BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Baku Utama, Penunjang dan Produk

Bahan baku utama pembuatan amonium sulfat adalah amonia(NH_3) dan asam sulfat (H_2SO_4). Sedangkan bahan baku penunjang pembuatan amonium sulfat adalah air dan udara Bahan penunjang tersebut dapat digunakan untuk menambah kualitas, nilai guna dan daya tarik amonium sulfat tersebut.

2.1.1 Bahan Baku

1. Amonia (NH_3)

   Amonia adalah senyawa kimia yang pada suhu kamar berwujud gas tidak berwarna dengan bau menyengat. Senyawa ini merupakan bahan dasar penting dalam produksi berbagai senyawa kimia, termasuk pupuk. Amonia merupakan senyawa anorganik yang diperlukan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri anaerobik (Surip, 2013). Di dalam air, amonia berada dalam dua bentuk yaitu amonia tidak terionisasi dan amonia terionisasi. Amonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan mengganggu syaraf ikan yang hidup di perairan, sedangkan amonia yang terionisasi memiliki kadar racun yang lebih rendah. Daya racun amonia dalam air akan meningkat saat kelarutan oksigen rendah (Soler et al., 2021).

   Amonia banyak terkandung dalam limbah cair, baik limbah domestik, limbah pertanian, maupun limbah dari pabrik, terutama pabrik pupuk nitrogen. Limbah cair dari pabrik amonia mengandung amonia sampai 1000 mg/L limbah, pabrik amonium nitrat mengeluarkan limbah cair dengan kandungan amonia sebesar 2500 mg/L, sedangkan limbah peternakan dan rumah tangga mengandung amonia dengan konsentrasi antara 100-250 mg/L (Yogi, 2018).

   Menurut (Oksita Asri Widyayanti et al., 2023) kadar amonia atau amonium pada limbah dapat diukur dengan beberapa metode diantaranya metode Fenat dan metode Nessler. Kedua metode tersebut menggunakan prinsip pengukuran spektrofotometri. Prinsip metode Nessler yaitu ion ammonia dalam suasana basa akan bereaksi dengan larutan Nessler membentuk senyawa komplek yang berwarna kuning sampai kecoklatan. Warna yang terbentuk diukur serapannya secara spektrofotometri pada panjang gelombang (λ) 400 - 500 nm. Perhitungan konsentrasi ammonia berdasarkan persamaan garis lurus dari kurva baku atau standar.

   a. Sifat Fisika Amonia

      Tabel 2.1 Sifat fisika amonia

Rumus molekul	NH_3
Fase	Cair (P = 11 atm, T = 30^o C)
Warna	Jernih
Berat Molekul	17,03 g/mol
Titik Didih (^{o}C)	-33,35
Titik leleh (^{o}C)	-77,74
Kemurnian %	99,5
Spec gravity (20^oC)	0,597
Viskositas	0,25 cP(-30^oC)
Komposisi	NH_3 = 99,5% H_2O = 0,5 %

(ATDS, 2004)

b. Sifat Kimia Amonia

- Gas tak berwarnah, berbau pesing.
- Larut dalam air
- Basa lemah

2. Asam Sulfat (H_2SO_4)

Larutan asam sulfat (H_2SO_4) merupakan salah satu larutan kimia yang banyak digunakan di industri. Sifat korosif pada larutan tersebut dapat membahayakan lingkungan sekitarnya. Salah satu bahaya larutan asam sulfat jika terpapar kulit manusia akan menyebabkan efek luka bakar yang cukup serius (Selfi MonicaAura, 2019). Larutan asam sulfat (H_2SO_4) sering dimanfaatkan di industri sebagai pemanfaatan untuk pembuatan pupuk tanaman, plat timah, pewarna tekstil dan pengolahan minyak. Industri memerlukan kerja yang tepat dan cepat untuk mengelola sebuah organisasi sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri dan meningkatkan efektifitas kerja.

