

No: <Identifikasi>

**PRARANCANGAN PABRIK KALIUM HIDROKSIDA  
DARI KALIUM KHLORIDA DENGAN PROSES  
ELEKTROLISIS KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

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



**Oleh:**

**Nama : Clara Yusticia H.                      Nama : Prameswara Dwi C.  
No. Mahasiswa : 14 521 061                      No.Mahasiswa : 14 521 070**

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2018**

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK KALIUM HIDROKSIDA DARI KALIUM  
KHLORIDA DENGAN PROSES ELEKTROLISIS  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Clara Yusticia H. Nama : Prameswara Dwi C.  
No. Mahasiswa : 14 521 061 No. Mahasiswa : 14 521 070

Yogyakarta, 2 Oktober 2018

Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Farham HM Saleh', is written over a horizontal line.

DR. Ir. Farham HM Saleh, MSIE

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PRARANCANGAN PABRIK KALIUM HIDROKSIDA DARI  
KALIUM KHLORIDA DENGAN PROSES ELEKTROLISIS  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

Oleh :  
Nama : Prameswara Dwi Cahyana  
No.Mahasiswa : 14521070

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

Yogyakarta, 12 Oktober 2018

Tim Penguji,

1. Dr. Ir. Farham H M Saleh, MSIE.  
Ketua
2. Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, S.T., M.Eng.  
Anggota I
3. Achmad Chafidz Mas Sahid, S.T., M.Sc.  
Anggota II

(  )


(  12/10/2018 )

(  )

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



  
Dr. Suharno Rusdi  
NIP. 845210102



**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PRARANCANGAN PABRIK KALIUM HIDROKSIDA DARI  
KALIUM KHLORIDA DENGAN PROSES ELEKTROLISIS  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

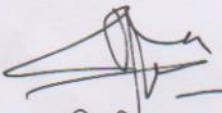
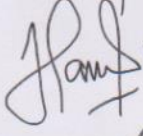

Oleh :  
Nama : Clara Yusticia Hapsari  
No.Mahasiswa : 14521061

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

Yogyakarta, 12 Oktober 2018

Tim Penguji,

1. Dr. Ir. Farham H M Saleh, MSIE.  
Ketua
2. Khamdan Cahvari, S.T., M.Sc.  
Anggota I
3. Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, S.T., M.Eng.  
Anggota II

(  )  
(  15/10/2018 )  
(  12/2018 /10 )

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

NIP. 845210102

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

### PRARANCANGAN PABRIK KALIUM HIDROKSIDA DARI KALIUM KHLORIDA DENGAN PROSES ELEKTROLISIS KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Clara Yusticia H.

Nama : Prameswara Dwi C.

No. Mahasiswa : 14 521 061

No.Mahasiswa : 14 521 070

Yogyakarta, 2 Oktober 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan



Clara Yusticia Hapsari

Td. Tangan



Prameswara Dwi Cahyana

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas berkah dan rahmat-Nya, penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Klorida dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 15.000 ton/tahun” dengan sebaik-baiknya.

Tugas Akhir merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang bertujuan agar mahasiswa mampu menerapkan teori-teori yang diperoleh dikampus serta menyelesaikan permasalahan yang terjadi di lapangan dan dapat menjembatani antara sisi akademis dengan realita dilapangan. Selama masa penulisan Laporan Tugas Akhir ini, penulis melakukan serangkaian kegiatan yang dirangkum ke dalam laporan ini sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Kimia S1 di Universitas Islam Indonesia.

Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, hidayah serta inayahnya kepada kami.
2. Kedua orang tua Dudik Riyanto-Retno Sulistyorini selaku orang tua dari Clara Yusticia Hapsari dan Slamet Cahyono-Kasriah selaku orang tua dari Prameswara Dwi Cahyana dan keluarga kami yang telah memberikan do'a serta dukungannya.
3. Dr. Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. DR. Ir. Farham HM Saleh, MSIE selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Teman-teman seperjuangan yang berjuang bersama dalam menyelesaikan dan menyusun Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis sampai selesainya penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Akhirnya, penyusun berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak. Semoga laporan ini dapat memberikan wawasan kepada semua orang yang membacanya. Penyusun juga menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi hasil yang lebih baik di masa yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 2 Oktober 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL..</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Penentuan Kapasitas Produksi.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tinjauan Pustaka.....</b>	<b>4</b>
1.3.1 Proses Pembuatan .....	4
1.3.2 Kegunaan Produk.....	8
1.3.3 Tinjauan Proses secara Umum.....	9
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Spesifikasi Produk Utama.....</b>	<b>10</b>
2.1.1 Kalium Hidroksida (KOH) .....	10
<b>2.2 Spesifikasi Produk Samping .....</b>	<b>10</b>
2.1.2 Hidrogen (H <sub>2</sub> ) .....	10
2.1.3 Klorin (Cl <sub>2</sub> ) .....	10
<b>2.3 Spesifikasi Bahan Baku .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 Kalium Klorida (KCl).....	11
2.3.2 Air (H <sub>2</sub> O) .....	11
<b>2.4 Pengendalian Kualitas.....</b>	<b>11</b>
2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	11



2.4.2	Pengendalian Kualitas Proses .....	12
2.4.3	Pengendalian Kualitas Produk .....	13
<b>BAB III PERANCANGAN PROSES .....</b>		<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Uraian Proses .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Spesifikasi Alat .....</b>	<b>17</b>
3.2.1	Tangki Penyimpanan Hidrogen (T-01) .....	17
3.2.1	Tangki Penyimpanan Klorin (T-02) .....	17
3.2.2	Tangki Penyimpanan Kalium Hidroksida (T-03) .....	18
3.2.3	Silo (SL-01) .....	18
3.2.4	<i>Belt Conveyor</i> (BC-01) .....	19
3.2.5	Kondensor (CD-01) .....	19
3.2.6	Kompresor (C-01) .....	20
3.2.7	<i>Cooler</i> 1 (HE-01) .....	21
3.2.8	<i>Heater</i> 1 (HE-02) .....	22
3.2.9	<i>Cooler</i> 2 (HE-03) .....	22
3.2.10	<i>Cooler</i> 3 (HE-04) .....	23
3.2.11	<i>Cooler</i> 4 (HE-05) .....	24
3.2.12	<i>Cooler</i> 5 (HE-06) .....	24
3.2.13	<i>Cooler</i> 6 (HE-07) .....	25
3.2.14	Evaporator .....	26
3.2.15	<i>Mixer</i> (M-01) .....	27
3.2.16	Reaktor Elektrolisis (R-01) .....	27
3.2.17	Pompa 1 (P-01) .....	28
3.2.18	Pompa 2 (P-02) .....	28
3.2.19	Pompa 3 (P-03) .....	29
3.2.20	Pompa 4 (P-04) .....	30
3.2.21	Pompa 5 (P-05) .....	30
3.2.22	Pompa 6 (P-06) .....	31
3.2.23	Pompa 7 (P-07) .....	32
3.2.24	Pompa 8 (P-08) .....	32
3.2.25	Pompa 9 (P-09) .....	33

3.2.26 Pompa 10 (P-10) .....	33
<b>3.3 Perencanaan Produksi</b> .....	<b>34</b>
<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK</b> .....	<b>36</b>
<b>4.1 Lokasi Pabrik</b> .....	<b>36</b>
<b>4.2 Tata Letak Pabrik</b> .....	<b>38</b>
<b>4.3 Tata Letak Alat Proses</b> .....	<b>41</b>
<b>4.4 Alir Proses dan Material</b> .....	<b>43</b>
<b>4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)</b> .....	<b>50</b>
4.5.1 Unit Pengolahan Air .....	50
4.5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> .....	59
4.5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	59
4.5.4 Unit Penyedia Udara Tekan .....	60
4.5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar .....	60
4.5.1 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas .....	60
1. <i>Filter</i> (FU-01) .....	60
2. Bak Pengendapan Awal (BU-01) .....	61
3. Bak Penggumpal (BU-02) .....	61
4. Tangki Alum (TU-01).....	61
5. Tangki Kapur (TU-02).....	62
6. <i>Clarifier</i> (CLU-01) .....	62
7. <i>Sand Filter</i> (FU-02) .....	62
8. Bak Penampung Sementara (BU-03).....	63
9. Tangki Klorinasi (TU-03).....	63
10. Tangki Air Bersih (TU-04).....	64
11. <i>Kation Exchanger Unit</i> (KEU) .....	64
12. <i>Anion Exchanger Unit</i> (AEU).....	64
13. Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (TU-06) .....	65
14. Tangki NaOH (TU-07) .....	65
15. Tangki Penampung Sementara Air Proses (TU-05) .....	65
16. Bak Air Pendingin (BU-04).....	66
17. <i>Cooling Tower</i> (CT).....	66

18. Tangki Umpan <i>Boiler</i> (TU-08).....	66
19. Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (TU-09) .....	67
20. <i>Deaerator</i> ( <i>De</i> ) .....	67
21. <i>Boiler</i> ( <i>Bo</i> ) .....	67
22. Pompa 1 (PU-01) .....	68
23. Pompa 2 (PU-02) .....	68
24. Pompa 3 (PU-03) .....	69
25. Pompa 4 (PU-04) .....	70
26. Pompa 5 (PU-05) .....	70
27. Pompa 6 (PU-06) .....	71
28. Pompa 7 (PU-07) .....	72
29. Pompa 8 (PU-08) .....	72
30. Pompa 9 (PU-09) .....	73
31. Pompa 10 (PU-10) .....	74
32. Pompa 11 (PU-11) .....	74
33. Pompa 12 (PU-12) .....	75
34. Pompa 13 (PU-13) .....	76
35. Pompa 14 (PU-14) .....	76
36. Pompa 15 (PU-15) .....	77
37. Pompa 16 (PU-16) .....	78
38. Pompa 17 (PU-17) .....	78
39. Pompa 18 (PU-18) .....	79
40. Pompa 19 (PU-19) .....	80
41. Pompa 20 (PU-20) .....	80
<b>4.6 Organisasi Perusahaan</b> .....	<b>81</b>
4.6.1 Bentuk Perusahaan.....	81
4.6.2 Sistem Organisasi .....	82
<b>4.7 Evaluasi Ekonomi</b> .....	<b>86</b>
4.7.1 <i>Capital Investment</i> .....	92
4.7.2 <i>Manufacturing Cost</i> .....	92
4.7.3 <i>General Expense</i> .....	94

4.7.4	Analisa Keuntungan.....	94
4.7.5	Analisa Kelayakan .....	94
1.	<i>Percent Return on Investment (ROI)</i> .....	94
2.	<i>Pay Out Time (POT)</i> .....	95
3.	<i>Break Even Point (BEP)</i> .....	95
4.	<i>Shut Down Point (SDP)</i> .....	97
5.	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)</i> .....	97
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>99</b>
5.1	<b>Kesimpulan.....</b>	<b>99</b>
5.2	<b>Saran .....</b>	<b>100</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>102</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>106</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.2.1 Impor Kalium Hidroksida di Indonesia .....	2
Tabel 1.2.2 Ekspor Kalium Hidroksida di Indonesia.....	3
Tabel 1.2.3 Pabrik KOH di Luar Negeri .....	4
Tabel 1.3.1 Perbandingan 3 Proses Elektrolisis .....	8
Tabel 4.2.1 Luas Area Bangunan Pabrik Kalium Hidroksida.....	39
Tabel 4.4.1 Neraca Massa Mixer (M-01).....	43
Tabel 4.4.2 Neraca Massa Reaktor Elektrolisis (R-01) .....	43
Tabel 4.4.3 Neraca Massa Evaporator 3 (EV-03).....	43
Tabel 4.4.4 Neraca Massa Evaporator 2 (EV-02).....	43
Tabel 4.4.5 Neraca Massa Evaporator 1 (EV-01).....	44
Tabel 4.4.6 Neraca Massa Kondensator (CD-01).....	44
Tabel 4.4.7 Neraca Massa Total.....	44
Tabel 4.4.4.8 Kapasitas Panas Komponen .....	45
Tabel 4.4.9 Neraca Panas Mixer (M-01).....	45
Tabel 4.4.10 Neraca Panas Cooler 1 (HE-01).....	45
Tabel 4.4.11 Neraca Panas Heater 1 (HE-02).....	45
Tabel 4.4.12 Neraca Panas Cooler 2 (HE-03).....	46
Tabel 4.4.13 Neraca Panas Cooler 3 (HE-04).....	46
Tabel 4.4.14 Neraca Panas Cooler 4 (HE-05).....	46
Tabel 4.4.15 Neraca Panas Cooler 5 (HE-06).....	46
Tabel 4.4.16 Neraca Panas Cooler 6 (HE-07).....	46
Tabel 4.4.17 Neraca Panas Evaporator 3 (EV-03).....	47
Tabel 4.4.18 Neraca Panas Evaporator 2 (EV-02).....	47
Tabel 4.4.19 Neraca Panas Evaporator 1 (EV-01).....	47
Tabel 4.4.20 Neraca Panas Kondensator (CD-01) .....	47
Tabel 4.1.1 Kebutuhan Air Sanitasi .....	56
Tabel 4.1.2 Kebutuhan Air Proses .....	56
Tabel 4.1.3 Kebutuhan Air Pendingin .....	57
Tabel 4.1.4 Kebutuhan Air Steam.....	57



Tabel 4.6.2.1 Jumlah Karyawan pada Pabrik Kalium Hidroksida.....	84
Tabel 4.6.2.2 Daftar Gaji Karyawan per Bulan .....	85
Tabel 4.7.1 Index Harga Alat pada Tahun 1975-1990.....	88
Tabel 4.7.2 Index Harga Alat pada Tahun 2006-2024.....	89
Tabel 4.7.3 Harga Alat Proses .....	90
Tabel 4.7.4 Harga Alat Utilitas .....	91
Tabel 4.7.1.1 Fixed Capital Investment .....	92
Tabel 4.7.1.2 Working Capital.....	92
Tabel 4.7.2.1 Direct Manufacturing Cost.....	93
Tabel 4.7.2.2 Indirect Manufacturing Cost .....	93
Tabel 4.7.2.3 Fixed Manufacturing Cost .....	93
Tabel 4.7.2.4 Total Manufacturing Cost .....	94
Tabel 4.7.3.1 General Expense .....	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.2.1 Grafik Hubungan Impor pada Tahun 2013 sampai 2017 Versus Kebutuhan KOH.....	2
Gambar 1.2.2 Grafik Hubungan Ekspor pada Tahun 2013 sampai Tahun 2017 Versus Kebutuhan KOH .....	3
Gambar 4.1.1 Lokasi Pendirian Pabrik .....	36
Gambar 4.2.1 Tata Letak Pabrik .....	40
Gambar 4.3.1 Tata Letak Alat Proses .....	42
Gambar 4.4.1 Diagram Alir Kualitatif .....	48
Gambar 4.4.2 Diagram Alir Kuantitatif .....	49
Gambar 4.1.1 Diagram Alir Utilitas Pabrik Kalium Hidroksida .....	58
Gambar 4.6.2.1 Struktur Organisasi Pabrik Kalium Hidroksida .....	84
Gambar 4.7.1 Grafik Tahun vs Index Harga Alat .....	88
Gambar 4.7.5.1 Grafik BEP dan SDP Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Khlorida Kapasitas 15.000 Ton/Tahun .....	98

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 REAKTOR .....	106
--------------------------	-----

## ABSTRAK

Kebutuhan dalam negeri akan Kalium Hidroksida (KOH) yang cukup tinggi namun pabrik yang memproduksi bahan tersebut masih sedikit di Indonesia. Oleh karena itu, jumlah impor Kalium Hidroksida dari negara lain masih tinggi tiap tahunnya demi memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pra Perancangan Pabrik Kalium Hidroksida ini memiliki tujuan yaitu memberikan solusi dalam pemenuhan kebutuhan dalam negeri serta ekspor. Kalium Hidroksida yang dikenal dengan nama lain “*caustic potash*” banyak digunakan dalam industri sabun, *alkaline*, tekstil, karet, pupuk dan sebagai pengendali pH.

Pabrik Kalium Hidroksida direncanakan akan didirikan pada tahun 2023 di kawasan industri daerah Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas 15.000 ton/tahun. Pabrik bekerja secara kontinyu selama 24 jam per hari selama 330 hari per tahun dengan jumlah karyawan sebanyak 131 orang. Kalium Hidroksida tersebut dibuat dengan mencampurkan Kalium Klorida (KCl) padat dengan air dalam reaktor elektrolisis jenis sel membran dengan suhu dan tekanan operasi yaitu 90°C dan 1 atm.

Untuk mendapatkan kemurnian Kalium Hidroksida sesuai di pasaran (50%) dan sesuai dengan kapasitas perancangan, maka hasil elektrolisis yang berupa larutan Kalium Hidroksida dilewatkan pada evaporator agar sebagian airnya menguap dan didapatkan produk Kalium Hidroksida dengan kemurnian 50%. Unit pendukung proses produksi meliputi udara tekan, pengadaan air, *steam*, listrik, bahan bakar dan pengelolaan limbah. Kebutuhan utilitas tersebut meliputi air sebanyak 79.829,18 kg/jam, listrik sebesar 1492,68 kWh, bahan bakar berupa solar sebanyak 196,6509 kg/jam, *fuel oil* sebanyak 335,11 kg/jam serta kebutuhan udara tekan sebesar 32,62 m<sup>3</sup>/jam.

Pada hasil perhitungan, didapatkan modal tetap sebesar Rp 858.149.518.692, modal kerja sebesar Rp 236.255.894.908, biaya produksi sebesar Rp 220.930.619.972. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 189.202.275.062, sedangkan setelah pajak sebesar Rp 94.601.137.531. *Return On Investment (ROI)* sebelum pajak sebesar 22,05% sedangkan setelah pajak sebesar 11,02%, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak adalah 3,12 tahun sedangkan setelah pajak adalah 4,76 tahun. *Break Event Point (BEP)* sebesar 41,06%, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 8,56% dan *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebesar 14,61%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi dan ketentuan yang disyaratkan, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Klorida dengan proses elektrolisis kapasitas 15.000 ton/tahun ini menarik dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata-kata kunci : Kalium Hidroksida, Kalium Klorida, Elektrolisis, Sel Membran.

## ABSTRACT

*Domestic demand for Potassium Hydroxide (KOH) is quite high, but factories that produce these materials are still a bit in Indonesia. Therefore, the amount of Potassium Hydroxide imported from other countries is still high every year to meet the needs of domestic. The pre-design of this Potassium Hydroxide plant has the aim of providing solutions in meeting domestic and export needs. Potassium Hydroxide which is known by another name "caustic potash" is widely used in the soap, alkaline, textile, rubber, fertilizer industries, and as pH controller.*

*The Potassium Hydroxide plant is planned to be established in 2023 in the industrial area of West Karawang, West Java. This factory is designed with the capacity of 15.000 tons / year. The factory works continuously for 24 hours per day for 330 days per year with a total of 131 employees. The Potassium Hydroxide is made by mixing Potassium Chloride (KCl) solid with water in an electrolysis reactor in a membrane cell type with operating temperatures and pressures of 90°C and 1 atm.*

*To get the purity of Potassium Hydroxide according to the market (50%) and in accordance with the design capacity, the electrolysis results in the form of Potassium Hydroxide solution are passed to the evaporator so that some of the water evaporates and a 50% purity of Potassium Hydroxide is obtained. The production process support unit includes compressed air, water supply, steam, electricity, fuel and waste management. The utility needs include water as much as 79829,18 kg / hour, electricity of 1492,68 kWh, fuel in the form of diesel as much as 196,6509 kg / hour, fuel oil as much as 335,11 kg / hour and compressed air requirement as much as 32,62 m<sup>3</sup> / hour.*

*In the calculation results, the fixed capital is Rp. 858.149.518.692, the working capital is Rp 236.255.894.908, the manufacturing costs is Rp. Rp 220.930.619.972. Pre-tax profits amounting to Rp 189.202.275.062, while after taxes amounted to Rp 94.601.137.531. Return On Investment (ROI) before tax is 22,05% while after tax is 11,02%, Pay Out Time (POT) before tax is 3,12 years while after tax is 4,76 years. Break Event Point (BEP) of 41,06%, Shut Down Point (SDP) of 8,56% and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 14,61%. Based on the results of economic analysis and the required conditions, it can be concluded that the plant Potassium Hydroxide from Potassium Chloride with an electrolysis process capacity of 15,000 tons / year is interesting and deserves further study.*

*Keywords : Potassium Hidroksida, Potassium Chloride, Electrolysis, Membrane Cells.*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan dalam pembangunan suatu negara ditandai dengan pesatnya perkembangan industri yang ada pada negara tersebut. Beberapa hal yang mendorong berdirinya suatu industri adalah besarnya permintaan pasar akan suatu produk dan ketersediaan bahan baku. Salah satu bahan kimia yang saat ini banyak digunakan dalam industri di Indonesia sehingga kebutuhannya meningkat yaitu Kalium Hidroksida. Bahan kimia yang juga dikenal sebagai *Potassium Hydroxide* ini banyak digunakan dalam industri sabun, baterai alkaline, pembuatan karet, industri pupuk, dan tekstil. Pada produk makanan, Kalium Hidroksida bertindak sebagai agen pengendali pH, penstabil dan pengental.

Kalium Hidroksida merupakan penamaan dalam Bahasa Indonesia untuk senyawa *Potassium Hydroxide* dan dikenal dengan nama lain seperti *Caustic Potash*, *Potassia*, dan *Potassium Hydrate*. Kalium Hidroksida merupakan senyawa anorganik dengan rumus kimia KOH dimana unsur Kalium ( $K^+$ ) mengikat sebuah gugus hidroksil ( $OH^-$ ). Seperti halnya Natrium Hidroksida, maka Kalium Hidroksida merupakan basa kuat dan termasuk dalam golongan *heavy chemical industry*. *Heavy chemical* merupakan bahan kimia yang diproduksi dalam partai besar dan harga murah dengan industri lain sebagai konsumen utamanya. Di pasaran, KOH biasa dijual dalam fasa padat berbentuk *flake* dan juga fasa cair dengan konsentrasi sebesar 45-50%.

Proyeksi kebutuhan Kalium Hidroksida dalam negeri semakin meningkat seiring dengan peningkatan industri-industri yang menggunakannya. Oleh karena itu, maka pendirian Pabrik Kalium Hidroksida akan membawa dampak positif. Terlebih untuk pemenuhan kebutuhan kalium hidroksida adalah dengan mengimpor dari negara lain. Berdasarkan data impor dari Badan Pusat Statistika (BPS), peningkatan jumlah kebutuhan Kalium Hidroksida yang diimpor oleh Indonesia selama kurun waktu 5 tahun terakhir yaitu tahun 2013 hingga tahun 2017 dengan kebutuhan rata-rata

16.904,27 ton/tahun. Sehingga, dengan didirikannya Pabrik Kalium Hidroksida di Indonesia perindustrian dalam negeri semakin berkembang serta dapat menekan jumlah impor dan dapat memenuhi kebutuhan Kalium Hidroksida didalam negeri.

