

**PRA RANCANGAN PABRIK *BORIC ACID* DARI *BORAX* DAN ASAM  
SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

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



Oleh :

Nama : Namira Fitriyani

Nama : Wisik Adelina

NIM : 18521041

NIM : 18521062

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

2022

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

### PRA RANCANGAN PABRIK *BORIC ACID* DARI *BORAX* DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Namira Fitriyani  
NIM : 18521041

Nama : Wisik Adelina  
NIM : 18521062

Yogyakarta 8 September 2022

Menyatakan bahwa hasil Pra Rancangan Pabrik ini telah ditulis sesuai dengan kaidah ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian maka kami bersedia bertanggungjawab.

Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Penyusun I,



Namira Fitriyani  
NIM. 18521041

Penyusun II,



Wisik Adelina  
NIM. 18521062

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK *BORIC ACID* DARI *BORAX* DAN ASAM  
SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

## PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Namira Fitriyani

Nama : Wisik Adelina

NIM : 18521041

NIM : 18521062

Yogyakarta, 8 September 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### PRA RANCANGAN PABRIK *BORIC ACID* DARI *BORAX* DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

#### PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Namira Fitriyani  
NIM : 18521041

Nama : Wisik Adelina  
NIM : 18521062

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik  
Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 13 Oktober 2022

Tim Penguji,  
Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.  
Ketua

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.  
Anggota I

Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.  
Anggota II

17/10/2022

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur senantiasa terucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas prarancangan pabrik kimia dengan baik. Sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan oleh Allah SWT kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat, karena dengan syafaatnya kita dapat hijrah dari zaman jahiliyah menuju zaman ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Tugas prarancangan pabrik kimia dengan judul "Prarancangan Pabrik *Boric Acid* dari *Borax* dan Asam Sulfat Kapasitas 60.000 Ton/Tahun" disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama bangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penyusun diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua Orang tua penulis, Bapak Agus Prawirajaya, Ibu Yani Rohaeni dan Bapak Agus Suyanto, Ibu Taryani, serta keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
5. Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Ibu Tintin Mutiara, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

8. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini dengan tulus dan ikhlas.

Demikian laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini kami susun. Penyusun mengharapkan semoga laporan ini dapat diambil manfaatnya sehingga dapat memberikan inspirasi terhadap pembaca dan diri penyusun sendiri. Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 8 September 2022

Penyusun



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
ABSTRAK .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Produksi .....	3
1.3 Tinjauan Pustaka .....	9
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....	14
BAB II PERANCANGAN PRODUK .....	17
2.1 Spesifikasi Produk .....	17
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pembantu .....	18
2.4 Pengendalian Kualitas .....	20
BAB III PERANCANGAN PROSES .....	23
3.1 Diagram Alir Proses dan Material .....	23
3.2 Uraian Proses .....	25
3.3 Spesifikasi Alat .....	28
3.4 Neraca Massa .....	41
3.5 Neraca Panas .....	44
BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....	46
4.1 Lokasi Pabrik .....	46
4.2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....	48
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses ( <i>Machine Layout</i> ) .....	53
4.4 Organisasi Perusahaan .....	56

BAB V UTILITAS.....	75
5.1 Unit penyediaan dan pengolahan air ( <i>Water Treatment System</i> ) .....	75
5.2. Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ) .....	86
5.3. Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ) .....	87
5.4. Unit Penyediaan Udara Tekan ( <i>Instrument Air System</i> ).....	91
5.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	91
5.6. Unit Pengolahan Limbah .....	91
BAB VI EVALUASI EKONOMI .....	94
6.1 Penaksiran Harga.....	96
6.2 Dasar Perhitungan .....	101
6.3 Perhitungan Biaya .....	101
6.4 Analisis Keuntungan .....	105
6.5 Analisis Kelayakan.....	106
6.6 Risiko Pabrik .....	112
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....	114
7.1 Kesimpulan.....	114
7.2 Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA .....	117
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	119
LAMPIRAN A PERHITUNGAN REAKTOR.....	120
LAMPIRAN B PEFD.....	140
LAMPIRAN C KARTU BIMBINGAN.....	141



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data impor <i>Boric acid</i> di Indonesia .....	3
Tabel 1.2 Data Ekspor <i>Boric acid</i> di Indonesia .....	5
Tabel 1.3 Data Konsumsi <i>Boric acid</i> di Indonesia .....	6
Tabel 1.4 Daftar pabrik <i>boric acid</i> yang telah didirikan di dunia.....	8
Tabel 1.5 Perbandingan proses pembuatan <i>boric acid</i> .....	13
Tabel 1.6 Harga $\Delta G_{f,298}$ Masing-masing komponen .....	14
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Mixer</i> .....	29
Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor .....	30
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Crystallizer</i> .....	31
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Centrifuge</i> .....	31
Tabel 3.5 Spesifikasi Rotary Dryer .....	32
Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan .....	33
Tabel 3.7 Spesifikasi Silo.....	34
Tabel 3.8 Spesifikasi Belt Conveyor.....	34
Tabel 3.9 Spesifikasi Bucket Elevator .....	35
Tabel 3.10 Spesifikasi Screw Conveyor .....	35
Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa.....	36
Tabel 3.12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan) .....	37
Tabel 3.13 Spesifikasi Heater 1 .....	38
Tabel 3.14 Spesifikasi Heater 2 .....	39
Tabel 3.15 Spesifikasi Heater 3 .....	40
Tabel 3.16 Neraca massa total .....	41
Tabel 3.17 Neraca massa di Mixer (M-01) .....	42
Tabel 3.18 Neraca massa di Reaktor (R-01) .....	42
Tabel 3.19 Neraca massa di Crystallizer (K-01) .....	43
Tabel 3.20 Neraca massa di Centrifuge (CF-01) .....	43
Tabel 3.21 Neraca massa di Rotary Dryer (RD-01).....	44
Tabel 3.22 Neraca Panas di Heater 1 (HE-01).....	44
Tabel 3.23 Neraca Panas di Mixer (M-01).....	44
Tabel 3.24 Neraca Panas di Heater 2 (HE-02).....	44
Tabel 3.25 Neraca Panas di Reaktor (R-01).....	45
Tabel 3.26 Neraca Panas di Crystallizer (K-01) .....	45
Tabel 3.27 Neraca Panas di Centrifuge (CF-01).....	45
Tabel 3.28 Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-01) .....	45
Tabel 3.29 Neraca Panas di Heater 3 (HE-03).....	45
Tabel 4.1 Jabatan dan keahlian .....	65
Tabel 4.2 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji .....	66
Tabel 4.5 Rincian jumlah karyawan proses .....	70

<i>Tabel 4.6 Jadwal Kerja Shift</i> .....	71
Tabel 4.7 Jadwal kerja karyawan shift.....	71
Tabel 4.7 Jadwal kerja karyawan shift (Lanjutan).....	71
Tabel 5.1 Kebutuhan Domestic Water.....	77
Tabel 5.2 Kebutuhan Service Water.....	78
Tabel 5.3 Kebutuhan Steam.....	78
Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pendingin.....	79
Tabel 5.5 Kebutuhan Air Proses.....	80
Tabel 5.6 Kebutuhan Air.....	80
Tabel 5. 7 Kebutuhan listrik alat proses.....	88
Tabel 5. 8 Kebutuhan listrik alat utilitas.....	89
Tabel 5. 9 Kebutuhan listrik alat penunjang.....	90
Tabel 5. 10 Total Kebutuhan listrik.....	90
Tabel 6.1 Harga Alat Proses.....	98
Tabel 6.2 Harga Alat Utilitas.....	99
Tabel 6.3 Physical Plant Cost (PPC).....	102
Tabel 6.4 Direct Plant Cost (DPC).....	102
Tabel 6.5 Fixed Capital Investment (FCI).....	102
Tabel 6.6 Working Capital Investment (WCI).....	102
Tabel 6.7 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	103
Tabel 6. 8 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	103
Tabel 6. 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	104
Tabel 6. 10 Total Manufacturing Cost.....	104
Tabel 6. 11 General expense.....	105
Tabel 6. 12 Total Production Cost.....	105
Tabel 6.13 Annual Fixed Cost (Fa).....	108
Tabel 6.14 Annual Regulated Expenses (Ra).....	108
Tabel 6.16 Annual Sales Value (Sa).....	109
Tabel 6.17 Risiko Pabrik.....	112
Tabel A-1 Harga $\Delta G_{f,298}$ Masing-masing komponen.....	121

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik impor <i>boric acid</i> di Indonesia.....	4
Gambar 1.2 Grafik Ekspor <i>boric acid</i> di Indonesia .....	5
Gambar 1.3 Grafik Konsumsi <i>boric acid</i> di Indonesia .....	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif .....	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif .....	24
Gambar 4.1 Peta rencana lokasi pabrik <i>Boric Acid</i> kapasitas 60.000 ton/tahun...	46
Gambar 4.2 Tata letak pabrik <i>Boric Acid</i> (Skala 1 : 1000).....	52
Gambar 4.3 Tata letak Mesin (Skala 1 : 200) .....	53
Gambar 4.4 Struktur Organisasi perusahaan.....	58
Gambar 5.1 PEFD Utilitas .....	93
Gambar 6.1 Grafik hubungan antara tahun dengan indeks harga .....	96
Gambar 6.2 Grafik Analisa Kelayakan .....	111



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Reaktor .....	120
Lampiran B PEFD.....	140
Lampiran C Kartu Bimbingan.....	141



## ABSTRAK

*Boric Acid* merupakan bahan yang biasa digunakan dalam industri kimia, farmasi, keramik, *pulp*, kaca dan lain-lain. Saat ini, belum ada pabrik yang memproduksi *Boric Acid* di Indonesia. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan *boric acid* dalam negeri, Indonesia masih bergantung pada kegiatan impor. Berdasarkan data Biro Pusat Statistika, kebutuhan *Boric Acid* di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Oleh karena itu, perlu dibangun pabrik *Boric Acid* dengan bahan baku *Borax* dan Asam Sulfat yang memiliki kapasitas 60.000 ton/tahun di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan luas total 49.152 m<sup>2</sup>. Pabrik ini akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan membutuhkan 100 karyawan. Proses produksi *Boric Acid* ini dilakukan dengan menggunakan proses Reaksi Asidifikasi yaitu dengan cara mereaksikan *Borax* dengan Asam Sulfat. *Borax* yang berbentuk granular diumpankan dari Silo (SL-01) menuju *Mixer* (M-01) untuk dilarutkan dengan air, sehingga terbentuk larutan *Borax*. Larutan *borax* bereaksi dengan Asam Sulfat di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (R-01) yang dioperasikan pada suhu 90 °C dan tekanan 1 atm. Hasil reaksi pada R-01 berupa *Boric acid*, Natrium sulfat, dan air. Larutan *Boric Acid* kemudian akan di kristalkan dalam *Crystallizer* (K-01) lalu di pisahkan dari larutan induknya menggunakan *Centrifuge* (CF-01) agar di dapatkan kristal *Boric Acid* yang lebih murni. Larutan induk hasil keluaran *Centrifuge* akan diolah lebih lanjut di unit pengolahan limbah (UPL). Sedangkan, kristal *Boric Acid* yang diperoleh diumpankan menuju alat *Rotary Dryer* (RD-01) untuk mengurangi kadar air di dalamnya, sehingga diperoleh produk yang sudah kering. Untuk mencapai kapasitas produksi 60.000 ton/tahun dibutuhkan bahan baku *Borax* sebanyak 103.224 ton/tahun dan Asam Sulfat sebanyak 26.017 ton/tahun. Utilitas yang dibutuhkan yaitu air sebesar 815.384 ton/tahun yang diperoleh dari sungai Bengawan Solo serta kebutuhan listrik sebesar 781 kWh yang diperoleh dari PLN. Pabrik ini memerlukan modal tetap sebesar Rp 29.564.166.416.669 dan total biaya produksi sebesar Rp27.506.815.180.228. Pabrik *Boric acid* ini memiliki tingkat resiko rendah (*low risk*) yang dianalisis melalui beberapa parameter. Hasil analisis ekonomi menunjukkan pabrik ini menghasilkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 3.888.405.101.405 dengan *Return On Investment* (ROI) setelah pajak sebesar 13,150%, *Pay Out Time* (POT) setelah pajak 4,3 tahun, *Break Even Point* (BEP) sebesar 52,620%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20,199%, dan *Discounted Cash Flow Return* (DCFR) sebesar 9,168%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik *Boric Acid* ini layak untuk didirikan.

**Kata kunci:** *Boric Acid*, Asam Sulfat, Asidifikasi, plant design

## **ABSTRAC**

*Boric acid is material used for chemical, pharmaceutical, ceramic, pulp, glass and other industries. Currently, there is no industry that produces boric acid in Indonesia. So to fulfill domestic demand for boric acid, Indonesia still relies on imports. Based on data from Statistic Indonesia, boric acid requirement in Indonesia is increasing from year to year. Therefore, it is necessary to build a Boric Acid industry from Borax and Sulfuric Acid with a capacity of 60.000 tons/year in Gresik, East Java with total area of 49.152 m<sup>2</sup>. Boric acid plant will operate 330 days a year and requires 100 employees. The production process of Boric Acid is carried out using the Acidification Reaction proces by reacting Borax with Sulfuric Acid. Granular borax is fed from Silo (SL-01) to Mixer (M-01) to be dissolved with water, so that Borax solution is formed. Borax solution reacts with sulfuric acid in contrinuous stirred tank reactor (R-01) which is operated at temperature of 90 °C and pressure of 1 atm. The reaction products at R-01 are boric acid, sodium sulfate, and water. The Boric Acid solution will be crystallized in Crystallizer (K-01) and then separated from the mothe liquor using Centrifuge (CF-01) in order to obtain purer Boric Acid crystal. The mother liquor produced by Centrifuge will be further processed in the waste treatment unit (UPL). Meanwhile, Boric Acid crystals are fed to the Rotary Dryer (RD-01) to reduce the water contentt, so that a dry product is obtained. The output of the Rotary Dryer (RD-01) will be put into the Ball Mill (BM-01) to be reduced in size, so that the size is obtained in accordance with the product specifications that have been determined. To achieve a production capacity of 60,000 tons/year, raw materials for Borax is 103.224 tons/year and Sulfuric Acid 26.017 tons/year. Utilities needed are 815.384 tons/year of water obtained from Bengawan Solo river and 781 kWh of electricity obtained from PLN. This industry requires a fixed capital is Rp 29.564.166.416.669 and the total production cost is Rp27.506.815.180.228. This Boric acid factory has low risk level which is analyzed through several parameters. The results of the economic analysis show that this industry generates profit after tax is Rp Rp 3.888.405.101.405 with Return On Investment (ROI) after tax is 13,150%, Pay Out Time (POT) after tax 4,3 years, Break Even Point (BEP) is 52,620%, Shut Down Point (SDP) is 20,199%, and Discounted Cash Flow Return (DCFR) is 9,168%. Based on the results of this economic evaluation, it can be concluded that the Boric Acid plant is feasible to establish.*

**Keywords:** Boric Acid, Sulfuric Acid, Acidification, plant design

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses industrialisasi yang disertai dengan kemajuan ilmu dan teknologi yang ada pada era sekarang ini, ditentukan oleh sumber daya alam dan sumber daya manusia yang ada. Indonesia kaya akan berbagai sumber daya alam yang memiliki potensi untuk dikembangkan pada dunia industri. Dengan adanya pembangunan industri menandakan perkembangan serta kemampuan nasional dalam negeri untuk meningkatkan perekonomian serta sebagai solusi masalah ketenagakerjaan. Untuk menuju kemandirian di bidang industri yang berfokus pada bidang kimia maka kebutuhan akan bahan-bahan kimia di dalam negeri perlu dikembangkan. Salah satu bahan kimia yang dibutuhkan di Indonesia yaitu *boric acid*.

*Boric acid* memiliki banyak peran penting dalam industri di Indonesia, antara lain:

a. Industri Kimia

*Boric acid* berfungsi salah satunya sebagai bahan pemutih untuk industri pulp. Selain itu *boric acid* juga digunakan sebagai bahan campuran pembuatan insektisida dan detergen bubuk.

b. Industri Kaca

*Boric acid* paling banyak digunakan pada industri ini, karena merupakan salah satu bahan untuk membuat serat kaca atau *fiber glass*. *Boric acid* dapat mempercepat peleburan dan meningkatkan pencampuran dari bahan-bahan yang digunakan, selain itu *boric acid* juga meningkatkan ketahanan kaca dalam menghadapi guncangan secara termal maupun mekanik.



c. Industri Obat dan Farmasi

Pada industri obat dan farmasi, *boric acid* berfungsi sebagai bahan pembersih, contohnya sebagai antiseptik, desinfektan, dan bahan pembersih wajah atau *micellar water*. Hal ini dikarenakan *boric acid* memiliki sifat bakteriostatik yang dapat menahan pertumbuhan jamur dan bakteri.

d. Industri Keramik

*Boric acid* berfungsi sebagai bahan pelapis untuk barang-barang hasil tembikar seperti keramik, porselen, ubin, dan barang pecah belah lainnya.

e. Industri Elektronik

*Boric acid* pada industri ini dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan kondenser elektronik atau kapasitor. Kapasitor merupakan bagian dari sistem mesin elektronika seperti kulkas, televisi, dan radio.

f. Industri Kulit

*Boric acid* dapat dimanfaatkan selain sebagai bahan di industri kaca, juga dapat digunakan pada industri kulit karena dapat berfungsi meningkatkan kekuatan serat kulit serta sebagai daya tahan warna produk kulit.

Melihat banyaknya fungsi dan manfaat dari *boric acid* dalam dunia industri menyebabkan kebutuhan *boric acid* yang semakin meningkat di dalam negeri. Hal ini juga dipengaruhi oleh adanya dorongan perkembangan industri yang memerlukan *boric acid* sebagai bahan baku maupun bahan penunjang untuk industri kimia. Hingga saat ini kebutuhan *boric acid* masih diimpor dari negara-negara lain seperti Argentina, Turki, Chile, China, dan Peru.



Sehingga dari pertimbangan di atas, berikut ini adalah beberapa alasan dasar pabrik *boric acid* perlu didirikan, yaitu:

1. Dengan berdirinya pabrik *boric acid*, diharapkan dapat mendorong tumbuhnya industri hilir untuk penggunaan *boric acid* sebagai bahan baku maupun bahan penunjang.
2. Mendorong perkembangan industri kimia di Indonesia.
3. Terciptanya lapangan kerja baru, sehingga mengurangi pengangguran.
4. Menghemat devisa negara karena dapat mengurangi impor.

## 1.2 Penentuan Kapasitas Produksi

Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2027. Salah satu hal penting yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik ialah menentukan kapasitasnya. Hal ini berpengaruh bukan hanya pada aspek ekonomis namun secara teknis juga. Pertimbangan-pertimbangan dalam menentukan kapasitas suatu pabrik dapat ditinjau melalui analisis *supply* dan *demand*.

### 1.2.1 Supply

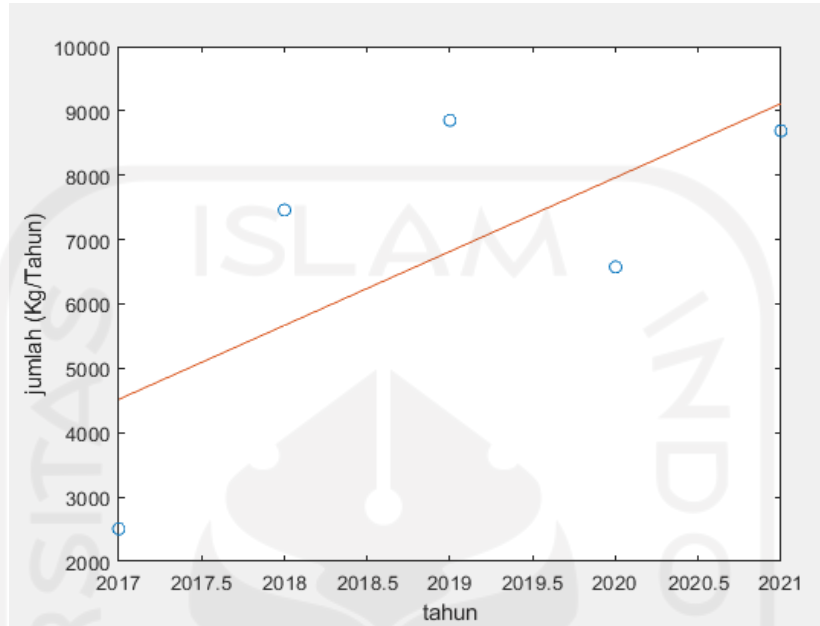
*Supply* atau data pasokan terdiri dari data produksi dalam negeri serta data impor. Data impor diperoleh melalui BPS atau Badan Pusat Statistik, yang dapat dilihat melalui tabel berikut ini.

Tabel 1.1 Data impor *Boric acid* di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
2017	2.505
2018	7.458
2019	8.854
2020	6.574
2021	8.691

Sumber: BPS, 2021.

Berdasarkan data impor pada tabel diatas, dapat kita buat untuk persamaan regresi *linear* menggunakan *software* MATLAB.



Gambar 1.1 Grafik impor *boric acid* di Indonesia

Dilihat dari grafik bahwa kebutuhan *boric acid* di indonesia cenderung meningkat dan proyeksi persamaan regresi *linear* didapatkan persamaan  $y = -2312600 + 1,15 \times 10^3 x$ . Dari persamaan tersebut, nilai  $y$  menunjukkan kebutuhan *boric acid* pada tahun tertentu dalam satuan ton, sedangkan  $x$  merupakan tahun dimana pabrik akan didirikan. Dengan demikian dapat dilakukan perhitungan dan diperoleh nilai kebutuhan impor *Boric Acid* dalam negeri pada tahun 2027 diprediksikan mencapai sebanyak 16.018 ton/tahun.

Sedangkan untuk data produksi *Boric acid* di Indonesia tidak ditemukan, karena belum ada pabrik *Boric acid* yang berdiri, sehingga nilai produksi *borax* adalah nol.

Kemudian, untuk menentukan *supply* dapat digunakan perhitungan sebagai berikut:

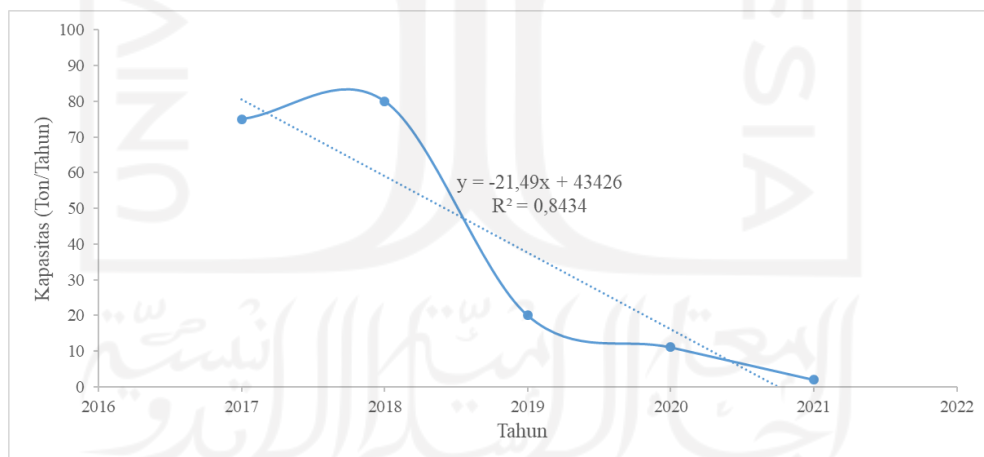
$$\begin{aligned}
 \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\
 &= (16.018 + 0) \text{ ton/ tahun} \\
 &= 16.018 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

### 1.2.2 Demand

*Demand* atau permintaan terdiri dari data konsumsi dalam negeri dan ekspor. Data Ekspor didapatkan dari BPS (Badan Pusat Statistik) seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.2 dibawah ini.

Tabel 1.2 Data Ekspor *Boric acid* di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
2017	75
2018	80
2019	20
2020	11
2021	2



Gambar 1.2 Grafik Ekspor *boric acid* di Indonesia

Berdasarkan data ekspor yang diperoleh dari BPS, dapat dilihat bahwa nilai ekspor *boric acid* di Indonesia mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak stabil tiap tahunnya. Perkiraan ekspor *boric acid* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan regresi *linear*  $y = ax+b$

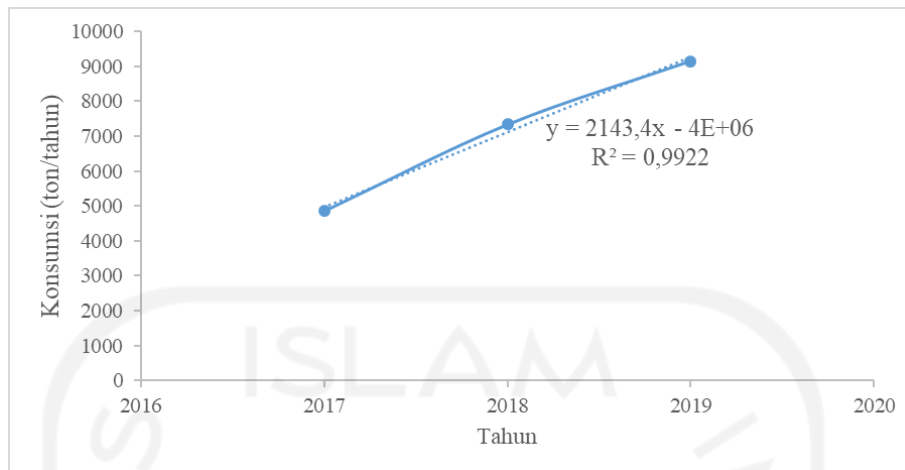
menggunakan *Microsoft Excel*, dimana nilai  $x$  sebagai tahun dan  $y$  sebagai jumlah banyaknya ekspor. Sehingga diperoleh persamaannya yaitu  $y = -21,49x + 43426$  dan diperoleh perkiraan nilai ekspor untuk *boric acid* pada tahun 2027 sebanyak - 135,23 ton/tahun. Mengingat tidak adanya produksi dikarenakan belum adanya pabrik kimia *boric acid* di Indonesia, nilai ekspor yang terdapat pada BPS ini merupakan hasil kegiatan jual beli *boric acid* oleh supplier yang ada di Indonesia dengan memanfaatkan sisa konsumsi yang dijual kembali ke negara lain.

