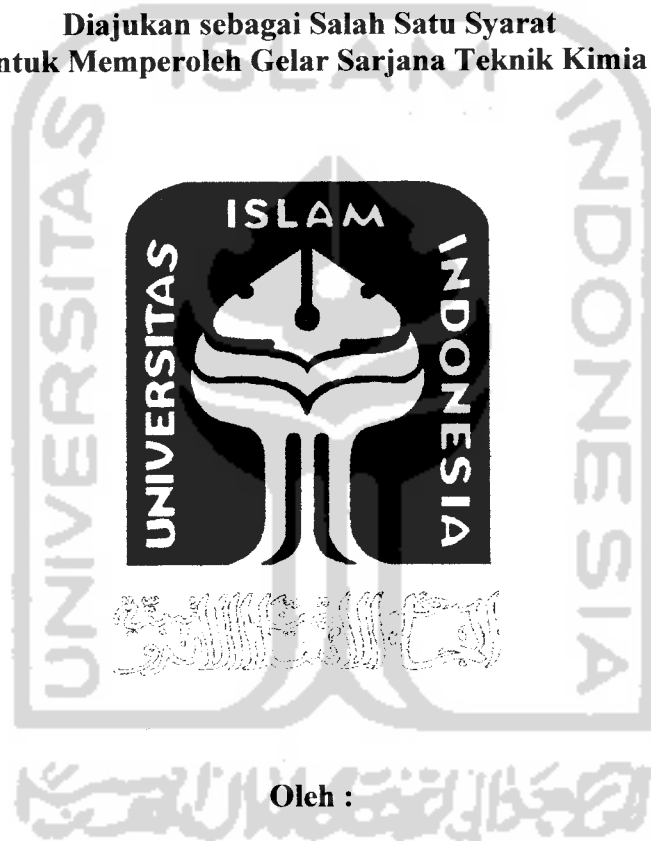


TA/TK/2007/206

**PRA RANCANGAN PABRIK PENGOLAHAN
LIMBAH GAS BUANG PLTU
KAPASITAS 20.000 m³/JAM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**

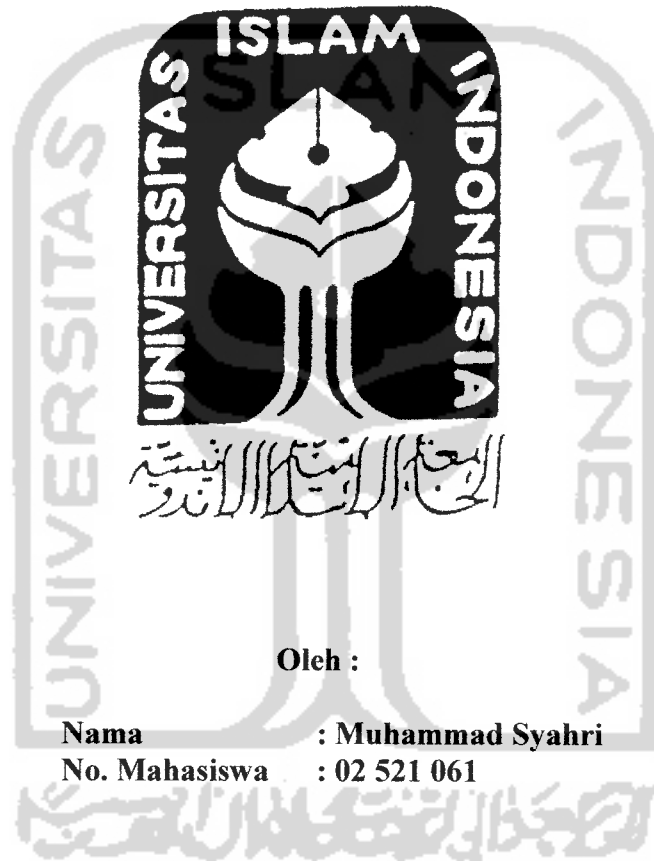


Oleh :

**Nama : Muhammad Syahri
No. Mahasiswa : 02 521 061**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN
PENGOLAHAN LIMBAH GAS BUANG PLTU
KAPASITAS 20.000 m³/JAM
TUGAS AKHIR

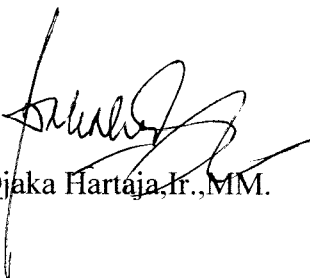


Oleh :

Nama : Muhammad Syahri
No. Mahasiswa : 02 521 061

Yogyakarta, 7 Mei 2007

Pembimbing I


Djaka Hartaja, Ir., MM.

Pembimbing II


Prayitno, Ir., MT.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN
PENGOLAHAN LIMBAH GAS BUANG PLTU
KAPASITAS 20.000 m³/JAM

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Muhammad Syahri

No. Mahasiswa : 02 521 061

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi
Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Mei 2007

Tim Penguji

Djaka Hartaja, Ir., MM.
Ketua

Hasnah Mu'in, Dr., SU
Anggota I

Diana, ST., M.Sc
Anggota II



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia
Universitas Islam Indonesia

Dra. Kamariah Anwar, Msi



*Karya kecil ini hadir atas kehendak Allah Azza wa Jalla,
semoga bermanfaat untuk kemaslahatan umat.*

Skripsi ini penulis dedikasikan kepada:

*Ibunda (Rasemi) yang sangat kucintai,
yang dengan tulus ikhlas tak henti-hentinya memberikan cinta,
kasih sayang, pengorbanan dan doa yang selalu mengiringi setiap langkahku.
Engkau akan selalu menjadi kebanggaanku.*

*Ayahanda (Mulyono) yang sangat kucintai,
yang dengan tulus ikhlas dan kasih sayang memberikan jerih payah,
penjagaan, doa, dan mengajarku dalam mengarungi samudra kehidupan ini.
Maafkan ananda jika dulu sering membuat kecewa.*

*adekku (de' huda, de' aila)
yang telah memberikan keceriaan dan dukungan keceriaanmu telah
memberikan kebahagiaan tersendiri bagiku. Semua itu takkan tergantikan
dalam bentuk materi. .*

*Semoga Allah SWT selalu merahmati keluarga kita, menjauhkan kita dari
neraka-Nya dan megumpulkan kita kembali sekeluarga di surga-Nya kelak.
Terima kasih kepada:*

*Sahabat ku nyit-nyit, gondesku (fibi) untuk semua kegilaan yang kita lalui
bersama. I learn many things about this live from you*

*Sahabat sekost, seperjuangan, senasib n sahabat "gila" naim, rofiq, andik, n
temen2 PMII kalian memang is the best, makacih slalu nemenin aq..seneng,
susah tlah qt lalui bersama dan
untuk kesetiaannya jadi tempat berkeluh kesahku. aku tunggu mimpi kita
untuk sebuah kesuksesan datang.*

Patner sejatiku (rini) ga ada kata-kata laen selain TOP BGT, wes pokoké makcih dah jadi patner kuliah n di luar kuliah, slalu ada dibelakangku untuk jadi semangat qu, makasih juga dah ngertiin n sabar,

Teman-teman tekim angkatan '02' atas persahabatan dan kekeluargaan yang selama ini terjalin.

Semoga sukses selalu.



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Keaslian Hasil Pra Rancangan Pabrik	ii
Halaman Pengesahan Pembimbing	iii
Halaman Pengesahan Penguji	iv
Kata Pengantar	v
MOTTO	vii
Halaman persembahan	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xv
Abstraksi	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan pustaka	3
BAB II. PERANCANGAN PRODUK	24
2.1 Spesifikasi Produk	24
2.2 Spesifikasi Bahan	25
2.2.1. Sifat-sifat Bahan Baku	25
2.2.2. Sifat-sifat Bahan Pembantu	25

2.3 Pengendalian Kualitas.....	25
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	28
2.3.2. Pengendalian Kualitas Produk	28
BAB III. PERANCANGAN PROSES	30
3.1 Uraian Proses	30
3.1.1. Metode Perancangan	32
3.2 Spesifikasi Alat	38
3.3 Perencanaan Produksi	48
3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan baku atau Pembantu	48
BAB IV. PERANCANGAN PABRIK	52
4.1 Lokasi Pabrik	52
4.2 Tata Letak Pabrik	54
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses	56
4.4 Pelayanan Teknik (utilitas)	61
4.4.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	61
4.4.2. Alat yang digunakan dalam Pengolahan dan Pengadaan Air	68
4.4.3. Pengadaan Tenaga Listrik	88
4.4.4 Pengolahan Limbah	92
4.4.5 Laboratorium	97
4.5 Organisasi Perusahaan	97
4.5.1 Bentuk Perusahaan	97
4.5.2 Struktur Organisasi	99

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Konsentrasi Maksimum SO ₂ Terhadap Waktu	8
Tabel 1.2 Pengaruh SO ₂ Terhadap Manusia	11
Tabel 3.1.1.1. Neraca Massa Total	32
Tabel 3.1.1.2.(a) Neraca Massa Spray Cooler	33
Tabel 3.1.1.2.(b) Neraca Massa Heater	33
Tabel 3.1.1.2.(c) Neraca Massa Reaktor MBE	33
Tabel 3.1.1.2.(d) Neraca Massa ESP	34
Tabel 3.1.1.2.(e) Neraca Massa Stack	34
Tabel 3.1.1.3.(a) Neraca Panas Spray Cooler	35
Tabel 3.1.1.3.(b) Neraca Panas Heater	35
Tabel 3.1.1.3.(c) Neraca Panas Reaktor MBE	36
Tabel 3.1.1.3.(d) Neraca Panas ESP	36
Tabel 3.1.1.3.(e) Neraca Panas Stack	37
Tabel 4.4.1.(a) Kebutuhan Air Pendingin	66
Tabel 4.4.1.(b) Kebutuhan Steam	67
Tabel 4.4.3.(a) Kebutuhan Listrik untuk menggerakkan motor di dalam proses ..	89
Tabel 4.4.3.(b) Kebutuhan Listrik untuk menggerakkan motor di dalam utilitas...	90
Tabel 4.5.4. Rencana Pengaturan Jadwal Kerja Group	113
Tabel 4.5.5. Penggolongan Jabatan.....	113
Tabel 4.5.6. Jumlah Karyawan Pada Masing-masing Bagian.....	114
Tabel 4.5.7 Perincian Golongan dan Gaji.....	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perjalanan Sulfur Dioksida Di Udara	8
Gambar 1.2 Proses Terbentuknya Hujan Asam Yang Diakibatkan Dari Pelepasan Gas Hasil Pembakaran Minyak Bumi	13
Gambar 1.3 Perjalanan Nitrogen Di Udara	18
Gambar 1.4 Interaksi Hidrokarbon Dengan Nitrogen Oksida Yang Ada Diatmosfer Membentuk Siklus Fotolitik	22
Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif	50
Gambar 2.2 Diagram Alir Kuantitatif	51
Gambar 4.3.(a) Tata Letak Bangunan Pabrik	60
Gambar 4.4.(b) Tata Letak Alat Proses	61
Gambar 4.5 Pengolahan Air	96
Gambar 4.6 Struktur Organisasi	101
Gambar 4.7 Grafik Indeks Harga	125
Gambar 4.8 Grafik BEP dan SDP	137

INTISARI

Gas buang PLTU berbahan bakar batubara antara lain mengandung SO_2 dan NO_x . Salah satu usaha untuk menurunkan kadar SO_2 dan NO_x adalah dengan menerapkan teknologi pengolahan gas buang dengan menggunakan mesin berkas elektron (MBE).

Prinsip kerja dari pengolahan limbah gas buang PLTU ini adalah gas buang dialirkan melalui spray cooler kemudian masuk kedalam mesin berkas electron. Sebelum masuk mesin berkas elektron (MBE) cairan amoniak (NH_3) diuapkan menggunakan heater kemudian diinjeksikan masuk ke MBE. Produk yang dihasilkan ammonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan ammonium sulfat NH_4NO_3 sebagai hasil samping, maka dari itu diperlukan *electrostatic precipitator* (ESP) untuk memisahkan abu layang kemudian disimpan digudang penyimpanan. Sehingga kadar polutan SO_2 dan NO_x menjadi berkurang dan memenuhi syarat untuk dilepas ke lingkungan.

Dari hasil evaluasi ekonomi diperoleh modal tetap sebesar Rp.304.542.952.346,64. Laba yang diperoleh sebelum pajak Rp 179.025.677.565,516 dan sesudah pajak sebesar Rp 89.512.838.782,758. Kebutuhan modal kerja sebesar Rp 44.128.590.725,8383. Percent return on investment (ROI) sebelum pajak 58,785% dan setelah pajak 29,3925 %. Pay out time (POT) sebelum pajak 1,5 tahun dan sesudah pajak 2,5 tahun. Break even point (BEP) sebesar 24,5526 % dan shut down point (SDP) sebesar 7,87%. Discounted cash flow (DCF) sebesar 51,22%. Dari hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak dan menarik untuk dikaji dan didirikan.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pemakaian batubara dalam kegiatan industri sangat banyak. Batubara terutama digunakan sebagai bahan bakar pada PLTU yang memasok kebutuhan energi listrik bagi industri tersebut. Pusat-pusat listrik di Indonesia saat ini umumnya juga menggunakan bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak bumi. Diantara beberapa jenis pusat listrik, salah satunya adalah jenis Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya. Indonesia memiliki cadangan batubara 36,5 milyar ton atau sebanyak 3,1 % dari seluruh cadangan batubara dunia. Cadangan batubara tersebut 67,9 % terdapat di Sumatra, 31,6 % terdapat di Kalimantan dan sisanya terdapat di Jawa, Sulawesi dan Papua. Dari sekian banyak cadangan batubara di Indonesia ternyata yang kualitasnya memenuhi standar baku mutu emisi (BME) 2000 kurang dari 10 %. Sebagian besar cadangan batubara Indonesia kualitasnya tidak memenuhi standar BME 2000.

Pada pembakaran dan pemecahan (pemisahan cracking) batubara selain dihasilkan gas buangan (CO, NO_x, dan SO_x). Juga banyak dihasilkan partikel-partikel terdispersi ke udara sebagai bahan pencemar. Partikel-partikel tersebut antara lain : karbon dalam bentuk abu atau fly ash (C), debu silika, debu alumina dan oksida-oksida besi. Penelitian lebih jauh mengenai dampak pemakaian bahan

bakar batubara ternyata menarik, karena selain mengeluarkan partikel-partikel tersebut diatas yang tidak radioaktif, juga dilepaskan partikel-partikel radioaktif karena batubara sebagai bahan bakar fosil juga mengandung unsur-unsur radiaktif tersebut akan ikut keluar bersama-sama komponen hasil pembakaran lainnya. Dari hasil penelitian telah terbukti bahan selain menghasilkan gas CO, NO_x, SO_x, C dan sejumlah abu maupun debu. Gas nitrogen oksida, gas monoksida dan gas nitrogen dioksida, keduanya mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi keselamatan. Gas NO yang mencemari udara secara visual sulit diamati karena gas tersebut tak berwarna dan berbau. Sedangkan gas NO₂ mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat.

Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tak berbahaya, kecuali bila fase NO berada dalam konsentrasi tinggi. Sebagian besar pencemaran udara oleh gas belerang oksida (SO_x) berasal dari pembakaran bahan-bahan fosil , terutama batubara. Ada dua macam gas belerang (SO_x) yaitu : SO₂ dan SO₃. dalam hal ini perubahan akan menghasilkan gas SO₂ yang lebih banyak dari pada gas SO₃. walaupun gas SO₂ lebih dominan akan tetapi pertemuannya dengan udara yang mengandung oksigen akan menghasilkan SO₃.

Berbagai macam proses industri ternyata ada yang menghasilkan partikel-partikel yang dapat menyebar ke udara lingkungan. Suatu industri/pabrik tidak semuanya memperhatikan keselamatan kerja dan kesehatan lingkungannya. Akibat dari pembakaran bahan bakar batubara di PLTU menghasilkan emisi gas buang (flue gas) yang mengandung SO₂ dan NO_x dengan kadar yang cukup

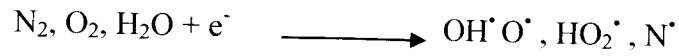
tinggi. Hal ini merupakan sumber polusi udara yang cukup besar. Reaksi yang terjadi di udara akan menyebabkan hujan asam yang berbahaya bagi lingkungan. Meningkatnya penggunaan batubara berkualitas rendah dengan kadar kandungan belerang yang menyebabkan tingkat pencemaran udara yang makin memprihatinkan. Berbagai teknologi dan proses telah dikembangkan untuk mengurangi emisi SO₂ dan NO_x, diantaranya adalah FGD (*Flue Gas Desulphurisation*), SCR (*Selective Catalytic Reduction*) dan EB-FGT (*Electron Beam Flue Gas Treatment*) menggunakan MBE (mesin bekas electron).

Penerapan teknologi EB-FGT di PLTU untuk memecahkan permasalahan yang berhubungan dengan peraturan mengenai pengelolaan lingkungan hidup mempunyai kelebihan diantaranya yaitu merupakan suatu sistem proses yang kompak karena dapat mengolah SO₂ dan NO_x secara serentak dengan tingkat efisiensi tinggi, penerapan teknologi ini sangat cocok untuk pengolahan gas buang dengan kandungan SO₂ yang tinggi dan membutuhkan air proses sedikit, ramah lingkungan karena proses akan mengubah polutan menjadi pupuk pertanian dan tidak menghasilkan limbah/polutan baru, lebih ekonomis ditinjau dari segi konstruksi dan operasi instalansi, serta pengaruh terhadap biaya produksi tenaga listrik relatif kecil bahkan ada kemungkinan berubah menjadi keuntungan bila produk pupuk dapat dikelola dengan baik, lahan yang dibutuhkan untuk instalansi ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan teknologi sejenis yang lain.

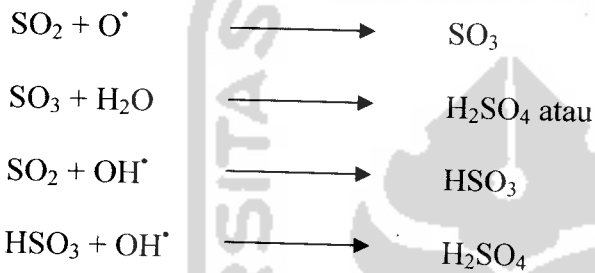
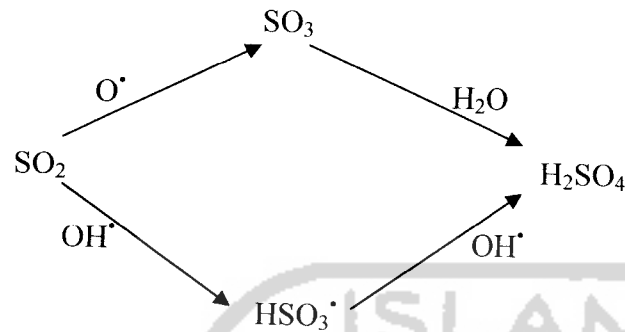
1.2 Tinjauan Pustaka

Berikut ini adalah rantai reaksi terjadinya pembentukan (NH₄)₂SO₄ dan NH₄SO₃ :

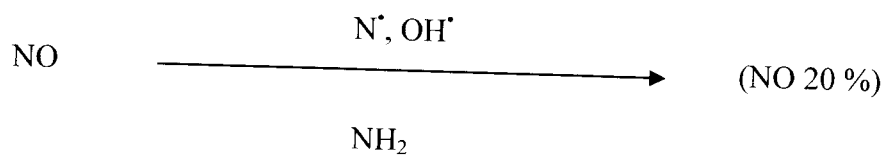
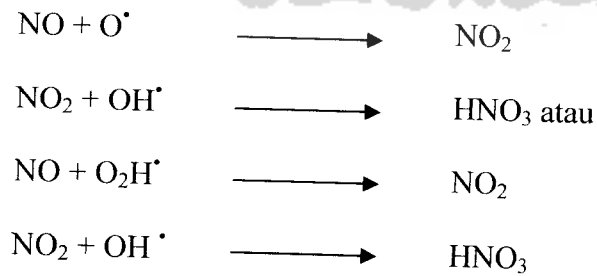
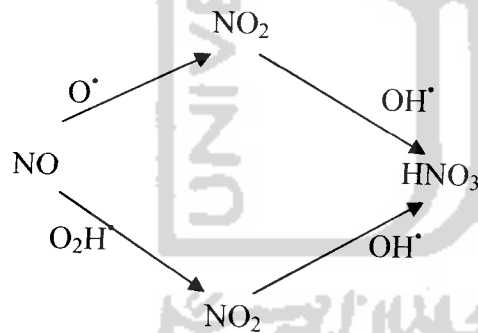
1. Pembentukan radikal bebas

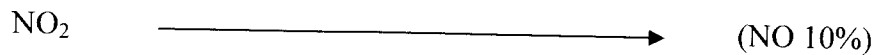


2. Oksidasi SO₂ dan pembentukan H₂SO₄

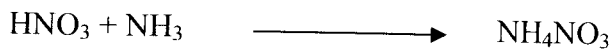


3. Oksidasi NO_x dan Pembentukan HNO₃

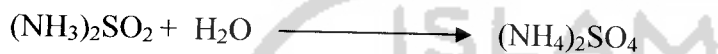




4. Reaksi dari asam dengan NH₃ dalam solid *by-product*



Pengurangan kadar SO₂ secara termal

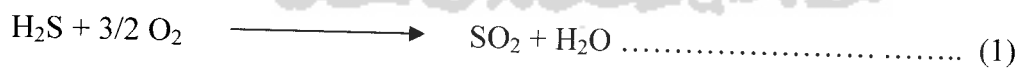


Sumber : Turhan et al.,2002. halaman 1106

1.2.1 Sulfur Dioksida (SO₂)

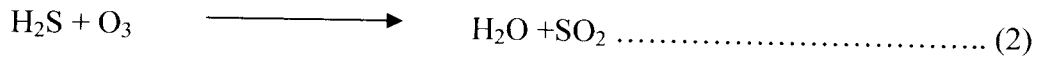
Gas jernih berwarna ini merupakan bagian dari pencemar udara, kadarnya sampai 18 %. Gas ini mudah dikenali dari baunya yang khas yaitu menyengat dan amat membahayakan manusia (Sastrawijaya, 2000).

