

**LAPORAN SKRIPSI**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM BORAT DARI BORAKS DAN ASAM  
SULFAT DENGAN PROSES ASIDIFIKASI KAPASITAS 12.000 TON PER  
TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Setia Budi Surakarta**

**Oleh :**

**Carla Florentina Cleovarta Gultom**

**20140264D**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SETIA BUDI  
SURAKARTA  
2019**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM BORAT DARI BORAKS DAN ASAM  
SULFAT KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

Disusun oleh :

Carla Florentina Cleovarta Gultom

20140264D

Telah disetujui oleh Pembimbing

pada tanggal 01 Agustus 2019

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng.

NIS. 01199601032053



Ir. Sumardiyono, M. T.

NIS. 01199403231041

Mengetahui,

Ketua Program Studi

S1 Teknik Kimia



Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng.

NIS. 01199601032053

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM BORAT DARI BORAKS DAN ASAM  
SULFAT KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

Disusun oleh :

Carla Florentina Cleovarta Gultom

20140264D

Telah dipertahankan didepan tim penguji

pada tanggal ...<sup>01</sup> Agustus 2019

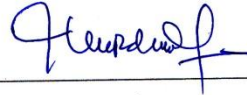
Penguji 1. Dr. Supriyono, S.T., M.T.



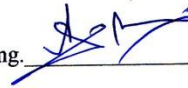
Penguji 2. Ir. Argoto Mahayana, S.T., M.T.



Penguji 3. Ir. Sumardiyono, M.T.



Penguji 4. Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Ir. Petrus Darmawan, S.T., M.T.

NIS. 01199905141068



Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng.

NIS. 01199601032053

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*Berusaha dan berdo'a adalah dua bekal terpenting ketika seseorang sedang dalam perjalanan menuju kesuksesan. Dan jangan pula berprasangka buruk kepada takdir ketika perjalanan itu belum sampai pada tujuan. Karena berputus asa tidaklah lebih baik dari berprasangka baik dengan terus berusaha. Teruslah berjalan meskipun langkahmu kecil-kecil asalkan jangan berbelok ke belakang*

*Tuhan akan selalu memberikan jalan kepada anak-Nya yang mau berusaha dan meminta kepada-Nya. Ketika kamu memiliki impian yang menurut orang lain tidak mungkin terwujud, jadikan itu sebagai motivasi terhebatmu. Karena kita memiliki Tuhan yang Maha Segala-Nya. Tidak ada yang tidak mungkin bagi-Nya ketika kita mau berusaha dan selalu meminta kepada-Nya*

*"Orang-orang yang menabur dengan mencururkan air mata, akan menuai dengan bersorak-sorai. Orang yang berjalan maju dengan menangis sambil menabur benih, pasti pulang dengan sorak-sorai sambil membawa berkas-berkasnya." Mazmur 126 : 5-6*

*'Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman Tuhan, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan." Yeremia 29 : 11*

*"Ia membuat segala sesuatu indah pada waktunya" Pengkhotbah 3:11a*

*Lakukan yang menjadi bagianmu, selebihnya biar Tuhan yang ambil alih.*

## **TERIMAKASIH KU UNTUK.....**

### **My Dearest, God**

Terimakasih karena sampai saat ini masih mengasihiku apa adanya. Terimakasih karena telah menjadi kuatku dalam kelemahanku. Terimakasih untuk tidak meninggalkanku saat aku meninggalkan-Mu. Bahkan terimakasih untuk tetap menungguku kembali pulang kejalan-Mu. I love You the most.

### **Ibu, Bapak, Tulang dan nantulang Joshua dan Adik-adik tercinta**

Terimakasih sudah menjadi supporting system buat Carla. Terimakasih karena sudah menerima segala kelemahan bahkan memaklumi segala kenakalan Carla. Terimakasih karena sampai saat ini masih menjadi yang tersayang dalam hidup Carla.

### **Ibu Dewi dan Bapak Diyon**

Terimakasih telah membimbing dalam pengerjaan tugas akhir ini dan telah mengajarkan banyak ilmu selama diperkuliahan ini

### **Pak Petrus, Pak Supri, Pak Indra, Pak Argoto, Bapak Narimo, Ibu Happy, Ibu Peni, dan semua Bapak dan Ibu Dosen teknik kimia USB dan juga Pak Bowo**

Terimakasih telah mengajarkan banyak ilmu selama di kelas, terimakasih telah memberikan masukan-masukan yang positif, dan kesediaan waktu dalam membimbing.

### **Teman seperjuangan tekim USB angkatan 2014, Ryan, Hera, Rio, Iin, Eme, Tamara, Lala, Caesar, Arum, Bagus**

Terimakasih buat motivasinya dan menemani berjuang selama 5 tahun. Semangat buat kalian ya kawan :)

*Salam sejahtera bagi kita semua.*

Puji Tuhan yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuk-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik. Tak lupa salam semoga senantiasa tercurahkan kepada keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya.

Judul tugas akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Asam Borat dari Boraks dan Asam Sulfat Kapasitas 12.000 Ton/Tahun**. Tugas prarancangan pabrik kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Yayasan Universitas Setia Budi yang telah memberikan beasiswa belajar selama 4 tahun.
2. Dr. Djoni Tarigan MBA, selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Petrus Darmawan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta dan selaku Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Ir. Sumardiyono, M.T selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
6. Dr. Supriyono, S.T., M.T. dan Ir. Argoto Mahayana, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan II yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.

7. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selama kuliah.
8. Orang tua yang selalu memberika do'a dan motivasi.
9. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 16 Agustus 2019



Penulis

Carla Florentina C. Gultom

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
Intisari .....	x
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik .....	2
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik .....	7
1.4. Tinjauan Pustaka .....	9
BAB II. SPESIFIKASI BAHAN.....	24
2.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	24
2.2. Spesifikasi Produk.....	25
2.3. Spesifikasi Produk Samping .....	25
BAB III. DESKRIPSI PROSES.....	26
3.1. Keterangan Proses .....	26
3.2. Diagram Alir Kualitatif .....	28
3.3. Diagram Alir Kuantitatif .....	29
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....	30
4.1 Neraca Massa .....	30
4.2 Neraca Panas .....	37
BAB V SPESIFIKASI ALAT .....	48
5.1 Tangki Penyimpanan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .....	48
5.2 <i>Hopper</i> Boraks .....	48
5.3 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat.....	49
5.4 <i>Mixer</i> .....	49
5.5 Reaktor .....	50