a. Sifat Fisika Asam Sulfat

Tabel 2.2 Sifat fisika asam sulfat

Rumus molekul	H_2SO_4
Fase	Cair (P= 1 atm, T = 35^o C)
Warna	Kecoklatan
Berat Molekul	98,08 g/mol
Titik Didih (^{o}C)	340
Titik leleh (^{o}C)	10
Kemurnian %	98,5
Spec gravity	2,13

(20^{o}C)	
Viskositas	21 cP (25^{o}C)
Komposisi	H_2SO_4 = 98,5% , dan H_2O = 1,5 %

(DCCEW, 2022)

b. Sifat kimia asam sulfat
   - bisa sebagai katalis.
   - Asam encer bereaksi dgn logam menghasulkan gas hidrogen yang eksplosif.
   - Larut dalam air.

2.1.2 Bahan Penunjang

1. Air

   Tabel 2.3 spesifikasi air

Rumus molekul	H_2O
Fase	Cair
Warna	Tidak berwarna
Berat Molekul	18 g/mol
Titik Didih (^{o}C)	100
Titik leleh (^{o}C)	0
Berat jenis	0,998 g/ml
Suhu kritis	374,13 ^{o}C
Viskositas	0,82 cp

(Danang Adi S, 2011)

2.1.3 Produk

1. Amonium Sulfat

Amonium sulfat ($(NH_4)_2 SO_4$) merupakan salah satu pupuk anorganik yang banyak digunakan sebagai sumber nitrogen dan sulfur. Senyawa ini berbentuk kristal putih, sangat larut dalam air, dan bersifat stabil pada kondisi normal. Kandungan nitrogen dalam amonium sulfat sekitar 21%, sedangkan sulfur mencapai 24%, sehingga pupuk ini sekaligus menyediakan dua unsur esensial bagi pertumbuhan tanaman.

Amonium sulfat bersifat non-higroskopis dibandingkan dengan urea, sehingga lebih mudah disimpan dan didistribusikan. Dalam larutan air, senyawa ini mengalami disosiasi menjadi ion NH_4^+ dan SO_4^{2-}, yang kemudian mudah diserap oleh tanaman. Selain sebagai pupuk, amonium sulfat juga digunakan dalam industri kimia, tekstil, dan bioteknologi (misalnya untuk presipitasi protein dalam proses purifikasi).

Metode paling umum untuk produksi amonium sulfat adalah reaksi netralisasi gas amonia (NH_3) dengan asam sulfat (H_2 SO_4). Reaksi ini menghasilkan larutan jenuh yang kemudian dikristalisasi. Selain itu, jalur alternatif menggunakan bahan baku limbah industri seperti gypsum ($CaSO_4$ $\cdot 2H_2$ O) dari proses flue gas desulfurization (FGD) atau phosphogypsum juga banyak diteliti karena berpotensi meningkatkan nilai ekonomi limbah industri.

a. Sifat fisika amonium sulfat

Tabel 2.4 sifat fisika amonium sulfat

Rumus molekul	$(NH_4)_2SO_4$
Fase	kristal (Higrokopis)
Warna	putih
Berat Molekul	132,14 g/mol
Titik Didih (^oC)	-
Titik leleh (^oC)	235-280
Kemurnian %	98,9
Spec gravity (20^oC)	1,77
Viskositas	-
Komposisi	Ammonium Sulfat = 99,75 % Air = 0,15 % Asam Sulfat = 0,1 %

(Batu Kada, 2023)

b. Sifat kimia

- Preaksi ion Na
- Bersifat Asam
- Terdisosiasi pada 240 ^oC

2.2 Pemilihan Proses

2.2.1 Macam-macam Proses

Ada tiga macam proses pembuatan *ammonium sulfate* berdasarkan bahan baku yang sering digunakan yaitu:

1. Reaksi Netralisasi

   Kebanyakan dari produksi Amonium Sulfat dibuat dari netralisasi dengan mereaksikan amonia dan asam Sulfat kuat pada tekanan atmosfer dengan tingkat keasaman 70% keatas. Reaksi ini berlangsung dalam fasa gas-cair dimana ammonia pada fasa gas dan asam sulfat pada fasa cair. Produk yang dihasilkan berupa kristal ammonium sulfat [$(NH_4)_2SO_4$] yang tercampur dalam larutan *mother liquor* . Berikut merupakan reaksi dari

pembuatan amonium sulfat :