Sementara untuk data konsumsi *Boric Acid* di Indonesia didapatkan dari beberapa perusahaan yang menggunakan *Boric Acid* dalam manufaktur industrinya. Banyaknya *Boric Acid* yang digunakan diperoleh dari perhitungan persen kebutuhan *Boric Acid* dikali dengan kapasitas produksi industri tersebut, persen kebutuhan *Boric Acid* ini di dapatkan dari salah satunya yaitu dari paten *United States of America Patent No. US007608166B2, 2009*.

Berikut adalah Tabel 1.3 yang berisi data konsumsi *boric acid* sebagai bahan campuran atau tambahan di Indonesia.

Tabel 1.3 Data Konsumsi *Boric acid* di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
2017	4.860
2018	7.333
2019	9.147



Gambar 1.3 Grafik Konsumsi *boric acid* di Indonesia

Perkiraan konsumsi *boric acid* di Indonesia pada tahun didirikannya pabrik yaitu tahun 2027 ditentukan dengan menggunakan persamaan  $y = 2143,4x - 4 \times 10^6$  dimana nilai  $x$  berperan sebagai tahun, dan nilai  $y$  sebagai jumlah kebutuhan konsumsi *boric acid*. Sehingga setelah dilakukan perhitungan, diperoleh banyaknya konsumsi *boric acid* pada tahun 2027 di Indonesia ialah sebesar 344.672 ton/tahun. Analisis *Demand* yang di dapatkan dari nilai ekspor dan konsumsi *Boric acid* di Indonesia dapat dilakukan melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\
 &= (-135,23 + 344.672) \text{ ton/tahun} \\
 &= 344.537 \text{ ton/tahun.}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan *boric acid* dalam negeri secara keseluruhan masih mengandalkan impor dari luar negeri, dikarenakan pada saat ini pabrik yang memproduksi *boric acid* di Indonesia belum ada. Berikut ini Tabel 1.4 yang merangkum daftar pabrik *boric acid* yang sudah beroperasi di dunia.

Tabel 1.4 Daftar pabrik *boric acid* yang telah didirikan di dunia

No.	Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Minera santa rita S.R. L	Argentina	36.000
2.	Minera Tierra S.A.	Bolivia	50.000
3.	Quimica e Industrial del Borax L.tda.	Chile	36.000
4.	Liaodong Peninsula	China	20.000
5.	Quimica Oquendo S. A	Peru	12.000
6.	Eti Holding A. S	Turki	100.000

Sumber: *Book of Mineral Industry Surveys*

Penentuan kapasitas pabrik *boric acid* yang akan dirancang kali ini menggunakan pendekatan analisis *supply demand*. Dari nilai yang telah dihitung pada analisis *supply* dan *demand*, kita dapat menentukan nilai kapasitas pabrik yang akan dirancang. Berikut adalah perhitungan nilai peluang kapasitas pabrik menggunakan metode *supply demand*:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (344.537 - 16.018) \text{ ton/tahun} \\ &= 328.519 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Peluang} = 18 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Pabrik} &= \text{Kapasitas} \times \text{Peluang} \\ &= 328.519 \text{ ton/tahun} \times 18\% \\ &= 59.133 \text{ ton/tahun} \\ &\approx 60.000 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, diketahui bahwa peluang kapasitas produksi maksimal dari pabrik *Boric acid* yang akan dibuat ialah 328.519 ton/tahun. Nilai peluang tersebut tidak lantas menjadi kapasitas produksi pabrik, hal ini dikarenakan untuk pabrik yang baru akan dirikan, nilai kapasitas pabrik harus berada dalam

kisaran kapasitas pabrik yang sudah ada dan juga disarankan bisa memenuhi kebutuhan utama dalam negeri. Pada Tabel 1.4 *range* produksi *boric acid* sekitar 12.000 - 100.000 ton/tahun, sehingga dengan mempertimbangkan hal tersebut kapasitas pabrik *Boric Acid* yang akan didirikan pada tahun 2027 di Indonesia adalah 60.000 ton/tahun.

#### **1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku**

Untuk keberlangsungan produksi, ketersediaan bahan baku menjadi faktor yang sangat penting bagi suatu pabrik. Bahan baku untuk mendirikan pabrik *Boric Acid* ini yaitu *Borax* yang diperoleh dari PT. Aneka Kimia Inti dan PT. Dwi Tunggal Mulia Kimia, Surabaya. Selain itu bahan yang digunakan dalam proses pembuatan *Boric Acid* dari *Borax* yaitu Asam Sulfat yang diperoleh dari PT. Petrokimia, Gresik dan bahan penunjang lainnya Natrium Hidroksida diperoleh dari PT. Perdana Mulia Jaya, Surabaya.

### **1.3 Tinjauan Pustaka**

*Boric acid* ( $H_3BO_3$ ) merupakan senyawa kimia berbentuk serbuk halus/bubuk kristal berwarna putih tidak mengkilap, kasar, tidak berbau. (Panjaitan 2010). *Boric acid* memiliki berat molekul 61,83 g/mol dengan titik leleh  $171^{\circ}C$  dan titik didih  $300^{\circ}C$  dimana ia bisa terurai menjadi asam piroborat ( $H_2B_4O_7$ ). (Parbuntari H,dkk. 2018).

*Boric acid* termasuk asam lemah. Senyawa ini mampu larut pada suhu  $25^{\circ}C$  sebanyak 5,8 gr tiap 100 gr air . Secara praktiknya senyawa ini akan terlarut di dalam air mendidih. Namun, ketika senyawa ini dipanaskan pada suhu melebihi

170<sup>0</sup>C maka akan membentuk HBO<sub>2</sub> atau secara komersial disebut asam metaborat (Harahap FS, Lubis LT. 2018).

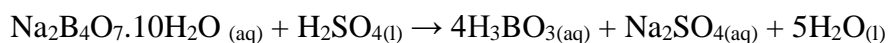
Penggunaan *boric acid* dapat digunakan sebagai pengawet dalam kayu alami, karet, dan kulit. Dalam bidang kesehatan, *boric acid* dapat digunakan sebagai antiseptik, desinfektan, dan *micellar water*. *Boric acid* beracun bagi beberapa serangga dan oleh karena itu dapat digunakan dalam formulasi pengendalian hama dalam insektisida. *Boric acid* adalah sumber boron trioksida (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). (Kirk Othmer, 2000).

### 1.3.1 Proses Pembuatan *Boric acid*

Berdasarkan literatur dari Paten US No.4156654, Paten US No. 2104009, Jurnal ilmiah, dan buku Kirk and Othmer, 1964 didapatkan 2 proses untuk pengolahan *boric acid* dengan bahan dasar *borax*, yaitu proses Asidifikasi dan Ekstraksi Cair-cair.

#### a. Asidifikasi

Proses Asidifikasi merupakan suatu proses pengasaman bahan dengan menambahkan asam konjugasinya. Dalam pembuatan *Boric acid* yang berbahan dasar *borax* diperlukan bahan tambahan berupa asam. Bahan asam yang digunakan pada pembuatan *boric acid* kali ini yaitu asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sehingga didapatkan reaksi pembentukan *boric acid* sebagai berikut:



Pada reaksi tersebut *Boric acid* dibuat pada reaktor dengan mereaksikan *borax* dan larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan ketentuan 1 mol *borax* akan direaksikan dengan 0,98 mol asam sulfat.



Berdasarkan paten US No.4156654 dalam pembuatan *boric acid* menggunakan *mixer* dengan perbandingan bahan yaitu 1 mol granular *borax* dan 5 mol air, kemudian setelah larutan *borax* tersebut terbentuk maka langkah selanjutnya yaitu mereaksikan larutan *borax* dengan asam sulfat dalam reaktor. Perbandingan bahan antara asam sulfat dengan *borax* yaitu setiap 0,98 mol asam sulfat direaksikan dengan 1 mol *borax*. Lama proses kurang lebih 1 jam dengan suhu 90°C - 150°C untuk mengurangi produk samping yang terbentuk dan kondisi operasi di *setting* pada tekanan 1 atm.

Larutan yang sudah terbentuk akan keluar dari reaktor kemudian akan masuk kedalam *crystallizer* untuk didapatkan padatan kristal *Boric acid*. Kristal *boric acid* yang didapatkan belum sepenuhnya murni, masih terdapat sisa larutan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) hasil reaksi asidifikasi sehingga perlu dipisahkan menggunakan alat *centrifuge*. Kemudian langkah terakhir dalam pembuatan *boric acid* ialah mengeringkannya dengan menggunakan alat *rotary dryer* hingga kadar air dibawah 20%, sehingga didapatkan kristal *boric acid*.

b. Ekstraksi Cair-cair

Berdasarkan literatur yang didapatkan dari Jurnal ilmiah dan Buku Kirk-Orthmer, 1964, menyatakan bahwa telah dilakukan operasi pembuatan *boric acid* yang dibuat melalui proses ekstraksi cair-cair atau ekstraksi *brine* di Searles Lake, Trona, California yang merupakan pengembangan dari *Potash & Chemical Corp* pada tahun 1960-an.

Pada proses pembuatan *boric acid* ini, *Brine* atau air garam yang mengandung sodium dan potassium boraks menjadi bahan baku utama dalam

proses ini. Untuk mengambil borat yang terkandung di dalam *brine*, maka dilakukan ekstraksi dengan larutan kerosin dari agen *chelating* yaitu 2 etil-1,3 heksanediol, setelah didapatkan borat yang merupakan fase ringan, kemudian dimasukkan kedalam *stripper*. Sedangkan untuk fase berat atau *sludge* dibuang menjadi limbah. Pada saat hasil produk ringan di dalam *stripper*, ditambahkan asam sulfat untuk memperoleh borat dari chelate. Kemudian keluaran dari *stripper* terdapat hasil atas berupa kerosin dan agen *chelating* yang dapat digunakan kembali pada ekstraktor, sedangkan produk bawah *stripper* adalah senyawa sulfat dan *boric acid*. Pengolahan produk bawah ini selanjutnya melalui kolom yang terdapat karbon aktif untuk memurnikan *boric acid* dari senyawa sulfat yang menyertai, setelah diperoleh *boric acid* yang diinginkan selanjutnya larutan *boric acid* dimasukkan kedalam *evaporator* untuk didapatkan *boric acid* yang pekat. Langkah terakhir yaitu memasukkan *boric acid* keluaran *evaporator* kedalam *crystallizer* sehingga didapatkan *boric acid* dalam bentuk kristal.

Dari kedua proses pembuatan *boric acid* tersebut dipertimbangkan kembali untuk memilih salah satu proses yang paling efektif dan efisien untuk mengolah *boric acid* dari *borax*, berikut ini adalah tabel perbandingan dari kedua proses tersebut:

Tabel 1.5 Perbandingan proses pembuatan *boric acid*

No.	Perbedaan	Asidifikasi	Ekstraksi Cair-cair
1.	Pemurnian bahan baku	Tidak memerlukan proses pemurnian bahan baku	Memerlukan proses Pemurnian bahan baku <i>brine</i>
2.	Bahan Baku dan Bahan Pembantu tambahan	<i>Borax</i> ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	<i>Borax</i> ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) Agen <i>chelating</i> ( $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_2$ ) Kerosin Karbon Aktif
3.	Tahapan Proses	Asidifikasi, Kristalisasi, Pengeringan.	Ekstraksi, Stripping, Pemurnian, <i>Evaporating</i> , Kristalisasi.
4.	Temperatur	90-150 <sup>0</sup> C	50-80 <sup>0</sup> C
5.	Tekanan	1 atm	5-9 mPa
6.	Fasa	Padat-Cair-Padat	Padat-Cair-Padat
7.	Kondisi operasi	Eksotermis	Eksotermis
8.	Tingkat Kemurnian	99%	98%
9.	Lama Proses	± 60 menit	120 menit
10.	Alat yang digunakan	Mixer, Reaktor, <i>crystalizer</i> , centrifuge, <i>rotary dryer</i> .	Ekstraktor, <i>Stripper</i> , Kolom karbon aktif, <i>Evaporator</i> , <i>crystalizer</i> , <i>rotary dryer</i> .
11.	Jenis Reaktor	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)	-
12.	Limbah dan Hasil Samping	Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), tidak ada limbah	Limbah berupa Lumpur/ <i>Sludge</i>

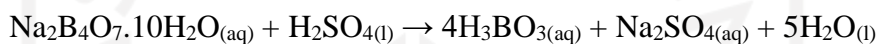
Dapat dilihat dalam Tabel 1.5 diatas, berdasarkan pertimbangan dari pemurnian bahan baku, bahan tambahan, kondisi operasi, dan tahapan proses, untuk proses paling efektif dan efisien dalam pembuatan *boric acid* dengan bahan dasar *borax* dan asam sulfat dipilih proses Asidifikasi.

## 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Berdasarkan proses yang dipilih untuk membuat *Boric acid* dari *Borax* yaitu proses Asidifikasi, maka untuk tinjauan termodinamika dan kinetika dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

### 1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Berikut ini adalah reaksi Asidifikasi pembuatan *Boric acid* dari *Borax*:



Apabila ditinjau dari segi termodinamika, harga  $\Delta G_{f,298}$  masing-masing komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada tabel 1.6 dibawah ini:

Tabel 1.6 Harga  $\Delta G_{f,298}$  Masing-masing komponen

Komponen	Harga $\Delta G_{f,298}$ (kJ/mol)	Harga $\Delta H_{f,298}$ (kJ/mol)
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-5.516,000	-3.291,100
$\text{H}_2\text{SO}_4$	-744,530	-813,989
$\text{H}_3\text{BO}_3$	-968,520	-1.094,022
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	-1.268,360	-1.389,510
$\text{H}_2\text{O}$	-237,129	-285,830

Sumber: Perry, 1997

$$\Delta H_{f,298} = \Sigma H_f \text{ produk} - \Sigma H_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_{r,298}^0 = (4 \times \Delta H_{r,298}^0 \text{H}_3\text{BO}_3 + \Delta H_{r,298}^0 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 5 \times \Delta H_{r,298}^0 \text{H}_2\text{O}) -$$

$$(\Delta H_{r,298}^0 \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \Delta H_{r,298}^0 \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$= ((4 \times (-1094,022)) + (-1389,510) + (5 \times (-285,830))) - ((-3291,1) + (-813,989))$$

$$= -3089,659 \text{ kJ/mol}$$

$$= -3.089.659 \text{ kJ/kmol}$$

Didapatkan nilai  $\Delta H_r^0$  yang bernilai negatif, secara teoritis hal ini menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi dalam kondisi eksotermis.

$$\begin{aligned}
\Delta G_{f,298} &= \Delta G_{f,298} \text{ produk} - \Delta G_{f,298} \text{ reaktan} \\
&= (4 \times \Delta G_{f,298} \text{ H}_3\text{BO}_3 + \Delta G_{f,298} \text{ Na}_2\text{SO}_4 + 5 \times \Delta G_{f,298} \text{ H}_2\text{O}) - \\
&\quad (\Delta G_{f,298} \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \Delta G_{f,298} \text{ H}_2\text{SO}_4) \\
&= ((4 \times (-968,520)) + (-1268,360) + (5 \times (-237,129))) - ((-5516,000) + (- \\
&\quad 744,53)) \\
&= -67,555 \text{ kJ/mol} \\
&= -67.555 \text{ kJ/kmol}
\end{aligned}$$

Didapatkan nilai  $\Delta G_f$  yang bernilai negatif, secara teoritis hal ini menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi secara spontan.

$$\begin{aligned}
\ln K_o &= \frac{-\Delta G_{f,29}}{RT} && \text{(Smith Van Ness, 1997)} \\
&= \frac{-(-67555 \text{ kJ/kmol})}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \times 298,5 \text{ K}} \\
&= 27
\end{aligned}$$

$$K_o = 6,636 \times 10^{11} \text{ kJ/kmol}$$

$$\ln \frac{K}{K_o} = \frac{-\Delta H_{f,298}}{R} \times \frac{1}{T} \times \frac{1}{T_o}$$

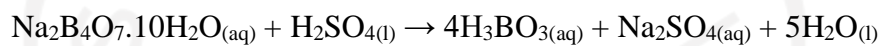
$$\begin{aligned}
\ln K &= K_o \frac{-\Delta H_{f,298}}{R} \times \frac{1}{T} \times \frac{1}{T_o} \\
&= 6,636 \times 10^{11} \text{ kJ/kmol} \times \frac{-(-3089659 \text{ kJ/kmol})}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}} \times \frac{1}{363,15\text{K}} \times \frac{1}{300\text{K}}
\end{aligned}$$

$$\ln K = 6,305 \times 10^{10}$$

Karena harga K yang besar dapat disimpulkan bahwa pada proses pembentukan *boric acid* merupakan reaksi *irreversible* atau reaksi yang tidak dapat balik.

### 1.4.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi *Borax* ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dengan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) akan menghasilkan *Boric acid* ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dan hasil samping berupa Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) serta Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), berikut adalah reaksi yang terjadi, reaksi ini disebut dengan proses asidifikasi:



Dengan huruf A sebagai bahan baku yaitu *Borax*, B sebagai Asam Sulfat, C Sebagai produk yaitu *Boric acid*, D produk samping berupa Natrium Sulfat, dan E sebagai Air. Reaksi diatas merupakan reaksi orde 2, sehingga secara kinetika persamaan kecepatan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:

$$-r_A = kC_A C_B \quad (\text{Fogler, 2006})$$

Nilai K dapat diperoleh melalui perhitungan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

$$k = A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right)$$

Dimana,

k : Konstanta kecepatan reaksi

A : faktor frekuensi (L/mol.s)

E<sub>a</sub> : energi aktivasi (J/mol)

R : konstanta gas (8,314 J/mol.K)

T : Suhu (K)

Berdasarkan data yang diperoleh dari jurnal pembentukan *boric acid* oleh Canan Kum, et. Al., 1994, didapatkan nilai kinetika reaksi yaitu 25,637 L/mol.s.

## **BAB II**

### **PERANCANGAN PRODUK**

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan pada perancangan pabrik ini, mekanisme pembuatan *Boric acid* dirancang berdasarkan variabel utama yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu, dan pengendalian kualitas yang dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

#### **2.1 Spesifikasi Produk**

##### **2.1.1 *Boric acid* (Produk Utama)**

Nama Senyawa	: <i>Boric acid</i> /Asam Borat
Rumus Kimia	: $H_3BO_3$
Bentuk	: Padatan Kristal
Warna	: Putih
Berat Molekul	: 61,83 g/mol
Kemurnian	: 98,4% dengan impuritas $H_2O$ 1,6%
Densitas	: 1,904 g/ml pada suhu $30^{\circ}C$
Titik Didih	: $300^{\circ}C$
Titik Leleh	: $169^{\circ}C$
Kelarutan	: Larut di air (3,86 gr/100 gr $H_2O$ ( $30^{\circ}C$ ))

##### **2.1.2 Natrium Sulfat (Produk Samping)**

Nama Senyawa	: Natrium Sulfat
Rumus Kimia	: $Na_2SO_4$
Bentuk	: Padatan kristal
Warna	: Putih

Berat Molekul	: 142,04 g/mol
Kemurnian	: 99%, dengan impuritas H <sub>2</sub> O 1%
Densitas	: 2,472 g/ml pada suhu 30 <sup>0</sup> C
Titik Didih	: 1700 <sup>0</sup> C
Titik Leleh	: 884 <sup>0</sup> C
Kelarutan	: Larut di air (50,32 gr/100 gr H <sub>2</sub> O (30 <sup>0</sup> C))

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pembantu

### 2.2.1 Borax

Nama Senyawa	: <i>Borax</i> / Boraks	
Rumus Kimia	: Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	
Bentuk	: Kristal	
Warna	: Putih	
Berat Molekul	: 381,36 g/mol	
Kemurnian	: 99,5% <i>Borax</i>	
Impuritas	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: 0,3%
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: 0,12 %
	NaCl	: 0,05 %
	Fe	: 0,03 %
Densitas	: 1,769 g/ml pada suhu 30 <sup>0</sup> C	
Titik Didih	: 320 <sup>0</sup> C	
Titik Leleh	: 75 <sup>0</sup> C	
Kelarutan	: Larut di air (7,870 gr/100 gr H <sub>2</sub> O (30 <sup>0</sup> C))	



### 2.2.2 Asam Sulfat

Nama Senyawa	: Asam Sulfat
Rumus Kimia	: $\text{H}_2\text{SO}_4$
Bentuk	: Cair
Warna	: Bening
Berat Molekul	: 98,08 g/mol
Kemurnian	: 96% Asam Sulfat, 4% air
Densitas	: 1,835 g/ml
Titik Didih	: $288^\circ\text{C}$
Titik Leleh	: $10^\circ\text{C}$
Kelarutan	: Larut pada air dengan suhu $20^\circ\text{C}$ dan larut pada etanol.

## **2.4 Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas atau *Quality Control* pada rancangan pabrik *boric acid* yang akan dibangun ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku dan pengendalian proses kualitas produk. Pengendalian proses diperlukan agar supaya tetap menjaga dan memperoleh produk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan, sehingga produksi yang dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian.

### **2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Tujuan adanya pengendalian kualitas bahan baku yaitu untuk mengetahui bagaimana kualitas bahan untuk membuat produk yang diinginkan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan untuk proses. Sehingga, perlu dilakukan pengecekan terkait pengujian kualitas bahan baku yaitu *borax* dan asam sulfat.

### **2.4.2 Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas produk memiliki tujuan agar didapatkan kualitas dari produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan serta hasil produk tetap terjaga dengan baik. Adapun bahan yang perlu diawasi yaitu mutu dari bahan baku, bahan tambahan/pembantu, produk samping, serta produk utama. Pengawasan mutu produk ini dilakukan dengan menggunakan alat kontrol serta analisis laboratorium. Terdapat *control room* yang berfungsi sebagai pusat kendali untuk mengawasi seluruh kegiatan proses produksi. Pada ruang kendali atau *control room* terdapat kontrol otomatis menggunakan indikator seperti lampu untuk memantau beberapa kondisi operasi seperti *Level Controller*, *Flow Rate Controller*,

*Temperature Controller, dan Weight Controller.* Dengan adanya *control room* ini dapat dipantau apabila suatu proses berjalan dengan baik atau tidak, apabila terjadi suatu proses yang tidak sesuai maka dapat diketahui dengan tanda yang muncul seperti nyala lampu berbeda maupun suara alarm, sehingga bisa dengan cepat di tangani sesuai dengan spesifikasi proses yang sudah ditetapkan.

Berikut ini adalah alat kontrol dan indikator yang digunakan untuk memantau proses produksi agar supaya berjalan dengan baik dan benar, diantaranya:

**a. *Level Controller (LC)***

*Level Controller* merupakan suatu alat kontrol yang digunakan untuk menjaga ketinggian cairan pada suatu alat proses, biasanya alat kontrol ini dipasang pada bagian dinding tangki. Alat kontrol ini akan memberikan tanda atau isyarat berupa nyala lampu dan bunyi alarm apabila terjadi penyimpangan karena ketinggian cairan berbeda dengan yang sudah ditentukan. Dengan memanfaatkan sinyal elektrik yang akan diteruskan menuju *level controller* dan mengirim udara tekan melalui sinyal *pneumatic* yang akan diteruskan untuk menggerakkan *valve*.

**b. *Flow Rate Controller (FC)***

*Flow Rate Controller* merupakan suatu alat kontrol yang memiliki tujuan untuk mengatur besarnya aliran fluida dalam suatu pipa, baik aliran keluar maupun aliran yang masuk. Konsep alat ini mirip dengan *level controller*, apabila terjadi penyimpangan yang terjadi pada proses, maka dengan memanfaatkan sinyal elektrik yang akan diteruskan menuju *level controller* dan mengirim

udara tekan melalui sinyal *pneumatic* yang akan diteruskan untuk menggerakkan *valve* dan penyimpangan yang terjadi bisa teratasi.

**c. *Temperature Controller (TC)***

Merupakan sebuah alat kontrol yang mampu mengontrol suhu pada alat proses. Dengan adanya *Temperature Controller (TC)* dapat mencegah permasalahan ketika suhu yang digunakan belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan sesuai set poin. Jika terjadi suatu masalah, alat ini akan memberikan sinyal berupa isyarat suara atau nyala lampu.