Asal dari sulfur dioksida dapat diperoleh secara ilmiah maupun sumber buatan. Sumber alamiah contohnya adalah gunung-gunung berapi, pembusukan bahan-bahan organik oleh mikroba serta reduksi sulfat secara biologis. Pada proses pembusukan akan menghasilkan H₂S dan prosesnya dijelaskan sebagai berikut :



Sulfur dioksida dapat bersifat sebagai *secondary* maupun *primary pollutants*. Pembangkit listrik, industri, gunung dan lautan melepaskan SO₂, SO₃, dan SO₄²⁻ dan gas-gas ini sebagai *primary pollutants*. Sebagai tambahan, proses dekomposisi biologis dan beberapa industri melepaskan H₂S yang teroksidasi, dan gas ini

dikenal sebagai *secondary pollutants*. Salah satu reaksi terpenting dari gas ini yang menyertakan ozon adalah :



Pembakaran bahan bakar fosil yang masih mengandung sulfur yang menghasilkan gas sulfur dioksida, berjalan pada reaksi :

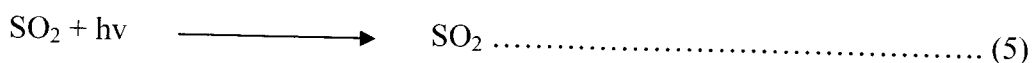


Pada reaksi ini menunjukkan untuk setiap gram sulfur dalam bahan bakar, dua gram SO₂ dilepaskan ke atmosfer. Karena pembakaran tidak berjalan 100 % secara sempurna, diperkirakan sekitar 5 % sulfur menjadi abu, maka hanya 1,90 % SO₂ dari setiap bahan bakar yang dilepaskan ke udara (Davis et al., 1998).

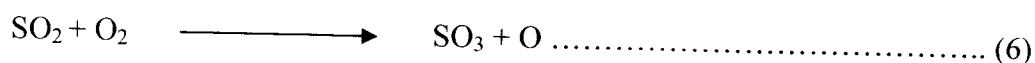
Mayoritas SO₂ yang dilepas di udara, dikonversikan menjadi bentuk garam, yang akan dihilangkan dengan proses sedimentasi atau dengan proses *washout* melalui *presipitasi*. Konversi sulfat ini melewati dua cara, yaitu dengan oksidasi katalitik ataupun oksidasi *photochemical*. Pada cara pertama akan berjalan efektif jika butiran-butiran air masih mengandung Fe²⁺, Mn²⁺ atau NH₃ yang ditunjukkan pada reaksi :



Pada kelembapan rendah, proses konversi utama adalah pada oksidasi *photochemical*. Reaksi pertama berjalan seperti persamaan sebagai berikut :



Molekul yang tereksitasi lalu bereaksi dengan O₂ untuk membentuk SO₃ seperti yang ditunjukkan pada reaksi dibawah ini :

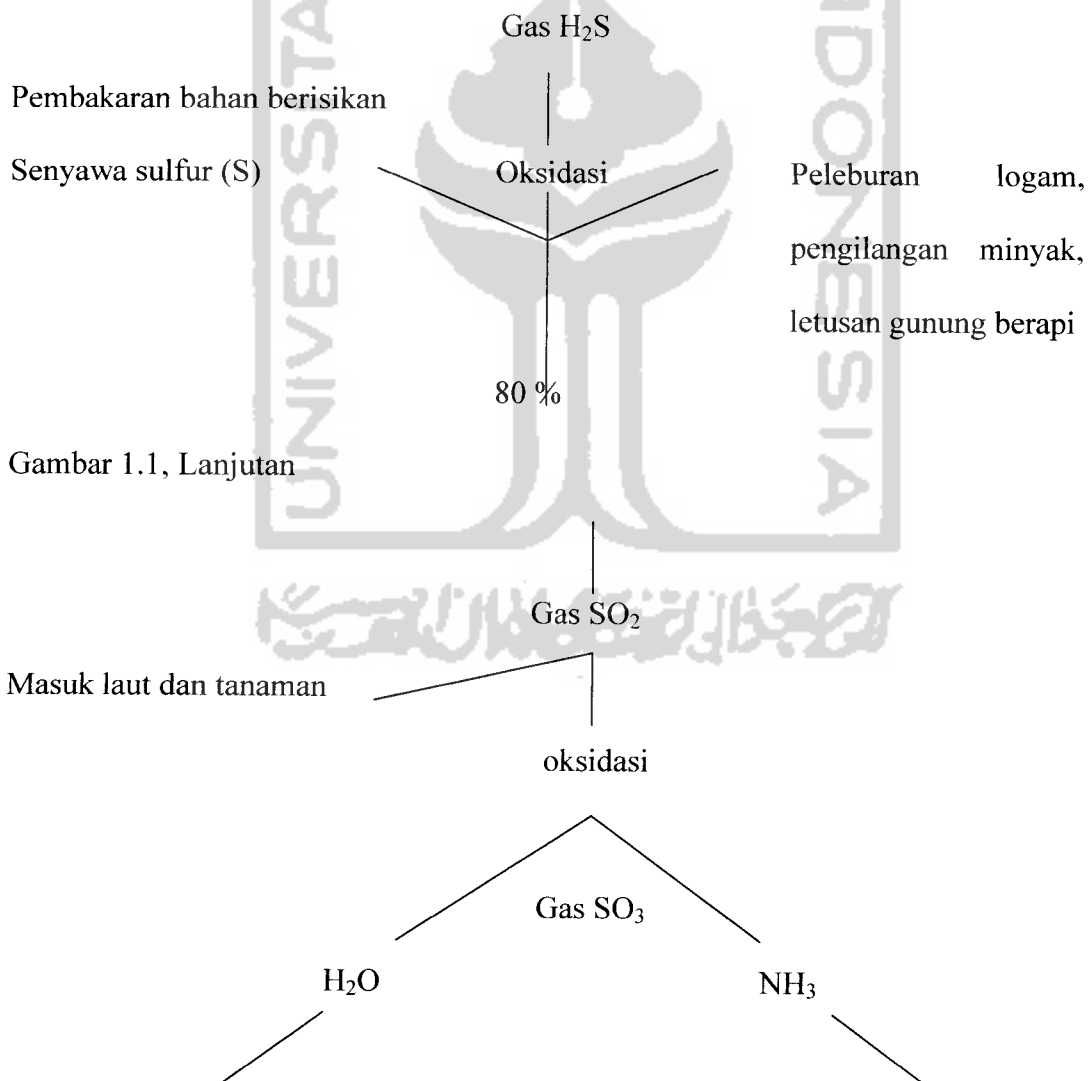


Tabel 1.1 Konsentrasi Maksimum SO₂ Terhadap Waktu

PERIODE	KONSENTRASI MAKSIMUM SO ₂	
	PEMUKIMAN	INDUSTRI / DAGANG
RATA -RATA		
SATU JAM	0,025 ppm	0,40 ppm
24 JAM	0,10 ppm	0,20 ppm
SATU TAHUN	0,02 ppm	0,05 ppm

Sumber : Sastrawijaya, 2000

Berikut adalah gambar perjalanan sulfur dioksida di udara (Sastrawijaya, 2000)



menjadi asam sulfat yang merupakan iritan yang kuat. Jumlah SO₂ di alam sangat bervariasi dengan musim maupun dengan keadaan cuaca sehingga dapat pula disebut sebagai variasi *diurnal*. Sebagai gambaran betapa berbahaya gas ini bagi kesehatan, setiap kali kita bernafas, maka udara masuk dalam pipa kapiler dalam paru-paru yang amat luas, diperkirakan 25 kali luas permukaan kulit kita. Setiap permukaan jaringan yang dilalui udara mengandung uap air yang mudah sekali bereaksi dengan SO₂. akhirnya setiap jaringan kita terdapat asam sulfat. Sebagai bahan perbandingan, apabila kulit kita terkena satu tetes asam sulfat pekat, maka kulit kita akan melepuh terbakar, bila yang terkena adalah organ dalam tubuh kita, maka daya rusak dari asam sulfat akan lebih besar dan berbahaya. Dari gambaran ini kita dapat mengetahui bahwa SO₂ sebenarnya sangat merusak dan menurunkan kualitas kesehatan manusia dan lingkungan.

SO₂ dikenal sebagai gas tidak berwarna, bersifat iritan kuat bagi kulit dan selaput lendir. Pada konsentrasi 6 – 12 ppm SO₂ sangat mudah diserap oleh selaput lendir saluran pernafasan bagian atas sampai bagian laring pada saluran tenggorokan, inilah disebut sebagai sumber utama ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Atas) yang banyak diderita masyarakat dikota besar ataupun seseorang yang sering terpapar asap pabrik maupun asap kendaraan bermotor (Slamet, 2002). Bila terlalu sering terpapar, maka potensi munculnya kanker akan semakin besar. Daya rusak SO₂ cukup sebesar 6 ppm untuk melumpuhkan dan merusak organ tubuh. Oleh karena itu, pada daerah industri dan pusat kota perlu dipasang alat pengukur sehingga kadarnya dapat diketahui oleh semua masyarakat, dan pada batas tertentu yang sudah mulai membahayakan, perlu dilakukan tindakan

penanggulangan (sastrawijaya,2000). Selain efek terhadap kesehatan, mulai konsentrasi 0,2 ppm terjadi kemampuan visibilitas, dan pada konsentrasi ini peningkatan angka kematian (mortalitas) sudah dapat diamati. Pada konsentrasi SO_x 0,04 ppm dengan partikulat 169 u/m³ menimbulkan peningkatan yang tinggi dalam kematian akibat *bronchitis* dan kanker paru paru (Soedomo, 1999). Berikut ini tabel yang menunjukkan pengaruh konsentrasi SO₂ terhadap manusia (Fardiaz, 1992):

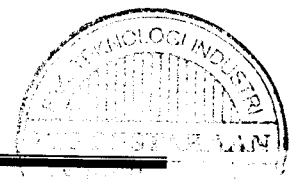
Tabel 1.2 Pengaruh SO₂ Terhadap manusia

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
----------------------	----------

Tabel 1.2 Lanjutan

3 - 5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya
8 - 12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi mata
20	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan batuk
20	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak dalam waktu lama
50 - 100	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak dalam waktu singkat (30 menit)
400 - 500	Berbahaya meskipun kontak secara singkat

Sumber : Fardiaz, 1992



terpapar H₂SO₄ akan menjadi getas dan selanjutnya timbul retakan dan daya elastisitas karet menjadi hilang (karet menjadi keras). Plastik dan kertas pun akan mudah pecah bila terpapar zat ini. Selain itu, warna barang akan terpengaruh menjadi pudar. Padahal kita ketahui bahwa setiap benda diberi warna melalui cat, selain alasan estetika juga untuk perlindungan dari kerusakan.

Dari penjelasan diatas belum termasuk akumulasi antara SO₂ dan NO_x yang selanjutnya keduanya berubah menjadi hujan asam setelah jatuh ketanah dalam butiran butiran air melalui hujan. Hujan asam ini akan merusak hampir semua parameter lingkungan yang ada alam seperti tumbuhan, hewan, tanah, danau, hutan dan sungai. Ditambah lagi, kerusakan terhadap logam, cat, dan bangunan yang terbuat dari batu seperti rumah dan patung termasuk didalamnya beton dan semen. Gambar berikut adalah ilustrasi proses pembentukan hujan asam.



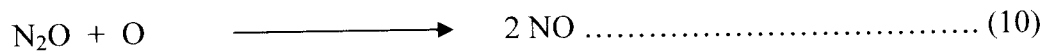
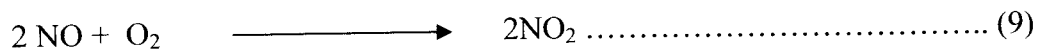
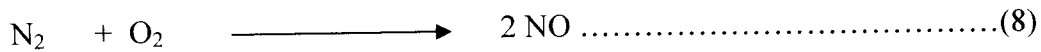
Gambar 1.2 Proses Terbentuknya hujan asam yang diakibatkan dari pelepasan gas hasil pembakaran minyak bumi (Usada, 2004).

Penyebab utama hujan asam adalah menurunnya pH air sehingga air yang semula sifatnya adalah netral dengan pH berkisar 7 berubah menjadi dibawah 7 sehingga bersifat asam yang reaktif. Sebagai gambaran, di Amerika, hujan asam 2/3 diakibatkan oleh SO₂ dan 1/3 oleh NO_x dan keduanya berasal dari pembangkit listrik tenaga batubara (USEPA, 1998). Ini tentunya identik dengan Indonesia dan sebagian besar pembangkit listrik PLN disumbangkan oleh tenaga batubara yang terpusat di pulau Jawa. Selain batubara, pembakaran bahan bakar fosil yang masih mengandung sulfur organik dan inorganik akan menghasilkan sekitar 30 bagian sulfur dioksida untuk setiap bagian sulfur trioksida. Oksida-oksida sulfur biasanya terdiri atas sulfur dioksida, sulfur trioksida, asam sulfit dan sulfat. Sulfur dioksida merupakan bagian yang paling dominan, sehingga oksida oksida sulfur biasanya diukur sebagai sulfur dioksida (soedomo, 1999).

1.2.2 Nitrogen Oksida (NO_x)

Gas nitrogen terjadi pada semua proses pembakaran yang kemudian akan bereaksi dengan oksigen pada suhu tinggi sehingga terbentuk NO₂, dan oksida nitrogen lainnya seperti N₂O₄, N₂O₅, dan lainnya tidak stabil. Dari semua bentuk oksida nitrogen di alam, yang paling stabil adalah NO dan NO₂.

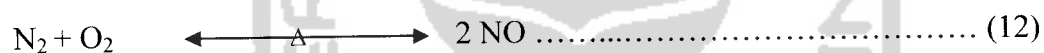
Peran nitrogen sangat penting dalam siklus untuk kesetimbangan alam. Sekitar 78 % udara terdiri dari nitrogen, dan 20 % volume adalah oksigen. Beberapa mikroorganisme mampu mengikat nitrogen bebas. Kegiatan bakteri dalam tanah melepaskan N₂O ke atmosfer. Pada lapisan stratosfer dan troposfer bagian atas, atom oksigen bereaksi dengan nitrogen oksida menjadi bentuk nitrit oksida (NO).



Atom oksigen dihasilkan dari disosiasi ozon. Nitrit oksida selanjutnya bereaksi dengan ozon menjadi bentuk nitrogen dioksida.



Proses pembakaran diketahui menyumbang 96 % sebagai sumber antropogenik dari nitrogen oksida. Meskipun nitrogen dan oksigen yang ada di atmosfer berjalan pada waktu yang bersamaan, hubungan diantaranya hanya ada bila dalam kondisi dibawah 1600 °K. pada reaksi dibawah ini akan muncul gas NO dengan persamaan sebagai berikut:



Jika pembakaran ini secara cepat didinginkan setelah bereaksi, dan dilepaskan ke atmosfer, maka NO akan bereaksi dengan O₂ membentuk NO₂. lalu gas ini sebagian akan berubah menjadi NO₂⁻ atau NO₃⁻ dalam bentuk partikulat, lalu akan dilanjutkan dengan proses *washed out by precipitation*. Inilah yang menjadi penyebab hujan asam akibat partikulat bersentuhan dengan air menjadi HNO₃.

Kilat dan sinar kosmis juga mampu mengikat nitrogen dan membentuk senyawa dengan unsur lain, sehingga dihasilkan senyawa yang bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman hewan. Siklus nitrogen sangat kompleks, banyak hal yang belum diketahui secara pasti.

Nitrogen oksida (NO_x) termasuk bahan pencemar udara. Sekitar 10 % pencemar udara setiap tahun adalah nitrogen oksida. Ada delapan kemungkinan

hasil reaksi bila nitrogen bereaksi dengan oksigen. Yang jumlahnya cukup banyak hanyalah tiga yaitu N₂O, NO, dan NO₂. yang tersangkut dengan pencemaran udara hanyalah NO dan NO₂. bagian terbesar nitrogen oksida yang ada di atmosfer, adalah hasil dari aktifitas alam seperti hasil metabolisme bakterial, rawa, hutan dan lain-lainnya.

NO_x adalah nama generik dari sebuah kumpulan gas yang sangat reaktif dan terdiri dari nitrogen serta oksigen dalam berbagai kadar (USEPA, 1998). Kebanyakan nitrogen oksida ini mempunyai sifat tidak berwarna dan tidak berbau. Tetapi salah satu gas yang bersifat polutan yaitu nitrogen oksida (NO₂) bersama sama dengan partikel tampak seperti lapisan berwarna merah kecoklatan di daerah pemukiman padat ataupun industri. Penampakan ini akan mudah diamati pada pagi hari, dan kota yang mudah untuk diamati adalah Jakarta, dan menurut PBB, kota ini merupakan kota dengan kualitas udara terburuk ketiga di dunia, setelah Mexico City dan Bangkok. NO_x dapat dikenali oleh indra penciuman manusia pada kadar 0,12 ppm.

Yang termasuk bagian dari senyawa yang bersifat *gaseous* dari NO_x adalah sebagai berikut (Kiely, 1997):

- NO → Nitrit oksida
- NO₂ → Nitrogen dioksida
- NO₃ → Nitrogen trioksida
- N₂O → *Nitrous Oxide*
- N₂O₅ → Nitrogen pentaoksida

Senyawa-senyawa asam nitrogen meliputi (kiely, 1997):

- HNO_2 → Nitrous acid
- HNO_3 → Asam nitrit

NO yang ada di udara belum lama diketahui. Kemungkinan sumbernya adalah pembakaran yang dilakukan pada suhu tinggi. Mula-mula terbentuk NO tetapi zat ini akan mengalami oksidasi lebih lanjut oleh oksigen atau ozon, lambat atau cepat, menghasilkan NO_2 . NO_x yang diemisikan dari pembuangan pembakaran (kombusi) pada temperatur tinggi, adalah hasil dari reaksi nitrogen dengan oksigen. Dengan adanya hidrokarbon pada siang hari dan akibat adanya radiasi foton-UV, senyawa ini akan membentuk ozon fotokimia, dan inilah yang sering disebut sebagai *photochemical smog*.

NO_2 merupakan gas beracun, berwarna coklat-merah, berbau seperti asam nitrat. Pengaruhnya dalam pencemaran sangat besar. Sekitar 50 % nitrogen oksida berasal dari pembakaran dalam sumber stationer seperti pabrik (pembakaran gas alam, batubara, minyak dan kayu), sekitar 40 % berasal dari pembakaran dalam alat transportasi (bensin, solar, batubara, atau kayu dikendaraan), dan 10 % lagi karena pembakaran hutan, sampah padatan, pembakaran pertanian dan sampah batubara, dan proses industri. Produksi nitrogen oksida terjadi untuk 60 % di perkotaan dan yang 40 % diluar kota. Berikut ini gambar perjalanan nitrogen di udara (Sastrawijaya, 2000): Pembakaran

Spesies nitrogen oksida yang sering didapat dalam atmosfer adalah NO, NO₂, maupun N₂O. Baik NO maupun NO₂ didapat dari udara yang belum atau tidak tercemar, sedangkan N₂O adalah zat yang tidak pernah ada dalam udara yang murni. Sumber utama nitrogen oksida adalah pembakaran. Penelitian di Amerika tahun 1965 menyebutkan bahwa kendaraan bermotor menyumbangkan lebih dari 50 % kadar nitrogen oksida di atmosfer setiap tahunnya. Dan kendaraan bermotor memproduksi nitrogen dioksida dalam bentuk NO sebanyak 98 %. Di dalam udara, NO ini akan berubah menjadi NO₂.

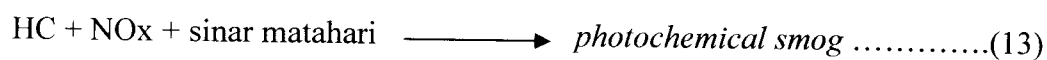
NO dan NO₂ dapat merusak manusia dan lingkungannya. NO mempunyai kemampuan membatasi kadar oksigen dalam darah, seperti halnya dengan CO. NO juga mudah bereaksi dengan oksigen membentuk NO₂. Jika NO₂ bertemu dengan uap air di udara atau dalam tubuh manusia akan terbentuk segera HNO₃ yang amat merusak tubuh karena bersifat asam kuat. Karena itulah NO₂ akan terasa pedih jika mengenai mata, hidung, saluran nafas dan jantung. Pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian.

NO₂ adalah gas yang toksik bagi manusia. Efek yang terjadi tergantung dari dosis serta lamanya paparan yang diterima seseorang. Konsentrasi NO₂ yang berkisar antara 50 – 100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru bila terpapar selama beberapa menit saja. Pada fase ini orang dapat sembuh kembali dalam 6 – 8 minggu. Konsentrasi 150 – 200 ppm dapat menyebabkan *bronchioli* yang disebut sebagai “*bronchioli fibrosis obliterans*”. Orang dapat meninggal dalam waktu 3 – 5 minggu setelah pemaparan. Konsentrasi lebih dari 500 ppm dapat mematikan dalam waktu 2 – 10 hari. Hal ini sering dialami petani yang

memasuki gudang makanan ternak (*silo*) dan terjadi akumulasi gas NO₂, oleh karena penyakit paru-paru ini dikenal sebagai *silo filter's disease*. Kemampuan indra penciuman manusia dalam mendeteksi NO_x pada konsentrasi 0,12 ppm. Pada konsentrasi dibawah 0,05 ppm, nitrogen oksida tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan.