5.6 Centrifuge 01.....	52
5.7 Rotary Dryer 01 .....	52
5.8 Cyclone 01.....	53
5.9 Tangki Penyimpanan Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	53
5.10 Crystalliser.....	54
5.11 Centrifuge 02.....	54
5.12 Rotary Dryer 02 .....	55
5.13 Cyclone 02.....	56
5.14 Tangki Penyimpanan H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> .....	56
5.15 Cooler.....	57
5.20 Bucket Elevator 01 .....	57
5.21 Bucket Elevator 02 .....	58
5.22 Bucket Elevator 03 .....	59
5.23 Bucket Elevator 04 .....	60
5.24 Belt Conveyer 01 .....	60
5.25 Belt Conveyer 02.....	61
5.26 Heater 1.....	62
5.27 Heater 2.....	62
5.28 Belt Conveyor 1.....	63
5.29 Belt Conveyor 2.....	64
5.30 Screw Conveyor 1 .....	64
5.31 Pompa 1.....	65
5.32 Pompa 2.....	65
5.33 Pompa 3.....	66
5.34 Pompa 4.....	66

5.35 Pompa 5.....	66
5.36 Pompa 6.....	67
5.37 <i>Blower</i> -01.....	67
5.37 <i>Blower</i> -02.....	67
<b>BAB VI UTILITAS .....</b>	<b>69</b>
6.1 Unit Pendukung Utilitas.....	69
6.2 Unit Pengadaan Listrik.....	76
6.3 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	79
6.4 Unit Pengadaan Udara Tekan.....	80
6.5 Unit Pengolahan Limbah.....	80
6.6 Laboratorium.....	81
6.7 Keselamatan Kerja .....	82
6.8 Alat – Alat Utilitas .....	83
<b>BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK.....</b>	<b>93</b>
7.1 Bentuk Organisasi .....	94
7.2 Struktur Organisasi.....	95
7.3 Sistem Gaji dan Kepegawaian .....	99
7.4 Kesejahteraan Karyawan.....	106
7.5 Manajemen Produksi.....	109
7.6 Tata Letak Pabrik .....	111
7.7 Tata Letak Peralatan.....	115
<b>BAB VIII EVALUASI EKONOMI.....</b>	<b>119</b>
8.1 Perhitungan Biaya .....	121
8.2 <i>Total Fixed Capital Investment</i> .....	123
8.3 <i>Working Capital</i> .....	124
8.4 <i>Manufacturing Cost</i> .....	125
8.5 <i>General Expanses</i> .....	126
8.6 Analisa Ekonomi.....	126

BAB IX KESIMPULAN.....	131
DAFTAR PUSTAKA .....	131

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Data Impor asam borat Australia.....	2
Tabel 2. Data Impor asam borat di Filipina .....	3
Tabel 3. Data Impor asam borat Thailand .....	4
Tabel 4. Data Impor Asam Borat di Indonesia .....	5
Tabel 5. Kebutuhan asam borat berbagai Negara .....	6
Tabel 6. Kapasitas produksi pabrik komersial .....	6
Tabel 7. Tinjauan Pemilihan Proses Pembuatan Asam Borat.....	11
Tabel 8. Kelarutan Asam Borat dalam Air.....	15
Tabel 9. Harga $\Delta G^{\circ}_f$ dan $\Delta H^{\circ}_f$ masing-masing Komponen.....	17
Tabel 4.1.1 Neraca Massa Mixer .....	31
Tabel 4.1.2 Neraca Massa Reaktor .....	32
Tabel 4.1.3 Neraca Massa Centrifuge 1 .....	33
Tabel 4.1.4 Neraca Massa Rotary Dryer 1 .....	33
Tabel 4.1.5 Neraca Massa Cyclone 1 .....	34
Tabel 4.1.6 Neraca Massa Cooling Conveyor 1 .....	34
Tabel 4.1.7 Neraca Massa Kristaliser .....	35
Tabel 4.1.8 Neraca Massa Centrifuge 2 .....	35
Tabel 4.1.9 Neraca Massa Rotary Dryer 2 .....	36
Tabel 4.1.10 Neraca Massa Cyclone 2.....	36
Tabel 4.1.11 Neraca Massa Belt Conveyor 2.....	37
Tabel 4.2.1 Konstanta Kapasitas Panas.....	38
Tabel 4.2.2 Data Kapasitas Panas .....	39
Tabel 4.2.3 Neraca Panas Mixer .....	41
Tabel 4.2.4 Neraca Panas HE 1.....	42
Tabel 4.2.5 Neraca Panas HE2.....	43
Tabel 4.2.6 Neraca Panas Reaktor.....	44
Tabel 4.2.7 Neraca Panas Rotary Dryer 1 .....	45

Tabel 4.2.8 Neraca Panas Cooling Conveyor 1 .....	45
Tabel 4.2.9 Neraca Panas Cooler .....	46
Tabel 4.2.10 Neraca Panas Kristaliser .....	46
Tabel 4.2.11 Neraca Panas Rotary Dryer 2.....	47
Tabel 4.2.12 Neraca Panas Cooling Conveyor 2 .....	47
Tabel 6.1 Kebutuhan Air Proses .....	70
Tabel 6.2 Kebutuhan Air Pendingin 30°C .....	71
Tabel 6.3 Kebutuhan Air Sanitasi .....	72
Tabel 6.4 Kebutuhan Air Steam.....	73
Tabel 6.5 Kebutuhan Air Make up.....	73
Tabel 6.6 Konsumsi Listrik untuk Keperluan Proses.....	76
Tabel 6.7 Konsumsi Listrik untuk Utilitas.....	78
Tabel 7.1 Daftar Gaji Karyawan .....	99
Tabel 7.2 Pembagian Shift Karyawan.....	100
Tabel 7.3 Luas Bangunan Pabrik .....	113
Tabel 8.1 <i>Cost Index Chemical Plant</i> .....	120
Tabel 8.2 Total <i>Fixed Capital Investment</i> .....	123
Tabel 8.3 <i>Working Capital</i> .....	124
Tabel 8.4 <i>Manufacturing Cost</i> .....	125
Tabel 8.5 <i>General Expanse</i> .....	126
Tabel 8.6 <i>Fixed Cost</i> .....	128
Tabel 8.7 <i>Variable Cost</i> .....	128
Tabel 8.8 <i>Regulated Cost</i> .....	128
Tabel 9.1 Analisis Kelayakan Ekonomi.....	131