**d. *Level Indicator (LI)***

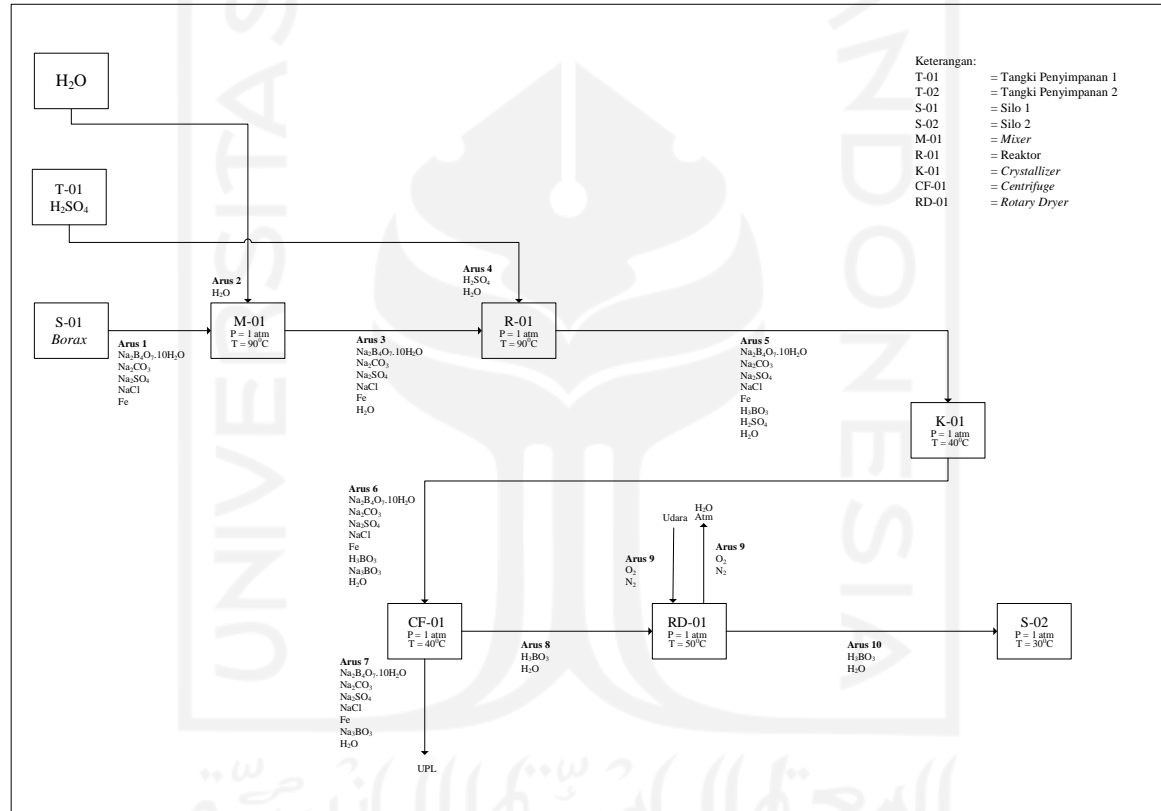
Merupakan alat yang dapat digunakan untuk menunjukkan besarnya ketinggian suatu sistem. Prinsip kerja dari alat ini yaitu memberikan informasi terkait ketinggian dengan bantuan *probe* sensor. Sensor ini akan mengirimkan informasi apabila terjadi pengurangan maupun penambahan ketinggian cairan pada tangki.

**e. *Weight Indicator (WI)***

Merupakan alat yang dapat digunakan untuk menunjukkan besarnya berat suatu sistem. Prinsip kerja dari alat ini yaitu memberikan informasi terkait perubahan beban dengan bantuan Sensor *Load Cell* diletakkan ditengah agar alat dapat menimbang secara baik. Pada saat alat mendeteksi adanya beban, maka secara otomatis sensor akan membaca dan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler yang kemudian berat buah tersebut ditampilkan oleh LCD pada *Weight Indicator*.

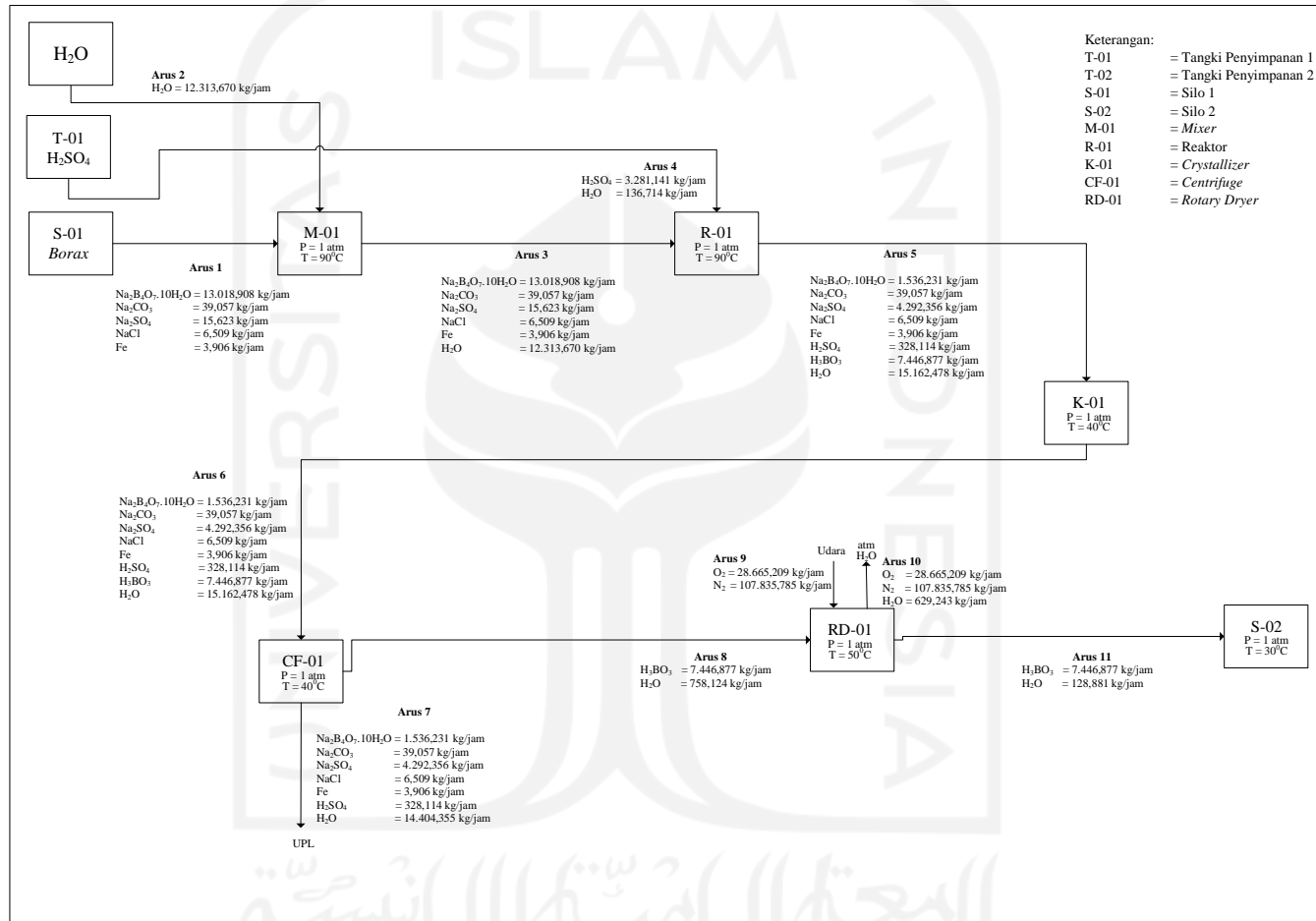
## BAB III PERANCANGAN PROSES

### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

### 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

### 3.2 Uraian Proses

Dalam proses pembuatan *Boric acid* dengan menggunakan bahan baku *Borax* dan Asam sulfat secara keseluruhan proses yang terjadi dapat di bagi menjadi 4 tahapan, yaitu:

1. Persiapan bahan baku dan bahan pembantu
2. Proses Reaksi
3. Proses Pemurnian
4. Proses Pengolahan Produk Samping

#### 3.2.1 Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pembantu

1. *Borax* ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Bahan Baku *Borax* 99,5% yang masih berbentuk kristal putih disimpan dalam silo 1, kemudian dipindahkan menggunakan *screw conveyor* menuju *mixer* dengan bantuan *bucket elevator* untuk dilarutkan. Pelarut yang digunakan berupa air yang didapatkan dari unit utilitas menggunakan pompa. Kondisi di dalam *mixer* atmosferis dengan suhu  $90^\circ\text{C}$ . Setelah terbentuk larutan *borax*, akan dialirkan dengan bantuan pompa menuju reaktor untuk proses reaksi asidifikasi.

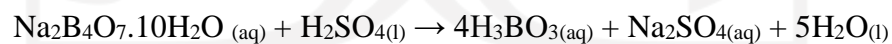
2. Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Asam sulfat 96% berbentuk cair disimpan di tangki penyimpanan 1 dengan kondisi atmosferis yaitu tekanan 1 atm dan suhu  $30^\circ\text{C}$ . Asam sulfat dalam tangki akan dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *Heater* 1 hingga suhunya sesuai dengan suhu operasi pada reaktor yaitu  $90^\circ\text{C}$ . Sehingga asam sulfat siap digunakan untuk proses reaksi asidifikasi dalam reaktor.

### 3.2.2 Proses Reaksi

#### 1. Proses Reaksi Asidifikasi

Setelah bahan baku siap digunakan, kemudian masuk ke proses reaksi asidifikasi yang terjadi dalam reaktor. Reaktor yang dipakai ialah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Kondisi operasi di dalam reaktor pada pencampuran larutan *borax* dan asam sulfat dengan menggunakan suhu 90<sup>0</sup>C dan tekanan 1 atm. RATB yang digunakan memiliki jaket pendingin dikarenakan reaksi asidifikasi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis atau menghasilkan panas. Setelah 2,7 jam proses dalam reaktor berlangsung, hasil keluaran reaktor berupa produk yaitu *Boric acid* (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), Natrium Sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dan air H<sub>2</sub>O. Dari hasil produk ini belum sepenuhnya didapatkan *Boric acid* yang murni sehingga harus melalui beberapa tahap agar didapatkan *Boric acid* yang memiliki kemurnian tinggi. Berikut adalah reaksi pembentukan *boric acid* dari *borax* dan asam sulfat yang terjadi di dalam reaktor:



### 3.2.3 Proses Pemurnian

#### 1. Proses Kristalisasi

Produk keluaran Reaktor dipompa menuju *crystallizer* untuk proses kristalisasi *boric acid*, sehingga didapatkan kristal *boric acid*. Kondisi operasi dalam *crystallizer* ini atmosferis dengan suhu masuk yaitu 90<sup>0</sup>C dan suhu keluaran *crystallizer* ialah 40<sup>0</sup>C.



Pada keluaran *crystallizer*, padatan boric acid dan larutan induknya yang masih berbentuk *slurry* akan ditransportasikan menggunakan pompa sentrifugal. Hal ini didasari karena pompa sentrifugal masih dapat mentransportasikan larutan *slurry* dengan jumlah padatan tidak lebih dari 50% dari jumlah larutannya. Selain itu, ukuran padatan yang terbentuk tidak boleh lebih dari 14 mesh (Walas, 1990).

## 2. Proses Pemisahan Kristal dari Larutan Induk

Kristal yang terbentuk sebelumnya harus dipisahkan terlebih dahulu dari larutan induknya menggunakan *centrifuge*. Pemisahan menggunakan *centrifuge* ini menggunakan prinsip pemisahan berdasarkan ukuran partikel maupun rapat masa molekul, *centrifuge* akan berputar secara cepat dan zat/partikel yang lebih berat akan terkumpul dibawah. *Centrifuge* beroperasi pada kondisi suhu 40<sup>0</sup>C dengan tekanan 1 atm. Larutan induk yang telah terpisahkan dari kristal akan di alirkan menuju UPL untuk dilakukan tindakan lebih lanjut. Sedangkan kristal *boric acid* yang terpisahkan akan dimasukkan ke dalam *rotary dryer* dengan menggunakan bantuan *belt conveyor*.

## 3. Proses Pengeringan

Hasil keluaran *centrifuge* berupa kristal *boric acid* yang dialirkan menggunakan *belt conveyor* dimasukkan ke dalam *rotary dryer* untuk dilakukan proses pengeringan. Di dalam *rotary dryer*, kristal *boric acid* akan diputar dan dikeringkan menggunakan udara panas kering yang dihasilkan dari *Heater 4* dengan aliran secara *co-current*. Pada *rotary dryer*

kondisi operasi terjadi pada suhu 50°C tekanan 1 atm. Kristal *Boric acid* keluaran *rotary dryer* yang telah kering akan di umpankan menuju tangki penyimpanan.

### 3.2.4 Proses Pengolahan Produk Samping

Hasil keluaran *centrifuge* berupa larutan induk sisa pemisahan dari *boric acid* akan masuk kedalam Unit Pengolahan Limbah (UPL). Larutan induk ini masih memiliki kandungan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 24%, larutan ini nantinya akan dijual kembali ke pabrik yang berada di sekitar wilayah Jawa Timur diantaranya:

- a) PT. Sumber Bersih Dunia
- b) PT. Surabaya Agung Industri *Pulp & Kertas* Driyorejo
- c) PT. Bintang Pramesti Utama
- d) PT. Novapharin *Pharmaceutical Industries*

### 3.3 Spesifikasi Alat

Alat proses yang digunakan pada prarancangan pabrik *boric acid* dengan kapasitas 60.000 ton/tahun terdiri dari alat besar utama dan alat-alat pendukung proses. Alat besar utama untuk memproses terdiri dari 8 alat besar yaitu *Mixer*, Reaktor, *Crystallizer*, *Centrifuge*, *Rotary Dryer*. Sedangkan untuk alat pendukung seperti *Heater*, Pompa dan alat transportasi lainnya.

### 3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

#### 1. Mixer

Tabel 3.1 Spesifikasi Mixer

<b>IDENTIFIKASI</b>	
Kode	: M-01
Nama	: <i>Mixer</i>
Jenis	: Tangki silinder vertikal
Material	: <i>Stainless steel SA-167 grade 11 type 316</i>
Fungsi	: Melarutkan <i>borax</i> ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 99,5% menggunakan air ( $\text{H}_2\text{O}$ )
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi (atm)	: 1
b. Takanan Desain (atm)	: 1,352
c. <i>Temperature</i> Operasi ( $^{\circ}\text{C}$ )	: 90
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter <i>Mixer</i> (m)	: 3,048
b. Tinggi <i>Mixer</i> (m)	: 5,081
c. Tinggi Cairan (m)	: 3,245
d. Volume ( $\text{m}^3$ )	: 23,283
<b>Shell</b>	
a. Diamater Dalam (m)	: 2,999
b. Tinggi (m)	: 3,918
c. Tebal (in)	: 0,250
<b>Head</b>	
a. Jenis	: <i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>
b. Tinggi (m)	: 1,164
c. Tebal (in)	: 0,250
<b>Pengaduk</b>	
a. Jenis	: <i>Turbin with 6 flat blade</i>
b. Jumlah <i>Impeller</i> (buah)	: 1
c. Diameter (m)	: 1,000
d. Lebar (m)	: 0,200
e. Jarak Pengaduk (m)	: 1,300
f. Jumlah <i>Baffle</i> (buah)	: 4
g. Lebar <i>Baffle</i> (m)	: 0,170
h. Kecepatan pengadukan (rpm)	: 280,704
i. Power Motor (HP)	: 30
<b>Harga (\$)</b>	<b>: 1.168.600</b>

## 2. Reaktor

Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor

<b>IDENTIFIKASI</b>	
Kode	: R-01
Nama	: Reaktor
Jenis	: Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB)
Material	: <i>Stainless steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Fungsi	: Meraksikan <i>borax</i> ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dengan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) menjadi <i>Boric acid</i> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), Natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ )
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi (atm)	: 1
b. Takanan Desain (atm)	: 2,176
c. <i>Temperature</i> Operasi ( $^{\circ}\text{C}$ )	: 90
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter Reaktor (m)	: 4,072
b. Tinggi Reaktor (m)	: 7,860
c. Tinggi Cairan (m)	: 5,042
d. Volume ( $\text{m}^3$ )	: 80,396
<b>Shell</b>	
a. Diamater (m)	: 4,059
b. Tinggi (m)	: 6,088
c. Tebal (in)	: 0,250
<b>Head</b>	
a. Jenis	: <i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>
b. Tinggi (m)	: 0,886
c. Tebal (in)	: 0,250
d. Volume <i>Head</i> ( $\text{m}^3$ )	: 0,825
<b>Pengaduk</b>	
a. Jenis	: <i>Turbin with 6 flat blades</i>
b. Jumlah <i>Impeller</i> (buah)	: 1
c. Diameter (m)	: 1,353
d. Lebar (m)	: 0,271
e. Tinggi jarak pengaduk (m)	: 1,759
f. Jumlah <i>Baffle</i> (buah)	: 4
g. Lebar <i>Baffle</i> (m)	: 0,230
h. Kecepatan pengadukan (rpm)	: 59,738
i. Power Motor (HP)	: 1,5
<b>Jaket Pendingin</b>	
a. Diameter dalam (m)	: 4,072
b. Diameter luar (m)	: 4,580
c. Tinggi (m)	: 6,088
d. Tebal (in)	: 0,500
e. Beban (kJ/jam)	: 3.992.409,227
<b>Harga (\$)</b>	<b>: 574.100</b>

### 3. Crystallizer

Tabel 3.3 Spesifikasi *Crystallizer*

<b>IDENTIFIKASI</b>	
Kode	: CR-01
Nama	: <i>Crystallizer</i>
Jenis	: <i>Swenson Walker Crystallizer</i>
Material	: <i>Stainless steel SA-240 grade C type 347</i>
Fungsi	: Mengkristalkan larutan <i>Boric acid</i> ( $H_3BO_3$ ) menjadi kristal <i>Boric acid</i> ( $H_3BO_3$ )
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi (atm)	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi ( $^{\circ}C$ )	: 90 (in), 40 (out)
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Tinggi <i>Crystallizer</i> (m)	: 0,660
b. Panjang <i>Crystallizer</i> (m)	: 3,050
c. Lebar <i>Crystallizer</i> (m)	: 0,609
d. Volume ( $m^3$ )	: 17,015
e. Kecepatan putar (rpm)	: 10
f. Power Motor (HP)	: 0,500
<b>Harga (\$)</b>	<b>: 437.200</b>

### 4. Centrifuge

Tabel 3.4 Spesifikasi *Centrifuge*

<b>IDENTIFIKASI</b>	
Kode	: CF-01
Nama	: <i>Centrifuge</i>
Jenis	: <i>Helical Conveyor</i>
Jenis rotor	: <i>Scroll Discharge</i>
Material	: <i>Stainless steel SA-299 grade 3 type 302</i>
Fungsi	: Memisahkan kristal <i>Boric acid</i> ( $H_3BO_3$ ) dengan larutan induknya
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi (atm)	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi ( $^{\circ}C$ )	: 40
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter <i>bowl</i> (m)	: 0,762
b. Kapasitas <i>Centrifuge</i> (kg/jam)	: 28.816
c. Panjang <i>Centrifuge</i> (m)	: 2,134
d. Kecepatan putaran (rpm)	: 2700
e. Daya Motor (HP)	: 200
<b>Harga (\$)</b>	<b>: 195.000</b>

## 5. Rotary Dryer

Tabel 3.5 Spesifikasi *Rotary Dryer*

<b>IDENTIFIKASI</b>	
Kode	: RD-01
Nama	: <i>Rotary Dryer</i>
Material	: <i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Fungsi	: Mengurangi kadar air (H <sub>2</sub> O) pada hasil padatan <i>Boric acid</i> (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )
<b>Kondisi operasi</b>	
a. Tekanan Operasi (atm)	: 1
b. <i>Temperature</i> Operasi (°C)	: 40 (in), 50 (out)
<b>Spesifikasi Alat</b>	
a. Diameter <i>Rotary Dryer</i> (m)	: 2,527
b. Panjang (m)	: 10,110
c. Tebal <i>Shell</i> (in)	: 0,250
d. Volume (m <sup>3</sup> )	: 50,690
e. Kecepatan Putar (rpm)	: 3,402
f. Kemiringan (m/m)	: 0,400
g. Power (HP)	: 3
<b>. Harga (\$)</b>	<b>: 114.700</b>

### 3.3.2 Spesifikasi Alat Operasi Pendukung

#### 1. Alat Penyimpanan Bahan

##### 1) Tangki

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

<b>Parameter</b>	<b>T-01</b>
Fungsi	Penyimpanan Bahan Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
Jenis	Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-240 type 316</i>
Lama penyimpanan	14 hari
<b>Kondisi Operasi</b>	
Suhu (°C)	30
Tekanan (atm)	1
<b>Spesifikasi</b>	
Diameter <i>shell</i> (m)	13,716
Tinggi <i>Shell</i> (m)	7,924
Tebal <i>Shell</i> (in)	0,313
Volume (m <sup>3</sup> )	768,812
Jumlah <i>Course</i>	3
<b>Head</b>	
Tinggi (m)	2,437
Tebal (in)	0,313
<b>Harga (\$)</b>	<b>513.600</b>

## 2) Silo

Tabel 3.7 Spesifikasi Silo

Parameter	S-01	S-02
Fungsi	Menyimpan <i>Borax</i> ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )	Menyimpan <i>Boric Acid</i> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )
Jenis	<i>Vertical Silo</i> dengan <i>conical bottom</i> dan <i>flat head</i>	<i>Vertical Silo</i> dengan <i>conical bottom</i> dan <i>flat head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Lama penyimpanan	14 hari	14 hari
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	30	30
Tekanan (atm)	1	1
<b>Spesifikasi</b>		
Diameter <i>shell</i> (m)	12,048	9,861
Tinggi <i>shell</i> (m)	28,557	23,420
Tebal <i>Shell</i> (in)	1,250	0,875
Volume ( $\text{m}^3$ )	2.931,355	1.616,962
<b>Konis</b>		
Tinggi (m)	4,511	3,697
Tebal (in)	2,00	1,500
<b>Harga (\$)</b>	<b>546.400</b>	<b>99.500</b>

## 2. Alat Transportasi Bahan Bahan

### 1) *Belt Conveyor*

Tabel 3.8 Spesifikasi *Belt Conveyor*

Parameter	BC-01
Fungsi	Mentransportasikan kristal <i>Boric acid</i> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dari <i>Centrifuge</i> (CF-01) menuju <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)
Jenis	<i>Flat Belt Conveyor</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Spesifikasi</b>	
Kapasitas (ton/jam)	8,215
Panjang (m)	3,048
Lebar (m)	0,355
Kecepatan (m/min)	30,500
Power motor (HP)	1,5
<b>Harga (\$)</b>	<b>4.000</b>



## 2) Bucket Elevator

Tabel 3.9 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Parameter	BE-01	BE-02
<b>Fungsi</b>	Mentransportasikan <i>Borax</i> ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dari <i>Screw Conveyor</i> (SC-01) menuju <i>Mixer</i> (M-01)	Mentransportasikan produk <i>Boric Acid</i> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dari <i>Screw Conveyor</i> (SC-02) menuju Silo (S-02)
Jenis	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas (kg/jam)	13.084	7.575,758
<b>Spesifikasi</b>		
Tinggi (m)	7,620	7,620
Panjang <i>bucket</i> (m)	0,152	0,152
Lebar <i>bucket</i> (m)	0,102	0,102
Kecepatan (m/menit)	0,063	0,034
Power motor (Hp)	3	1,5
Jumlah Bucket	18	18
<b>Harga (\$)</b>	<b>10.800</b>	<b>10.800</b>

## 3) Screw Conveyor

Tabel 3.10 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Parameter	SC-01	SC-02
<b>Fungsi</b>	Mentransportasikan <i>Borax</i> ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dari silo (S-01) menuju <i>mixer</i> (M-01)	Mentransportasikan <i>Boric Acid</i> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dari <i>Rotary Dryer</i> (RD-01) menuju <i>Bucket Elevator</i> (BE-02)
Jenis	<i>Helicoid Flight</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Kapasitas (kg/jam)	13.084,002	7.575,757
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	30	40
Tekanan (atm)	1	1
<b>Spesifikasi</b>		
Panjang (ft)	15	15
Diameter <i>Flight</i> (in)	10	9
Kecepatan (rpm)	55	40
Power Motor Hp	0,500	0,250
<b>Harga (\$)</b>	<b>4.200</b>	<b>4.200</b>

#### 4) Pompa

Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan Air dari Tangki Air menuju <i>Mixer</i> (M-01)	Mengalirkan Larutan Boraks dari <i>Mixer</i> (M-01) menuju Reaktor (R-01)	Mengalirkan Larutan Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) dari Tangki penyimpanan (T-02) menuju Reaktor (R-01)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Comercial Steel</i>		
Kapasitas (gpm)	63,623	100,971	10,454
<b>Dimensi Pipa</b>			
<i>IPS</i> (in)	3	3,5	1,500
<i>Sch Number</i>	40	40	40
<i>OD</i> (in)	3,500	4	1,660
<i>ID</i> (in)	3,068	3,364	1,610
<b>Dimensi Daya</b>			
<i>Friction head</i>	0,153	1,974	0,0319
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Daya Motor (HP)	0,75	1	0,375
Kecepatan putar (rpm)	3.309,230	4.481,542	985,857
Jumlah	2	2	2
<b>Harga (\$)</b>	<b>24.200</b>	<b>24.200</b>	<b>20.100</b>

Tabel 3.12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

<b>Parameter</b>	<b>P-04</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>
Fungsi	Mengalirkan <i>Boric Acid</i> ( $H_3BO_3$ ) dari Reaktor (R-01) menuju <i>Crystallizer</i> (K-01)	Mengalirkan <i>Boric Acid</i> ( $H_3BO_3$ ) dari <i>Crystallizer</i> (K-01) menuju <i>Centrifuge</i> (CF-01)	Mengalirkan <i>Mother Liquor</i> dari <i>Centrifuge</i> (CF-01) menuju UPL
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas (gpm)	121,563	109,234	78,577
<b>Dimensi Pipa</b>			
<i>IPS</i> (in)	4	4	3
<i>Sch Number</i>	40	40	40
<i>OD</i> (in)	4,500	4,500	3,500
<i>ID</i> (in)	3,826	3,826	2,900
<b>Dimensi Daya</b>			
<i>Friction head</i>	0,970	1,114	1,189
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Daya Motor (HP)	2	1	0,75
Kecepatan putar (rpm)	3.275,719	6.131,109	4.470,975
Jumlah	2	2	2
<b>Harga (\$)</b>	<b>24.200</b>	<b>24.200</b>	<b>22.600</b>

