulfat pada tahun 2023 (ton)

F₀ = Kebutuhan Amonium Sulfat pada tahun 2020

i = pertumbuhan rata-rata

n = selisih waktu (tahun)

(Peter & Timmerhaus, 2003)

$$F = F_0(1+i)^n$$

$$\text{Diketahui : } F_0 = 986.750 \text{ ton}$$

$$n = 2023-2020 = 3$$

$$i = \text{Pertumbuhan Rata-rata} = 0,001575$$

$$F = 986.750 \text{ ton } (1+0,001575)^3$$

$$= 986.750 \text{ ton } (1,001575)^3$$

$$= 986.750 \text{ ton } (1,0047324458)$$

$$= 991.419,741 \text{ ton}$$

$$\text{Rencana produksi } 10\% = 991.419,741 \text{ ton} \times 10\%$$

$$= 99.141,9471 \text{ ton}$$

$$= 100.000 \text{ ton}$$

Dari perhitungan data diatas didapatkan perkiraan jumlah kebutuhan *Amonium Sulfat* tahun 2023 sebesar 991.419,740 ton. Rencana produksi *Amonium Sulfat* sebesar 10% 99.141,9471 ton per tahun \approx 100.000 ton per tahun dengan waktu operasi selama 24 jam sehari, 330 hari per tahun.

Beberapa pertimbangan-pertimbangan pendirian pabrik *Amonium Sulfat* antara lain:

1. Memanfaatkan limbah *gas buang PLTU* agar tidak mencemari lingkungan terutama udara.

2. Menambah lapangan pekerjaan di era industri 4.0 sehingga dapat mengurangi angka pengangguran di Indonesia.
3. Menambah devisa negara dengan meningkatkan komoditi ekspor *Amonium Sulfat* untuk memenuhi kebutuhan di dalam dan luar negeri.

1.6. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan, faktor yang perlu dipertimbangkan guna mendapatkan tempat yang terbaik. Lokasi pendirian pabrik *Amonium Sulfat* dipilih berdasarkan parameter pemilihan lokasi pabrik dengan metode *factor rating*, yaitu dengan membandingkan dua lokasi yaitu lokasi 1 (Kesugihan, Cilacap) dan lokasi 2 (Adipala, Cilacap):

Tabel 1.5 Pemilihan Lokasi Pendirian Pabrik Amonium Sulfat

Faktor	Bobot	Lokasi 1		Lokasi 2	
		Nilai (%)	B x N	Nilai (%)	B x N
Pasar	25	80	20	100	25
Bahan Baku	20	100	20	50	10
Tenaga Kerja	20	75	17	80	16
Lisrtrik, Air	15	80	12	80	12
Telepon	10	75	7,5	90	10
Transportasi	5	100	5	80	4
Perluasan	5	100	5	60	3
Jumlah			86,5		80

Sumber : Manajemen Operasi, 2009 (Alviano, 2014)

Berdasarkan Tabel 1.5 dapat dipilih lokasi pendirian pabrik berdasarkan hasil penilaian dengan skor tertinggi. Lokasi I (Kesugihan, Cilacap) dengan skor 86,5 dan lokasi 2 (Adipala, Cilacap) dengan skor 80. Berdasarkan hal tersebut maka dipilih lokasi pendirian pabrik *Ammonium Sulfat* di kawasan Kesugihan, Cilacap dengan pertimbangan sebagai berikut :

1.6.1 Faktor Utama

Faktor utama secara langsung memberikan efek berjalannya suatu pabrik agar sesuai dengan tujuan berdirinya pabrik dalam proses produksi dan distribusi dan hal ini tidak boleh ditinggalkan, adapun faktor utama tersebut adalah:

a. Sumber bahan baku

Bahan baku adalah faktor utama untuk menjalankan operasi industri, sehingga adanya bahan baku ini sangatlah penting. Sumber bahan baku yang di gunakan adalah *gas buang dari PLTU* dengan kapasitas 20.000 ppm/s \approx 531.556,593 ton/tahun. Gas buang PLTU nantinya akan diambil dari PLTU Cilacap unit 3 *expansion* 660 MW.