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Grafik Data Impor Asam Borat Australia.....	2
Gambar 2. Grafik data impor asam borat di Filipina .....	3
Gambar 3. Grafik data impor asam borat di Thailand .....	4
Gambar 4. Grafik data impor asam borat di Indonesia .....	5
Gambar 5. Peta Lahan Pendirian Pabrik Asam Borat .....	9
Gambar 6. Diagram Alir Kualitatif .....	28
Gambar 7. Diagram Kuantitatif .....	29
Gambar 8 Pengolahan Air dan Utilitas .....	93
Gambar 9 Struktur Organisasi Industri .....	108
Gambar 10 Tata Letak Pabrik.....	115
Gambar 11 Tata Letak Peralatan Pabrik.....	118
Gambar 12 Grafik Hubungan Tahun dengan <i>Cost Index</i> .....	120
Gambar 13 Grafik BEP dan SDP.....	129

## INTISARI

Prarancangan pabrik Asam Borat dari Boraks dan Asam Sulfat memberikan prospek yang sangat cerah dalam dunia perindustrian mengingat sedikitnya pabrik yang memproduksi di Indonesia. Pabrik tersebut direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun diatas area sebesar 12.415 m<sup>2</sup> yang akan didirikan pada tahun 2023, lokasi pabrik berada di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 12.000 ton/tahun, dengan pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri.

Proses pembuatan Asam Borat berlangsung pada fase cair dengan menggunakan Reaktor Tangki Berpengaduk dengan kondisi tekanan 1 atm, suhu 100°C. Reaksi berlangsung secara *eksotermis, irreversible, dan non adiabatic*. Kebutuhan Boraks sebesar 2446,5552 kg/jam, Asam Sulfat sebesar 613,4703 kg/jam. Produk berupa Asam Borat sebesar 1530,3030 kg/jam dan produk samping berupa Natrium Sulfat sebesar 879,4589 kg/jam. Untuk menunjang proses produksi, maka didirikan unit pendukung yaitu unit penyediaan air start up sebesar 22473,4688 kg/jam dan make up sebesar 17581,6603 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan *generator set* sebesar 158,5756 kW sebagai cadangan, bahan bakar solar total sebanyak 0,0570 m<sup>3</sup>/jam dan udara tekan sebesar 50 m<sup>3</sup>/jam.

Pada proses pembuatan asam borat memiliki beberapa tahapan proses. Tahap yang pertama adalah persiapan bahan baku boraks dan asam sulfat. Boraks dilarutkan dengan menggunakan air pada perbandingan mol 1 : 5. Tahap ketiga adalah proses asidifikasi. Pada proses ini terjadi reaksi antara boraks dan asam sulfat dengan perbandingan mol 1 : 0,975. Tahap ketiga adalah pemisahan produk utama yaitu asam borat dengan produk samping yaitu natrium sulfat. Tahp keempat yaitu proses pengeringan produk utama dan produk samping. Tahap terakhir ialah penyimpanan produk utama dan produk samping.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (*Fixed Capital Investment*) Rp 187.398.053.420,79 dan modal kerja Rp 55.164.559.312,33. Keuntungan sebelum pajak Rp 46.904.069.826,47 pertahun setelah dipotong pajak sebesar 30% keuntungan mencapai Rp 32.832.848.878,53 pertahun. *Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 25,029 % dan setelah pajak 17,520 %, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak adalah 3 tahun dan setelah pajak 4 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 43,77 %, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 21,27 % dan *Discounted Cash Flow (DCF)* sebesar 7,9%. Dari data analisis kelayakan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak didirikan.

Kata Kunci : Asam Borat, Natrium Sulfat, Reaktor Tangki Berpengaduk

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia sebagai negara yang berkembang telah mengalami peningkatan jumlah industri dari tahun ke tahun terkhususnya Industri kimia. Keadaan tersebut menyebabkan tingginya kebutuhan pabrik dalam sisi bahan baku, bahan pembantu hingga tenaga kerja. Bahan kimia dalam negeri pun membutuhkan pengembangan dari segi kualitas maupun kuantitas.

Melihat kenyataan ini, pendirian pabrik Asam Borat dengan bahan baku Boraks dan Asam Sulfat mempunyai peluang yang cerah dalam perkembangan dunia industri. Asam Borat merupakan senyawa kimia anorganik hasil dari industri kimia yang berfungsi sebagai bahan pengawet dan antiseptik sehingga dibutuhkan sebagai bahan baku untuk industri makanan, farmasi dan lain-lain.

Salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik adalah kebutuhan bahan baku selama proses produksi. Bahan baku yang digunakan untuk proses pembuatan asam borat adalah boraks dan asam sulfat. Kebutuhan boraks dipenuhi dengan cara mengimpor dari China dan kebutuhan asam sulfat dipenuhi dari PT. Petrokimia, Gresik.

Dengan pendirian pabrik asam borat di Indonesia diharapkan mampu :

1. Memenuhi kebutuhan asam borat dalam negeri sehingga dapat meminimalisir impor dari negara lain sehingga dapat menghemat devisa negara.
2. Memacu pertumbuhan industri lain, khususnya yang menggunakan asam borat sebagai bahan baku maupun bahan pembantu.
3. Meningkatkan devisa negara jika asam borat diekspor ke luar negeri.
4. Memberikan lapangan pekerjaan bagi tenaga kerja lokal agar sumber daya manusia yang dimiliki oleh Indonesia termanfaatkan secara maksimal dan dapat menunjang pemerataan pembangunan

### 1.2. Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Dalam penentuan kapasitas perancangan pabrik asam borat ( $H_3BO_3$ ) ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, antara lain :

### 1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik



### 1.2.1 Kebutuhan Asam Borat di Negara lain

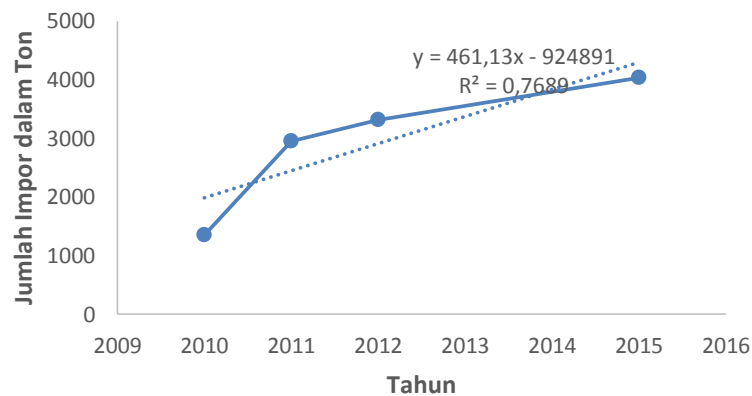
#### a. Australia

Kebutuhan akan asam borat di Negara Australia ditunjukkan pada table berikut **Tabel 1**.