### 3. Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

#### 1) *Heater 1*

Tabel 3.13 Spesifikasi *Heater 1*

<b>Kode</b>	: HE-01	
<b>Fungsi</b>	: Menaikkan Suhu air (H <sub>2</sub> O) 30 <sup>0</sup> C menjadi 90 <sup>0</sup> C dari tangki penyimpanan air menuju <i>Mixer (M-01)</i>	
<b>Jenis HE</b>	: <i>Double Pipe</i>	
<b>Bahan Konstruksi</b>	: <i>Stainless Steel SA-167 type 309</i>	
<b>Jumlah Hairpin</b>	: 8	
<b>Kondisi Operasi</b>		
<b>Fluida Dingin</b>		
Tekanan (atm)	: 1	
Suhu Masuk ( <sup>0</sup> C)	: 30	
Suhu Keluar ( <sup>0</sup> C)	: 90	
<b>Fluida Panas</b>		
Media Pemanas	: <i>Steam</i>	
Suhu Masuk ( <sup>0</sup> C)	: 150	
Suhu Keluar ( <sup>0</sup> C)	: 150	
Massa Pemanas (kg/jam)	: 1.456,861	
<b>Annulus</b>		<b>Inner Pipe</b>
IPS (in)	: 2	IPS (in) : 1,25
OD (in)	: 2,380	OD (in) : 1,66
ID (in)	: 2,067	ID (in) : 1,38
Surface Area (ft <sup>2</sup> /ft)	: 0,622	Surface Area (ft <sup>2</sup> /ft) : 0,435
Panjang (ft)	: 12	Panjang (ft) : 12
A (ft <sup>2</sup> )	: 59,712	
Ud (Btu/jam.ft <sup>2</sup> . <sup>0</sup> F)	: 314,147	
Uc (Btu/jam.ft <sup>2</sup> . <sup>0</sup> F)	: 15.140,266	
Rd	: 0,0039	
Jumlah Alat (unit)	: 1	
<b>Harga (\$)</b>	<b>: 2.400</b>	

2) *Heater 2*

Tabel 3.14 Spesifikasi *Heater 2*

<b>Kode</b>	: HE-02	
<b>Fungsi</b>	: Menaikkan Suhu Larutan Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 30 <sup>0</sup> C menjadi 90 <sup>0</sup> C dari Tangki penyimpanan (T-02) menuju Reaktor (R-01)	
<b>Jenis HE</b>	: <i>Double Pipe</i>	
<b>Bahan Konstruksi</b>	: <i>Stainless Steel SA-167 type 309</i>	
<b>Jumlah Hairpin</b>	: 5	
<b>Kondisi Operasi</b>		
<b>Fluida Dingin</b>		
Tekanan (atm)	: 1	
Suhu Masuk ( <sup>0</sup> C)	: 30	
Suhu Keluar ( <sup>0</sup> C)	: 90	
<b>Fluida Panas</b>		
Media Pemanas	: <i>Steam</i>	
Suhu Masuk ( <sup>0</sup> C)	: 150	
Suhu Keluar ( <sup>0</sup> C)	: 150	
Massa Pemanas (kg/jam)	: 153,242	
<b><i>Annulus</i></b>		<b><i>Inner Pipe</i></b>
IPS (in)	: 2	IPS (in) : 1,25
OD (in)	: 2,380	OD (in) : 1,66
ID (in)	: 2,067	ID (in) : 1,38
Surface Area (ft <sup>2</sup> /ft)	: 0,622	Surface Area (ft <sup>2</sup> /ft) : 0,435
Panjang (ft)	: 12	Panjang (ft) : 12
A (ft <sup>2</sup> )	: 37,320	
Ud (Btu/jam.ft <sup>2</sup> . <sup>0</sup> F)	: 52,870	
Uc (Btu/jam.ft <sup>2</sup> . <sup>0</sup> F)	: 2.056,545	
Rd	: 0,018	
Jumlah Alat (unit)	: 1	
<b>Harga (\$)</b>	<b>: 2.400</b>	

### 3) Heater 3

Tabel 3.15 Spesifikasi Heater 3

<b>Kode</b>	: HE-03
<b>Fungsi</b>	: Memanaskan Udara menuju <i>rotary dryer</i> (RD-01)
<b>Jenis HE</b>	: <i>Shell and Tube</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>	: <i>Stainless Steel SA-167 type 309</i>
<b>Jumlah pipa</b>	: 526
<b>Kondisi Operasi</b>	
<i>Shell</i>	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu Masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )	: 30
Suhu Keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )	: 127
ID (in)	: 29
<i>Baffle Spacing</i>	: 14,5
<i>Passes</i>	: 2
$\Delta\text{Ps}$ (psi)	: 3,012
<i>Tube</i>	
Media Pemanas	: <i>Steam</i>
Suhu Masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )	: 150
Suhu Keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )	: 150
Massa Pemanas (kg/jam)	: 5.323,888
ID (in)	: 0,62
OD (in)	: 0,75
Panjang (ft)	: 24
$\Delta\text{Pt}$ (psi)	: 0,057
<b>Koefisien Perpindahan Panas</b>	
A ( $\text{ft}^2$ )	: 2.259,231
Uc (Btu/jam. $\text{ft}^2$ . $^{\circ}\text{F}$ )	: 438,285
Ud (Btu/jam. $\text{ft}^2$ . $^{\circ}\text{F}$ )	: 45,584
Rd	: 0,0197
<b>Harga (\$)</b>	: <b>86.400</b>

### 3.4 Neraca Massa

#### 3.4.1 Neraca Massa Total

Basis perhitungan neraca massa : 60.000 ton/tahun

Lama Produksi dalam 1 tahun : 330 hari kerja

Lama 1 hari kerja : 24 jam

Basis perhitungan :

$$= \left[ \frac{60.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \right] \times \left[ \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right] \times \left[ \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right] \times \left[ \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right]$$
$$= 7.575 \text{ kg/jam}$$

Tabel 3.16 Neraca massa total

Komponen	Masuk	Keluar
	(kg/jam)	(kg/jam)
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	13.018,908	1.536,231
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057	39,057
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15,623	4.292,356
NaCl	6,509	6,509
Fe	3,906	3,906
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.281,141	328,114
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>		7.446,877
H <sub>2</sub> O	12.450,385	15.162,478
O <sub>2</sub>	28.665,209	28.665,209
N <sub>2</sub>	107.835,785	107.835,785
<b>Total</b>	<b>165.316,522</b>	<b>165.316,522</b>

### 3.4.2 Neraca Massa Alat

#### 1. Neraca massa di *Mixer* (M-01)

Tabel 3.17 Neraca massa di *Mixer* (M-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	13.018,908		13.018,908
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057		39,057
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15,623		15,623
NaCl	6,509		6,509
Fe	3,906		3,906
H <sub>2</sub> O		12.313,670	12.313,670
<b>Subtotal</b>	<b>13.084,002</b>	<b>12.313,670</b>	<b>25.397,673</b>
<b>Total</b>		<b>25.397,673</b>	<b>25.397,673</b>

#### 2. Neraca massa di Reaktor (R-01)

Tabel 3.18 Neraca massa di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	13.018,908		1.536,231
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057		39,057
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15,623		4.292,356
NaCl	6,509		6,509
Fe	3,906		3,906
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		3.281,141	328,114
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>			7.446,877
H <sub>2</sub> O	12.313,670	136,714	15.162,478
<b>Subtotal</b>	<b>25.397,673</b>	<b>3.417,855</b>	<b>28.815,528</b>
<b>Total</b>		<b>28.815,528</b>	<b>28.815,528</b>



3. Neraca massa di *Crystallizer* (K-01)

Tabel 3.19 Neraca massa di *Crystallizer* (K-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	1.536,231	1.536,231
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057	39,057
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.292,356	4.292,356
NaCl	6,509	6,509
Fe	3,906	3,906
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	328,114	328,114
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	7.446,877	7.446,877
H <sub>2</sub> O	15.162,478	15.162,478
<b>Subtotal</b>	<b>28.815,528</b>	<b>28.815,528</b>
<b>Total</b>	<b>28.815,528</b>	<b>28.815,528</b>

4. Neraca massa di *Centrifuge* (CF-01)

Tabel 3.20 Neraca massa di *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 8	Arus 7
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	1.536,231		1.536,231
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057		39,057
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.292,356		4.292,356
NaCl	6,509		6,509
Fe	3,906		3,906
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	328,114		328,114
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	7.446,877	7.446,877	
H <sub>2</sub> O	15.162,478	758,124	14.404,355
<b>Subtotal</b>	<b>28.815,528</b>	<b>8.205,000</b>	<b>20.610,528</b>
<b>Total</b>	<b>28.815,528</b>		<b>28.815,528</b>

5. Neraca massa di *Rotary Dryer* (RD-01)

Tabel 3.21 Neraca massa di *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	7.446,877			7.446,877
H <sub>2</sub> O	758,124		629,243	128,881
O <sub>2</sub>		28.665,209	28.665,209	
N <sub>2</sub>		107.835,785	107.835,785	
<b>Subtotal</b>	<b>8.205,000</b>	<b>136.500,994</b>	<b>137.130,237</b>	<b>7.575,758</b>
<b>Total</b>		<b>144.705,994</b>		<b>144.705,994</b>

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas di *Heater 1* (HE-01)

Tabel 3.22 Neraca Panas di *Heater 1* (HE-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	258.037,167	
Produk		3.341.717,853
<i>Q</i> <sub>steam</sub>	3.083.680,686	
<b>Total</b>	<b>3.341.717,853</b>	<b>3.341.717,853</b>

3.5.2 Neraca Panas di *Mixer* (M-01)

Tabel 3.23 Neraca Panas di *Mixer* (M-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	3.350.199,505	
Produk		3.350.199,505
<b>Total</b>	<b>3.350.199,505</b>	<b>3.350.199,505</b>

3.5.3 Neraca Panas di *Heater 2* (HE-02)

Tabel 3.24 Neraca Panas di *Heater 2* (HE-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	26.315,945	
Produk		350.678,247
<i>Q</i> <sub>steam</sub>	324.362,302	
<b>Total</b>	<b>350.678,247</b>	<b>350.678,247</b>

### 3.5.4 Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Tabel 3.25 Neraca Panas di Reaktor (R-01)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Umpan	3.700.877,752	
Produk		1.753.924,846
$\Delta HR$	2.039.574,616	
Q pendingin		3.986.527,521
<b>Total</b>	<b>5.740.452,368</b>	<b>5.740.452,368</b>

### 3.5.5 Neraca Panas di *Crystallizer* (K-01)

Tabel 3.26 Neraca Panas di *Crystallizer* (K-01)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Umpan	1.752.939,076	
Produk		1.209.023,975
Q pendingin		543.915,102
<b>Total</b>	<b>1.752.939,076</b>	<b>1.752.939,076</b>

### 3.5.6 Neraca Panas di *Centrifuge* (CF-01)

Tabel 3.27 Neraca Panas di *Centrifuge* (CF-01)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Umpan	1.184.738,469	
Produk		1.184.738,469
<b>Total</b>	<b>1.184.738,469</b>	<b>1.184.738,469</b>

### 3.5.7 Neraca Panas di *Rotary Dryer* (RD-01)

Tabel 3.28 Neraca Panas di *Rotary Dryer* (RD-01)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Umpan	1.445.407,850	
Produk		2.410.207,898
Qpemanas	964.800,048	
<b>Total</b>	<b>2.410.207,898</b>	<b>2.410.207,898</b>

### 3.5.8 Neraca Panas di *Heater* (HE-03)

Tabel 3.29 Neraca Panas di *Heater* 3 (HE-03)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Umpan	645.471,044	
Produk		13.271.920,893
Q <sub>steam</sub>	12.626.449,849	
<b>Total</b>	<b>13.271.920,893</b>	<b>13.271.920,893</b>

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi dalam perancangan pabrik merupakan salah satu faktor yang penting, karena lokasi dapat mempengaruhi kegiatan pabrik baik mulai dari produksi hingga distribusi. Sehingga dalam pemilihan lokasi didasari atas beberapa faktor yang berhubungan dengan nilai ekonomis dengan agar biaya produksi dan distribusi yang dikeluarkan seminimal mungkin.



Gambar 4.1 Peta rencana lokasi pabrik *Boric Acid* kapasitas 60.000 ton/tahun

Rencana pendirian lokasi pabrik *boric acid* akan didirikan di daerah Desa Bedanten, Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan beberapa pertimbangan diantaranya adalah:

### 1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku berupa *borax*, asam sulfat, dan natrium hidroksida diperoleh dari industri kimia yang masih berada di daerah yang sama yaitu PT. Aneka Kimia Inti dan PT. Dwi Tunggal Mulia Kimia, Surabaya untuk *borax*, asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia, Gresik, serta untuk natrium hidroksida diperoleh dari PT. Perdana Mulia Jaya, Surabaya.

### 2. Daerah Pemasaran

Daerah Gresik dikenal sebagai kawasan industri yang memiliki berbagai macam pabrik. Beberapa pabrik seperti, PT. Dunia Kimia Jaya Gresik, PT. Sumber Jaya Glassindo di Surabaya, PT. Isizuka Maspion Indonesia di Gresik dan lain-lain menggunakan *Boric acid* sebagai bahan baku maupun bahan tambahan. Selain itu, lokasi yang berdekatan dengan pelabuhan JIPE Gresik dan Tanjung Perak dapat mempermudah aktivitas ekspor ke luar negeri.

### 3. Sarana Transportasi

Daerah Gresik memiliki jalur transportasi yang menghubungkan kota-kota di Jawa Timur. Adanya jalur pantura dapat mempermudah pemasaran melalui jalur transportasi darat. Selain itu dengan adanya pelabuhan JIPE Gresik dan Tanjung Perak dapat memudahkan pemasaran antar pulau lewat jalur laut.

#### 4. Ketersediaan Tenaga Kerja

Wilayah Gresik memiliki berbagai macam lembaga pendidikan, sehingga memudahkan untuk mendapatkan tenaga kerja ahli maupun non ahli.

#### 5. Ketersediaan Sarana Pendukung

Adanya PLN, Pertamina, dan Sungai Bengawan Solo dapat memudahkan proses utilitas.

#### 6. Keadaan Geografis

Lokasi Desa Bedanten, Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur memiliki iklim tropis dinilai cukup relatif stabil, sehingga pabrik dapat beroperasi secara optimum.

#### 7. Kebijakan Pemerintah

Dalam membangun pabrik terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah kebijakan pengembangan industri, kesejahteraan, pemerataan kesempatan kerja, hasil pembangunan dan lain-lain.

### **4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan suatu perencanaan berdasarkan aliran komponen-komponen produksi pabrik. Tata letak pabrik diperlukan agar supaya memperoleh kondisi optimum dalam lingkungan pabrik sehingga terjalin hubungan yang efektif dan efisien.

Kedudukan bagian yang ada dalam pabrik yang harus di tata peletakannya meliputi tempat perkantoran (*office*), tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung dan tambahan lain, yang dirancang terutama untuk mendukung kelancaran dari pelaksanaan proses produksi.

Perancangan tata letak pabrik yang baik memiliki keuntungan yaitu (Peters dan Timmerhaus, 2004):

1. Mengurangi biaya produksi.
2. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses.
3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga dapat mengurangi material *handling*.
5. Memberikan ruang gerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan.

Untuk mencapai kondisi yang optimal yang menguntungkan, maka perlu memerhatikan hal-hal dalam menentukan tata letak pabrik, yaitu:

- a. Pabrik *Boric Acid* yang didirikan merupakan pabrik baru, sehingga penentuan tata letak pabrik tidak dibatasi oleh bangunan yang sudah ada.
- b. Perlunya area perluasan pabrik. Hal ini dikarenakan penggunaan *Boric Acid* yang terus meningkat dari tahun ke tahun, maka diharapkan akan ada pengembangan pabrik dimasa mendatang.

- c. Faktor keselamatan dan keamanan, terutama bahan mudah terbakar perlu diperhatikan secara serius. Perlunya mengelompokkan unit-unit proses agar memudahkan pengalokasian bahaya kebakaran yang mungkin bisa terjadi.
- d. Pendistribusian yang ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik, dan bahan baku.
- e. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin yang ada, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tetap ekonomis.
- f. Penyediaan *Service area* seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan lain-lain diatur sedemikian rupa sehingga tetap terjangkau dari tempat kerja.

Secara garis besar *layout* pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu:

- a. Daerah administrasi/perkantoran

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi perusahaan yang mengatur kelancaran operasi dan kegiatan-kegiatan administrasi, serta harus terletak jauh dari area proses yang berbahaya.

- b. Daerah laboratorium dan ruang kontrol

Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas, dan kuantitas bahan yang akan diproses, serta produk yang akan dijual. Daerah laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk, dan limbah proses. Sedangkan daerah ruang kontrol merupakan pusat kontrol berjalannya proses yang diinginkan yaitu kontrol terhadap kondisi operasi, tekanan, temperatur, dan lain-lain yang diinginkan.



Laboratorium dan ruang kontrol ini diletakkan dekat dengan proses sehingga apabila terjadi sesuatu masalah di daerah proses dapat diatasi.

c. Daerah Proses

Merupakan pusat proses produksi dimana alat-alat proses dan pengendali ditempatkan. Daerah proses ini terletak dibagian tengah pabrik yang lokasinya tidak mengganggu. Letak aliran proses direncanakan sedemikian rupa sehingga memudahkan pemindahan bahan baku serta memudahkan pengawasan dan pemeliharaan terhadap alat-alat proses.

d. Daerah Penyimpanan

Merupakan tempat untuk menyimpan bahan baku dan juga produk yang sudah jadi.

e. Daerah Gudang Alat

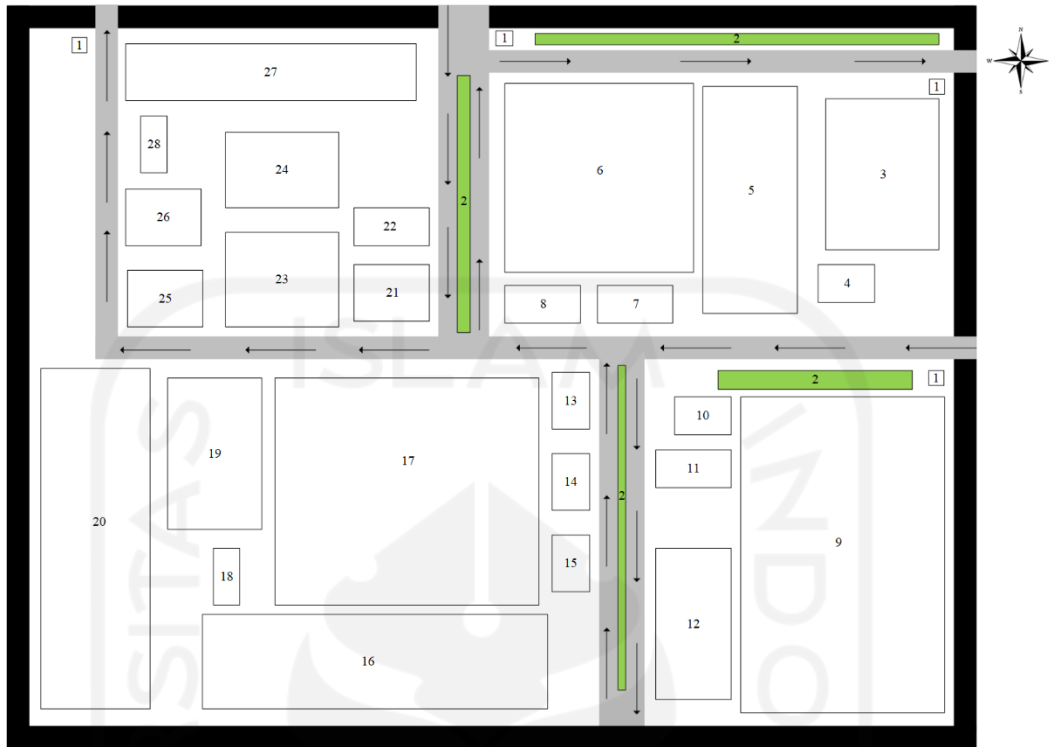
Daerah gudang merupakan tempat penyimpanan suku cadang alat proses.

f. Daerah Utilitas

Daerah utilitas ini merupakan tempat untuk menyediakan keperluan yang menunjang berjalannya proses produksi berupa penyediaan air, *steam*, udara, dan listrik. Daerah ini ditempatkan dekat dengan daerah proses agar sistem pemipaan lebih ekonomis.

g. Daerah Fasilitas Umum

Merupakan daerah penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja, seperti tempat parkir, tempat ibadah, kantin, poliklinik, dan pos keamanan.



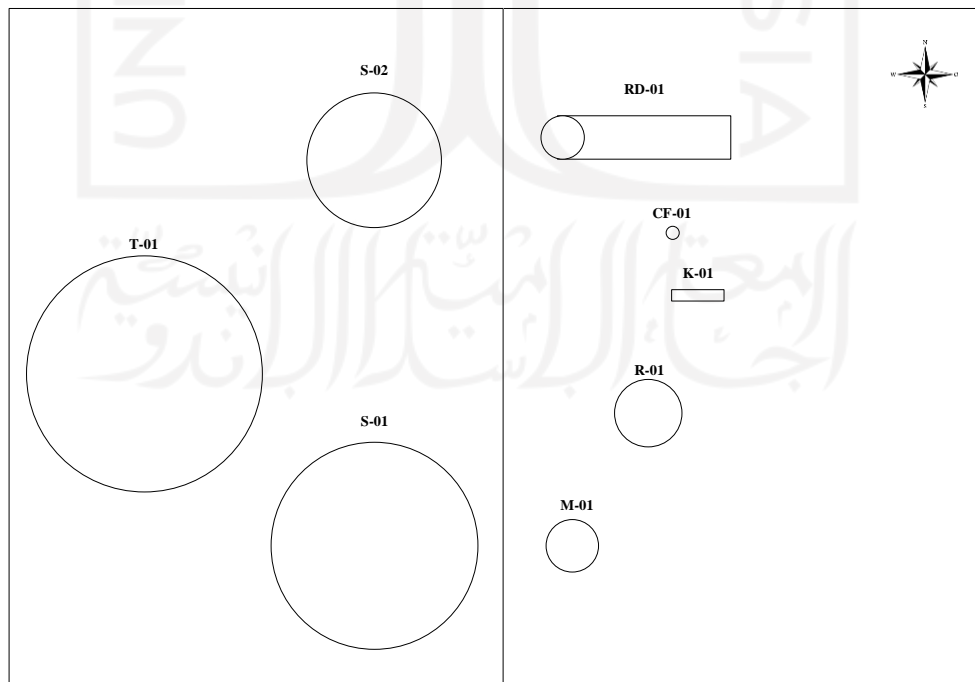
Gambar 4.2 Tata letak pabrik *Boric Acid* (Skala 1 : 1000)

Keterangan:

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos Keamanan 1	4,0	4,3	17,2
	Pos Keamanan 2	4,0	4,3	17,2
	Pos Keamanan 3	4,0	4,3	17,2
	Pos Keamanan 4	4,0	4,3	17,2
2	Taman 1	51,5	5,0	257,5
	Taman 2	85,5	2,0	171,0
	Taman 3	68,0	2,0	136,0
	Taman 4	107,0	3,0	321,0
3	Gedung serbaguna	40,0	30,0	1.200,0
4	Mushola	10,0	15,0	150,0
5	Parkir utama	60,0	25,0	1.500,0
6	Kantor	60,0	60,0	3.600,0
7	Kantin	10,0	20,0	200,0
8	Klinik	10,0	20,0	200,0
9	Perumahan	83,5	54,0	4.509,0
10	Minimarket	10,0	15,0	150,0
11	Fasilitas Olahraga	10,0	20,0	200,0
12	Parkir perumahan	40,0	20,0	800,0

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
13	Unit Pemadam Kebakaran	15,0	10,0	150,0
14	Ruang Kendali proses	15,0	10,0	150,0
15	Ruang Kendali Utilitas	15,0	10,0	150,0
16	Area Utilitas	25,0	91,5	2.287,5
17	Area Proses	70,0	75,0	5.250,0
18	Bengkel	15,0	15,0	225,0
19	Area Penyimpanan	40,0	25,0	1.000,0
20	Area Perluasan	90,0	29,0	2.610,0
21	Laboratorium	15,0	20,0	300,0
22	Kantor teknik dan produksi	10,0	20,0	200,0
23	Unit Pengolahan Limbah/Lanjutan	25,0	30,0	750,0
24	Gudang Alat	20,0	30,0	600,0
25	Area Penimbangan	15,0	20,0	300,0
26	Area Packing	15,0	20,0	300,0
27	Area Parkir Truk	15,0	77,0	1.155,0
28	Bengkel Kendaraan	15,0	15,0	225,0

#### 4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machine Layout*)



Gambar 4.3 Tata letak Mesin (Skala 1 : 200)

Tata letak mesin/alat proses merupakan tempat dimana alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak peralatan proses pada perancangan pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 4.3. Berikut ini merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam tata letak mesin/alat proses pada pabrik, yaitu:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi.

2. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan dan dipastikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan juga arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

Pencahayaan atau penerangan di seluruh area pabrik harus memadai terutama pada malam hari karena pabrik bekerja selama 24 jam. Selain itu, pada tempat-tempat tertentu dimana terdapat alat-alat proses yang mempunyai risiko akan bahaya yang tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

#### 4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan *layout* peralatan, lalu lintas manusia dan kendaraan di area proses harus memperhatikan lebar jalan dan kemudahan akses bagi karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat, kendaraan, dan alat pemadam kebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

#### 5. Tata Letak Alat Proses

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik, sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

#### 6. Jarak Antar Alat Proses

Dalam mengatur tata letak alat proses, jarak antar alat proses harus diperhitungkan secara cermat. Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya. Pada pabrik *Boric acid* yang akan didirikan memiliki kondisi operasi dimana suhu dan tekanan yang digunakan cukup rendah, sehingga dapat di perikaran jarak antar alat yaitu kurang lebih 2-5 meter.