Dari semua jenis nitrogen oksida (NO_x), jenis NO₂ adalah yang paling berbahaya. Karena itulah, NO₂ banyak menjadi fokus dalam penelitian. Penelitian aktifitas mortalitas antara NO dan NO₂ menunjukkan bahwa NO₂ kadar racunnya empat kali lipat bila dibandingkan dengan NO. sampai saat ini, korban kematian akibat NO belum pernah dilaporkan, namun demikian pada konsentrasi udara ambien yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO₂ yang dihasilkan dari proses pembakaran biasa.

NO₂ akan merusak barang-barang logam, dalam hal ini mempunyai sifat yang sama seperti SO₂. Oksidasi ini akan menimbulkan karat pada logam. NO₂ juga dapat mengabsorpsi sinar ultraviolet (UV) dari matahari. Molekul NO₂ yang berenergi ini akan bereaksi secara beruntun dengan hidrokarbon yang berada di udara. NO₂ juga dapat berperan dalam pembentukan PAN (*Poroxy Acetyl Nitrates*) ataupun *photochemical smog*, dengan bantuan hidrokarbon (HC) dan sinar matahari yang ditunjukkan dalam persamaan reaksi sebagai berikut :



Photochemical smog (kabut fotokimia) ini mempunyai sifat oksidator. *Photochemical smog* (kabut fotokimia) ini mempunyai sifat oksidator. *Photochemical smog* terbentuk di atmosfer dan tidak mempunyai efek langsung

Berat jenis uap	: 1,725 g/cm ³
Kenampakkan	: kristal / butiran

2.2. Spesifikasi Bahan

2.2.1. Oksigen

Rumus molekul	: O ₂
Berat Molekul	: 31.999 g/mol
Titik didih	: 90.17 °K
Titik lebur	: 54.36 °K
Suhu kritis	: 154.58 °K
Viskositas	: 267,7282 (Cp)
Kapasitas panas	: 30.1819 j/mol K

2.2.2. Carbon Dioksida

Rumus molekul	: CO ₂
Berat Molekul	: 44.010 g/mol
Titik didih	: 194.70 °K
Titik lebur	: 216.58 °K
Suhu kritis	: 304.19 °K
Viskositas	: 192,7816 (Cp)
Kapasitas panas	: 41.4353 j/molK

2.2.3. Hidrogen

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat Molekul	: 18.015 g/mol

Berat Molekul	: 30.006 g/mol
Titik didih	: 121.38°K
Titik lebur	: 112.15°K
Suhu kritis	: 180.15°K
Viskositas	: 253,5976 (Cp)
Kapasitas panas	: 30.0806 j/molK

2.2.7. Fly ash

Rumus molekul	: C
Berat Molekul	: 12,011 g/mol
Titik didih	: 4203 °K
Titik lebur	: 4247 °K
Suhu kritis	: 6810 °K
Viskositas	: 46,1306 (Cp)
Kapasitas panas	: 35,3779 j/molK

2.2.7. Bahan Pembantu

2.2.7.1. Amoniak

Rumus molekul	: NH ₃
Berat Molekul	: 17
Titik didih	: -33.3 °C
Titik lebur	: -77.7 °C
Suhu kritis	: 131 °C
Tekanan kritis	: 165.5 atm
Kapasitas pemanas	: 0.607 kcal/g°C

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Bahan baku yang digunakan adalah hasil gas buangan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang terdiri dari O₂, CO₂, H₂O, N₂, SO₂, NO_x dan fly ash pada tekanan 1 atm dan suhu 125 °C. Gas buangan tersebut di masukkan ke dalam spray water, didalam spray water ini gas yang bersuhu 125 °C dengan tekanan 0,1053 atm diturunkan menjadi 65 °C dan tekanan 0,0197 atm dengan menggunakan expansion valve (EV-01). Untuk mendinginkan gas buang digunakan pendingin air yang bersuhu 30 °C yang dikabutkan didalam spray water, di dalam spray water air yang terkabutkan atau menjadi uap konsentrasi dianggap sangat kecil sehingga dianggap tidak ada yang terikut didalam gas. Kemudian gas yang keluar spray water tersebut di beri katalis amoniak, cairan amoniak 99 % dari tangki penyimpanan (T-01) sebanyak 21.484 Kg/jam dipompa dengan pompa (P-01) hingga tekanannya 2,5 atm, kemudian dialirkan ke heater (HE-01) hingga suhu 127,9 °C untuk diuapkan, amoniak dengan suhu 45 °C dan tekanan 15 atm yang berupa gas diturunkan tekanannya dari 1 atm menjadi 0.0197 atm dengan menggunakan expansion valve (EV-02).

Setelah itu gas masuk kedalam reaktor mesin berkas elektron (R-MBE) yang dilengkapi dengan sumber elektron tabung pemercepat, sumber tegangan tinggi, system optik dan system penyamar. Didalam reaktor MBE terdapat tiga tahap yaitu : transmisi penggerak dengan kecepatan transmisi 0,1 m/s dan daya

3.1.1. Metode Perancangan

Setting perencanaan pendirian Pabrik Pengolahan Limbah Gas buang PLTU dengan kapasitas 20.000 m³/jam meliputi: neraca massa total, neraca massa tiap alat, neraca panas, dan spesifikasi alat.

3.1.1.1. Neraca Massa Total

KOMPONEN	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)
O ₂	1.334,392	13.334,426
CO ₂	5.248,341	5.248,123
H ₂ O	1.302,238	1.302,638
N ₂	19.016,804	58.516,785
SO ₂	43,262	3,481
NO _x	11,345	5,373
NH ₃	21,484	0,154
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	0,297
NH ₄ NO ₃	-	0,06
FLY ASH	3,0	0,012
N ₂	39.500	-
O ₂	12.000	-
H ₂ O	667,32	666.920
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	73,854
NH ₄ NO ₃	-	14,067
FLY ASH	-	2,9
TOTAL	79.148,186	79.148,935

3.1.1.2 Neraca Massa Tiap Alat

3.1.1.2.(a): Neraca Massa Spray Cooler

No	Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
1.	O ₂	1.334,392	1.334,426
2.	CO ₂	5.248,341	5.248,123
3.	H ₂ O	1.302,238	1.302,6380
4.	N ₂	19.016,804	19.016,783
5.	SO ₂	43,262	43,254
6.	NO _x	11,345	11,345
7.	Fly ash	3,0	2,9
Total		26.959,382	26.959,455

3.1.1.2.(b): Neraca Massa Pada Heater

No	Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
1.	NH ₃	21,484	21,484
Total		21,484	21,484

3.1.1.2.(c): Neraca Massa Pada Reaktor MBE

No	Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
1.	O ₂	1.334,426	1.334,426
2.	CO ₂	5.248,123	5.248,123
3.	H ₂ O	1.302.6380	1.283,914
4.	N ₂	19.016,783	19.016,783
5.	SO ₂	43,254	3,481
6.	NO _x	11,345	5,373
7.	NH ₃	21,484	0,154
8.	(NH ₄) ₂ SO ₄	-	72,0715
9.	NH ₄ NO ₃	-	13,7179

Tabel 3.1.1.2.(c), Lanjutan

10.	Fly ash	2,9	2,9
Total		26.980,9510	26.980,9510

3.1.1.2.(d): Neraca Massa Pada ESP

No	Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
1.	O ₂	1.334,426	1.334,426
2.	CO ₂	5.248,123	5.248,123
3.	H ₂ O	1.283,914	1.283,914
4.	N ₂	19.016,783	19.016,783
5.	SO ₂	3,481	3,481
6.	NO _x	5,373	5,373
7.	NH ₃	0,154	0,154
8.	(NH ₄) ₂ SO ₄	72,0715	72,0715
9.	NH ₄ NO ₃	13,7179	13,7179
10.	Fly ash	2,9	2,9
Total		26.980,9510	26.980,9510

3.1.1.2.(e): Neraca Massa Pada Stack

No	Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
1.	O ₂	13.334,426	13.334,426
2.	CO ₂	5.248,123	5.248,123
3.	H ₂ O	1.283,914	1.283,914
4.	N ₂	58.516,783	58.516,783
5.	SO ₂	3,481	3,481
6.	NO _x	5,373	5,373
7.	NH ₃	0,154	0,154
8.	(NH ₄) ₂ SO ₄	0,297	0,297

Tabel 3.1.1.2.(e), Lanjutan

9.	NH ₄ NO ₃	0,06	0,06
10.	Fly ash	0,012	0,012
Total		78.392,623	78.392,623

3.1.1.3 Neraca Panas

3.1.1.3.(a): Neraca Panas Spray Cooler

No	Komponen	Input (Btu/jam)	Output (Btu/jam)
1.	O ₂	71.573,8072	71.573,8072
2.	CO ₂	281.00,8135	281.001,8135
3.	H ₂ O	154.729,9906	313.562,1927
4.	N ₂	1.130.283,2180	1.130.283,2180
5.	SO ₂	1.679,9992	1.679,9992
6.	NO _x	647,0282	647,0282
7.	Fly ash	180,5468	180,5468
8.	H ₂ O	158.791,4123	-
Total		1.798.887,8158	1.798.887,8158

3.1.1.3.(b): Neraca Panas pada Heater

No	Komponen	Input (Btu/jam)	Output (Btu/jam)
1.	NH ₃	146.687,31	146.687,31
Total		146.687,31	146.687,31

3.1.1.3.(c): Neraca Panas Pada Reaktor E-Beem

No	Komponen	Input (Btu/jam)	Output (Btu/jam)
1.	O ₂	10.736.,711	10.736,0711
2.	CO ₂	42.150,2720	42.150,2720
3.	H ₂ O	26.102,9947	26.102,9947
4.	N ₂	169.542,4827	169.542,4827
5.	SO ₂	251,9999	251,9999
6.	NO _x	97,0542	97,0542
7.	(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-
8.	NH ₄ NO ₃	-	-
9.	NH ₃	393,1388	393,1388
10.	Fly ash	27,0820	27,0820
	Total	258.301,0954	258.301,0954

3.1.1.3.(d): Neraca Panas Pada ESP

No	Komponen	Input (Btu/jam)	Output (Btu/jam)
1.	O ₂	10.736,0711	10.736,0711
2.	CO ₂	42.150,2720	42.150,2720
3.	H ₂ O	35.102,9947	35.102,9947
4.	N ₂	169.542,4827	169.542,4827
5.	SO ₂	251,9999	251,9999
6.	NO _x	97,0542	97,0542

7.	(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-
----	---	---	---

Tabel 3.1.1.3.(d), Lanjutan

8.	NH ₄ NO ₃	-	-
9.	NH ₃	393,1388	393,1388
10.	Fly ash	27,0820	27,0820
Total		258.301,0954	258.301,0954

3.1.1.3.(e): Neraca Panas Pada Stack

No	Komponen	Input (Btu/jam)	Output (Btu/jam)
1.	O ₂	31.015,3165	31.015,3165
2.	CO ₂	121.767,4525	121.767,4525
3.	H ₂ O	101.408,6514	101.408,6514
4.	N ₂	489.789,3945	489.789,3945
5.	SO ₂	727,9997	727,9997
6.	NO _x	280,3789	280,3789
7.	(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-
8.	NH ₄ NO ₃	-	-
9.	NH ₃	1.135,7343	1.135,7343
10.	Fly ash	78,2369	78,2369
Total		746.203,1646	746.203,1646

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Spray Water

Fungsi : untuk mendinginkan gas buang dari hasil buangan gas PLTU
dengan kapasitas 20.000 m³/jam

Jenis : vertikal, silinder dengan *hidrolic atomizing nozzle*

Bahan : stainless Steel type 304

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

T masuk : 125 ° C

T keluar : 65 ° C

T air pengalutan : 30 ° C

Dimensi Spray Water :

Diameter : 1,874 m

Tinggi Menara : 7,5 m

Tebal dinding : 0,1287 in

Dimensi injeksi air :

Diameter pipa inlet : 0,1 m

Diameter pipa cabang : 0,3 m

Kecepatan aliran air : 2361,3588 m/s

Jumlah nozzle : 3 buah

Diameter nozzle : 10 mm

Kapasitas air di pipa : 185,4 liter/detik

Kapasitas tiap nozzle : 61,8 liter/detik

Day pompa air : 12 Hp

Harga : US\$ 1,328,994.89

3.2.2 Heater

Fungsi : Memanaskan umpan segar NH₃ dari tangki penyimpanan sebelum diumpankan ke reactor E-Beem

Jenis : *Double pipe Heat Exchanger*

Bahan : *Stainles steel type 304*

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 16499.23 j/jam

Luas transfer panas : 0.000512 ft²

Dimensi HE :

- Annulus = Steam
 - ID = 1.66 in
 - OD = 2.067 in
- Inner = NH₃
 - ID = 0.493 in
 - Panjang = 0.54 in

Jumlah hairpin= 1

Harga : US \$ 325.99

3.2.3 Reaktor MBE (Mesin Bekas Elektron)

Fungsi : Penyetop berkas electron dan media pengukur arus berkas sebelum dikenakan pada target dan untuk mengetahui besar arus berkas electron yang dihasilkan oleh MBE

Jenis : Transmisi penggerak.lengan ayun dan penyetop berkas

Jumlah: 1 buah

Kecepatan MBE : 0.1 m/s

Daya motor : 600 Watt

Lengan ayun

Panjang : 4 cm

Lebar : 4 cm

Tinggi : 4 cm

Tebal : 3 mm

Penyetop Berkas

Panjang : 120 cm

Lebar : 10 cm

Tinggi : 3 cm

Tebal bahan : 3 mm

Harga : US \$ 4,784,381.60 :

3.2.4 Elektro Statik Precipitator (ESP) atau alat pengendap debu

Fungsi : Memisahkan, menangkap dan mengendapkan butiran/serbuk (NH₄)₂SO₄ dan NH₄NO₃ yang terdispersi dengan ukuran terendah 0,001 – 10 mikron sebanyak 27648, 566 Kg/jam.

Jenis : Dry tipe, tangki segiempat tegak, bagian bawah kerucut

Bahan : *Structural Steel*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

T = 70 ° C, P = - 0.7895 atm

Dimensi ESP :

Tinggi : 6 m

Panjang : 5 m

Lebar : 2 m

Jarak antar plate : 0.0302 m

Jumlah plate : 17 buah

Power motor : 33 Hp

Harga : US \$ 1,904,892.67

3.2.5 Screw Conveyor 01

Fungsi : mengangkut (NH₄)₂SO₄ dan NH₄NO₃ dari ESP (Electrical Static Precipitator) menuju belt elevator untuk disimpan ditempat penyimpanan

Jenis : screw conveyor

Jumlah : 1 buah

Panjang screw : 10 ft

Kapasitas : 15 ton/jam

Putaran : 80 rpm

Diameter shaft : 2 in

Diameter flight : 10 in

Diameter pipa : 3 in

Power motor : 0.25 Hp

Harga : US \$ 6,563.33

3.2.6. Screw conveyor 02

Fungsi : mengangkut (NH₄)₂SO₄ dan NH₄NO₃ dari belt elevator menuju tempat penyimpanan

Jenis : screw conveyor

Jumlah : 1 buah

Panjang screw : 10 ft

Kapasitas : 15 ton/jam

Putaran : 80 rpm

Diameter shaft : 2 in

Diameter flight : 10 in

Diameter pipa : 3 in

Power motor : 0.25 Hp

Harga : US \$ 3,614.21

3.2.7. Bucket Elevator

Fungsi : mengangkut (NH₄)₂SO₄ dan NH₄NO₃ sebanyak 90,821 Kg/jam secara vertical menuju gudang penyimpanan

Jenis : centrifugal discharge elevator

Jumlah : 1 buah

Ukuran bucket : 6 x 4 x 4,5 in

Kapasitas : 12.7 ton/jam

Bucket spacing : 12 in

Bucked speed : 225 ft/menit

Rpm shaft : 43

Shaft diameter : head = 1 15/16 in

Tail = 1 11/16 in

Diameter pulley : head = 20 in

Tail = 14 in

Lebar belt : 7 in

Power motor : 1 Hp

Harga : US \$ 1,026.09

3.2.9 Kompresor 01

Fungsi : Menaikkan tekanan campuran gas dari 0,0197 atm menjadi
0.0658 atm

Jenis : *Centrifugal Compressor*

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah : 1 buah

Power : 7,5 hp

Harga : US \$ 3,041.24

3.2.10 Kompresor 02

Fungsi : Menaikkan tekanan campuran gas dari 0.0658 atm menjadi 1 atm

Jenis : *Centrifugal Compressor*

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah : 1 buah

Power : 7 hp

Harga : US \$ 2,917.91

3.2.11. Filter udara

Fungsi : Menyaring udara yang akan digunakan pada proses produksi

Jenis : *Automatic air filter*

Power : 200 Hp

Jumlah : 1 buah

Harga : US \$ 11,602.34

3.2.12. Tangki Amoniak

Fungsi : menyimpan bahan baku amoniak 99.5 % dengan kapasitas 21.484
kg/jam selama 15 hari

Jenis : Vertical Vessel dengan Torispherical dished head

Bahan : Carbon stell SA 283 grade C

Jumlah : 4 buah

Ukuran alat

Diameter Tangki : 3,04878 m

Tinggi Tangki : 1,8293 m

Tebal *Shell* : 0,25 in

Tebal *Head* : 0,25 in

Kondisi operasi

Suhu : -33,5 °C

Tekanan : 1 atm

Harga : US \$ 42,572.78

3.2.13. Pompa 01

Fungsi : Mengalirkan amoniak cair ke tangki penyimpanan sebelum
diuapkan di heater

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan : *Stainless Steel*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

Dedit cairan : 0.1910 Gpm

Ukuran alat

Diameter nominal : 2 in

ID : 2.067 in

OD : 2.38 in

Schedule number : 40

Kecepatan putaran pompa : 1000 rpm

Kecepatan spesifik : 53.6162

Power motor standar : 0.3 Hp

Harga : US \$ 427.11

3.2.14. Pompa 02

Fungsi : Mengalirkan amoniak dari tangki penyimpanan untuk
diumpankan ke heater

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan : *Stainless Steel*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

Dedit cairan : 0.1910 Gpm

Ukuran alat

Diameter nominal : 2 in

ID : 2.067 in

OD : 2.38 in

Schedule number : 40

Kecepatan putaran pompa : 1000 rpm

Kecepatan spesifik : 53.6162

Power motor standar : 0.3 Hp

Harga : US \$ 427.11

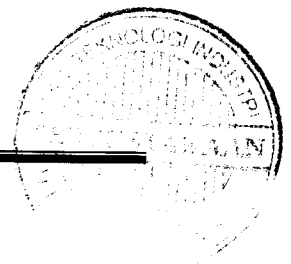
3.2.15. Stack

Fungsi : Membuang gas buang yang berasal dari ESP (electrical Static Precipitator)

Jenis : silinder vertikal

Jumlah : 1 buah

Diameter stack : 2.7432 m



Tinggi stack	: 22.2504 m
Suhu keluar stack	: 891 °F
Harga	: US \$ 465,148.21

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan baku atau Pembantu

1. Sumber Bahan Baku

Di Suralaya terdapat PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang menghasilkan limbah gas bungan. Dengan dekatnya sumber bahan baku dari lokasi pabrik maka akan menghemat biaya transportasi dan penyimpanan.

2. Pasar

Pemilihan lokasi di daerah Suralaya ini sangat mendukung pemasaran produk Ammonium Sulfida dan Amonium Nitrat, karena dekat pasar atau pabrik yang menggunakan Ammonium Sulfida dan Amonium Nitrat sebagai bahan baku maka dapat mengurangi biaya distribusi dan pengiriman produk.

3. Sarana Transportasi

Lokasi pabrik harus mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk dengan adanya transportasi yang lancar baik darat dan laut. Dipilih Suralaya karena untuk sistem pengangkutan bahan baku dan produk mudah, karena lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan serta transportasi darat yang relatif lancar.

4. Utilitas

Dalam utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik maka kebutuhan tersebut di harapkan dapat dipenuhi dengan mudah. Untuk kebutuhan air, berdasarkan survey di daerah Suralaya bahwa didaerah ini terdapat waduk yang airnya berasal dari air sungai, yang terletak di daerah Krenceng yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Sedangkan untuk pemenuhan kebutuhan listrik, berasal dari PLTU Suralaya dan digunakan generator (apabila listrik mati) yang mampu menyuplai kebutuhan listrik pada pabrik ini.

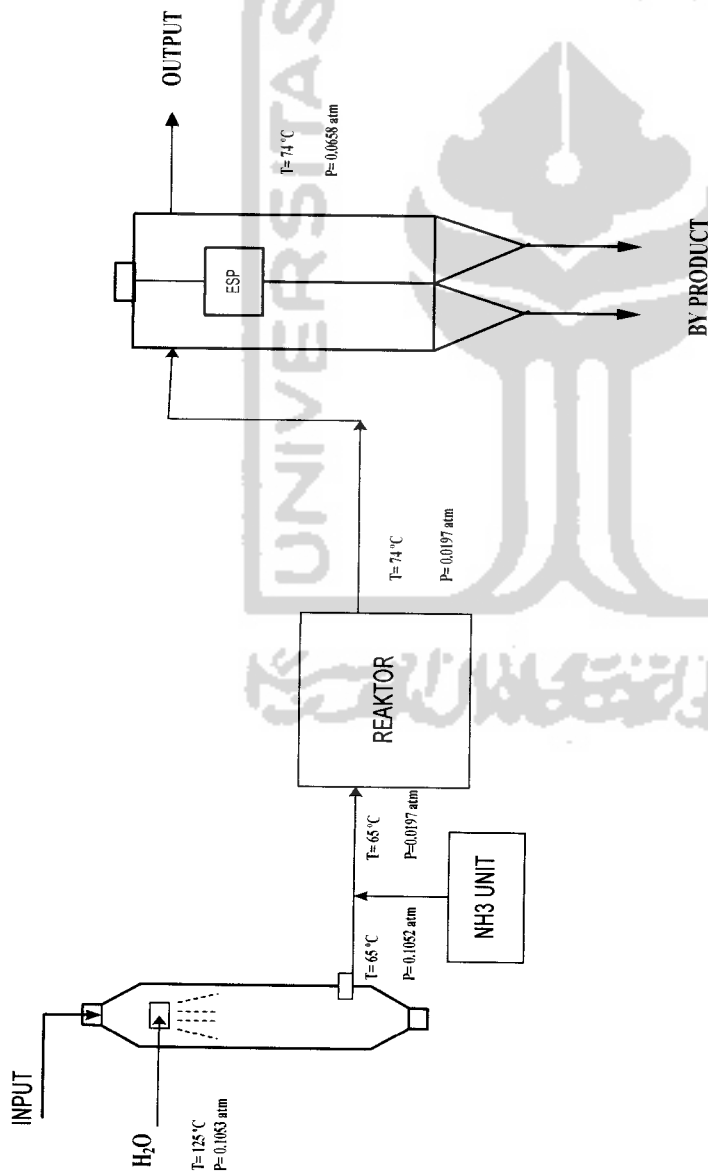
5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal untuk pendirian suatu pabrik. Dengan didirikannya pabrik di Suralaya ini diharapkan akan dapat menyerap tenaga kerja potensial yang cukup banyak didaerah tersebut. Penyediaan tenaga kerja di pulau Jawa tidak sulit karena dari tahun ke tahun angka tenaga kerja semakin bertambah, dengan mengikuti otonomi daerah maka tenaga terampil dan terdidik dikhususkan pada anak daerah yang telah lulus studi dari sekolah-sekolah kejuruan, akademi serta perguruan tinggi, sehingga dapat mengikuti kemajuan teknologi.

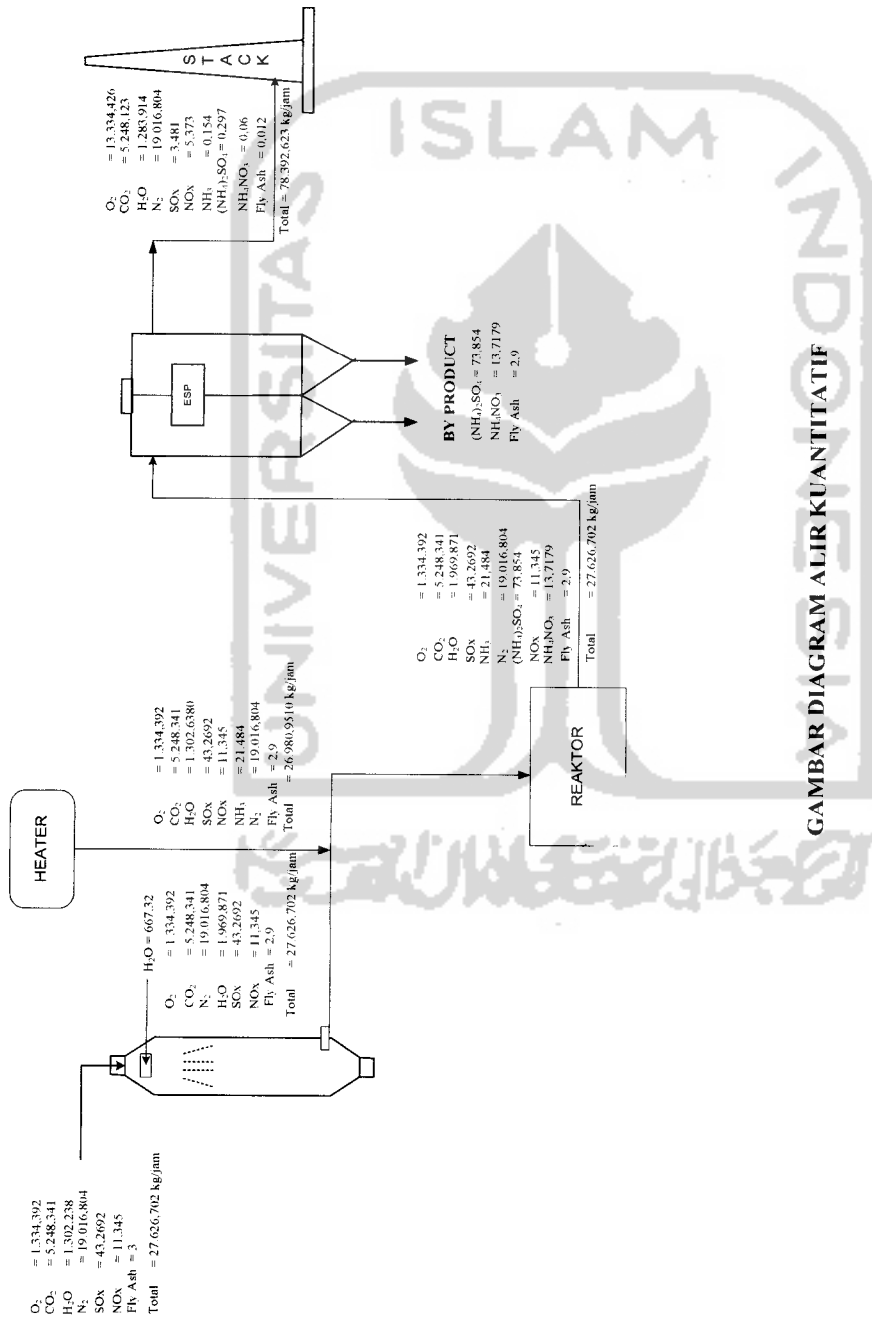
6. Batasan Hukum dan Pajak

Apabila pabrik membutuhkan investasi besar maka masalah perijinan dan pajak diperhatikan secara mendalam, tetapi untuk industri-industri baru tentunya akan dibantu oleh peraturan daerah.

Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas maka Suralaya, Propinsi Banten diusulkan sebagai lokasi pabrik.



GAMBAR DIAGRAM ALIR KUALITATIF



GAMBAR DIAGRAM ALIR KUANTITATIF

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Letak geografis atau suatu pabrik akan berpengaruh terhadap kelangsungan perkembangan pabrik tersebut. Banyak faktor yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam memilih atau menentukan lokasi suatu pabrik.

Pendirian pabrik pengolahan limbah gas buang ini direncanakan akan didirikan di daerah Suralaya, Jawa Barat. Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan yang secara praktis lebih menguntungkan, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain :

1. Sumber Bahan Baku

Di Suralaya terdapat PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang menghasilkan limbah gas bungan. Dengan dekatnya sumber bahan baku dari lokasi pabrik maka akan menghemat biaya transportasi dan penyimpanan.

2. Pasar

Pemilihan lokasi di daerah Suralaya ini sangat mendukung pemasaran produk Ammonium Sulfida dan Amonium Nitrat, karena dekat pasar atau pabrik yang menggunakan Ammonium Sulfida dan Amonium Nitrat sebagai bahan baku maka dapat mengurangi biaya distribusi dan pengiriman produk.

3. Sarana Transportasi

Lokasi pabrik harus mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk dengan adanya transportasi yang lancar baik darat dan laut. Dipilih Suralaya karena untuk sistem pengangkutan bahan baku dan produk mudah, karena lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan serta transportasi darat yang relatif lancar.

4. Utilitas

Dalam utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik maka kebutuhan tersebut di harapkan dapat dipenuhi dengan mudah. Untuk kebutuhan air, berdasarkan survey di daerah Suralaya bahwa didaerah ini terdapat waduk yang airnya berasal dari air sungai, yang terletak di daerah Krenceng yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Sedangkan untuk pemenuhan kebutuhan listrik, berasal dari PLTU Suralaya dan digunakan generator (apabila listrik mati) yang mampu menyuplai kebutuhan listrik pada pabrik ini.

5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal untuk pendirian suatu pabrik. Dengan didirikannya pabrik di Suralaya ini diharapkan akan dapat menyerap tenaga kerja potensial yang cukup banyak didaerah tersebut. Penyediaan tenaga kerja di pulau Jawa tidak sulit karena dari tahun ke tahun angka tenaga kerja semakin bertambah, dengan mengikuti otonomi daerah maka tenaga terampil dan terdidik dikhususkan pada anak daerah yang telah lulus studi dari sekolah-sekolah kejuruan, akademi serta perguruan tinggi, sehingga dapat mengikuti kemajuan teknologi.

6. Batasan Hukum dan Pajak

Apabila pabrik membutuhkan investasi besar maka masalah perijinan dan pajak diperhatikan secara mendalam, tetapi untuk industri-industri baru tentunya akan dibantu oleh peraturan daerah.

Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas maka Suralaya, Propinsi Banten diusulkan sebagai lokasi pabrik.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang sangat penting dalam mendapatkan efisiensi, keselamatan dan kelancaran dari para pekerja serta proses.

Dalam melakukan tata letak pabrik, tujuan yang hendak dicapai :

- a. Mempermudah arus masuk dan keluar area pabrik
- b. Proses pengolahan bahan baku menjadi produk lebih efisien.
- c. Mempermudah penanggulangan bahaya yang mungkin terjadi seperti kebakaran, ledakan dan lain-lain.
- d. Mencegah terjadinya polusi.
- e. Mempermudah pemasangan, pemeliharaan dan perbaikan.
- f. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan hasil yang maksimum.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah:

- a. Pabrik Pengolahan Gas Buang PLTU ini merupakan pabrik baru sehingga dalam menentukan *lay out* tidak dibatasi bangunan yang sudah ada.
- b. Untuk mengantisipasi bertambahnya produksi diperlukan areal perluasan pabrik yang tidak jauh dari proses yang lama.

- c. Faktor keamanan terutama bahaya kebakaran. Dalam perancangan *lay out* selalu diusahakan memisahkan sumber api dan sumber panas dari bahan yang mudah meledak. Unit-unit yang ada dikelompokkan agar memudahkan pengalokasian bahaya kebakaran yang mungkin terjadi.
- d. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah *outdoor* untuk menekan biaya bangunan gedung, sedangkan jalannya proses dalam pabrik tidak dipengaruhi oleh perubahan musim.
- e. Fasilitas untuk karyawan seperti masjid, kantin, parkir dan sebagainya diletakkan strategis sehingga tidak mengganggu jalannya proses.
- f. Jarak antar pompa dan peralatan proses harus diperhitungkan agar tidak mengalami kesulitan dalam melakukan pemeliharaan dan perbaikan.
- g. Disediakan tempat untuk pembersihan alat agar tidak mengganggu peralatan lain.
- h. Jarak antar unit yang satu dengan yang lain diatur sehingga tidak saling mengganggu.
- i. Alat kontrol supaya diletakkan pada posisi yang mudah diawasi operator.

Secara garis besar *lay out* dapat dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

- a. Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol

Daerah administrasi / perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.

b. Daerah proses

Merupakan daerah tempat dimana alat-alat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung.

c. Daerah pergudangan umum, fasilitas karyawan, bengkel dan garasi.

d. Daerah utilitas

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan listrik dipusatkan.

Bangunan-bangunan yang ada di lokasi pabrik adalah :

Susunan tata letak pabrik ini harus memungkinkan adanya distribusi bahan-bahan dengan baik, cepat, dan efisien. Pabrik Pengolahan Gas Buang PLTU akan didirikan di atas tanah seluas 25.000 m² yang meliputi :

- Bangunan pabrik dan perlengkapannya 19.000 m²
- Perkantoran, pabrik, dan bangunan penunjang 1.800 m²
- Areal perluasan 4.200 m²

4.3 Tata Letak Mesin / Alat Proses

Dalam merancang *lay out* peralatan proses pada Pabrik Pengolahan Gas Buang PLTU ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

a. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan yang ekonomis dan menunjang kelancaran serta keamanan produksi. Perlu diperhatikan elevasi dari pipa, untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 meter atau lebih sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

b. Aliran udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses sangat penting untuk diperhatikan guna menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan penumpukan atau akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Disamping itu perlu diperhatikan arah hembusan angin.

c. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

d. Lalu lintas pekerja

Kelancaran lalu lintas pekerja yang baik ditandai dengan keleluasaan para pekerja untuk mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah, hal ini memudahkan bila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Disamping itu merupakan fungsi keamanan.

e. Pertimbangan ekonomi

Prinsip ekonomi mengacu pada penekanan biaya operasi terhadap tata letak peralatan pabrik, sehingga proses penyusunan lay out pabrik perlu dilakukan secara strategis dan optimal.

f. Jarak antar alat proses

Untuk alat yang mempunyai suhu dan tekanan yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya sehingga apabila terjadi ledakan/ kebakaran pada alat-alat tertentu tidak membahayakan alat-alat proses

lainnya. Dalam perancangan Pabrik Pengolahan Gas Buang PLTU ini *layout* peralatan dapat dilihat pada gambar 4.3.(a) dan 4.3.(b) .

g. *Maintenance*

Maintenance berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan tiap-tiap alat meliputi :

a) *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *levelling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula

b) *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

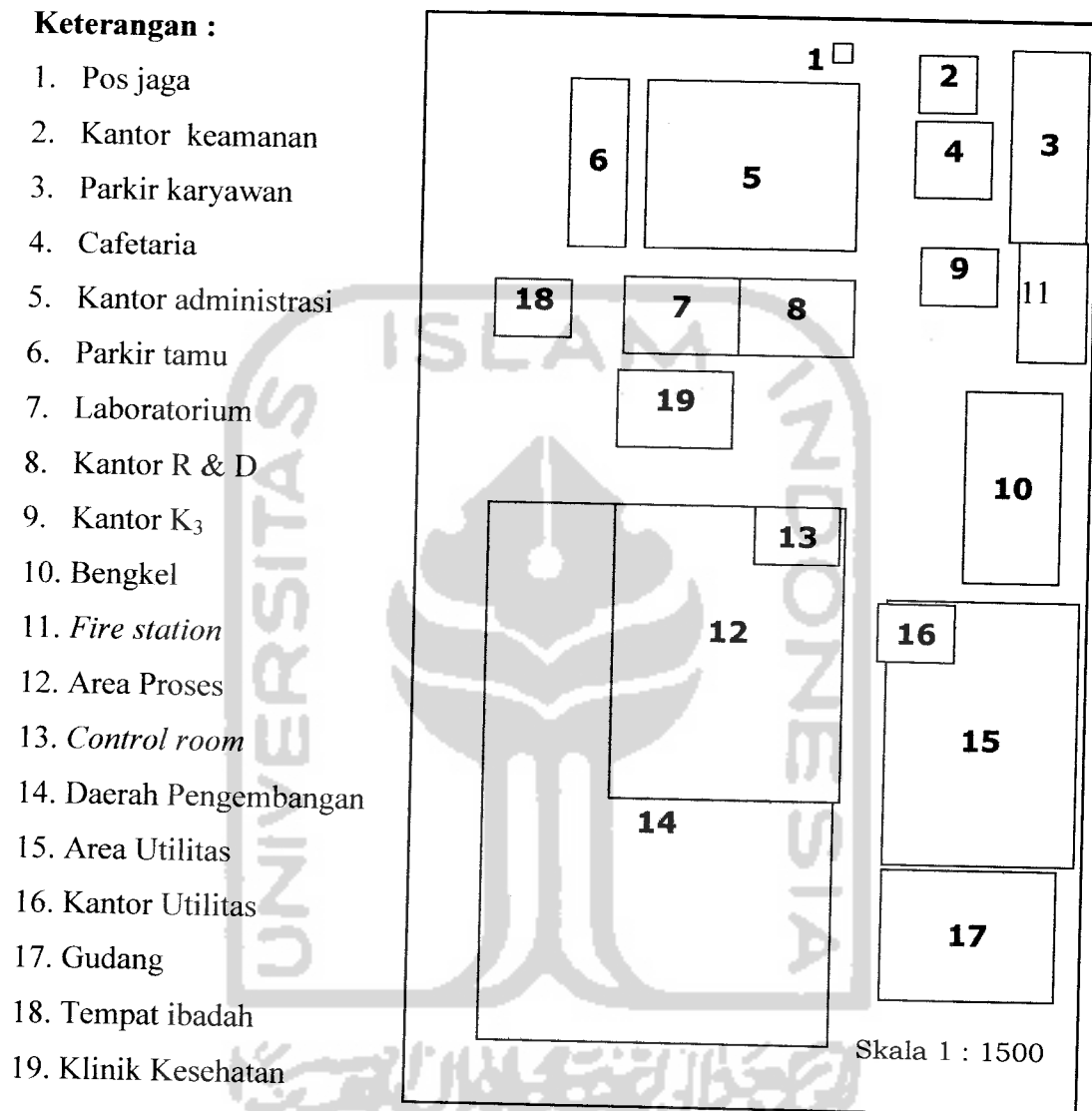
Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* :

- Umur alat

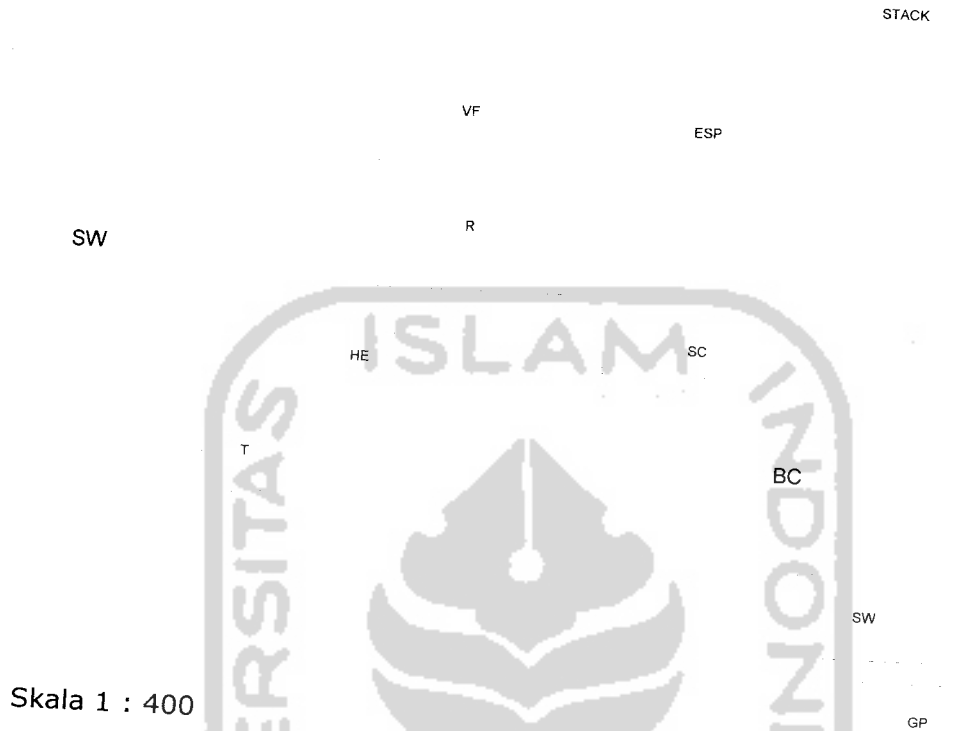
Semakin tua umur alat maka semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan

- Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.



Gambar 4.3.(a) Tata Letak Pabrik



Gambar 4.3.(b) Tata Latak Alat Proses

4.4 Pelayanan Teknik (*Utilitas*)

Unit utilitas merupakan unit pendukung dalam penyediaan air, steam listrik dan bahan bakar. Keberadaan unit ini sangat penting dan harus ada.

4.4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air danau, maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik Pengolahan Gas Buang PLTU ini air yang digunakan berdasarkan air sungai yang terdekat dengan lokasi pabrik. Adapun pertimbangan dalam menggunakan air sungai adalah :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah jika dibandingkan dengan proses pengolahan sumber air yang lain.

Adapun air yang digunakan meliputi air pendingin, air proses, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk kebutuhan yang lainnya.

a. Air pendingin

Pada umumnya digunakan air sebagai media pendingin. Hal ini dikarenakan faktor-faktor sebagai berikut:

- Air mudah diperoleh dalam jumlah yang besar
- Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
- Dapat menyerap panas yang tinggi persatuan volume
- Tidak mudah menyusut secara berarti dengan adanya perubahan temperatur dingin.

Air pendingin juga sebaiknya mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Untuk mengatasinya maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Phosphat, untuk mencegah timbulnya kerak
- Klorin, membunuh mikroorganisme
- Zat dispersan, mencegah terjadinya penggumpalan
-

b. Air umpan Boiler

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan reboiler adalah :

- Zat yang menyebabkan korosi

Korosi disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O₂, CO₃, H₂S yang masuk ke badan air.

- Zat yang menyebabkan kerak

Pembentukan kerak disebabkan karena suhu tinggi dan kesadahan yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat. Dan biasanya air yang diperoleh dari proses pemanasan bisa menyebabkan kerak pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar.

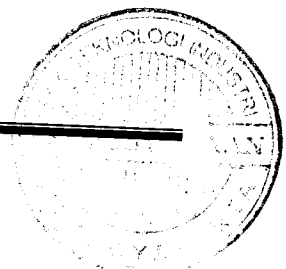
Adapun unit pengolahan air umpan boiler, meliputi:

a) Unit Demineralisasi Air

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, Cl⁻ dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler.

b) Unit Deaerator

Air yang telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama O₂ dan CO₂. Gas terlebih dahulu dihilangkan karena dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator diinjeksikan bahan kimia



berupa hidrazin yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

c) Unit Pendingin

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada *Cooling Tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa tetesan oleh udara maupun dilakukannya *Blown Down* di *Cooling Tower* diganti dengan air yang disediakan oleh tangki penyaring air.

c. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor dan perumahan. Adapun syarat air sanitasi meliputi :

a) Syarat Fisik

- Suhu dibawah suhu udara luar
- Warna jernih
- Tidak mempunyai rasa
- Tidak berbau

b) Syarat Kimia

- Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- Tidak beracun

c) Syarat Bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri-bakteri terutama bakteri yang pathogen

Dalam perancangan pabrik biodiesel ini kebutuhan air diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Adapun tahapan-tahapan proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

a. Penghisapan

Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara pemompaan yang secara langsung dimasukkan kedalam bak pengendapan awal.

b. Pengendapan (sanitasi)

Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena gravitasi.

c. Penyaringan (*screening*)

Penyaringan dilakukan agar kotoran-kotoran yang bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air. Maka pada sisi isap pompa dipasang saringan yang dilengkapi dengan fasilitas pembilas apabila saringan kotor.

d. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan biasanya adalah tawas atau Aluminium Sulfat, yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur kedalam air. Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau

menghilangkan kesadahan karbonat ke dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan.

Perhitungan Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.4.1 (a) Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Spray cooler	667,32
2	Reaktor MBE	1549,1059
	Jumlah	2.216,4259

Air pendingin yang telah digunakan dapat dimanfaatkan kembali setelah didinginkan dalam *Cooling Tower*. Selama operasi kemungkinan adanya kebocoran, maka perlu adanya *Make-up* air 20 %.

$$\begin{aligned} \text{Maka } \textit{Make-up} \text{ air pendingin} &= 20 \% \times 2.216,4259 \text{ kg/jam} \\ &= 443.2852 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Untuk penyediaan steam pada pabrik *Chloroform* ini harus dilakukan proses demineralisasi dan deaerasi untuk menghilangkan larutan dan asam yang merusak *steel* pada sistem serta melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air.

Tabel 4.4.1 (b) Kebutuhan Steam

No	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	<i>Heater</i>	70,7094
	Total	70,7094

Air pembangkit *steam* 80 % dimanfaatkan kembali, maka *make-up* yang diperlukan 20 %

Maka *Steam* = 20 % x 70,7094 kg/jam

= 14,1419 kg/jam

c. Kebutuhan Air Perkantoran dan Rumah Tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan = 150 ltr/hari (sularso p. 15)

Jumlah Karyawan = 150 orang

Kebutuhan air untuk karyawan = 3125 kg/jam

Diperkirakan kebutuhan air untuk:

Laboratorium = 20.8333 kg/jam

Poliklinik = 20.8333 kg/jam

Keperluan kantin, musholla & kebun = 625 kg/jam

Total kebutuhan air untuk kantor = 1604.17 kg/jam

Jumlah rumah = 30 rumah

Jumlah penghuni = 5 orang / rumah

Kebutuhan air = 0.3500 m³ / hari / orang

Total kebutuhan air untuk rumah tangga = 2187.5 kg/jam

Total kebutuhan air secara kontinyu = 6436,5937 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Diambil angka keamanan } 10\% &= 1.1 \times 6436,5937 \text{ kg/jam} \\ &= 7080,253 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

4.4.2 Alat-alat yang digunakan dalam pengolahan dan pengadaaan air

1. Pompa Utilitas (PU-01)

Kode : PU-01

Fungsi : Mengalirkan air sungai menuju bak pengendap sebanyak
7080,2531 kg/j

Tipe : Mixed flow

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 7080,2531 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 2,88 in
- Diameter Dalam : 2,649 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0.0333 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 2,5 in

Tenaga Motor : 2 Hp

2. Pompa Utilitas (PU-02)

Kode : PU-02

Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap awal (BU-01) menuju bak
flokulator (FU) sebanyak 7080,2531 kg/jam

Tipe : *Axial Flow*

Jumlah : 1 buah
Bahan pipa : *Commercial Steel*
Kapasitas : 7080,2531 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 2,88 in
- Diameter Dalam : 2,649 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0.3333 in²
- *Nominal Pipe Size* : 2,5 in

Tenaga Motor : 1 Hp

3. Pompa Utilitas (PU-03)

Kode : PU-03
Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap awal (BU-01)
menuju bak *Clarifier* (CF) sebanyak 7080,2531 kg/jam
Tipe : *Mixed Flow*
Jumlah : 1 buah
Bahan pipa : *Commercial Steel*
Kapasitas : 7080,2531 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 2,88 in
- Diameter Dalam : 2,649 in
- *Schedule Number* : 40

- Luas Penampang : 0,3333 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 2,5 in

Tenaga Motor : 2 Hp

4. Pompa Utilitas (PU-04)

Kode : PU-04

Fungsi : Mengalirkan air dari bak *Clarifier* (CF) menuju bak saringan pasir (BU-02) sebanyak 7080,2531 kg/jam

Tipe : *Axial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 7080,2531 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 2,88 in
- Diameter Dalam : 2,649 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,3333 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 2,5 in

Tenaga Motor : 1,5 Hp

5. Pompa Utilitas (PU-05)

Kode : PU-05

Fungsi : Mengalirkan air bersih dari air pencuci bak saringan pasir (BU-02) menuju bak penampung air bersih (BU-03) sebanyak 7080,2531 kg/jam

Tipe : *Mixed Flow*
Jumlah : 1 buah
Bahan pipa : *Commercial Steel*
Kapasitas : 7080,2531 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 2,88 in
- Diameter Dalam : 2,649 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,3333 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 2,5 in

Tenaga Motor : 1,5 Hp

6. Pompa Utilitas (PU-06)

Kode : PU-06

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air bersih untuk didistribusikan ke bak penampung air untuk kantor dan rumah tangga, bak penampung air pendingin, bak air proses dan ke tangki pembangkit steam sebanyak 7080,2531 kg/j.

Tipe : *Mixed Flow*
Jumlah : 1 buah
Bahan pipa : *Commercial Steel*
Kapasitas : 7080,2531 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 10.75 in
- Diameter Dalam : 10.02 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,5472 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 10 in

Tenaga Motor : 30 Hp

7. Pompa Utilitas (PU-07)

Kode : PU-07

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air pendingin menuju pabrik
sebanyak 443,2852 kg/j

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 443,2852 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 1,05 inch
- Diameter Dalam : 0,824 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0.0037 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 0,75 inch

Tenaga Motor : 0,08 Hp

8. Pompa Utilitas (PU-08)

Kode : PU-08

Fungsi : Mengalirkan air pendingin bebas dari bak penampung
menuju cooling tower untuk didinginkan sebanyak
886,5703 kg/j

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 886,5703 kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 1,32 inch
- Diameter Dalam : 1,049 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0.0060 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 1 inch

Tenaga Motor : 0,25 Hp

9. Pompa Utilitas (PU-09)

Kode : PU-09

Fungsi : Mengalirkan air dari cooling tower untuk dimanfaatkan
kembali sebagai pendingin sebanyak 886,5703 kg/j.

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 886,5703 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 1,32 inch
- Diameter Dalam : 1,049 inch
- Schedule Number : 40
- Luas Penampang : 0.0060 ft²
- Nominal Pipe Size : 1 inch

Tenaga Motor : 0,25 Hp

10. Pompa Utilitas (PU-10)

Kode : PU-10

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki anion menuju tangki kation
sebanyak 14,1419 kg/j

Tipe : Radial Flow

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : Commercial Steel

Kapasitas : 14,1419 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 0,405 inch
- Diameter Dalam : 0,269 inch
- Schedule Number : 40
- Luas Penampang : 0,0004 ft²
- Nominal Pipe Size : 0,125 inch

Tenaga Motor : 0,05 Hp

11. Pompa Utilitas (PU-11)

Kode : PU-11

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki kation menuju tangki deaerator sebanyak 14,1419 kg/j

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 14,1419 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 0,045 inch
- Diameter Dalam : 0,269 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0,0004 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 0,125 inch

Tenaga Motor : 0,05 Hp

12. Pompa Utilitas (PU-12)

Kode : PU-12

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki deaerator menuju tangki umpan boiler sebanyak 14,1419 kg/j

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 14,1419 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 0,045 inch

- Diameter Dalam : 0,269 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0.0004 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 0,125 inch

Tenaga Motor : 0,05 Hp

13. Pompa Utilitas (PU-13)

Kode : PU-13

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki tangki umpan boiler menuju boiler sebanyak 14,1419 kg/j

Tipe : *Mixed Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 14,1419 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 0,045 inch
- Diameter Dalam : 0,269 inch
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0.0004 ft²
- *Nominal Pipe Size* : 0,125 inch

Tenaga Motor : 0,05 Hp

14. Pompa Utilitas (PU-14)

Kode : PU-14

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki larutan kaporit menuju bak air kantor dan rumah tangga sebanyak 3791,6667 kg/jam.

Tipe : *Radial Flow*

Jumlah : 1 buah

Bahan pipa : *Commercial Steel*

Kapasitas : 3791,6667 Kg/jam

Dimensi

- Diameter Luar : 2,38 in
- Diameter Dalam : 2.067 in
- *Schedule Number* : 40
- Luas Penampang : 0.0233ft²
- *Nominal Pipe Size* : 2 in

Tenaga Motor : 5 Hp

15. Bak Pengendap Awal (BU-01)

Kode : BU-01

Fungsi : Menampung air yang berasal dari air sungai dan mengendapkan kotoran-kotoran kasar yang terbawa dalam air dengan waktu tinggal 4 jam.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 33,9852 m³

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

Panjang : 4,1222 m

Lebar : 2,0611 m

Tinggi : 4,0000 m

16. Bak Saringan Pasir (BU-02)

Kode : BU-02

Fungsi : Menyaring koloid-koloid yang belum terendapkan di Clarifier.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,0781 m³

Dimensi

a. Panjang : 0,4394 m

▪ Lebar : 0,4394 m

▪ Tinggi : 0,4044 m

▪ Tinggi lapisan Pasir : 0.3370 m

17. Bak Flokulator (FU)

Kode : FU

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan.

Jenis : Bak Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 8,4963 m³

Dimensi

- Diameter : 2,2120 m
- Tinggi : 2,2120 m
- Jenis Pengaduk : *Marine Propeler 3 Blade*
- Power Pengaduk : 0,6 Hp

18. Bak Clarifier (CF)

Kode : CF

Fungsi : Mengendapkan gumpalan -gumpalan kotoran dari bak koagulasi

Jenis : Bak Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 8,4963 m³

Dimensi

▪ Diameter : 2,2120 m

▪ Tinggi : 2,9493 m

19. Bak Penampung Air Bersih (BU-03)

Kode : BU-03

Fungsi : Menampung air yang keluar dari bak saringan pasir untuk dialirkan ke tangki demineralisasi, bak chlorinasi dan dialirkan sebagai air pendingin serta air proses.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 16,9926 m³

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

- Panjang : 2,9148 m
- Lebar : 1,4574 m
- Tinggi : 4 m

20. Bak Penampung Air Bersih (BU-04)

Kode : BU-04

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 54,6 m³

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

- Panjang : 6,0332 m
- Lebar : 3,0166 m
- Tinggi : 4 m

21. Bak Penampung Air Pendingin (BU-05)

Kode : BU-05

Fungsi : Menampung air dari cooling tower sebagai air pendingin untuk kemudian disirkulasikan ke alat-alat proses.

Jenis : Bak Empat Persegi Panjang

Jumlah : 1 buah

Volume : 1,00639 m³

Bahan : Beton Bertulang

Dimensi

- Panjang : 1,0314 m
- Lebar : 1,0314 m
- Tinggi : 4 m

22. *Cooling Tower (CTU)*

Kode : CTU

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan sebanyak
443,28517 kg/jam dari suhu 104°F menjadi 86°F.

Jenis : *Cooling Tower Induced Draft*

Jumlah : 1 buah

Ground area : 0,0725 m²

Dimensi

- Panjang : 0,0693 m
- Lebar : 0,2693 m
- Tinggi : 2,7088 m

23. *Blower Cooling Tower (BCTU)*

Kode : BCTU

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air
yang akan didinginkan.

Jumlah : 1 buah

Kebutuhan Udara : 47,4602 ft³/min

24. *Tangki Kation Exchanger (KEU)*

Kode : KEU
Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg

Jenis : Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 1.9561 m³

Dimensi

- Diameter : 1.1838 m
- Tinggi : 1.778 m
- Tebal Tangki : 0.004 m

25. Tangki *Anion Exchanger* (AEU)

Kode : AEU

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air dengan cara mengikat ion dengan zeolit (kation exchanger) dan R-NH₂ (anion exchanger)

Jenis : Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,1612 m³

Dimensi

- Diameter : 0,3398 m
- Tinggi : 1,778 m
- Tebal Tangki : 0.0034 m

26. Tangki Deaerator (DAU)

Kode : DAU
Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air pembangkit steam untuk mencegah terjadinya korosi.

Jenis : Bak Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 2,1278 m³

Dimensi

- Diameter : 1,3943 m
- Tinggi : 1,3943 m
- Jenis Pengaduk : *Marine Propeler 3 Blade*
- Power Pengaduk : 0,06 Hp

27. Tangki Umpan Boiler

Kode : TU-01

Fungsi : Menampung Umpan Boiler sebanyak 13447,6839 kg/j

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 1,0639 m³

Dimensi

- Diameter : 1,1066 m
- Tinggi : 1,1066 m

28. Tangki Penampung Kondensat

Kode : TU-03

Fungsi : Menampung kondensat dari alat proses sebelum disirkulasi menuju tangki umpan boiler.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,1358 m³

Dimensi

▪ Diameter : 0,5571 m

▪ Tinggi : 0,5571 m

29. Tangki Larutan Kaporit

Kode : TU-04

Fungsi : Membuat larutan desinfektan dari bahan kaporit untuk air yang akan digunakan dikantor dan rumah tangga.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,5284 m³

Dimensi

▪ Diameter : 0,8764 m

▪ Tinggi : 0,8764 m

30. Tangki Desinfektan

Kode : TU-05

Fungsi : Tempat klorinasi dengan maksud membunuh bakteri yang selanjutnya dipergunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 4,55 m³

Dimensi

▪ Diameter : 1,7963 m

▪ Tinggi : 1,7963 m

31. Tangki Larutan NaCl

Kode : TU-06

Fungsi : Membuat larutan NaCl jenuh yang akan digunakan untuk
meregenerasi *kation exchanger*

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,2790 m³

Dimensi

▪ Diameter : 0,7083 m

▪ Tinggi : 0,7083 m

32. Tangki Pelarut NaOH

Kode : TU-07

Fungsi : Membuat larutan NaOH yang digunakan untuk
meregenerasi *anion exchanger*

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,0554 m³

Dimensi

- Diameter : 0,4131 m
- Tinggi : 0,4131 m

33. Tangki Pelarut Na₂SO₄

Kode : TU-08

Fungsi : Melarutkan Na₂SO₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,0073 m³

Dimensi

- Diameter : 0,2106 m
- Tinggi : 0,2106 m

34. Tangki Pelarut N₂H₄

Kode : TU-09

Fungsi : Membuat larutan NaOH yang digunakan untuk meregenerasi *anion exchanger*.

Jenis : Tangki Silinder Tegak

Jumlah : 1 buah

Volume : 0,0073 m³

Dimensi

- Diameter : 0,2106 m
- Tinggi : 0,2106 m

36. Boiler

Kode	: Boiler
Fungsi	: Memproduksi <i>steam</i> jenuh pada suhu 249°F dan tekanan 14,7 psi
Jenis	: Fire Tube Boiler
Jumlah	: 1 buah
Effisiensi Penguapan	: 80 %
Panas yang dibutuhkan	: 149029,7357 Btu/jam
Panas yang diberikan	: 186287,1696 Btu/jam
Kebutuhan <i>Steam</i>	: 70,7094 kg/jam
Kebutuhan Bahan Bakar	: 4,4009 liter/jam

37. Tangki Bahan Bakar

Kode	: TU-10
Fungsi	: Menyimpan bahan bakar untuk persediaan 6 hari sebagai bahan bakar boiler.
Jenis	: Tangki Silinder Tegak
Jumlah	: 1 buah
Volume	: 1,1037 m ³
Dimensi	

- Diameter : 1,1203 m
- Tinggi : 1,1203 m

38. Pengadaan udara tekan

Udara tekan digunakan untuk menggerakkan alat-alat kontrol secara pneumatis. Untuk memenuhi kebutuhan udara digunakan blower untuk menekan udara lingkungan.

Blower berfungsi untuk menekan udara lingkungan untuk keperluan instrumentasi.

Kebutuhan udara tekan kira-kira, $Q = 1 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$= 0,59 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

Asumsi : P masuk = 1 atm

P keluar = 2 atm

Power Blower (Church, 1985)

$$Wad = \frac{k}{(k+1)} \cdot P \cdot Q \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k/(k+1)} - 1 \right)$$

Udara, $k = 1,41$ (Tabel 11-2 Church, 1985)

$Wad = 364,54 \text{ lb.ft/min}$

$= 4,60 \text{ Hp}$

Dipakai blower centrifugal dengan motor standart NEMA 5 Hp.

4.4.3 Pengadaan Tenaga Listrik

Unit ini ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh area pabrik. Pemenuhan kebutuhan listrik di penuhi oleh PLTU dan sebagai cadangan adalah generator untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi pada PLTU. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik yaitu berdasarkan pertimbangan.

- Tenaga listrik yang di hasilkan cukup besar

- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan *transformator*

Adapun kebutuhan listrik untuk pabrik ini meliputi :

- a. Kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor di dalam proses dan utilitas

Tabel 4.4.3 (a) Kebutuhan Listrik Untuk Menggerakkan Motor di dalam Proses

Kode alat	Nama alat	Jumlah	Power (Hp)	Total Power (Hp)
P-1	Pompa	1	0,3	0,3
P-2	Pompa	1	0,3	0,3
KU-01	Kompresor	1	7,5	7,5
KU-02	Kompresor	1	7	7
SW	Spray Water	1	12	12
R-MBE	Reaktor mesin berkas elektron	1	0,8	0,8
ESP	Electrical static Precipitator	1	33	33

Tabel 4.4.3.(a), Lanjutan

SC-01	Screw Conveyor	1	0,25	0,25
SC-02	Screw Conveyor	1	0,25	0,25
BE	Bucket Elevator	1	1	1
VF	Ventilation Fan	1	200	200
TOTAL			262.4	262.4

Tabel 4.4.3 (b) Kebutuhan Listrik Untuk Menggerakkan Motor di dalam Utilitas

Kode alat	Nama alat	Jumlah	Power (Hp)	Total Power (Hp)
P-1	Pompa	1	2	2
P-2	Pompa	1	1	1
P-3	Pompa	1	1,5	1,5
P-4	Pompa	1	1,5	1,5
P-5	Pompa	1	5	5
P-6	Pompa	1	0,08	0,08
P-7	Pompa	1	0,25	0,25
P-8	Pompa	1	0,25	0,25
P-9	Pompa	1	0,05	0,05
P-10	Pompa	1	0,05	0,05
P-11	Pompa	1	0,05	0,05
P-12	Pompa	1	0,05	0,05
P-13	Pompa	1	0,05	0,05
P-14	Pompa	1	5	5
FL-01	Flokulator	1	0,06	0,06
BL-01	Blower	1	0,25	0,25

Tabel 4.4.3.(b), Lanjutan

DE-01	Daerator	1	0,06	0,06
CR-1	Compresor	1	2	2
Total			21,15	21,15

Kebutuhan total listrik untuk menggerakkan motor

Kebutuhan Total Listrik = Total (a) + Total (b)

= 262.4 Hp + 21,15 Hp

= 283.55 Hp

$$\begin{aligned} \text{Over design 20 \%} &= 1,2 \times \text{Kebutuhan Total Listrik} \\ &= 1,2 \times 283,55 \text{ Hp} \\ &= 340,26 \text{ Hp} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Listrik Untuk Menggerakkan alat kontrol dan penerangan.

- Untuk alat kontrol diperkirakan 40 % dari kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Listrik} &= 0,4 \times 340,26 \text{ Hp} \\ &= 136,104 \text{ Hp} \end{aligned}$$

- Untuk penerangan diperkirakan 50 % dari kebutuhan untuk menggerakkan motor

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Listrik} &= 0,5 \times 340,26 \text{ Hp} \\ &= 170,13 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan Listrik} &= (340,26\text{Hp} + 136,104 \text{ Hp} + 170,13 \text{ Hp}) \times \\ &0,7457 \text{ Kw/Hp} + 15,0000 \text{ Kwatt} \\ &= 497,0906 \text{ Kwatt} \end{aligned}$$

Listrik sebesar ini dipenuhi oleh PLN sebesar 1062.2253 Kwatt apabila terjadi pemadaman di gunakan 1 Generator cadangan berkekuatan 595.455 Hp dengan bahan bakar *Industrial Diesel Oil* (IDO) sehingga kebutuhan bahan bakar IDO di hitung sebagai berikut :

Effisiensi 80 % dari kebutuhan listrik total.

$$\text{Effisiensi Generator 80 \%} = \frac{355,2246 \text{ Kwatt}}{0,8000} = 444,0308 \text{ Kwatt}$$

Kebutuhan bahan bakar untuk Generator Listrik :

$$= \frac{444,0308 \text{ watt} \times \left(\frac{1 \text{ Btu} / \text{jam}}{0,00029307 \text{ Kwatt}} \right)}{250000 \text{ Btu} / \text{gal}}$$

$$= 6,0604 \text{ gal/jam} \times 3,7853 \text{ lt/gal}$$

$$= 22,9405 \text{ Liter/Jam}$$

Spesifikasi ISO, minyak Diesel :

$$\text{Heat Value} = 250000 \text{ Btu/gal}$$

$$\text{Derajat API} = 22 - 28 \text{ }^\circ\text{API}$$

$$\text{Densitas} = 0,9 \text{ kg/ltr}$$

$$\text{Viskositas} = 1,2 \text{ Cp}$$

Pengolahan Limbah

Pabrik Pengolahan Gas Buang PLTU menghasilkan limbah berupa air, garam, acetone dan impuritis dalam skala kecil. Pengolahan air limbah adalah pengolahan limbah pabrik yang belum memenuhi persyaratan (BOD, COD, dan lain-lain) secara mikrobiologis sehingga air yang keluar dari pabrik memenuhi persyaratan Undang-Undang Lingkungan Hidup.

a. Bak Netralisasi (*Neutralizing Pond*)

Bak ini digunakan untuk menurunkan suhu limbah pabrik. Pada bak ini limbah mempunyai pH 4 dan suhu sekitar 35°C

b. Menara Pendingin

Menara pendingin digunakan untuk menurunkan suhu limbah sebelum dimasukkan ke kolam-kolam. Hal ini dilakukan karena pada suhu tinggi

bakteri-bakteri pengurai (pembentuk metan) mati, sedangkan suhu optimum perkembangan adalah 35°C.

Alat ini berupa antara menara yang dipasang kisi-kisi dengan tujuan untuk mempercepat proses pendinginan. Limbah dari pabrik dipompakan ke bagian atas menara pendingin, dan turun terpencah melalui kisi-kisi sehingga suhunya turun.

c. Kolam Pembiakkan (*Seeding Pond*)

Kolam ini ditujukan untuk membiakkan bakteri yang akan bekerja dalam kolam *anaerobik*. Isi *pond* ini sekitar 350 m³ dan berisikan bakteri dengan kadar tinggi. Sewaktu-waktu diberi limbah pabrik *Chloroform* sebagai makanannya, dan pada waktu tertentu sebagian diisikan kedalam kolam *anaerobik* dengan cara *overflow*.

Tidak seluruhnya limbah melakukan *Seeding Pond*. Bakteri dalam *Seeding Pond* hidup apabila terlihat adanya gelembung gas metan yang timbul. pH dijaga selalu lebih kecil dari 6,5 - 6,8 dengan penambahan kapur / soda ash.

d. Kolam Anaerobik (*Anaerobic Pond*)

Pengolahan limbah pabrik *Chloroform* yang terutama terjadi di kolam ini, dimana lemak diubah menjadi gas metan. Kolam *anaerobik* ini dapat menampung air limbah pengolahan selama 60 hari (lemak diubah menjadi asam organik dan selanjutnya asam organik ini diubah menjadi gas metan) oleh bakteri *anaerobik* pembentukan metan. Untuk lebih mengaktifkan reaksi pembentukan metan maka cairan dalam kolam *anaerobik* belakang

harus dipompakan secara terus-menerus setiap hari ke kolam *anaerobik* di muka. Apabila bakteri di dalam kolam ini kurang aktif, maka diambil bakteri aktif dari *Seeding Pond*, yang secara *overflow* bakteri aktif mengalir ke dalam kolam *anaerobik*, pH di dalam kolam ini dijaga minimal 6.

e. Kolam Aerasi (*Aeration Pond*)

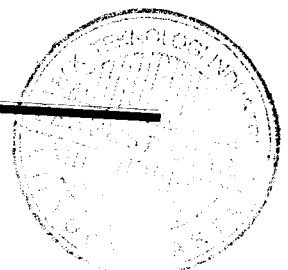
Kolam aerasi ditujukan untuk memperkaya cairan limbah dengan oksigen dan membunuh bakteri anaerob dengan cara menyebarkan cairan ke udara dengan menggunakan aerator, atau dengan memasukkan udara ke dalam cairan dengan menggunakan kompresor. Aerator ataupun kompresor harus berjalan terus menerus.

f. Kolam Pengendapan (*Settling Pond*)

Kolam ini ditujukan untuk mengendapkan zat-zat padat yang dikandung cairan yang berasal dari kolam aerobik. Kolam pengendapan dapat menampung cairan limbah selama 15 hari olahan. Apabila terjadi pendangkalan karena pengendapan zat-zat padat maka dilakukan pembersihan / pengurasan.

g. Kolam Aerobik (*Aerobic Pond*)

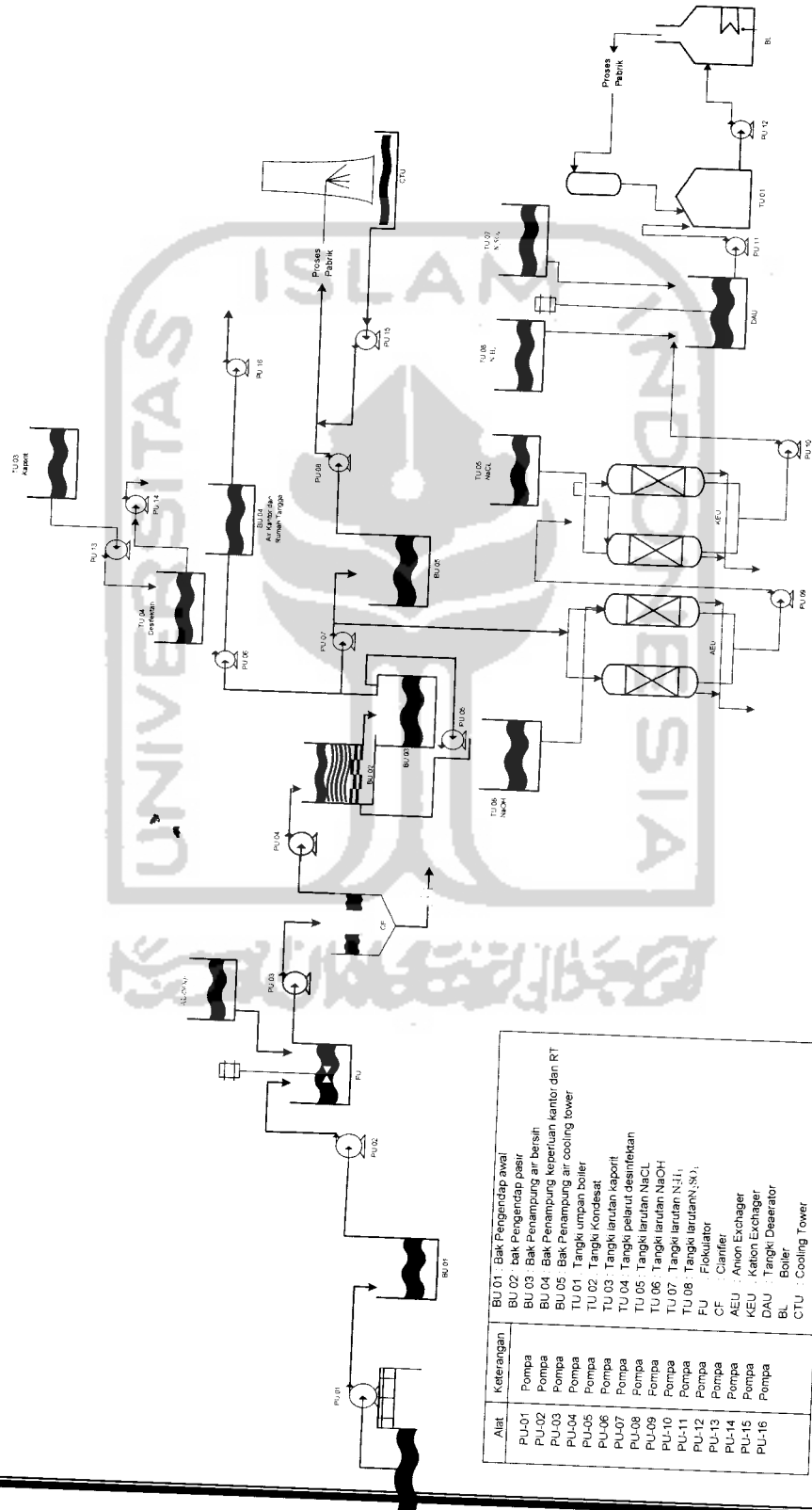
Kolam ini ditujukan untuk memberikan kesempatan cairan dari kolam pengendapan untuk menyerap lebih banyak oksigen dari udara. Kolam ini dapat menampung limbah untuk 15 hari olahan. Kolam ini merupakan kolam terakhir dalam proses penanganan air limbah pabrik *Chloroform*.



Dari kolam ini limbah yang telah diolah tadi dapat dialirkan ke lahan aplikasi atau *overflow* kolam ini dapat dibuang ke sungai.



UTILITAS PABRIK PENGOLAHAN LIMBAH GAS BUANG PLTU
KAPASITAS 20.000 m³/JAM



Alat	Keterangan
BU-01	Bak Pengendap awal
BU-02	Bak Pengendap pasir
BU-03	Bak Penampung air bersih
BU-04	Bak Penampung keperluan kantor dan RT
BU-05	Bak Penampung keperluan air cooling tower
TU-01	Tangki uap boiler
TU-02	Tangki Kondesat
TU-03	Tangki larutan kaporit
TU-04	Tangki pelarut desinfeksi
TU-05	Tangki larutan NaOH
TU-06	Tangki larutan NaCl
TU-07	Tangki larutan N ₂ H ₄
TU-08	Tangki larutan (SO ₂)
FU	Flokulator
CF	Clanfer
AELU	Anion Exchanger
KEU	Kation Exchanger
DAU	Tangki Deaerator
BL	Boiler
CTU	Cooling Tower

Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan peran yang lain adalah pengendalian pencemaran lingkungan, baik limbah gas maupun limbah cair. Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku, analisa proses dan analisa kualitas produk.

Tugas pokok laboratorium antara lain :

- a. Memeriksa bahan baku yang akan digunakan
- b. Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
- c. Melakukan kontrol dan analisa terhadap jalannya proses produksi yang ada kaitannya dengan tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair maupun limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
- d. Melakukan analisa dan kontrol terhadap mutu air proses, air pendingin, air umpan boiler, steam dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi. Dengan demikian sangat diperlukan koordinasi dan kerjasama yang baik antar bagian laboratorium dengan unit utilitas dan unit produksi.

ORGANISASI PERUSAHAAN

4.5.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Pengolahan Limbah Gas Buang PLTU yang akan didirikan direncanakan mempunyai :

1. Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
2. Lokasi perusahaan : Daerah Suralaya

Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah didasarkan atas beberapa faktor, antara lain sebagai berikut :

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pengurus perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staf yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staf, dan karyawan perusahaan.
5. Efisiensi manajemen. Pemegang saham dapat memilih orang sebagai dewan komisaris beserta direktur yang cakap dan berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan perseroan terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat, sehingga dapat memperluas usahanya.

4.5.2 Struktur Organisasi

Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimana orang-orang yang mempunyai satu visi melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi adalah gambaran secara sistematis tentang tugas dan tanggung jawab serta hubungan antara bagian-bagian dalam perusahaan. Dengan adanya struktur organisasi dengan diketahui wewenang dan tanggung jawab masing-masing personil atas jabatan yang disandangnya, sehingga dapat bekerja sesuai dengan tugas dan wewenangnya.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain :

- a. Perumusan tujuan perusahaan jelas
- b. Pendelegasian wewenang
- c. Pembagian tugas kerja yang jelas
- d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- e. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- f. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : Sistem lini dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas

orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawasan demi tercapai tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi staf ini, yaitu :

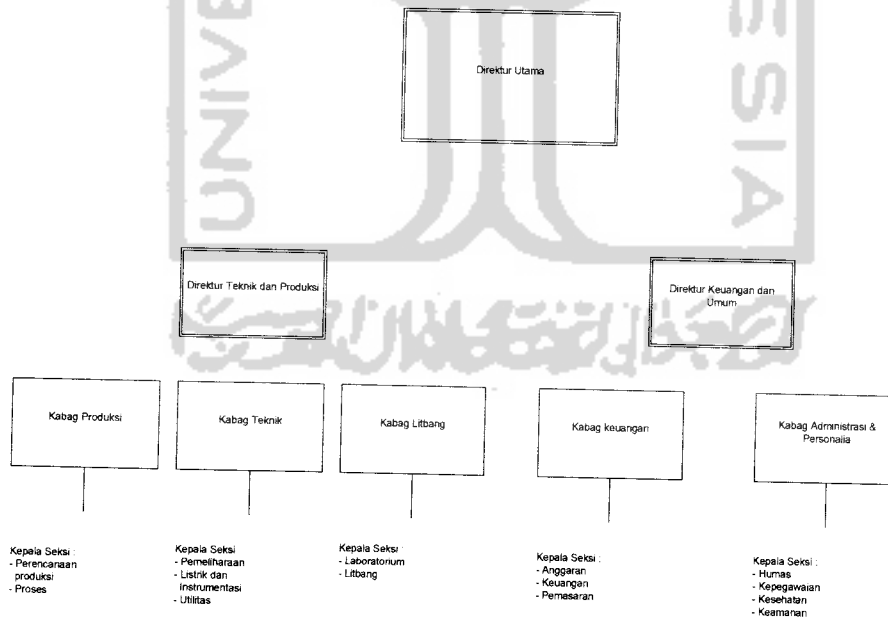
1. Sebagai garis atau ahli yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Manajer Operasional serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Operasional membawahi bidang produksi, utilitas, pemeliharaan dan *quality assurance* (QA). Sedangkan Manajer Keuangan dan Umum membawahi bidang pemasaran, administrasi dan keuangan dan Umum membawahi beberapa kepala bagian yang akan bertanggung jawab membawahi atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari pada pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi (Supervisor) dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan atau staf perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli dibidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran, nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



4.5.3 Tugas dan Wewenang

Dengan sistem pembagian tugas menurut wewenang akan memudahkan dalam penyelesaian tugas dan pekerjaan yang menjadi tanggung jawab setiap tugas dan wewenang anggota organisasi.

a. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Pemilik saham adalah pemilik perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham (RUPS). Adapun keputusan yang dihasilkan dari rapat tersebut adalah :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan Direktur Perusahaan.
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Tugas dan wewenangnya :

1. Mengatur dan mengkoordinir kepentingan para pemegang saham Pemegang saham dan penentu kebijakan kepentingan perusahaan.
2. Sesuai dengan ketentuan yang digariskan dalam anggaran dasar perusahaan.
3. Memberikan penilaian dan mewakili para pemegang saham atas pengesahan neraca dan perhitungan rugi laba tahunan serta laporan lain yang disampaikan oleh direksi.

4. Bertanggung jawab atas stabilitas jalannya perusahaan dalam jangka panjang, baik bersifat ekstern maupun intern.

c. *Direktur*

Tugas dan wewenangnya :

1. Pejabat tinggi, memimpin perusahaan bersama-sama manejer.
2. Mengusahakan tercapainya tujuan perusahaan sesuai dengan anggaran dasar.
3. Memutuskan besarnya gaji dan upah
4. Memberikan pengawasan, pengarahan dan petunjuk guna mendapatkan suatu langkah kerja yang baik.
5. Mengambil keputusan dipenuhi atau tidaknya jumlah produksi yang dilakukan.
6. Bertanggung jawab atas berjalannya seluruh kegiatan perusahaan kepada Dewan Komisaris

d. *Staff Ahli dan R&D*

- 1) Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur sesuai bidangnya.

Tugas dan Wewenangnya :

1. Memberikan saran dan perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.

3. Memberikan saran-saran dalam bidang hukum

2) Staff R&D

Staff R&D ini bertanggung jawab kepada Direktur dalam bidang penelitian dan pengembangan.

Tugas dan wewenangnya :

1. Memperbaiki proses, perencanaan alat dan pengembangan produksi.
2. Meningkatkan mutu produksi.
3. Meningkatkan efisiensi kerja.

e. *Manajer*

Tugas dan wewenangnya :

1. Berkoordinasi bersama seluruh kepala bagian untuk memastikan berjalannya perusahaan sesuai dengan rencana yang ditetapkan.
2. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan kerja kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.
3. Berkoordinasi dengan Direktur dalam menentukan strategi dan target perusahaan.
4. Bertanggung jawab kepada Direktur atas berjalannya seluruh kegiatan perusahaan.

f. *Kepala Bagian*

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan.

Kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Produksi

Tugas dan wewenangnya :

- Kepala bagian produksi bertanggung jawab kepada manajer operasional dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.
- Mengadakan kerja sama dengan pihak luar dalam hal pengadaan bahan baku, memberikan laporan mengenai hasil produksi kepada manajer operasional serta menjaga kualitas produksi.
- Merencanakan pembagian tugas karyawan
- Mengawasi cara kerja karyawan yang menjadi tanggung jawabnya.
- Menjaga agar kondisi ruangan (RH) agar tetap dalam keadaan yang diinginkan
- Mengatur pembagian istirahat karyawan agar tidak mengganggu kelancaran produksi
- Memperhatikan masalah-masalah yang terjadi dan segera diantisipasi agar proses dapat berjalan sesuai yang direncanakan
- Bekerja sama dengan pihak lain guna kelancaran proses produksi
- Bertanggung jawab atas hasil produk yang telah diproduksi

2. Kepala Bagian Utilitas

Tugas dan wewenangnya :

- Memimpin dan mengkoordinir pelaksanaan operasional dalam pengadaan utilitas, tenaga dan instrumentasi

- Bertanggung jawab kepada manajer operasional atas hal-hal yang dilakukan bawahannya dalam menjalankan tugasnya masing-masing.
 - Mengkoordinir *supervisor* yang menjadi bawahannya
3. Kepala Bagian *Maintenance* membawahi :

- *Supervisor* pemeliharaan peralatan

Tugas *supervisor* pemeliharaan peralatan antara lain :

- 1) Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik
- 2) Memperbaiki peralatan pabrik

- *Supervisor* pengadaan Peralatan

Tugas *supervisor* pemeliharaan peralatan antara lain :

- 1) Merencanakan penggantian peralatan
- 2) Menentukan spesifikasi peralatan pengganti atau peralatan baru yang akan digunakan

4. Kepala Bagian *Quality Assurance*(QA)

Tugas dan wewenangnya :

- Menetapkan standar kualitas dari produk yang dihasilkan perusahaan
- Penghubung antara konsumen dengan pihak perusahaan untuk masalah komplain produk
- Merencanakan perbaikan produk yang mengalami kerusakan

- Melaksanakan pengawasan dan mengkoordinir proses quality control

Kepala Bagian *Quality Assurance* (QA) membawahi :

- *Supervisor* Laboratorium
 - 1) Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu
 - 2) Mengawasi dan Menganalisa produk
 - 3) Mengawasi kualitas buangan pabrik

5. Kepala bagian Keuangan dan Pemasaran

Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran bertanggung jawab kepada Manajer Keuangan dan Umum dalam bidang keuangan dan pemasaran.

- *Supervisor* Pembelian

Tugas *Supervisor* Pembelian antara lain :

- 1) Merencanakan besarnya kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu yang akan dibeli.
- 2) Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan
- 3) Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

- *Supervisor* Pemasaran

Tugas *Supervisor* Pemasaran antara lain :

- 1) Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.

2) Mengatur distribusi barang dari gudang.

- *Supervisor Keuangan*

Tugas *Supervisor Keuangan* antara lain :

1) Mengadakan perhitungan tentang gaji dan intensif karyawan.

2) Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan membuat prediksi keuangan masa depan.

6. Kepala Bagian Personalia dan Umum

Kepala Bagian Personalia dan Umum bertanggung jawab kepada Manajer Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan.

Kepala Bagian Personalia dan Umum membawahi :

- *Supervisor Personalia*

Tugas *Supervisor Personalia* antara lain :

1) Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya agar tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.

2) Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.

3) Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

- *Supervisor Humas*

Tugas *Supervisor Humas* antara lain :

- 1) Mengatur hubungan dengan masyarakat luar lingkungan perusahaan.

- Supervisor Keamanan

Tugas *Supervisor* Keamanan antara lain :

- 1) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
- 2) Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun selain karyawan kedalam lingkungan perusahaan
- 3) Menjaga dan memelihara keberhasilan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

g. *Supervisor*

Supervisor adalah pelaksana dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para kepala bagian masing-masing, agar diperoleh hasil yang maksimal dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. *Supervisor* akan membawahi staf. Setiap *supervisor* bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

Tugas dan wewenangnya :

1. Merencanakan rekrutmen dan pembinaan karyawan guna pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) perusahaan.
2. Mengarahkan staf dan karyawan secara langsung untuk mencapai sasaran perusahaan.
3. Mengadakan pertemuan perorangan maupun kelompok untuk menciptakan hubungan yang baik, sehingga menimbulkan suasana

yang menyenangkan dengan tidak meninggalkan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan perusahaan.

4. Memberikan motivasi kepada seluruh staff dan karyawan agar bekerja dengan kesadaran dan tanggung jawab serta mematuhi peraturan yang telah ditetapkan.
5. Memberikan teguran dan peringatan apabila terjadi pelanggaran.
6. Mengadakan pembinaan disiplin kerja
7. Melaksanakan absensi staf dan karyawan
8. Bertanggung jawab atas pengawasan, kebersihan, keamanan dan ketertiban perusahaan.
9. Melaksanakan kerja sama dan hubungan yang baik dengan perusahaan lain atau masyarakat sekitar.
10. Bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan dengan karyawan, perusahaan lain dan masyarakat sekitar.

4.5.4 Ketenagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan

menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktivitas kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas perusahaan.

Hubungan itu dapat terealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contohnya adalah sistem pengajian atau pengupahan yang sesuai dengan upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyawan perusahaan ini berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian.

Menurut statusnya karyawan perusahaan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar pada setiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan.

Karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja, sistem upah yang diterima berupa upah borongan untuk suatu perusahaan.

Pabrik ini direncanakan beroperasi setiap hari, dengan jam efektif selama 24 jam/hari. Adapun karyawan yang bekerja dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

a. Karyawan non shift

Karyawan non shift adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan harian adalah: Direktur, Staf Ahli, Manajer, Kepala bagian serta staff yang berada dikantor. Karyawan non shift dalam seminggu bekerja 6 hari, dengan pembagian jam kerja sebagai berikut :

- Hari senin – jum'at : jam 08.00 – 16.00 WIB
- Hari Sabtu : jam 08.00 – 12.00 WIB
- Waktu istirahat setiap jam kerja : jam 12.00 – 13.00 WIB
- Waktu istirahat hari jum'at : jam 12.00 – 13.00 WIB

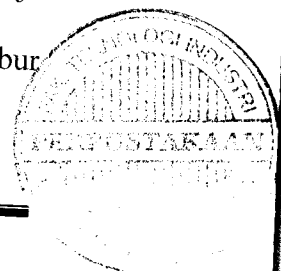
b. Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Karyawan shift dibagi menjadi 4 group (Group A, Group B, Group C, Group D) yang bekerja dalam 3 shift.

Pembagian jam kerja shift sebagai berikut :

- Shift I : jam 06.00 – 14.00 WIB
- Shift II : jam 14.00 – 22.00 WIB
- Shift III : jam 22.00 – 06.00 WIB

Adapun pengaturan kerja setiap group, yaitu masing-masing group bekerja selama tiga hari pada jam kerja yang berbeda-beda setiap group mendapat libur



2 hari setelah mereka bekerja selama tiga hari kerja yang berbeda dalam seminggu.

Tabel 4.6. Rencana Pengaturan Jadwal Kerja Group

Hari	Shift I	Shift II	Shift III	Libur
1	A	B	C	D
2	D	A	B	C
3	C	D	A	B
4	B	C	D	A
5	A	B	C	D
6	D	A	B	C
7	C	D	A	B
8	B	C	D	A

4.5.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

4.7.6.1. Penggolongan Jabatan

Tabel 4.22. Penggolongan jabatan

No	Jabatan	Pendidikan
1.	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2.	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3.	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4.	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
5.	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin/Elektro

Tabel 4.22. Lanjutan

6.	Kepala Bagian R & D	Sarjana Teknik Kimia
7.	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi
8.	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi
9.	Kepala Bagian Umum	Sarjana Hukum
10.	Kepala Seksi	Sarjana Muda Teknik Kimia
11.	Operator	STM/SMU/Sederajat
12.	Sekretaris	Akademi Sekretaris
13.	Staff	Sarjana Muda / D III
13.	Medis	Dokter
14.	Paramedis	Perawat
15.	Lain-lain	SD/SMP/Sederajat

4.5.6. Perincian Jumlah Karyawan

Tabel 4.23. Jumlah karyawan pada masing-masing bagian

NO	Jabatan	Jumlah
1.	Direktur Utama	1
2.	Direktur Teknik dan Produksi	1
3.	Direktur Keuangan dan Umum	1
4.	Staff Ahli	11
5.	Sekretaris	3
6.	Kepala Bagian Umum	1

Tabel 4.23. Lanjutan

7.	Kepala Bagian Pemasaran	1
8.	Kepala Bagian Keuangan	1
9.	Kepala Bagian Teknik	1
10.	Kepala Bagian Produksi	1
11.	Kepala Bagian R & D	1
12.	Kepala Seksi Personalia	1
13.	Kepala Seksi Humas	1
14.	Kepala Seksi Keamanan	1
15.	Kepala Seksi Pembelian	1
16.	Kepala Seksi Pemasaran	1
17.	Kepala Seksi Administrasi	1
18.	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1
19.	Kepala Seksi Proses	1
20.	Kepala Seksi Pengendalian	1
21.	Kepala Seksi Laboratorium	1
22.	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
23.	Kepala Seksi Utilitas	1
24.	Kepala Seksi Pengembangan	1
25.	Kepala Seksi Penelitian	1
26.	Karyawan Personalia	4
27.	Karyawan Humas	3

Tabel. 4.23. lanjutan

28.	Karyawan Keamanan	9
29.	Karyawan Pembelian	4
30.	Karyawan Pemasaran	4
31.	Karyawan Administrasi	3
32.	Karyawan Kas/Anggaran	3
33.	Karyawan Proses	32
34.	Karyawan Pengendalian	4
35.	Karyawan Laboratorium	6
36.	Karyawan Pemeliharaan	4
37.	Karyawan Utilitas	10
38.	Karyawan KKK	3
39.	Karyawan Litbang	4
40.	Karyawan Pemadam Kebakaran	4
41.	Medis	1
42.	Paramedis	3
43.	Sopir	8
44.	Cleaning Service	10
Total		150

4.5.7. Sistem Gaji Pegawai

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

1. Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Penggolongan Gaji Berdasarkan Jabatan

Tabel 4.24. Perincian golongan dan gaji

Golongan	Jabatan	Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	Rp. 15.000.000,00
2	Direktur	Rp. 13.000.000,00
3	Staff Ahli	Rp. 10.000.000,00
4	Kepala Bagian	Rp. 8.000.000,00
5	Kepala Seksi	Rp. 5.000.000,00
6	Sekretaris	Rp. 1.500.000,00
7	Dokter	Rp. 4.000.000,00
8	Paramedis	Rp. 1.500.000,00
9	Karyawan	Rp. 1.500.000,00
10	Satpam	Rp. 1.200.000,00

Tabel. 4.24. Lanjutan

11	Sopir	Rp. 900.000,00
12	Cleaning service	Rp. 500.000,00

4.5.8 Kesejahteraan Karyawan

Pemberian upah yang akan dibayarkan kepada pekerja direncanakan diatur menurut tingkat pendidikan, status pekerja dan tingkat golongan. Upah minimum pekerja tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah (Upah Minimum Regional) dan pelaksanaannya sesuai ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan dan prestasi kerja

4.5.9 Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat merangsang kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jemu dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan.

Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

a. *Poliklinik*

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh Dokter dan Perawat.

b. *Pakaian Kerja*

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

c. *Makan dan Minum*

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan.

d. *Koperasi*

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

e. *Tunjangan Hari Raya (THR)*

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

f. *Jamsostek*

Merupakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

g. *Masjid dan Kegiatan kerohanian*

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transport tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulan.

i. Hak Cuti

1. Cuti tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

2. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari Kerja.

3. Cuti hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dengan kedua minimal 2 tahun.

4.5.10 Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk proses bahan baku dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi

sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatkan kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian. Dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

4.5.11 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Yang dimaksud faktor internal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor eksternal adalah kemampuan pabrik dalam menghasilkan jumlah produk.

a. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan :

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
2. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil, yaitu :

1. Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
2. Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada tahun berikutnya.
3. Mencari daerah pemasaran lain.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Material (Bahan Baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

2. Manusia (Tenaga Kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar ketrampilan meningkat.

3. Mesin (Peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

4.5.12 Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi dilaksanakan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai setandar, dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana, serta waktu yang tepat sesuai dengan jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

a. Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi, kerusakan alat. Penyimpanagn dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan..

b. Pengendalian Kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama, dan faktor lain yang dapat menghambat proses produksi. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

c. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

d. Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin mencapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan baku untuk proses harus mencukupi. Oleh karena itu diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

4.6 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (estimation) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

4.6.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan teknik kimia pada tahun tersebut.

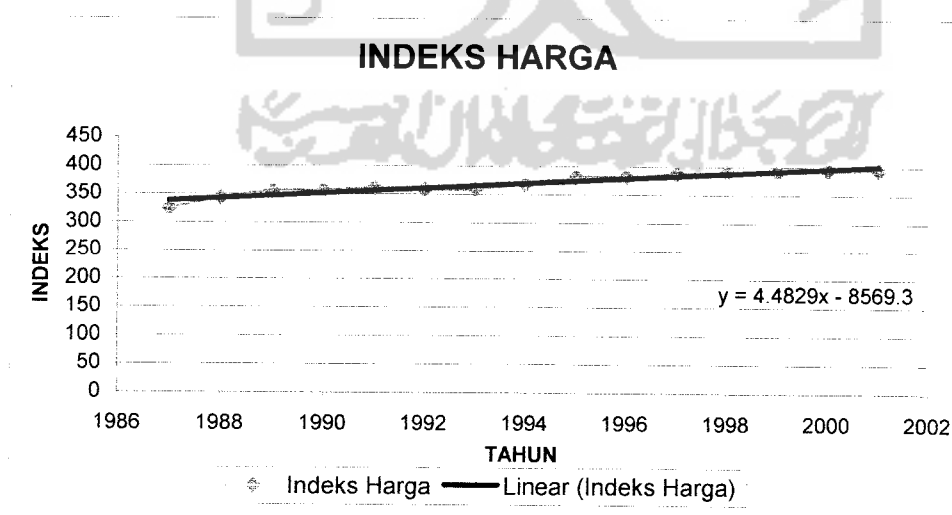
Harga indeks tahun 2008 diperkirakan secara garis dengan menggunakan data indeks dari tahun 1954 sampai 2001:

Tabel 4.6.1 Perkembangan Indeks Harga

Tahun	X(Tahun)	Y (indeks)
1987	1	324
1988	2	343
1989	3	355

1990	4	356
1991	5	361.3
1992	6	358.2
1993	7	359.2
1994	8	368.1
1995	9	381.1
1996	10	381.7
1997	11	386.5
1998	12	389.5
1999	13	390.6
2000	14	394.1
2001	15	394.3

Sumber :



Gambar 4.6. Grafik Indeks Harga

Persamaan yang diperoleh adalah :

$$Y = 4,4829 x - 8569,3 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : x = tahun

Y = indeks harga

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka harga indeks pada tahun perancangan yaitu pada tahun 2008 dapat diperoleh yaitu :

$$\begin{aligned} Y &= 4,4829 (2008) - 8569,3 \\ &= 432,3632 \end{aligned}$$

harga pada tahun 2008 dapat dicari sebagai berikut :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

- Dimana :
- Ex = Harga Alat pada tahun x
 - Ey = Harga alat pada tahun y
 - Nx = Index harga pada tahun x
 - Ny = Index harga pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$Eb = Ea [Cb / Ca]^{0,6}$$

- Dimana :
- Ea = Harga alat a
 - Eb = Harga alat b
 - Ca = Kapasitas alat a
 - Cb = Kapasitas alat b

Indeks harga alat pada tahun 2010 dengan ekstrapolasi diperoleh sebesar 642,1256.

4.6.2. Dasar Perhitungan

a. *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk pengoperasiannya. *Capital Investment* terdiri atas :

- *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembuatannya

- *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost terdiri dari *direct*, *indirect* dan *fixed Manufacturing Cost* yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

- *Direct Manufacturing Cost*

Direct Manufacturing Cost adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk

- *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik

▪ *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost adalah harga yang berkenaan dengan dengan *fixed capital* dan pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap dan tidak tergantung pada waktu dan tingkat produksi.

c. *General Expense*

General Expense atau pengeluaran umum yang meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

4.6.3. Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak maka dilakukan analisa kelayakan.

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

a. *Percent Return of Investment (ROI)*

ROI adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan atas kecepatan pengembalian modal tetapyang telah diinvestasikan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{FixedCapital}} \times 100\%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

POT adalah jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun

yang diperluakn untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

$$POT = \frac{FixedCapitalInvestment}{(KeuntunganTahunan + Depresiasi)}$$

c. *Break Event Point (BEP)*

BEP adalah titik impas dimana harga penjualan sama dengan total cost (tidak mempunyai keuntungan)

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

Dalam hal ini :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Ragulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variabel Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual sales Value* pada produksi maksimum

d. *Shut Down Point (SDP)*

SDP adalah persentase minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam satu tahun, sehingga dapat dipahami bahwa apabila pabrik tidak mampu mencapai persentase minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus di shut down.

$$SDP = \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan *Discounted Cash Flow* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun selama umur ekonomi. *Rate of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal di mana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada pabrik selama umur pabrik.

4.6.4. Hasil Perhitungan

Fixed Capital Investment

No	Type of Fixed Capital Investment	US \$	Rp
1	Delivered Equipment	9,839,325.80	-
2	Equipment Instalation	1,078,047.87	6.242.410.522,86
3	Piping	4,350,693.19	7.217.787.167
4	Instrumentation	1,041,421.32	586.281.633,7
5	Insulation	278,067.90	975.376.644,2
6	Electrical	855,593.55	-

Tabel 4.6.4.1, Lanjutan

7	Buildings	-	10.400.000.000
8	Land and yard improvement	-	5.000.000.000
9	Utilities	2,011,820.86	223.528.980,79
	Physical Plant Cost	19,738,045.82	32.185.335.018,88
10	Engineering and Contruction	3,947,609.16	6.437.067.003,78
	Direct Plan Cost	23,685,654.99	38.622.402.022,65
11	Contractor's fee	1,184,282.75	1.931.120.101,13
12	Contingency	3,552,848.25	5.793.360.303,46
	Fixed Capital	46,346,882.427.18	28.422.785,98

4.6.4.2. Working Capital Investment

No	Type of Working Capital	US \$	Rp
1	Raw Material Inventory	2,450	-
2	In process inventory	5,972.0742	7.416.386,417
3	Product Inventory	772,276.5728	988.851.522,3
4	Available cash	772,276.5728	988.851.522,3
5	Extended credit		3,079,436.383
	Total Working Capital	4,630,000	1.985.119.431

4.6.4.3. Total Capital Investment

No	Type of Capital Investment	Rp
1	Fixed Capital Investment	304.994.000.000
2	Working Capital	44.138.405.181
	Jumlah	349.133.000.000

4.6.4.4. Manufacturing Cost

No	Type of Manufacturing Cost	US \$	Rp
1	Raw Materials	29,371.21	-
2	Labour Cost		426.500.000
3	Supervision		85.300.000
4	Maintenance		29.855.000
5	Plant Supplies		4.478.250
6	Royalties & Patent	1,847,661.83	
7	Utilities		4.719.215.302,26
	Direct Manufacturing Cost	1,877,033.04	5.265.348.552,26
8	Payroll and Overhead		85.300.000

9	Laboratory		63.975.000
10	Plant Overhead		426.500.000
11	Packaging and Shipping	3,695,323.66	
	Indirect Manufacturing Cost	3,695,323.66	575.775.000
12	Depreciation	2,842,278.598	4.634.688.243
13	Property Taxes	568,455.7197	926.937.648,5
14	Insurance	284,227.8598	463.468.824,3
	Fixed Manufacturing Cost	3,694,962.178	6.025.094.716
	Manufacturing Cost	9,267,318.87	11.866.218.267,79

4.6.4.5. General Expense

No	Type of General Expense	US \$	Rp
1	Administration	463,365.9437	593.310.913,4
2	Sales	1,390,097.831	1.779.932.740
3	Finance	3,537,112.979	4.932.456.157

Tabel 4.6.4.5, Lanjutan

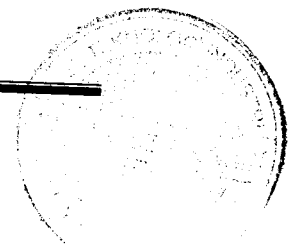
4	Research	463,365.9437	593.310.913,4
	General Expense	5,853,942.697	7.899.010.724

4.6.4.6. Total Production Cost

No	Komponen	Rp
1	Manufacturing Cost	1.965.228.992
2	General Cost	137.603.000.000
	Total Production Cost	157.369.000.000

4.6.4.7. Keuntungan

Harga Jual = Rp 336.274.000.000,00



Total Cost	= Rp	157.369.000.000,00
Keuntungan sebelum pajak	= Rp	178.905.743.734,86
Keuntungan setelah pajak	= Rp	89.452.871.867,43

4.6.4.8. Analisa Kelayakan Ekonomi

a) Percent Return of Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{FixedCapital}} \times 100\%$$

$$\text{ROI sebelum pajak} \quad ROI = \frac{178.905.734.734,86}{304.994.000.000} \times 100 = 58,6587 \%$$

ROI setelah pajak

$$ROI = \frac{89.452.871.867,43}{304.994.000.000} \times 100 = 29,3294 \%$$

b) Pay Out Time (POT)

POT sebelum pajak

$$POT = \frac{Rp304.994.000.000}{(Rp178.905.734.734,86 + Rp33.627.445.302)} = 1.4565 \text{ Tahun}$$

POT setelah pajak

$$POT = \frac{Rp304.994.000.000}{(Rp89.452.871.867,43 + Rp33.627.445.302)} = 2.5426 \text{ Tahun}$$

4.6.4.9. Break Event Point (BEP)

4.6.4.9.(a) Fixed Cost (Fa)

Fixed Expense (Fa)	Rp
Depreciation	30.499.423.487
Property taxes	6.049.884.697
Insurance	3.049.942.349
Jumlah	39.649.250.533

4.6.4.9.(b) Variable Cost (Va)

Variable Cost	Rp
Raw Material	267.277.975,3
Patent & Royalties	16.813.722.651
Utility	4.719.215.302
Shipping & Packaging	33.627.445.302
Jumlah	55.437.661.230

4.6.4.9.(c) Regulated Cost (Ra)

Regulated Cost	Rp
Buruh	426.500.000
Supervision	85.300.000
Maintenance	29.855.000

Plant supplies	4.478.250
Laboratory	63.975.000
Payroll Overhead	85.300.000
Plant Overhead	426.500.000
General Expense	61.169.889.267,36
Jumlah	62.291.797.517,36

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

$$= 24.5895 \%$$

4.6.4.10. Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

$$= 7.8770 \%$$

4.6.4.11. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 Tahun

Fixed Capital Investment = Rp 304.994.000.000

Working Capital (WC) = Rp 44.100.000.000

Salvage value (SV) = 10 % x Fixed Capital Investment

= 0,1 x Rp 304.994.000.000

= Rp. 30.499.423.487

Cash Flow (CF) = Annual profit + depresiasi + finance

= Rp 247.110.570.172,15 + Rp 87.365.639.178,69 + Rp 518.972.861.238,99

= Rp 853.449.070.589,83

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) dihitung secara trial dan error

$$(FC + WC)(1+i)^N = \sum_{j=1}^N C_j(1+i)^{N-j} + WC + SV$$

Ruas Kiri = 2.184E+13

Ruas Kanan = 2.184E+13

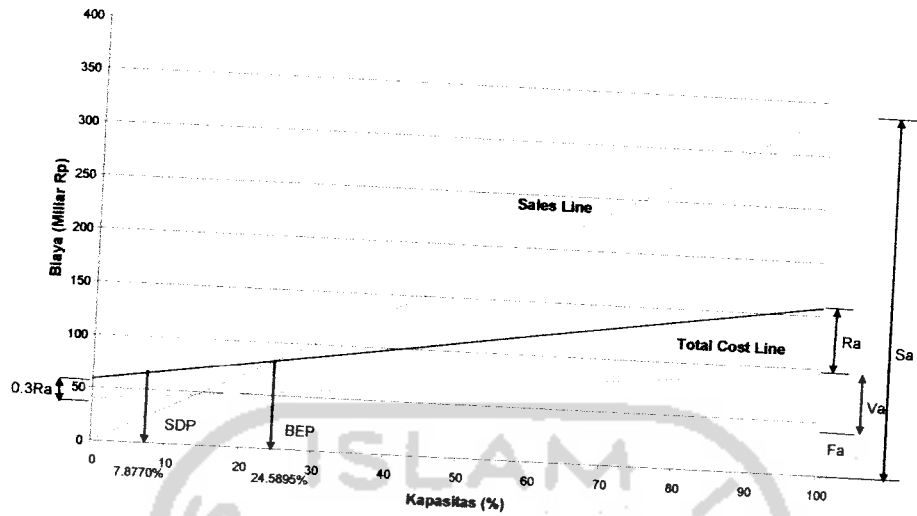
Diperoleh Interest I = 51.22 %

Bunga bank saat ini 8 – 10 %

Tabel 4.6.4.11. Tolak Ukur Standart Kelayakan

Kriteria	Terhitung	Standart Kelayakan
ROI (sebelum Pajak)	58.6587 %	Minimum 11 % (Aries & Newton, 1954)
ROI (sesudah pajak)	29.3294 %	
POT (sebelum pajak)	1.4565 Thn	Maksimal 5 tahun (Aries & Newton, 1954)
POT (sesudah pajak)	2.5426 Thn	
BEP	24.5895 %	(40-60)%
SDP	7.8770 %	< BEP
DCFR	51.22 %	> Bunga Bank (1,5 kali bunga bank)

Dari perhitungan diatas maka dapat dibuat grafik hubungan antara kapasitas produksi dengan biaya yang dijabarkan pada gambar Grafik Hubungan antara biaya dan kapasitas produksi.



Gambar 6.1. Hubungan Kapasitas Produksi dan Biaya



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik Pengolahan Limbah Gas Buang PLTU dengan kapasitas 20.000 m³/jam digolongkan pabrik beresiko rendah, kondisi operasi yang digunakan pada kondisi lingkungan dan produk yang dihasilkan berupa padatan. Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :

- a. Keuntungan yang diperoleh :
 - Sebelum pajak Rp 178.905.743.734,86
 - Sesudah pajak Rp 89.452.871.867,43
- b. Return of Investment (ROI) :
 - Sebelum pajak 58.6587 %
 - Sesudah pajak 29.3294 %
- c. Pay Out Time :
 - Sebelum pajak 1.4565 Tahun
 - Sesudah pajak 2.5426 Tahun
- d. Break Event Point (BEP) pada 24.5895 % dan Shut Down Point (SDP) adalah 7.8770 %.
- e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 51.22 % Suku bunga pinjaman dan deposito di bank saat ini 10 %.

Dari data hasil perhitungan analisa ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa Pabrik Pengolahan Limbah Gas Buang PLTU dengan kapasitas 20.000 m³/jam ini layak dan menarik untuk dikaji dan didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aries, R. S. And Newton, R. D., 1955, "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- [2] Brown, G. G., et. al, 1978, "*Unit Operation*", Modern Asia Edition, John Willey and Sons, Tokyo.
- [3] Brownell, I. E. and Young, E. H., 1979, "*Process Equipment Design*", 1st e.d., Willey Eastern, New Delhi.
- [4] Coulson, J. M. and Richardson, J. F., 1983, "*Chemical Engineering*", Vol. 6., Pergamon Press, Oxford.
- [5] Foust, A. S., 1980, "*Principles of Unit Operation*", 2nd, New York: John Willey and sons, Faith.
- [6] Holman, J. P., 1986, "*Heat Transfer*", 6th. ed., Mc Graw-Hill Book Company, London.
- [7] Kern, 1983, "*Process Heat Transfer*", Mc Graw-Hill International Book Company.
- [8] Kirk, R. E., & Othmer, D. F., 1978, "*Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*", Vol. 11, 23., John Willey and sons, New York.
- [9] Ludwig, E. E., 1954, "*Applied Process Design for Chemical and Introchemical Plants*", Vol. 1, 2, 3., Gulf Publishing Company Houston, Texas.
- [10] Munawir, Z., Sanda, Sri D.M., & Karsono, 2005, "*Rancangan Sistem Pengolahan Gas Buang Sox dan Nox berbasis MBE* ", Laporan kegiatan

- Flue Gas Treatment, Pusat Pengembangan Perangkat Nuklir, BATAN, Yogyakarta.
- [11] Perry, R. H., and Green, D., 1984, "*Perrys Engineering Handbook*", 6th ed., Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- [12] Peter, M. S., and Timmerhouse, K. D., 1980, "*Plant Design & Economical for Chemical Engineering*", 3rd ed., Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- [13] Smith, J. M., and Van Ness, H. C., 1975, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*", 3rd ed., Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- [14] Sheve, R. N., 1956, "*The Chemical Process Industry*", Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- [15] Sudjatmoko, dkk., 1996, "*Perancangan Mesin Berkas Elektron 350 keV, 20 mA, Seminar Sehari Perancangan Mesin Berkas Elektron 500 keV/10 mA*", PPNY-BATAN, Yogyakarta.
- [16] Soedomo., 1999, "*Pencemaran udara*", ITB PRESS, Bandung.
- [17] Slamet., 2002, "*kesehatan lingkungan*", Usaha Nasional, Bandung.
- [18] CARAKA NUKLIDA., 2005, "Energy is Power The Nasion MBE Untuk Pengolahan Gas Buang", dalam, sastrawijaya "perjalanan sulfur dioksida diudara", sub unit KORPRI PPTN-BATAN, Yogyakarta.
- [19] Treybal, R. E., 1981, "*Mass Transfer Operation*", 3rd ed., Mc Graw-Hill Book Company, Tokyo.

- [20] Ulrich, G. D., 1984, "*A Guide Chemical Engineering Process Design and Economics*", 4th ed., Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- [21] Yongsan-Dong, Yuseong-gu, Daejeon, 2005, "*Proposal For Electron Beam Flue Gas Treatment System*", Korea.





LAMPIRAN



PENGENDAP DEBU ELEKTROSTATIS

(ESP)

Fungsi : memisahkan , menangkap dan mengendapkan butiran serbuk (NH₄)SO₄ atau zat padat terdispersi terutama gas dan serbuk dengan ukuran terendah 0,001 - 10 mikron.

Jenis : dry tipe, tangki segi empat tegak dengan bagian bawah kerucut.

Kondisi Operasi :

Tekanan : - 600 mmHg

Suhu : 70 °C

kapasitas : 26.980,9510 Kg/J = 20.754,5777 m³/j

menghitung konstanta, nilai k didapat dari persamaan :

$$K = \frac{3\Sigma}{(k + 2)}$$

Dimana :

Σ = konstanta dielektrik untuk jarak relative pada partikel bebas, $\Sigma = 2$

k = nilai konstanta 1,5 - 2,4, diambil k = 1,5.

$$\text{maka : } K = \frac{3 \times 2}{(1,5 + 2)} = 1,7143$$

Untuk menghitung gaya coloumb yang dialami spherical partikel

$$q = \pi * dp^2 * \Sigma_o * Ech$$

dimana :

dp = diameter (m)

Σ_0 = jarak yang diijinkan 8,85.E-12 c/(v/m)

Ech = kekuatan pengisiran daerah v/m (maksimal 10000)

Diambil :

$$L = 2 \text{ m}$$

$$P = 5 \text{ m}$$

$$T = 6 \text{ m}$$

Diketahui :

$$U = 150 \text{ m/min}$$

$$F_g = 26.980,9510 \text{ Kg/j}$$

$$P_g = 1,3 \text{ Kg/m}^3$$

$$V = 20.754,5777 \text{ m}^3/\text{j} = 354,9096 \text{ m}^3/\text{men}$$

$$dp = 0,1 \text{ mm} = 100 \mu\text{m}$$

$$\text{eff} = 99,5 \%$$

We = 1 -10 m/min (tabel 5.1) semen data book

$$= 10 \text{ cm} = 6 \text{ m} / \text{min}$$

$$\mu = 0,0119 \text{ Kg/ms}$$

sehingga :

$$q = 3,14 * (100 \mu\text{m})^2 * 8,85\text{E-}12 \text{ c/v/m} * 10000 \text{ v/m} = 2,7789\text{E-}03$$

untuk menghitung luas plate :

$$\text{Ln} (1 - \eta) = - A \text{ We}/Q$$

$$A = - Q \text{ Ln} (1 - \eta)/\text{We}$$

$$A = - 354,4688 \text{ m}^3/\text{men} \text{ Ln} (1 - 0,995)/6 \text{ m}/\text{men}$$

$$A = 313,0147 \text{ m}^2$$





Jhika plate mempunyai 2 sisi pada setiap bagian maka jumlah plate keseluruhan :

$$A = A_p (n - 1)$$

Dimana : n = jumlah plate

$$A_p = 2 \text{ sisi plate area} \rightarrow (P * L) * 2 = (5 * 2) * 2 = 20 \text{ m}$$

Jadi :

$$n = \frac{A}{A_p} + 1$$

$$n = \frac{313,0147 \text{ m}^2}{20 \text{ m}} + 1 = 16,6507 \text{ plate} = 17 \text{ Plate}$$

Menghitung dimensi efisiensi fraksi :

$$C1/C0 = 1 - \eta$$

$$C1/C0 = 1 - 0,995$$

$$C1/C0 = 0,005$$

Untuk menghitung jarak antar plate :

$$\ln (C1/C0) = - 2 * W * H * L / U * H * D$$

$$D = - 2 * W * L / (U * \ln(C1/C0))$$

$$D = 0,0302 \text{ m} = 3,02 \text{ cm}$$

Menghitung jumlah pintu masuk:

$$Nd = \frac{Q}{U * D * H} = \frac{354,4688 \text{ m}^3 / \text{men}}{150 \text{ m} / \text{men} * 0,0302 \text{ m} * 6 \text{ m}} = 13,0415 \text{ Buah} = 13 \text{ buah}$$

Maka ukuran ESP (*Electrical Static Precipitator*)

$$H = 6 \text{ m}$$

dimana : H = tinggi ESP

$$P = 5 \text{ m}$$

P = panjang ESP



L = 2 m

L = lebar ESP

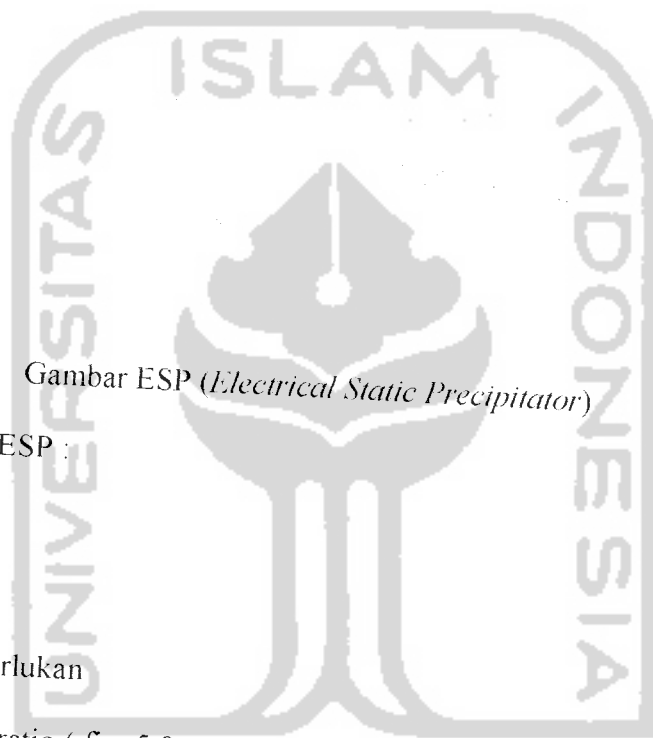
D = 0,0302 m

D = jarak antar plate

n = 17 plate

n = jumlah plate





Gambar ESP (*Electrical Static Precipitator*)

kebutuhan listrik ESP :

$$P = C * Q$$

Dimana :

P = data yang diperlukan

C = corona power ratio (fig. 5.9. cooper) = 70,6

$$P = 70,6 * 354,4688$$

$$= 25025,4985 \text{ W}$$

$$= 25,02549 \text{ KW} * 1,341022$$

$$= 33,5597 \text{ Hp}$$

Waktu tinggal terhadap volume dan ukuran elektroda :

Waktu tinggal (menit)	Volume (m ³)	Ukuran elektroda
1	1,1641	1 : 120
2	2,3282	75 : 150
3	3,4923	85 : 170
4	4,6564	95 : 190
5	5,8205	100 : 200
6	6,9846	110 : 220

Dari data tabel diatas dipilih sesuai standart yang ada dalam tangki jenis tangki segi empat tegak. Bagian bawah berbentuk kerucut ada collector electrode (plat) yang dilengkapi dengan kawat (discharge electrodes) collector electrode lebar 100 cm dan panjang 200 cm, karena electrode : 0,500 cm dan electrostatic hig negative voltage : 20.000 s/d 10.000 volt, waktu tinggal 5 menit dengan volume 5,8205 m³.



HEATER

Tugas : Memanaskan umpan segar amoniak dari tangki penyimpanan sebelum
diumpankan di Reaktor MBE.

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Fluida Panas :

Medium pemanas : steam jenuh pada tekanan 2,5 atm

	Alokasi	Pipe Side
Tekanan	$P =$	2,5 atm
Suhu masuk	$Th1 =$	127,9 °C
Suhu keluar	$Th2 =$	127,9 °C
Suhu rata-rata	$Th, avg = (Th1 - Th2) / 2 =$	0 °C

Sifat fisis

Uap Jenuh

Densitas	$\rho_{vh} = 1,3931 \text{ kg/m}^3$
Viskositas	$\eta_{vh} = 1,33E-05 \text{ pa.s}$
Panas laten	$\lambda_h = 3,94E+07 \text{ j/kmol}$



Berat molekul BMh = 18,015

Cair Jenuh

Densitas $\rho_{lh} = 935,9997 \text{ kg/m}^3$

Viskositas $\eta_{lh} = 0,000213 \text{ pa.s}$

Fluida dingin :

Umpan segar amoniak

	Alokasi	Annulus Side
Tekanan	$P =$	15 atm
Suhu masuk	$T_{c1} =$	- 40 °C
Suhu keluar	$T_{c2} =$	65 °C
Suhu rata-rata	$T_{c, avg} = (T_{c1} - T_{c2})/2 =$	12,5 °C
Kenaikan suhu	$\Delta T_c = T_{c2} - T_{c1} =$	105 °C
Laju alir fluida	$W_c =$	21,484 kg/jam

Sifat Fisis (pada suhu rata - rata)

Kapasitas panas $C_{pc} = 2,0589 \text{ j/kg.K}$

Konduktifitas $k_c = 0,61 \text{ W/m.K}$

Densitas $\rho_c = 11,2858 \text{ kg/m}^3$

Viskositas $\eta_c = 0,0095 \text{ pa.s}$

Beban panas

Dari perhitungan neraca panas diperoleh :

$$Q = Q_h = Q_c = 154,7639 \text{ Mj/jam} = 154763910 \text{ j/jam}$$

Laju alir medium pendingin



$$Wh = \frac{Q}{(\lambda h / BMh)} = 7,07 \text{ E}+01 \text{ Kg/jam}$$

Mean Temperature Difference

- Log Mean Temperature Difference (LMTD)

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h1} - T_{c2}) - (T_{h2} - T_{c1})}{\ln \left(\frac{(T_{h1} - T_{c2})}{(T_{h2} - T_{c1})} \right)} = 106,9440 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Parameter rasio suhu (R & S)

$$R = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{c2} - T_{c1}} = 0 \quad ; \quad S = \frac{T_{c2} - T_{c1}}{T_{h1} - T_{h2}} = 0,6254$$

- Faktor koreksi untuk LMTD (Ft)

Untuk jenis HE, nilai R dan S tertentu, maka nilai Ft dapat diperoleh dari fig. 18, 19, 20, 21, 22, dan 23 (Kern, 1950)

Diperoleh: Ft = 1

- Mean Temperature Difference (MTD)

$$\Delta T_m = Ft \times \Delta T_{lm} = 106,9440 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Luas Total Perpindahan Panas

$$A = \frac{(Q/3600)}{U_d \times \Delta T_m} = 0,5025 \text{ m}^2 = 5,4087 \text{ ft}^2$$

Perancangan Pipa

Spesifikasi Pipa Dalam

Dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut (Kern, 1950 : hal 844) :

Nominal pipe size NPS = 0,25 in



Schedule number	Sch.N. = 40
Diameter luar	OD = 0,54 in = 0,0137 m
Diameter dalam	ID = 0,493 in = 0,0125 m
Floe area	Af = 0,104 in ² = 0,0026 m ²
Inside surface	Ais = 0,095 ft ² /ft = 0,0289 m ² /m
Outside surface	Aos = 0,141 ft ² /ft = 0,0429 m ² /m

Spesifikasi Pipa Luar

Dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut (Kern, 1950 : hal 844) :

Nominal pipe size	NPS = 1,5 in
Schedule number	Sch.N. = 40
Diameter luar	OD = 1,9 in = 0,0483 m
Diameter dalam	ID = 1,61 in = 0,0409 m
Floe area	Af = 2,04 in ² = 0,0518 m ²
Inside surface	Ais = 0,422 ft ² /ft = 0,1286 m ² /m



$$\begin{aligned} \text{Outside surface} \quad A_{os} &= 0,498 \text{ ft}^2/\text{ft} \\ &= 0,1518 \text{ m}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Pipa} \quad L_p &= 20 \text{ ft} \\ &= 6,0959 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang pipa standar : 12 ft , 15 ft, dan 20 ft (Kern, 1950 : hal 103)

Perhitungan jumlah hairpin

$$\text{Luas permukaan perpindahan panas} \quad A_s = L_p \cdot A_{os} \text{ (inner pipe)} = 0,2620 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah hairpin} \quad N_h = A / (2 A_s) = 0,9588$$

$$\text{Dipilih :} \quad N_h = 1$$

Koreksi A dan Ud

$$\text{Luas permukaan} \quad A_{kor} = N_h \cdot (2A_s) = 0,5241 \text{ m}^2$$

$$\text{Overall Coefficient} \quad U_{d.kor} = \frac{(Q/3600)}{A_{kor} \Delta T_m} = 767,058 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Perhitungan Koefisien Transfer Panas

Pipe Side coefficient

Untuk keperluan perancangan, kondensasi steam dapat diperkirakan mempunyai koefisien perpindahan panas sekitar 8000 W/m².K (Coulson and Richardson, 1983 : hal 576)

$$\text{Koefisien transfer panas inside pipe} \quad h_i = 8000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Koefisien transfer panas inside tube dengan dasar diameter luar

$$H_{io} = h_i \cdot ID / OD = 7303,704 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Annulus Side Coefficient



Diameter ekivalen $d_c = \frac{ID_{op}^2 - OD_{ip}^2}{ID_{op}} = 0,0363 \text{ m}$

Luas tampang aliran $Afa = \frac{3,14}{4 \times (d_c)^2} = 0,0010 \text{ m}^2$

Fluks massa aliran di annulus $Ga = \frac{Wc}{Afa} = 20777,12 \text{ kg/jam.m}^2$

Kecepatan linear aliran di annulus $Ua = \frac{Ga}{\rho c} = 1840,997 \text{ m/jam}$
 $= 0,5114 \text{ m/det}$

Bilangan Reynold $Rea = \frac{\rho c \times Ua \times d_c}{\eta c} = 22,0490$

Bilangan Prandtl $Pr a = \frac{cpc \times \eta c}{kc} = 0,0325$

Persamaan umum untuk perancangan axchanger (persamaan Sieder and Tate) :

$$Nu = C Re^{0,8} Pr^{0,33} \left(\frac{\eta}{\eta_w} \right)^{0,14} \quad (\text{Coulson and Richardson, 1983 : hal 537})$$

Dimana : $C = 0,021$ (untuk gas)
 $= 0,023$ (untuk encer)
 $= 0,027$ (untuk cairan kental)

$$\left(\frac{\eta}{\eta_w} \right)^{0,14} = 1 \text{ (untuk gas dan cairan encer)}$$

Sehingga diperoleh : Bilangan Nusselt

$$Nua = 0,0882$$

Koefisien transfer panas annulus side

$$h_o = \frac{Nu_c \times k_c}{d_c} = 1,4818 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Clean overall Coefficient (UC)

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{(h_{io} + h_o)} = 1,4815 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Dirt faktor Minimum

Dari tabel 12.2 (Coulson and Richardson, 1983 : hal 216), diperoleh :

Koefisien Fouling Faktor Steam - Condensate

$$h_{id, \max} = 5000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

sehingga : $R_{di} = \frac{1}{h_{id, \max}} = 0,0002 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

$$R_{dio} = \frac{R_{di} \times OD}{ID} = 0,000219 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Koefisien Fouling Faktor Organics Liquid

$$h_{od, \max} = 5000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_{do} = \frac{1}{h_{od, \max}} = 0,0002 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Minimum Dirt Faktor

$$R_{d, \min} = R_{dio} + R_{do} = 0,00419 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Dirt Faktor Design

$$R_d = \frac{(U_c - U_{d, kor})}{(U_c \times U_{d, kor})} = - 0,6737 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

(Syarat : $R_d \geq R_{d, \min}$, terpenuhi)



Perhitungan Pressure Drop

Pipe Side Pressure Drop

Densitas rata-rata $\rho_m = \frac{\rho_v + \rho_l}{2} = 468,6964 \text{ kg/m}^3$

Fluks massa aliran di annulus $G_p = \frac{Wh}{A_{fp}} = 2,68E+04 \text{ kg/jam.m}^2$

Kecepatan linier aliran di pipa $u_p = \frac{G_p}{\rho_m} = 5,71E+01 \text{ kg/jam}$
 $= 1,59E-02 \text{ ka/detik}$

Bilangan Reynold inside pipe $Re_p = \frac{u_p \times \rho_m \times ID}{\mu_h} = 4,37E+02$

Faktor friksi inside pipe $j_f = \frac{0,0035 + 0,264}{(Re_p)^{0,43}} = 2,28E-02$

Pressure Drop $\Delta P_p = 8 J_f \left(\frac{2N_p L_p}{ID_{ip}} \right) \frac{\rho_h U_p^2}{2} = 2,10E+01 \text{ Pa}$
 $= 3,04E-03 \text{ Psi}$

(Syarat $\Delta P_p = 2 \text{ Psi}$ terpenuhi)

Annulus Side Pressure Drop

Diameter ekivalen untuk pressure drop $d_e = ID_{op} - OD_{ip} = 0,0272 \text{ m}$

Luas tampang aliran $A_{fa} = \frac{3,14}{4 \times (d_e)^2} = 0,00058 \text{ m}^2$

Fluks massa aliran di annulus $G_a = \frac{W_c}{A_{fa}} = 1,22E+05 \text{ kg/jam.m}^2$

Kecepatan linier aliran di annulus $u_a = \frac{G_a}{\rho_c} = 1,08E+04 \text{ m/jam}$
 $= 3,00E+00 \text{ m/det}$



Bilangan Reynold Annulus Side $Re_a = \frac{\rho_c \times U_a \times d_c}{\eta_c} = 9,69E+01$

Faktor friksi Annulus side $J_f = \frac{0,0035 + 0,264}{(Re_p)^{0,43}} = 4,04E-02$

Pressure Drop $\Delta P_p = 8 J_f \left(\frac{2N_h L_p}{ID_p} \right) \frac{\rho_h U_p^2}{2} = 7,38E+03 \text{ Pa}$

$= 1,07E+00 \text{ Psi}$

(Syarat : $\Delta P < 10 \text{ Psi}$, terpenuhi)