Data Impor asam borat Australia

Tahun	Jumlah (Ton)
2010	1346,82
2011	2951,587
2012	3314,797
2015	4033,703

(Sumber: data.un, 2018)



**Gambar 1.** Grafik Data Impor Asam Borat Australia

Dari persamaan regresi linier yang didapat, kemudian dihitung kebutuhan asam borat Negara Australia pada tahun 2023 berdasar persamaan  $y=461,13*x-924891$  adalah berkisar 7974,99 ton.

#### b. Filiphina

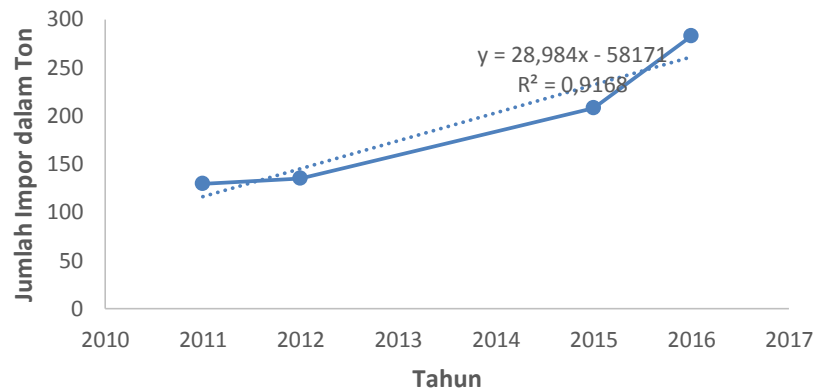
Kebutuhan akan asam borat di Negara Filiphina ditunjukkan pada tabel berikut

**Tabel 2.** Data Impor asam borat Filiphina

Tahun	Jumlah (Ton)
-------	--------------

2011	129,155
2012	135,006
2015	208,182
2016	282,342

(Sumber: data.un, 2018)



**Gambar 2.** Grafik Data Impor Asam Borat Filipina

Dari persamaan regresi linear yang didapat, kemudian dihitung kebutuhan asam borat Negara Filipina pada tahun 2023 berdasar persamaan  $y=28,984*x-58171$  adalah berkisar 463,632 ton.

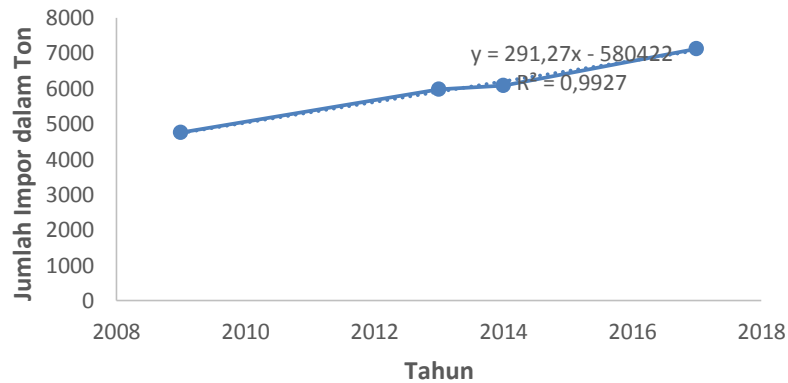
c. Thailand

Kebutuhan akan asam borat di Negara Thailand ditunjukkan pada table berikut:

**Tabel 3.** Data Impor asam borat Thailand

Tahun	Jumlah (Ton)
2009	4759,956
2013	5968,405
2014	6079,574
2017	7120,373

(Sumber: data.un, 2018)



**Gambar 3.** Grafik Data Impot Asam Borat Thailand

Dari persamaan regresi linier yang didapat, kemudian ditihung kebutuhan asam borat Negara Thailand pada tahun 2023 berdasar persamaan  $y=291,27*x-580422$  adalah berkisar 8817,21ton.

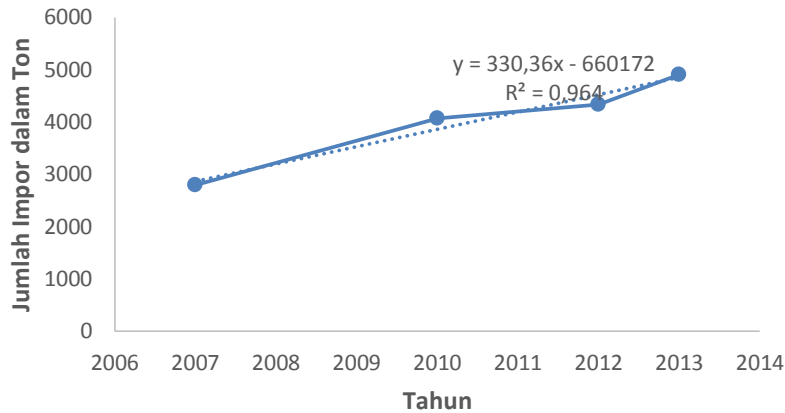
#### 1.2.2 Kebutuhan Asam Borat di Indonesia

Kebutuhan  $H_3BO_3$  di Indonesia selama beberapa tahun belakangan semakin meningkat dimulai pada tahun 2007, dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, Indonesia masih mengimpor seluruhnya dari luar negeri. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik mengenai impor  $H_3BO_3$  di Indonesia pada tahun 2007-2013 ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Impor Asam Borat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2007	2795,3
2010	4069,174
2012	4336,127
2013	4900,638

(Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018)



**Gambar 4.** Grafik Data Impor Asam Borat di Indonesia

Dari data statistik impor dapat dibuat grafik yang menunjukkan bahwa kebutuhan asam borat di Indonesia cenderung semakin meningkat setiap tahunnya, pengoprasain pabrik asam borat diproyeksikan akan dimulai pada tahun 2023. Dari gambar 4, diperoleh suatu persamaan regresi linier untuk mengetahui kebutuhan akan konsumsi asam borat pada tahun 2023 yaitu sebagai berikut :

$$y = 330,36 \cdot x - 660172$$

$$y = (330,36 \cdot 2023) - 660172$$

$$y = 8146,28 \text{ ton}$$

dimana :

y = Data impor asam borat (Ton)

x = Tahun kebutuhan asam borat

Dari perhitungan terhadap persamaan yang didapat dari grafik, maka dapat disimpulkan bahwa perkiraan kebutuhan akan asam borat pada tahun 2023 adalah 8146,28 ton.

Dari perhitungan diatas maka dapat diketahui bahwa kebutuhan akan asam borat pada tahun 2023 di berbagai Negara adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.** Kebutuhan asam borat berbagai Negara

Negara	Jumlah Kebutuhan (Ton)
<b>Indonesia</b>	8146,28
<b>Australia</b>	7974,99

<b>Philippines</b>	463,632
<b>Thailand</b>	8817,21

Kebutuhan total untuk asam borat di beberapa Negara di Asia adalah sekitar 25.402,632 ton pada tahun 2023.

### 1.2.3 Kapasitas Rancangan ( $H_3BO_3$ ) Komersial

2 Untuk memproduksi asam borat harus diperhitungkan juga kapasitas produksi komersial yang masih ada hingga sekarang, sehingga besar kemungkinan prarancangan pabrik yang akan didirikan akan memberikan keuntungan. Kapasitas produksi secara komersial yang telah ada terlihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Kapasitas produksi pabrik komersial

<b>Pabrik</b>	<b>Kapasitas (Ton/Thn)</b>
<b>Nippon Denko, Japan</b>	4.000
<b>JSC Inkobor, Peru</b>	25.000
<b>US Borax, USA</b>	255.000 - 260.000

(Sumber : Erdogdu, 2004 )

Berdasarkan data diatas, kapasitas pabrik Asam Borat didunia berkisar 4.000 – 260.000 ton/tahun, sehingga kapasitas minimum perancangan pabrik Asam Borat yang masih layak didirikan di Indonesia adalah 4000 ton/tahun.

Prarancangan pabrik asam borat direncanakan berdiri pada tahun 2023 dengan kapasitas 12.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Prediksi kebutuhan di Indonesia ( data impor asam borat ) pada tahun 2023 adalah sebesar 8146,28 ton/tahun.
2. Kebutuhan asam borat didunia semakin besar sehingga perlu didirikan *plant* baru .

### 1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku Asam Borat adalah Boraks dan Asam Sulfat. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pada pabrik Asam Borat dengan kapasitas 12000 ton/tahun ini, maka boraks dapat diperoleh dari Zhengzhou P&B Chemical Ltd. Sedangkan asam sulfat diperoleh dari

PT Petrokimia Gresik. Ketersediaan bahan baku ini dirasa sudah cukup memenuhi kebutuhan bahan baku pada pabrik ini.

### **1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat menunjang dalam perancangan pabrik, karena hal ini sangat mempengaruhi proses maupun pendistribusiannya. Hal lain yang juga berpengaruh dalam kelangsungan suatu industri diantaranya : Perluasan pabrik, daerah tempat pemasaran hasil produksi dan perubahan bahan baku. Keuntungan suatu pabrik didasarkan atas pemilihan lokasi yang tepat karena akan menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang minimal. Berdasarkan beberapa pertimbangan, maka pabrik asam borat didirikan di Gresik, Jawa Timur. Keuntungan yang diperoleh dalam pemilihan lokasi di Gresik berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut :

#### **1.3.1 Faktor Utama atau Primer Penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor utama ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari pendirian pabrik, yaitu meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut jenis dan kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen dengan harga yang terjangkau dan pabrik tetap memperoleh keuntungan yang cukup wajar.

Faktor utama meliputi :

##### **1. Penyediaan Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan adalah boraks yang diperoleh dari Zhengzhou P&B Chemical Ltd., sedangkan bahan baku asam sulfat berasal dari PT Petrokimia , Gresik yang berlokasi di Gresik.

##### **2. Letak Pabrik terhadap Lokasi Pemasaran**

Pemilihan lokasi pabrik di Gresik dinilai tepat karena merupakan kawasan industri sehingga mempersingkat jarak antara pabrik yang memproduksi dengan pabrik yang membutuhkan asam borat.

##### **3. Transportasi**

Sarana transportasi darat di Kota Gresik yang cukup memadai karena berada di jalur pantura yang menghubungkan kota-kota besar di Jawa Timur. Kawasan industri di Kota Gresik pun memiliki sarana transportasi lautnya yang letaknya di pesisir pantai pulau Jawa.

##### **4. Tenaga Kerja**

Kawasan industri Gresik terletak didaerah Jawa Timur sehingga banyak ditemukan lembaga pendidikan formal maupun non formal. Hal ini menyebabkan banyak ditemukan tenaga kerja yang yang berkompeten maupun non kompeten.

5. Utilitas

Kebutuhan utilitas dipenuhi oleh perusahaan penyedia jasa utilitas. Kebutuhan tenaga listrik didapatkan dari PLN yang jalurnya terdapat di kawasan ini. Untuk *back up* listrikakan disediakan generator tambahan.

6. Peraturan Daerah

Mengacu pada otonomi daerah, kebijakan pemerintah daerah sangat mendukung bagi pendirian pabrik yang nantinya akan menambah pendapatan daerah.

7. Keadaan Masyarakat

Masyarakat yang membutuhkan pekerjaan akan mendukung pendirian pabrik karena akan menambah lapangan pekerjaan baru sehingga masyarakat mendapat kesempatan untuk ikut bekerjasama.



Gambar 5. Peta Lahan Pendirian Pabrik Asam Borat

(sumber : [www.kig.co.id](http://www.kig.co.id))

## 1.4 Tinjauan Pustaka

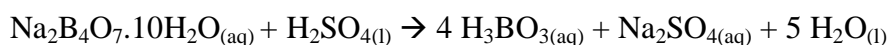
### 1.4.1 Macam-Macam Proses

Ada 2 macam proses untuk pembuatan asam borat, yaitu :

#### 1. Proses Asidifikasi

Pada proses asidifikasi, asam borat dibuat dengan cara mereaksikan granular boraks dengan larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) di dalam reaktor dengan ketentuan 1 bagian granular boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), 0,975 bagian asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dan 5 bagian air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Reaksi :



Proses pembuatan asam borat akan diuraikan sebagai berikut :

Pertama-tama memasukkan boraks dan air ke dalam mixer dengan perbandingan 1 mol granular boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dan 5 mol air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Larutan keluaran dari



mixer kemudian dimasukkan ke dalam reaktor dan ditambahkan 0,975 mol asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) tiap mol boraks. Temperatur yang digunakan sebesar 100 °C dengan tekanan sebesar 1 atm dan berlangsung selama 1 jam.

(US Patent No. 4,156,654)

Kemudian, larutan keluaran reaktor diumpankan ke dalam *centrifuge* unntuk memisahkan cairan dan endapan Natrium Sulfat sambil dialirkan *wash water*. Setelah itu, endapan keluaran *centrifuge* dikeringkan dengan menggunakan *rotary dryer* dan hasil keluaran *rotary dryer* merupakan produk samping dan langsung disimpan di tangki penyimpanan produk samping dan cairan yang keluar dari *centrifuge* dialirkan menuju *crystallizer* untuk mengkristalkan Asam Borat. Setelah itu, cairan keluaran *crystallizer* dialirkan menuju *centrifuge* untuk memisahkan cairan dan endapan asam borat sambal dialirkan *wash water*. Setelah terpisah, endapan atau kristal asam borat dialirkan menuju *rotary dryer* untuk dikeringkan dan masuk ke tangka penyimpanan produk utama. Sedangkan cairan keluaran *centrifuge* dialirkan menuju *mixer* untuk *direcycle*.

## 2. Proses Ekstraksi Cair-cair

Pada proses ekstraksi cair-cair, bahan baku yang digunakan berupa garam yang mengandung sodium dan potassium boraks. Untuk mendapatkan asam borat dengan proses ekstraksi cair-cair, digunakan pelarut *kerosene* yang merupakan pelarut organik yang kaya akan garam-garam alkali dari kompleks *anionicdiol* borak. Sedangkan fase berat banyak mengandung lumpur yang merupakan limbah. Kemudian fase ringan tersebut dimasukkan

### 1.4.2 Alasan Pemilihan Proses

Adapun pertimbangan pemilihan proses pembentukan asam borat dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7.** Tinjauan Pemilihan Proses Pembuatan Asam Borat

No.		Proses Asidifikasi	Proses Ekstraksi Cair – Cair
1.	Pemurnian bahan baku	Tidak memerlukan pemurnian bahan baku	Memerlukan pemurnian bahan baku <i>brine</i>

2.	Penggunaan bahan pembantu	Tidak memerlukan bahan pembantu	Memerlukan bahan pembantu berupa korosen dan karbon aktif
3.	Langkah proses	Dalam satu langkah proses, yaitu dengan mereaksikan boraks dengan asam sulfat akan didapatkan asam borat	Diperlukan dua langkah proses untuk mendapatkan asam borat, yaitu melalui proses ekstraksi yang dilanjutkan dengan proses <i>stripping</i>

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa proses asidifikasi lebih baik dari proses ekstraksi cair-cair.

#### 1.4.3 Kegunaan Produk

Asam borat secara komersil digunakan pada berbagai macam industri, diantaranya :

##### a. Industri gelas

Asam borat dibutuhkan industri serat gelas. Asam borat akan mempercepat peleburan dan dapat mengikat bahan lain. Asam ini juga dapat memperbaiki warna dan meningkatkan ketahanan terhadap *shock thermal*.

##### b. Industri keramik

Asam borat dibutuhkan dalam pelapisan barang-barang tembikar, barang pecah belah, ubin, porcelen dan peralatan dapur.

##### c. Industri kimia

Dalam industri kimia asam borat memiliki kegunaan sebagai *condensing agent*, dan juga berguna dalam berbagai analisa kimia. Asam borat sangat penting dalam industri

sodium perborat yang digunakan sebagai bahan pemutih dalam industri pulp dan kertas.

d. Industri elektronik

Asam borat digunakan untuk pembuatan kapasitor (kondensor elektronik) yang digunakan dalam sistem mesin automobil, pendingin elektrik, radio, TV dan barang-barang elektronik lainnya.

e. Industri obat dan farmasi

Asam borat dibutuhkan dalam pembuatan obat yang berfungsi sebagai antiseptik, *desinfektant*, dan penyegar. Asam borat dapat menahan pertumbuhan bakteri dan jamur.

f. Fotografi

Asam borat dalam bidang fotografi berfungsi sebagai *reagent* dalam proses pencetakan film.

g. Bahan pengawet

Asam borat dalam industri pengawetan dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur. Industri yang menggunakan asam borat untuk pengawetan hasil produksinya antara lain industri kulit, kayu dan tali.

(Mc. Ketta, 1983)

Selain untuk keperluan di atas, asam borat juga digunakan dalam pembuatan lilin (*wax*), sebagai campuran pada tinta cetak, dalam pembuatan barang-barang tahan api dan untuk meningkatkan kekuatan serat kulit dan daya tahan terhadap warna produk.

#### 1.4.4 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

##### 1.4.4.1 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku

###### 1. Boraks

Sifat Fisis (Zhengzhou P&B Chemical Ltd., 2018)

- Rumus molekul :  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- Berat molekul : 381,43 g/mol
- Fase : padat
- Titik leleh : 75 °C
- Titik didih : 200 °C
- Bentuk : kristal

- Warna : putih
- *Specific gravity* : 1,73

Sifat Kimia

Kristal boraks akan kehilangan 5 mol air ketika dipanaskan pada suhu 50 – 100°C.

- Akan kehilangan tambahan 3 mol air saat dipanaskan sampai suhu 160°C. Sisa 2 mol air akan hilang saat pemanasan dilanjutkan sampai 400°C menjadi boraks anhidrat (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>).
- Boraks anhidrat ketika dipanaskan sampai 742°C membentuk kaca bening.

**2. Asam Sulfat**

Sifat Fisis (PT Petrokimia Gresik, 2015)

- Rumus molekul : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Berat molekul : 98,08 g/mol
- Bentuk : cair
- Titik leleh : 10,94 °C
- Titik didih : 340 °C
- Densitas : 1,841 g/cm<sup>3</sup>
- Suhu kritis : 652 °C
- Tekanan kritis : 652 °C
- *Specific gravity* : 1,834

Sifat Kimia

Asam sulfat merupakan asam kuat dengan sifat karakteristik higroskopis dan pengoksidasi.

- Mudah bereaksi dengan berbagai senyawa organik.
- Asam sulfat membentuk larutan garam atau endapan saat direaksikan dengan CaO dan Ca(OH)<sub>2</sub>.



**1.4.4.2 Sifat Fisis dan Kimia Produk Utama**

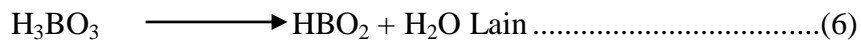
**1. Asam Borat**

Sifat Fisis (Nippon Denco Co., Ltd., 2018)

- Rumus molekul :  $H_3BO_3$
- Berat molekul : 61,83 g/mol
- Titik didih : 170,9 °C
- Titik leleh : 300 °C
- Bentuk : kristal
- Warna : putih
- *Specific gravity* : 1,435

Sifat kimia

- Asam borat bereaksi dengan basa kuat membentuk ion metaborat  $B(OH)_4^-$ , dan dengan alcohol membentuk ester borat.
- Asam borat bereaksi dengan ion florida membentuk asam tetrafloroborat dan dengan asam hidroflorik membentuk asam trifloroborat  $H(F_3BOH)$
- Stabil di bawah kondisis-kondisi lingkungan higroskopis. Asam borat jika dipanaskan diatas 170 °C akan terdehidrasi.



Kelarutan Asam Borat dalam air

**Tabel 8.** Kelarutan Asam Borat dalam Air

No.	Suhu (K)	% Berat $H_3BO_3$
1	0	2,52
2	10	3,49
3	20	4,72
4	30	6,23
5	40	8,08
6	50	10,27

7	60	12,97
8	70	15,75
9	80	19,10
10	90	23,27
11	100	27,53

(Kirk-Othmer, 1997)

## 2. Natrium Sulfat (Hainan Jinying Import and Export Co., Ltd., 2018)

Sifat fisis

- Rumus molekul :  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- Berat molekul : 142,04 g/mol
- Titik didih : 884 °C
- Titik leleh : 1429 °C
- Bentuk : kristal
- Warna : putih
- *Spesifik gravity* : 2,664

Sifat kimia (Kirk and Othmer, 1997)

- Reaktivitas  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  relatif rendah pada suhu kamar dengan pengecualian asam sulfat, dengan berbagai senyawa asam lainnya yang terbentuk pada suhu di bawah 100 °C. Pada suhu yang lebih tinggi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sangat relatif.

### 1.4.5 Proses Pembuatan yang dipilih

#### a. Kondisi Operasi

Kondisi operasi pada pembuatan asam borat berjalan pada suhu 100°C dengan tekanan 1 atm. Pemilihan kondisi operasi tersebut berdasarkan pertimbangan bahwa kondisi tersebut merupakan kondisi optimum untuk pembentukan  $\text{H}_3\text{BO}_3$  dari  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Pada perancangan pabrik asam borat rasio mol reaktan  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang

digunakan adalah 1 : 0,975, sehingga akan diperoleh konversi sebesar 99% terhadap  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (U.S. Patent No. 4156654).

Reaksi berjalan pada kondisi eksotermis sehingga suhu dalam reaktor harus dijaga konstanta pada kondisi  $100^\circ\text{C}$ , sehingga dalam proses digunakan reaktor tangki berpengaduk (RTB). Selain itu, fase reaktan adalah cair sehingga memungkinkan penggunaan reaktor jenis RTB.

**b. Mekanisme Reaksi**

Reaksi pembentukan asam borat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dari boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) berdasarkan urutan mekanisme reaksi adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan asam borat :



**c. Tinjauan Termodinamika**

Tinjauan secara termodinamika dilakukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Secara termodinamika, reaksi pembentukan asam borat dapat dilihat dari harga entalpi dan konstanta kesetimbangannya.

Reaksi pembentukan asam borat :



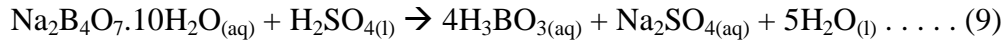
Harga  $\Delta H^\circ_f$  masing-masing komponen pada suhu 298 K ( $25^\circ\text{C}$ ) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 9.** Harga  $\Delta G^\circ_f$  dan  $\Delta H^\circ_f$  masing-masing Komponen

Komponen	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-6288,60	-5516,00
$\text{H}_2\text{SO}_4$	-813,99	-690,00
$\text{H}_3\text{BO}_3$	-1072,32	-968,75
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	-1389,51	-1268,36
$\text{H}_2\text{O}$	-285,83	-237,13

(Sumber : Wagman, *et al.*, 1982)

Pada proses pembentukan asam borat akan terjadi reaksi sebagai berikut :



- Panas reaksi standar ( $\Delta H_r^\circ$ )

$$\Delta H_r^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_r^\circ = (4 \times \Delta H_f^\circ \text{H}_3\text{BO}_3 + \Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 + 5 \times \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) \\ - (\Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\Delta H_r^\circ = [4(-1072,32) + (-1389,51) + 5(-286,83)] - [(-6288,6) + (-813,99)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -5,35 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_r^\circ = -5350 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

Karena  $\Delta H_r^\circ$  bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas).

- Konstanta kesetimbangan (K) pada keadaan standar

$$\Delta G_f^\circ = -R T \ln K$$

Dimana :

$\Delta G_f^\circ$  = energi Gibbs pada keadaan standar (T = 298 K dan P = 1 atm) (J/mol)

$\Delta H_r^\circ$  = panas reaksi (J/mol)

K = konstanta kesetimbangan

T = suhu standar

R = tetapan gas ideal (8,314 J/mol.K)

Sehingga  $\Delta G_f^\circ$  dari reaksi tersebut adalah :

$$\Delta G_f^\circ = \Delta G^\circ f \text{produk} - \Delta G^\circ f \text{reaktan}$$

$$\Delta G_f^\circ = [(4 \times \Delta G^\circ f \text{H}_3\text{BO}_3) + \Delta G^\circ f \text{Na}_2\text{SO}_4 + (5 \times \Delta G^\circ f \text{H}_2\text{O})] \\ - [\Delta G^\circ f \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \Delta G^\circ f \text{H}_2\text{SO}_4]$$

$$\Delta G_f^\circ = [(4 \times (-968,75) + (-1268,36) + (5 \times (-237,13))] - [-5516 + (-690)]$$

$$\Delta G_f^\circ = [-3875 - 1268,36 - 1185,65] - (-6206)$$

$$\Delta G_f^\circ = -123,01 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$



$$\Delta G_f^0 = -123.010 \frac{J}{mol}$$

$$\Delta G_f^0 = -R T \ln K$$

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G_f^0}{R T}$$

$$\ln K_{298} = -\frac{(-123010) \frac{J}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol} K \times 298 K}$$

$$\ln K_{298} = 49,6494$$

$$K_{298} = 3,6514 \times 10^{21}$$

- Konstanta kesetimbangan (K) pada  $T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$

$$\ln \frac{K_{373}}{K_{298}} = -\left[\frac{\Delta H_R}{R}\right] \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{\text{standar}}}\right]$$

Dimana :

$K_{298}$  = konstanta kesetimbangan pada 298 K

$K_{373}$  = konstanta kesetimbangan pada suhu operasi

$T_{\text{standar}}$  = suhu standar (298 K)

$T_{\text{operasi}}$  = suhu operasi (373 K)

R = tetapan gas ideal (8,314 J/mol.K)

$\Delta H_r^0$  = panas reaksi standar pada 298 K

Maka :

$$\ln \frac{K_{373}}{K_{298}} = -\left[\frac{\Delta H_R}{R}\right] \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{\text{standar}}}\right]$$

$$\ln K_{373} - \ln K_{298} = -\left[\frac{-5350 \frac{J}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol.K}}\right] \left[\frac{1}{373 K} - \frac{1}{298 K}\right]$$

$$\ln K_{373} = 49,2152$$

$$K_{373} = 2,3653 \times 10^{21}$$

Dari perhitungan konstanta kesetimbangan pada suhu reaksi, didapatkan konstanta kesetimbangan reaksi yang relatif besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi berlangsung searah yaitu ke kanan (*irreversible*) (Smith & Van Ness, 1996).

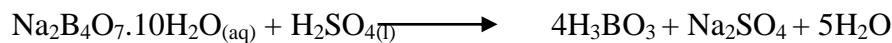
#### d. Tinjauan Kinetika Reaksi

Dari segi kinetika reaksi dapat diperoleh beberapa langkah berikut,

Diketahui :  $X_A = 99\%$

$t' = 60$  menit

Reaksi orde 3



Mula	$C_{A0}$	$C_{B0}$			
Rx	$X_A \cdot C_{A0}$	$X_A \cdot C_{A0}$	$X_A \cdot C_{A0}$	$X_A \cdot C_{A0}$	$X_A \cdot C_{A0}$
Sisa	$C_{A0}(1 - X_A)$	$C_{B0} - X_A \cdot C_{A0}$	$X_A \cdot C_{A0}$	$X_A \cdot C_{A0}$	$X_A \cdot C_{A0}$

Dimana :

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - C_{A0}X_A$$

- Boraks =  $1180 \text{ kg}/\text{m}^3$

$$\text{BM} = 381,37$$

$$C_{A0} = 1180 \text{ kg}/\text{m}^3 = \frac{1180 \text{ kg}/\text{m}^3}{381,37 \text{ g}/\text{mol}} = \frac{1180000 \text{ g}/\text{m}^3}{381,37 \text{ g}/\text{mol}} = 3094,108 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = 3,0941 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A) = 3,0941(1 - 0,99) = 0,03094 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

- Asam sulfat = 98%

$$\text{BM} = 98,08$$

$$C_{BO} = 98\% = \frac{98 \text{ g}/100 \text{ mL}}{98,08 \text{ g/mol}} = 9,9918(10^{-3}) \text{ mol/mL} \times 1000 \text{ mL/L} = 9,9918 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$C_B = C_{BO} - C_{AO}X_A = 9,9918 - (3,0941 \times 0,99) = 6,9286 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Persamaan kecepatan reaksi :

$$\blacksquare -(ra) = k C_A^2 C_B$$

$$-\frac{dC_A}{C_A^2 C_B} = k \cdot dT$$

$$-\frac{dC_A}{C_A^2 (C_{BO} - C_{AO}X_A)} = k \cdot dT$$

$$\frac{1}{C_{BO} - C_{AO}} \left( \frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{AO}} \right) + \frac{1}{(C_{BO} - C_{AO})^2} \ln \frac{C_{BO}C_A}{C_{AO}C_B} = k \cdot t$$

$$\frac{1}{9,9918 - 3,0941} \left( \frac{1}{0,03094} - \frac{1}{3,0941} \right) + \frac{1}{(9,9918 - 3,0941)^2} \ln \frac{9,9918 \times 0,03094}{3,0941 \times 6,9286} = 60k$$

$$k = 0,0773$$

$$t' = \frac{X_A}{k C_A^2 C_B} = \frac{0,99}{0,0773 \times 0,03094^2 \times 6,9286} = 1931 \text{ menit}$$

$$\blacksquare -(ra) = k C_A C_B^2$$

$$-\frac{dC_B}{dT} = k C_A C_B^2$$

$$\frac{dC_B}{C_A C_B^2} = k \cdot dT$$

$$\frac{1}{C_{BO} - C_{AO}} \left( \frac{1}{(C_{BO} - C_{AO}X_A)} - \frac{1}{C_{BO}} \right) \ln(C_{BO} - C_{AO}) \frac{1}{C_{AO}(1 - X_A)} = k \cdot t$$

$$\frac{1}{9,9918 - 3,0941} \left( \frac{1}{9,9918 - 3,0941(0,99)} - \frac{1}{9,9918} \right) \ln(9,9918 - 3,0941) \frac{1}{3,0941(1 - 0,99)} = 60k$$

$$k = 6,6729 \times 10^{-3}$$

$$t' = \frac{X_A}{k C_A C_B^2} = \frac{0,99}{6,6729(10)^{-3} \times 0,030941 \times 6,9286^2} = 100 \text{ menit}$$

- $-(ra) = k. C_A^3$

$$\frac{dC_A}{C_A^3} = k. dt$$

$$\frac{1}{2 C_A^2} - \frac{1}{2 C_{A0}^2} = k. t$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{C_A^2} - \frac{1}{C_{A0}^2} \right) = k. t$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{0,03094^2} - \frac{1}{3,0942^2} \right) = 60k$$

$$k = 8,7043$$

$$t' = \frac{X_A}{k C_A^3} = \frac{0,99}{8,7043 \times 0,03094^3} = 3840 \text{ menit}$$

- $-(ra) = k. C_B^3$

$$\frac{dC_B}{C_B^3} = k. dt$$

$$\frac{1}{2 C_B^2} - \frac{1}{2 C_{B0}^2} = k. t$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{C_B^2} - \frac{1}{C_{B0}^2} \right) = k. t$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{6,9286^2} - \frac{1}{9,9918^2} \right) = 60k$$

$$k = 9,0121 \times 10^{-5}$$

$$t' = \frac{X_A}{k C_B^3} = \frac{0,99}{9,0121(10)^{-5} \times 6,9286^3} = 34 \text{ menit}$$

Sehingga persamaan kecepatan reaksi yang digunakan yaitu :

$$-(ra) = k. C_B^3 \text{ pada orde 3}$$

Keterangan :

$-(ra)$  = kecepatan reaksi zat A ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

$k$  = konstanta kecepatan reaksi ( $L/\text{mol} \cdot \text{jam}$ )

$C_A$  = konsentrasi  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  pada waktu ke t ( $\text{mol}/L$ )

$C_B$  = konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada waktu ke t ( $\text{mol}/L$ )

$C_{A0}$  = konsentrasi  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  mula-mula ( $\text{mol}/\text{L}$ )

$C_{B0}$  = konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mula-mula ( $\text{mol}/\text{L}$ )

$X_A$  = konversi terhadap  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$