## **4.4 Organisasi Perusahaan**

### **4.4.1 Bentuk Organisasi**

Pabrik *Boric Acid* yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modal dari penjualan saham dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham merupakan suatu surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT sebagai bukti kepemilikan terhadap perusahaan karna telah menyetorkan dana untuk modal perusahaan. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Bentuk perseroan terbatas memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a) Modal yang didapat berasal dari investor pemegang saham
- b) Perseroan terbatas tidak difasilitasi oleh negara
- c) Kekuasaan tertinggi perusahaan ditentukan dalam rapat umum pemegang saham (RUPS).

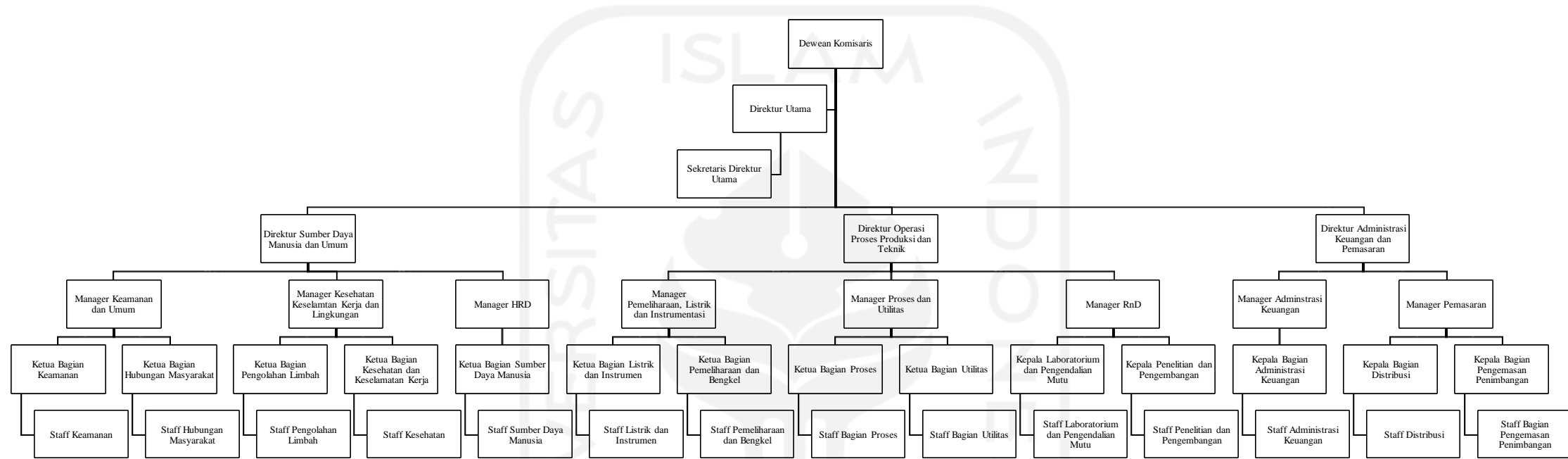
### **4.4.2 Struktur Organisasi**

Struktur organisasi merupakan bagian penting untuk mendirikan suatu perusahaan. Struktur organisasi yang teratur dan sistematis akan memberikan dampak baik terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan melalui komunikasi dan kerjasama antar karyawan, sehingga kegiatan operasional

perusahaan dapat berjalan dengan baik. Sistem organisasi yang digunakan pada pabrik *boric acid* adalah sistem *staff and line organization* (sistem garis).

Sistem *staff and line organization* merupakan sistem yang sederhana dimana kekuasaan mengalir langsung dari direktur menuju manajer hingga ke kepala bagian dan diteruskan ke karyawan. Pada sistem ini, karyawan cukup bertanggung jawab kepada seorang atasan saja. Berikut merupakan kelebihan sistem *staff and line organization*:

- a) Pembagian kekuasaan dan kewenangan yang jelas.
- b) Pimpinan hanya perlu memberikan perintah kepada bawahan yang bersangkutan sehingga dapat mempercepat pengambilan keputusan.
- c) Dapat memperkecil biaya pengeluaran, sebab hanya ada satu pimpinan pada kegiatan.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi perusahaan



### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

#### 1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan orang yang dipilih oleh para pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada umumnya, anggota dewan komisaris merupakan orang-orang yang memiliki saham mayoritas dan berpengalaman dalam perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham diantaranya adalah:

- a. Menunjuk jajaran direktur yang bertugas mengoperasikan perusahaan.
- b. Menilai dan menyetujui rencana direktur terkait kebijakan umum, alokasi sumber dana, target perusahaan, dan pengarahannya pemasaran.
- c. Mengawasi tugas jajaran direktur.
- d. Mengurus pelaksanaan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

#### 2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan seorang pemimpin tertinggi dalam perusahaan. Segala kebijakan perusahaan yang telah dibuat oleh direktur menjadi tanggung jawab dewan komisaris. Tugas dan wewenang direktur utama diantaranya adalah:

- a. Merancang dan melaksanakan kebijakan perusahaan.

- b. Menjaga kestabilan seluruh bagian organisasi perusahaan sehingga tercipta komunikasi yang baik antara pemilik saham, pimpinan, dan karyawan.
- c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan dewan komisaris melalui rapat pemegang saham.
- d. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian sumber daya manusia, operasi dan administrasi.

### 3. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktur SDM memiliki tugas dan wewenang terkait hal personalia, keamanan, dan keselamatan karyawan. Direktur SDM membawahi beberapa bagian diantaranya:

- a. Manager keamanan dan umum

Berwenang untuk mengatur dan mengawasi keamanan, serta menetapkan jadwal kerja shift.

- b. Manager kesehatan keselamatan kerja dan lingkungan

Bertugas mengkoordinasikan kesehatan, keselamatan kerja seluruh karyawan pabrik.

- c. Manager HRD (*Human Resource Development*)

Bertugas mengkoordinasikan perekrutan dan pelatihan karyawan perusahaan.

### 4. Direktur Operasi Proses Produksi dan Teknik

Direktur operasi proses produksi dan teknik bertugas untuk memimpin dan mengatur kegiatan jalannya pabrik yang berhubungan

dengan bidang operasi pabrik, produksi, dan teknik. Direktur Operasi Proses Produksi dan Teknik membawahi beberapa bagian diantaranya:

a. Manager Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

b. Manager Proses dan Utilitas

Bertugas untuk mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyedia bahan baku, dan utilitas.

c. Manager RnD (*Research and Development*)

Bertugas mengkoordinasikan kegiatan penelitian, pengendalian mutu, dan pengembangan bahan baku serta produk.

5. Direktur Administrasi dan Pemasaran

Direktur Administrasi dan Pemasaran memiliki tugas mengatur hal yang berkaitan dengan keuangan, administrasi, dan pemasaran produk.

Direktur Administrasi dan Pemasaran membawahi beberapa bagian diantaranya:

a. Manager Adminstrasi Keuangan

Bertugas mengkoordinasikan keuangan dan administrasi perusahaan.

b. Manager Pemasaran

Bertugas mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan bahan baku.

## 6. Divisi

Masing-masing divisi memiliki wewenang dan tugas khusus yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing. Oleh sebab itu, setiap divisi bertanggung jawab kepada kepala bagian yang menaunginya. Sedangkan kepala bagian bertanggung jawab kepada manager. Setiap divisi beranggotakan satu orang ketua dan beberapa staff anggota.

Divisi-divisi tersebut diantaranya terdiri dari:

### a. Divisi Keamanan

Divisi keamanan memiliki tanggung jawab untuk mengawasi secara langsung terkait hal yang berkaitan dengan masalah keamanan perusahaan.

### b. Divisi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab mengadakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

### c. Divisi Pengolahan Limbah

Divisi pengolahan limbah bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

### d. Divisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Divisi kesehatan bertanggung jawab untuk memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

e. Divisi Sumber Daya Manusia

Divisi ini bertanggung jawab untuk merekrut karyawan baru dan melakukan pelatihan untuk memastikan kualitas karyawan.

f. Divisi Listrik dan Instrumen

Bertanggung jawab untuk menyediakan energi listrik instrumentasi yang akan dibutuhkan agar produksi dapat berjalan dengan baik.

g. Divisi Pemeliharaan dan Bengkel

Bertanggung jawab terhadap pemeliharaan, perawatan, dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

h. Divisi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan mengurus kelancaran kegiatan produksi pabrik.

i. Divisi Utilitas

Divisi utilitas bertanggung jawab untuk mengkoordinasikan penyediaan air, listrik, *steam*, dan udara.

j. Divisi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab untuk mengendalikan serta mengawasi mutu bahan baku, bahan pembantu, produk, dan limbah.

k. Divisi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab untuk mengkoordinasi kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi seluruh proses. Serta melakukan riset guna mempertinggi mutu suatu produk yang dihasilkan oleh pabrik perusahaan.

l. Divisi Administrasi Keuangan

Bertanggung jawab mengkoordinasi pengeluaran dan pemasukan keuangan, serta mengurus administrasi perusahaan.

m. Divisi Distribusi dan Transportasi

Bertanggung jawab mengkoordinasikan kegiatan distribusi serta penyediaan bahan baku dan produk.

n. Divisi Pengemasan Penimbangan

Bertanggung jawab mengkoordinasi dan mengawasi kegiatan penimbangan serta pengemasan produk.

#### 4.4.4 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggungjawab, dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

a. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa surat keputusan direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

#### 4.4.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Sistem Gaji

##### A. Penggolongan Jabatan dan Keahlian

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari lulusan Sekolah Lanjutan Tingkat Atas (SLTA) sampai Sarjana S-2. Perinciannya seperti Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Jabatan dan keahlian

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala Bagian / Manager	S-1
Kepala Divisi	S-1
Sekretaris	S-1
Dokter	S-1
Perawat	D3/D-4/S-1
Karyawan	D-3/S-1
Supir	SLTA
<i>Cleanaing Service</i>	SLTA
Satpam	SLTA

##### B. Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan. Selain itu, sistem pembagian besarnya gaji pada perusahaan ini didasarkan atas ketentuan jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, dan lingkungan yang berkaitan dengan risiko kerja. Pembagian gaji terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Gaji Bulanan

Gaji bulanan merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

b. Gaji Harian

Gaji harian merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan borongan.

c. Gaji Lembur

Gaji lembur merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut rincian gaji untuk karyawan Pabrik *Boric Acid* yang ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji
<b>A.</b>	<b>Direktur Utama</b>			
1.	Direktur Utama	1	Rp50.000.000	Rp50.000.000
2.	Sekretaris direktur utama	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
<b>B.</b>	<b>Direktur</b>			
1.	Direktur SDM	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
2.	Direktur Operasi Proses Produksi dan Teknik	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
3.	Direktur Adkeu dan Pemasaran	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
<b>C.</b>	<b>Manager (Kepala Bagian)</b>			
1.	Manager Keamanan dan Umum	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
2.	Manager Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
3.	Manager HRD	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
4.	Manager Pemeliharaan listrik dan instrumen	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000



Tabel 4.2 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji
5.	Manager Proses dan Utilitas	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
6.	Manager RnD	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
7.	Manager administrasi dan keuangan	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
8.	Manager pemasaran	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
<b>D.</b>	<b>Kepala Divisi</b>			
1.	Divisi Keamanan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
2.	Divisi Hubungan Masyarakat	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
3.	Divisi Pengolahan limbah	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
4.	Divisi K3	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
5.	Divisi SDM	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
6.	Divisi Listrik dan instrumen	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
7.	Divisi pemeliharaan dan bengkel	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
8.	Divisi Proses	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
9.	Divisi Utilitas	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
10.	Divisi Laboratorium dan pengendalian mutu	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
11.	Divisi Penelitian dan pengembangan	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
12.	Divisi Administrasi keuangan	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
13.	Divisi Distribusi	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
14.	Divisi Pengemasan dan Penimbangan	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
<b>E.</b>	<b>Karyawan</b>			
1.	Karyawan Keamanan			
	Satpam	12	Rp4.000.000	Rp48.000.000
2.	Karyawan Hubungan Masyarakat	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
3.	Karyawan Pengolahan limbah	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
4.	Karyawan K3			
	Dokter	2	Rp9.000.000	Rp18.000.000
	Perawat	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000

Tabel 4.2 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji
5.	Karyawan SDM	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000
6.	Karyawan Listrik dan instrumen	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000
7.	Karyawan pemeliharaan dan bengkel	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000
8.	Karyawan Proses	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
9.	Karyawan Utilitas	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
10.	Karyawan Laboratorium dan pengendalian mutu	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
11.	Karyawan Penelitian dan pengembangan	5	Rp8.000.000	Rp40.000.000
12.	Karyawan Administrasi keuangan	5	Rp8.000.000	Rp40.000.000
13.	Karyawan Distribusi			
	Sopir	4	Rp4.250.000	Rp17.000.000
14.	Karyawan Pengemasan dan Penimbangan	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
15.	<i>Cleaning Service</i>	6	Rp3.000.000	Rp18.000.000
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Rp587.250.000</b>	<b>Rp 958.000.000</b>

## 1) Jadwal Kerja

### A. Pembagian Jam Kerja

Pabrik *Boric Acid* ini direncanakan memiliki pekerja sebanyak 100 orang dan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja 330 hari selama setahun, sisa hari digunakan untuk perawatan dan perbaikan.

Catatan hari kerja dan hari libur karyawan:

1. Cuti tahunan karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun ini.
2. Hari libur Nasional bagi karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap

masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

3. Kerja lembur (*Overtime*), kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian. Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Karyawan Non-Shift

Karyawan non-*shift* merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Karyawan non-*shift* meliputi direktur, manager, kepala bagian, dan semua karyawan bagian umum. Jam kerja yang berlaku untuk karyawan non-*shift* dalam seminggu adalah 5 hari dengan jumlah kerja maksimum 45 jam selama seminggu dan selebihnya dihitung sebagai lembur. Dimana lembur untuk hari-hari biasa adalah 2 kali jam kerja sedangkan pada hari libur adalah 2 kali jam kerja. Adapun jam kerja untuk karyawan non produksi dapat diatur dengan perincian sebagai berikut:

Hari Senin-Jumat : jam 08.00 – 17.00 WIB

Hari Sabtu : libur

Sedangkan untuk jam istirahat diatur sebagai berikut:

Selain hari Jumat : jam 12.00-13.00 WIB

Hari Jumat : jam 11.30-13.00 WIB

Hari Minggu dan hari libur hari besar semua karyawan non-*shift* libur.

b. Karyawan *Shift*

Karyawan shift merupakan karyawan yang secara langsung menangani dan terlibat dalam proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan pabrik serta kelancaran produksi. Berikut divisi yang tergolong karyawan *shift* yaitu divisi proses, divisi utilitas, divisi keamanan, serta divisi listrik dan instrumen. Berikut adalah penentuan rincian jumlah karyawan proses dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rincian jumlah karyawan proses

No	Alat Proses	Jumlah	Jumlah	Jumlah
		(Unit)	(operator/unit/shift)	(operator/shift)
1	Silo	2	0,1	0,2
2	Tangki	2	0,1	0,2
3	<i>Mixer</i>	1	0,3	0,3
4	Reaktor RATB	1	0,5	0,5
5	<i>Crystallizer</i>	1	0,15	0,15
6	<i>Centrifuge</i>	1	0,2	0,2
7	<i>Rotary Dryer</i>	1	0,5	0,5
8	<i>Heat Exchanger</i>	4	0,1	0,4
9	<i>Conveyors</i>	2	0,4	0,4
10	Pompa	12	0,2	3,2
<b>Total</b>				5,45
<b>Utilitas</b>				
1	<i>Screening</i>	1	0,05	0,05
2	Pompa	20	0,2	8,8
3	Tangki	10	0,1	1
4	<i>Cooling Tower</i>	2	1	2
5	<i>Deaerator</i>	1	1	1
6	<i>Boiler</i>	1	1	1
7	<i>Heat Exchanger</i>	1	0,1	0,1
<b>Total</b>				13,95
<b>Total</b>				<b>22,25</b>

Sistem kerja bagi karyawan produksi diatur menurut pembagian *shift* dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus-menerus. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat cuti selama 12 hari tiap tahunnya. Adapun jam kerja *shift* dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Jadwal Kerja Shift

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift 1</i>	06.30-14.30	10.30-11.30
<i>Shift 2</i>	14.30-22.30	18.30-19.30
<i>Shift 3</i>	22.30-06.30	02.30-03.30

Masing-masing *shift* dikepalai satu orang. Jadwal kerja masing-masing regu dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Jadwal kerja karyawan shift

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	II	II	III	III

Tabel 4.7 Jadwal kerja karyawan shift (Lanjutan)

Regu	Hari															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

Keterangan:

1, 2, 3, dst. : Hari ke- I, II, III : Shift ke-  
A, B, C, dan D : Regu kerja [REDACTED] : Libur

#### 4.4.6 Jaminan Sosial Tenaga Kerja

Sebagai sarana kesejahteraan, seluruh karyawan pabrik selain menerima gaji setiap bulan, juga diberikan jaminan sosial berupa fasilitas-fasilitas dan tunjangan yang dapat memberikan kesejahteraan kepada karyawan. Tunjangan tersebut berupa:

- Tunjangan hari raya keagamaan
- Tunjangan jabatan
- Tunjangan istri dan anak
- Tunjangan rumah sakit dan kematian
- Jaminan sosial tenaga kerja (Jamsostek)
- Uang makan

Dengan adanya fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan 100 karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan. 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 kerja.

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. Jaminan sosial tenaga kerja (Jamsostek)

Merupakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

g. Fasilitas Ibadah dan Kegiatan Kerohanian

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

h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi setiap 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 misal 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 dan anak kedua minimal 2 tahun.



## **BAB V**

### **UTILITAS**

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian pada sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik *Boric Acid* ini adalah dengan penyediaan utilitas. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik *Boric Acid* kapasitas 60.000 ton/tahun ini terbagi atas beberapa unit sebagai berikut:

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water Treatment System*)
2. Unit pembangkit *steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit pembangkit listrik (*Power Plant System*)
4. Unit penyediaan udara tekan (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan bahan bakar
6. Unit Pengolahan limbah

#### **5.1 Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water Treatment System*)**

Unit penyediaan dan pengolahan air atau *Water Treatment System* merupakan unit yang bertugas untuk menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik.

##### **5.1.1 Unit Penyediaan Air**

Unit pengadaan pengolahan air atau yang lebih dikenal dengan *Raw Water Treatment Plant* (RWTP) adalah proses pengolahan air baku menjadi air bersih,

karena air yang berasal dari alam bukanlah air jernih sebab masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang terdiri dari *suspended solid* (*impurities* tidak terlarut) yang diolah pada proses klarifikasi dan *dissolved solid* (*impurities* terlarut) yang diolah pada proses demineralisasi. Sehingga diperlukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik *Boric Acid* berasal dari Sungai Bengawan Solo. Beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut:

- 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 pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan air laut yang pengolahannya lebih rumit dan biayanya lebih besar.
- c) Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik, yaitu sekitar 300 m.

Secara umum, kebutuhan air pada pabrik *Boric Acid* digunakan untuk keperluan sebagai berikut:

1. Air Domestik (*Domestic Water*)

Air domestik adalah air yang akan digunakan untuk keperluan domestik berupa perumahan dan perkantoran. Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 120 liter per hari (Sularso,2001). Karyawan pada pabrik ini berjumlah 100 orang. Total kebutuhan air domestik dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5.1 Kebutuhan *Domestic Water*

No.	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Karyawan	12.000
2	Perumahan Karyawan	25.000
<b>Total</b>		<b>37.000</b>

Air domestik harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bahan beracun.
- Tidak mengandung bakteri patogen yang dapat merubah fisik air.

## 2. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air yang digunakan untuk servis, biasanya digunakan untuk kebutuhan pelayanan terhadap penduduk yang tinggal di sekitar pabrik. *Service water* ini biasa digunakan untuk *supply* pada bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, serta fasilitas umum berupa kantin, mushola, dan taman. Kebutuhan air untuk penggunaan umum dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan *Service Water*

No.	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Bengkel	200
2	Poliklinik	350
3	Laboratorium	650
4	Pemadam kebakaran	2.000
5	Kantin	400
6	Mushola	400
7	Taman	300
8	Mini market	100
9	Fasilitas olahraga	350
<b>Total</b>		<b>4.750</b>

### 3. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Air umpan *boiler* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik *Boric Acid* ini dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut:

Tabel 5.3 Kebutuhan *Steam*

No.	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	<i>Heater</i> (HE-01)	1.457
2	<i>Heater</i> (HE-02)	153
3	<i>Heater</i> (HE-03)	5.324
<b>Total</b>		<b>6.934</b>

Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* 85% dimanfaatkan kembali, sehingga diperlukan 15% air *make-up*, dikarenakan terjadinya *blowdown* pada *boiler* sebesar 10% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5% sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan sebesar 1.248 kg/jam.

#### 4. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan dari alat yang membutuhkan pendingin. Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air *make up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang.

Kebutuhan air pendingin untuk peralatan pada pabrik *Boric Acid* ini dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut:

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Reaktor (R-01)	63.289
3	<i>Crystallizer</i> (K-01)	3.799
<b>Total</b>		<b>67.087</b>

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, sehingga total kebutuhan air pendingin adalah sebesar 80.505 kg/jam. Sementara dalam perhitungan kebutuhan *make up water* dihasilkan sebesar 1.539 kg/jam. Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi.

- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

#### 5. Air Proses (*Process Water*)

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area produksi. Kebutuhan air proses untuk peralatan pabrik *Boric Acid* ini dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut:

Tabel 5.5 Kebutuhan Air Proses

No.	Keterangan	Jumlah (kg/jam)
1	Mixer (M-01)	12.379
<b>Total</b>		<b>12.379</b>

Sehingga total kebutuhan air pada pabrik *Boric Acid* ini dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut:

Tabel 5.6 Kebutuhan Air

No.	Keterangan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestic Water</i>	1.542
2	<i>Service Water</i>	198
3	Air Pendingin	80.505
4	Air Umpan <i>Boiler</i>	8.321
5	<i>Process Water</i>	12.387
<b>Total</b>		<b>102.953</b>

#### 5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air sungai diolah agar mendapatkan air yang bersih sehingga dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan. Air tersebut perlu diolah terlebih dahulu sebelum digunakan karena masih mengandung banyak kotoran seperti lumpur, tanah, dan kotoran lainnya. Beberapa tahapan pengolahan air pada pabrik *Boric Acid* ini adalah sebagai berikut:

## 1. Penghisapan

Penghisapan merupakan tahap pertama dari pengolahan air. Penghisapan dilakukan dengan mengambil air sungai menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan menuju penyaring (*screener*).

## 2. Penyaringan (*Filtration*)

Pada proses *screening*, partikel-partikel padat yang besar seperti ranting, daun, dan sampah-sampah lainnya akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya. Penyaringan dilakukan agar kotoran-kotoran bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air, maka sisi isap pompa di pasang saringan (*screen*) yang dilengkapi dengan fasilitas pembilas apabila *screen* kotor.

## 3. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Setelah melewati proses penyaringan, air akan melalui proses sedimentasi, dimana proses ini merupakan proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena adanya gaya gravitasi.

## 4. Koagulasi

Proses koagulasi terjadi dalam bak penggumpal. Proses ini merupakan proses penggumpalan yang disebabkan karena adanya penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga

menyebabkan partikel-partikel tersebut akan menjadi lebih stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan biasanya adalah tawas atau aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa.

#### 5. Bak Pengendap I dan II

Air yang telah menggumpal dari proses sebelumnya akan mengalami proses flokulasi sehingga membentuk flok-flok. Flokulasi merupakan proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Pada proses flokulasi ini ditambahkan kapur yang berfungsi untuk menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basa yang akan mempermudah penggumpalan. Selain itu ditambahkan juga soda caustic (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH, sehingga pH pada *outlet* dijaga berkisar 6,5-7,5. Dengan begitu, proses flokulasi dapat berjalan lebih efektif.

#### 6. *Sand Filter*

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air kemudian dialirkan menuju *sand filter*. Di dalam *sand filter* ini, air akan mengalir dari bagian atas kebawah melalui suatu media *filter* yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. Hasil keluaran dari *sand filter* memiliki kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH 6,5-7,5.



Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di tangki penampung air bersih atau penampung sementara.

7. Tangki Penampung Air Bersih (*filtered water storage tank*)

Air bersih dari *sand filter* atau *filtered water* kemudian ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebagai air domestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler (*boiler feed water*), dan air proses (*process water*).

8. Klorinasi

Agar dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran ataupun perumahan, air bersih harus melalui proses klorinasi. Proses ini merupakan proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, serta mikroorganisme lainnya sehingga air layak dikonsumsi dan digunakan. Air yang telah mengalami proses klorinasi selanjutnya akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

9. *Cooling Tower*

*Cooling tower* adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 45<sup>0</sup>C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami

evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C.

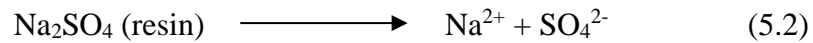
#### 10. Demineralisasi

Air yang digunakan sebagai air proses dan air umpan *boiler* untuk produksi *steam water* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral terlarut. Sehingga perlu dilakukan proses demineralisasi yaitu proses menghilangkan ion-ion terkandung pada air bersih dengan jalan penukaran ion. Proses demineralisasi terjadi pada alat-alat sebagai berikut:

##### 1) *Kation Exchanger*

*Kation exchanger* merupakan unit yang berisi resin pengganti kation. Dimana pengganti kation-kation yang terkandung di dalam air diganti dengan ion  $H^+$  sehingga air yang akan keluar dari *kation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

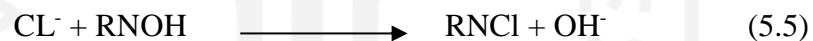


Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam klorida. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



## 2) Anion Exchanger

*Anion exchanger* berfungsi untuk mengikat ion - ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH. Berikut adalah reaksi yang terjadi:



## 11. Deaerator

Deaerasi merupakan proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen ( $\text{O}_2$ ) yang terjadi pada alat bernama Deaerator. Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya korosi pada *tube boiler*.