$2NH_{3(g)} + H_2SO_{4\ (l)}$ à $(NH_4)_2.SO_{4\ (s)}$ ΔH= -65,5 kcal/gmol

Menurut teori Bronsted-Lowry (Vogel, 1979), mekanisme reaksi pembuatan ammonium sulfat [$(NH_4)_2SO_4$] yaitu :

$H_2SO_{4(aq)} \longleftrightarrow H^+ + HSO_{4^-}$

$HSO_{4^-(aq)} \longleftrightarrow H+ + SO4^{2-}$

$2NH_{3(g)} + 2H^+ \longleftrightarrow 2NH_4{}^+$

$2NH_{4(g)}{}^+ SO_4{}^{2-} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4(s)}$

$2NH_{3(g)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4(s)}$

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^+. Asam konjugat ini akan bereaksi dengan basa konjugat $SO_4{}^{2-}$ membentuk Ammonium Sulfat atau $(NH_4)_2SO_4$.

Reaksi bersifat eksotermis (67,710 cals/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 105-110^{0}C dan tekanan 1 atm. Gas ammonia dan asam sulfat cair bereaksi secara stoikhiometri membentuk ammonium 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 100^{0}C dan melebihi temperatur leleh amonium sulfat (235-280 ^{0}C). Akan tetapi apabila temperatur reaksi terlalu rendah dapat menyebabkan konversi reaksi menjadi kecil (kurang maksimal).

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 menyembabkan 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.

2. Marseburg Proses

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 :

$$NH_{3\,(g)} + H_2O_{\,(l)} \text{ à } NH_4OH_{\,(aq)} \text{-8.320 cal/gmol}$$

$$2NH_4OH_{\,(aq)} + CO_{2\,(g)} \text{ à } (NH_4)_2CO_3 + H_2O_{\,(l)} \text{ -22.080 cal/gmol}$$

$$CaSO_4.H_2O_{(aq)} + (NH_4)_2.CO_{3(s)} \text{ à } CaCO_{3(s)} + (NH_4)_2SO_{4(s)} + H_2O_{(l)} \text{ -3.900 cal/gmol}$$

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 ammonium 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 ^oC. Campuran reaksi difilter untuk memisahkan kalsium karbonat dan kalsium sulfat yang tidak bereaksi dari larutan ammonium sulfat.

3. 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 ammonium sulfit. Gas yang tidak bereaksi dibuang ke udara.

Tahapan reaksinya aadalah sebagai berikut :

$$2NH_3 + SO_2 + H_2O \longrightarrow (NH_4)_2SO_3 \quad DH = -61{,}2 kcal/gmol$$

$$(NH_4)_2SO_3 + \tfrac{1}{2}\, O_2 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 \quad DH = -67{,}5 kcal/gmol$$

Reaksi yang terjadi berada pada tekanan 0,1 – 5 atm dan suhu 200 – 450 ^0C menggunakan katalis V_2O_5. Ammonium Sulfit kristal dicentrifuge dari kristaliser 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.

Kemudian ammonium sulfit yang telah lolos dari centrifuge dioksidasi menjadi ammonium sulfate dalam rotary dryer.

2.3 Seleksi Proses

Tabel 2.5 Jenis Proses Pembuatan Ammonium Sulfat

Parameter	Jenis Proses		
	Netralisasi	*Merseburg*	Morino
Bahan Baku	NH_3 dan H_2SO_4	NH_3, CO_2, $CaSO_4$, dan H_2O	NH_3, SO_2, H_2O, dan O_2
Proses	Kontinyu	Batch	Kontinyu
Suhu (^oC)	105-110	70	200-450
Tekanan (atm)	1	1	5
Produk samping	-	CaCO3	-
Katalis	-	-	V_2O_5
Konversi	98%	95%	75%

(Gilang G. M And, 2022)

Dari Perbandingan proses pembuatan amonium sulfat pada Tabel 2.5 diatas disimpulkan bahwa proses yang paling menguntungkan adalah proses netralisasi. Kelebihan proses netralisasi adalah konversi reaksi yg tinggi, tidak ada produk samping, tidak membutuhkan katalis, prosesnya sederhana serta bahan baku yang mudah didapat.

2.2.3 Uraian Proses

Pembuatan ammonium sulfat dengan proses fase gas–liquid ammonia dan asam sulfat (Proses Netralisasi) pada dasarnya dibagi menjadi lima tahap ;

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi netralisasi
3. Tahap kristalisasi
4. Tahap pemisahan
5. Tahap pengeringan produk

1) Tahap Persiapan Bahan baku

Tahap penyiapan bahan baku ini dimaksudkan untuk mempersiapkan bahan baku agar sesuai dengan kondisi reaktor. Bahan baku berupa ammonia cair akan disimpan dalam tangki penyimpanan (F-111) yang kemudian dialirkan ke expander (EX-112) untuk menurunkan tekanan 13 atm menjadi 1 atm, kemudian dari expander gas ammonia dimasukkan ke dalam reaktor (R-110) dengan menggunakan sparger perforated plate, yang dididistribusikan melalui bagian bawah reaktor.

Pada tahap ini, bahan baku berupa asam sulfat ditampung pada storage asam sulfat pada suhu 35^{o}C dan tekanan 1 atm. Kemudian dialirkan menuju reaktor menggunakan pompa Centrifugal single stage (L-114).

2) Tahap Proses Reaksi

Gas amonia masuk melalui sparger pada bagian bawah reaktor, bersamaan dengan masuknya asam sulfat dari atas reaktor dengan reaksi sebagai berikut;

$$2NH_3\ (g) + H_2SO_4 \qquad (NH_4)2SO_4\ (s) + Q$$

Reaksi berjalan di dalam reaktor pada suhu 106 ^{o}C dan tekanan 1 atm dengan konversi reaksi 98%. Uap ammonia dan asam sulfat cair masuk ke dalam reaktor dengan perbandingan mol 2:1. Amonia yang tidak habis bereaksi, dikondensasikan dengan alat kondensor (E- 115) pada suhu 35^{o}C. Amonia yang telah dikondensasi berubah menjadi fase cair yang selanjutnya dialirkan ke separator (H-116). Di separator terjadi pemisahan antara cairan dan gas sisa (berupa nitrogen dan uap air) yang tidak terkondensasi di kondensor (E- 115). Gas yang tidak terkondensasi akan dibuang keudara. Sedangkan cairan dari separator kemudian di alirkan lagi menuju expander (E-112) untuk menurunkan tekanannya menjadi 1 atm agar bisa di recycle menuju reaktor (R-110).

Produk hasil reaksi ini berbentuk slurry (supersaturated) dengan konsentarsi 91% yang terdiri dari $(NH_4)_2SO_4$ padat dan cair, air, dan impuritis H_2SO_4. Kemudian dialirkan menggunakan pompa rotary menuju kristalizer.

Pembentukan larutan ammonium sulfat oleh reaksi netralisasi diatas menyebabkan larutan mother liquor yang jenuh (saturated) menjadi lewat jenuh (super saturated) dan keadaan ini didukung dengan adanya panas hasil reaksi netralisasi yang digunakan untuk menguapkan kandungan air dalam larutan ammonium sulfat pada suhu 106^{o}C, Karena reaksi ini eksoterm, larutan produk keluar dari reaktor dalam keadaan panas. Selanjutnya fasa keluar berupa slurry akan di pompa menggunakan pompa rotary (L-114) menuju kristalizer (X-120).

3) Tahap kristalisasi

Slurry amonium sulfat yang sudah lewat jenuh, yang berasal dari reaktor (R-110), dialirkan secara kontinyu ke dalam kristalizer (X-120). Kristalizer yang digunakan adalah kristalizer berpengaduk jenis Draft Tube Baffle (DTB). Di dalam kristalizer, suhu dipertahankan pada titik didih larutan untuk memastikan penguapan air terus berlangsung. Proses penguapan ini menjaga kondisi supersaturasi dan mendorong pertumbuhan kristal.

Inti-inti kristal yang telah terbentuk akan mulai tumbuh. Dalam kristalizer DTB, slurry (campuran kristal dan larutan induk) disirkulasikan secara terus-menerus oleh pengaduk (impeller) di dalam *draft tube*. Sirkulasi ini membawa kristal-kristal yang sedang tumbuh ke zona supersaturasi yang paling intens

(biasanya di permukaan cairan tempat penguapan terjadi), memungkinkan mereka menyerap zat terlarut dan tumbuh menjadi ukuran yang lebih besar.

DTB Crystallizer dilengkapi dengan baffle atau sekat di sekitar *draft tube*. Sekat ini menciptakan zona pengendapan di mana kristal akan mengendap ke dasar tangki, siap untuk dikeluarkan sebagai produk.

4) Tahap Pemisahan

Pada tahap ini, produk yang keluar dari kristalizer (X-120) akan diangkut menggunakan screw coneyor (J-121) menuju centrifuge (H-122). Pada alat pemisahan centrifuge, produk dipisahkan dengan larutannya. Larutan ini selanjutnya ditampung pada tangki penampung (F-123). Larutan yang dialirkan menuju tangki penampung kemudian di pompa kembali menuju kristalizer untuk di kristalisasi. Sedangkan produk amonium sulfat yang sudah dipisahkan diangkut menggunakan belt conveyor menuju alat pengering rotary dryer (B-130).

5) Tahap pengeringan produk

Produk amonium sulfat yang keluar dari centrifuge (H-122) hasil pemisahan akan diangkut menggunakan belt conveyor masuk alat rotary dryer pada suhu 60^{o}C dan keluar pada suhu 90^{o}C. Udara dialirkan melalui blower (H-131) dilewatkan pada heater (E-132) yang digunakan sebagai udara panas dalam rotary dryer (B-130). Udara panas dialirkan secara counter- current terhadap feed masuk dengan suhu 110^{o}C. Kadar air dalam produk yang telah melewati proses pengeringan sebanyak 0,25 %.

Udara panas dan uap air ditarik ke udara dengan bantuan fan. Dengan adanya debu ammonium sulfat yang terikut dalam udara, maka pada suction dilengkapi dengan bag filter (H-135) sebagai penangkap debu, yang kemudian debu-debu ammonium sulfat ditampung dalam dissolving drum (F-136) yang ditambah dengan air dan dilarutkan kembali yang kemudian dialirkan menggunakan pompa (L-137) menuju tangki penyimpanan (F-123) mother liquor. Udara yang dilepas fan sudah cukup bersih dan dibuang ke atmosfer.

Kemudian ammonium sulfat yang sudah kering diumpankan menggunakan *belt conveyor* (J-137) kedalam silo (F-134) untuk disimpan.

2.4 Instrumentasi, K3 dan Utilitas

2.4.1 Instrumentasi Alat

Instrumentasi adalah bagian yang sangat penting dalam mendirikan sebuah peralatan control secara otomatis yang digunakan untuk menghasikan produk yang terbaik dan pabrik. Instumentasi merupakan indikator, recorder, dan pengontrol. Penggunaaan instumen ini juga untuk mengurangi tenaga kerja. Instrumen pra rancang pabrik pada asam laktat ini bertujuan untuk:

1. Kondisi operasi suatu peralatan tetap terjaga pada kondisi yang aman
2. Rate produksi diatur dalam batas batas yang direncanakan
3. Membantu mempermudah pengoperasian dan pengontrolan alat
4. Lebih menjamin efisiensi dan keselamatan kerja

Instrumen yang digunakan ada peralatan pra rancang pabrik ammonium sulfat dari ammonia dan asam sulfat yaitu :

Peralatan kontrol yang umumnya digunakan pada pabrik adalah (Considine, 1985):

1) *Temperature Controller* (TC), berfungsi untuk mengontrol temperatur operasi suatu unit proses.
2) *Flow Controller* (FC), berfungsi untuk mengontrol laju aliran yang ada di dalam alat selama proses berlangsung.
3) *Level Controller* (LC), berfungsi untuk mengontrol dan mengatur ketinggian cairan pada suatu unit proses.
4) *Pressure Control* (PC), berfungsi mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
5) *DC (Direct Current)* Untuk mengontrol kecepatan putaran pengaduk.

Tabel 2.6 instrumen alat pada pra rancangan pabrik amonium sulfat

Hal

No	Nama instrument	Fungsi utama	Lokasi penggunaan
1	TC (Temperatur control)	Mengukur dan mengendalikan suhu pada suatu proses	Reaktor,kristalizer, kondensor
2	FC (Flow Control)	Mengukur dan mengendalikan laju aliran fluida	Storage asam sulfat, reaktor
3	PC (Presure Control)	Mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta .	Expander
4.	LI (Level Indikator)	penampil nilai ketinggian (level) suatu fluida dalam tangki atau bejana, tanpa kemampuan mengontrol.	Reaktor

penting yang perlu diperhatikan dalam memilih instrumentasi adalah harus merencanakan pemilihan alat dan lokasi pemasangan agar alat setelah pemasangan dapat dihindari dan sifat-sifat instrumen harus diingat dan harus dipilih dengan kriteria reabilitas dan maintenanbility. Perlu dicatat bahwa jika reabilitas lebih tinggi, biaya instrumen material akan lebih rendah**.**

2.4.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah suatu kondisi dalam pekerjaan yang sehat dan aman baik itu bagi pekerjaannya, perusahaan maupun bagi masyarakat dan lingkungan sekitar pabrik atau tempat kerja tersebut. Keselamatan adalah kondisi aman seseorang dalam melakukan pekerjaan. Kondisi aman tersebut bisa berasal dari internal maupun eksternal. Lingkungan internal adalah kemampuan seseorang dalam menjaga dirinya, dan lingkungan eksternal adalah bahaya yang terjadi dari luar (Munandar, et. al., 2014). Keselamatan kerja merupakan salah satu cara untuk melindungi para karyawan atau pekerja dari bahaya atau ancaman kecelakaan kerja selama bekerja. Keselamatan kerja bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan mendukung pencapaian tujuan suatu pekerjaan.

Tujuan dari keselamatan dan kesehatan kerja adalah mewujudkan masyarakat dan lingkungan kerja yang aman, sehat dan sejahtera. Dengan K3 akan tercapai suasana lingkungan kerja yang aman, sehat, dan nyaman dengan keadaan tenaga kerja yang sehat fisik, mental, sosial, dan bebas kecelakaan. Syarat-syarat keselamatan kerja yang ditunjukan untuk: mencegah dan mengurangi kecelakaan, kebakaran, mencegah dan mengurangi peledakan, kesempatan atau jalan menyelamatkan diri, memberi pertolongan pada kecelakaan, memberi alat-alat perlindungan diri, mencegah dan mengendalikan timbul dan menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin cuaca, sinar dan radiasi, suara dan getaran, mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psikis, dan suhu dan kelembapan yang baik (Prasetyo, et. al., 2016). Syarat-syarat K3 yang harus dipenuhi saat bekerja adalah keselamatan dan kesehatan sumber daya manusia atau tenaga kerja yang merupakan suatu kegiatan untuk mencegah kecelakaan, cacat, kematian, dan kerugian sebagai akibat dari kecelakaan kerja.

Tabel 2.7 Peralatan Pelindung Diri

No	Peralatan pelindung diri	Area
1	*Safety helmet*	Semua unit proses
2	Masker	Gudang bahan baku dan bagian proses
3	Sarung tangan	Semua unit proses
4	Sepatu karet *(boot)*	Semua unit proses
5	Pemadam kebakaran	Gudang, bagian proses dan stroge
6	Kaca pengaman *(safety glasses)*	Bengkel

Di samping itu, perusahaan juga melakukan upaya untuk menunjang menjamin keselamatan kerja para karyawan dengan tindakan seperti memasang penerangan dan

ventilasi yang baik, sistem pemipaan yang teratur dan menutup motor-motor yang bergerak, memasang tanda-tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja ditempat yang aman, serta menyediakan sarana pemadam kebakaran yang mudah dijangkau dan pengaturan peralatan yang baik sehingga para pekerja dapat mengoperasikan peralatan dengan baik.

2.4.3 Utilitas

Unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit lain dalam Suatu pabrik atau sarana penunjang untuk menjalankan suatu pabrik dari tahap awal sampai produk akhir. Unit utilitas yang digunakan pada Pra Rancang Bangun Pabrik ammonium sulfat terdiri atas.

1. Unit Pengolahan Air Bersih
   Air bersih merupakan air yang memiliki karateristik: fisik, yaitu tidak berwarna (jernih), tidak berbau dan tidak berasa, kimia yaitu tidak memiliki senyawa beracun, dan biologis, yaitu tidak mengandung kuman atau bakteri patogen. Proses pengolahan air bersih dimulai dengan penyaringan air sungai pada filter untuk menyingkirkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti sampah plastik, daun, ranting, dan lainnya. Air bersih berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang sudah dipenuhi sedangkan dari segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi.
2. Air Proses
   Sebagian air bersih dari bak penampungannya dialirkan oleh pompa air menuju peralatan proses yang membutuhkan. Air proses merupakan air yang digunakan sebagai bahan baku dan bahan pembantu dalam proses pembuatan amonium sulfat.
3. Air Sanitasi
   Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan seperti MCK (mandi, cuci, dan kakus) dan lainnya, laboratorium, taman, pemadam kebakaran dan sebagai cadangan air. Syarat air sanitasi meliputi suhu dibawah suhu kamar dan berwarna jernih, tidak mengandung zat-zat kimia beracun dan bakteri atau kuman terutama bakteri *E.coli* dan patogen.
4. Air Pendingin
   Air pendingin berfungsi sebagai media pendingin pada unit perpindahan panas. Air dingin diperoleh dari proses *cooling tower*. Pemilihan air sebagai media pendingin dikarenakan air merupakan materi yang banyak dan mudah didapat, mudah dikendalikan dan diolah, dapat menyerap panas dalam jumlah yang besar, tidak mudah menyusut karena pendinginan dan tidak mudah terkondensasi.

5. Air Umpan Boiler (Demin Water)
   Air umpan boiler atau air demin merupakan air bersih yang bebas dari kesadahan (*hardness*). Hal yang dilakukan untuk menghilangkan kesadahan air adalah melalui proses pelunakan (*softening*) pada unit *kation exchanger* dan *anion exchanger*. Air umpan *boiler* merupakan air baku untuk menghasilkan *steam* yang sebelumnya telah dilunakkan terhadap kandungan mineral di dalamnya. Air umpan diperoleh dari air yang telah ditreatment menggunakan exchanger.
6. Unit Penyediaan Steam
   Steam diperoleh dari hasil masakan air dari boiler. Boiler adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan uap air, sumber tenaga atau sumber pemanasan. Boiler berfungsi sebagai alat pendidihan (pemasakan) air untuk menghasilkan uap (steam).
7. Unit Penyediaan Air Dingin (Cooling Water)
   Menara pendingin (*cooling tower*) merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfir.
8. Unit Penyediaan Bahan Bakar
   Solar digunakan untuk menjalankan generator set dengan pertimbangan antara lain karena harga yang relatif murah, mudah didapat, viskositas relatif rendah, *heating valuenya* relatif rendah dan tidak menyebabkan kerusakan pada alat.
9. Unit Penyediaan Listrik
   Suplai listrik pada pra rancangan pabrik ammonium sulfat ini bersumber dari pembangkit listrik nasional (PLN), serta disiapkan juga generator sebagai sumber cadangan bila terjadi pemadaman/gangguan arus listrik dari PLN. Tenaga listrik dipergunakan untuk menggerakkan motor unit proses, unit utilitas, penerangan, instrumentasi dan lainnya.