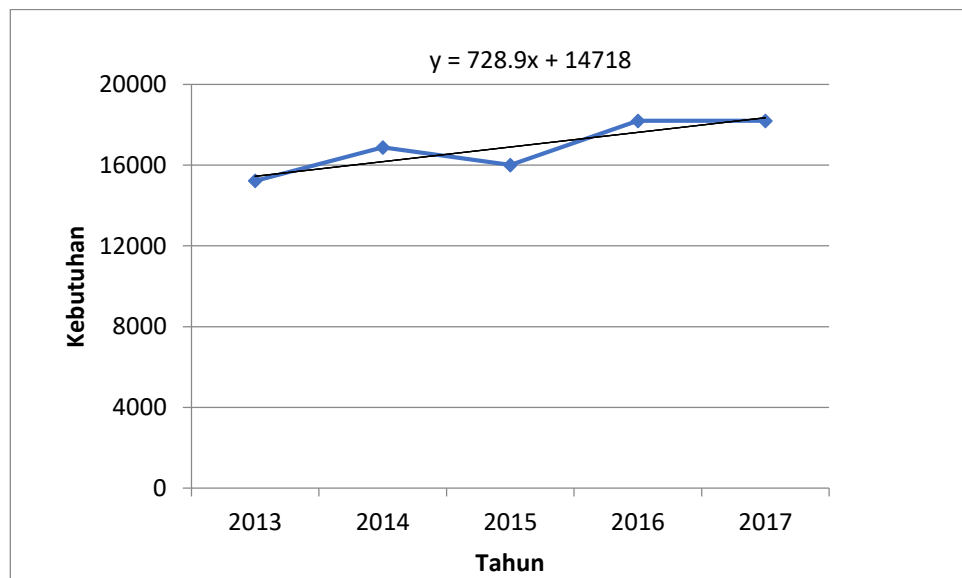
## 1.2 Penentuan Kapasitas Produksi

Tabel 1.2.1 Impor Kalium Hidroksida di Indonesia

Tahun ke	Tahun	KOH (ton/tahun)
1	2013	15.222,03
2	2014	16.881,09
3	2015	16.008,63
4	2016	18.205,03
5	2017	18.204,57

(Sumber : Badan Pusat Statistik *Online*, 2018)

Dari Tabel 1.2.1 dapat dibuat grafik linear berupa hubungan antara kebutuhan KOH pada tahun ke-n



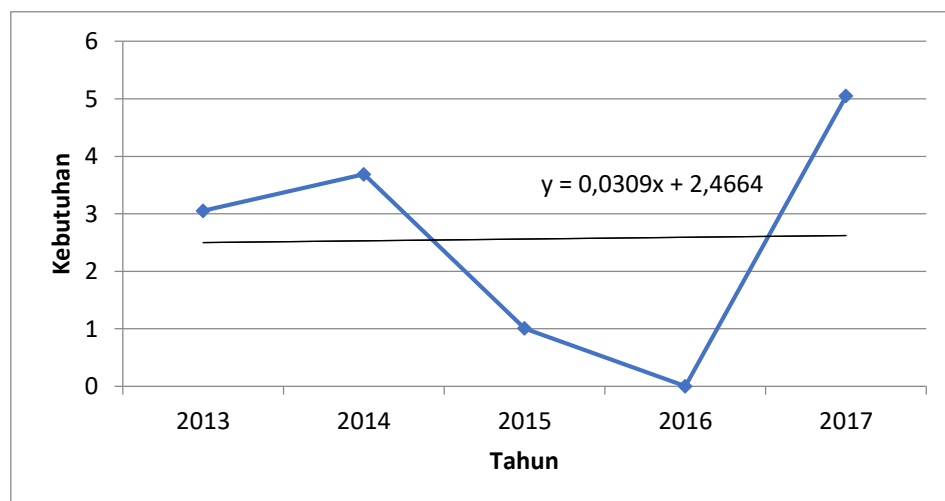
Gambar 1.2.1 Grafik Hubungan Impor pada Tahun 2013 sampai 2017 versus Kebutuhan KOH

Tabel 1.2.2 Ekspor Kalium Hidroksida di Indonesia

Tahun ke	Tahun	KOH (ton/tahun)
1	2013	3,05
2	2014	3,68
3	2015	1,01
4	2016	0
5	2017	5,05

(Sumber : Badan Pusat Statistik *Online*, 2018)

Dari Tabel 1.2.2 dapat dibuat grafik linear berupa hubungan antara ekspor KOH pada tahun ke-n



Gambar 1.2.2 Grafik Hubungan Ekspor pada Tahun 2013 sampai Tahun 2017 versus Kebutuhan KOH

Selanjutnya, dari Gambar 1.2.1 Grafik hubungan impor pada tahun ke-n versus kebutuhan KOH diperoleh persamaan hubungan impor pada tahun ke-n versus kebutuhan KOH dengan persamaan  $y = 728,9x + 14.718$

Dimana:

- x : Tahun ke-n
- y : Kebutuhan KOH dalam ton

Jika pabrik akan dirancang pada 5 tahun yang akan datang, yaitu pada tahun 2023 maka persamaan tersebut diatas dapat diasumsikan kebutuhan impor KOH.

$$y = 728,9(11) + 14.718 = 22.735,9$$

Kebutuhan akan KOH di Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan mencapai 22.735,9 ton setiap tahunnya dengan menggunakan pendekatan seperti tersebut diatas. Karena kami akan merancang pabrik baru, maka kapasitas yang kami tentukan sebesar 15.000 ton/tahun dengan beberapa pertimbangan yaitu, kenaikan jumlah impor tidak terlalu besar tiap tahunnya, lalu pada tahun 2023 tidak menutup kemungkinan beberapa pabrik baru akan berdiri sehingga jika produksi terlalu berlebih dikhawatirkan akan *over supply* dan dimungkinkan harga jual KOH akan menurun.

Adapun Pabrik KOH yang sudah berdiri di Indonesia seperti PT. Mulia Agung Chemindo dengan kapasitas produksinya 8.000 ton tiap tahunnya. Serta beberapa pabrik yang berada di luar negeri yang ditunjukkan dalam Tabel dibawah ini:

Tabel 1.2.3 Pabrik KOH di Luar Negeri

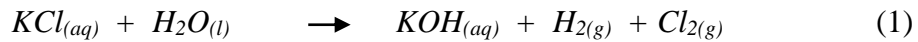
Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi	Lokasi Pabrik
Wentong Potassium Sat Group Co., Ltd	500.000 ton/tahun	China
Shandong Baovi Energi Technology Co., Ltd	12.000 ton/tahun	China
Gujarat Alkali and Chemicals Co., Ltd	45.000 ton/tahun	Gujarat, India
S Tech SIA	12.000 ton/tahun	Russia

### 1.3 Tinjauan Pustaka

#### 1.3.1 Proses Pembuatan

Proses pembuatan Kalium Hidroksida atau KOH dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satu diantaranya yaitu menggunakan proses elektrolisis dengan menggunakan Kalium Klorida (KCl). Proses elektrolisis ini diawali dengan melarutkan KCl padatan dengan air pada *mixer* yang

nantinya akan diumpankan pada reaktor elektrolisis. Reaksi yang terjadi pada proses elektrolisisnya yaitu:



Pada bagian anoda, KCl akan terionisasi menjadi ion  $K^+$  dan ion  $Cl^-$  dimana ion  $K^+$  ini nantinya akan berikatan dengan ion  $OH^-$  yang merupakan hasil ionisasi  $H_2O$  pada katoda untuk membentuk KOH. Sementara ion  $Cl^-$  pada anoda akan bergabung membentuk gas Klorin ( $Cl_2$ ) dan ion  $H^+$  pada katoda akan bergabung untuk membentuk gas Hidrogen ( $H_2$ ).

Reaksi pada anoda:



Reaksi pada katoda:



Proses elektrolisis dengan menggunakan KCl merupakan proses yang saat ini digunakan oleh hampir semua pabrik kimia dalam memproduksi KOH. Salah satu hal yang membuat proses ini banyak digunakan adalah karena proses ini menghasilkan KOH yang memiliki konsentrasi lebih tinggi daripada KOH yang dihasilkan dengan proses *boiling* (O'Brien, 2005).

Proses *boiling* merupakan proses pembentukan KOH menggunakan Kalium Karbonat ( $K_2CO_3$ ) dan Kalsium Hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ) yang sebelumnya sudah dicampur dan dipanaskan untuk menguapkan sebagian air yang terkandung. Proses tersebut akan membentuk larutan KOH dan endapan Kalsium Karbonat ( $Ca(CO_3)_2$ ). Reaksi pada proses *boiling* yaitu:



Proses *boiling* secara keseluruhan merupakan proses yang sederhana dan mudah untuk dilakukan, bahan baku yang digunakan pun harganya relatif murah dan cukup mudah didapatkan. Akan tetapi proses ini sudah banyak



ditinggalkan pada akhir abad ke 19 karena konsentrasi KOH yang dihasilkan kecil.

Selain itu, pemilihan proses elektrolisis sebagai metode untuk membuat Kalium Hidroksida dipilih karena beberapa pertimbangan antara lain:

- Pada proses elektrolisis konsumsi energinya lebih efisien. Hal ini dapat dilihat untuk besar energi yang sama, larutan KOH yang dihasilkan akan memiliki konsentrasi yang lebih besar atau lebih pekat.
- Bahan baku yang digunakan pada proses elektrolisis merupakan senyawa netral yaitu KCl, sehingga *pretreatment* di awal hampir tidak ada dan walaupun ada prosesnya tidak terlalu rumit.
- Produk samping yang dihasilkan dari proses memiliki nilai jual yang cukup tinggi.

Adapun proses elektrolisis juga terbagi menjadi beberapa proses lagi. Hal ini berkaitan dengan sel pemisah yang digunakan selama proses berlangsung. Proses-proses tersebut antara lain elektrolisis KCl dengan menggunakan sel diafragma, elektrolisis dengan menggunakan sel merkuri, dan elektrolisis dengan menggunakan membran sel.

1. Elektrolisis KCl dengan menggunakan sel diafragma

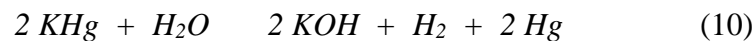
Pada proses ini, sel diafragma dipasang agar *anolyte* dan *catolyte* tidak saling bercampur selama proses elektrolisis berlangsung. Selain dengan diafragma, proses ini juga menjaga level *anolyte* agar selalu lebih tinggi dibandingkan dengan *catolyte*. Hal ini dilakukan supaya hanya ion  $K^+$  saja yang dapat pindah ke katoda untuk berikatan dengan ion  $OH^-$  dan mencegah ion  $H^+$  bergerak ke anoda. Jika ion  $H^+$  bergerak ke anoda dan berikatan dengan ion  $Cl^-$  maka nantinya dapat terbentuk HCl yang dapat mengurangi efisiensi arus pada katoda (O'Brien, 2005).

## 2. Elektrolisis KCl dengan menggunakan sel merkuri

Proses elektrolisis dengan cara ini sedikit berbeda dengan dua cara lainnya. Proses ini memiliki dua alat utama, yaitu *electrolyzer* dan dekomposer. Reaksi yang terjadi pada *electrolyzer* adalah :



Pembentukan amalgam K-Hg terjadi pada katoda, sementara pembentukan  $Cl_2$  terjadi pada anoda. Amalgam K-Hg selanjutnya disirkulasikan ke dekomposer untuk mengionisasi ion  $K^+$  dan mengikat ion  $OH^-$  membentuk senyawa KOH. Pada dekomposer akan terjadi proses pembentukan gas  $H_2$  sementara merkuri selanjutnya akan terendapkan sebelum diresirkulasi ke *electrolyzer*. Reaksi yang terjadi pada dekomposer adalah :



Proses elektrolisis dengan cara ini mampu menghasilkan larutan KOH dengan konsentrasi yang tinggi (larutan KOH 50%) tanpa harus melalui evaporasi untuk pemekatan lebih lanjut (Moorhouse, 2000).

## 3. Elektrolisis KCl dengan menggunakan membran sel

Elektrolisis KCl dengan membran sel memiliki cara kerja yang sama dengan proses elektrolisis sel diafragma, hanya saja level pada *anolyte* tidak perlu dijaga agar lebih tinggi daripada *catolyte* karena bahan untuk membran sel yang digunakan mampu untuk meloloskan ion  $K^+$  dari *anolyte* ke *catolyte* dan menahan ion  $OH^-$  untuk tidak masuk *anolyte*. Reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda untuk proses ini sama dengan reaksi pada anoda dan katoda proses elektrolisis pada umumnya. Elektrolisis KCl dengan membran sel merupakan proses atau teknologi yang paling baru di antara kedua proses lainnya. Kelebihan dari proses ini ialah dapat menghasilkan larutan KOH yang

sudah cukup tinggi konsentrasinya (50%) serta proses lebih ramah lingkungan (O'Brien, 2005).

Tabel 1.3.1 Perbandingan 3 Proses Elektrolisis

Jenis Sel	Sel Diafragma	Sel Merkuri	Sel Membran
Sel Pemisah	Diafragma	Merkuri (Hg)	Membran
Kondisi Operasi	90°C 1 atm	90°C 1 atm	90°C 1 atm
Penambahan Senyawa	-	Hg	-
Alat Utama	<i>electrolyzer</i>	<i>electrolyzer</i> dan dekomposer	<i>electrolyzer</i>
Konsentrasi Produk	30%	45%	30%

Dari perbandingan ketiga proses elektrolisis tersebut, proses elektrolisis KCl dengan menggunakan membran sel dengan beberapa pertimbangan, diantaranya :

- Teknologi membran tidak membutuhkan penambahan senyawa kimia dan bersifat selektif yaitu jenis membran beragam dan dapat dipilih.
- Dengan voltase sel dan efisiensi arus yang sama dengan proses yang lain, proses ini memerlukan energi yang lebih sedikit.
- Konsentrasi larutan KOH yang dihasilkan sudah cukup tinggi.
- Tidak perlu menjaga level pada *anolyte* maupun *catolyte*.

### 1.3.2 Kegunaan Produk

Kalium hidroksida atau KOH dapat digunakan untuk sejumlah aplikasi, seperti:

- Prekursor bagi senyawa kalium lain.
- Pembuatan biodiesel.
- Pembuatan sabun.
- Pembuatan barang-barang yang menggunakan baterai.

- Dalam bidang pertanian, kalium hidroksida dapat digunakan untuk menetralkan pH tanah yang asam, selain itu juga dapat digunakan sebagai fungisida dan herbisida.

### 1.3.3 Tinjauan Proses secara Umum

Reaksi pembentukan Kalium Hidroksida dapat dikategorikan dalam reaksi elektrolisis. Mulanya KCl akan terionisasi menjadi ion  $K^+$  dan ion  $Cl^-$  pada bagian anoda. Ion  $K^+$  selanjutnya akan bergerak ke *catolyte* melewati membran sel untuk berikatan dengan ion  $OH^-$  yang berasal dari ionisasi air pada katoda. Ion  $OH^-$  digunakan untuk berikatan dengan ion  $K^+$  membentuk KOH sementara ion  $H^+$  dijaga agar tidak berpindah ke *anolyte* dan berikatan dengan ion  $Cl^-$  membentuk HCl yang dapat membahayakan reaktor elektrolisis. Maka dari itu pemilihan membran sel harus sangat diperhatikan agar tidak terjadi pembentukan HCl dalam reaktor.

Secara garis besar proses elektrolisis Kalium Klorida menjadi Kalium Hidroksida berlangsung pada kondisi:

Suhu :  $90^\circ C$

Tekanan : 1 atm

(Sumber : *US Patent No. 4253923*)

## **BAB II**

### **PERANCANGAN PRODUK**

#### **2.1 Spesifikasi Produk Utama**

##### 2.1.1 Kalium Hidroksida (KOH)

- Wujud : Cair (1 atm, 30°C)
- Berat Molekul : 56,11 gram/mol
- *Specific gravity* : 1,51
- Titik leleh : 8,88°C
- Titik didih : 133 - 145°C pada 1 atm
- Tekanan uap : 2,6 mmHg pada 20°C
- Kelarutan dalam air : Sangat larut

(Sumber : *Material Safety Data Sheet*)

#### **2.2 Spesifikasi Produk Samping**

##### 2.1.2 Hidrogen (H<sub>2</sub>)

- Wujud : Gas
- Berat Molekul : 2,02 gram/mol
- *Specific gravity* : 1,98
- Titik leleh : -259,15°C pada 1 atm
- Titik didih : -253°C pada 1 atm

(Sumber : *Material Safety Data Sheet*)

##### 2.1.3 Klorin (Cl<sub>2</sub>)

- Wujud : Gas
- Berat Molekul : 70,9 gram/mol
- *Specific gravity* : 1,98
- Titik leleh : -101°C pada 1 atm
- Titik didih : -34°C pada 1 atm

(Sumber : *Material Safety Data Sheet*)

## 2.3 Spesifikasi Bahan Baku

### 2.3.1 Kalium Klorida (KCl)

- Wujud : Padat
- Berat Molekul : 74,55 gram/mol
- *Specific gravity* : 1,98
- Titik leleh : 778°C
- Titik didih : 1420°C pada 1 atm
- Kelarutan dalam air : 34,7 gram/100 gram air pada 0°C
- Sumber Pabrik : PT. Timuraya Tunggal, Karawang

### 2.3.2 Air (H<sub>2</sub>O)

- Wujud : Cair
- Berat Molekul : 18.02 gram/mol
- *Specific gravity* : 1
- Titik leleh : -
- Titik didih : 100°C pada 1 atm
- Tekanan uap : 2,3 kPa pada 20°C
- Kelarutan dalam air : -

## 2.4 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*quality control*) pada Prarancangan Pabrik Kalium Hidroksida ini meliputi pengendalian kualitas pada bahan baku, proses, dan produk.

### 2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas merupakan suatu aktivitas (manajemen perusahaan) untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk atau jasa perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana yang telah direncanakan (Ahyari, 1992).

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sesuai dengan spesifikasi yang telah

ditentukan untuk proses selanjutnya atau belum. Oleh karena itu sebelum melakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa Kalium Klorida dengan tujuan supaya bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Uji yang dilakukan diantaranya uji viskositas, densitas, kadar komposisi komponen, volatilitas, dan kemurnian bahan baku.

#### 2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses produksi pada pabrik bertujuan untuk menjaga proses produksi agar menghasilkan produk yang memenuhi syarat dan berkualitas. Pengendalian kualitas proses produksi dilakukan dengan dengan cara dibawah ini, seperti:

1. Sensor, suatu komponen yang mendeteksi keluaran atau informasi lainnya yang diperlukan dalam sistem kontrol. Alat yang digunakan yaitu *thermocouple* untuk sensor suhu, sedangkan *manometer* untuk sensor aliran fluida, level dan tekanan.
2. *Controller*, suatu komponen yang mampu mengolah data masukan dan referensi yang dikehendaki untuk dikeluarkan menjadi sinyal kontrol. Meliputi *flow control*, *level control*, *pressure control*, dan *temperature indicator control*.
3. Aktuator, suatu komponen yang mampu mengolah sinyal kontrol menjadi sinyal aksi ke suatu *plant*. Alat yang digunakan yaitu *automatic control valve* dan *manual hand valve*.

Apabila suatu saat terjadi ketidaksesuaian pada proses produksi, hal tersebut dapat diketahui dari sinyal-sinyal atau penanda yang dibuat seperti lampu, alarm, dan lain sebagainya dan harus dikembalikan ke kondisi normalnya baik secara otomatis ataupun secara manual. Ketidaksesuaian pada proses produksi dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti bahan baku kurang memenuhi standar, kerusakan pada alat-alat produksi, kesalahan pada operasi, dan lain sebagainya.

### 2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk yang baik diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara sistem kontrol sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan layak untuk dipasarkan. Diperlukan juga pengujian terhadap produk yang dihasilkan sesuai standar yang ada seperti uji densitas, viskositas, kemurnian produk, volatilitas, dan komposisi komponen produk.



## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

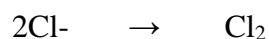
#### 3.1 Uraian Proses

Pembuatan larutan KCl digunakan dengan mengangkut KCl dari Silo (SL-01) dengan menggunakan *belt conveyor* (BC-01) menuju *mixer* dan juga menambahkan air dari tangki penyimpanan (TU-05) ke dalam *mixer*. *Mixer* yang digunakan yaitu jenis tangki silinder tegak dengan atap dan alas *torispherical* yang dilengkapi dengan jaket pemanas dan dioperasikan secara kontinyu. Proses pelarutan KCl dilakukan selama 20 menit dengan sumber panas yang digunakan untuk jaket pemanas berupa *steam*, sehingga diperoleh larutan KCl dengan konsentrasi 24% dan suhu 90°C. larutan KCl yang keluar dari *mixer* selanjutnya diumpangkan ke bagian anoda pada reaktor elektrolisis. Selain larutan KCl, bahan baku yang digunakan untuk proses adalah air. Air yang akan digunakan harus disesuaikan terlebih dahulu kondisi operasinya agar sesuai dengan kondisi operasi pada reaktor elektrolisis. Air dialirkan dari tangki penyimpanan TU-05 ke HE-02 untuk dinaikkan suhunya dari 30°C sampai 90°C sebelum diumpangkan ke bagian anoda dari reaktor elektrolisis.

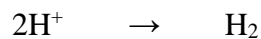
Reaksi yang terjadi pada reaktor elektrolisis adalah sebagai berikut:



Reaksi pada Anoda:



Reaksi pada Katoda:



Proses elektrolisis beroperasi pada tekanan 1 atm dan suhu 90°C. Pada reaktor elektrolisis terdapat membran sel yang memisahkan *anolyte* dan *catolyte*. Proses elektrolisis diawali dengan ionisasi larutan KCl menjadi ion

$K^+$  dan ion  $Cl^-$  pada bagian *anolyte*. Ion  $K^+$  selanjutnya bergerak menuju bagian *catolyte* melewati membran sel. Ionisasi air yang terjadi pada *catolyte* akan membentuk ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . Ion  $OH^-$  akan berikatan dengan ion  $K^+$  dan membentuk KOH. Sedangkan ion  $H^+$  dijaga agar tidak berpindah ke *anolyte* dan berikatan dengan ion  $Cl^-$  membentuk HCl yang dapat membahayakan reaktor elektrolisis. Oleh karena itu dipilih membran sel yang dapat meloloskan ion  $K^+$  ke arah *catolyte* dan tidak dapat meloloskan ion  $H^+$  ke arah *anolyte*. Ion  $H^+$  pada katoda akan bergabung dan membentuk gas Hidrogen ( $H_2$ ), begitu juga dengan ion  $Cl^-$  akan bergabung dan membentuk gas Klorin ( $Cl_2$ ). Larutan KOH yang dihasilkan pada reaktor elektrolisis mempunyai konsentrasi 30%. Produk KOH ini masih perlu disesuaikan lagi dengan produk larutan KOH yang dijual dipasaran sehingga KOH perlu dipekatan sampai didapatkan produk KOH dengan konsentrasi 50%.

Larutan KOH dengan konsentrasi 30% akan di pekatkan dengan menggunakan *triple effect evaporator* dengan sistem *backward feed* untuk menghasilkan larutan KOH dengan konsentrasi 50%. Pemekatan pada evaporator EV-03 dilakukan menggunakan *steam* sebagai media pemanas yang didapat dari *evaporator* EV-02 dan *steam* dari *boiler*. Hasil pemekatan larutan KOH pada *evaporator* EV-03 yaitu menjadi 35%. Uap air yang dihasilkan pada *evaporator* EV-03 selanjutnya akan di kondensasikan pada kondenser. Pada *evaporator* EV-02 larutan KOH akan di pekatkan menggunakan *steam* dari *evaporator* EV-01 dan *steam* dari *boiler* lalu hasil uap airnya akan digunakan untuk memekatkan larutan KOH pada *evaporator* EV-03. Hasil pemekatan larutan KOH pada *evaporator* EV-02 yaitu menjadi 42%. Setelah itu pada *evaporator* EV-01 larutan KOH selanjutnya dipekatkan hingga konsentrasi 50% menggunakan *steam* dari *boiler*.