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan kondensat bekas, sebelum dikirim sebagai air umpan *boiler*. Pada deaerator ini, air dipanaskan hingga 90°C agar gas-gas yang terlarut dalam air, seperti O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dapat dihilangkan. Karena gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa-pipa. Hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa *boiler*. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas di dalam deaerator. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



Air yang keluar dari *deaerator* ini di dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

## 5.2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 6.818 kg/jam

Jenis : *fire tube boiler*

Jumlah : 1 buah

*Boiler* dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, Oksigen (O<sub>2</sub>), Kalsium (Ca), dan Magnesium (Mg) yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed*

*water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5–11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 200°C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, kemudian dialirkan ke *steam heater* untuk didistribusikan ke area-area proses.

### **5.3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)**

Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik *Boric Acid* ini berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik tenaga mandiri yaitu sebuah generator. Generator ini berfungsi sebagai sumber listrik cadangan apabila sumber listrik utama dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak balik dengan kapasitas 1.027 kW. Generator jenis ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
2. Tegangan dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Energi listrik diperlukan untuk penggerak alat proses, alat utilitas, dan alat penunjang lainnya. Rincian kebutuhan listrik adalah sebagai berikut:

1) Kebutuhan Listrik Alat Proses

Kebutuhan listrik alat proses dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut:

Tabel 5. 7 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Mixer</i>	M-01	30,000	22.371,000
Reaktor	R-01	1,500	1.118,550
<i>Crystallizer</i>	K-01	0,500	372,850
<i>Centrifuge</i>	CF-01	200,000	149.140,000
<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	2,000	1.491,400
<i>Belt Conveyor</i>	BC-01	1,500	1.118,550
<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	3,000	2.237,100
	BE-02	1,500	1.118,550
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	0,500	372,850
	SC-02	0,250	186,425
Pompa	P-01	0,750	559,275
	P-02	1,000	745,700
	P-03	0,375	279,638
	P-04	2,000	1.491,400
	P-05	1,000	745,700
	P-06	0,750	559,275
<b>Total</b>		<b>247,175</b>	<b>184.318,398</b>

Sehingga total kebutuhan listrik alat proses adalah 184.318,398 Watt atau 184,318 kW.

2) Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Kebutuhan listrik alat utilitas dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut:

Tabel 5. 8 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	7,500	5.592,750
<i>Kompresor</i>	CPU-01	4,000	2.982,800
Pompa	PU-01	2,000	1.491,400
	PU-02	5,000	3.728,500
	PU-03	5,000	3.728,500
	PU-04	0,050	37,285
	PU-05	5,000	3.728,500
	PU-06	5,000	3.728,500
	PU-07	2,000	1.491,400
	PU-08	3,000	2.237,100
	PU-09	3,000	2.237,100
	PU-10	0,050	37,285
	PU-11	0,125	93,213
	PU-12	0,083	62,142
	PU-13	0,050	37,285
	PU-14	15,000	11.185,500
	PU-15	10,000	7.457,000
	PU-16	0,050	37,285
	PU-17	0,050	37,285
	PU-18	0,050	37,285
	PU-19	0,050	37,285
	PU-20	0,125	93,213
	PU-21	2,000	1.491,400
	PU-22	3,000	2.237,100
<b>Total</b>		<b>72,183</b>	<b>53.827,112</b>

Sehingga total kebutuhan listrik alat utilitas adalah 53.827,112 Watt atau 53,827 kW.

### 3) Kebutuhan Listrik Alat Penunjang

Kebutuhan listrik alat penunjang dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut:

Tabel 5. 9 Kebutuhan listrik alat penunjang

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	a. Listrik AC	45
	b. Listrik Penerangan	300
2	Labortaorium dan bengkel	50
3	Instrumentasi	18
<b>Total</b>		<b>413</b>

Sehingga total kebutuhan listrik alat penunjang adalah 413.000 watt atau 413 kW.

Berdasarkan total perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh total kebutuhan listrik pada pabrik *Boric Acid* kapasitas 60.000 ton/tahun dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut:

Tabel 5. 10 Total Kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan <i>Plant</i>	
	a. Proses	184
	b. Utilitas	54
2	a. Listrik Ac	45
	b. Listrik Penerangan	300
3	Laboratorium dan Bengkel	50
4	Instrumentasi	18
<b>Total</b>		<b>651</b>

Maka Kebutuhan listrik secara keseluruhan pada prarancangan pabrik *Boric Acid* ini digunakan faktor keamanan sebesar 20% sehingga total kebutuhan tenaga listrik sebesar 781 kW.



#### **5.4. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)**

Unit penyediaan udara tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk menggerakkan instrumen-instrumen kontrol. Udara tekan yang diperlukan diperkirakan sebesar 33,644 m<sup>3</sup>/jam yang di distribusikan pada tekanan 6 bar serta dalam kondisi bersih.

#### **5.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar**

Unit penyediaan bahan bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel/solar. Kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* sebesar 972,098 lt/jam dan bahan bakar untuk generator adalah sebesar 50,461 lt/jam.

#### **5.6. Unit Pengolahan Limbah**

Limbah yang dihasilkan dari proses pabrik ini berupa limbah cair. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, (peraturan pemerintah no. 82 tahun 2001) yaitu:

- *Chemical Oxygen Demand* (COD) : maks. 100 mg/l
- *Biological Oxygen Demand* (BOD) : maks 12 mg/l

- Total *Suspended Solid* (TSS) : maks 80 mg/l
- Minyak (*Oil*) : maks. 5 mg/l
- pH : 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut:

### 1. Limbah Air Proses

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari keluaran *centrifuge* berupa  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Fe,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , NaCl dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang akan dimasukkan dalam unit pengolahan limbah. Limbah cair ini akan dijual kepada pabrik yang membutuhkan garam  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan kadar rendah seperti pada beberapa PT sebagai berikut:

- PT Sumber Bersih Dunia
- PT Surabaya Agung Industri *Pulp & Kertas* Driyorejo
- PT Jatim Sinar Santosa

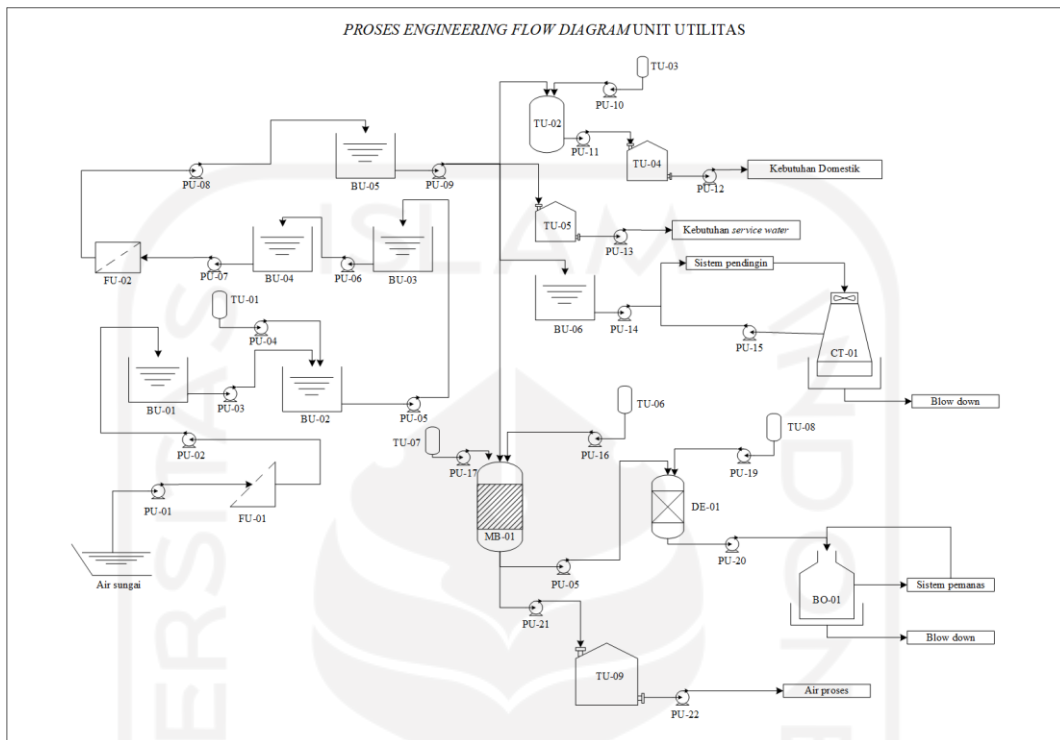
### 2. Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari perkantoran, perumahan, toilet, dan lain-lain. Pengolahan air buangan sanitasi ini tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan *treatment* pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

### 3. Air utilitas

Air utilitas diolah melalui berapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment* (pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia dan

pengontrolan pH), dan *biological treatment*. Diagram alir unit utilitas dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut:



Gambar 5.1 PEFD Utilitas

Keterangan:

1. PU: Pompa Utilitas

2. FU-01: *Filter 1*

3. FU-02: *Sand Filter*

4. BU-01: Bak Sedimentasi

5. BU-02: Bak Penggumpal

6. BU-03: Bak Pengendap I

7. BU-04: Bak Pengendap II

8. BU-05: Bak Penampung Sementara

9. BU-06: Bak Air Dingin

10. TU-01: Tangki Larutan Alum

11. TU-02: Tangki Klorinasi

12. TU-03: Tangki Kaporit

13. TU-04: Tangki Air Bersih

14. TU-05: Tangki *Service Water*

15. TU-06: Tangki Larutan HCl

16. TU-07: Tangki Larutan NaOH

17. TU-08: Tangki Larutan N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

18. TU-09: Tangki Air Proses

19. MB-01: *Mixed Bed*

20. CT-01: *Cooling Tower*

21. DE-01: *Deaerator*

22. BO-01: *Boiler*

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

Dalam prarancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Dengan demikian dapat diketahui apakah pabrik ini menarik atau tidak bagi investor. Selain itu, analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Beberapa faktor yang ditinjau dalam evaluasi ekonomi ini antara lain:

1. *Return On Investment (ROI)*

*Return of investment* merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

2. *Pay Out Time (POT)*

*Pay out time* adalah jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi.

3. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

*Discounted Cash Flow Rate of Return* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah

laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

#### 4. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* adalah suatu titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

#### 5. *Shut Down Point* (SDP)

*Shut Down Point* adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

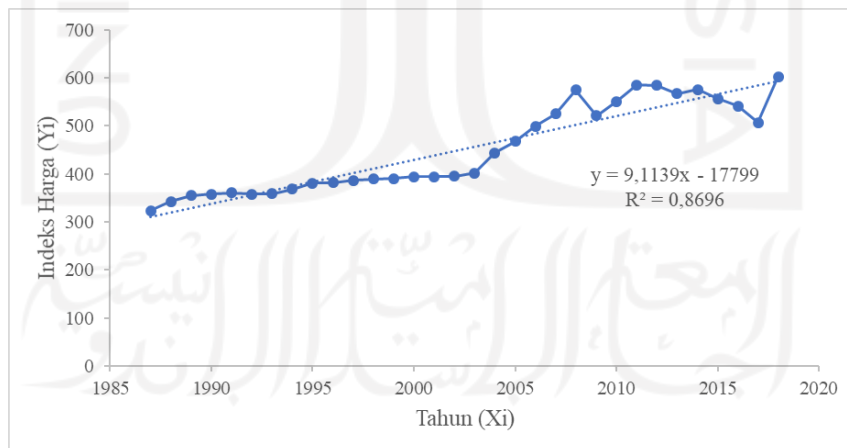
Namun, ada beberapa hal yang perlu diperkirakan sebelum melakukan analisis terhadap kelima faktor di atas, seperti:

1. Penentuan modal industri (*fixed capital investment*), yang meliputi:
  - a. Modal tetap (*fixed capital investment*)
  - b. Modal kerja (*working capital investment*)
2. Penentuan total biaya produksi (*Total production cost*), yang meliputi:
  - a. Biaya pembuatan (*manufacturing cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*general expenses*)
3. Pendapatan modal perkiraan yang perlu dilakukan untuk mengetahui titik impas, adalah sebagai berikut:
  - a. Biaya tetap per tahun (*fixed cost annual*)

- b. Biaya variable per tahun (*variable cost annual*)
- c. Biaya mengambang (*regulated cost annual*)

### 6.1 Penaksiran Harga

Harga dari suatu alat industri akan berubah seiring dengan perubahan ekonomi tiap tahunnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dengan mencari tahu terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut. Untuk mengetahui harga alat pada tahun 2027, maka dicari indeks harga pada tahun tersebut. Indeks harga tahun 2027 dapat diperkirakan dengan data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Pada analisis ini digunakan data indeks harga dari tahun 1987 sampai tahun 2018 (sumber: [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci)), yang kemudian dicari dengan menggunakan persamaan regresi linier. Grafik hubungan antara tahun dengan indeks harga ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Grafik hubungan antara tahun dengan indeks harga

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, berdasarkan data di atas maka didapatkan persamaan berikut:

$$y = 9,1129x - 17799 \tag{6.1}$$

Dimana:

y = indeks harga

x = tahun pembelian

Dari persamaan (6.1) didapat indeks harga pada tahun 2027 adalah 674,875.

Untuk memperkirakan harga alat, terdapat dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga.

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.2)$$

Dimana:

Ex = Harga alat pada tahun pembelian

Ey = Harga alat pada tahun referensi

Nx = Indeks harga pada tahun pembelian

Ny = Indeks harga pada tahun referensi

(Aries dan Newton, 1955).

Apabila terdapat suatu alat dengan kapasitas tertentu yang tidak ada spesifikasinya dalam referensi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan (6.3) dibawah ini:

$$Eb = Ea \left[ \frac{Cb}{Ca} \right]^{0,6} \quad (6.3)$$

Dimana:

Eb : Harga alat b

Ea : Harga alat a

Cb : Kapasitas alat b

Ca : Kapasitas alat a

(Peters et al.,2001).

Harga eksponen tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya. Harga eksponen untuk berbagai macam jenis alat dapat dilihat pada Peter and Timmerhaus, “*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*”, 3th edition. Daftar harga alat proses dapat dilihat pada Tabel 6.1, dan daftar harga alat utilitas dapat dilihat pada Tabel 6.2 yang diperoleh dari situs matche ([www.matche.com](http://www.matche.com)), buku karangan Peters & Timmerhaus, pada tahun 199 0 dan Aries dan Newton tahun 1955.

Tabel 6.1 Harga Alat Proses

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>NY 2014</b>	<b>NX 2027</b>	<b>EY 2014</b>	<b>EX 2027</b>
Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	T-01	1	576	675	\$513.600	\$601.659
Tangki NaOH	T-02	1	576	675	\$98.000	\$114.803
Silo Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	S-01	1	576	675	\$546.400	\$640.083
Silo H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	S-02	1	576	675	\$99.500	\$116.560
<i>Mixer</i>	M-01	1	576	675	\$1.168.600	\$1.368.962
Reaktor	R-01	1	576	675	\$574.100	\$672.532
<i>Crystallizer</i>	K-01	1	576	675	\$437.200	\$512.160
<i>Centrifuge</i>	CF-01	1	576	675	\$195.000	\$228.434
<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	1	576	675	\$114.700	\$134.366
Pompa	P-01	2	576	675	\$24.200	\$56.698
Pompa	P-02	2	576	675	\$24.200	\$56.698
Pompa	P-03	2	576	675	\$20.100	\$47.092
Pompa	P-04	2	576	675	\$24.200	\$56.698
Pompa	P-05	2	576	675	\$24.200	\$56.698
Pompa	P-06	2	576	675	\$22.600	\$52.950
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	1	576	675	\$4.200	\$4.920
<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	1	576	675	\$4.200	\$4.920



Tabel 6.1 Harga Alat Proses (Lanjutan)

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>NY 2014</b>	<b>NX 2027</b>	<b>EY 2014</b>	<b>EX 2027</b>
<i>Belt Conveyor</i>	BC-01	1	576	675	\$4.000	\$4.686
<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	1	576	675	\$10.800	\$12.651
<i>Bucket Elevator</i>	BE-02	1	576	675	\$10.800	\$12.651
<i>Heat Exchanger</i>	HE-01	1	576	675	\$2.400	\$2.811
<i>Heat Exchanger</i>	HE-02	1	576	675	\$2.400	\$2.811
<i>Heat Exchanger</i>	HE-03	1	576	675	\$86.400	\$101.214
<b>Total</b>		<b>40</b>				\$ 4.748.259

Tabel 6.2 Harga Alat Utilitas

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>NY 2014</b>	<b>NX 2027</b>	<b>EY 2014</b>	<b>EX 2027</b>
<i>Screener</i>	FU-01	1	576	675	\$29.600	\$34.675
<i>Reservoir</i>	BU-01	1	576	675	\$17.900	\$20.969
Bak Koagulasi dan Flokulasi	BU-02	1	576	675	\$8.100	\$9.489
Bak Pengendap I	BU-03	1	576	675	\$17.900	\$20.969
Bak Pengendap II	BU-04	1	576	675	\$17.900	\$20.969
<i>Sand Filter</i>	FU-02	1	576	675	\$32.400	\$37.955
Bak Air Penampung Sementara	BU-05	1	576	675	\$8.100	\$9.489
Bak Air Pendingin	BU-06	1	576	675	\$800	\$937
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	1	576	675	\$224.200	\$262.640
<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	1	576	675	\$300	\$351
<i>Deaerator</i>	DE-01	1	576	675	\$11.082	\$12.982
<i>Boiler</i>	BO-01	1	576	675	\$217.400	\$254.674
Tangki Alum	TU-01	1	576	675	\$30.900	\$36.198
Tangki Klorinasi	TU-02	1	576	675	\$10.700	\$12.535
Tangki Kaporit	TU-03	1	576	675	\$30.900	\$36.198
Tangki Air Bersih	TU-04	1	576	675	\$43.400	\$50.841
Tangki <i>Service Water</i>	TU-05	1	576	675	\$20.900	\$24.483
<i>Mixed Bed</i>	TU-06	1	576	675	\$1.500	\$1.757
Tangki NaCl	TU-07	1	576	675	\$2.700	\$3.163
Tangki Air Demin	TU-08	1	576	675	\$11.900	\$13.940
Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	TU-09	1	576	675	\$2.500	\$2.929

Tabel 6.2 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY 2014	NX 2027	EY 2014	EX 2027
Pompa 1	PU-01	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 2	PU-02	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 3	PU-03	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 4	PU-04	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 5	PU-05	2	576	675	\$3.400	\$7.966
Pompa 6	PU-06	2	576	675	\$3.400	\$7.966
Pompa 7	PU-07	2	576	675	\$3.400	\$7.966
Pompa 8	PU-08	2	576	675	\$3.400	\$7.966
Pompa 9	PU-09	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 10	PU-10	2	576	675	\$3.400	\$7.966
Pompa 11	PU-11	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 12	PU-12	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 13	PU-13	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 14	PU-14	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 15	PU-15	2	576	675	\$3.400	\$7.966
Pompa 16	PU-16	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 17	PU-17	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 18	PU-18	2	576	675	\$2.200	\$5.154
Pompa 19	PU-19	2	576	675	\$3.400	\$7.966
Pompa 20	PU-20	2	576	675	\$5.600	\$13.120
Pompa 21	PU-21	2	576	675	\$5.100	\$11.949
Pompa 22	PU-22	2	576	675	\$5.100	\$11.949
Tangki Bahan Bakar <i>Boiler</i>	TU-10	1	576	675	\$3.300	\$3.866
Tangki bahan bakar generator	TU-11	1	576	675	\$13.800	\$16.166
Kompresor	KU-01	2	576	675	\$5.500	\$12.886
<b>Total</b>		<b>69</b>				<b>\$1.055.694</b>

## 6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik *Boric*

*Acid* ini adalah:

1. Kapasitas produksi : 60.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari
3. Tahun pabrik didirikan : 2027
4. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp 14.853
5. Umur alat : 10 tahun

## 6.3 Perhitungan Biaya

### 6.3.1 *Capital Investment*

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya (Peters dan Timmerhaus, 2004). *Capital investment* meliputi:

#### a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* adalah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik. Setelah melakukan perhitungan rencana, maka pabrik *Boric Acid* ini memerlukan *rencana physical plant cost*, *direct plant cost*, dan *fixed capital instrument*. Hasil perhitungan masing-masing dapat dilihat pada Tabel 6.3 - 6.5.

Tabel 6.3 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	86.203.797.556	5.803.953
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	21.550.949.389	1.450.988
3	<i>Instalasi cost</i>	17.163.113.560	1.155.563
4	<i>Pemipaan</i>	21.703.123.657	1.461.234
5	<i>Instrumentasi</i>	22.129.041.881	1.489.910
6	<i>Insulasi</i>	3.786.222.650	254.920
7	<i>Listrik</i>	12.930.569.633	870.593
8	<i>Bangunan</i>	42.273.495.000	2.846.202
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	81.100.800.000	5.460.377
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>308.841.113.326</b>	<b>20.793.741</b>

Tabel 6.4 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Teknik dan Konstruksi</i>	61.768.222.665	4.158.748
<b><i>Total (DPC + PPC)</i></b>		<b>370.609.335.992</b>	<b>24.952.489</b>

Tabel 6.5 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Total DPC + PPC</i>	370.609.335.992	24.952.489
2	<i>Kontraktor</i>	19.642.294.808	1.322.482
3	<i>Biaya tak terduga</i>	29.173.914.785.870	1.964.229.481
<b><i>Fixed Capital Investment (FCI)</i></b>		<b>29.564.166.416.669</b>	<b>1.990.504.452</b>

b. *Working Capital Investment*

*Working capital investment* adalah modal yang dibutuhkan untuk menjalankan operasional pabrik selama waktu tertentu. *Working capital investment* dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 *Working Capital Investment (WCI)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	1.325.009.638.322	89.210.619
2	<i>In Process Inventory</i>	1.008.252.267.241	67.883.890
3	<i>Product Inventory</i>	2.016.504.534.482	135.767.780
4	<i>Extended Credit</i>	2.971.941.392.312	200.095.700
5	<i>Available Cash</i>	2.016.504.534.482	135.767.780
<b><i>Working Capital Investment (WCI)</i></b>		<b>9.338.212.366.839</b>	<b>628.725.770</b>

### 6.3.2 Manufacturing Cost

*Manufacturing cost* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk. *Manufacturing cost* berdasarkan Aries dan Newton (1955) terdiri dari:

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

*Direct manufacturing cost* merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dengan operasional pabrik. *Direct manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	14.575.106.021.542	981.316.808
2	<i>Labor</i>	958.000.000	64.500
3	<i>Supervision</i>	191.600.000	12.900
4	<i>Maintenance</i>	1.773.849.985.000	119.430.267
5	<i>Plant Supplies</i>	266.077.497.750	17.914.540
6	<i>Royalty and Patents</i>	326.913.553.154	22.010.527
7	<i>Utilities</i>	55.083.786.082	3.708.697
<b><i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i></b>		<b>16.998.180.443.529</b>	<b>1.144.458.239</b>

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

*Indirect manufacturing cost* merupakan biaya pengeluaran yang tidak langsung berhubungan dengan operasional pabrik. *Indirect manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6. 8 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	143.700.000	9.675
2	<i>Laboratory</i>	95.800.000	6.450
3	<i>Plant Overhead</i>	862.200.000	58.050
4	<i>Packaging and Shipping</i>	1.634.567.765.772	110.052.635
<b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b>		<b>1.635.669.465.772</b>	<b>110.126.811</b>

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

*Fixed Manufacturing Cost* merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan dengan initial *fixed capital investment*. Biaya ini selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi. Sehingga biaya ini bersifat tetap dan selalu sama, tidak bergantung waktu, dan tingkat produksi. *Fixed manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6. 9 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	2.956.416.641.667	199.050.445
2	<i>Property taxes</i>	295.641.664.167	19.905.045
3	<i>Insurance</i>	295.641.664.167	19.905.045
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>3.547.699.970.000</b>	<b>238.860.534</b>

Sehingga didapatkan total *manufacturing cost* yang dapat dilihat pada Tabel 6.10.

Tabel 6. 10 Total *Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	16.998.180.443.529	1.144.458.239
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	1.635.669.465.772	110.126.811
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	3.547.699.970.000	238.860.534
<b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b>		<b>22.181.549.879.301</b>	<b>1.493.445.584</b>

### 6.3.3 *General Expense*

*General expense* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

*General expense* dapat dilihat pada Tabel 6.11.

Tabel 6. 11 *General expense*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Administration</i>	1.330.892.992.758	89.606.735
2	<i>Sales expense</i>	2.107.247.238.534	141.877.330
3	<i>Research</i>	1.109.077.493.965	74.672.279
4	<i>Finance</i>	778.047.575.670	52.384.604
<b><i>General Expense (GE)</i></b>		<b>5.325.265.300.927</b>	<b>358.540.949</b>

Sehingga total *production cost* dapat dilihat pada Tabel 6.12.