2.5 Lokasi Pendirian

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berkaitan erat dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Tujuan penentuan lokasi perusahaan dengan tepat, adalah untuk dapat membuat operasi perusahaan berjalan dengan lancar, efektif dan efisien. Dalam penentuan lokasi pabrik, perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya biaya produksi dan biaya distribusi dari barang yang dihasilkan, sehingga biaya-biaya ini dapat ditekan serendah mungkin. Serta mampu menyediakan barang tepat pada waktunya dengan jumlah, kualitas dan harga yang sesuai serta memperoleh keuntungan. Pabrik amonium sulfat dari amonia dan asam sulfat dengan

kapasitas 20.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kepuh, Ciwandan, Banten.



Gambar 2.1 Lokasi pabrik

Adapun pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik yang dirancang secara teknis dan menguntungkan secara ekonomis. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Ketersediaan Bahan Baku
   Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik, sehingga pengadaan bahan baku merupakan suatu hal yang sangat penting. Lokasi yang dipilih adalah yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga biaya transportasi dapat diminimalkan. Asam sulfat sebagai bahan baku pembuatan amonium sulfat diperoleh dari PT. Indonesian Acids Industry yang berlokasi di Cakung, Jawa Timur dengan kapasitas produksi sebesar 82.500 ton/tahun. Jarak tempuh dari PT. Indonesian Acids Industry menuju lokasi pabrik berkisar 192 km
   Untuk bahan baku amonia diperoleh dari PT. Pupuk Kujang yang berlokasi di Cikampek, Jawa Barat dengan kapasitas 660.000 ton/tahun. Jarak tempuh dari PT. Pupuk Kujang menuju lokasi pabrik berkisar 192 km.
2. Utilitas
   Dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Tenaga listrik tersebut didapat dari PLTU PT Krakatau Daya Listrik dan juga dari sendiri. Lokasi pabrik dekat dengan sungai, maka keperluan air (air proses, air pendingin/penghasil steam, perumahan dan lain-lain) dapat diperoleh dengan mudah.
3. Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja)
   Tenaga kerja dapat dengan mudah diperoleh di daerah Ciwandan, Banten karena dari tahun ke tahun tenaga kerja semakin meningkat. Begitu juga dengan tingkat sarjana Indonesia serta tenaga kerja lokal yang berkualitas.

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja.

4. Transportasi
   Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat. Pendirian pabrik di kawasan Ciwandan dilakukan dengan pertimbangan kemudahan sarana transportasi darat yang mudah dijangkau karena Ciwandan berada dalam jalur transportasi darat seperti jalan raya dan jalan tol yang memadai, sehingga transportasi darat dari sumber bahan baku dan pasar tidak lagi menjadi masalah. Dengan ketersediaan sarana tersebut akan menjamin kelangsungan produksi pabrik.
5. Pemasaran
   Ciwandan, Banten termasuk daerah strategis untuk pendirian pabrik pupuk karena di Banten terdapat berbagai macam perkebunan, baik perkebunan karet, kelapa, cengkeh, lada, kakao, pala, melinjo, bawang merah dan masih luasnya lahan yang dapat dikembangkan untuk perkebunan dan pertanian. Pemasaran mudah dijangkau karena tersedianya sarana transportasi yang memadai. Selain pemasaran untuk dalam provinsi, dipasarkan juga untuk dalam negeri serta untuk diekspor ke luar negeri.
6. Keadaan Iklim
   Kecamatan Ciwandan, Banten memiliki iklim tropis. Sehingga cuaca, iklim, dan keadaan tanah relatif stabil dan tidak ekstrim. Temperatur udara normal daerah tersebut sekitar 24-33oC, sehingga operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.