Larutan KOH 50% yang keluar dari *evaporator* EV-01 kemudian didinginkan oleh HE-01. HE-01 digunakan untuk mendinginkan larutan KOH 50% dari suhu  $135^\circ C$  sampai suhu  $30^\circ C$  menggunakan air pendingin sebelum nantinya dialirkan dan disimpan dalam tangki penyimpanan T-03.

Selain larutan KOH, elektrolisis larutan KCl juga menghasilkan produk samping berupa gas Hidrogen ( $H_2$ ) dan gas Klorin ( $Cl_2$ ). Gas Hidrogen dapat dijual ke pabrik kimia yang menggunakan gas Hidrogen sebagai bahan baku pembuatan suatu produk dengan menyimpannya terlebih dahulu pada tangki penyimpanan  $H_2$  (T-01). Gas Hidrogen yang keluar dari reaktor elektrolisis masih berada dalam kondisi yang panas, sehingga perlu didinginkan terlebih dahulu pada HE-03 untuk menurunkan suhunya dari  $90^\circ C$  menjadi  $30^\circ C$  dengan menggunakan air pendingin sebelum di simpan didalam tangki penyimpanan.

Sebelum ingin menjual gas Klorin ( $Cl_2$ ) kepada pabrik kimia yang membutuhkan, hendaknya gas Klorin tersebut dicairkan terlebih dahulu. Gas Klorin yang keluar dari reaktor elektrolisis di turunkan suhunya terlebih dahulu dengan menggunakan HE-04. Penurunan suhu dilakukan hingga suhu  $30^\circ C$ . Selanjutnya gas Klorin di lewatkan pada kompresor untuk dinaikkan tekanannya menjadi 8,8 atm agar nilai titik embun gas Klorin naik. Gas Klorin yang sudah di kompresi kemudian didinginkan dengan HE-05 untuk diturunkan suhunya dari  $124^\circ C$  menjadi  $30^\circ C$  dengan menggunakan air pendingin. Setelah itu gas Klorin akan berubah fase menjadi cair karena suhunya sudah dibawah titik embunnya. Klorin cair yang terbentuk kemudian dialirkan dan disimpan di dalam tangki penyimpanan T-02.

## 3.2 Spesifikasi Alat

### 3.2.1 Tangki Penyimpanan Hidrogen (T-01)

Fungsi : Menyimpan gas Hidrogen dari reaktor elektrolisis sebanyak 60,42 m<sup>3</sup> dengan waktu tinggal selama 7 hari.

Jenis : Tangki berbentuk bola

#### Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 90°C

#### Spesifikasi

Diameter : 6,10 m

Tinggi : 6,10 m

Tebal *Head* : 0.44 in

Jumlah : 1 buah

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 42.600

### 3.2.1 Tangki Penyimpanan Klorin (T-02)

Fungsi : Menyimpan hasil Cl<sub>2</sub> dari reaktor elektrolisis sebanyak 58,22 m<sup>3</sup> dengan waktu tinggal selama 7 hari.

Jenis : Tangki silinder tegak dengan dasar tegak dan atap berbentuk *conical*.

#### Kondisi Operasi

Tekanan : 8,8 atm

Suhu : 30°C

#### Spesifikasi

Diameter : 6,10 m

Tinggi : 3,66 m

Tebal *Head* : 0.19 in

Tinggi Tangki : 4,77 m

Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 32.785,60

### 3.2.2 Tangki Penyimpanan Kalium Hidroksida (T-03)

Fungsi	: Menyimpan produk Kalium Hidroksida (KOH) sebanyak 96,02 m <sup>3</sup> dengan waktu tinggal selama 7 hari.
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar tegak dan atap berbentuk <i>conical</i> .

#### Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C

#### Spesifikasi

Diameter	: 7,62 m
Tebal <i>Head</i>	: 0.19 in
Tinggi Tangki	: 5,04 m
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 53.945,11

### 3.2.3 Silo (SL-01)

Fungsi	: Menyimpan KCl padat sebelum masuk <i>mixer</i> .
Jenis	: <i>Conical Bin</i> .

#### Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C

#### Spesifikasi

Diameter	: 2,78 m
Tinggi <i>shell</i>	: 4,17 m
Tebal <i>Head</i>	: 0.19 in

Tinggi Silo	: 8,30 m
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 18.369,24

#### 3.2.4 *Belt Conveyor* (BC-01)

Fungsi	: Memindahkan KCl dari silo ke <i>mixer</i> .
Jenis	: <i>Belt conveyor</i> .

#### Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C

#### Spesifikasi

Panjang <i>belt</i>	: 10 m
Lebar <i>belt</i>	: 0,36 m
<i>Power</i>	: 0,05 HP
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 3.836,61

#### 3.2.5 Kondensor (CD-01)

Fungsi	: Mengkondensasikan uap air dari Evaporator 1.
Jenis	: <i>Shell and Tube</i> dengan aliran <i>counter current</i> .

#### Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 120°C

Beban Panas	: 3.914.776,87 Btu/jam
Luas transfer panas	: 282,96 m <sup>2</sup>
Panjang	: 16 ft

#### *Shell side*

Fluida dingin	: Air pendingin
Ukuran	:

ID : 39 in  
*Baffle space* : 15,6 in  
*Passes* : 1

*Tube side*

Fluida panas : *Steam*  
 Ukuran :  
 Nt : 307 buah  
 OD, BWG : 1,5 in ; 15  
 ID : 1,36 in  
*Pitch* : 1,88 in *triangular pitch*  
*Dirty Factor Calculated* : 0,03  
*Dirty factor Required* : 0,001  
 Jumlah : 1 buah  
 Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*  
 Harga : \$ 152.301,92

3.2.6 Kompresor (C-01)

Fungsi : Menaikkan tekanan gas Cl<sub>2</sub> keluaran Reaktor R-01  
 dari 1 atm menjasi 8,8 atm.  
 Jenis : *Centrifugal Compressor.*  
 Kondisi Operasi  
 Tek. masuk : 1 atm  
 Tek. keluar : 8,8 atm  
 Suhu : 123,74 °C  
 Efisiensi : 65 %  
*Power* Kompresor : 21,05 Watt  
 Jumlah : 1 buah  
 Bahan : *Carbon Steel*  
 Harga : \$ 62.199,64

### 3.2.7 Cooler 1 (HE-01)

Fungsi : Menurunkan suhu KOH keluar dari Evaporator 3 sebanyak 946,97 kg/jam dari suhu 135°C ke 30°C.

Jenis : *Shell and Tube* dengan aliran *counter current*.

Beban Pendingin : 530.896,57 Btu/jam

Luas transfer panas : 1.492,21 m<sup>2</sup>

#### *Shell side*

Fluida dingin : Air pendingin

Ukuran :

ID : 39 in

*Baffle space* : 15,6 in

*Passes* : 1

*Tube side* :

Fluida panas : KOH 50%

Panjang : 12 ft

Ukuran :

Nt : 61 buah

OD, BWG : 1,5 in ; 15

ID : 1,36 in

*Passes* : 1

*Pitch* : 1,88 in *triangular pitch*

Ud : 7,22 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.F

Rd : 0,14 jam.ft<sup>2</sup>.F/Btu

ΔP : 0,16 psi

Jumlah : 1 buah

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 13.2553,76



### 3.2.8 Heater 1 (HE-02)

Fungsi	: Menaikkan suhu air masuk reaktor sebanyak 4723,20 kg/jam dari 30°C ke 90°C.
Jenis	: <i>Double Pipe</i> dengan aliran <i>counter current</i> .
Beban Pemanas	: 1.181.529,40 Btu/jam
Luas transfer panas	: 40,35 ft <sup>2</sup>
Fluida di <i>outer pipe</i>	: <i>Steam</i>
Fluida di <i>inner pipe</i>	: Air
L	: 12 ft
Do <i>outer pipe</i>	: 3,5 in
Di <i>outer pipe</i>	: 3,07 in
Do <i>inner pipe</i>	: 2,38 in
D <i>inner pipe</i>	: 2,07 in
<i>Hairpin</i>	: 6 buah
Ud	: 199,59 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Rd	: 0,0025 jam.ft <sup>2</sup> .F/Btu
ΔP	: 0,05 psi
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 1.511,39

### 3.2.9 Cooler 2 (HE-03)

Fungsi	: Menurunkan suhu gas H <sub>2</sub> keluar dari reaktor elektrolisis dari suhu 90°C ke 30°C.
Jenis	: <i>Shell and Tube</i> dengan aliran <i>counter current</i> .
Beban Pendingin	: 15.029,93 Btu/jam
Luas transfer panas	: 299,17 ft <sup>2</sup>
<i>Shell side</i>	
Fluida dingin	: Air pendingin
Ukuran	:
ID	: 23,25 in
<i>Baffle space</i>	: 9,3 in

<i>Passes</i>	: 1
<i>Tube side</i>	:
Fluida panas	: KOH 50%
Panjang	: 12 ft
Ukuran	:
Nt	: 95 buah
OD, BWG	: 1,5 in ; 15
ID	: 1,36 in
<i>Passes</i>	: 1
<i>Pitch</i>	: 1,88 in <i>triangular pitch</i>
Ud	: 1,67 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Rd	: 0,58 jam.ft <sup>2</sup> .F/Btu
$\Delta P$	: 0,02 psi
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 21.043,24

### 3.2.10 Cooler 3 (HE-04)

Fungsi	: Menurunkan suhu gas Cl <sub>2</sub> keluaran reaktor sebanyak 598,40 kg/jam dari 90°C ke 30°C.
Jenis	: <i>Double Pipe</i> dengan aliran <i>counter current</i> .
Beban Pendingin	: 16.414,55 Btu/jam
Luas transfer panas	: 108,36 ft <sup>2</sup>
Fluida di <i>outer pipe</i>	: Air
Fluida di <i>inner pipe</i>	: gas Cl <sub>2</sub>
L	: 12 ft
Do <i>outer pipe</i>	: 3,5 in
Di <i>outer pipe</i>	: 3,07 in
Do <i>inner pipe</i>	: 2,38 in
D <i>inner pipe</i>	: 2,07 in
<i>Hairpin</i>	: 15 buah

Ud	: 4,98 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Rd	: 0,08 jam.ft <sup>2</sup> .F/Btu
ΔP	: 0,001 psi
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2.092,70

### 3.2.11 Cooler 4 (HE-05)

Fungsi	: Menurunkan suhu gas Cl <sub>2</sub> keluaran kompresor sebanyak 598,40 kg/jam dari 124°C ke 30°C.
Jenis	: <i>Double Pipe</i> dengan aliran <i>counter current</i> .
Beban Pendingin	: 27.220,62 Btu/jam
Luas transfer panas	: 69,97ft <sup>2</sup>
Fluida di <i>outer pipe</i>	: Air
Fluida di <i>inner pipe</i>	: Gas Cl <sub>2</sub>
L	: 12 ft
Do <i>outer pipe</i>	: 3,5 in
Di <i>outer pipe</i>	: 3,07 in
Do <i>inner pipe</i>	: 2,38 in
D <i>inner pipe</i>	: 2,07 in
<i>Hairpin</i>	: 9 buah
Ud	: 7,96 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Rd	: 0,02 jam.ft <sup>2</sup> .F/Btu
ΔP	: 0,001 psi
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 1.860,18

### 3.2.12 Cooler 5 (HE-06)

Fungsi	: Menurunkan suhu steam boiler dari 145°C menjadi 135°C
Jenis	: <i>Double Pipe</i> dengan aliran <i>counter current</i> .
Beban Pendingin	: 30.694,00 Btu/jam

Luas transfer panas	: 83,33 ft <sup>2</sup>
Fluida di <i>outer pipe</i>	: Air pendingin
Fluida di <i>inner pipe</i>	: <i>Steam</i>
L	: 12 ft
Do <i>outer pipe</i>	: 3,5 in
Di <i>outer pipe</i>	: 3,07 in
Do <i>inner pipe</i>	: 2,38 in
D <i>inner pipe</i>	: 2,07 in
<i>Hairpin</i>	: 12 buah
Ud	: 2,00 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Rd	: 0,39 jam.ft <sup>2</sup> .F/Btu
ΔP	: 0,002 psi
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 1.976,44

### 3.2.13 Cooler 6 (HE-07)

Fungsi	: Menurunkan suhu steam boiler dari 145°C menjadi 130°C
Jenis	: <i>Double Pipe</i> dengan aliran <i>counter current</i> .
Beban Pendingin	: 553.222,63 Btu/jam
Luas transfer panas	: 153,80 ft <sup>2</sup>
Fluida di <i>outer pipe</i>	: Air pendingin
Fluida di <i>inner pipe</i>	: <i>Steam</i>
L	: 12 ft
Do <i>outer pipe</i>	: 3,5 in
Di <i>outer pipe</i>	: 3,07 in
Do <i>inner pipe</i>	: 2,38 in
D <i>inner pipe</i>	: 2,07 in
<i>Hairpin</i>	: 21 buah
Ud	: 20 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Rd	: 0,04 jam.ft <sup>2</sup> .F/Btu

$\Delta P$	: 0,32 psi
Jumlah	: 1
Harga	: \$2.325,22

### 3.2.14 Evaporator

Fungsi	: Memekatkan larutan KOH 30% dari reaktor elektrolisis
Jenis	: <i>Tripple Effect Long Tube Evaporator Backward Feed</i>
Kondisi operasi	
EV-01	: 123 °C ; 1 atm
EV-02	: 130 °C ; 1 atm
EV-03	: 135 °C ; 1 atm
Dimensi	
A1	: 140,14 m <sup>2</sup>
Tebal <i>Head</i>	: 0,82 in
Tinggi Evaporator	: 9,31 m
A2	: 35,99 m <sup>2</sup>
Tebal <i>Head</i>	: 0,82 in
Tinggi Evaporator	: 6,89 m
A3	: 26,62 m <sup>2</sup>
Tebal <i>Head</i>	: 0,82 in
Tinggi Evaporator	: 6,69 m
Material	: <i>Mild Carbon Steel SA-212 Grade B</i>
Jumlah	: 3 buah
Harga	: \$ 794.644,00

### 3.2.15 Mixer (M-01)

Fungsi	: Melarutkan padatan KCl dengan air agar diperoleh larutan KCl.
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan alas <i>torispherical</i> dilengkapi jaket pemanas dan pengaduk.
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 90 °C
Dimensi	
Tinggi	: 1,39 m
Diameter	: 0,64 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,19 in
Pengaduk	: <i>Three-blade Marine Propeller</i>
Dimensi Pengaduk	:
<i>D impeller</i>	: 0,21 m
Kecepatan	: 569 rpm
<i>Power</i> Pengaduk	: 0,56 HP
Material	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 58.595,55

### 3.2.16 Reaktor Elektrolisis (R-01)

Fungsi	: Mengubah larutan KCl menjadi larutan KOH 30% dengan proses elektrolisis.
Jenis	: Reaktor elektrolisis tipe sel membran.
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 90 °C
Dimensi	
Tinggi	: 3,75 m
Diameter	: 1,56 m

<i>Tebal Shell</i>	: 0,19 in
Material	: <i>Carbon Steel SA-212 Grade B</i>
Jumlah	: 4 buah tersusun secara paralel
Harga	: \$ 91.264,89

### 3.2.17 Pompa 1 (P-01)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki H <sub>2</sub> O ke <i>Mixer</i> (M-01).
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Spesifikasi	
Debit	: 1,12 m <sup>3</sup> /jam
<i>Head</i>	: 4,01 m
Putaran	: 3500 rpm

#### *Impeller*

Putaran spesifik	: 1126,61 rpm
Jenis	: <i>Mixed Flow Impeller</i>

#### Daya

Teoritis	: 0,02 HP
BHP	: 0,09 HP
Motor	: 0,17 HP

Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 13.253,76

### 3.2.18 Pompa 2 (P-02)

Fungsi	: Mengalirkan larutan KCl dari <i>Mixer</i> M-01 ke Reaktor R-01.
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Spesifikasi	
Debit	: 0,35 m <sup>3</sup> /jam
<i>Head</i>	: 8,40 m
Putaran	: 3500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 360,96 rpm

Jenis : *Radial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,01 HP

BHP : 0,06 HP

Motor : 0,08 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 13.253,76

## 3.2.19 Pompa 3 (P-03)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki H<sub>2</sub>O ke Reaktor R-01

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 5,87 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 2,16 m

Putaran : 3500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 4099,59 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,04 HP

BHP : 0,21 HP

Motor : 0,33 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 13.253,76



## 3.2.20 Pompa 4 (P-04)

Fungsi : Mengalirkan larutan KOH dari reaktor R-01 ke Evaporator (EV-01)

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 6,38 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 10,99 m

Putaran : 3500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 1260,78 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,26 HP

BHP : 1,23 HP

Motor : 2 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 19.299,33

## 3.2.21 Pompa 5 (P-05)

Fungsi : Mengalirkan larutan KOH dari Evaporator EV-01 ke Evaporator EV-02

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 3,04 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,79 m

Putaran : 3500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 1126,57 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

Daya	
Teoritis	: 0,09 HP
BHP	: 0,49 HP
Motor	: 0,75 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 13.253,76

### 3.2.22 Pompa 6 (P-06)

Fungsi : Mengalirkan larutan KOH dari Evaporator EV-02 ke Evaporator EV-03

Jenis : *Centrifugal Pump*

Spesifikasi

    Debit : 2,47 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,54 m

    Putaran : 3500 rpm

*Impeller*

    Putaran spesifik : 1.040,07 rpm

    Jenis : *Mixed Flow Impeller*

Daya

    Teoritis : 0,07 HP

    BHP : 0,39 HP

    Motor : 0,50 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 13.253,76

## 3.2.23 Pompa 7 (P-07)

Fungsi : Mengalirkan larutan KOH dari Evaporator EV-02 ke Evaporator EV-03

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 1,85 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,29 m

Putaran : 3500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 923,32 rpm

Jenis : *Radial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,06 HP

BHP : 0,32 HP

Motor : 0,50 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 13.253,76

## 3.2.24 Pompa 8 (P-08)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki TU-05 ke kondensor CD-01

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 59,53 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 1,67 m

Putaran : 3500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 15821,05 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

Daya	
Teoritis	: 0,37 HP
BHP	: 0,40 HP
Motor	: 0,75 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 35.575,87

### 3.2.25 Pompa 9 (P-09)

Fungsi	: Mengalirkan air dari kondensor CD-01 ke bagian <i>Cooling Tower</i>
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Spesifikasi	
Debit	: 63,54 m <sup>3</sup> /jam
<i>Head</i>	: 2,73 m
Putaran	: 3500 rpm
<i>Impeller</i>	
Putaran spesifik	: 11315,09 rpm
Jenis	: <i>Axial Flow Impeller</i>

Daya	
Teoritis	: 0,64 HP
BHP	: 0,69 HP
Motor	: 1 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 35.575,87

### 3.2.26 Pompa 10 (P-10)

Fungsi	: Mengalirkan Cl <sub>2</sub> dari Reaktor R-01 ke Tangki Cl <sub>2</sub> (T-02)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>

**Spesifikasi**Debit : 28,65 m<sup>3</sup>/jam*Head* : 5,39 m

Putaran : 3500 rpm

***Impeller***

Putaran spesifik : 4558,72 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller***Daya**

Teoritis : 0,01 HP

BHP : 0,03 HP

Motor : 0,05 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 19.299,33

**3.3 Perencanaan Produksi**

Terdapat dua hal yang perlu di pertimbangkan dalam menentukan perencanaan produksi yaitu analisa kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu dan analisis kebutuhan alat-alat proses.

**3.3.1 Analisa Kebutuhan Bahan Baku dan Bahan Pembantu**

Pabrik Kalium Hidroksida yang akan didirikan membutuhkan bahan baku ataupun bahan pembantu lain seperti:

**a. Kalium Klorida**

Kalium Klorida yang masih berupa padatan dibutuhkan sebanyak 302,02 kg tiap 1 jam, yang berarti setiap tahunnya dibutuhkan sebanyak 2.391.978,6 kg. Kalium Klorida yang digunakan merupakan Kalium Klorida dengan konsentrasi 24%.

**b. Air**

Air untuk kebutuhan proses yang digunakan untuk melarutkan Kalium Klorida padatan dan untuk proses pada reaktor Elektrolisis

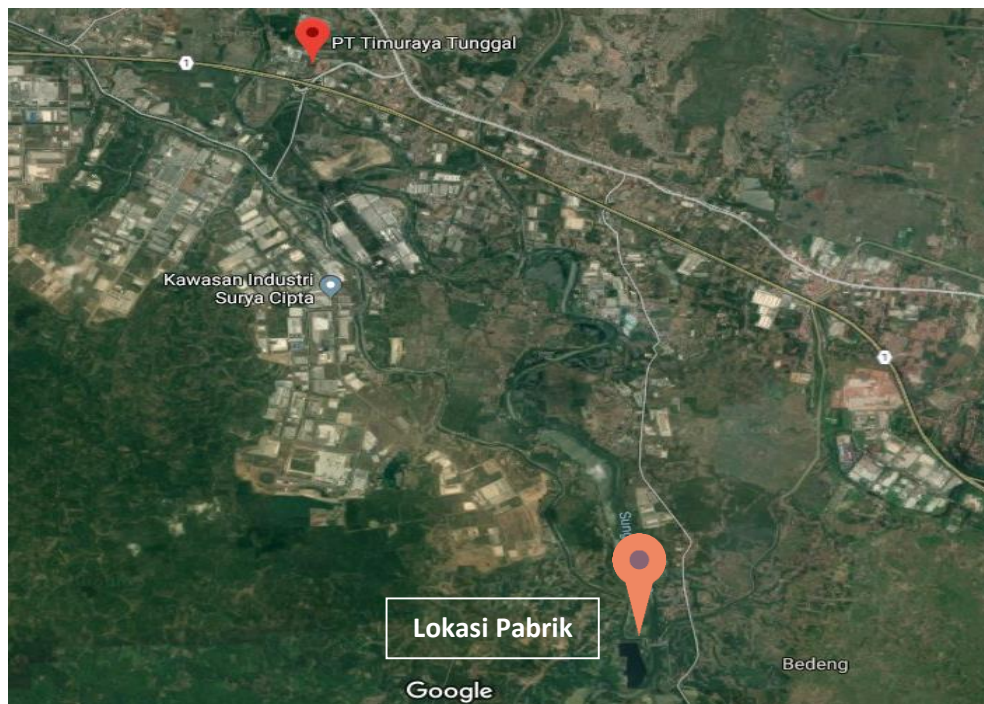
berjumlah 6.815,51 kg tiap 1 jam, yang berarti setiap tahunnya dibutuhkan sebanyak 53.978.823,52 kg.

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi untuk suatu pabrik merupakan satu faktor yang penting, karena hal tersebut dapat mempengaruhi terhadap lancarnya kegiatan industri seperti produksi produk dan distribusi produknya. Untuk itu pemilihan lokasi pabrik perlu untuk dipertimbangkan agar nantinya dapat memberikan keuntungan yang besar pada perusahaan. Perancangan Pabrik Kalium Hidroksida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun akan didirikan di Kabupaten Karawang, Jawa Barat.



Gambar 4.1.1 Lokasi Pendirian Pabrik

Pendirian Pabrik Kalium Hidroksida didasarkan dari beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Ketersediaan bahan baku

Lokasi pendirian Pabrik Kalium Hidroksida sebaiknya berada di daerah dekat dengan bahan baku, tempat pemasaran produk, dan sarana transportasi baik itu di darat maupun di laut agar memudahkan untuk

mengirim produk kepada konsumen. Bahan baku yaitu Kalium Klorida atau KCl diperoleh dari PT. Timuraya Tunggal, Kabupaten Karawang. Dan bahan baku berupa air diperoleh dari air Sungai Citarum.

## 2. Pemasaran

Kebutuhan akan Kalium Hidroksida di Indonesia menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun karena semakin banyak industri di Indonesia yang membutuhkan Kalium Hidroksida sebagai bahan baku untuk proses produksinya. Maka dari itu, pemasaran merupakan hal yang sangat penting karena pemasaran mempengaruhi pabrik tersebut akan mendapatkan keuntungan seberapa banyak atau malah mengalami kerugian. Sebagian besar industri kimia yang ada di Indonesia terpusat di Pulau Jawa, maka sebagian besar produk Kalium Hidroksida yang diproduksi akan dipasarkan di sekitar Pulau Jawa. Beberapa industri besar seperti PT. Pupuk Kujang, PT. Unilever, PT. Wings Surya, PT. Wilmar Bioenergi Indonesia dan PT. Eveready Battery Indonesia.

## 3. Transportasi

Pembelian untuk bahan baku proses produksi dan pendistribusian produk hasil produksi dapat dilakukan melalui jalur laut maupun jalur darat. Untuk Wilayah Kabupaten Karawang, sarana transportasi seperti jalan tol, pelabuhan, kereta api dan jalan pantura mudah untuk dijangkau sehingga memudahkan untuk membeli bahan baku dan distribusi hasil produksi.

## 4. Utilitas

Utilitas yang digunakan pada perancangan pabrik ini yaitu berupa air yang kami peroleh dari Sungai Citarum untuk memenuhi kebutuhan air proses, air pendingin, air pembangkit *steam*, dan air untuk kebutuhan sanitasi. Selain itu juga ada kebutuhan listrik untuk keperluan



penerangan pabrik dan alat-alat proses produksi yang kami dapatkan dari PLN dan *generator* sebagai cadangan. Juga bahan bakar berjenis solar untuk menghidupkan *generator* listrik dan *fuel oil* pada *boiler* untuk membangkitkan *steam*.

#### 5. Tenaga kerja

Kawasan industri menjadi salah satu tujuan bagi para pencari kerja di seluruh penjuru negeri. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pabrik adalah tenaga kerja dengan latar belakang berpendidikan kejuruan dan sarjana sesuai dengan bidangnya. Kedisiplinan dan pengalaman juga menjadi faktor dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga tenaga kerja yang akan diterima merupakan tenaga kerja berkualitas.

### 4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik kimia merupakan pertimbangan untuk menentukan rencana pengaturan tata letak unit atau bagian departemen yang terdapat dalam suatu pabrik sesuai dengan luas area yang dibutuhkan dan luas tanah yang tersedia. Bagian-bagian tersebut meliputi bagian peralatan proses produksi, proses utilitas, pos satpam, poliklinik, masjid, kantin, kantor utama, dan lain-lain. Tata letak pabrik di desain dengan pertimbangan beberapa faktor, yaitu:

1. Pabrik Kalium Hidroksida yang akan didirikan adalah pabrik baru, sehingga tata letak pabriknya tidak dibatasi dari bangunan yang sudah ada sebelumnya.
2. Kemungkinan perluasan area pabrik di masa yang akan datang, sehingga adanya kesiapan terlebih dahulu dan tidak menimbulkan kesulitan di masa yang akan datang karena kebutuhan Kalium Hidroksida yang terus bertambah dari tahun ke tahun.
3. Mengelompokkan unit proses produksi agar memudahkan untuk pengalokasian bahaya kebakaran yang mungkin terjadi sewaktu-waktu.

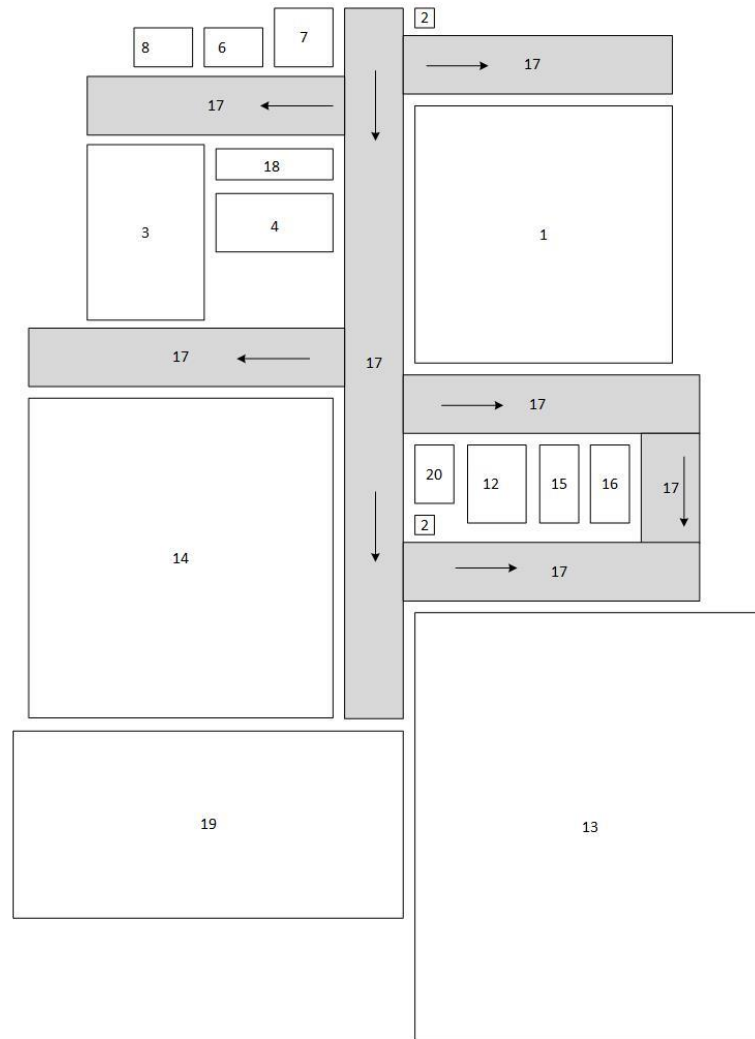
4. Pendistribusian yang paling ekonomis pada pengadaan air untuk pabrik, *steam* pada proses, tenaga listrik pabrik, dan bahan baku proses.
5. Penyediaan area lain seperti poliklinik, masjid, kantin, rumah dinas, tempat parkir, dan lainnya agar dapat dijangkau oleh pekerja-pekerja di dalam pabrik.

Berikut adalah rincian luas area bangunan didalam Pabrik Kalim Hidroksida yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.1

Tabel 4.2.1 Luas Area Bangunan Pabrik Kalium Hidroksida

Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
Kantor utama	66	66	4.356
Pos keamanan	5	5	50
Rumah dinas (untuk 5 unit rumah)	30	5	150
Parkir utama	30	15	450
Parkir truk	30	15	450
Poliklinik	15	10	150
Masjid	15	15	225
Kantin	15	10	150
Bengkel	20	15	300
Gudang alat	40	15	600
Laboratorium	15	20	300
Area utilitas	110	90	9.900
Area proses	82	78	6.396
<i>Control room</i>	10	20	200
Kontrol utilitas	10	20	200
Kantor pemeliharaan	10	15	150
Kantor K3 & Pemadam Kebakaran	30	15	450
Jalan pabrik	600	9	5.400
Taman	30	8	240
Perluasan pabrik	100	48	4.800
Luas tanah			34.917
Luas bangunan			24.477
Total	1263	534	34.917

Gambar 4.2.1 dibawah menunjukkan tata letak pabrik dan keterangannya dengan skala 1 : 1000



Gambar 4.2.1 Tata Letak Pabrik

**Keterangan:**

1. Kantor utama
2. Pos-pos satpam
3. Rumah dinas pekerja
4. Parkir utama pabrik
5. Tempat parkir truk
6. Poliklinik
7. Masjid
8. Kantin
9. Bengkel

10. Kantor K3 dan pemadam kebakaran
11. Gudang alat
12. Laboratorium
13. Area utilitas
14. Area proses
15. *Control room*
16. Kontrol utilitas
17. Jalan pabrik
18. Taman
19. Area perluasan
20. Kantor pemeliharaan

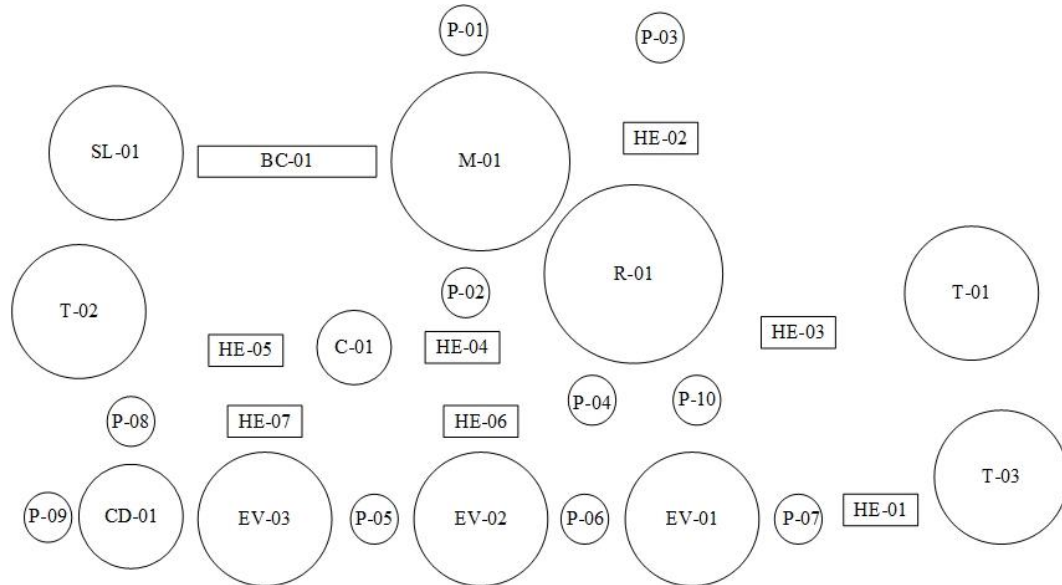
### **4.3 Tata Letak Alat Proses**

Tata letak alat proses adalah pengaturan peletakan alat-alat pada proses produksi yang di sesuaikan dengan urutan proses dan fungsi alat agar efisien. Dalam merancang tata letak alat proses dalam Pabrik Kalium Hidroksida, hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Alat-alat proses diletakkan berdasarkan prosesnya agar memudahkan dalam hal pengontrolan, pengawasan, keleluasaan operator dalam melakukan pekerjaannya, sehingga diperoleh efisiensi teknis dan juga ekonomis.
2. Alat-alat proses diletakkan dalam lokasi yang memadai agar memberikan ruang gerak yang cukup jika ada pemasangan alat baru, perawatan alat, ataupun perbaikan alat.
3. Alat-alat proses yang memiliki resiko tinggi agar disusun dan diberikan jarak yang cukup kalau suatu waktu terjadi kecelakaan kerja ataupun kebakaran.
4. Penerangan pada area pabrik harus memadai dan penerangan juga harus mencakup area yang berbahaya dan beresiko tinggi untuk mengurangi faktor resiko.

5. Penempatan alat-alat proses juga harus diusahakan agar meminimalisir biaya tetapi tetap menjamin kelancaran dan keamanan pabrik agar tetap menguntungkan dari segi ekonomi.

Pada Gambar 4.3.1 dibawah ini, merupakan tata letak alat proses Pabrik Kalium Hidroksida.



Gambar 4.3.1 Tata Letak Alat Proses

## 4.4 Alir Proses dan Material

### 4.4.1 Neraca Massa Tiap Alat

#### 1. Mixer (M-01)

Tabel 4.4.1 Neraca Massa Mixer (M-01)

Komponen	Masuk, kg/jam (Arus 1, 2)	Keluar, kg/jam (Arus 3)
KCl (padat)	302,0175	0
Air	956,3888	0
KCl (larutan)	0	1.258,4063
Total	1.258,4063	1.258,4063

#### 2. Reaktor Elektrolisis (R-01)

Tabel 4.4.2 Neraca Massa Reaktor Elektrolisis (R-01)

Komponen	Masuk, kg/jam (Arus 3, 4)	Keluar, kg/jam (Arus 5, 6, 7)
KCl	1.258,4063	0
Air	4.723,2013	4.419,1919
KOH	0	946,9697
H <sub>2</sub>	0	17,0488
Cl <sub>2</sub>	0	598,3971
Total	5.981,6075	5.981,6075

#### 3. Evaporator 3 (EV-03)

Tabel 4.4.3 Neraca Massa Evaporator 3 (EV-03)

Komponen	Masuk, kg/jam (Arus 5, 8)	Keluar, kg/jam (Arus 9, 10)	
		Cair	Uap
KOH	946,9697	946,9697	0
Air	4.419,1919	1.758,6580	2.660,5339
Total	53.366,1616	53.366,1616	

#### 4. Evaporator 2 (EV-02)

Tabel 4.4.4 Neraca Massa Evaporator 2 (EV-02)

Komponen	Masuk, kg/jam (Arus 10, 11)	Keluar, kg/jam (Arus 8, 12)	
		Cair	Uap
KOH	946,9697	946,9697	0
Air	1.758,6580	1.307,7201	450,9380
Total	2.705,6277	2.705,6277	

## 5. Evaporator 1 (EV-01)

Tabel 4.4.5 Neraca Massa Evaporator 1 (EV-01)

Komponen	Masuk, kg/jam (Arus 12)	Keluar, kg/jam (Arus 11, 13)	
		Cair	Uap
KOH	946,9697	946,9697	0
Air	1.307,7201	946,9697	360,7504
Total	2.254,6898	2.254,6898	

## 6. Kondensor (CD-01)

Tabel 4.4.6 Neraca Massa Kondensor (CD-01)

Komponen	Masuk, kg/jam (Arus 9, 14)	Keluar, kg/jam (Arus 15)
Uap air	2.660,5339	0
Air	50.512,9108	53.173,4468
Total	53.173,4468	53.173,4468

## 4.4.2 Neraca Massa Total

Tabel 4.4.7 Neraca Massa Total

Massa Masuk		Massa keluar	
Bahan	Jumlah, kg/jam	Bahan	Jumlah, kg/jam
Air menuju <i>mixer</i>	956,3888	Larutan KOH 50% menuju tangki penyimpanan KOH	1.893,9394
Air menuju reaktor elektrolisis	4.723,2126	Gas Hidrogen	17,0488
KCl menuju <i>mixer</i>	302,0175	Klorin cair menuju tangki penyimpanan	598,3971
Air pendingin	50.512,9108	Kondensat dari evaporator 2	450,9380
		Kondensat dari evaporator 3	360,7504
		Air menuju unit pengolahan air	53.173,4447
Total	56.494,5183	Total	56.494,5183

## 4.4.3 Neraca Panas

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$C_p$  dalam J/mol.K

Tabel 4.4.4.8 Kapasitas Panas Komponen

Bahan	A	B	C	D	E
KCl (s)	188,929	-1,90E-01	8,79E-05	-8,91E-09	
H <sub>2</sub> O (l)	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07	
KOH (l)	71,429	4,22E-02	-4,80E-05	1,72E-08	
Cl <sub>2</sub> (g)	27,213	3,04E-02	-3,34E-05	1,60E-08	-2,70E-12
H <sub>2</sub> (g)	2,399	2,02E-02	-3,85E-05	3,19E-08	-8,76E-12
H <sub>2</sub> O (g)	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

Sumber : Yaws, C.L., 1996, "Handbook of Thermodynamic Diagrams, Volume 4, Inorganic Compounds and Elements"

## 4.4.4 Neraca Panas

1. *Mixer* (M-01)Tabel 4.4.9 Neraca Panas *Mixer* (M-01)

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
H <sub>2</sub> O	20.023,3837	259.268,2021
KCl	1.031,6177	35.671,1755
<i>Steam</i>	273.884,3761	0
Total	294.939,3775	294.939,3775

2. *Cooler* 1 (HE-01)Tabel 4.4.10 Neraca Panas *Cooler* 1 (HE-01)

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
KOH	150.510,0268	88.578,3330
H <sub>2</sub> O	436.213,2469	256.714,7823
Air Pendingin	0	242.430,1584
Total	586.723,2737	586.723,2737

3. *Heater* 1 (HE-02)Tabel 4.4.11 Neraca Panas *Heater* 1 (HE-02)

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
H <sub>2</sub> O	98.887,0590	1.280.416,4570
<i>Steam</i>	1.181.529,3980	0
Total	1.280.416,4570	1.280.416,4570



4. *Cooler 2 (HE-03)*Tabel 4.4.12 Neraca Panas *Cooler 2 (HE-03)*

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
H <sub>2</sub>	15.854,3587	1.214,3423
Air Pendingin	0	14.640,0164
Total	15.854,3587	15.854,3587

5. *Cooler 3 (HE-04)*Tabel 4.4.13 Neraca Panas *Cooler 3 (HE-04)*

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
Cl <sub>2</sub>	18.742,8362	1.424,5657
Air Pendingin	0	17.318,2706
Total	18.742,8362	18.742,8362

6. *Cooler 4 (HE-05)*Tabel 4.4.14 Neraca Panas *Cooler 4 (HE-05)*

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
Cl <sub>2</sub>	28.645,1866	1.424,5657
Air Pendingin	0	27.220,6209
Total	28.645,1866	28.645,1866

7. *Cooler 5 (HE-06)*Tabel 4.4.15 Neraca Panas *Cooler 5 (HE-06)*

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
Steam	32.377,6354	29.647,9196
Air Pendingin	0	2.729,7157
Total	32.377,6354	32.377,6354

8. *Cooler 6 (HE-07)*Tabel 4.4.16 Neraca Panas *Cooler 6 (HE-07)*

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
Steam	583.568,1792	509.811,9683
Air Pendingin	0	73.756,2109
Total	583.568,1792	583.568,1792

## 9. Evaporator 3 (EV-03)

Tabel 4.4.17 Neraca Panas Evaporator 3 (EV-03)

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
KOH	1.286.576,0706	1.884.194,5888
<i>Steam</i>	597.618,5182	0
Total	1.884.194,5888	1.884.194,5888

## 10. Evaporator 2 (EV-02)

Tabel 4.4.18 Neraca Panas Evaporator 2 (EV-02)

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
KOH	827.983,8075	916.279,2451
<i>Steam</i>	88.295,4376	0
Total	916.279,2451	916.279,2451

## 11. Evaporator 1 (EV-01)

Tabel 4.4.19 Neraca Panas Evaporator 1 (EV-01)

Senyawa	Panas Masuk, kJ/jam	Panas Keluar, kJ/jam
KOH	718.156,1910	752.890,9954
<i>Steam</i>	34.734,8044	0
Total	752.890,9954	752.890,9954

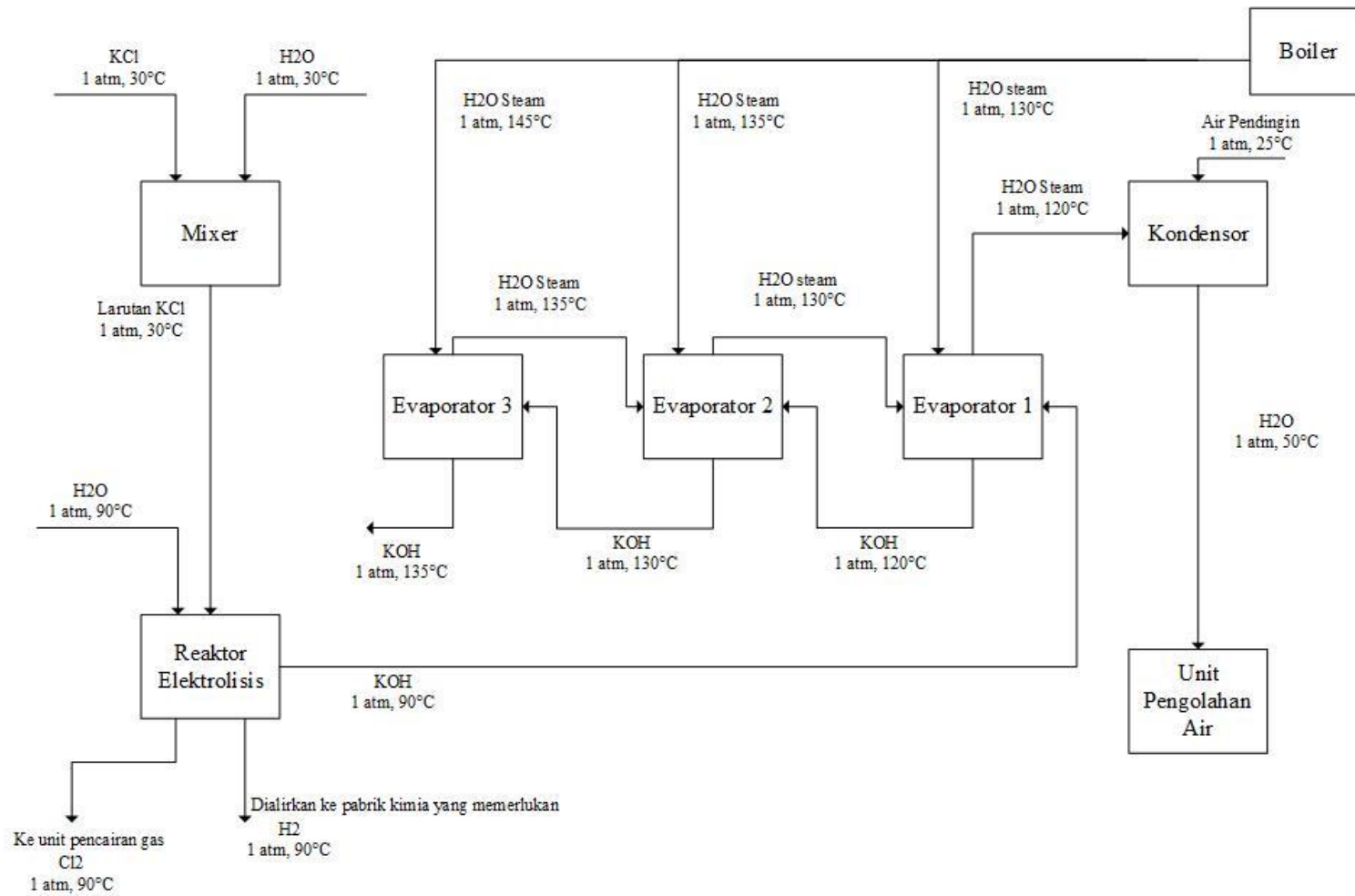
## 12. Kondenser (CD-01)

Tabel 4.4.20 Neraca Panas Kondenser (CD-01)