Tabel 6. 12 *Total Production Cost*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	22.181.549.879.301	1.493.445.584
2	<i>General Expense (GE)</i>	5.325.265.300.927	358.540.949
<b><i>Total Production Cost (TPC)</i></b>		<b>27.506.815.180.228</b>	<b>1.851.986.533</b>

#### 6.4 Analisis Keuntungan

##### a. Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp32.691.355.315.434

Total biaya produksi : Rp 27.506.815.180.228

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp 5.184.540.135.206

##### b. Keuntungan sesudah pajak

Pajak : 25% x Rp 5.184.540.135.206

: Rp1.296.135.033.802

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp 3.888.405.101.405

## 6.5 Analisis Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisis atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

### 6.5.1 Return on investment (ROI)

*Return on investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah minimum adalah 11%, sedangkan untuk pabrik risiko tinggi minimum adalah 44% (Aries dan Newton, 1955). Untuk menghitung ROI dapat digunakan persamaan 6.4 berikut:

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{Fix Capital}} \times 100\% \quad (6.4)$$

#### 1. ROI Sebelum pajak (ROIb)

$$ROIb = \frac{\text{keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fix Capital}} \times 100\% \quad (6.5)$$

$$ROIb = 17,540 \%$$

#### 2. ROI Setelah Pajak (ROIa)

$$ROIa = \frac{\text{keuntungan setelah pajak}}{\text{Fix Capital}} \times 100\% \quad (6.6)$$

$$ROIa = 13,150 \%$$



### 6.5.2 Pay Out Time (POT)

*Pay out time* adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah adalah 5 tahun, sedangkan untuk pabrik resiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries dan Newton, 1955).

Untuk menghitung ROI dapat digunakan persamaan 6.7 berikut:

$$POT = \frac{\text{Fix capital investment}}{(\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi})} \quad (6.7)$$

#### 1. POT Sebelum Pajak (POT<sub>b</sub>)

$$POT_b = \frac{\text{Fix capital investment}}{(\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depresiasi})} \quad (6.8)$$

$$POT_b = 3,6 \text{ tahun}$$

#### 2. POT Setelah Pajak (POT<sub>a</sub>)

$$POT_a = \frac{\text{Fix capital investment}}{(\text{Keuntungan setelah pajak} + \text{Depresiasi})} \quad (6.9)$$

$$POT_a = 4,3 \text{ tahun}$$

### 6.5.3 Break Even Point (BEP)

*Break even point* adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%. Pabrik akan untung jika beroperasi diatas BEP, dan akan rugi jika

beroperasi dibawah BEP. Persamaan untuk menghitung BEP adalah sebagai berikut:

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.10)$$

Dimana:

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada Produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6.13 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	2.956.416.641.667	199.050.445
2	<i>Property taxes</i>	295.641.664.167	19.905.045
3	<i>Insurance</i>	295.641.664.167	19.905.045
	<b><i>Fixed Cost (Fa)</i></b>	<b>3.547.699.970.000</b>	<b>238.860.534</b>

Tabel 6.14 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	958.000.000	64.500
2	<i>Plant overhead</i>	862.200.000	58.050
3	<i>Payroll overhead</i>	143.700.000	9.675
4	<i>Supervision</i>	191.600.000	12.900
5	<i>Laboratory</i>	95.800.000	6.450
6	<i>Administration</i>	1.330.892.992.758	89.606.735
7	<i>Finance</i>	1.109.077.493.965	74.672.279
8	<i>Sales expense</i>	2.107.247.238.534	141.877.330
9	<i>Research</i>	1.109.077.493.965	74.672.279
10	<i>Maintenance</i>	1.773.849.985.000	119.430.267
11	<i>Plant supplies</i>	266.077.497.750	17.914.540
	<b><i>Regulated Cost (Ra)</i></b>	<b>7.698.474.001.972</b>	<b>518.325.007</b>

Tabel 6.15 Annual Variable Value (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	14.575.106.021.542	981.316.808
2	Packaging & shipping	1.634.567.765.772	110.052.635
3	Utilities	55.083.786.082	3.708.697
4	Royalties and Patents	326.913.553.154	22.010.527
<b>Variable Cost (Va)</b>		<b>16.591.671.126.550</b>	<b>1.117.088.666</b>

Tabel 6.16 Annual Sales Value (Sa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Annual Sales Value	32.691.355.315.434	2.201.052.699
<b>Annual Sales Value (Sa)</b>		<b>32.691.355.315.434</b>	<b>2.201.052.699</b>

Dengan menggunakan data yang terdapat pada tabel 6.13-6.16, maka diperoleh nilai BEP sebesar:  $BEP = 52,620 \%$ .

#### 6.5.4 Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* adalah tingkat produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Persamaan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut:

Dimana:

$R_a$  = Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

$V_a$  = Annual Variable Value pada Produksi maksimum

$S_a$  = Annual Sales Value pada produksi maksimum

Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 6.12-6.14, maka diperoleh nilai SDP sebesar 20,200 %.

### 6.5.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

*Discounted cash flow of return* merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut:

Dimana:

FC = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

C = *cash flow* = profit *after taxes* + depresiasi + *finance*

n = umur pabrik = 10 tahun

i = nilai DCFR

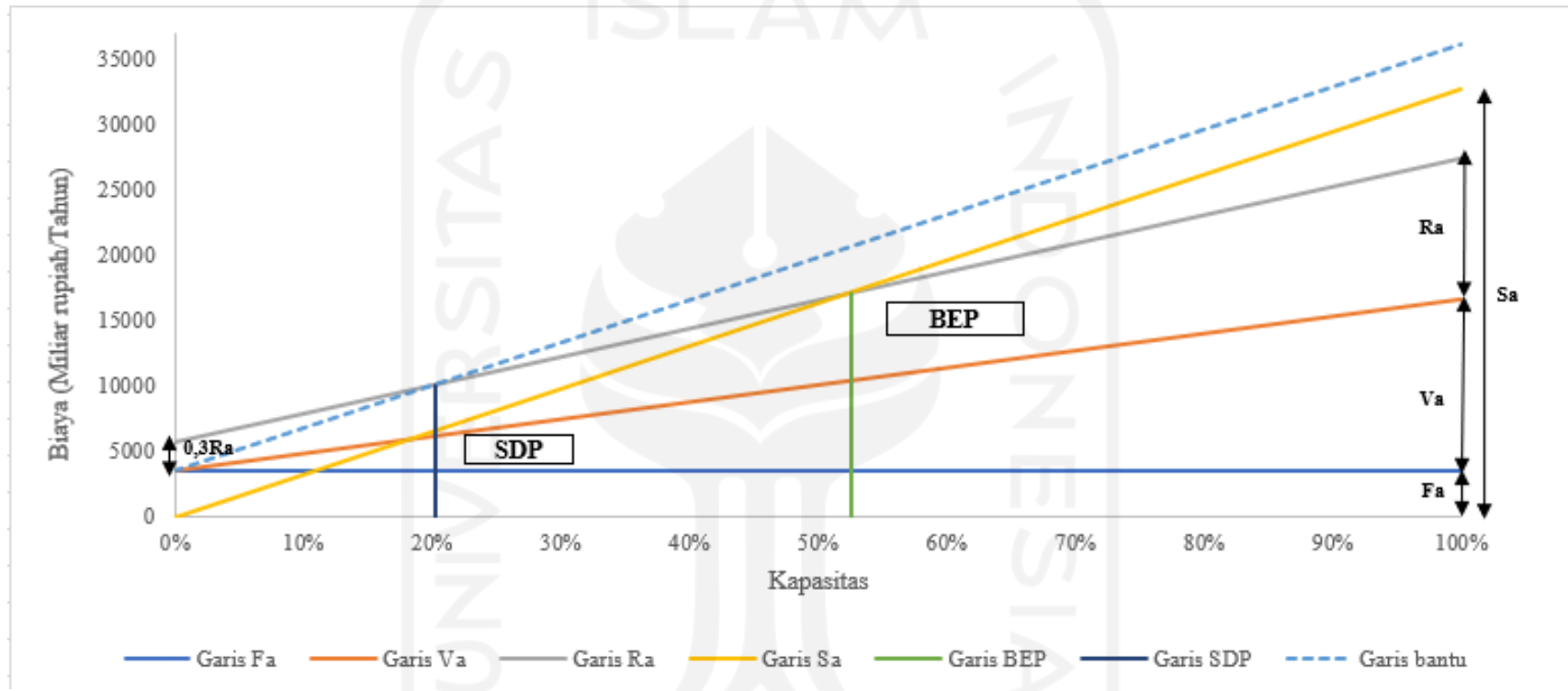
sebagai perhitungan digunakan data:

Sehingga dengan *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh

nilai DCFR sebesar: 9,168 % dengan:

Bunga bank = 2,75 %

Kesimpulan = memenuhi syarat ( $1,5 \times 2,75\% = 4,13\%$ )



Gambar 6.2 Grafik Analisa Kelayakan

## 6.6 Risiko Pabrik

Tabel 6.17 Risiko Pabrik

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1.	Kondisi Operasi	Suhu: 90 °C	✓	
		Tekanan: 1 atm	✓	
2	<b>Bahan baku yang digunakan</b>			
	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	Toksistas: Akut		✓
		<i>Explosion limits</i> : lower 1,70 %	✓	
		<i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar	✓	
		Stabilitas: Stabil	✓	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Toksistas: Akut		✓
		<i>Explosion limits</i> : tidak mudah meledak	✓	
		<i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar	✓	
Stabilitas: tidak stabil			✓	
3.	<b>Sifat produk yang dihasilkan</b>			
	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Toksistas: Akut		✓
		<i>Explosion limits</i> : Tidak mudah meledak	✓	
		<i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar	✓	
Stabilitas: stabil		✓		
4.	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Toksistas: tidak akut	✓	
		<i>Explosion limits</i> : Tidak mudah meledak	✓	
		<i>Flammability</i> : tidak mudah terbakar	✓	
		Stabilitas: stabil	✓	

Tabel 6.17 Risiko Pabrik (Lanjutan)

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
4.	Regulasi Pemerintah	Kebijakan Pemerintah dalam bidang investasi, Pemerintah masih membuka kesempatan investasi bagi industri <i>Boric Acid</i> di Indonesia. Hal ini terlihat dalam <b>Daftar Negatif Investasi (DNI) yang tertuang dalam Keppres No.54 tahun 1993</b> , bahwa <i>Boric Acid</i> tidak termasuk dalam bidang usaha yang tertutup mutlak bagi penanam modal, sehingga masih terbuka peluang investasi untuk PMDN maupun PMA.	✓	
		Berdasarkan Peraturan menteri kesehatan RI No. 722 tahun 1999 tentang persyaratan teknis bahan tambahan pangan bahwa <i>Boric Acid</i> dilarang menjadi bahan tambahan makanan.		✓
5	Keberadaan Pabrik	Belum terdapat pabrik <i>Boric Acid</i> di Indonesia. Sementara di luar negeri terdapat 6 pabrik yang memproduksi <i>Boric Acid</i> , yaitu :		
		1. Minera santa rita S.R.L (Argentina)		
		2. Minera Tierra S.A. (Bolivia)		
		3. Quimica e Industrial del Borax L.tda. (Chile)		
		4. Liaodong Peninsula (China)		
		5. Quimica Oquendo S.A (Peru)		
		6. Eti Holding A.S (Turki)		

Melihat parameter pada Tabel 6.17, maka pabrik *Boric Acid* dikategorikan sebagai pabrik dengan risiko rendah (*low risk*).

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa, baik yang ditinjau secara teknis maupun ekonomi, pra rancangan pabrik *Boric Acid* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik *Boric Acid* didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor, memberikan lapangan pekerjaan, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Pabrik *Boric Acid* akan didirikan dengan kapasitas 60.000 ton/tahun, bahan baku pembuatan *Boric Acid* berupa *Borax* yang diperoleh dari PT. Aneka Kimia Inti dan PT. Dwi Tunggal Mulia Kimia, Surabaya serta Asam Sulfat yang diperoleh dari PT. Petrokimia, Gresik.
3. Pabrik akan dijalankan dengan proses reaksi asidifikasi dikarenakan memiliki konversi reaksi yang tinggi dibandingkan dengan proses lain. Langkah yang dilakukan sederhana dan tidak menghasilkan limbah. Pabrik *Boric Acid* tergolong sebagai pabrik dengan risiko rendah berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta regulasi pemerintah.
4. Pabrik *Boric Acid* ini akan didirikan pada tahun 2027 di Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, kemudahan pemasaran, kemudahan sarana utilitas berupa sumber air, akses transportasi, dan ketersediaan tenaga kerja yang terampil.



5. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang telah dilakukan, diperoleh bahwa

<b>Parameter Kelayakan</b>	<b>Perhitungan</b>	<b>Standar Kelayakan</b>
<b>Keuntungan</b>		
a. Keuntungan sebelum pajak	Rp5.184.540.135.206	Pajak 25%
b. Keuntungan setelah pajak	Rp3.888.405.101.405	
<b>Return on Investment (ROI)</b>		
a. ROI sebelum pajak	17,540%	Minimal 11% untuk kategori pabrik dengan resiko rendah
b. ROI setelah pajak	13,150%	
<b>Pay Out Time (POT)</b>		
a. POT sebelum pajak	3,6	Maksimal 5 tahun untuk kategori pabrik resiko rendah
b. POT setelah pajak	4,3	
<b>Break Even Point (BEP)</b>	52,620%	40% - 60%
<b>Shut Down Point (SDP)</b>	20,200%	20% - 30%
<b>Discounted Cash Flow Return (DCFR)</b>	9,168%	>1,5 bunga bank = minimum 4,13%

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik *Boric Acid* dari *Borax* dan Asam Sulfat dengan kapasitas 60.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

## 7.2 Saran

Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan untuk meningkatkan kelayakan pendirian pabrik kimia, diantaranya sebagai berikut:

1. Optimasi pemilihan alat proses dan penunjang bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Produk *Boric Acid* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
3. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Statistic Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses pada 23 Januari 2022 pukul 15.00 WIB
- Branan, C.P., 1994. *Rules of Thumb for Chemical Engineers*. US Patent: 4,156,654.
- Brown, G G (1977). *Unit Operarions*. CBS, New Delhi
- Brownell, L E. Young, E H. (1959). *Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Burke et al., 1938. *PROCESS FOR THE MANUFACTURE OF BORIC ACID Filed*. U S Patent US No. 2104009
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Pergamon Press, Oxford.
- Fogler, H.S. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 4th ed. Pearson Education Inc. Massachusetts.
- Geankoplis, C. J., and Richardson, J. F., 1989, *Transport Process and Unit Operation*, Pergamon Press, Singapore.
- Harahap, F. S. and Lubis, L. T. (2018) “*Analysis of Heavy Metals Distribution in the River Town of Hamasaki’s Rod Padangsidimpuan*”, *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN : 2549-7464)*, 19(2)
- Holland, F. A. and Chapman, F. S., 1966, “*Liquid Mixing and Processing in Stirred Tang*”, 1st ed., Reinhold Publishing Co-Chapman & Hall, Ltd., London
- Kern, D.Q., 1965, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill Book Company Inc., New York
- Kirk, R. E and Othmer, D. F., 1951, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Interscience Enyclopedia, Inc., New York.
- Kum, C., Alkan, M., Kocakerim, M., 1994. *Dissolution kinetics of calcined colemanite in ammonium chloride solution*. Turkey: Universitas Atatiirk
- Leaves (*Theobroma cacao* L.). EKSAKTA Berk. Ilm. Bid. MIPA 19, 40– 45
- Matche, 2022. Equipment cost. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 1 Agustus 2022 pukul 20.30 WIB
- McCabe, W L. Smith, J C. Harriot, P (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill. New York
- Panjaitan, R. R. 2010. *Book of Mineral Industry Surveys*. Berita Litbang industri. 45(3): 22-28.
- Parbuntari, H., Prestica, Y., Gunawan, R., Nurman, M.N., Adella, F., 2018. *Preliminary Phytochemical Screening (Qualitative Analysis)*

Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Presiden Republik Indonesia

Perry, R.H. and Green, D.W., 2008, *Perry's Chemical Engineers Hand Book*, 8 ed., Mc.Graw Hill Book Company Inc., Singapore

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

*Plant Cost Index*. 2014. [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci). Diakses pada 30 Januari 2022 pukul 13.00 WIB

Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott M., 1997, *Intrduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6ed, McGraw-Hill, Int. ed., New York.

Timerhaus, K D (2003). *Plant Design and Economics for Cheimcal Engineers fifth Editions*. McGraw-Hill. Colorado

Treybal (1981). *Mass – Transfer Operations*. McGraw-Hill. Singapore

Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3rd ed, Butterworths Series in Chemical Engineering, USA.

Yaws, Carl L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.



## LAMPIRAN A PERHITUNGAN REAKTOR

Reaktor -01

Fungsi	: Meraksikan <i>Borax</i> dengan Asam Sulfat menjadi <i>Boric Acid</i> , Natrium sulfat, dan air.
Jenis/Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: Kontinyu
Fase	: Cair - Cair
Bahan konstruksi	: <i>Stainless stell SA-167 Grade 3 type 304</i>
Suhu, °C	: 90 °C
Tekanan, atm	: 1 atm
Kondisi Proses	: Eksotermis
Konversi	: 90%

### 1. Dasar Pemilihan Jenis Reaktor

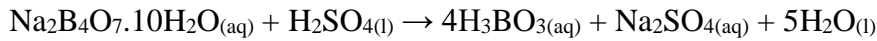
- Terdapat pengaduk sehingga komposisi reaktor yang homogen bisa terpenuhi.
- Reaksi pada fase cair-cair.
- Harga alat relatif lebih murah.
- Konstruksi lebih sederhana.

### 2. Dasar Pemilihan Bahan Konstruksi

- Memiliki struktur yang kuat
- Tahan terhadap korosi
- Harga relatif lebih murah dibandingkan jenis *stainless steel* yang lain

## Tinjauan Termodinamika

Berikut ini adalah reaksi Asidifikasi pembuatan *Boric acid* dari *Borax*:



Apabila ditinjau dari segi termodinamika, harga  $\Delta G_{f,298}$  masing-masing komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada tabel 1.6 dibawah ini:

Tabel A-1 Harga  $\Delta G_{f,298}$  Masing-masing komponen

Komponen	Harga $\Delta G_{f,298}$ (kJ/mol)	Harga $\Delta H_{f,298}$ (kJ/mol)
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-5.516,000	-3.291,100
$\text{H}_2\text{SO}_4$	-744,530	-813,989
$\text{H}_3\text{BO}_3$	-968,520	-1.094,022
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	-1.268,360	-1.389,510
$\text{H}_2\text{O}$	-237,129	-285,830

Sumber: *Perry's Chemical Engineers Hand Book*, 8 ed

$$\Delta H_{f,298} = \Sigma H_f \text{ produk} - \Sigma H_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{r,298}^0 &= (4 \times \Delta H_{r,298}^0 \text{ H}_3\text{BO}_3 + \Delta H_{r,298}^0 \text{ Na}_2\text{SO}_4 + 5 \times \Delta H_{r,298}^0 \text{ H}_2\text{O}) - \\ &\quad (\Delta H_{r,298}^0 \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \Delta H_{r,298}^0 \text{ H}_2\text{SO}_4) \\ &= ((4 \times (-1094,022)) + (-1389,510) + (5 \times (-285,830))) - ((-3291,1) + \\ &\quad (-813,989)) \\ &= -3089,659 \text{ kJ/mol} \\ &= -3.089.659 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Didapatkan nilai  $\Delta H_r^0$  yang bernilai negatif, secara teoritis hal ini menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi dalam kondisi eksotermis.

$$\begin{aligned} \Delta G_{f,298} &= \Delta G_{f,298} \text{ produk} - \Delta G_{f,298} \text{ reaktan} \\ &= (4 \times \Delta G_{f,298} \text{ H}_3\text{BO}_3 + \Delta G_{f,298} \text{ Na}_2\text{SO}_4 + 5 \times \Delta G_{f,298} \text{ H}_2\text{O}) - \\ &\quad (\Delta G_{f,298} \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \Delta G_{f,298} \text{ H}_2\text{SO}_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= ((4 \times (-968,520)) + (-1268,360) + (5 \times (-237,129))) - ((-5516,000) \\
&\quad + (-744,53)) \\
&= -67,555 \text{ kJ/mol} \\
&= -67.555 \text{ kJ/kmol}
\end{aligned}$$

Didapatkan nilai  $\Delta G_f$  yang bernilai negatif, secara teoritis hal ini menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi secara spontan.

$$\begin{aligned}
\text{Ln } K_o &= \frac{-\Delta G_{f,29}}{RT} && \text{(Smith Van Ness, 1997)} \\
&= \frac{-(-67555 \text{ kJ/kmol})}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \times 298,5 \text{ K}} \\
&= 27
\end{aligned}$$

$$K_o = 6,636 \times 10^{11} \text{ kJ/kmol}$$

$$\text{Ln } \frac{K}{K_o} = \frac{-\Delta H_{f,298}}{R} \times \frac{1}{T} \times \frac{1}{T_o}$$

$$\text{Ln } K = K_o \frac{-\Delta H_{f,298}}{R} \times \frac{1}{T} \times \frac{1}{T_o}$$

$$= 6,636 \times 10^{11} \text{ kJ/kmol} \times \frac{-(-3089659 \text{ kJ/kmol})}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}} \times \frac{1}{363,15\text{K}} \times \frac{1}{300\text{K}}$$

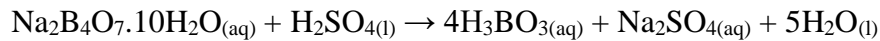
$$\text{Ln } K = 6,305 \times 10^{10}$$

Karena harga K yang besar dapat disimpulkan bahwa pada proses pembentukan *boric acid* merupakan reaksi *irreversible* atau reaksi yang tidak dapat balik.

### Tinjauan Kinetika

Reaksi *Borax* ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dengan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) akan menghasilkan *Boric acid* ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dan hasil samping berupa Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) serta Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), berikut adalah reaksi yang terjadi, reaksi ini disebut dengan proses asidifikasi:





Dengan huruf A sebagai bahan baku yaitu *Borax*, B sebagai Asam Sulfat, C Sebagai produk yaitu *Boric acid*, D produk samping berupa Natrium Sulfat, dan E sebagai Air. Reaksi diatas merupakan reaksi orde 2, sehingga secara kinetika persamaan kecepatan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:

$$-r_A = kC_A C_B$$

Nilai K dapat diperoleh melalui perhitungan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

$$k = A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right)$$

Dimana,

$C_A$  : Konsentrasi *Borax*

$C_B$  : Konsentrasi Asam Sulfat

$k$  : Konstanta kecepatan reaksi

$A$  : Faktor frekuensi (L/mol.s)

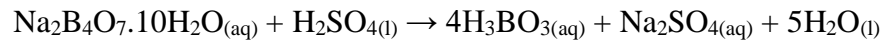
$E_a$  : Energi aktivasi (J/mol)

$R$  : Konstanta gas (8,314 J/mol.K)

$T$  : Suhu (K)

Berdasarkan data yang diperoleh dari jurnal pembentukan *boric acid* oleh Canan Kum, et. Al., 1994, diketahui nilai  $E_a$  53,970 J/mol, dan nilai  $A$  sebesar 26,1 L/mol.s sehingga didapatkan nilai kinetika reaksi yaitu 25,637 L/mol.s.

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor:



Tabel A.1 Neraca Massa di Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	13.018,908		1.536,231
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057		39,057
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15,623		4.292,356
NaCl	6,509		6,509
Fe	3,906		3,906
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		3.281,141	328,114
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>			7.446,877
H <sub>2</sub> O	12.313,670	136,714	15.162,478
<b>Total</b>	<b>25.397,673</b>	<b>3.417,855</b>	<b>28.815,528</b>
<b>Subtotal</b>		<b>28.815,528</b>	<b>28.815,528</b>

Nilai Densitas Campuran ( $\rho_{\text{campuran}}$ ) = 1.033 (kg/m<sup>3</sup>)

Nilai Viskositas campuran ( $\mu_{\text{campuran}}$ ) = 2,901 cP

Tabel A.2 Nilai densitas dan viskositas Reaktor-01

Komponen	Massa (kg/jam)	Fv (m <sup>3</sup> /jam)	Fm (kmol/jam)	$\rho$ campuran (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ campuran (cP)
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	1.536,231	7,792	34,137	75,111	0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057	0,036	0,368	0,527	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.292,356	0,006	0,110	0,354	0,000000117
NaCl	6,509	0,003	0,111	0,279	2,183708500
Fe	3,906	0,000	0,070	0,721	0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	328,114	1,864	33,454	77,536	0,587487478
H <sub>2</sub> O	15.162,478	12,892	691,101	878,971	0,130525768
<b>Total</b>	<b>28.815,528</b>	<b>22,594</b>	<b>759,352</b>	<b>1033,499</b>	<b>2,901721863</b>

Nilai Kecepatan laju alir volumetrik (Fv) = 22,594 m<sup>3</sup>/jam

Konsentrasi mula-mula Borax (C<sub>A0</sub>) =  $\frac{n_A}{Fv}$

= 1,511 kmol/m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Borax } (C_A) &= C_{A0}(1 - X) \\ &= 0,151 \text{ kmol/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi mula-mula Asam Sulfat } (C_{B0}) &= \frac{n_B}{Fv} \\ &= 1,480 \text{ kmol/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Asam Sulfat } (C_B) &= C_{B0} - (C_{A0} \times X) \\ &= 0,121 \text{ kmol/m}^3 \end{aligned}$$

(Fogler, 2006)

$$\begin{aligned} M &= \frac{C_{B0}}{C_{A0}} \\ &= 0,980 \end{aligned}$$

$$\text{Konversi } (X) = 90 \%$$

$$\text{Nilai Kinetika reaksi } (k) = 25,637 \text{ L/mol.s}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Reaksi } (-r_A) &= k \cdot C_A \cdot C_B \\ &= 0,468 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$

#### A. Mencari Volume Reaktor

$$V = \frac{Fv (C_{A0} \cdot Xa)}{(-r_A)}$$

$$V = 65,622 \text{ m}^3$$

## B. Merancang Dimensi Reaktor

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak, dengan asumsi kondisi non-adiabatis.