b. Sarana Transportasi

Transportasi yang dimaksud adalah transportasi yang dapat menunjang keberhasilan berjalannya pabrik tersebut meliputi transportasi untuk pekerja, transportasi untuk penyedia bahan baku dan alat serta transportasi pemasaran. Transportasi ini diharuskan nyaman dan efisien baik itu dari jalur darat, air dan udara. Dipilih Cilacap karena untuk sistem transportasi memiliki kondisi yang baik, dekat pelabuhan Tanjung Intan Cilacap (± 13 km), bandara Tunggul Wulung (± 11 km) , lokasi pasar atau tempat tersedianya bahan baku (± 15 km) sehingga proses pemasaran produk tidak mengalami kesulitan.

c. Utilitas

Dalam utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik maka kebutuhan tersebut diharapkan dapat dipenuhi dengan mudah. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan murah karea area kawasan ini memiliki sumber aliran sungai yaitu sungai serayu dan dapat juga bekerjasama dengan PDAM setempat, bahan bakar diperoleh dari Pertamina Cilacap dan untuk suplai pemenuhan kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLTU Cilacap dan digunakan generator (apabila listrik mati).

d. Tenaga kerja dan tenaga ahli

Tenaga kerja merupakan pondasi berdirinya pabrik, dengan didirikannya pabrik di Cilacap, dimana Cilacap merupakan daerah dengan padat penduduk, dekat dan banyak perguruan tinggi, komunitas masyarakat sehingga tersedia

tenaga kerja yang memadai yang nantinya akan mempermudah menyiapkan tenaga kerja serta regenerasi tenaga kerjanya.

e. Pemasaran

Letaknya di kawasan industri, banyak industri yang membutuhkan Ammonium Sulfat, produk diharapkan pemasarannya tidak hanya di Indonesia tetapi juga diekspor, karena Ammonium Sulfat merupakan salah satu sumber energi industri, bahan baku industri kimia, bahan campuran industri kimia dan pertanian.

f. Pembuangan Limbah

Cilacap merupakan daerah yang strategis berdekatan dengan pantai, memiliki aliran sungai seperti serayu, memiliki lahan yang luas, pembuangan limbah dapat langsung dilakukan di sungai atau membuat tempat khusus limbah tentunya semua dilakukan berdasarkan izin dan standar yang telah ditentukan pemerintah.

g. Faktor Iklim dan Geografi Lokal (Keadaan Tanah)

Geografi lokal mencakup topologi dan drainase serta kondisi tanah yang semuanya berdampak pada biaya konstruksi dalam satu atau lain cara. Iklimnya juga berbeda-beda menurut kedekatannya dengan topologi dan kedekatan yang berbeda dengan badan air yang besar atau ruang terbuka yang luas. Cilacap merupakan lokasi yang cocok karena kondisi tanah yang berada di daratan, dekat dengan pesisir pantai dan memiliki iklim tropis sangat mendukung untuk pembangunan pabrik tersebut.

1.6.2 Faktor Pendukung

Faktor pendukung secara tidak langsung berperan penting dalam dunia industri karena sangat mempengaruhi berjalannya industri tersebut. Faktor-faktor pendukung penentuan lokasi pabrik meliputi:

a. Harga Tanah dan Perluasan Pabrik

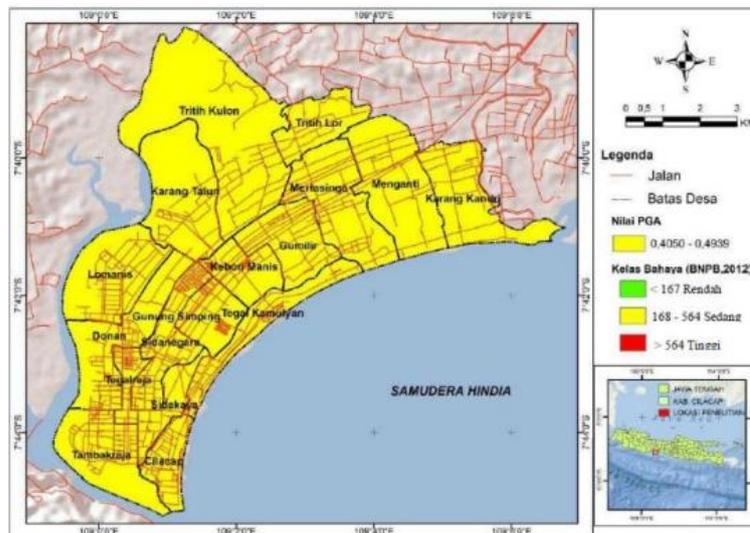
Cilacap merupakan daerah kawasan industri sehingga harga tanah yang tersediapun dapat dikatakan relatif mahal tetapi masih terjangkau. Terkait rencana pengembangan Cilacap adalah daerah industri dimana lahan disana

dipersiapkan guna menidirikan industri sehingga tidak akan mempengaruhi daerah penduduk ketika pabrik akan diperluas areanya.

b. Letak Geografis

Cilacap adalah sebuah Kabupaten Tingkat II di Jawa Tengah, terletak di wilayah Pantai Selatan Pulau Jawa dengan pelabuhan alam yang menyokong. Wilayah Cilacap dan sekitarnya telah direncanakan oleh Pemerintah sebagai pusat pengembangan produksi di selatan Jawa. Identifikasi lokasi pabrik sangat penting untuk kelancaran kegiatan perusahaan. Dari pertimbangan tersebut, luas lahan yang tersedia dan memenuhi persyaratan untuk membangun sebuah pabrik.

Salah satu kondisi geografis yang mempengaruhi pendirian pabrik adalah pergerakan tanah, karena Indonesia merupakan negara yang terletak pada lempeng pergunungan aktif yang memiliki tanah subur tetapi memicu kekhawatiran terhadap bencana alam. Sebidang tanah dengan yang berada di daerah Kesugihan Cilacap dekat jalan raya berjarak sekitar 400 meter termask dalam zona kuning perijinan shm sudah terkondisi, kondusif, tidak terlalu dekat dengan pemukiman warga sangat cocok untuk pendirian pabrik Ammonium Sulfat. Berdassrkan beberapa analisa bahaya gempa bumi, kota Cilacap menunukan kategori tingkat bahaya sedang.(Muhaimin, 2016)



Gambar 1.2 Peta Wilayah Potensi Gempa Bumi Cilacap

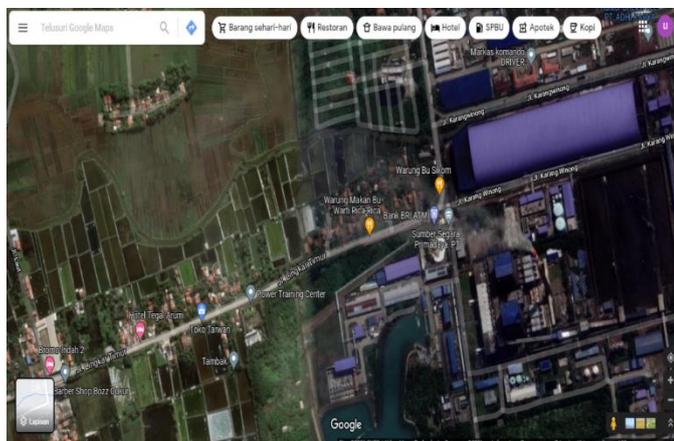
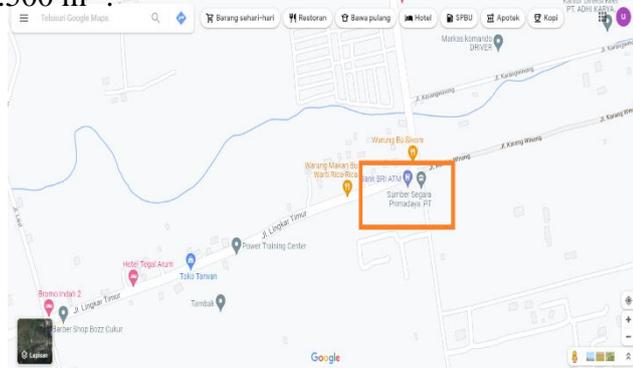
c. Batasan Hukum dan Pajak

Pabrik yang memerlukan modal tinggi maka permasalahan terkait perizinan dan pajak diperhatikan secara detail, namun bagi industri baru akan didukung oleh peraturan daerah.

d. Kebijakan Pemerintah

Pada saat mendirikan pabrik, diperlukan pertimbangan pedoman pemerintah yang relevan. Hubungan antara kebijakan pembangunan industri dengan pemerataan pekerjaan dan hasil pembangunan. Gresik adalah kawasan yang disiapkan untuk daerah industri guna mematuhi kebijakan pemerintah

Atas pertimbangan faktor diatas sehingga pabrik *Amonium Sulfat* dirancang untuk dibangun pada daerah Industri Cilacap, yang berada di daerah Kesugihan Cilacap Selatan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Tepatnya berada disebelah PT Sumber Segara Primadaya dengan luas wilayah diperkirakan mencapai 8.500 m².



Gambar 1.3 Lokasi Pabrik