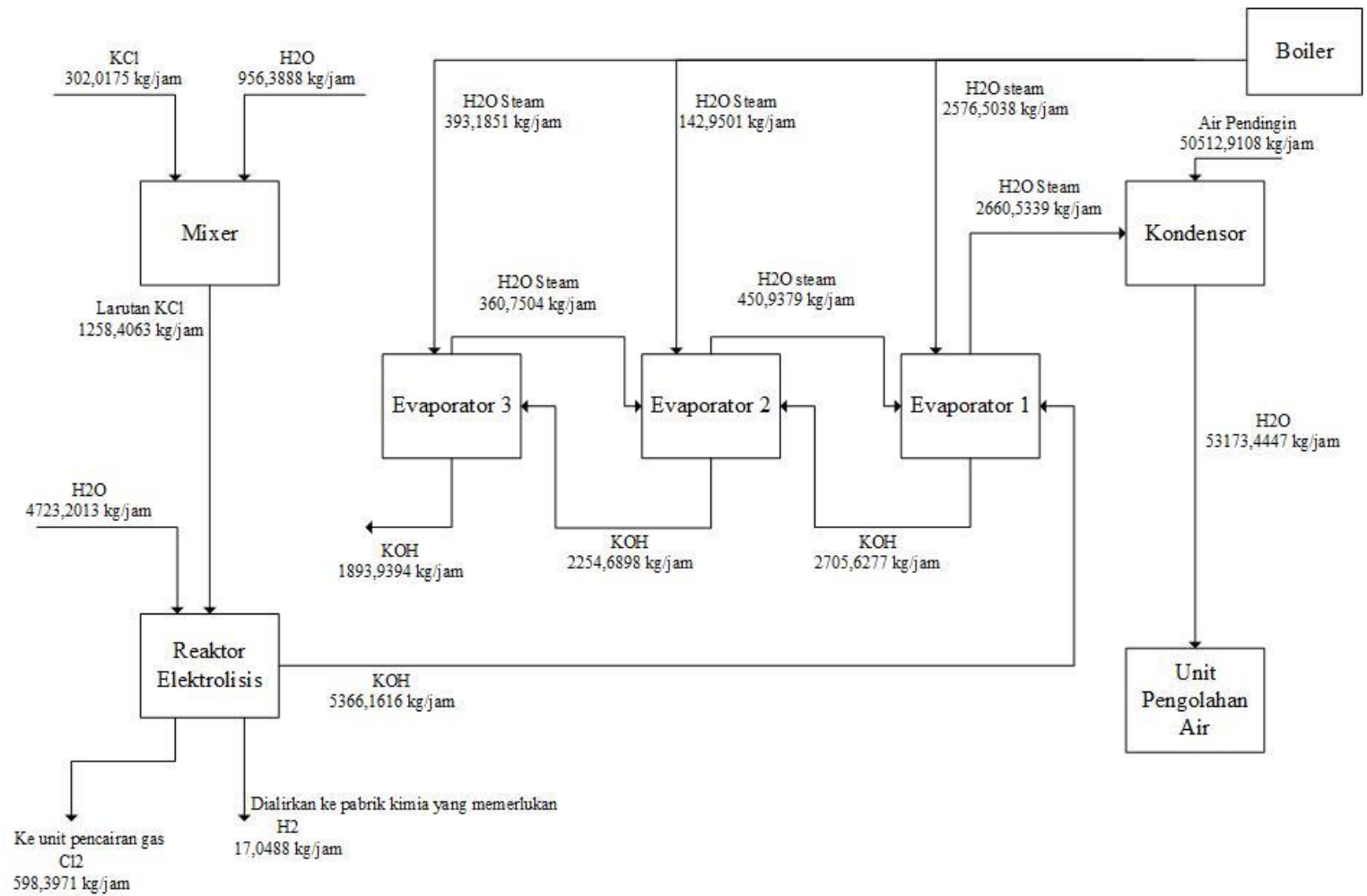
Senyawa	Masuk, kJ/jam	Keluar, kJ/jam
<i>Steam</i>	718.156,1910	752.890,9954
Air Pendingin	34.734,8044	0
Total	752.890,9954	752.890,9954

## 4.4.5 Diagram Alir

Pada Gambar 4.4.1 dan 4.4.2 dibawah ini menunjukkan Diagram Alir Kualitatif dan Diagram Alir Kuantitatif Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Khlorida secara Elektrolisis dengan Kapasitas 15.000 ton/tahun.



Gambar 4.4.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.4.2 Diagram Alir Kuantitatif

#### 4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit pendukung proses produksi atau unit utilitas adalah bagian penting untuk menunjang lancarnya proses produksi dalam suatu pabrik. Unit pendukung tersebut merupakan unit lain yang diperlukan selain dari bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Unit utilitas pada Pabrik Kalium Hidroksida ini meliputi:

1. Unit Pengolahan Air

Pada unit pengolahan air atau *raw water treatment plant* bertugas untuk menyediakan dan mengolah air sungai sehingga menjadi air yang bersih agar dapat memenuhi kebutuhan air di pabrik dan sekitar pabrik.

2. Unit Pembangkit *Steam*

Unit pembangkit *steam* ini bertujuan untuk menyediakan kebutuhan *steam* pada pabrik sebagai media pemanas pada proses produksi.

3. Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik bertugas untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan listrik guna menggerakkan alat-alat pada proses produksi, alat-alat pada proses utilitas, alat-alat elektronik, penerangan pabrik, AC dan lain sebagainya yang membutuhkan listrik.

4. Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan bertugas untuk memenuhi kebutuhan udara tekan yang akan dipergunakan untuk alat-alat kontrol.

5. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar bertugas untuk menyediakan kebutuhan akan bahan bakar di pabrik seperti bahan bakar untuk *boiler* dan *generator*.

##### 4.5.1 Unit Pengolahan Air

Pada umumnya, industri-industri di Indonesia menggunakan air sungai, air danau, ataupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan sumber air guna memenuhi kebutuhan air harian didalam pabriknya. Unit pengolahan air atau dikenal dengan *raw water treatment* adalah proses pengolahan air menjadi air bersih yang siap digunakan untuk proses didalam maupun diluar

pabrik. Karena air yang diambil langsung dari alam masih mengandung banyak kotoran atau *impurities*, maka diperlukannya pengolahan air terlebih dahulu sebelum air tersebut siap untuk digunakan pada proses selanjutnya.

Dalam perancangan Pabrik Kalium Hidroksida ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Air sungai tersebut berasal dari Sungai Citarum. Air sungai yang telah diolah nantinya akan digunakan antara lain untuk :

1. Air untuk sanitasi

Air sanitasi ini digunakan untuk keperluan air untuk karyawan di pabrik, bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, tempat beribadah, dan lain sebagainya. Air yang digunakan sebagai air sanitasi ini haruslah air yang dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah yang banyak.

Syarat-syarat air sanitasi yaitu:

a. Syarat fisik

1. Warna jernih
2. Tidak mempunyai rasa
3. Tidak berbau

b. Syarat kimia

1. Tidak mengandung zat beracun
2. Tidak mengandung bakteri
3. Tidak mengandung zat organik dan anorganik

Jumlah kebutuhan air untuk sanitasi yang dibutuhkan adalah sebesar 1.869,28 kg/jam.

2. Air untuk proses

Air proses digunakan untuk keperluan air pada proses produksi. Syarat-syarat air proses yaitu harus cukup murni, bebas dari pengotor, dan bebas dari mineral. Jika masih terdapat mineral pada air untuk proses produksi, maka hal tersebut dapat merusak alat karena dapat menyebabkan

terbentuknya kerak pada alat-alat produksi. Jumlah kebutuhan air untuk proses yang dibutuhkan adalah sebesar 6.815,51 kg/jam

### 3. Air untuk pendingin

Air pendingin berfungsi sebagai media pendingin untuk menurunkan suhu pada fluida di proses produksi. Air pendingin yang digunakan biasanya dalam jumlah yang banyak karena fungsinya sebagai media pendingin pada fluida, oleh karena itu air yang digunakan harus diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah yang besar. Air yang digunakan tidak boleh mengandung zat-zat seperti berikut:

#### a. Besi

Karena besi dapat menyebabkan korosi pada alat proses.

#### b. Silika

Karena silika dapat menyebabkan kerak pada alat proses.

#### c. Mineral

Karena mineral dapat meningkatkan kesadahan pada air, dan kesadahan tersebut harus dihilangkan sebelum air dijadikan sebagai media pendingin pada proses.

Jumlah kebutuhan air untuk pendingin yang dibutuhkan adalah sebesar 73.160,15 kg/jam

### 4. Air untuk *steam*

Air untuk *steam* digunakan untuk membangkitkan *steam* yang akan dipergunakan pada proses. *Steam* akan dibangkitkan pada *boiler* terlebih dahulu sebelum di alirkan pada alat-alat yang membutuhkan pemanas untuk menaikkan suhu bahan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pengolahan air umpan *boiler* yaitu:

#### a. Zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi pada *boiler* disebabkan karena adanya kandungan gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> pada air umpan *boiler*.

b. Zat yang dapat menyebabkan kerak

Kerak yang terbentuk pada alat disebabkan karena adanya kesadahan pada air umpan *boiler* dan suhu yang tinggi.

Kesadahan disini biasanya berupa garam karbonat dan silika.

Jumlah kebutuhan air untuk steam yang dibutuhkan adalah sebesar 5.468,33 kg/jam.

Air sungai yang telah diperoleh dari Sungai Citarum harus diolah terlebih dahulu. Secara sederhana, pengolahan air tersebut meliputi pertama, penyaringan. Air yang diperoleh dari sungai Citarum pasti masih mengandung banyak kotoran seperti daun-daunan, ranting pohon, sampah ataupun kotoran yang lain, jadi air tersebut haruslah dilewatkan pada *screener* atau penyaring terlebih dahulu sebelum diumpankan ke dalam bak pengendapan.

Kedua, pengendapan. Air akan diendapkan pada bak pengendapan awal untuk mengendapkan kotoran-kotoran ataupun lumpur yang terikut dan terbawa dalam air sungai.

Ketiga, penggumpalan. Setelah dari bak pengendapan, air lalu diumpankan ke bagian bak penggumpal. Dalam bak penggumpal, air diinjeksikan dengan larutan alumunium sulfat atau alum dan larutan sodium karbonat atau kapur. Fungsi kedua larutan ini adalah sebagai koagulan dan untuk menetralkan pH air.

Berikut adalah tahapan-tahapan pengolahan air lanjutan selain dari ketiga tahapan diatas:

1. *Clarifier*

Proses pengolahan air yang terjadi pada *clarifier* adalah proses flokulasi yaitu proses penyatuan flok-flok dari partikel sehingga terbentuk flok yang lebih berat dan dapat di *blowdown* dalam waktu yang telah ditentukan, dan menghasilkan air yang lebih bersih lagi.



## 2. *Sand Filter*

Setelah dari *clarifier*, air bersih lalu diumpankan kedalam *sand filter* untuk menyaring lagi partikel-partikel yang lolos bersama air dari *clarifier*. Setelah dari bagian *sand filter*, air tersebut lalu dialirkan menuju bak penampung sementara untuk menampung air bersih sebelum akan diumpankan ke bagian pengolahan air untuk sanitasi dan pengolahan air pada demineralisasi.

## 3. Tangki Klorinasi

Tangki klorinasi ditempatkan pada pengolahan air untuk sanitasi atau untuk keperluan karyawan sehari-hari. Tangki klorinasi ini berfungsi untuk tempat diinjeksikannya klorin untuk menghilangkan bakteri dan kuman yang terkandung dalam air bersih dari bak penampung sementara. Klorin juga berfungsi sebagai oksidator karena klorin dapat menghilangkan rasa dan bau pada air yang mengandung rasa atau bau tertentu. Setelah diinjeksikan dengan klorin, air tersebut sudah dapat digunakan untuk kebutuhan santasi seperti kebutuhan kantor, rumah tangga, dan kebutuhan sekitar pabrik.

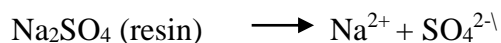
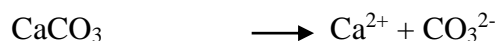
## 4. Demineralisasi

Untuk air pada air proses, air pendingin, dan air umpan *boiler* terlebih dulu air harus di *treatment* untuk menghilangkan kandungan mineralnya atau disebut dengan demineralisasi. Berikut adalah tahap-tahap proses pengolahan air pada demineralisasi:

### a. *Kation Exchanger*

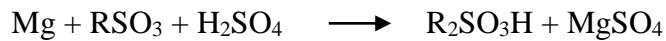
Dalam *kation exchanger* kandungan ion-ion seperti kalsium, magnesium, natrium, dan lain diganti dengan ion  $H^+$  sehingga air yang dihasilkan berupa air yang mengandung ion  $H^+$  dan anion.

Reaksi yang terjadi:



Pada jangka waktu tertentu, *kation exchanger* tersebut lama kelamaan akan jenuh sehingga diperlukannya regenerasi. Kation tersebut akan di regenerasikan dengan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

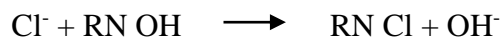
Reaksi yang terjadi:



b. *Anion Exchanger*

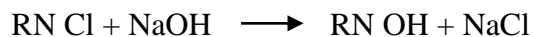
Alat ini berfungsi untuk mengikat ion negatif yang terkandung dalam air. Ion-ion negatif tersebut akan diikat dengan resin yang mempunyai sifat basa. Ion-ion yang akan diikat seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ , dan  $\text{Cl}^-$ .

Reaksi yang terjadi:



Pada jangka waktu tertentu, *anion exchanger* tersebut lama kelamaan akan jenuh sehingga diperlukannya regenerasi. Anion tersebut akan di regenerasikan dengan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ).

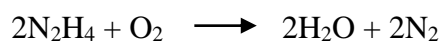
Reaksi yang terjadi:



5. Deaerasi

Air dari proses demineralisasi, yaitu air yang telah dihilangkan kandungan mineralnya di bagian *kation exchanger* dan *anion exchanger* lalu diumpankan ke dalam tangki penampung umpan *boiler*. Setelah itu, air terlebih dulu diumpankan ke *deaerator* untuk menghilangkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Air tersebut di pompa ke dalam *deaerator* lalu diinjeksikan dengan hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ), hidrazin berfungsi untuk mengikat oksigen terlarut di dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak pada alat.

Reaksi yang terjadi:



Air yang keluar dari *deaerator* ini selanjutnya di pompakan langsung menuju *boiler* sebagai air umpan *boiler* atau yang dikenal sebagai *boiler feed water*.

## 6. Cooling Tower

*Cooling tower* berguna untuk mengolah air dari proses untuk didinginkan kembali. Prosesnya yaitu kondensat dari proses dengan suhu 50°C di alirkan di bagian atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan menguap sehingga sisa kondensatnya akan tercurah ke bawah melalui saluran lubang atau *swirl* bersamaan dengan proses pelepasan panas laten sehingga air akan ikut menguap ke atmosfer.

Kebutuhan air pada Perancangan Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Klorida dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 15.000 ton/tahun dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1.1 Kebutuhan Air Sanitasi

Kebutuhan Air	Jumlah, kg/jam
Air untuk 131 karyawan	869,28
Bengkel	8,33
Poliklinik	16,67
Laboratorium	16,67
Pemadam Kebakaran	208,33
Kantin, Mushola, Taman, dll	333,33
Rumah dinas 5 unit	416,67
Total	1.869,28

Tabel 4.1.2 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
Reaktor R-01	4.723,20
Mixer M-01	956,39
Total	5.679,59

Kebutuhan di *overdesign* 20%

Sehingga kebutuhan air adalah : 6.815,50 kg/jam

Tabel 4.1.3 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
CD-01	50.512,91
HE-01	2.308,13
HE-03	151,57
HE-04	165,57
HE-05	260,23
HE-06	309,54
HE-07	5.579,05
Total	62.333,80

Kebutuhan di *overdesign* 20%

Sehingga kebutuhan air pendingin adalah : 71.144,39 kg/jam

*Make up* air : 2.015,76 kg/jam

Tabel 4.1.4 Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
HE-03	1.417,72
EV-01	2.576,50
EV-02	142,95
EV-03	393,19
Jaket Pemanas M-01	128,87
Total	3.797,45

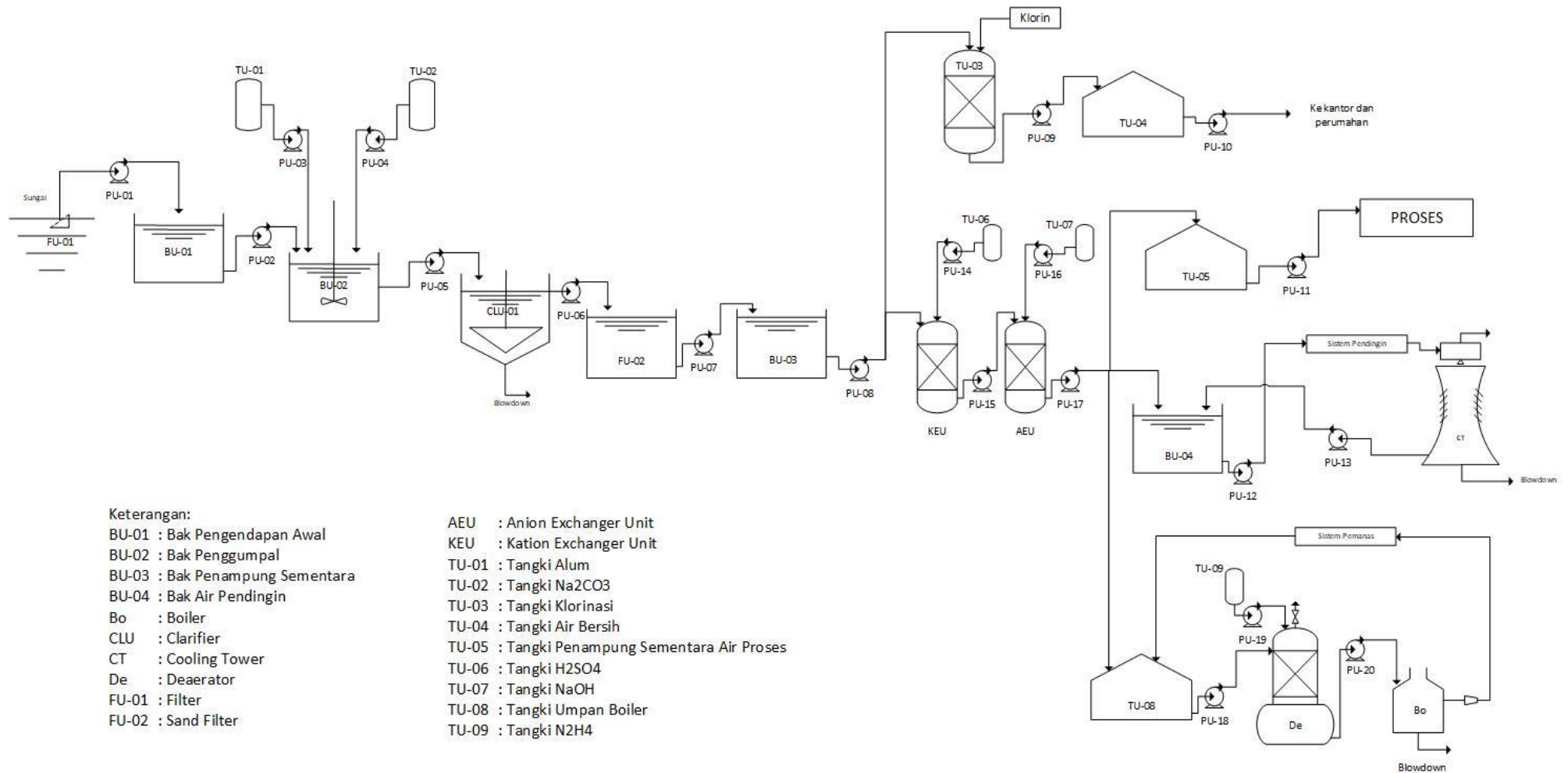
Kebutuhan di *overdesign* 20%

Sehingga kebutuhan air *steam* adalah 4.556,94 kg/jam

*Make up steam* : 911,39 kg/jam

Gambar 4.5.1 di bawah menunjukkan diagram alir pada utilitas Pabrik Kalium Hidroksida

### Unit Pengolahan Air Industri



Gambar 4.1.1 Diagram Alir Utilitas Pabrik Kalium Hidroksida

#### 4.5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Pada perancangan Pabrik Kalium Hidroksida dibutuhkan alat untuk menunjang kebutuhan *steam* di pabrik. Unit pembangkit *steam* ini bertujuan untuk menunjang kebutuhan *steam* tersebut yaitu dengan disediakannya *boiler* atau ketel uap dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas : 3.797,45 kg/jam  
 Jenis : *Fire Tube Boiler*  
 Jumlah : 1 buah

*Boiler* atau ketel uap ini dilengkapi dengan satu buah unit *economizer safety valve* yang berfungsi sebagai alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas hasil pembakaran yang keluar dari *boiler*. Didalam alat ini, air dinaikkan temperaturnya hingga menjadi 145°C lalu diumpankan kedalam *boiler*.

Di dalam *boiler*, api-api yang keluar dari alat pembakaran digunakan untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran tersebut kemudian masuk kedalam *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap sehingga air didalam *boiler* menyerap panas dari dinding dan pipa yang menyebabkan air menjadi mendidih. Uap air yang terkumpul kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke bagian proses produksi.

#### 4.5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada Perancangan Pabrik Kalium Hidroksida dengan Kalium Khlorida secara Elektrolisis Kapasitas 15.000 ton/tahun ini dipenuhi oleh dua sumber, yaitu dari PLN dan dari *Generator*. *Generator* tersebut juga dapat digunakan sebagai tenaga cadangan apabila suatu waktu PLN mengalami gangguan. *Generator* yang digunakan adalah *generator* dengan tipe AC *Generator*.

Kebutuhan listrik pada pabrik adalah sebagai berikut:

1. Listrik untuk kebutuhan proses produksi : 1.204,18 kW
2. Listrik untuk kebutuhan utilitas pabrik : 48,50 kW

3. Listrik untuk kebutuhan penerangan dan AC pabrik	: 170 kW
4. Listrik untuk kebutuhan laboratorium dan bengkel	: 50 kW
5. Listrik untuk kebutuhan instrumentasi pabrik	: 20 kW
Total kebutuhan listrik pada Pabrik Kalium Hidroksida	: 1.492,68 kW

#### 4.5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan ini berfungsi untuk menyediakan udara tekan pada alat-alat instrumentasi dan alat kontrol pada pabrik. Udara tekan biasanya digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol yang bekerja secara pneumatik. Tekanan pada udara tekan biasanya berkisar antara 5,5 bar sampai 7,2 bar dan kami ambil tekanan pada udara tekan yaitu sebesar 6 bar. Total kebutuhan udara tekan pada pabrik yaitu sebesar 32,62 m<sup>3</sup>/jam.

#### 4.5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang akan digunakan untuk menggerakkan *boiler* dan *generator* pada pabrik. Bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan *boiler* adalah *fuel oil* sedangkan *generator* adalah solar. *Fuel oil* yang dibutuhkan untuk menggerakkan *boiler* sebanyak 335,11 kg/jam sedangkan solar yang dibutuhkan untuk menggerakkan *generator* sebanyak 196,65 kg/jam.

#### 4.5.1 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

##### 1. *Filter* (FU-01)

Fungsi : Menyaring kotoran yang berukuran besar misalnya dedaunan, ranting pohon, dan sampah lain yang terikut didalam air sungai.

Bahan : *Aluminium*

##### Spesifikasi

Panjang : 10 ft

Lebar : 8 ft

Lubang saringan : 1 cm

Jumlah : 1 buah

2. Bak Pengendapan Awal (BU-01)

Fungsi : Mengendapkan kotoran-kotoran dan lumpur yang terikut oleh air sungai.

Jenis : Bak persegi dengan beton bertulang

Kapasitas : 121,53 m<sup>3</sup>/jam

Dimensi

Panjang : 11,94 m

Lebar : 11,94 m

Tinggi : 5,97 m

Jumlah : 1 buah

3. Bak Penggumpal (BU-02)

Fungsi : Menggumpalkan kotoran berupa partikel kecil didalam air dengan menambahkan koagulan agar kotoran tersebut dapat mengendap.

Jenis : Bak berbentuk silinder tegak

Kapasitas : 121,43 m<sup>3</sup>/jam

Dimensi

Diameter : 6,76 m

Tinggi : 6,76 m

Jenis Pengaduk : *Three-Blade Marine Propeller*

Power Pengaduk : 2 HP

Jumlah : 1 buah

4. Tangki Alum (TU-01)

Fungsi : Menyimpan larutan alum dengan konsentrasi 5%.

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 7,29 m<sup>3</sup>

Dimensi



Diameter : 1,67 m  
 Tinggi : 3,34 m  
 Jumlah : 1 buah

5. Tangki Kapur (TU-02)

Fungsi : Menyimpan larutan kapur dengan konsentrasi 5%  
 Jenis : Tangki silinder tegak  
 Kapasitas : 2,52 m<sup>3</sup>  
 Dimensi  
 Diameter : 1,24 m  
 Tinggi : 2,49 m  
 Jumlah : 1 buah

6. *Clarifier* (CLU-01)

Fungsi : Mengendapkan gumpalan yang terbentuk di bak penggumpal (BU-02)  
 Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas kerucut  
 Kapasitas : 242,86 m<sup>3</sup>  
 Dimensi tangki  
 Diameter : 6,76 m  
 Tinggi : 6,76 m  
 Dimensi alas  
 Diameter : 6,76 m  
 Tinggi : 1,56 m  
 Jumlah : 1 buah

7. *Sand Filter* (FU-02)

Fungsi : Menyaring partikel halus yang masih terdapat dalam air sungai.  
 Jenis : Bak berbentuk persegi dengan saringan pasir  
 Kapasitas : 6,60 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki	
Panjang	: 1,18 m
Lebar	: 2,36 m
Tinggi	: 2,36 m
Jumlah	: 1 buah

#### 8. Bak Penampung Sementara (BU-03)

Fungsi	: Tempat penampungan sementara air yang sudah disaring di <i>sand filter</i> .
Jenis	: Bak persegi dengan beton bertulang dan dilapisi dengan porselin
Kapasitas	: 91,07 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Panjang	: 7,59 m
Lebar	: 7,59 m
Tinggi	: 3,79 m
Jumlah	: 1 buah

#### 9. Tangki Klorinasi (TU-03)

Fungsi	: Mencampur klorin ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga.
Jenis	: Tangki berbentuk silinder dengan pengaduk
Kapasitas	: 1,87 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Diameter	: 1,79 m
Tinggi	: 1,79 m
Jenis pengaduk	: <i>Three-Blade Marine Propeller</i>
Diameter pengaduk	: 0,60 m
Power pengaduk	: 2 HP
Jumlah	: 1 buah

#### 10. Tangki Air Bersih (TU-04)

Fungsi	: Menampung air untuk keperluan sanitasi seperti rumah tangga, perkantoran.
Jenis	: Tangki berbentuk silinder tegak
Kapasitas	: 1,87m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Diameter	: 4,09 m
Tinggi	: 4,09 m
Jumlah	: 1 buah

#### 11. *Kation Exchanger Unit* (KEU)

Fungsi	: Menghilangkan kesadahan di dalam air yang disebabkan oleh kation seperti ion Ca dan ion Mg.
Jenis	: Tangki berbentuk silinder tegak
Kapasitas	: 82,52 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Diameter	: 3,00 m
Tinggi	: 2,19 m
Jumlah	: 1 buah

#### 12. *Anion Exchanger Unit* (AEU)

Fungsi	: Menghilangkan kesaadahan di dalam air yang disebabkan oleh anion seperti ion Cl, ion SO <sub>4</sub> , dan ion NO <sub>3</sub> .
Jenis	: Tangki berbentuk silinder tegak
Kapasitas	: 82,52 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Diameter	: 3,01 m
Tinggi	: 2,19 m
Jumlah	: 1 buah

13. Tangki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (TU-06)

Fungsi : Menyimpan larutan asam sulfat yang digunakan untuk meregenerasi *kation exchanger* pada KEU.

Jenis : Tangki berbentuk silinder tegak

Kapasitas : 213,67 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki

Diameter : 6,60 m

Tinggi : 6,60 m

Jumlah : 1 buah

## 14. Tangki NaOH (TU-07)

Fungsi : Menyimpan larutan NaOH yang digunakan untuk meregenerasi *anion exchanger* pada AEU.

Jenis : Tangki berbentuk silinder tegak

Kapasitas : 133,42 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki

Diameter : 5,64 m

Tinggi : 5,64 m

Jumlah : 1 buah

## 15. Tangki Penampung Sementara Air Proses (TU-05)

Fungsi : Menampung sementara air untuk umpan ke reaktor R-01 dan *mixer* M-01.

Jenis : Tangki berbentuk silinder tegak

Kapasitas : 6,82 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki

Diameter : 6,30 m

Tinggi : 6,30 m

Jumlah : 1 buah

## 16. Bak Air Pendingin (BU-04)

Fungsi	: Menampung air <i>make up</i> dan air pendingin yang sudah didinginkan.
Jenis	: Bak persegi panjang
Kapasitas	: 71,14 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Panjang	: 7,11 m
Lebar	: 7,11 m
Tinggi	: 3,55 m
Jumlah	: 1 buah

17. *Cooling Tower (CT)*

Fungsi	: Mendinginkan air pendingin setelah di gunakan pada bagian proses produksi.
Jenis	: <i>Induced Draft Cooling Tower</i>
Kapasitas	: 71,14 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Panjang	: 3,19 m
Lebar	: 3,19 m
Tinggi	: 1,93 m
Jumlah	: 1 buah

18. Tangki Umpan *Boiler* (TU-08)

Fungsi	: Mencampur kondensat sirkulasi dan make up air umpan <i>boiler</i> sebelum dibangkitkan sebagai <i>steam</i> didalam <i>boiler</i> .
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 4,56 m <sup>3</sup> /jam
Dimensi tangki	
Diameter	: 2,55 m
Tinggi	: 2,55 m

Jumlah : 1 buah

19. Tangki  $N_2H_4$  (TU-09)

Fungsi : Menyimpan larutan  $N_2H_4$  atau *hydrazine* yang akan diinjeksikan pada *deaerator* .

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 1,39 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki

Diameter : 1,28 m

Tinggi : 1,28 m

Jumlah : 1 buah

20. *Deaerator (De)*

Fungsi : Menghilangkan kandungan oksigen terlarut seperti  $CO_2$  dan  $O_2$  pada umpan air karena dapat menyebabkan korosi pada alat.

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 0,91 m<sup>3</sup>/jam

Dimensi tangki

Diameter : 1,49 m

Tinggi : 1,49 m

Jumlah : 1 buah

21. *Boiler (Bo)*

Fungsi : Membuat *steam* jenuh untuk kebutuhan proses.

Jenis : *Fired tube boiler*

Kebutuhan steam : 3.797,45 kg/jam

Jumlah : 1 buah

## 22. Pompa 1 (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan air sungai ke bak pengendapan awal BU-01.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 113,81 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 6,72 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 7.702,17 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 2,86 HP

BHP : 4,61 HP

Motor : 7,50 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 34.645,78

## 23. Pompa 2 (PU-02)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendapan awal BU-01 ke bak penggumpal BU-02.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 113,81 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,21 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 7.471,18 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis	: 3,07 HP
BHP	: 5,03 HP
Motor	: 7,50 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 34.645,78

#### 24. Pompa 3 (PU-03)

Fungsi : Mengalirkan larutan alum (tawas) ke bak penggumpal BU-02.

Jenis : *Centrifugal Pump*

##### Spesifikasi

Debit : 0,0004 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,00 m

Putaran : 3.500 rpm

##### *Impeller*

Putaran spesifik : 14,50 rpm

Jenis : *Radial Flow Impeller*

##### Daya

Teoritis : 0,00001 HP

BHP : 0.000056 HP

Motor : 0,05 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 10.463,49



## 25. Pompa 4 (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan larutan ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ke bak penggumpal BU-02.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 0,00014 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,00 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 8,33 rpm

Jenis : *Radial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,0000044 HP

BHP : 0.000023 HP

Motor : 0,05 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 10.463,49

## 26. Pompa 5 (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak penggumpal BU-02 menuju *clarifier* CLU-01.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 113,81 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 9,21 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 6.078,87 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

## Daya

Teoritis	: 3,92 HP
BHP	: 6,32 HP
Motor	: 10 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 34.645,78

#### 27. Pompa 6 (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran *clarifier* CLU-01 menuju ke *sand filter* FU-02.

Jenis : *Centrifugal Pump*

Spesifikasi

Debit : 102,43 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 2,14 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 17.232,51 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

Daya

Teoritis : 0,82 HP

BHP : 1,37 HP

Motor : 2 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 34.645,78

## 28. Pompa 7 (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan air dari *sand filter* FU-02 ke bak penampung sementara BU-03.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 102,43 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 4,68 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 9.587,76 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 1,79 HP

BHP : 2,98 HP

Motor : 5 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 34.645,78

## 29. Pompa 8 (PU-08)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak penampung sementara BU-03 ke tangki klorinasi TU-03 dan KEU.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 102,43 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 5,15 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 8.922,45 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

Daya	
Teoritis	: 1,97 HP
BHP	: 3,28 HP
Motor	: 5 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 34.645,78

### 30. Pompa 9 (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki klorinasi TU-03 ke tangki air bersih TU-04.

Jenis : *Centrifugal Pump*

Spesifikasi

    Debit : 2,19 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,10 m

    Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

    Putaran spesifik : 1.025,45 rpm

    Jenis : *Mixed Flow Impeller*

Daya

    Teoritis : 0,06 HP

    BHP : 0,31 HP

    Motor : 0,500 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 10.463,49

## 31. Pompa 10 (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki air bersih TU-04 ke bagian kantor dan perumahan.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 2,19 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 1,77 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 3.515,85 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,01 HP

BHP : 0,08 HP

Motor : 0,13 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 10.463,49

## 32. Pompa 11 (PU-11)

Fungsi : Mengalirka air dari tangki penampung sementara air proses TU-05 ke bagian proses.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 7,96 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 4,98 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 2.556,52 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

## Daya

Teoritis	: 0,15 HP
BHP	: 0,59 HP
Motor	: 1 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 15.811,50

### 33. Pompa 12 (PU-12)

Fungsi : Mengalirkan air untuk pendingin dari bak air pendingin BU-04 ke *cooling tower*.

Jenis : *Centrifugal Pump*

#### Spesifikasi

Debit : 83,46 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 2,61 m

Putaran : 3.500 rpm

#### *Impeller*

Putaran spesifik : 13.412,87 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

#### Daya

Teoritis : 0,81 HP

BHP : 1,40 HP

Motor : 2 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 31.390,47

## 34. Pompa 13 (PU-13)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran *cooling tower* menuju bak air pendingin BU-04.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 83,09 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 4,11 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 9.513,92 rpm

Jenis : *Axial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 1,28 HP

BHP : 2,17 HP

Motor : 3 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 34.645,78

## 35. Pompa 14 (PU-14)

Fungsi : Mengalirkan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tangi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ke KEU.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 0,0000011 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 2,52 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 15,5 rpm

Jenis : *Radial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,000001 HP

BHP	: 0,000005 HP
Motor	: 0,05 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 10.463,49

### 36. Pompa 15 (PU-15)

Fungsi : Mengalirkan fluida keluaran KEU menuju AEU.

Jenis : *Centrifugal Pump*

Spesifikasi

Debit : 96,81 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 7,65 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 6.443,01 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

Daya

Teoritis : 2,77 HP

BHP : 4,61 HP

Motor : 7,5 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 34.645,78



## 37. Pompa 16 (PU-16)

Fungsi : Mengalirkan larutan NaOH menuju AEU.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 0,000065 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 3,70 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 9,12 rpm

Jenis : *Radial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,00000092 HP

BHP : 0,0000048 HP

Motor : 0,05 HP

Material : Commercial Steel

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 10.463,49

## 38. Pompa 17 (PU-17)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran AEU menuju ke tangki penyimpanan air proses TU-05, bak air pendingin BU-04, dan tangki umpan *boiler* TU-08.

Jenis : Centrifugal Pump

## Spesifikasi

Debit : 96,81 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 13,19 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 4282,65 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

## Daya

Teoritis	: 4,77 HP
BHP	: 7,95 HP
Motor	: 10 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 34.645,78

### 39. Pompa 18 (PU-18)

Fungsi : Mengalirkan umpan *boiler* dari tangki TU-08 menuju *deaerator*.

Jenis : *Centrifugal Pump*

#### Spesifikasi

Debit : 7,65 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 2,94 m

Putaran : 3.500 rpm

#### *Impeller*

Putaran spesifik : 3.709,73 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

#### Daya

Teoritis : 0,08 HP

BHP : 0,38 HP

Motor : 0,5 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 15.811,50

## 40. Pompa 19 (PU-19)

Fungsi : Mengalirkan larutan  $N_2H_4$  dari tangki  $N_2H_4$  menuju AEU.

Jenis : *Centrifugal Pump*

## Spesifikasi

Debit : 0,0000006 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 2,00 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 1,40 rpm

Jenis : *Radial Flow Impeller*

## Daya

Teoritis : 0,000000047 HP

BHP : 0,000000025 HP

Motor : 0,05 HP

Material : *Commercial Steel*

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 10.463,49

## 41. Pompa 20 (PU-20)

Fungsi : Mengalirkan umpan *boiler* dari tangki umpan *boiler* TU-08 menuju ke *deaerator*.

Jenis : Centrifugal Pump

## Spesifikasi

Debit : 5,35 m<sup>3</sup>/jam

*Head* : 6,78 m

Putaran : 3.500 rpm

*Impeller*

Putaran spesifik : 1657,31 rpm

Jenis : *Mixed Flow Impeller*

## Daya

Teoritis	: 0,14 HP
BHP	: 0,62 HP
Motor	: 1,5 HP
Material	: <i>Commercial Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 15.811,50

#### 4.6 Organisasi Perusahaan

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Produk	: Kalium Hidroksida (KOH)
Kapasitas Produksi	: 15.000 ton/tahun
Lokasi Perusahaan	: Karawang, Jawa Barat
Tahun Pendirian	: 2023

##### 4.6.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Kalium Hidroksida dengan rencana pendirian pabrik tahun 2023 akan didirikan dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas (PT) adalah perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham-saham perusahaan. Perseroan terbatas (PT) didirikan dengan memakai akta autentik. Bentuk perusahaan jenis Perseroan Terbatas ini dipimpin oleh direksi-direksi yang terdiri dari satu orang direktur utama dan dibantu beberapa orang direktur lainnya.

Alasan pemilihan bentuk perusahaan sebagai Perseroan Terbatas (PT) didasarkan dari beberapa faktor dibawah ini:

1. Mudah untuk mendapatkan modal perusahaan, yaitu dengan menjual beberapa saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, yaitu kelancaran pada produksi hanya dipegang oleh pemimpin perusahaan.
3. Pengurus dan pemilik terpisah antara satu dengan yang lain. Pemilik perusahaan merupakan orang yang memegang saham perusahaan, sedangkan pengurus perusahaan adalah dewan direksi. Maka dari itu,

pengurus perusahaan harus dipilih orang yang benar-benar ahli dalam bidangnya.

4. Perusahaan lebih terjamin kelangsungannya, karena tidak dipengaruhi oleh berhentinya pemegang saham perusahaan, dewan direksi, staff perusahaan, ataupun karyawan perusahaan dari pabrik tersebut.
5. Para pemegang saham juga dapat memilih orang yang benar-benar ahli dalam bidangnya sebagai dewan komisaris dan direktur, sehingga efisien dari segi manajemen.
6. Mudah untuk mendapatkan kredit dari suatu bank dengan jaminan perusahaan tersebut.

#### 4.6.2 Sistem Organisasi

Sistem organisasi pada perusahaan dibentuk dengan tujuan untuk mempersatukan dan menggalang semua aktifitas yang ada demi dicapainya sebuah tujuan. Dipilih sistem organisasi jenis fungsional. Garis kekuasaan pada sistem organisasi fungsional lebih sederhana dan juga praktis untuk pembagian kerjanya. Pada sistem fungsional, karyawan bertanggung jawab kepada satu orang atasan saja dan kekuasaan tertinggi dipegang oleh direksi kemudian manajer lalu karyawan dibawahnya.

Waktu kerja bagi karyawan Pabrik Kalium Hidroksida dibagi menjadi dua, yaitu karyawan *shift* dan karyawan non-*shift*. Rinciannya adalah sebagai berikut:

##### 1. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani jalannya produksi di dalam pabrik. Karyawan *shift* terbagi menjadi empat regu *shift* yaitu regu A, B, C, dan regu D. Dimana dalam empat regu tersebut tiga regu bekerja dan satu regu istirahat. Pembagian waktu untuk karyawan *shift* adalah sebagai berikut:

- *Day Shift* : Pukul 07.00 – 15.00 WIB
- *Swing Shift* : Pukul 15.00 – 23.00 WIB
- *Night Shift* : Pukul 23.00 – 07.00 WIB

## 2. Karyawan non-*shift*

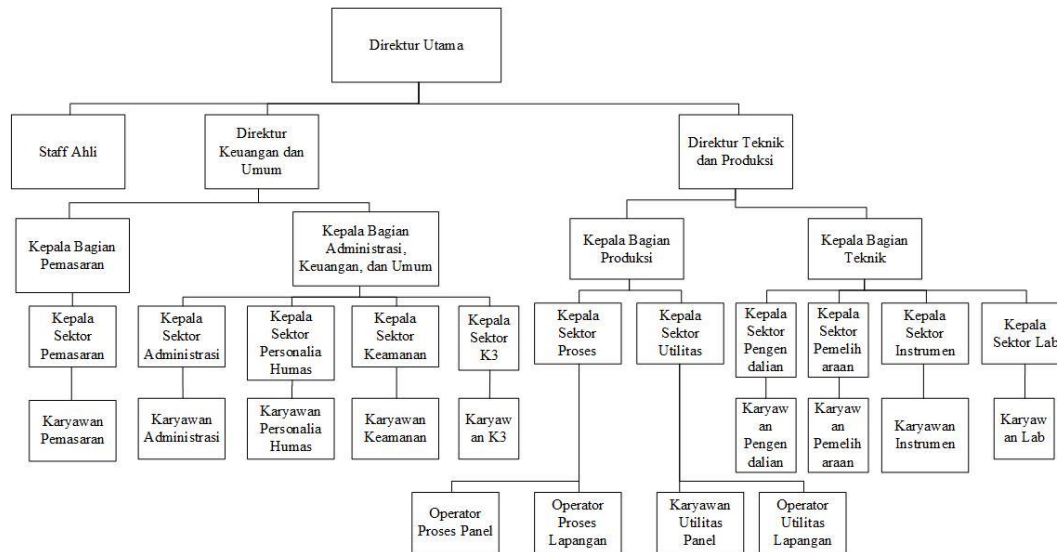
Karyawan non-*shift* karyawan yang tidak secara langsung menangani jalannya produksi di dalam pabrik. Yang termasuk dalam karyawan non-*shift* yaitu semua kepala bagian kebawah termasuk karyawan bagian umum. Karyawan non-*shift* bekerja selama 5 hari dalam satu minggu dan dalam satu hari mereka bekerja selama 8 jam. Untuk Hari Sabtu, Hari Minggu, dan hari libur nasional lainnya mereka akan libur. Berikut adalah pembagian waktu kerja untuk karyawan non-*shift*:

- Senin – Kamis : Pukul 07.00 – 16.00 WIB  
Jam istirahat : Pukul 12.00 – 13.00 WIB
- Jum'at : Pukul 07.00 – 17.00 WIB  
Jam istirahat : Pukul 11.30 – 13.30 WIB

Sebagai sarana kesejahteraan bagi karyawan, perusahaan juga memberikan fasilitas dan jaminan karyawan seperti:

- Fasilitas rumah tinggal
- Fasilitas poliklinik
- Fasilitas tempat ibadah
- Tunjangan hari raya
- Tunjangan hari libur
- Tunjangan istri dan anak
- Jaminan kecelakaan
- Jaminan keselamatan kerja
- Jaminan hari tua dan pensiun
- Uang makan

Berikut adalah struktur organisasi pada Pabrik Kalium Hidroksida:



Gambar 4.6.2.1 Struktur Organisasi Pabrik Kalium Hidroksida

Jumlah karyawan dapat ditentukan dengan melihat jenis proses dan jumlah unit yang ada pada pabrik, baik unit proses maupun unit utilitas. Penentuan jumlah karyawan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6.2.1 Jumlah Karyawan pada Pabrik Kalium Hidroksida

Jabatan	Jumlah
Direktur Utama	1
Direktur Teknik dan Produksi	1
Direktur Keuangan dan Umum	1
Staff Ahli	1
Kepala Bagian Produksi	1
Kepala Bagian Teknik	1
Kepala Bagian Pemasaran	1
Kepala Bagian Administrasi, Keuangan, dan Umum	1
Kepala Sektor Proses	1
Kepala Sektor Pengendalian	1
Kepala Sektor Laboratorium	1
Kepala Sektor Utilitas	1
Kepala Sektor Instrumentasi dan Listrik	1
Kepala Sektor Pemeliharaan	1
Kepala Sektor Pemasaran	1
Kepala Sektor Administrasi dan Keuangan	1
Kepala Sektor Personalia dan Humas	1
Kepala Sektor Keamanan	1

Kepala Sektor K3	1
Karyawan Pembelian dan Pemasaran	5
Karyawan Administrasi dan Keuangan	5
Karyawan K3	6
Karyawan Personalia dan Humas	5
Karyawan Keamanan	5
Operator Porses (Panel)	8
Karyawan Pengendalian	4
Karawan Instrumen dan Listrik	5
Karyawan Pemeliharaan	12
Operator Utilitas (Panel)	4
Karyawan Laboratorium	5
Operator Proses (Lapangan)	16
Operator Utilitas (Lapangan)	8
Supir	5
<i>Cleaning Service</i>	7
Dokter	4
Perawat	8
Total	131

Berikut adalah daftar gaji karyawan Pabrik kalium Hidroksida:

Tabel 4.6.2.2 Daftar Gaji Karyawan per Bulan

Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan
Direktur Utama	1	Rp 50.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 30.000.000
Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 30.000.000
Staff Ahli	1	Rp 30.000.000
Kepala Bagian Produksi	1	Rp 25.000.000
Kepala Bagian Teknik	1	Rp 25.000.000
Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 25.000.000
Kepala Bagian Administrasi, Keuangan, dan Umum	1	Rp 25.000.000
Kepala Sektor Proses	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Pengendalian	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Laboratorium	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Utilitas	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Instrumentasi dan Listrik	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Pemeliharaan	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Pemasaran	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Administrasi dan Keuangan	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Personalia dan Humas	1	Rp 20.000.000
Kepala Sektor Keamanan	1	Rp 15.000.000



Kepala Sektor K3	1	Rp	20.000.000
Karyawan Pembelian dan Pemasaran	5	Rp	15.000.000
Karyawan Administrasi dan Keuangan	5	Rp	15.000.000
Karyawan K3	6	Rp	15.000.000
Karyawan Personalia dan Humas	5	Rp	15.000.000
Karyawan Keamanan	5	Rp	4.500.000
Operator Porses (Panel)	8	Rp	15.000.000
Karyawan Pengendalian	4	Rp	15.000.000
Karawan Instrumen dan Listrik	5	Rp	15.000.000
Karyawan Pemeliharaan	12	Rp	15.000.000
Operator Utilitas (Panel)	4	Rp	15.000.000
Karyawan Laboratorium	5	Rp	15.000.000
Operator Proses (Lapangan)	16	Rp	8.000.000
Operator Utilitas (Lapangan)	8	Rp	8.000.000
Supir	5	Rp	4.000.000
<i>Cleaning Service</i>	7	Rp	3.500.000
Dokter	4	Rp	8.000.000
Perawat	8	Rp	5.000.000
Total	131	Rp	646.000.000

#### 4.7 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi pada Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Khlorida bertujuan untuk memperkirakan apakah pabrik ini layak untuk dirancang atau tidak, juga apakah pabrik menguntungkan atau malah sebaliknya. Perhitungan evaluasi ekonomi didalamnya meliputi penentuan pada alat-alat yang digunakan, gaji karyawan, dan analisis kelayakan. Selain itu, dalam evaluasi ekonomi juga harus memperhitungkan kebutuhan modal untuk investasi, keuntungan yang dapat diperoleh, lamanya modal investasi untuk dikembalikan, dan titik impas dimana pabrik tidak mengalami keuntungan dan tidak mengalami kerugian.

Berikut adalah beberapa hal yang termasuk di dalam evaluasi ekonomi yaitu:

1. Investasi Modal atau *Capital Investment*
2. Biaya Produksi atau *Manufacturing Cost*
3. Pengeluaran Umum atau *General Expense*
4. Analisa Keuntungan Pabrik
5. Analisa Kelayakan Pabrik

Semua harga yang diperhitungkan dalam evaluasi ekonomi merupakan harga pada tahun pabrik direncanakan akan dibangun yaitu pada tahun 2023. Data-data pada perhitungan evaluasi ekonomi diambil dari beberapa sumber seperti Buku *Aries & Newton (1955)*, Buku *Peter & Timmerhaus (1990)*, Buku *Perry (1998)*, *www.matche.com (2018)*, dan *www.mhhe.com (2018)*. Harga alat pada tahun 2023 dapat di cari dengan persamaan dibawah ini:

$$N_x = \frac{E_x}{E_y}(N_y)$$

Dengan :

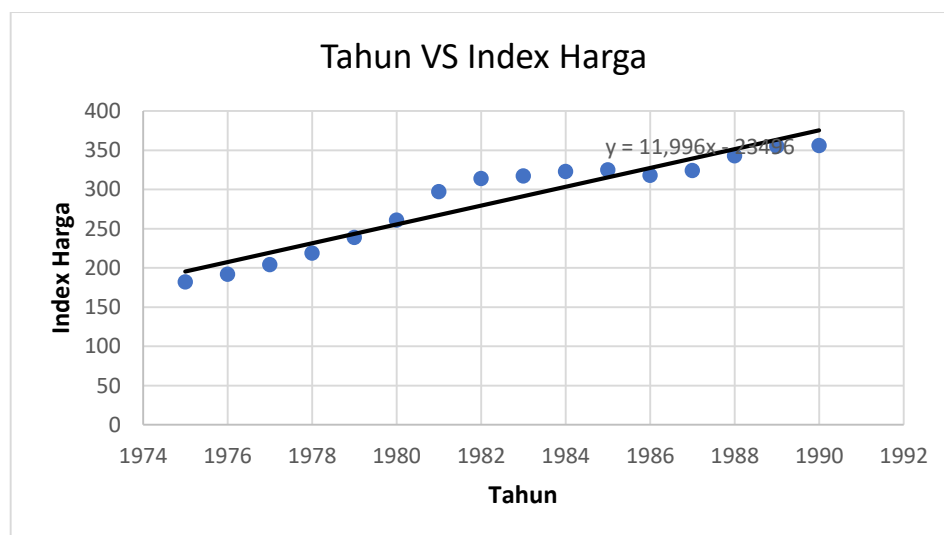
- Nx : Harga alat pada tahun ke x
- Ny : Harga alat pada tahun ke y
- Ex : index harga alat pada tahun ke x
- Ey : index harga alat pada tahun ke y

Berdasarkan Buku *Timmerhaus* pada Tabel 3 halaman 163, didapatkan index harga alat pada tahun tertentu seperti tertera pada Tabel 4.7.1 dibawah ini:

Tabel 4.7.1 Index Harga Alat pada Tahun 1975-1990

Tahun	Index
1975	182
1976	192
1977	204
1978	219
1979	239
1980	261
1981	297
1982	314
1983	317
1984	323
1985	325
1986	318
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356

Berdasarkan harga index tersebut diatas, maka dapat dibuat Grafik Tahun vs Index untuk menentukan persamaan regresi liniernya.



Gambar 4.7.1 Grafik Tahun vs Index Harga Alat

Dari Grafik Tahun vs Indes Harga diatas didapatkan persamaan regresi liniernya yaitu:

$$y = 11,9960 x - 23496$$

Kemudian dari persamaan regresi linier tersebut kita dapat menentukan index harga alat pada tahun 2023.

Tabel 4.7.2 Index Harga Alat pada Tahun 2006-2024

Tahun	Index
2006	567.976
2007	579.972
2008	591.968
2009	603.964
2010	615.96
2011	627.956
2012	639.952
2013	651.948
2014	663.944
2015	675.94
2016	687.936
2017	699.932
2018	711.928
2019	723.924
2020	735.92
2021	747.916
2022	759.912
2023	771.908

Pabrik direncanakan akan didirikan pada tahun 2023 dengan index harga alat sebesar 771,908.

Asumsi yang dipakai dalam evaluasi ekonomi:

- Umur alat = 10 Tahun
- Upah tenaga asing per jam = \$20
- Upah tenaga indonesia per jam = Rp 10.000
- Tenaga Indonesia : Tenaga asing = 95 % : 5%
- 1 man hour = 2 man hour Indonesia
- Waktu operasi dalam 1 tahun = 330 hari
- Kurs Rupiah terhadap dolar = Rp 14.761

Tabel 4.7.3 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)
1	Evaporator 1	1	365.200	424.585
2	Evaporator 2	1	172.400	200.434
3	Evaporator 3	1	145.900	169.625
4	<i>Mixer</i>	1	50.400	58.596
5	Reaktor Elektrolisis	1	78.500	91.265
6	<i>Belt Conveyor</i>	1	3.300	3.837
7	Kompresor	1	53.500	62.200
8	Kondensor	1	131.000	152.302
9	<i>Cooler 1</i>	1	11.400	13.254
10	<i>Cooler 3</i>	1	18.100	21.043
11	<i>Cooler 4</i>	1	1.800	2.093
12	<i>Cooler 5</i>	1	1.600	1.860
13	<i>Cooler 6</i>	1	1.700	1.976
14	<i>Cooler 7</i>	1	2.000	2.325
15	<i>Heater 1</i>	1	1.300	1.511
16	Pompa 1	2	5.700	13.253,76
17	Pompa 2	2	5.700	13.253,76
18	Pompa 3	2	5.700	13.253,76
19	Pompa 4	2	8.300	19.299,33
20	Pompa 5	2	5.700	13.253,76
21	Pompa 6	2	5.700	13.253,76
22	Pompa 7	2	5.700	13.253,76
23	Pompa 8	2	15.300	35.575,87
24	Pompa 9	2	15.300	35.575,87
25	Pompa 10	2	8.300	19.299,33
26	Silo	1	15.800	18.369
27	Tangki KOH	1	46.400	53.945
28	Tangki Cl <sub>2</sub>	1	28.200	32.786
29	Tangki H <sub>2</sub>	1	42.600	49.527,19
Total				<b>1.550.805,61</b>

Tabel 4.7.4 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014 (\$)	Harga 2023 (\$)
1	<i>Filter/Screening</i>	1	26.800	31.158
2	Bak Pengendapan Awal	1	73.629	85.602
3	Bak Penggumpal	1	40.285	46.836
4	Tangki Alum	1	22.600	26.275
5	Tangki Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1	16.500	19.183
6	<i>Clarifier</i>	1	36.874	42.870
7	<i>Sand Filter</i>	1	33.800	39.296
8	Bak Penampung Sementara	1	38.890	45.214
9	Tangki Klorinasi	1	9.300	10.812
10	Tangki Air Bersih	1	55.400	64.409
11	<i>Kation Exchanger Unit</i>	1	3.862	4.490
12	<i>Anion Exchanger Unit</i>	1	3.822	4.443
13	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	60.500	70.338
14	Tangki NaOH	1	44.500	51.736
15	Tangki Penampung Air Proses	1	62.200	72.314
16	Bak Air Pendingin	1	36.412	42.333
17	<i>Cooling Tower</i>	1	97.600	113.471
18	Tangki Umpan <i>Boiler</i>	1	10.700	12.440
19	<i>Deaerator</i>	1	10.700	12.440
20	Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1	8.000	9.301
21	<i>Boiler</i>	1	351.900	409.122
22	Pompa 1	2	14.900	34.645,78
23	Pompa 2	2	14.900	34.645,78
24	Pompa 3	2	4.500	34.645,78
25	Pompa 4	2	4.500	34.645,78
26	Pompa 5	2	14.900	34.645,78
27	Pompa 6	2	14.900	34.645,78
28	Pompa 7	2	14.900	34.645,78
29	Pompa 8	2	14.900	34.645,78
30	Pompa 9	2	4.500	34.645,78
31	Pompa 10	2	4.500	34.645,78
32	Pompa 11	2	6.800	15.811,50
33	Pompa 12	2	13.500	31.390,47
34	Pompa 13	2	14.900	34.645,78
35	Pompa 14	2	4.500	34.645,78
36	Pompa 15	2	14.900	34.645,78
37	Pompa 16	2	4.500	34.645,78
38	Pompa 17	2	14.900	34.645,78
39	Pompa 18	2	6.800	15.811,50
40	Pompa 19	2	4.500	34.645,78
41	Pompa 20	2	6.800	15.811,50
Total				<b>1.677.964,93</b>

#### 4.7.1 Capital Investment

*Capital Investment* adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas dalam produksi. Yang termasuk ke dalam *Capital Investment* ada dua, yaitu *Fixed Capital Investment* dan *Working Capital Investment* yang dapat dilihat dalam tabel-tabel dibawah ini:

Tabel 4.7.1.1 *Fixed Capital Investment*

No	Jenis	Biaya (Rp)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	47.659.881.954
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	11.914.970.488
3	Instalasi cost	15.586.198.829
4	Pemipaan	19.921.005.706
5	Instrumentasi	21.112.529.702
6	Insulasi	11.088.590.884
7	Listrik	4.765.988.195
8	Bangunan	102.708.000.000
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	361.170.000.000
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		595.937.165.759
10	<i>Engineering &amp; Construction</i>	119.187.433.152
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>		715.124.598.910
11	<i>Contractor's Fee</i>	71.512.49.891
12	<i>Contingency</i>	71.512.49.891
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		858.149.518.692

Tabel 4.7.1.2 *Working Capital*

No	Jenis	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	284.603.849
2	<i>Inproses Inventory</i>	334.743.364
3	<i>Product Inventory</i>	4.686.407.090
4	<i>Extended Credit</i>	10.019.520.634
5	<i>Available Cash</i>	220.930.619.972
<i>Working Capital (WC)</i>		236.255.894.908

#### 4.7.2 Manufacturing Cost

*Manufacturing Cost* adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk menjalankan produksi pada suatu pabrik untuk jangka waktu tertentu. *Manufacturing Cost* dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

### 1. *Direct Manufacturing Cost*

Biaya produksi langsung yaitu biaya yang berhubungan langsung dengan proses produksi dalam pabrik seperti biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan produk per tahun.

Tabel 4.7.2.1 *Direct Manufacturing Cost*

No	Jenis	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	13.417.038.578
2	<i>Labor</i>	7.752.000.000
3	<i>Supervisor</i>	1.162.800.000
4	<i>Maintenance</i>	17.162.990.374
5	<i>Plant Supplies</i>	2.574.448.556
6	<i>Royalty and Patents</i>	4.723.488.299
7	<i>Utilities</i>	31.829.135.240
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		78.621.901.047

### 2. *Indirect Manufacturing Cost*

Biaya produksi tidak langsung yaitu biaya pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dari proses produksi dalam pabrik.

Tabel 4.7.2.2 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Jenis	Biaya
1	<i>Payroll Overhead</i>	1.317.840.000
2	<i>Laboratory</i>	1.162.800.000
3	<i>Plant Overhead</i>	4.651.200.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	23.617.441.495
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		30.749.281.495

### 3. *Fixed Manufacturing Cost*

Adalah biaya tetap yang akan selalu dikeluarkan pabrik baik pabrik memproduksi atau sedang tidak memproduksi. Biaya ini harganya tetap tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi dalam pabrik.

Tabel 4.7.2.3 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Jenis	Biaya (Rp)
1	<i>Depreciation</i>	85.814.951.869
2	<i>Property taxes</i>	17.162.990.374
3	<i>Insurance</i>	8.581.495.187
<i>Fixed Manufacturing Capital (FMC)</i>		111.559.437.430



Tabel 4.7.2.4 *Total Manufacturing Cost*

No	Jenis	Biaya (Rp)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	78.621.901.047
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	30.749.281.495
3	<i>Fixed Manufacturing Capital (FMC)</i>	111.559.437.430
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		220.930.619.972

#### 4.7.3 *General Expense*

*General Expense* adalah macam-macam pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam *Manufacturing Cost*.

Tabel 4.7.3.1 *General Expense*

No	Jenis	Biaya (Rp)
1	<i>Administration</i>	6.627.918.599
2	<i>Sales Expense</i>	16.569.796.498
3	<i>Research</i>	6.186.057.359
4	<i>Finance</i>	32.832.162.408
<i>General Expense (GE)</i>		62.215.934.864

#### 4.7.4 Analisa Keuntungan

Total Penjualan	= Rp 472.348.829.898
<i>Total Production Cost</i>	= Rp 283.146.554.836
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 189.202.275.063
Pajak (50% dari keuntungan)	= Rp 94.601.137.531
Keuntungan sesudah pajak	= Rp 94.601.137.531

#### 4.7.5 Analisa Kelayakan

##### 1. *Percent Return on Investment (ROI)*

*Percent Return on Investment (ROI)* adalah kecepatan pengembalian modal investasi dalam satu tahun dari keuntungan yang didapat. ROI dibagi menjadi dua yaitu ROI sebelum pajak dan ROI setelah pajak.

Persamaan untuk menentukan ROI yaitu:

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{FCI} 100\%$$

Dalam Buku *Aries Newton*, nilai pajak untuk kategori *Industrial Chemical* adalah sebesar 11% sampai 44%. Dari persamaan tersebut diatas didapatkan:

- ROI sebelum pajak = 22,05 %
- ROI setelah pajak = 11,02 %

## 2. *Pay Out Time (POT)*

*Pay Out Time (POT)* adalah jangka waktu pengembalian modal investasi yang berdasar pada keuntungan yang didapatkan oleh pabrik. POT dibagi menjadi dua yaitu POT sebelum pajak dan POT setelah pajak. Persamaan untuk menentukan POT yaitu:

$$POT = \frac{FCI}{Keuntungan + Depresiasi}$$

Dalam Buku *Aries Newton*, nilai POT untuk kategori *Industrial Chemical* dengan *low risk* maksimal POTnya adalah 5 tahun. Dengan persamaan diatas, nilai POT yang didapat adalah:

- POT sebelum pajak = 3,12 tahun
- POT setelah pajak = 4,76 tahun

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

*Break Even Point (BEP)* adalah titik perpotongan yang menunjukkan bahwa tingkat penjualan akan sama dengan *total cost* yang dikeluarkan pabrik. Dengan kata lain *Break Even Point (BEP)* adalah titik dimana pabrik tidak untung dan tidak pula mengalami kerugian. Persamaan untuk menentukan BEP yaitu:

$$BEP = \frac{F_a + (0,3R_a)}{S_a - V_a - (0,7R_a)} 100\%$$

$F_a$  = *Fixed Cost* pada produksi maksimum per tahun

$R_a$  = *Regulated Cost* pada produksi maksimum

$V_a$  = *Variable Cost* pada produksi maksimum per tahun

$S_a$  = *Sales* atau penjualan

-	$F_a$ ( <i>Fixed Cost</i> )	
	Depresiasi	= Rp 85.814.951.869
	<i>Property Taxes</i>	= Rp 17.162.990.374
	Asuransi	= Rp 8.581.495.187
	Total $F_a$	= Rp 111.559.437.430
-	$R_a$ ( <i>Regulated Cost</i> )	
	Gaji Karyawan	= Rp 7.752.000.000
	<i>Payroll Overhead</i>	= Rp 1.317.840.000
	<i>Supervisor</i>	= Rp 1.162.800.000
	<i>Plant Overhead</i>	= Rp 4.651.200.000
	Laboratorium	= Rp 1.162.800.000
	<i>General Expense</i>	= Rp 62.215.934.864
	<i>Maintenance</i>	= Rp 17.162.990.374
	<i>Plant Supplies</i>	= Rp 2.574.448.556
	Total Nilai $R_a$	= Rp 98.000.013.794
-	$V_a$ ( <i>Variable Cost</i> )	
	<i>Raw Material</i>	= Rp 284.603.849
	<i>Packaging and Shipping</i>	= Rp 23.617.441.495
	<i>Utilities</i>	= Rp 31.829.135.240
	<i>Royalty &amp; Patents</i>	= Rp 4.723.488.299
	Total Nilai $V_a$	= Rp 60.454.668.883
-	$S_a$ ( <i>Sales</i> )	
	Penjualan Produk	= Rp 472.348.829.898

Maka, nilai BEP = 41,06 %.

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

*Shut Down Point (SDP)* adalah tingkatan produksi pada pabrik dimana menutup pabrik akan lebih menguntungkan daripada mengoperasikan pabrik. Hal Persamaan untuk menentukan SDP yaitu:

$$SDP = \frac{(0,3R_a)}{S_a - V_a - (0,7R_a)} 100\%$$

Dengan persamaan diatas didapatkan SDP sebesar 8,56 %.

#### 5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

*Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)* adalah nilai laju bunga maksimum untuk suatu pabrik dapat membayar pinjamannya beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik beroperasi. DCFRR dihitung dengan metode *trial and error* pada persamaan:

$$FC + WC = C \left[ \frac{1}{(1+i)} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} \right] + \frac{WC + SV}{(1+i)^n}$$

Dengan:

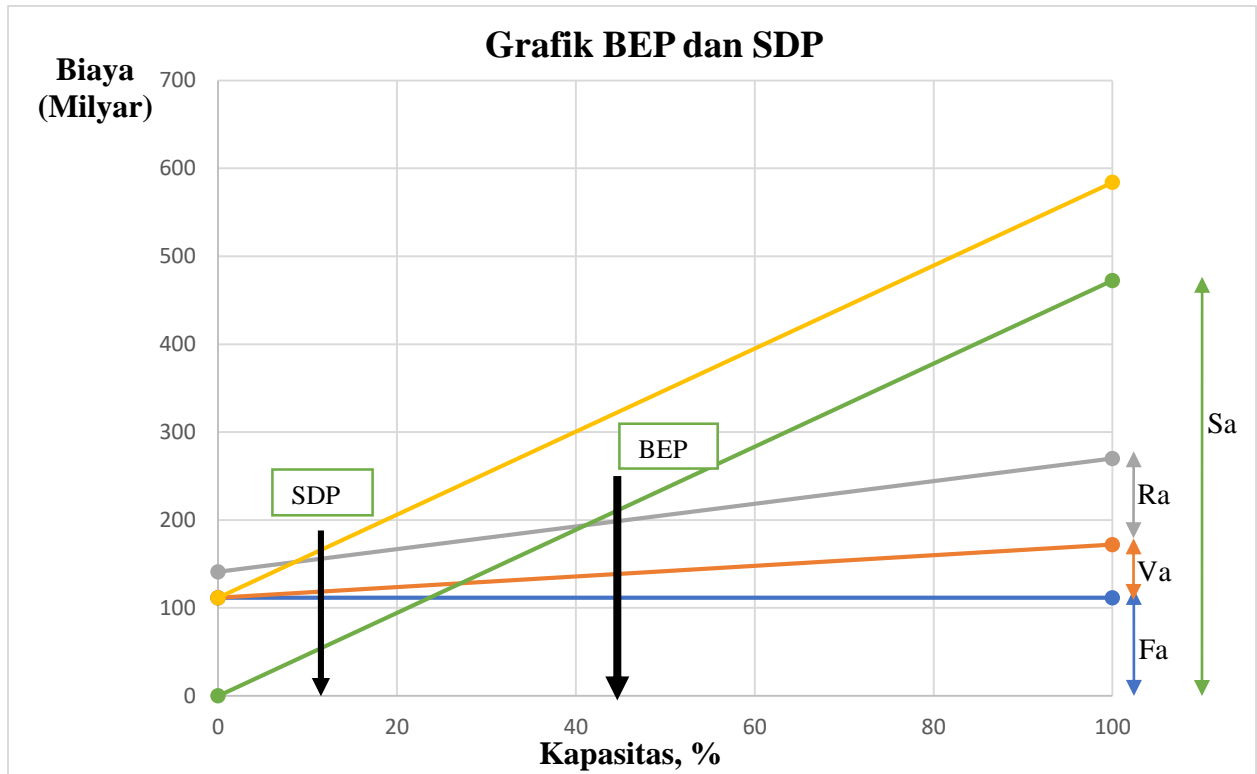
FC : *Fixed Capital Investment*

WC : *Working Capital*

C : *Annual Cash Flow* (Keuntungan + Finance + Depresiasi)

SV : *Salvage Value* (10% x FC)

Dengan metode *trial and error* didapatkan nilai  $i = 14,61\%$ . Nilai DCFRR tersebut memenuhi persyaratan karena lebih dari 1,5 kali suku bunga pinjaman pada Bank CIMB Niaga yang berlaku yaitu sebesar 14,1%.



Gambar 4.7.5.1 Grafik BEP dan SDP Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Khlorida Kapasitas 15.000 Ton/Tahun

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari Perancangan Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Klorida dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 15.000 Ton/Tahun, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Alasan Pendirian Pabrik Kalium Hidroksida kapasitas 15.000 ton/tahun di latar belakang oleh meningkatnya permintaan akan Kalium Hidroksida di Indonesia setiap tahunnya. Untuk mengurangi kebutuhan impor akan Kalium Hidroksida dari luar negeri maka dibuatlah Pabrik Kalium Hidroksida.
2. Perancangan Pabrik Kalium Hidroksida dengan konversi 100% di dasari pada beberapa variabel seperti spesifikasi dari bahan baku, spesifikasi hasil samping, dan spesifikasi produk yang dihasilkan. Juga dilakukan penyesuaian yang tepat yang bertujuan agar proses produksi lebih efektif dan efisien.
3. Pabrik Kalium Hidroksida dirancang dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT) yang akan didirikan di Kabupaten Karawang, Jawa Barat dengan luas tanah sebesar 36.117 m<sup>2</sup> dan luas bangunan sebesar 25.677 m<sup>2</sup>. Jumlah karyawan pada Pabrik Kalium Hidroksida ini berjumlah 131 orang dan pabrik direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun.
4. Ditinjau dari segi proses produksinya, sifat-sifat dari bahan baku, kondisi operasi, dan analisa ekonomi maka Pabrik Kalium Hidroksida tergolong pada Pabrik dengan resiko rendah.
5. Berdasarkan hasil perhitungan pada analisa ekonomi didapatkan sebagai berikut:
  - a. Keuntungan pabrik sebelum pajak sebesar Rp 189.202.275.062 per tahun dan keuntungan setelah pajaknya sebesar Rp 94.601.137.531 per tahun dengan pajaknya sebesar 50% dari keuntungan.

- b. Persen ROI sebelum pajak yaitu sebesar 22,05% dan persen ROI setelah pajak yaitu sebesar 11,02%. Berdasarkan Buku *Aries Newton*, nilai ROI untuk Pabrik dengan resiko rendah yaitu minimal 11%.
- c. POT sebelum pajak yaitu sebesar 3,12 tahun dan POT setelah pajaknya yaitu sebesar 4,76 tahun. Berdasarkan Buku *Aries Newton*, nilai POT untuk Pabrik dengan resiko rendah yaitu maksimum 5 tahun.
- d. Nilai BEP pada Pabrik Kalium Hidroksida adalah sebesar 41,06% dengan syarat nilai BEP yaitu berkisar antara 40% sampai 60% agar pabrik tersebut layak dan menarik untuk didirikan.
- e. Nilai SDP pada Pabrik Kalium Hidroksida adalah 8,56%.
- f. Nilai DCFRR pada Pabrik Kalium Hidroksida adalah 14,61% dengan suku bunga pada bank 1,5 kali bunga Bank CIMB Niaga yaitu 14,1%.

Dari data-data diatas dapat disimpulkan bahwa Prarancangan Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Khlorida dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 15.000 ton/tahun merupakan Pabrik dengan resiko rendah dan Pabrik layak untuk dipertimbangkan, dikaji lebih lanjut, dan di realisasikan pembangunan pabriknya karena dari segi ekonomi pabrik ini menguntungkan.

## 5.2 Saran

Pada perancangan pabrik kimia di perlukan pemahaman akan konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan untuk pendirian sebuah pabrik kimia, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Optimasi pemilihan alat-alat proses, alat-alat penunjang, dan juga bahan baku proses produksi sangat perlu untuk diperhatikan sehingga akan lebih meningkatkan keuntungan yang didapat.

2. Perancangan pabrik tidak lepas dari produksi limbah pabrik, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan di masa yang akan datang.
3. Produk Kalium Hidroksida dapat dijadikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri akan Kalium Hidroksida yang semakin meningkat. Dan tidak menutup kemungkinan produk tersebut untuk di ekspor ke negara-negara yang membutuhkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Electro MP Cell*. <http://www.electrocell.com/products/electrochemical-flow-cells/electro-mp-cell> . Diakses pada tanggal 23 Juli 2018
- Anonim. *Electro Prod Cell*. <http://www.electrocell.com/products/electrochemical-flow-cells/electro-prod-cell> Diakses pada tanggal 23 Juli 2018
- Anonim. *Electro Syn Cell*. <http://www.electrocell.com/products/electrochemical-flow-cells/electro-syn-cell> Diakses pada tanggal 23 Juli 2018
- Anonim. 2017. *Enabling high quality chlorine, sodium hydroxide, and potassium hydroxide production*.  
[https://www.chemours.com/Nafion/en\\_US/apps/chlor-alkali.html](https://www.chemours.com/Nafion/en_US/apps/chlor-alkali.html) . Diakses pada tanggal 28 Maret 2018
- Anonim. 2017. *Karakteristik Zat Kalium Hidroksida (KOH) dan Cara Pembuatannya*. <http://www.punyawawasan.com/2017/01/karakteristik-zat-kalium-hidroksida-koh.html> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Anonim. 2016. *Material Safety Data Sheet Hydrogen*. <http://www.praxair.com/-/media/documents/sds/hydrogen/hydrogen-gas-h2-safety-data-sheet-sds-p4604.pdf?la=en> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Anonim. 2016. *Material Safety Data Sheet Potassium Chloride MSDS*.  
<http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927402> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Anonim. 2016. *Material Safety Data Sheet Water MSDS*.  
<http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927321> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Anonim. 2018. *Potassium Chloride-Standard Specifications*.  
<http://www.cropfood.com/products/potassium-chloride/> . Diakses pada tanggal 8 Agustus 2018
- Anonim. 2017. *Potassium Hydroxide*.  
[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/potassium\\_hydroxide#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/potassium_hydroxide#section=Top). Diakses pada tanggal 5 April 2018

- Anonim. 2017. *Safety Data Sheet Chlorine*.  
<https://www.airgas.com/msds/001015.pdf> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Anonim. 2017. *Steam Tables*.  
<http://www.che.ksu.edu/docs/imported/SteamTable.pdf> . Diakses pada tanggal 21 Agustus 2018
- Anonim. 2018. *Stewardship-Chemical Properties*.  
<https://www.chlorineinstitute.org/stewardship/chlorine/chemical-properties/>  
 . Diakses pada tanggal 7 Agustus 2018
- Al-Maqassary, Ardi. 2014. *Pengertian Pengendalian Kualitas*. <https://www.e-jurnal.com/2014/02/pengertian-pengendalian-kualitas.html> . Diakses pada tanggal 10 Agustus 2018
- Aries, RS., and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York : McGraw-Hill Handbook Co., Inc.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Data Impor Kalium Hidroksida Tahun 2013-2017*.  
[https://www.bps.go.id/all\\_newtemplate.php](https://www.bps.go.id/all_newtemplate.php). Diakses pada tanggal 3 April 2018
- Bard, A. J. and Stratmann, M. 2007. *Encyclopedia of Electrochemistry*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co
- Bard, A.J., Parsons, R., and Jordan J. 1985. *Standard Potentials in Aqueous Solution*. New York : Marcel Dekker
- Basile, Angelo. 2013. *Handbook of Membrane Reactors-Volume 2 : Reactor Types and Industrial Applications*. UK : Woodhead Publishing Limited
- Bouzek, Karel. 2017. *Impact of the Cation Exchange Membrane Thickness on the Alkaline Water Electrolysis*. <http://www.aidic.it/cet/14/41/032.pdf> . Diakses pada tanggal 28 Maret 2018
- Branan, Carl. 2002. *Rules of Thumb for Chemical Engineers*. USA : Elsevier
- Brown, G.G. *Unit Operation*. New Delhi : CBS Publishers and Distributors
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*. USA : Prentice-Hall International, Inc

- Goodridge, F. and Scott, K. 1924. *Electrochemical Process Engineering-A Guide to the Design of Electrochemical Plant*. England : Springer Science+Business Media LLC
- Hine, Fumio. 1985. *Electrode Processes and Electrochemical Engineering* . UK and London : Plenum Press
- Hora, C. J. 1976. *Pretreatment and Start-up of Electrolytic Cell Membranes*.  
<https://patents.google.com/patent/US3985631A/en> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Edition
- Khrisnamurthy, S. dkk. 1996. *Production of Caustic Potash by Bipolar Membrane Electrolyzer*. <http://cecri.csircentral.net/2734/1/009-96.pdf> . Diakses pada tanggal 28 Maret 2018
- Lynch, R. W. *Electrolytic Process for Potassium Hydroxide*.  
<https://patents.google.com/patent/CA1161393A/en> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Matche. 2014. *Process Equipment Cost Estimates*. [www.matche.com](http://www.matche.com). Diakses pada tanggal 1 September 2018
- Miyake, Haruhisa. 1986. *Process for Producing Potassium Hydroxide*.  
[www.patents.google.com/patent/US4586992A/en](http://www.patents.google.com/patent/US4586992A/en). Diakses pada tanggal 23 Maret 2018
- Muzhzhavlev, K. D. 1977. *Diaphragmless Electrolyzers for Producing Magnesium and Chlorine*. <https://patents.google.com/patent/US4058448A/en>. Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Nuravifah, Utari., dkk. 2015. *Prarancangan Pabrik Kalium Hidroksida dari Kalium Klorida Secara Elektrolisis Kapasitas 25.000 Ton/Tahun*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada
- O'Brien, Thomas dkk. 2005. *Handbook of Chlor-Alkali Technology-Volume I : Fundamentals*. USA : Springer Science+Business Media LLC
- Perry, R. H. and Green, Don W. 2008. *Perry's Chemical Engineering Handbook, 7<sup>th</sup> Ed*. New York : McGraw-Hill International Edition

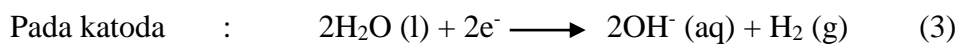
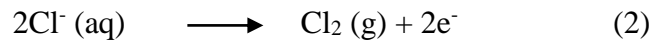
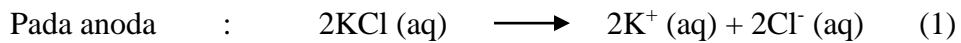
- Perry, R. H. and Green, Don W. 2008. *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 8<sup>th</sup> Ed. New York : McGraw-Hill International Edition
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. 2014. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4<sup>th</sup> Ed. Singapore : McGraw-Hill International Editions
- Powell, S. T. 1954. *Water Conditioning for Industry*. London : McGraw-Hill International Edition
- Rase, H. F. and E. M. Barrow. 1957. *Piping Design for Process Plant*. New York : John Wiley and Sons
- Reichert, J. F. 2007. *Method for Structuring the Surface of a Pressed Sheet or An Endless Strip*. <https://patents.google.com/patent/US20100006542A1/en> . Diakses pada tanggal 25 Maret 2018
- Saleh, Farham HM. 2015. *Neraca Massa dan Neraca Panas*. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson Richardson's Chemical Engineering Series : Chemical Engineering Design*. 4<sup>th</sup> Ed. UK : Elsevier
- Smith, J. M. dkk. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics*. New York : McGraw Hill International Edition
- Sularso. 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Tanaka, Yoshinobu. 2007. *Ion Exchange Membranes : Fundamentals and Applications*. UK : Elsevier
- Taufiqullah. 2017. *Sistem Kontrol Otomatis*. <https://www.tneutron.net/industri/sistem-kontrol-otomatis/> . Diakses pada tanggal 12 Agustus 2018
- Ulrich, Gael D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. USA : John Wiley & Sons Inc
- Wenten, I.G. dkk. 2014. *Pemisahan Elektro Ionik Berbasis Membran*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. USA : McGraw-Hill International Edition

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 REAKTOR

#### A. Persamaan Reaksi

Persamaan reaksi pada anoda dan katoda pada reaktor elektrolisis adalah sebagai berikut:



#### B. Neraca Massa

Produk yang dihasilkan yaitu berupa larutan Kalium Hidroksida (KOH) dengan konsentrasi 50% dengan kapasitas 15.000 ton/tahun = 1893,94 kg/jam.

$$m_{\text{KOH}} = \frac{50}{100} \times 1893,9394 \text{ kg/jam} = 946,9697 \text{ kg/jam}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{50}{50} \times 1893,9394 \text{ kg/jam} = 946,9697 \text{ kg/jam}$$

Produk Kalium Hidroksida (KOH) yang dihasilkan oleh reaktor elektrolisis adalah larutan Kalium Hidroksida (KOH) dengan konsentrasi 30%. Massa Kalium Hidroksida (KOH) yang terkandung pada larutan dengan konsentrasi 30% sama dengan larutan dengan konsentrasi 50%. Sehingga neraca massa untuk produk Kalium Hidroksida (KOH) dengan konsentrasi 30% adalah:

$$m_{\text{KOH}} = 946,9697 \text{ kg/jam}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{70}{30} \times 1893,9394 \text{ kg/jam} = 4419,9191 \text{ kg/jam}$$

$$n_{\text{KOH}} = 946,9697 \times \frac{1}{56,1} = 16,8800 \text{ kmol/jam}$$

$$n_{\text{K}_2\text{O}} = 4419,9191 \times \frac{1}{18} = 245,5107 \text{ kmol/jam}$$

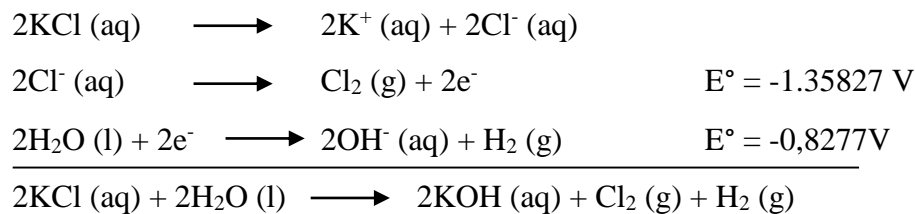
Dari persamaan reaksi nomor 4 diatas, maka dapat dihitung dan diketahui massa komponen yang terlibat didalam proses, yaitu:

$$2\text{KCl (aq)} + 2\text{H}_2\text{O (l)} \longrightarrow 2\text{KOH (aq)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$$

m	16,88	262,39			
b	16,88	16,88	16,88	8,44	8,44
s	-	245,51	16,88	8,44	8,44

$$m_{\text{KCl}} = n_{\text{KCl}} \times Mr_{\text{KCl}} = 16,88 \times 74,55 = 1258,4063 \text{ kg/jam}$$

### C. Menghitung Tegangan pada Reaktor Elektrolisis



(Sumber : Bard, A.J., Parsons, R., and Jordan, J. Standard Potentials in Aqueous Solution, Marcel Dekker, New York, 1985)

Tegangan minimum yang dibutuhkan pada Reaktor Elektrolisis dapat dihitung:

$$V_{\text{min}} = E^\circ_{\text{reduksi}} + E^\circ_{\text{oksidasi}} = (1,35827 + 0,8277) \text{ V} = 2,19 \text{ V}$$

Dengan mengikuti konsep over voltage, maka untuk dapat menggerakkan reaktor dibutuhkan tegangan dengan nilai lebih dari 2,19 V. Over voltage maksimal pada katoda untuk air adalah 0,12 V (Tanaka, Y. "Ion Exchange Membrane Fundamental Chapter 5"). Sedangkan pada anoda dianggap tidak terjadi perubahan karena over voltage untuk klorin sangat kecil.

$$V_{\text{min}} = E^\circ_{\text{reduksi}} + E^\circ_{\text{oksidasi}} = 1,35827 \text{ V} + (0,8277 + 0,12) \text{ V} = 2,31 \text{ V}$$

#### D. Menghitung Muatan Arus Listrik pada Reaktor Elektrolisis

Bilangan Avogadro (Na) =  $6.022 \times 10^{23}$  /mol

$$I = 16,8800 \times 10^3 \frac{\text{mol}}{\text{J}} (6.022 \times 10^{23} / \text{mol}) (1.602 \times 10^{-19} \text{C})$$

$$I = 1628457705 \frac{\text{C}}{\text{jam}} \left( \frac{1 \text{jam}}{3600 \text{s}} \right)$$

$$I = 452349,363 \text{ C/s}$$

$$I = 452349,363 \text{ A}$$

Berdasarkan US. Pat. CA 1161393A nilai  $\eta = 87\%$

$$I_{\text{eff}} = \frac{I}{\eta} = \frac{7452349,3626 \text{A}}{0.87} = 519941,7961 \text{A} = 519,94 \text{kA}$$

Rentang arus listrik pada setiap reaktor elektrolisis di pasaran adalah sebesar 100 kA sampai 150 kA (US. Pat. 4058448), dipakai rentang arus listrik sebesar 130 kA.

$$\text{Jumlah.reaktor} = \frac{I}{130 \text{kA}} = \frac{519,94 \text{kA}}{150 \text{kA}} = 3,9996 = 4$$

$$I_{\text{tiapreaktor}} = \frac{8519,94 \text{kA}}{4} = 129,9855 \text{kA}$$

Maka, jumlah reaktor yang diperlukan sebanyak 4 buah reaktor dengan arus yang mengalir pada tiap reaktor tersebut adalah sebesar 129,9855 kA.

#### E. Menghitung Power pada Reaktor Elektrolisis

$$P = (V_{\text{cell}})(I_{\text{eff}})$$

Dengan : V = Tegangan

I = Arus total

$$P = (2,31 \text{V}) \times (519,94 \text{kA}) = 1198,9702 \text{kW}$$

$$P = 1,199 \text{MW}$$

F. Menghitung Hambatan Listrik pada Reaktor Elektrolisis untuk Larutan

Elektrolit

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Dengan :

$\rho$  : resistivity,  $\Omega\text{m}$

L : jarak kutub, m

A : luas elektroda,  $\text{m}^2$

Konsentrasi larutan yang masuk ke reaktor elektrolisis adalah sebesar 250g/L

$$M = \frac{250 \text{ g/L}}{74.55 \text{ g/mol}} = 3.35 \text{ mol/L} = 3.35M$$

K untuk KCl konsentrasi 3.35 M suhu 90°C adalah sebesar 0.65 mho/m

$$\rho = \frac{1}{K} = \frac{1}{0.65} 0.0154 \frac{\text{m}}{\text{mho}} = 0.0154 \Omega\text{m}$$

$$l = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$$

$$A = 0,2 \text{ m}^2$$

$$R = \rho \frac{l}{A} = 0.0154 \Omega\text{m} \frac{0,01\text{m}}{0,2\text{m}^2} = 0,000769 \Omega$$



### G. Menghitung Dimensi Sel Elektrolisis

Jumlah modul di masing-masing reaktor elektrolisis:

$$I = \frac{519,94kA}{4} = 129,9855kA$$

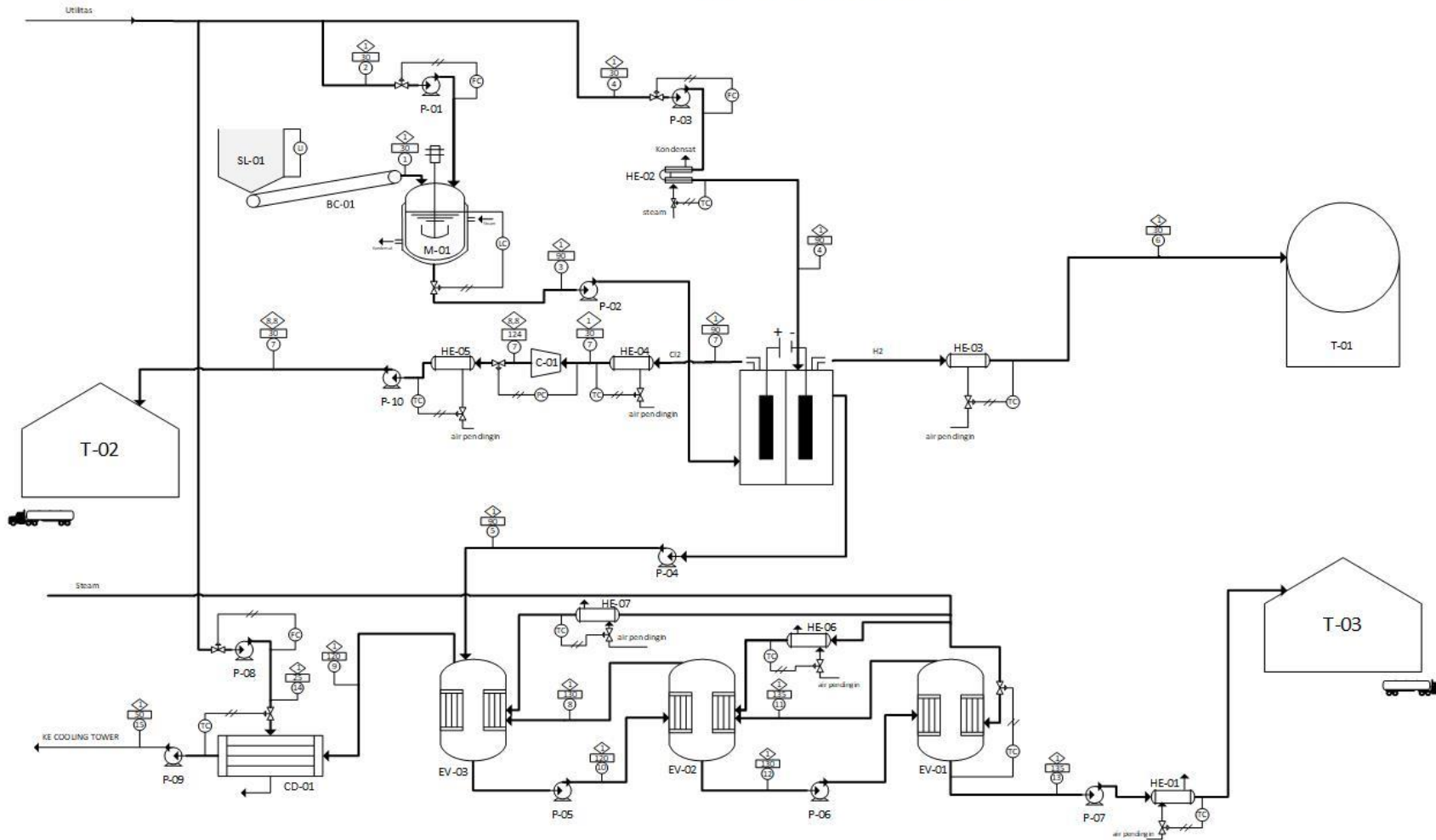
Current density = 4 kA/m<sup>2</sup>

Luas elektroda = 0,2 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{jumlah. modul} &= \frac{I}{\text{current.density}} \left( \frac{1}{A.\text{elektroda}} \right) \\ &= \frac{129,9855kA}{4 \frac{kA}{m^2}} \left( \frac{1}{0,2m^2} \right) = 162,4818 \end{aligned}$$

Sehingga modul pada masing masing sel adalah 163 modul.

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRARANCANGAN PABRIK KALIUM HIDROKSIDA DARI KALIUM KHLORIDA DENGAN PROSES ELEKTROLISIS**  
**KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN ALAT	
SL	: Silo
BC	: Belt Conveyor
M	: Mixer
R	: Reaktor
EV	: Evaporator
CD	: Condensor
HE	: Heat Exchanger
P	: Pompa
C	: Compressor
T	: Tangki Penyimpanan
KETERANGAN SIMBOL	
○	: Nomor Arus
□	: Suhu (°C)
◇	: Tekanan (atm)
⋈	: Control Valve
—	: Arus Sinyal Pneumatik
—	: Arus Proses
—	: Arus Utilitas
KETERANGAN INSTRUMEN	
FC	: Flow Controller
LC	: Level Controller
PC	: Pressure Controller
TC	: Temperature Controller
LI	: Level Indicator

Komponen	Arus, kg/jam														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
KCl (s)	302,0175														
H2O (l)		956,3888		4723,2013	4419,1919					1758,6580		1307,7201	946,9697	50512,9108	
KCl (aq)			1258,4063												
KOH					946,9697							946,9697	946,9697		
H2							17,0488								
Cl2								598,3971							
H2O (g)									450,9380	2660,5339		360,7504			
Kondensat															53173,4447
Total	302,0175	956,3888	1258,4063	4723,2013	5366,1616	17,0488	598,3971	450,9380	2660,5339	2705,6277	360,7504	2254,6898	1893,9394	50512,9108	53173,4447

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2018**

Disusun Oleh:  
 1. Clara Yusticia Hapsari (14 521 061)  
 2. Prameswara Dwi Cahyana (14 521 070)

Dosen Pembimbing:  
 Dr. Ir. Farham HM Saleh MSIE