### Volume Shell Reaktor

Dalam perancangan dibuat *over design* 20% (Timmerhaus, 2003), sehingga volume *shell* reaktor menjadi:

$$\begin{aligned}V_{shell} \text{ terhitung} &= 65,622 \text{ m}^3 \\V_{shell} \text{ design} &= 1,2\% \times V \text{ terhitung} \\&= 1,2\% \times 65,622 \text{ m}^3 \\&= 78,747 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### Menentukan diameter dan tinggi reaktor

Menurut buku “*Process Equipment Design*” oleh Brownell and Young tabel 3.3 halaman 43 dipilih RATB berbentuk silinder tegak dengan perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum ialah D:H= 1:1,5 (H=1,5D).

$$V_{shell} = 78,747 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter Shell} &= \left( \frac{4 \cdot V_{shell}}{\pi \cdot 1,5} \right)^{\frac{1}{3}} \\&= 4,058 \text{ m}\end{aligned}$$

### Menghitung tinggi shell

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Shell (H)} &= 1,5 D \\&= 1,5 \times 4,058 \text{ m} \\&= 6,088 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{dish} &= 0,000049D^3 \\
 &= 0,000049 \times (4,058 \text{ m})^3 \\
 &= 0,003 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$V_{sf} \text{ (straight of flanged)} = \frac{3,14 \times D^2 \times sf}{4}$$

$$= 0,766 \text{ m}^3$$

$$V_{head} = V_{dish} + V_{sf}$$

$$= 0,003 \text{ m}^3 + 0,766 \text{ m}^3$$

$$= 0,824 \text{ m}^3$$

$$V_{reaktor} = V_{shell} + 2 V_{head}$$

$$= 78,747 \text{ m}^3 + 2 \times 0,824 \text{ m}^3$$

$$= 80,396 \text{ m}^3$$

$$V_{bottom} = 0,5 \times V_{head}$$

$$= 0,5 \times 0,824 \text{ m}^3$$

$$= 0,412 \text{ m}^3$$

$$V_{cairan \text{ dalam } shell} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$= 65,622 \text{ m}^3 - 0,412 \text{ m}^3$$

$$= 65,210 \text{ m}^3$$

Tinggi Cairan dalam *shell*

$$H_{liq} = \frac{V_{cairan \text{ dalam } shell}}{\frac{3,14}{4} \times D^2}$$

$$= 5,042 \text{ m}$$

### Menentukan tebal dinding reaktor

Digunakan persamaan 13-12 dari buku “*Process Equipment Design*” karangan Brownell and Young halaman 25.

$$ts = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6P} + C$$

dimana:

ts = Tebal dinding *shell*

P = Tekanan design = 23,779 psi

ri = Jari-jari reaktor = 79,900 in

E = Efisiensi sambungan las = 85%

f = Tekanan Maksimum = 18.750 psi

C = Korosi yang diijinkan = 0,125 in

Maka:

$$ts = \frac{23,779 \times 79,900}{18750 \text{ psi} \times 0,85 - 0,6 \times 23,630 \text{ psi}} + 0,125 = 0,244 \text{ in}$$

Digunakan tebal *shell* standar = (1/4) = 0,25 in

Dari data yang telah diperoleh dalam menentukan tebal *shell*, dapat diketahui nilai berikut ini:

ID *Shell* = 159,800 in

OD *shell* = ID *shell* + 2 ts

= 160,300 in

Digunakan tabel 5.7 dari buku “*Process Equipment Design*” karangan Brownell and young, hal 91 dan diperoleh nilai-nilai standar berikut:

OD standar = 168 in

icr = 10,125 in

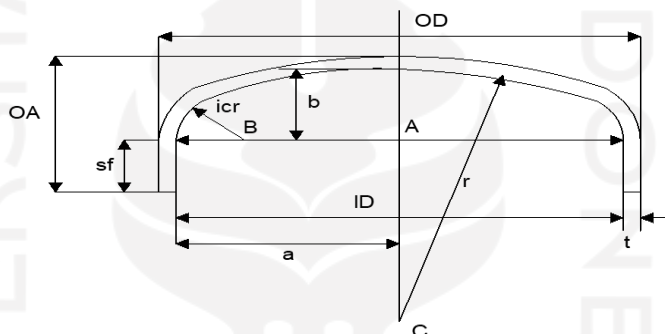
r = 144 in

### Menentukan ukuran *head* dan *bottom* reaktor

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 tipe 309 A*

Bentuk Head : *Flanged and Dished Head (Torispherical Head)*

Dipilih bentuk *flanged and dished head (Torispherical)* karena umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, dan harga murah.



Gambar A.1 *Torispherical Head*

Keterangan gambar:

ID : Diameter dalam *head*

OD : Diameter luar *head*

a : Jari-jari dalam *head*

t : Tebal *head*

r : Jari-jari dalam *head*

icr : *Inside corner radius*

b : *Deep of dish*

sf : *Straight of flanged*

OA : Tinggi *head*

Digunakan persamaan persamaan 7.76 dan 7.77 di buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and young, hal 138.

Tebal head dihitung dengan persamaan berikut:

$$w = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \quad th = \frac{Prw}{(2fE - 0,2P)} + C$$

dimana:

th = Tebal *head*

P = Tekanan design = 23,767 psi

E = Efisiensi sambungan las = 85%

f = Tekanan Maksimum = 18.750 psia

C = Korosi yang diijinkan = 0,125 in

icr = 10,125 in

r = 144 in

w = 1,692 in

sehingga

$$th = \frac{23,767 \text{ psi} \times 144 \text{ in} \times 1,692 \text{ in}}{(2 \times 18750 \text{ psi} \times 0,85 - 0,2 \times 23,767 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} = 0,194 \text{ in}$$

Digunakan tebal standar (1/4) = 0,25 in

Dengan ukuran th maka tebal *head*(th) = tebal *bottom* (tb)

#### **Dimensi untuk torispherical head (Brownell & Young, 1959)**

sf = 2,5 in

a =  $\frac{ID}{2}$

= 83,750 in

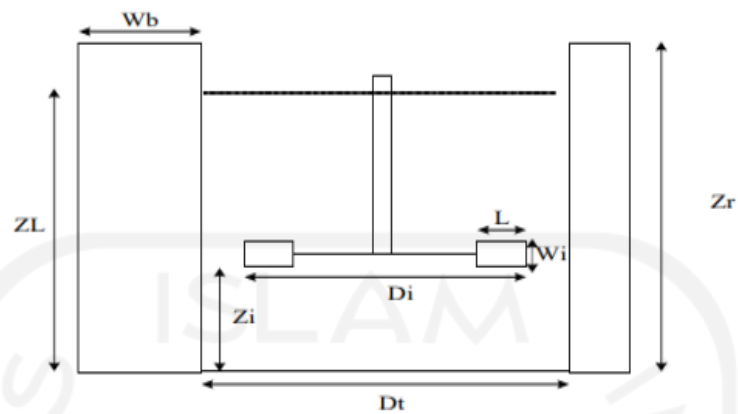
AB = a – icr

= 83,750 in - 10,125 in



$$\begin{aligned}
 &= 73,625 \text{ in} \\
 \text{BC} &= r - icr \\
 &= 144 \text{ in} - 10,125 \text{ in} \\
 &= 133,875 \text{ in} \\
 \text{AC} &= \sqrt{BC^2} - \sqrt{AB^2} \\
 &= \sqrt{133,875^2} - \sqrt{73,625^2} \\
 &= 111,811 \text{ in} \\
 \text{b} &= r - AC \\
 &= 144 \times 111,811 \\
 &= 32,188 \text{ in} \\
 \text{Tinggi Head Total (OA)} &= sf + b + th \\
 &= 2,5 + 32,188 + 0,25 \\
 &= 34,882 \text{ in} \\
 &= 0,886 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Total Reaktor} &= \text{Tinggi Shell} + 2\text{Tinggi head total} \\
 &= 6,088 + (2 \times 0,886) \\
 &= 7,860 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### C. Merancang Pengaduk Reaktor



Gambar A.2 Pengaduk Reaktor

Keterangan:

$D_i$  = Diameter pengaduk

$D_t$  = Diameter dalam reaktor

$Z_r$  = Tinggi reaktor

$Z_L$  = Tinggi cairan dalam reaktor setelah diberi pengaduk

$W_b$  = Lebar baffle

$Z_i$  = Jarak pengaduk dari dasar reaktor

$L$  = Lebar pengaduk

Penentuan jenis pengaduk di pengaruhi oleh:

Suhu Operasi :  $90^{\circ}\text{C}$

Nilai viskositas :  $2,901 \text{ cP}$

Nilai densitas :  $1.033,499 \text{ kg/m}^3$

:  $64,519 \text{ lb/ft}^3$

:  $0,0023 \text{ lb/in}^3$

Sehingga dengan mempertimbangkan berbagai hal, maka digunakan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudut (*flat-blades turbine*).

Dari pemilihan jenis pengaduk, diperoleh data dari buku *Liquid mixing* karangan

Holland F.a., Chapman F.S., (1966) sebagai berikut:

$$D_t/D_i = 3$$

$$Z_l/D_i = 2,7 - 3,9$$

$$Z_i/D_i = 0,75 - 1,3$$

$$W_b/D_i = 0,17$$

$$L/D_i = 0,2$$

$$D_t = 154,345 \text{ in}$$

Dari data tersebut, diperoleh:

$$\begin{aligned} D_i &= D_t/3 \\ &= 53,267 \text{ in} \\ &= 1,353 \text{ m} \\ &= 4,439 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_i &= D_i \times 1,3 \\ &= 69,274 \text{ in} \\ &= 5,759 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_b &= 16,868 \text{ ft} \\ &= D_i \times 0,17 \\ &= 9,055 \text{ in} \\ &= 0,230 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0,755 \text{ ft}$$

$$L = D_i \times 0,2$$

$$= 10,673 \text{ in}$$

$$= 0,271 \text{ m}$$

$$= 0,888 \text{ ft}$$

Menghitung jumlah pengaduk

$$\text{Specific gravity (sg)} = \rho_{\text{cairan}} / \rho_{\text{air}}$$

$$= 1,033 \text{ kg/m}^3$$

WELH (*Water Equivalen Liquid High*)

$$\text{WELH} = H_{\text{liq}} \times \text{sg}$$

$$= 5,211 \text{ m}$$

$$= 17,096 \text{ ft}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = \frac{\text{WELH}}{D_i}$$

$$= 1,280$$

Jadi jumlah pengaduk yang dibutuhkan ialah 1 buah.

(Holland F.a., Chapman F.S., 1966)

**Menghitung putaran dan power pengaduk**

$$N = \frac{600}{3,14 \times DI} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2DI}}$$

$$N = 59,738 \text{ rpm}$$

$$= 0,995 \text{ rps}$$

Jadi putaran pengaduk yaitu 59,738 rpm.

(Holland F.a., Chapman F.S., 1966)

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu}$$

$$Re = 650.075$$

Nilai  $Re > 2100$  sehingga aliran yang dihasilkan adalah aliran turbulen

$$P = \frac{N_p \times \rho \times N^3 \times D_a^5}{g_c}$$

Dimana:

$N_p$  = Power number

= 6 (diperoleh dari pembacaan grafik pada buku brown hal. 507)

$\rho$  = Densitas campuran

$D_i$  = Diameter Pengaduk

$N_i$  = Kecepatan pengadukan

$g_c$  = Percepatan gravitasi

$$P_a = 815,933 \text{ J/s}$$

$$= 1,156 \text{ hP}$$

Nilai efisiensi motor diperoleh dari pembacaan grafik pada buku timmerhaus halaman 521 adalah 81%, sehingga power pengaduk diperoleh:

$$P = 1,427 \text{ hP}$$

Berdasarkan power standar motor NEMA, maka dipilih power pengadukan yaitu 1,5 hP.

#### D. Merancang Jacket Pendingin

$$\text{Suhu air masuk} = 30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air keluar} = 45^{\circ}\text{C} = 113^{\circ}\text{F} = 318,15 \text{ K}$$

$$\Delta T = 15^{\circ}\text{C} = 59^{\circ}\text{F} = 288,15 \text{ K}$$

$$T \text{ rata-rata} = 37,5^{\circ}\text{C} = 99,5^{\circ}\text{F} = 310,65 \text{ K}$$

Kebutuhan pendingin = 3.992.409 kJ/jam

Pada buku Perry, 1984, didapatkan nilai sifat fisis air pada nilai T rata-rata yaitu:

Nilai Densitas Campuran ( $\rho_{\text{campuran}}$ ) = 1.033 (kg/m<sup>3</sup>)

Nilai Viskositas campuran ( $\mu_{\text{campuran}}$ ) = 2,901 cP

#### Menghitung Dimensi jacket pendingin

$$\text{Diameter jacket (D1)} = D_i + 2 t_h$$

$$= 4,071 \text{ m}$$

$$= 160,300 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi jacket} = \text{Tinggi shell}$$

$$= 6,088 \text{ m}$$

$$= 239,700 \text{ in}$$

$$\text{Jarak jacket} = 10 \text{ in}$$

$$= 0,254 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar jacket (D2)} = D_1 + 2 \text{ jarak jacket}$$

$$= 4,071 \text{ m}$$

$$= 180,300 \text{ in}$$

$$P_{\text{desain}} = 31,989 \text{ psi}$$

$$= 2,176 \text{ atm}$$

Tebal Jacket

$$t_j = \frac{P_{desain} \times D_2}{f \times E - 0,6 P_{desain}}$$

$$t_j = 0,487 \text{ in}$$

Berdasarkan tebal standar yang ada, maka dipilih gage 1/5 atau 0,5 in.

(Brownell, 1959).

### Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dengan Jacket

Menghitung Koefisien transfer panas pada air dalam ( $h_i$ ).

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,36 \left( \frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$\text{Diameter reaktor (D}_i\text{)} = 13,317 \text{ ft}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 64,519 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Kapasitas panas (C}_p\text{)} = 0,145 \text{ Btu/lb.}^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Diameter pengaduk (L)} = 4,439 \text{ ft}$$

$$\text{Putaran pengaduk (N)} = 3.584,283 \text{ rph}$$

$$\text{Konduktivitas thermal campuran (k)} = 0,001 \text{ Btu/jam.ft}^2/^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Viskositas campuran } (\mu) = 7,009 \text{ lb/ft.jam}$$

Sehingga diperoleh nilai  $h_i$  sebagai berikut:

$$h_i = 1.286.549.185,118 \text{ Btu/jam}^2. ^{\circ}\text{F}$$

Menghitung koefisien koreksi perpindahan panas ( $h_{io}$ )

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD}$$

Diketahui:

$$ID = 160 \text{ in}$$

$$OD = 168 \text{ in}$$

$$h_i = 1.286.549.185,118 \text{ Btu/jam}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Sehingga diperoleh nilai  $h_{io}$  sebagai berikut:

$$h_{io} = 1.228.651.949 \text{ Btu/jam} \cdot \text{ft}^2 / ^\circ\text{F}$$

Menghitung nilai bilangan reynold

$$Re = \frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = 650.075$$

Sehingga berdasarkan pembacaan grafik pada buku Kern halaman 718 diperoleh nilai faktor transfer panas ( $j_H$ ) sebesar 2000.

Menghitung koefisien transfer panas bagian luar ( $h_o$ ).

$$h_o = j_H \frac{k}{De} \left( \frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Diketahui:

$$\text{Viskositas outlet fluida } (\mu_w) = 7,263 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$$

$$\text{Diameter ekuivalent (De)} = 15,296 \text{ ft}$$

Sehingga diperoleh nilai  $h_o$  sebagai berikut:

$$h_o = 44,173 \text{ Btu/jam} \cdot \text{ft}^2 / ^\circ\text{F}$$



**Menghitung Clean Overall Coefficient (Uc) dan Designed Overall Coefficient**

**(Ud)**

$$U_c = \frac{h_{i0} \cdot h_0}{h_{i0} + h_0}$$

$$U_c = 44,173 \text{ Btu/jam.ft}^2/^{\circ}\text{F}$$

Berdasarkan tabel 12 buku Kern halaman 845 diperoleh nilai kekotoran (Rd) sebesar 0,002 untuk air pendingin.

$$\frac{1}{U_d} = R_d \frac{1}{U_c}$$

$$U_d = 40,587 \text{ Btu/jam.ft}^2/^{\circ}\text{F}$$

Berdasarkan nilai Ud diketahui bahwasannya Ud terhitung memenuhi standar pada tabel untuk Ud *water-heavy organic* (5-75 Btu/jam.ft<sup>2</sup>/°F).

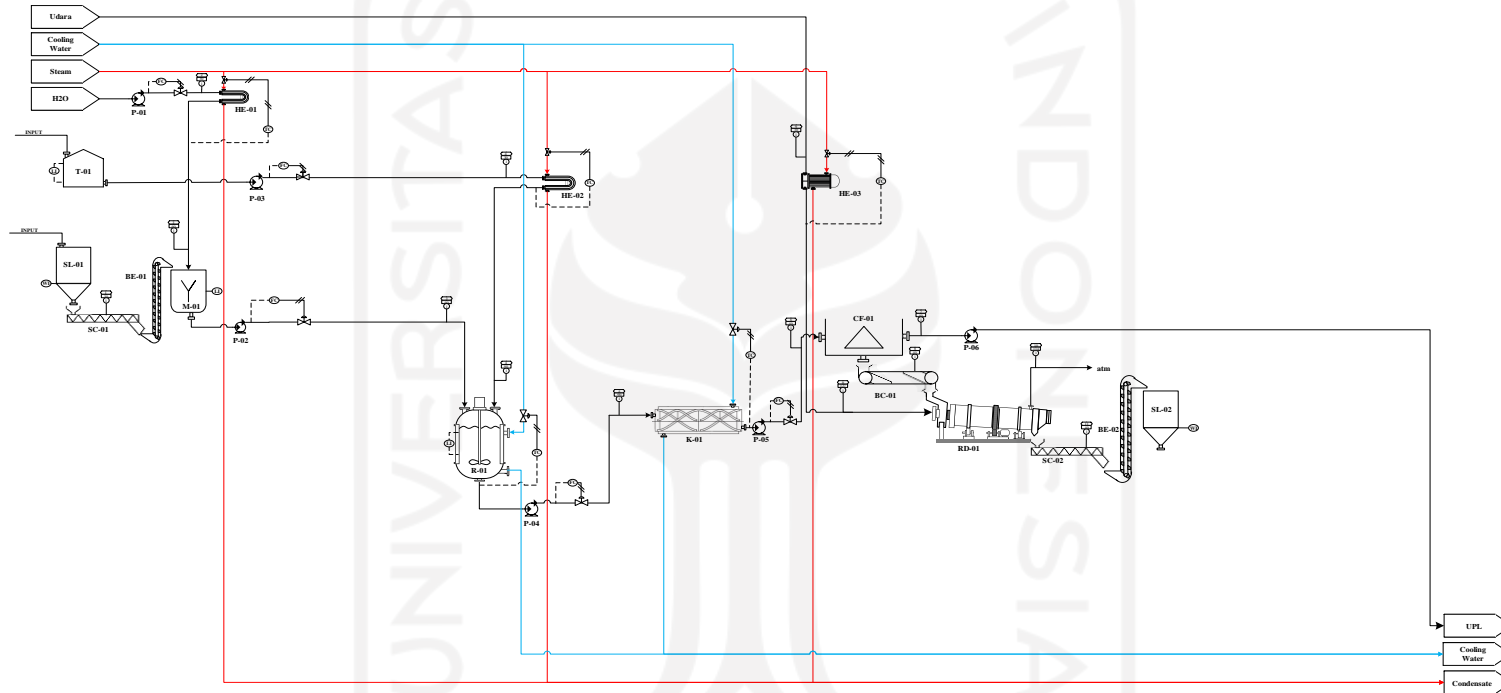
(Kern, 1965)

# LAMPIRAN B

## PEFD

### PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM

#### PRARANCANGAN PABRIK BORIC ACID DARI BORAX DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (Kg/jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	13.018,908		13.018,908		1.536,231	1.536,231	1.536,231				
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	39,057		39,057		39,057	39,057	39,057				
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15,623		15,623		4.292,356	4.292,356	4.292,356				
NaCl	6,509		6,509		6,509	6,509	6,509				
Fe	3,906		3,906		3,906	3,906	3,906				
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				3.281,141	328,114	328,114	328,114				
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>				7.446,877	7.446,877	7.446,877	7.446,877				7.446,877
H <sub>2</sub> O		12.313,670	12.313,670	136,714	15.162,478	15.162,478	14.404,355	758,124		629,243	128,881
O <sub>2</sub>									28.665,209	28.665,209	
N <sub>2</sub>									107.835,785	107.835,785	
Total	13.084,002	12.313,670	25.397,673	3.417,855	28.815,528	28.815,528	20.610,528	8.205,000	136.500,994	137.130,237	7.575,758
% Liquid	0%	100%	100%	100%	100%	74%	100%	9%	0%	0%	2%
% Solid	100%	0%	0%	0%	0%	26%	0%	91%	0%	0%	98%

Keterangan Alat	
BE	Bucket Elevator
CF	Centrifuge
HE	Heater
K	Crystallizer
M	Mixer
P	Pompa
R	Reaktor
RD	Rotary Dryer
SC	Screw Conveyor
S	Silo
T	Tanque

Keterangan Instrumen	
IC	Flow Controller
LC	Level Controller
LJ	Level Indicator
TC	Temperature Controller
WI	Weight Indicator

Keterangan Alat	
□	Manometer (kg/jam)
○	Suhu (°C)
○	Tekanan (atm)
—	Aliran Proses
—	Aliran Padatan
—	Electric
—	Pneumatic
⊗	Valve



**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
2022

**PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
PRARANCANGAN PABRIK BORIC ACID DARI BORAX DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Dissusun Oleh :  
1. Naimin Fitriyani (18521041)  
2. Wisk Adalina (18521062)

Dosen Pembimbing :  
1. Dr. Kholidin Cahyadi, S.T., M.Sc.  
2. Titin Mutiara, S.T., M.Eng.

## LAMPIRAN C KARTU BIMBINGAN

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRERANCANGAN PABRIK BORIC ACID DARI BORAKS DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

1. Nama Mahasiswa : Namira Fitriyani  
 No. MHS : 18521041  
 2. Nama Mahasiswa : Wisik Adelina  
 No. MHS : 18521062  
 Judul Prarancangan \*) :  
 Prarancangan Pabrik Boric Acid Dari Boraks dan Asam Sulfat Kapasitas 60.000 ton/tahun  
 Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021  
 Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	13 Desember 2021	Pengarahan awal	
2.	30 Desember 2021	Konsultasi Kapasitas	
3.	11 Januari 2022	Konsultasi Pemilihan Proses	
4.	19 Januari 2022	Konsultasi BAB 1 dan BAB 2	
5.	26 Januari 2022	Materi kinetika dan diagram alir proses	
6.	3 Februari 2022	Materi mengenai NM dan Reaktor	
7.	23 Februari 2022	Konsultasi Pemilihan alat proses dan diagram alir	
8.	10 Maret 2022	Konsultasi Diagram alir proses dan NM	
9.	21 Maret 2022	Konsultasi NM Recycle	
10.	24 Maret 2022	Konsultasi Perancangan reaktor	
11.	31 Maret 2022	Konsultasi optimasi reaktor	
12.	13 April 2022	Konsultasi nilai kinetika dan reaktor	
13.	24 Mei 2022	Konsultasi nilai kinetika dan reaktor	
14.	6 Juni 2022	Konsultasi nilai kinetika dan kapasitas	
15.	27 Juni 2022	Konsultasi perancangan reaktor dan mixer	
16.	7 Juli 2022	Konsultasi perancangan alat besar	
17.	28 Juli 2022	Konsultasi alat transportasi, alat penyimpanan bahan, dan alat penukar panas.	
18.	10 Agustus 2022	Konsultasi PEFD	
19.	1 September 2022	Konsultasi PEFD	
20.	7 September 2022	Konsultasi Naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 8 Agustus 2022

Pembimbing,



Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

\*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kanrtu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRERANCANGAN PABRIK BORIC ACID DARI BORAKS DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

1. Nama Mahasiswa : Namira Fitriyani  
 No. MHS : 18521041  
 2. Nama Mahasiswa : Wisik Adelina  
 No. MHS : 18521062

Judul Prarancangan \*) :  
 Prarancangan Pabrik Boric Acid Dari Boraks dan Asam Sulfat Kapasitas 60.000 ton/tahun  
 Mulai Masa Bimbingan : **6 Desember 2021**  
 Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	27 Desember 2021	Pengarahannya awal	<i>[Signature]</i>
2.	3 Februari 2022	Konsultasi BAB1 dan BAB 2	<i>[Signature]</i>
3.	23 Februari 2022	Konsultasi Pemilihan Alat Besar dan diagram alir	<i>[Signature]</i>
4.	10 Maret 2022	Konsultasi Neraca Massa	<i>[Signature]</i>
5.	24 Juni 2022	Konsultasi Perancangan Reaktor	<i>[Signature]</i>
6.	30 Juni 2022	Konsultasi alat mixer	<i>[Signature]</i>
7.	12 Juli 2022	Konsultasi perancangan alat besar	<i>[Signature]</i>
8.	3 Agustus 2022	Konsultasi PEFD, alat transportasi, alat penyimpanan bahan, dan alat penukar panas	<i>[Signature]</i>
9.	10 Agustus 2022	Konsultasi Layout Pabrik	<i>[Signature]</i>
10.	11 Agustus 2022	Konsultasi BAB 4	<i>[Signature]</i>
11.	31 Agustus 2022	Konsultasi BAB 5 dan BAB 6	<i>[Signature]</i>
12.	5 September 2022	Konsultasi BAB 6 dan naskah	<i>[Signature]</i>

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 8 Agustus 2022**

**Pembimbing,**



**Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.**

**\*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kanrtu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy