TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK184803

POLYALUMUNIUM KLORIDA DARI ALUMUNIUM HIDROKSIDA

Oleh :
Calvin Baggery
NRP. 02211640000150

Jeremy Samuel
NRP. 02211640000163

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng
NIP. 1964 06 08 1991 02 1 001

Ir. Ignatius Gunardi, M.T
NIP. 1955 09 21 1984 03 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK184803

POLYALUMUNIUM KLORIDA DARI ALUMUNIUM HIDROKSIDA

Oleh :
Calvin Baggery
NRP. 02211640000150

Jeremy Samuel
NRP. 02211640000163

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng
NIP. 1964 06 08 1991 02 1 001

Ir. Ignatius Gunardi, M.T
NIP. 1955 09 21 1984 03 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

PLANT DESIGN PROJECT – TK184803

POLYALUMINUM CHLORIDE FROM ALUMINUM HYDROXIDE

Written by :
Calvin Baggery
NRP. 02211640000150

Jeremy Samuel
NRP. 02211640000163

Advisors :
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng
NIP. 1964 06 08 1991 02 1 001

Ir. Ignatius Gunardi, M.T
NIP. 1955 09 21 1984 03 1 001

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEM ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020

INTISARI

Polyalumunium Klorida (PAC) merupakan suatu rantai panjang anorganik, dikarenakan memiliki rantai yang sangat panjang, maka dari itu bisa disebut sebagai polimer. Polyalumunium Klorida ini dapat dibuat melalu bebapa bahan, diantaranya

Alumunium Hidroksidan dan juga Alumunium *Scrap*. Dikarenakan pada proses pembuatan Polyalumunium Klorida m dengan Alumunium *Scrap* menghasilkan gas hidrogen, dimana gas hidrogen mempunyai sifat yang berbahaya ketika bertemu dengan udara sekitar yang dapat menimbulkan ledakan. Maka dari itu pada proses pembuatan Polyalumunium Klorida digunakan bahan Alumunium Hidroksida yang tidak menghasilkan reaksi gas hidrogen. Latar belakang pendirian pabrik Polyalumunium Klorida adalah perkembangan industri di Indonesia yang sangat pesat. PAC merupakan suatu koagulan yang biasanya digunakan pada proses *water treatment* pabrik dan juga pengolahan air bersih.

Lokasi pendirian pabrik PAC direncanakan di kabupaten Menpawah, Kalimantan Barat. Penentuan Lokasi pendirian pabrik ini didasarkan pada beberapa alasan, yaitu dengan ketersedian bahan baku, ketersedian utilitas serta dekat dengan konsumen.

Pembuatan PAC dari Alumunium Hidroksida dibagi menjadi 3 bagian. Bagian pertama adalah pembentukan monomer, Pembuatan monomer merupakan proses pencampuran antara larutan Asam Klorida (HCl) dengan Alumunium Hidroksida ($Al(OH)_3$). Larutan HCl yang dibutuhkan dalam pembuatan monomer sebesar 35%, Dari pencampuran larutan HCl 35% dan $Al(OH)_3$ maka akan terbentuk *Basic* Alumunium Klorida (BAC). Proses pembuatan BAC ini dilakukan pada reaktor pembuatan monomer yang dibantu dengan proses pengadukan secara perlahan didalam reaktor selama 2 jam dengan suhu 120 °C dan tekanan 3

bar dengan konversi sebesar 70%. Didalam reaktor pembuatan monomer (R-110) terjadi reaksi antara larutan HCl 35% dan $Al(OH)_3$. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$2\ Al(OH)_3 + 2\ HCl \longrightarrow Al_2(OH)_4Cl_2\ (BAC) + 2\ H_2O \quad (1)$$

Dikarenakan bahan baku $Al(OH)_3$ tidak murni 100% atau masih terdapat impuritis, maka akan terjadi reaksi samping antara impuritis dengan larutan HCl 35%. Imputitis yang terdapat didalam $Al(OH)_3$ adalah Na_2O sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Na_2O + 2\ HCl \longrightarrow 2\ NaCl + 2\ H_2O \quad (2)$$

Pada suhu 120 °C dan tekanan 3 bar didalam reaktor, HCl tidak semuanya memiliki fase cair, ada beberapa yang menjadi uap, HCl keluar melalui bagian atas dari reaktor pembuatan monomer (R-110) denagn suhu 120 °C setelah itu didinginkan hingga 30 °C dengan menggunakan kondensor sehingga fasenya menjadi cair kembali, lalu memasuki tangki penampung HCl, setelah itu memasuki mixer untuk pembuatan larutan HCl 35%. Selanjutanya adalah Pembuatan inisiator (Natrium Alumina ($NaAlO_2$)). Proses ini merupakan pencampuran antara Alumina (Al_2O_3) dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH). Larutan NaOH yang dibutuhkan untuk pembuatan $NaAlO_2$ sebesar 20%. Dari pencampuran Larutan NaOH 20% dan Al_2O_3 maka akan terbentuk Natrium Alumina ($NaAlO_2$) dengan kadar 2%. Proses pembuatan $NaAlO_2$ ini dilakukan pada reaktor pembuatan inisiator yang dibantu dengan proses pengadukan secara perlahan didalam reaktor selama 1 jam dengan suhu 100 °C dan tekanan 2 bar dengan konversi sebesar 99%. Didalam reaktor pembuatan inisiator (R-210) terjadi reaksi antara larutan NaOH 20% dan Al_2O_3. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Al_2O_3 + 2\ NaOH \longrightarrow 2\ NaAlO_2 + H_2O \quad (3)$$

Dikarenakan bahan baku Al_2O_3 tidak murni 100% atau masih terdapat impuritis, maka akan terjadi reaksi samping antara

impuritis dengan larutan NaOH 20%. Imputitis yang terdapat didalam Al_2O_3 adalah Na_2O sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2\ NaOH \quad (4)$$

Lalu yang terakir adalah proses polimerisai. Polimerisasi merupakan proses penggabungan molekul monomer dengan bantuan inisiator. Tahapan dalam proses polimerisasi yaitu, inisiasi, propagasi, dan terminasi. Pada pembuatan PAC proses polimerisasi terjadi secara anionik.

Kapasitas pabrik direncanakan sebesar 21.324.000 Kg/Tahun berdasarkan data-data dari Badan Pusat Statistik (BPS) volume produksi, konsumsi, ekspor dan impor PAC didalam negeri. Pabrik direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2022, dengan Alumunium Hidroksida yang dibutuhkan sebesar 12.748.728,12 kg/tahun.

Pendirian pabrik berkapasitan 21.324.000 Kg/Tahun dengan estimasi hasil penjualan per tahun sebesar Rp 188.177.608.000. estimasi umur pabrik 10 tahun dan waktu pengembalian pinjaman selama 10 tahun, dapat diketahui Internal rate of Return (IRR) sebesar 72%. Untuk Pay Out Time (POT) selama 2,4Tahun dan Break Event Point (BEP) sebesar 30,3%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, pabrik PAC ini layak untuk didirikan. Diharapkan adanya pabrik PAC ini dapat memenuhi kebutuhan PAC didalam negri maupun diluar negeri.

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

"PRA DESAIN PABRIK POLYALUMINIUM KLORIDA DARI ALUMUNIUM HIDROKSIDA"

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh :

Calvin Baggery	**02211640000150**
Jeremy Samuel	**02211640000163**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Desain Pabrik Kimia :

1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng (Pembimbing I) .....
2. Ir. Ignatius Gunardi, M.T. (Pembimbing II) .....
3. Prida Novarita Trisanti, S.T., M.T. (Penguji I) .....
4. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng (Penguji II) .....
5. Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T. (Penguji III) .....

Surabaya, 20 Februari 2020

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penyusunan "TUGAS PRA DESAIN PABRIK POLYALUMUNIUM KLORIDA" ini dapat kami selesaikan.

Laporan tugas pra desain pabrik ini ini ditulis sebagai salah satu syarat salah satu persyaratan yang harus dilalui mahasiswa Teknik Kimia ITS guna memperoleh gelar kesarjanaan. Tugas pra desain pabrik ini kami susun berdasarkan aplikasi ilmu pengetahuan yang terdapat dalam literatur buku maupun data internet, khususnya di Laboratorium Teknologi Material Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS. Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas pra desain pabrik ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga kami yang telah memberikan segalanya yang tak mungkin tercantumkan dalam tulisan ini.
2. Dr. Widyastuti, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS Surabaya.
3. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng selaku Dosen Pembimbing 1 dan kepala Laboratorium Teknologi Material atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Ir. Ignatius Gunardi, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
5. Prida Novarita T, S.T., M.T. selaku Dosen Laboratorium Teknologi Material atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.

6. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar atas segala ilmu yang diberikan serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS Surabaya.
7. Teman-teman Polimer Crew di Laboratorium Teknologi Material atas doa, semangat, perhatian dan kasih sayang selama ini.
8. Keluarga tercinta K56 yang telah memberikan dukungan dan bantuan sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang turut membantu kami.

Penulis menyadari bahwa laporan pra desain pabrik ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran dari para pembaca sangat penulis harapkan sebagai upaya peningkatan kualitas dari laporan ini.

Surabaya, 13 Januari 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

INTISARI i
LEMBAR PENGESAHAN iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
BAB I LATAR BELAKANG 1
BAB II BASIS DESAIN DATA 7
II.1. Kapasitas Produksi 7
II.2. Lokasi 10
II.3. Kulitas Bahan Baku dan Produk 14
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES 17
III.1. Bahan Baku 17
III.3. Uraian Proses 23
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI 31
IV.1 Neraca Massa 31
BAB V SPESIFIKASI ALAT 39
V.1 Daftar dan Harga Peralatan 39
BAB VI ANALISA EKONOMI 61
VI.1 Struktur Organisasi 62
VI.2 Sistem Utilitas 68
VI.3 Harga Peralatan 70

VI.4 Analisa Ekonomi 70
BAB VII KESIMPULAN.....73
DAFTAR PUSTAKA.....75

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Lokasi Kabupaten Menpawah, Kalimantan Barat11

Gambar III. 1 Proses Pembuatan *Polyaluminum Chloride* dari Alumunium Scrap.....17
Gambar III. 2 Proses Pembuatan *Polyaluminum Chloride* dari Alumunium Hidroksida.....20
Gambar III. 3 Struktur BAC 24
Gambar III. 4 Struktur $NaAlO_2$.....26
Gambar III. 5 Inisiator Radikal Bebas 27
Gambar IV. 1 Blok Diagram Neraca Tangki Pengondisian 32
Gambar IV. 2 Blok Diagram Neraca Massa Tangki Pengenceran HCl.....33
Gambar IV. 3 Blok Diagram Neraca Massa Reaktor Monomer33
Gambar IV. 4 Blok Diagram Neraca Massa Centrifuge.....34
Gambar IV. 5 Blok Diagram Neraca Massa Inisiator.....35
Gambar IV. 6 Blok Diagram Neraca Massa Tangki Pencampuran NaOH.....36
Gambar IV. 7 Blok Diagram Neraca Massa Reaktor Polimerisai 37
Gambar VI. 1 Bagan Sruktur Organisasi Perusahaan.....68

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Produksi *Polyaluminum Chloride* di Indonesia 7
Tabel II. 2 Impor Polyaluminum Chloride di Indonesia.....8
Tabel II. 3 Konsumsi Polyaluminum Chloride di Indonesia 8
Tabel II. 4 Produksi Polyaluminum Chloride di Indonesia 9
Tabel II. 5 Prediksi data konsumsi, produksi, impor-ekspor *Polyaluminum Chloride* untuk tahun 2022.....10
Tabel II. 6 Syarat mutu *Polyaluminum Chloride*.....14
Tabel III. 1 Perbandingan Alumunium Hidroksida dan Alumunium Scrap 22
Tabel III. 2 Komposisi $Al(OH)_3$.....23
Tabel III. 3 Komposisi $NaAlO_2$.....26
Tabel IV. 1 Neraca Massa Tangki Pengondisian 32
Tabel IV. 2 Neraca Massa Tangki Pengenceran HCl 33
Tabel IV. 3 Neraca Massa Reaktor Monomer 34
Tabel IV. 4 Neraca Massa Centrifuge 34
Tabel IV. 5 Neraca Massa Inisiator 35
Tabel IV. 6 Neraca Massa Tangki Pencampuran NaOH 36
Tabel IV. 7 Neraca Massa Reaktor Polimerisasi 37
Tabel V. 1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan $Al(OH)_3$ 39
Tabel V. 2 Spesifikasi Tangki Pengondisian R-110 40
Tabel V. 3 Spesifikasi Pompa Loading R-110.....40
Tabel V. 4 Spesifikasi HCl Mixing Tank 42
Tabel V. 5 Spesifikasi HCl Storage Vessel.....42
Tabel V. 6 Spesifikasi HCl Accumulator Storage Vessel.....45
Tabel V. 7 Spesifikasi Gudang Penyimpanan.....46
Tabel V. 8 Spesifikasi Tangki Pengondisian R-210 47
Tabel V. 9 Spesifikasi NaOH Mixing Tank.....48
Tabel V. 10 Spesifikasi PAC Storage Vessel 49
Tabel V. 11 Spesifikasi Pompa Produk PAC.....50
Tabel V. 12 Spesifikasi Cooler 51
Tabel V. 13 Spesifikasi Cooler 52

Tabel V. 14 Spesifikasi Reaktor Pembuata Monomer.....54
Tabel V. 15 Spesifikasi Reaktor Pembuatan Inisiator.....55
Tabel V. 16 Spesifikasi Reaktor Polimerisasi 57
Tabel V. 17 Spesifikasi Pompa Loading R-310 58

BAB I
LATAR BELAKANG

Menghadapi revolusi industri 4.0, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadi semakin pesat sehingga mengakibatkan perkembangan pada sebagian besar industri di seluruh dunia. Pada era globalisasi ini, Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang sedang melakukan pembangunan besar - besaran disemua sektor industri. Pada tahun 2018 perekonomian Indonesia tumbuh sebesar 5.17%, lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2017 yang hanya sebesar 5.07%. Selain itu berdasarkan kesepakatan yang dilakukan oleh negara – negara anggota ASEAN pada tahun 2003, bahwa akan diadakan pasar bebas ASEAN atau yang lebih dikenal dengan “ Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) ”,yang telah dimulai pada tahun 2016 lalu. Dengan adanya pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat setiap tahun dan diberlakukannya MEA sejak awal tahun 2016 lalu maka telah dibuat beberapa kawasan industri baru serta perluasan kawasan industri yang telah ada di seluruh Indonesia. (Kemenperin Edisi I, 2019).

Pertumbuhan ekonomi di Indonesia ini, ditunjang dari beberapa sektor industri seperti industri makanan, *manufacturing, textile, otomotif,* industri kimia, *oil and gas*, dsb. yang pastinya membutuhkan air untuk proses pembuatan produknya. Fungsi air pada industri adalah sebagai sumber energi, sumber perpindahan panas, penghilang scaling pada alat dan sebagai produk seperti pada industri desalinasi. Namun di samping kontaminan biologi dan fisik umumnya air mengandung kontaminan kimia (HCO_3^-, Ca^{2+} , Cl^-, SiO_2, SO_4^{2-},SiO_2) yang tidak dapat dihilangkan hanya dengan pemanasan, melainkan menggunakan koagulan. (Frank Kenmer, 1988). Air yang mengandung ion logam dapat menimbulkan scaling, slagging, dan fouling yang dapat menyebabkan pengurangan daya hantar panas, pengurangan kecepatan alir fluida, korosi, dan memperpendek umur pemakaian alat. (Sri Widarti,2015)

Selain itu semakin banyaknya industri yang berkembang pastinya juga akan sejalan dengan peningkatan jumlah limbah cair. Sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair, nilai *total suspended solid* (TSS) yang diizinkan untuk dibuang adalah 60 mg/l. TSS merupakan zat padat tersuspensi dalam air limbah yang bersifat melayang-layang dalam air. (Yuga Artika, 2015).

Salah satu upaya untuk melakukan penjernihan pada air dan limbah cair adalah dengan menggunakan proses koagulasi-flokulasi. Menurut Ebeling dan Ogden (2004), koagulasi merupakan proses menurunkan atau menetralkan muatan listrik pada partikelpartikel tersuspensi. Muatan-muatan listrik yang sama pada partikel-partikel kecil dalam air menyebabkan partikel-partikel tersebut saling menolak sehingga membuat partikelpartikel koloid kecil terpisah satu sama lain dan menjaganya tetap berada dalam suspense. Sedangkan flokulasi adalah proses berkumpulnya partikel-partikel flok mikro membentuk aglomerasi besar melalui pengadukan fisis atau melalui aksi pengikatan oleh flokulan. Koagulan adalah bahan kimia yang ditambahkan untuk mendestabilisasi partikel koloid sedangkan flokulan adalah bahan kimiawi, biasanya organik yang ditambahkan untuk meningkatkan proses flokulasi. (Prima Kristijarti dkk, 2013)

Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai koagulan adalah kapur (CaO), alum $Al_2(SO_4)_3$, dan polielektrolit (organik sintesis) (Hammer, 1986), koagulan anorganik poly alumunium chloride (PAC) AlnCl(3n-m)(OH)m (Wenbin et al., 1999), dan garam-garam besi seperti feri klorida ($FeCl_3$) dan besi sulfat ($Fe_2(SO_4)_3$) (Davis dan Cornwell, 1991).

Dahulu banyak industri menggunakan aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$, *ferric sulphate* ($Fe_2(SO_4)_3$) ataupun *ferric chloride* ($FeCl_3$) sebagai koagulan dalam memproses limbahnya. Namun, dalam tiga dekade terakhir, beberapa cara dikembangkan untuk menghasilkan koagulan *pre-hydrolysed metal-ion* dari aluminium atau *ferric iron* yang terbukti memiliki performa yang lebih baik

dibandingkan koagulan konvensional seperti alum atau *ferric sulphate*, salah satunya adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC) AlnCl(3n-m)(OH)m (Park, H. dkk, 2015). Berdasarkan studi yang pernah dilakukan oleh Kristijarti (2013) koagulan PAC dapat bekerja lebih baik daripada koagulan $FeSO_4$ karena waktu pengendapan $FeSO_4$ yang lebih lama, sifat alkalinitas yang lebih tinggi, dan harga koagulan berbasis besi yang cenderung lebih mahal daripada koagulan berbasis alum pada ekuivalen per kg. Menurut Rizki (2016), koagulan poly aluminium klorida memiliki kemampuan koagulasi lebih baik daripada aluminium sulfat dikarenakan meski kedua koagulan tersebut menggunakan atom Al sebagai atom pusatnya, namun senyawa PAC memiliki lebih banyak logam Al daripada alimunium sulfat yang menyebabkan bermuatan lebih positif dan mampu mendestabilisasikan koloid yang bermuatan negatif lebih baik. Apabila dibandingkan dengan aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), PAC mempunyai efek koagulasi yang lebih baik, sangat cocok digunakan pada temperatur rendah ($T < 10^oC$), flok terbentuk sangat cepat, serta memiliki waktu singkat untuk bereaksi dan mengendap (Wenbin et al., 1999).

Menurut Echanpin (2005), PAC merupakan koagulan anorganik yang tersusun dari polimer makromolekul yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: tingkat adsorpsi yang kuat, mempunyai kekuatan lekat, pembentukan flok-flok yang tinggi dengan dosis kecil dan tingkat sedimentasi cepat. Oleh karena itu, produk ini adalah suatu agen dalam proses penjernihan air dengan efisiensi tinggi, cepat dalam proses pengolahan air, aman dan konsumsi konsentrasi yang rendah. Beberapa keuntungan koagulan PAC adalah sangat baik untuk menghilangkan kekeruhan dan warna, memadatkan dan menghentikan penguraian flok, membutuhkan kebasaan rendah untuk hidrolisis, sedikit berpengaruh pada pH, menurunkan atau menghilangkan kebutuhan penggunaan polimer, serta mengurangi dosis koagulan sebanyak 30–70% (Eaglebrook Inc., 1999).

Pada tahun 2012 sampai 2019, kebutuhan akan alum dan *ferric chloride* yang merupakan jenis koagulan yang sering

digunakan di industri masih dipenuhi dengan mengimpor komoditas tersebut. Hal ini menunjukkan kapasitas produksi koagulan yang sudah terpasang di Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan. Adanya jarak antara *supply and demand* tersebut menunjukkan adanya kemungkinan untuk membangun pabrik koagulan baru di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan baik didalam maupun di luar negeri. Selain itu di Indonesia belum banyak pabrik yang memproduksi poli aluminium klorida. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik-pabrik di Indonesia perlu mengimpor poli aluminium klorida dari beberapa negara penghasil poli aluminium klorida seperti China dan India. Oleh karena itu untuk mengantisipasi kebutuhan dalam negeri dan untuk mengurangi ketergantungan poli aluminium klorida pada negara-negara importir, diperlukan pendirian pabrik baru poli aluminium klorida. (Adela anjani, 2017)

PAC dapat dibuat secara komersial dengan mereaksikan aluminium dengan asam khlorida. Ada beberapa macam material yang mengandung aluminium dapat digunakan termasuk logam aluminium/skrap Al (Zouboulis, dan Tzoupanos, 2009), aluminium hidroksida, aluminium khlorida, aluminium sulfat dan kombinasi dari beberapa bahan tersebut. Selain PAC sebagai produk utama, juga dapat dihasilkan produk samping berupa garam-garam seperti sodium/kalsium/magnesium klorida atau sulfat. Karena pertimbangan bahaya ledakan dari reaksi logam aluminium dengan asam klorida, maka penerapan di industri yang paling umum adalah dengan mereaksikan aluminium hidroksida ($Al(OH)_3$ dengan asam klorida. (Husaini dkk, 2016)

PT. Indonesia Chemical Alumina merupakan pemrakarsa industri Alumina pertama di Indonesia dan kelima di kawasan Asia Pasifik yang mengolah bijih bauksit dalam negeri menjadi chemical grade alumina (CGA). Berdasarkan data pada bulan Januari 2015 lalu, pabrik ini memiliki kapasitas produksi aluminium hydroxide sebanyak 166.000 ton per tahun. Berdasarkan banyaknya kebutuhan akan PAC dan juga ketersediaan bahan baku yang melimpah di Indonesia maka

pendirian pabrik PAC merupakan sebuah proyek yang menarik untuk dilakukan.

BAB II
BASIS DESAIN DATA

II.1. Kapasitas Produksi

Salah satu faktor yang harus ditentukan dalam perencanaan pendirian pabrik *Polyaluminum Chloride* adalah kapasitas produksi. Dikarenakann pabrik *Polyaluminum Chloride* ini akan direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2022, maka diperlukan data-data perkiraan produksi, konsumsi, dan ekspor-impor dari *Polyaluminum Chloride* di Indonesia pada tahun sebelumnya untuk dapat memperkirakan berapa jumlah *Polyaluminum chloride* yang akan diproduksi. Berikut ini merupakan data yang diperlukan berdasarkan data yang ada di Indonesia pada tahun 2011 hingga 2017:

Tabel II. 1 Produksi *Polyaluminum Chloride* di Indonesia

Tahun	Produksi (Kg)	Pertumbuhan Produksi (%)
2011	1.958.720	-
2012	2.133.562	9%
2013	3.640.235	71%
2014	3.617.110	-1%
2015	6.168.805	71%
2016	5.761.868	-7%
2017	7.698.335	34%
Pertumbuhan Rata-rata		29%

(Badan Pusat Statistik, 2018)

Tabel II. 2 Impor Polyaluminum Chloride di Indonesia

Tahun	Produksi (Kg)	Pertumbuhan Produksi (%)
2011	16.324.161	-
2012	17.956.953	10%
2013	19.519.523	9%
2014	21.639.798	11%
2015	27.396.546	27%
2016	24.786.157	-10%
2017	25.048.721	1%
Pertumbuhan Rata-rata		8%

(Badan Pusat Statistik, 2018)

Tabel II. 3 Konsumsi Polyaluminum Chloride di Indonesia

Tahun	Produksi (Kg)	Pertumbuhan Produksi (%)
2010	169.367	-
2011	192.274	13,53%
2012	212.437	10,49%
2013	231.893	9,16%
2014	247.943	6,92%

Rata-rata pertumbuhan	10,02%

(Dwiputranto dkk, 2016)

Tabel II. 4 Produksi Polyaluminum Chloride di Indonesia

Tahun	Produksi (Kg)	Pertumbuhan Produksi (%)
2010	162.896	-
2011	178.863	9,80%
2012	198.549	11,01%
2013	216.447	9,01%
2014	228.892	5,75%
Pertumbuhan Rata-rata		8,89%

(Dwiputranto dkk, 2016)

Dari perhitungan diatas, didapatkan perkiraan produksi, konsumsi, dan eksporimpor *Polyaluminum Chloride* di Indonesia pada tahun 2022. Dengan demikian, dapat ditentukan kapasitas produksi pabrik baru dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = P\ (1+i)^n$$

Keterangan:
F = Nilai pada tahun ke-n
P = Nilai pada tahun awal
n = Selisih tahun n dikurangi tahun awal
i = Rata-rata pertumbuhan
Dengan menggunakan persamaan tersebut maka dapat diprediksi kapasitas produksi dari pabrik *Polyaluminum*

Chloride, konsumsi, impor-ekspor dalam Ton/tahun pada tahun 2022 sebagai berikut:

Tabel II. 5 Prediksi data konsumsi, produksi, impor-ekspor *Polyaluminum Chloride* untuk tahun 2022

Ekspor	27.942
Impor	36.720
Konsumsi	532.372
Produksi	452.514

Dari hasil prediksi perkembangan *Polyaluminum Chloride* di Indonesia pada tabel diatas, maka kebutuhan pasar di Indonesia dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

S = (Ekspor + Konsumsi) - (Produksi + Impor)
= (27.942 + 532.372) – (452.514 + 36.720)
= 71.080 Ton/Tahun

Keterangan:
S = Kebutuhan *Polyaluminum Chloride* di Indonesia pada tahun 2022.
Pabrik *Polyaluminum Chloride* ini drencanakan memasok 10.0% dari kebutuhan pasar pada tahun 2022 sehingga diperoleh:

Kapasitas Produksi = 10.0% x 71.080
= 7.108 Ton/Tahun
= 7.108.000 Kg/Tahun

II.2. Lokasi

Letak geografis merupakan suatu aspek yang diperhatikan dalam perencanaan pendiriaan suatu pabrik, karena akan berpengaruh pada kelangsungan atau keberhasilan suatu pabrik. Tujuan dari penentuan lokasi suatu pabrik adalah untuk

menunjang proses produksi suatu pabrik, efektif dan juga efisien. Lokasi juga dipilih dengan harapan mampu memberikan keuntungan dalam jangka waktu yang panjang dan memungkinkan untuk perluasan pabrik. Lokasi pabrik *Polyaluminum Chloride* ini ditetapkan berada dikabupaten Mempawah. Kabupaten Mempawah berdasarkan data pendukung lainnya memberikan potensi dalam pendirian pabrik sehingga dapat dijadikan basis desain data pabrik *Polyaluminum Chloride* yang di rencanakan akan beroperasi pada tahun 2022.

Gambar II. 1 Lokasi Kabupaten Menpawah, Kalimantan Barat

Berikut ini adalah kondisi wilayah tersebut, antara lain:

- Kelembaban udara = 82 %
- Suhu udara = 27.86 °C
- Curah hujan = 429 mm
- Kecepatan angin = 2.0 – 5.0 knots
- Potensi gempa = Tidak Ada
- Ketinggian daratan = 0 – 3 mdpl

Ada beberapa faktor yang berpengaruh pada pemilihan lokasi pabrik, diantaranya:

1. Ketersediaan Bahan Baku

   Ketersedian bahan baku alumunium hidroksida yang digunakan dalam pembuatan *Polyaluminum Chloride* diperoleh dari PT. Indonesia Chemical Alumina (ICA) yang terletak didaerah Kabupaten Sangau Kalimantan Barat. Diketahui bahwa PT. Indonesia Chemical Alumina (ICA) merupakan salah pabrik yang mengolah bauksit menjadi *Chemical Grade Alumina* (CGA), salah satunya adalah menghasilkan alumunium hidroksida sebagai bahan utama dari pembuatan *Polyaluminum Chloride*. Selain itu juga pada pabrik ini memerlukan bahan tambahan Al_2O_3, dimana itu juga dapat diperoleh dari PT. Indonesia Chemical Alumina (ICA).

2. Ketersedian Air Bersih

   Kebutuhan air bersih dikabupaten Mempawah bisa didapatkan dari laut, dikarenakan letaknya yang berada dekat dengan laut. Makan air bersih dapat dilakukan dengan cara melakukan *treatment* air laut. Selain itu juga, kebutuhan air bersih bisa didaptkan dari PDAM sebagai kebutuhan air sanitasi.

3. Ketersedian Lahan

   Kabupaten Mempawah mempunyai luas 2.797,880 km^2, sehingga sangat memungkinkan untuk dilakukannya pembangunan pabrik *Polyaluminum Chloride.* Mengingat bahwa

sebagian besaw dari wilayah Kalimantan masih berupa hutan.

4. Ketersediaan Kerja

   Provinsi Kalimantan Barat memiliki jumlah penduduk sebanyak 4,477 juta sehingga memudahkan unutk memperoleh tenaga kerja. Tenaga kerja yang dibutuhkan dapat diserap dari warga sekitar dengan keterampilan yang sudah terkualifikasi. Tenaga kerja yang diserap dilakukan dari berbagai tingkatan, baik SMA, Diploma, serta Sarjana.

5. Ketersedian Transportasi

   Kabupaten Menpawah sangat dekat dengan laut sehingga sangat mudah untuk melakukan pengiriman barang keseluruh Indonesia atau bahkan untuk melakukan ekspor ke luar negeri. Untuk pengiriman bahan baku dilakukan dengan menggunakan transportasi darat.

6. Pemasaran

Provinsi Kalimantan banyak memiliki industri baik dalam skala yang besar maupun dengan skala yang kecilsehingga memungkinkan sebagai pusat pemasaran dari produk *Polyaluminum Chloride*. Kawasan ini dekat dengan garis pantai sehingga memudahkan untuk melakukan pengiriman menggunakan transportasi laut dengan destinasi pulau jawa yang memiliki banyak industri atau bisa dilakukan pengiriman ke pulau lainnnya yang ada di Indonesia, atau bahkan memudahkan melakukan pemasaran ke luar negeri.

II.3. Kulitas Bahan Baku dan Produk

II.3.1 Kulitas Bahan Baku

Sifat dari bahan baku higroskopis, diaman memiliki kemapuan untuk menyerap air dari lingkungkan, sehingga jika dibiarkan di ruangkan terbuka maka bisa terjadi perubahan komposisi dari bahan baku sehingga akan berpengaruh pada proses pembuatan *Polyaluminum Chloride*, maka saat berada didalam tempat penyimpanan harus disimpan dengan menggunakan kantung yang tidak mudah menyerap air dari lingkungan atau kantung yang tidak memiliki pori-pori.

II.3.2 Kulitas Bahan Baku

Berdasarkan SNI 06-3822-1995, *Polyaluminum Chloride* biasanya digunakan sebagai koagulan pada pengolahan air, seperti dapat digunakan untuk pengolahan limbah industri labrik dan pengolahan air jernih. Syarat mutu atau kualitas *Polyaluminum Chloride* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel II. 6 Syarat mutu *Polyaluminum Chloride*

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan (Cair)
1.	Kerapatan curah	g/ml	-
2.	Bobot jenis	-	1,19 – 1,25
3.	Alumunium oksida (Al_2O_3)	%	10,0 – 11,0
4.	Basitas	%	45 – 65
5.	pH (1% larutan b/v)	-	3,5 – 5,0

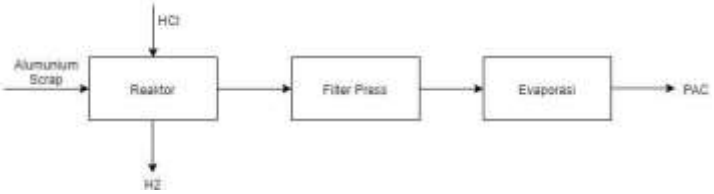
6.	Sulfat $(SO_4)^{2-}$	%	Maks. 3,5
7.	Besi (Fe)	%	Maks. 0,1
8.	Nitrogen sebagai NH_3	%	Maks. 0,1
9.	Klorida (Cl^-)	%	8,5 – 9,5
10.	Logam berat		
10.1	Arsen (As)	ppm	Maks. 2,0
10.2	Kadmium (Cd)	ppm	Maks. 0,3
10.3	Timbal (Pb)	ppm	Maks. 7,0
10.4	Raksa (Hg)	ppm	Maks. 0,2
10.5	Kronium (Cr)	ppm	Maks. 7,0
10.6	Mangan (Mn)	ppm	Maks. 10,0

BAB III
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

III.1. Bahan Baku

Dalam pembuatan *Polyaluminum Chloride* terdapat 3 proses utama, yaitu pembuatan monomer, pembuatan inisiator, dan proses polimerisasi sehingga terbentuk larutan *Polyaluminum Chloride* 40%. Dalam pembuatan larutan *Polyaluminum* 40% beberapa bahan baku yang dapat digunakan, diantaranya Alumunium Hidroksida dan juga Alumunium *scrap.*

III.1.1. Alumunium *Scrap*



Gambar III. 1 Proses Pembuatan *Polyaluminum Chloride* dari Alumunium Scrap

Dalam pembuatan Polyaluminum Chloride dengan menggunakan bahan baku Alumunium scrap terdapat beberapa tahapan, diantaranya:

1. Reducing Size dari Aluminium

Aluminium scrap yang didapatkan dari tempat pengepulan kemudian diletakkan dalam gudang penyimpanan. Kemudian aluminium dibawa dengan *bucket conveyor* menuju shredder. Aluminium dihancurkan dengan shredder. Shredder adalah mesin yang digunakan untuk mengurangi ukuran dari semua jenis bahan. Shredder industri hadir dalam berbagai variasi desain dan

banyak ukuran. Aluminium dihancurkan dan dikecilkan ukurannya hingga 50 mesh. Aluminium dikecilkan ukurannya agar mempermudah reaksi dengan asam klorida karena ukuran yang kecil membuat luas permukaan dari aluminium menjadi lebih besar sehingga seluruh permukaan aluminium dapat bereaksi.

2. Reaksi dengan Asam Klorida (HCl)

Pada reaksi ini aluminium scrap yang telah dihancurkan kemudian dilewatkan menuju reaktor. Sebelum menuju reaktor, aluminium terlebih dahulu ditimbang dalam tangki weigh feeder. Tangki weigh feeder berguna untuk memastikan jumlah feed yang masuk dalam sekali jalan melalui penimbangan. Setelah diketahui jumlah feed yang masuk, kemudian aluminium menuju reaktor. Di dalam reaktor sudah terdapat asam klorida (HCl) 1M yang telah dipanaskan hingga 45°C. Asam klorida sebelumnya telah ditampung pada tangki penampung dan dialirkan ke dalam reaktor dengan prinsip gravitasi. Kemudian aluminium dilewatkan secara perlahan hingga bereaksi dengan HCl. Reaksi yang terjadi adalah:

$$Al + HCl + 2H_2O \rightarrow AlCl(OH)_2 + 1{,}5H_2 \quad \text{(III.1)}$$

Reaksi berlangsung secara eksotermis dan menghasilkan panas. Namun, produk yang dihasilkan harus bersuhu tidak lebih dari 80°C. Untuk menjaga agar suhu tetap pada 80°C maka pada reaktor dipasang jaket berpendingin berupa air. Reaksi berlangsung selama 300 menit, maka dari itu reaktor bersifat batch. Reaksi ini memiliki konversi 70%. Aluminium akan bereaksi mengikuti shrinking core model. Aluminium akan diselimuti HCl dan akan membentuk PAC Reaksi ini menghasilkan gas hidrogen yang berbahaya karena mudah bereaksi dengan udara yang mengandung oksigen sehingga menghasilkan ledakan. Untuk itu maka diperlukan penanganan gas hidrogen (H_2) yang terbentuk.

3. Kontrol *by Product* Berupa Gas Hidrogen (H_2)

Reaksi di atas akan menghasilkan produk samping berupa gas hidrogen (H_2). Gas hidrogen merupakan gas yang sangat reaktif dikarenakan elektron valensi tunggalnya. Gas hidrogen yang dihasilkan kemudian dilewatkan menuju flare bersuhu 2210°C untuk dibakar. Dalam pembakaran tersebut terdapat reaksi:

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad \text{(III.2)}$$

Selain gas hidrogen, asam klorida yang tidak habis bereaksi juga akan melalui flare dan dilepas.

4. Filtrasi PAC

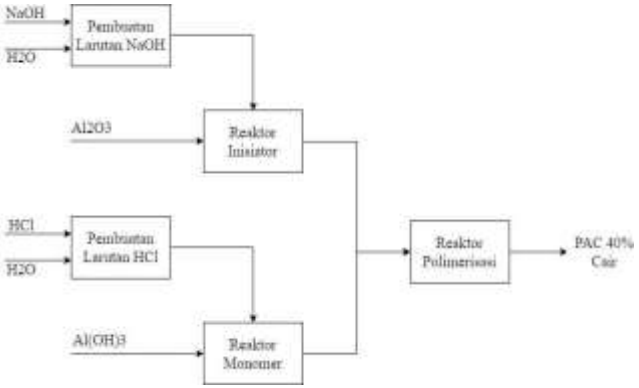
Produk yang terbentuk dan reaktan sisa selain yang berfase gas akan menuju filter press. Filter press merupakan alat separasi atau pemisahan *solid-liquid* dengan menggunakan tekanan. Larutan akan dilewatkan pada sebuah lamela dengan filter plate membran yang disusun. Kemudian endapan akan dilewatkan pada plate yang telah ditekan dengan pompa hidrolik. Larutan polialuminium klorida akan mengalami overflow dan mengalir menuju ke evaporator, sementara *cake* berupa sisa aluminium dan pengotor mangan akan mengendap memenuhi sisi frame. Setelah seluruh plate terpenuhi endapan, maka endapan akan dialirkan menuju separator. Di separator, aluminium yang tidak bereaksi akan di kembalikan menuju reaktor, sedangkan pengotor berupa mangan dan sebagian kecil air yang terikut kan di purge.

5. Evaporasi

Setelah larutan PAC terpisah dengan aluminium dan pengotor mangan, larutan dialirkan menuju evaporator. Evaporasi bertujuan untuk mengurangi kadar air hingga memenuhi spek PAC layak jual, yaitu minimal 30% PAC.

Evaporator yang digunakan berjenis shell and tube evaporator, dimana larutan yang diuapkan akan melalui shell sementara steam pemanas akan mengalir di tube. Steam yang dipakai bersuhu 122°C.

III.1.2. Alumunium Hidroksida



Gambar III. 2 Proses Pembuatan *Polyaluminum Chloride* dari Alumunium Hidroksida

Dalam proses produksi *Polyaluminum Chloride* dengan menggunakan bahan baku Alumunium Hidroksida. Proses pembuatan *Polyaluminum Chloride* dari bahan baku menjadi PAC 40% cair, dilakukan proses sebagai berikut:

1. Pembuatan Monomer

Pembuatan monomer merupakan proses pencampuran antara larutan Asam Klorida (HCl) dengan Alumunium Hidroksida ($Al(OH)_3$). Larutan HCl yang dibutuhkan dalam pembuatan monomer sebesar 35%, Dari pencampuran larutan HCl 35% dan $Al(OH)_3$ maka akan terbentuk *Basic* Alumunium Klorida (BAC). Proses pembuatan BAC ini dilakukan pada reaktor pembuatan monomer yang dibantu dengan proses pengadukan

secara perlahan didalam reaktor selama 2 jam dengan suhu 120 °C dan tekanan 3 bar dengan konversi sebesar 70%. Didalam reaktor pembuatan monomer (R-110) terjadi reaksi antara larutan HCl 35% dan $Al(OH)_3$. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$2\ Al(OH)_3 + 2\ HCl \longrightarrow Al_2(OH)_4Cl_2\ (BAC) + 2\ H_2O \quad (III.3)$$

Dikarenakan bahan baku $Al(OH)_3$ tidak murni 100% atau masih terdapat impuritis, maka akan terjadi reaksi samping antara impuritis dengan larutan HCl 35%. Imputitis yang terdapat didalam $Al(OH)_3$ adalah Na_2O sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Na_2O + 2\ HCl \longrightarrow 2\ NaCl + 2\ H_2O \quad (III.4)$$

Pada suhu 120 °C dan tekanan 3 bar didalam reaktor, HCl tidak semuanya memiliki fase cair, ada beberapa yang menjadi uap, HCl keluar melalui bagian atas dari reaktor pembuatan monomer (R-110) denagn suhu 120 °C setelah itu didinginkan hingga 30 °C dengan menggunakan kondensor sehingga fasenya menjadi cair kembali, lalu memasuki tangki penampung HCl, setelah itu memasuki mixer untuk pembuatan larutan HCl 35%.

2. Pembuatan Inisiator

Pembuatan inisiator (Natrium Alumina ($NaAlO_2$)) merupakan proses pencampuran antara Alumina (Al_2O_3) dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH). Larutan NaOH yang dibutuhkan untuk pembuatan $NaAlO_2$ sebesar 20%. Dari pencampuran Larutan NaOH 20% dan Al_2O_3 maka akan terbentuk Natrium Alumina ($NaAlO_2$) dengan kadar 2%. Proses pembuatan $NaAlO_2$ ini dilakukan pada reaktor pembuatan inisiator yang dibantu dengan proses pengadukan secara perlahan didalam reaktor selama 1 jam dengan suhu 100 °C dan tekanan 2 bar dengan konversi sebesar 99%. Didalam reaktor pembuatan inisiator (R-210) terjadi reaksi antara larutan NaOH 20% dan Al_2O_3. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Al_2O_3 + 2\ NaOH \longrightarrow 2\ NaAlO_2 + H_2O \quad (III.5)$$

Dikarenakan bahan baku Al_2O_3 tidak murni 100% atau masih terdapat impuritis, maka akan terjadi reaksi samping antara

impuritis dengan larutan NaOH 20%. Imputitis yang terdapat didalam Al_2O_3 adalah Na_2O sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2\ NaOH \qquad \text{(III.6)}$$

3. Polimerisasi

Polimerisasi merupakan proses penggabungan molekul monomer dengan bantuan inisiator. Tahapan dalam proses polimerisasi yaitu, inisiasi, propagasi, dan terminasi.

III.2. Pemilihan Proses

Dari kedua bahan baku yang telah dipaparkan diatas, dilakukan analisa perbandingan antara bahan baku Alumunium Hidroksida dengan Alumunium *Scrap*.

Tabel III. 1 Perbandingan Alumunium Hidroksida dan Alumunium Scrap

Aspek	**Alumunium Hidroksida**	**Alumunium *Scrap***
Kondisi Operasi Suhu reaksi Tekanan reaksi		
	40°C	70°C
	1 bar	1 bar
Bahan Baku	$Al(OH)_3$, HCl	Al, HCl, NaOH
By Product	-	H_2, NaCl
Kebutuhan Energi	Sedang	Tinggi
Yield	90%	80%

Uraian aspek dan pertimbangan yang tertera diatas memberikan kesimpulan bahwa bahan baku Alumunium Hidroksida lebih baik secara *safety*, proses keseluruhan dan finansial sehingga dipilih sebagai bahan baku dalam pembuatan *Polyaluminum Chloride.*

III.3. Uraian Proses

Dalam proses produksi *Polyaluminum Chloride* dengan menggunakan bahan baku Alumunium Hidroksida. Proses pembuatan *Polyaluminum Chloride* dari bahan baku menjadi PAC 40% cair, dilakukan proses sebagai berikut:

1. Pembuatan Monomer
2. Pembuatan Inisiator
3. Polimerisasi

III.3.1. Pembuatan Monomer (R-110)

Pembuatan monomer merupakan proses pencampuran antara larutan Asam Klorida (HCl) dengan Alumunium Hidroksida ($Al(OH)_3$). Larutan HCl yang dibutuhkan dalam pembuatan monomer sebesar 35%, sedangkan $Al(OH)_3$ dalam pembuatan BAC memiliki komposisi sebagai berikut:

Tabel III. 2 Komposisi $Al(OH)_3$

Komponen	**Xm**
Moisture	0.0009
$Al(OH)_3$	0.990
Na_2O	0.0091
Total	**1.0000**

Sumber: PT. ICA, 2019

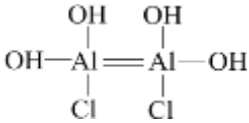
Dari pencampuran larutan HCl 35% dan $Al(OH)_3$ maka akan terbentuk *Basic* Alumunium Klorida (BAC). Proses pembuatan BAC ini dilakukan pada reaktor pembuatan monomer (R-110) yang dibantu dengan proses pengadukan secara perlahan didalam reaktor selama 2 jam dengan suhu 120 °C dan tekanan 3 bar dengan konversi sebesar 70%. Didalam reaktor pembuatan monomer (R-110) terjadi reaksi antara larutan HCl 35% dan $Al(OH)_3$. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$2\ Al(OH)_3 + 2\ HCl \longrightarrow Al_2(OH)_4Cl_2\ (BAC) + 2\ H_2O \qquad \text{(III.7)}$$

Dikarenakan bahan baku $Al(OH)_3$ tidak murni 100% atau masih terdapat impuritis, maka akan terjadi reaksi samping antara impuritis dengan larutan HCl 35%. Imputitis yang terdapat didalam $Al(OH)_3$ adalah Na_2O sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Na_2O + 2\ HCl \longrightarrow 2\ NaCl + 2\ H_2O \qquad \text{(III.8)}$$

Pada suhu 120 °C dan tekanan 3 bar didalam reaktor, HCl tidak semuanya memiliki fase cair, ada beberapa yang menjadi uap, HCl keluar melalui bagian atas dari reaktor pembuatan monomer (R-110) denagn suhu 120 °C setelah itu didinginkan hingga 30 °C dengan menggunakan kondensor E-122 sehingga fasenya menjadi cair kembali, lalu memasuki tangki penampung HCl (F-123), setelah itu memasuki mixer (M-120) untuk pembuatan larutan HCl 35%. Berikut adalah struktur dari BAC:



Gambar III. 3 Struktur BAC

Berikut rangkaian proses sebelum pembuatan *Basic* Alumunium Klorida (BAC) pada reaktor (R-110):

A. Pembuatan Larutan Asam Klorida (HCl)

Proses pembuatan HCl 35% terjadi pada mixer (M-120). HCl yang didapat awal mulanya sebesar 37%, maka dari itu untuk mendapatkan larutan HCl 35% perlu dilakukan pengenceran dengan penambahan air (H_2O), proses pengenceran pada mixer (M-120) dilakukan dengan pengadukan secara perlahan . Dikarenakan adanya penambahan larutan HCl dari reaktor pembuatan monomer (R-110) maka, akan dilakukan penyesuaian dari volume HCl dengan konsentrasi 37% dan juga air yang dibutuhkan. Kondisi operasi dari mixer (M-120) bekerja pada suhu 30 °C dan tekanan 1 bar.

B. Pencampuran Larutan HCl dengan $Al(OH)_3$

Sebelum memasuki reaktor pembuatan monomer (R-110), maka dilakukan penampung dan pengadukan pada mixer (M-114). Mixer (M-114) memiliki kegunaan sebagai tangki pencampuran sebelum memasuki reaktor (R-110), sebagai tangki pengondisian untuk nantinya menaikan tekanan fluida yang akan memasuki reaktor (R110) dari 1 bar menjadi 3 bar dengan menggunakan bantuan pompa (L-115). Kondisi operasi dari mixer (M-114) bekerja pada suhu 30 °C dan tekanan 1 bar.

III.3.2. Pembuatan Inisiator (Natrium Alumina ($NaAlO_2$)) (R-210)

Pembuatan inisiator (Natrium Alumina ($NaAlO_2$)) merupakan proses pencampuran antara Alumina (Al_2O_3) dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH). Larutan NaOH yang dibutuhkan untuk pembuatan $NaAlO_2$ sebesar 20%, sedangkan Alumina untuk pembuatan $NaAlO_2$ memiliki komposisi sebagai berikut:

Tabel III. 3 Komposisi $NaAlO_2$

Komponen	**Xm**
Al2O3	0.994
Na2O	0.006
Total	**1.000**

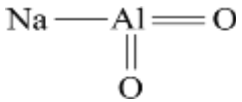
Dari pencampuran Larutan NaOH 20% dan Al_2O_3 maka akan terbentuk Natrium Alumina ($NaAlO_2$) dengan kadar 2%. Proses pembuatan $NaAlO_2$ ini dilakukan pada reaktor pembuatan inisiator (R-210) yang dibantu dengan proses pengadukan secara perlahan didalam reaktor selama 1 jam dengan suhu 100 °C dan tekanan 2 bar dengan konversi sebesar 99%. Didalam reaktor pembuatan inisiator (R-210) terjadi reaksi antara larutan NaOH 20% dan Al_2O_3. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Al_2O_3 + 2\ NaOH \longrightarrow 2\ NaAlO_2 + H_2O \qquad \text{(III.9)}$$

Dikarenakan bahan baku Al_2O_3 tidak murni 100% atau masih terdapat impuritis, maka akan terjadi reaksi samping antara impuritis dengan larutan NaOH 20%. Imputitis yang terdapat didalam Al_2O_3 adalah Na_2O sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2\ NaOH \qquad \text{(III.10)}$$

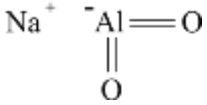
Berikut adalah stuktur dari $NaAlO_2$:



Gambar III. 4 Struktur $NaAlO_2$

Karena $NaAlO_2$ bertindak sebagai inisiator dalam pembuatan *Polyaluminum Chloride*, maka harus diaktifkan dengan cara dilakukan pemanasan pada reaktor hingga 100 °C. berikut

adalah struktur $NaAlO_2$ yang mengalami dekomposisi atau berubah menjadi radikal bebas.



Gambar III. 5 Inisiator Radikal Bebas

A. Pembuatan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)

Proses pembuatan NaOH 20% terjadi pada mixer (M-220). NaOH yang didapat awal mulanya berbentuk padatan dengan kadar 99,9%, maka dari itu untuk mendapatkan larutan NaOH 20% perlu dilakukan pengenceran dengan penambahan air (H_2O), proses pengenceran pada mixer (M-220) dilakukan dengan pengadukan secara perlahan. Kondisi operasi dari mixer (M-220) bekerja pada suhu 30 °C dan tekanan 1 bar.

B. Pencampuran Larutan NaOH dengan Al_2O_3

Sebelum memasuki reaktor pembuatan inisiator (R-210), maka dilakukan penampung dan pengadukan pada mixer (M-214). Mixer (M-214) memiliki kegunaan sebagai tangki pencampuran sebelum memasuki reaktor (R-210), sebagai tangki pengondisian untuk nantinya menaikan tekanan fluida yang akan memasuki reaktor (R210) dari 1 bar menjadi 2 bar dengan menggunakan bantuan pompa. Kondisi operasi dari mixer (M-114) bekerja pada suhu 30 °C dan tekanan 1 bar.

III.3.3. Polimerisasi (R-310)

Polimerisasi merupakan proses penggabungan molekul monomer dengan bantuan inisiator, dimana molekul monomer adalah BAC sedangkan yang bertindak sebagai inisiator itu adalah $NaAlO_2$. Berikut adalah reaksi antara BAC dengan inisiator:

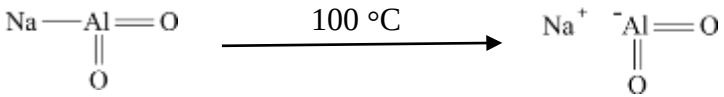
$$6\ Al_2(OH)_4Cl_2\ (BAC) \xrightarrow{NaAlO_2} [Al2(OH)4Cl2]\ 6/\ PAC \quad (III.11)$$

Reaktor polimerisasi (R-310) bekerja pada suhu 40 °C dan tekanan 1 bar selama 45 menit dengan pengadukan secara perlahan.

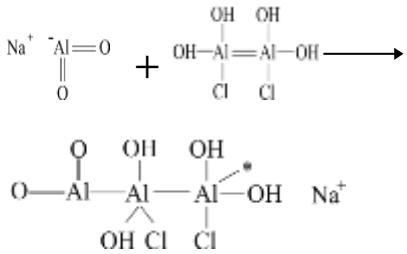
Pada pembuatan *Polyaluminum Chloride* menggunakan polimerisasi ionik. Pada pembuatan polimer tedapat 3 tahap, yaitu:

1. Inisiasi

Pada tahap inisiasi, radikal bebas didapatkan dari proses pembuatan inisiator dengan cara melakukan pemanasan pada reaktor hingga suhu tertentu. Radikal bebas nantinya akan bereaksi dengan monomer yang mempunyai gugus vinil (ikatan rangkap). Inisiasi terjadi dalam 2 tahapan, yaitu tahap dekomposisi inisiator agar membentuk radikal bebas dan tahapan penyerangan gugus vinil untuk bergabung dengan monomer. Berikut tahapan inisiasi pada proses pembuatan *Polyaluminum Chloride*:

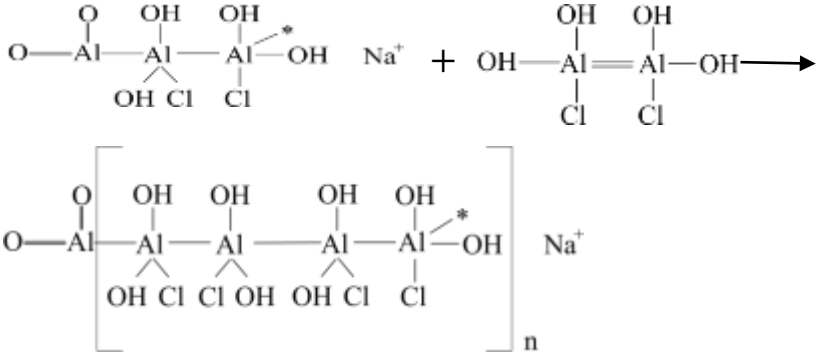


- Tahapan Pembentukan Inisiator
- Tahapan Penggabungan antara Inisiator dengan BAC



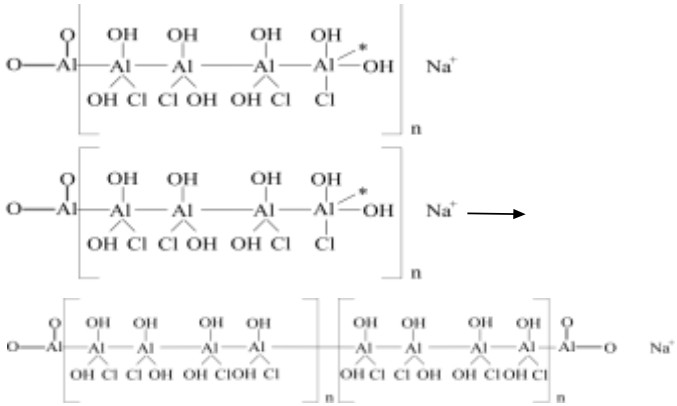
2. Propagasi

Pada tahapan propagasi, terjadi pertumbuhan rantai panjang dari monomermonomer atau yang disebut terbentuknya polimer. Dalam tahapan propagasi ini monomer yang sudah bergabung dnegan radikal bebas pada tahapan inisiasi bergabung dengan monomer lainnya sehingga membuat radikal yang baru. Berikut tahapan propagasi pada proses pembuatan *Polyaluminum Chloride*.



3. Terminasi

Pada tahapan terminasi, terjadi pemberhentian proses polimerisasi. Ada beberapa cara dalam proses terminasi ini, diantaranya penggandengan radikal atau kombinasi, dan disproporsionasi yang melibatkan transfer suatu atom, biasanya hidrogen, dari satu ujung rantai ke ujung lainnya. Kombinasi menghasilkan fragmen-fragmen inisiator pada kedua ujung rantai polimer, sedangkan disproporsionasi menghasilkan fragmen inisiator pada salah satu ujung. Berikut adalah tahapan terminasi.



BAB IV
NERACA MASSA DAN ENERGI

IV.1 Neraca Massa

Perhitungan neraca massa adalah prinsip dasar dalam perancangan sebuah pabrik. Dari neraca massa dapat ditentukan besaran-besaran yang menyangkut produksi dari sebuah pabrik seperti kapasitas produksi, kebutuhan bahahan baku serta bahan pendukung lainnya.

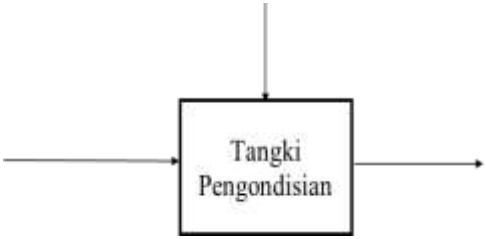
Perhitungan neraca massa menggunakan perhitungan Microsoft Excel. Prinsip yang digunakan dalam perhitungan adalah perhitungan neracca massa overall dan neraca massa komponen. Dalam perhitungan ini berlaku hukum kekekalan massa dengan asumsi proses steady state. Maka persamaan yang digunakan:

Akumulasi = Massa Masuk - Massa Keluar + Generasi - Konsumsi

Berikut merupakan kondisi operasi pabrik ini:

- Kapasitas PAC diproduksi = 4880,67 kg/jam
- Basis = 1 jam operasi
- Dengan waktu operasi:
  1 tahun = 330 hari
  1 hari = 24 jam
- Kondisi *reference*
  Tekanan : 1 atm
  Suhu : 298 K
  R : 8,314 kJ/kmol.K

IV.1.1 Tangki Pengondisian (M-114)

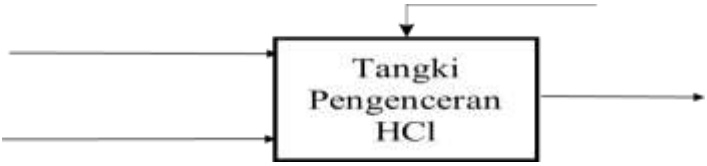


Gambar IV. 1 Blok Diagram Neraca Tangki Pengondisian

Tabel IV. 1 Neraca Massa Tangki Pengondisian

Komponen	Masuk		Keluar
	<19>	<17>	<6>
	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)
Al(OH)3	0	1823.22	1823.2
Na2O	0	16.76	16.8
H2O	1582.8	1.657	1584.5
HCl	853.2	0	853.2
Total	4277.6		4277.6

IV.1.2 Tangki Pengenceran HCl (M-120)

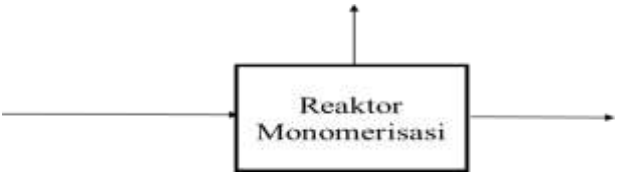


Gambar IV. 2 Blok Diagram Neraca Massa Tangki Pengenceran HCl

Tabel IV. 2 Neraca Massa Tangki Pengenceran HCl

Komponen	Masuk			Keluar
	<17>	<18>	<20>	<19>
	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)
HCl	618.0	0.00	853.2	853.2
H2O	1052.299	298.33	1582.8	1582.8
Total	2436.0			2436.0

IV.1.3 Reaktor Monomer (R-110)

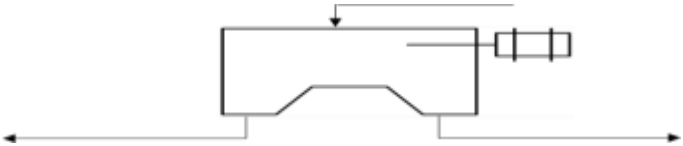


Gambar IV. 3 Blok Diagram Neraca Massa Reaktor Monomer

Tabel IV. 3 Neraca Massa Reaktor Monomer

Komponen	Masuk	Keluar	
	<6>	<7>	<20>
	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)
Al(OH)3	1823.2	546.97	0.0
BAC	0.0	1578.96	0.0
NaCl	0.0	31.63	0.0
HCl	853.2	1.06	235.2
H2O	1584.5	1653.33	232.2
Na2O	16.76	0.00	0.0
Total	4277.62	4277.62	

IV.1.4 Centrifuge (H-130)



Gambar IV. 4 Blok Diagram Neraca Massa Centrifuge

Tabel IV. 4 Neraca Massa Centrifuge

Komponen	Masuk	Keluar	
	<7>	<8>	<14>
	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)
Al(OH)3	547.0	54.70	492.3
BAC	1579.0	1238.87	340.1

NaCl	31.6	24.81	6.8
HCl	1.1	0.83	0.2
H2O	1653.3	1297.22	356.1
Total	3811.94	3811.94	

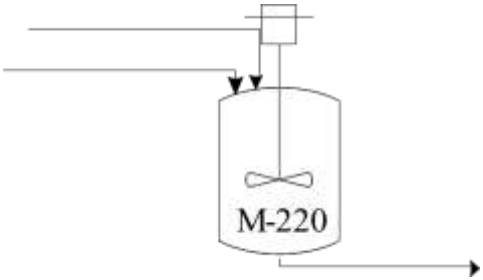
IV.1.5 Reaktor Inisiator (R-210)

Gambar IV. 5 Blok Diagram Neraca Massa Inisiator

Tabel IV. 5 Neraca Massa Inisiator

Komponen	Masuk	Keluar
	<29>	<30>
	Massa (kg)	Massa (kg)
Na2O	0.1	0.00
NaOH	12.1	0.12
H2O	48.3	51.09
Al2O3	15.4	0.00
NaAlO2	0.00	24.78
Total	75.94	75.94

IV.1.6 Tangki Pencampuran NaOH (M-220)

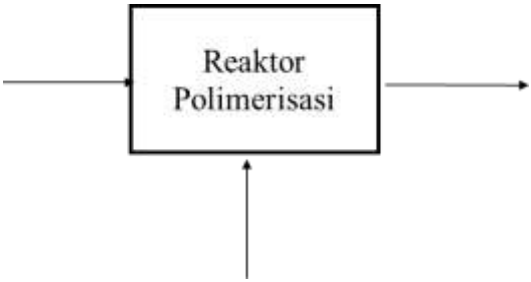


Gambar IV. 6 Blok Diagram Neraca Massa Tangki Pencampuran NaOH

Tabel IV. 6 Neraca Massa Tangki Pencampuran NaOH

Komponen	Masuk		Keluar
	<26>	<27>	<28>
	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)
NaOH	12.1	0.00	12.1
H2O	0.122	48.22	48.3
Total	60.4		60.4

IV.1.7 Reaktor Polimerisasi (R-310)



Gambar IV. 7 Blok Diagram Neraca Massa Reaktor Polimerisai

Tabel IV. 7 Neraca Massa Reaktor Polimerisasi

Komponen	Masuk		Keluar
	<31>	<9>	<10>
	Massa (kg)	Massa (kg)	Massa (kg)
NaAlO2	24.8	0.00	24.8
Al2O3	0.0	0.00	0.0
H2O	51.1	1297.22	1348.3
HCl	0.0	0.83	0.8
BAC	0.0	1238.87	0.0
PAC	0.00	0.00	1238.9
NaCl	0.00	24.81	24.8
Al(OH)3	0.00	54.70	0.0
Total	0.00	0.00	0.0
Total	75.99	2616.43	2692.4

BAB V
SPESIFIKASI ALAT

V.1 Daftar dan Harga Peralatan

1. Gudang Penyimpanan $Al(OH)_3$ (F-111)

Tabel V. 1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan $Al(OH)_3$

Kesimpulan Spesifikasi Alat					
Tipe = Bangunan balok					
Jumlah Gudang	=	1	buah		
Kapasitas	=	137,131 1915	m3		
Ukuran	=	panjang	=	7,151	m
		Lebar	=	3,576	m
		Tinggi	=	5,363	m
Bahan konstruksi	=		Batu bata dan semen		

Harga per Alat (Tahun 2020) : -

2. Tangki Pengondisian R-110 (M-114)

Tabel V. 2 Spesifikasi Tangki Pengondisian R-110

Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama alat : Tangki Pengondisian

Kode Alat : M-114
Fungsi Alat : Melarutkan $Al(OH)_3$ dalam HCl
Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head & tutup bawah conical
Kapasitas : 38 m^3
Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C
Jumlah tangki : 1 unit
Spek. Tangki : - Diameter (OD) = 3,10 m
- Diameter (ID) = 3,08 m -
Tinggi : Shell = 4,63 m tutup atas = 0,52 m tutup bawah = 4,82 m
- Tebal : Shell = 3/16 in
tutup atas = 1/2 in tutup bawah = 3/16 in

Harga per Alat (Tahun 2020) : $59.896

3. Pompa Loading R-110 (L-115)

Tabel V. 3 Spesifikasi Pompa Loading R-110

Kesimpulan Spesifikasi Alat
Nama Alat : Pompa Loading R-110

Kode Alat : L-115

Fungsi Alat	:	Memompa reaktan menuju R-110			
Tipe	:	Centrifugal pump			
Bahan	:	Commercial Steel			
Kapasitas	:	277,6 kg/jam			
Pipa	:	Pipa 1,5 in sch 80			
Power	:	1,45 hp	=	10,894	kWh
Head	:	20,88 m			
Jumlah	:	1 unit			

Harga per Alat (Tahun 2020) : $4.827

4. HCl Mixing Tank (M-120)

Tabel V. 4 Spesifikasi HCl Mixing Tank

Kesimpulan Spesifikasi Alat
Nama alat : HCl Mixing Tank
Kode Alat : M-120
Fungsi Alat :
Membuat larutan HCl berkonsentrasi 35% w/w
Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head & tutup bawah conic
Kapasitas : 29,98 m^3
Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C
Jumlah tangki : 1 unit
Spek. Tangki : -
Diameter (OD) = 2,85 m
- Diameter (ID) = 2,84 m
- Tinggi : Shell = 4,26 m
tutup atas = 0,48 m tutup bawah = 4,42 m
- Tebal : Shell = 3/16 in
tutup atas = 1/2 in tutup bawah = 3/16 in

Harga per Alat (Tahun 2020) : $59.896

5. HCl Storage Vessel (F-121)

Tabel V. 5 Spesifikasi HCl Storage Vessel

Kesimpulan Spesifikasi Alat

Nama alat : HCl Storage Vessel

Kode Alat : F-121
Fungsi Alat :
Menyimpan larutan HCl berkonsentrasi 37% sebelum ke M-120
Tipe :

Silinder tegak dengan tutup atas dished head & tutup bawah conical

Kapasitas : 238,6 m^3

Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C

Jumlah tangki : 1 unit

Spek. Tangki :

- Diameter (OD) = 5,69 m
- Diameter (ID) = 5,68 m
- Tinggi Shell : = 8,51 m

tutup atas	=	0,96	m
tutup bawah	=	8,87	m
- Tebal : Shell	=	5/16	in
tutup atas	=	7/16	in
tutup bawah	=	3/16	in

Harga per Alat (Tahun 2020) : $690

6. HCl Accumulator Storage Vessel (F-123)

Tabel V. 6 Spesifikasi HCl Accumulator Storage Vessel

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama alat : HCl Accumulator Storage Kode Alat : F-123 Fungsi Alat : Menyimpan larutan HCl yang telah dikondensasi Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head & tutup bawah conical Kapasitas : 7,002 m^3 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C Jumlah tangki : 1 unit Spek. Tangki : Diameter (OD) = 1,76 m Diameter (ID) =1,75 m Tinggi : Shell = 2,63 m tutup atas = 0,30 m tutup bawah = 2,74 m Tebal : Shell = 3/16 in tutup atas = 3/16 in tutup bawah = 3/16 in

Harga per Alat (Tahun 2020) : $690

7. Gudang Penyimpanan Al_2O_3 (F-211)

Tabel V. 7 Spesifikasi Gudang Penyimpanan

Kesimpulan Spesifikasi Alat				
Tipe	=	Bangunan balok		
Jumlah Gudang	=	1	buah	
Kapasitas	=	3,520187428	m3	
Ukuran	=	panjang	=	2,109
		Lebar	=	1,055
		Tinggi	=	1,582
Bahan konstruksi	=	Batu bata dan semen		

Harga per Alat (Tahun 2020) : $11.189

8. Tangki Pengondisian R-210 (M-214)

Tabel V. 8 Spesifikasi Tangki Pengondisian R-210

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama alat : Tangki Pengondisian R-210 Kode Alat : M-124 Fungsi Alat : Melarutkan Al_2O_3 dalam larutan NaOH sebelum menuju R-210 Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head & tutup bawah conical Kapasitas : 9,332 m^3 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C Jumlah tangki : 1 unit Spek. Tangki : Diameter (OD) = 1,94 m Diameter (ID) = 1,93 m Tinggi : Shell = 2,63 m tutup atas = 0,33 m tutup bawah = 3,01 m Tebal : Shell = 3/16 in tutup atas =3/16 in tutup bawah = 3/16 in

Harga per Alat (Tahun 2020) : $59.896

9. NaOH Mixing Tank (M-220)

Tabel V. 9 Spesifikasi NaOH Mixing Tank

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama alat : NaOH Mixing Tank Kode Alat : M-220 Fungsi Alat : Membuat larutan NaOH berkonsentrasi 20% dari NaOH Padat Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head & tutup bawah conical Kapasitas : 7,967 m^3 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C Jumlah tangki : 1 unit Spek. Tangki Diameter (OD) = 1,84 m Diameter (ID) = 1,83 m Tinggi : Shell = 2,74 m

	tutup atas	=	0,31 m	
	tutup bawah	=	2,86 m	
Tebal :	Shell	=	3/16	in

tutup atas	=	3/16	in
tutup bawah	=	3/16	in

Harga per Alat (Tahun 2020) : $59.896

10. PAC Storage Vessel (F-320)

Tabel V. 10 Spesifikasi PAC Storage Vessel

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama alat : PAC Storage Vessel Kode Alat : F-320 Fungsi Alat : Menyimpan PAC Cair sebelum disalurkan ke konsumen Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head & tutup bawah conical Kapasitas : 201,93 m^3 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C Jumlah tangki : 1 unit Spek. Tangki : Diameter (OD) = 5,38 m Diameter (ID) = 5,37 m Tinggi : Shell = 8,05 m tutup atas = 0,91 m tutup bawah = 8,39 m Tebal : Shell = 5/16 in tutup atas = 1/2 in

tutup bawah = 3/16 in

Harga per Alat (Tahun 2020) : $59.896

11. Pompa Produk PAC (L-322)

Tabel V. 11 Spesifikasi Pompa Produk PAC

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama Alat: Pompa Loading R-110 Kode Alat : L-155 Fungsi Alat : Memompa produk PAC menuju storage tank Tipe : Centrifugal pump Bahan : Commercial Steel Kapasitas : 2692,4 kg/jam Pipa : Pipa 1,25 in sch 80 Power : 0,97 hp = 10,894 kWh

Head : 18,16 m Jumlah : 1 unit

Harga per Alat (Tahun 2020) : $4.827

12. Cooler (E-215)

Tabel V. 12 Spesifikasi Cooler

Kesimpulan Spesifikasi Alat		
Fungsi	=	Mendinginkan PAC liquid
Type	=	Double Pipe Heat Exchanger
Bahan	=	Carbon Steel SA-283 Grade C
exchanger, IPS	=	1 x 3/8
Panjang	=	20 ft
jumlah hairpin	=	2

UD	=	80 Btu/(hr)(ft^2)(°F)		
UC	=	96,1 Btu/(hr)(ft^2)(°F)		
inner pipe	=	Heat transfer surface area	= 0,00251	ft^2
	=	Pressure drop	= 0,03731	psi
annulus	=	Heat transfer surface area	= 0,00098	ft^2
		pressure drop	= 0,08474	psi
Jumlah	=	1 unit		

Harga per Alat (Tahun 2020) : $21.279

13. Cooler (E-122)

Tabel V. 13 Spesifikasi Cooler

Kesimpulan Spesifikasi Alat		
Fungsi	=	Mendinginkan PAC liquid
Type	=	Double Pipe Heat Exchanger

Bahan	=	Carbon Steel SA-283 Grade C				
exchanger, IPS	=	2 x 1 1/4				
Panjang	=	20 ft				
jumlah hairpin	=	2				
UD	=	35	Btu/(hr)(ft^2)(°F)			
UC	=	36,811	Btu/(hr)(ft^2)(°F)			
inner pipe	=	Heat transfer surface area		=	0,00548	ft^2
	=	Pressure drop		=	0,15168	psi
annulus	=	Heat transfer surface area		=	0,00891	ft^2
		pressure drop		=	3,98484	psi
Jumlah	=	1 unit				

Harga per Alat (Tahun 2020) : $21.279

14. Reaktor Pembuatan Monomer (R-110)

Tabel V. 14 Spesifikasi Reaktor Pembuata Monomer

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama ala : Reaktor Kode Alat : R-110 Fungsi Alat : Membuat monomer PAC dari Al(OH)3 dan HCl Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah conical Kapasitas : 115,68 ft^3 = 3,3 m^3 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C Jumlah tangki : 1 unit Spek. Tangki : Diameter (OD) = 4,27 ft = 1,30 m Diameter (ID) = 4,24 ft = 1,29 m Tinggi : shell = 6,4 ft = 1,94 m tutup atas = 6,6 ft = 2,02 m tutup bawah = 6,6 ft = 2,02 m Tebal : shell = 3/16 in tutup atas = 3/16 in tutup bawah = 1/4 in Spek. Nozzle Aliran Utama : Diameter (OD) = 1,7 in Jenis pipa = Pipa 1,25 in sch 40 Spek. Pengaduk : Jenis = Three blade propeller Jumlah = 3 unit Diameter = 1,06 ft = 0,32 m Lebar blade (W) = 0,21 ft = 0,06 m Panjang blade (L) = 0,26 ft = 0,08 m Lebar Baffle (J) = 0,35 ft = 0,11 m Power = 4,94 hp = 88,95

Harga per Alat (Tahun 2020) : $77.135

15. Reaktor Pembuatan Inisiator (R-210)

Tabel V. 15 Spesifikasi Reaktor Pembuatan Inisiator

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama alat : Reaktor Inisiator Kode Alat : R-210 Fungsi Alat : Membuat Inisiator PAC dari NaOH dan Al2O3 Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah conical Kapasitas : 2,45 ft^3 = 0,1 m^3 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C Jumlah tangki : 1 unit Spek. Tangki : Diameter (OD) = 1,20 ft = 0,37 m Diameter (ID) = 1,17 ft = 0,36 m

Tinggi : shell = 1,8 ft = 0,54 m
tutup atas = 1,8 ft = 0,56 m
tutup bawah = 1,8 ft = 0,56 m
Tebal :
shell = 3/16 in
tutup atas = 3/16 in
tutup bawah = 1/8 in
Spek. Nozzle Aliran Utama :
Diameter (OD) = 0,4 in
Jenis pipa = Pipa 0,125 in sch 80
Spek. Pengaduk :
Jenis = Three blade propeller
jumlah = 2 unit
Diameter = 0,29 ft = 0,09 m
Lebar blade (W) = 0,06 ft = 0,02 m
Panjang blade (L) = 0,07 ft = 0,02 m
Lebar Baffle (J) = 0,10 ft = 0,03 m
Power = 0,01 hp =88,95

Harga per Alat (Tahun 2020) : $77.135

16. Reaktor Polimerisasi (R-310)

Tabel V. 16 Spesifikasi Reaktor Polimerisasi

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama alat: Reaktor Polimerisasi Kode Alat : R-310 Fungsi Alat : Mereaksikan monomer dengan inisiator untuk membuat PAC Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah conical Kapasitas : 93,91 ft^3 = 2,7 m^3 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C Jumlah Tangki : 1 unit Spek. Tangki : Diameter (OD) = 3,99 ft = 1,21 m Diameter (ID) = 3,95 ft = 1,21 m Tinggi : shell = 5,9 ft = 1,81 m tutup atas = 1,1 ft = 0,35 m tutup bawah = 1,1 ft = 0,35 m Tebal : shell = 3/16 in tutup atas = 3/16 in tutup bawah = 1/4 in Spek. Nozzle Aliran Utama : Diameter (OD) = 1,7 in Jenis pipa= Pipa 1,25 in sch 80 Spek. Pengaduk : Jenis = Three blade propeller Jumlah = 2 unit Diameter = 0,99 ft = 0,30 m Lebar blade (W) = 0,20 ft = 0,06 m

Panjang blade (L)	-	=	0,25 ft	=	0,08	m
Lebar Baffle (J)	-	=	0,33 ft	=	0,10	m
Power	-	=	2,71 hp	=	88,95	

Harga per Alat (Tahun 2020) : $77.135

17. Pompa Loading R-310 (L-311)

Tabel V. 17 Spesifikasi Pompa Loading R-310

Kesimpulan Spesifikasi Alat Nama Alat : Pompa Loading R-310		
Kode Alat	:	L-311
Fungsi Alat	:	Memompa reaktan menuju R-310
Tipe	:	Centrifugal pump
Bahan	:	Commercial Steel
Kapasitas	:	2616,4 kg/jam

Pipa	:	Pipa 1,25 in sch 80		
Power	:	0,24 hp =	10,894	kWh
Head	:	5,72 m		
Jumlah	:	1unit		

Harga per Alat (Tahun 2020) : $4.827

BAB VI
ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan berdasarkan neraca massa yang telah tercantum di Bab 3. Harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan seperti yang tercantum dalam appendiks C dihitung berdasarkan pada neraca massa dan energi. Selain yang telah disebutkan di atas, juga diperlukan analisa biaya yang diperlukan untuk beroperasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik. Faktor-faktor yang perlu ditinjau antara lain :

- Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)
- Lama Pengembalian Modal (*Pay Out Period*)
- Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

Dalam meninjau faktor di atas perlu dilakukan penaksiran beberapa aspek, yaitu :

a. Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment / TCI*)
   - Modal Tetap (*Fixed Capital Investment / FCI*)
   - Modal Kerja (*Working Capital Investment / WCI*)

b. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost / TPC*)
   - Biaya Fabrikasi (*Manufacturing Cost / MC*)
   - Biaya *Plant Overhead* (*Plant Overhead Cost / POC*)
   - Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses / GE*)

c. Total Pendapatan

VI.1 Struktur Organisasi

VI.1.1 Umum

Bentuk Perusahaan	: PT (Perseroan Terbatas)
Status Perusahaan	: PMDN (Swasta)
Lapangan Usaha	: Pabrik *Polyaluminum Chloride* (PAC)
Lokasi	: Kabupaten Menpawah, Kalimanan Barat
Kapasitas Produksi	: 21.324.000 ton/tahun

Pada awal berdiri, suatu perusahaan maupun bentuk organisasi lainnya pasti memiliki tujuan organisasi. Proses pengorganisasian (*organization process*) merupakan suatu upaya pembagian langkah-langkah (aktivitas) dalam membentuk pekerjaan yang harus dilakukan demi tercapainya tujuan organisasi. Pembagian secara cepat dan tepat yang diterapkan kepada seluruh karyawan perusahaan akan menghasilkan suatu mekanisme sebagai pengkoordinasi setiap aktivitas-altivitas perusahaan yang telah ditetapkan sebelumnya. Salah satu hasil dari proses ini adalah struktur organisasi. Secara fisik, struktur organisasi suatu perusahaan dapat dinyatakan dalam bentuk gambaran grafik atau bagan yang memperlihatkan hubungan unit-unit organisasi dan garis-garis wewenang yang ada.

VI.1.2 Bentuk Perusahaan

Pabrik PAC adalah perusahaan swasta nasional direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Dasar-dasar kepemilikan bentuk perusahaan ini sebagai berikut :

1. Terbatasnya tanggung jawab Perseroan Terbatas sebagai badan hukum dan tanggung jawab pemegang saham. Tiap pemegang saham mungkin hanya menderita kerugian sebesar jumlah uang yang ditanamnya.
2. Pemilik dan pengusaha adalah terpisah satu sama lain. Pemilik Perseroan Terbatas adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus adalah jajaran Direksi. Pelaksanaan suatu Perseroan Terbatas diberikan kepada orang-orang yang sanggup untuk melaksanakan tugas itu. Dengan demikian, kemampuan perusahaan untuk mendapatkan keuntungan semakin besar. Tanggung jawab pemegang saham terbatas oleh pemimpin perusahaan.
3. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan memperoleh modal dari bank dan penjualan saham-saham, dengan membagi modal atas jumlah saham-saham. Perseroan Terbatas dapat menarik modal dari banyak uang.
4. Kehidupan Perseroan Terbatas lebih terjamin. Ini berarti suatu Perseroan terbatas mempunyai potensi hidup yang lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya. Meninggalkan seorang pemilik saham, seorang direksi, seorang anggota komisaris, atau pegawai/karyawan tidak begitu mempengaruhi jalannya suatu perusahaan.
5. Adanya efisiensi jalannya suatu perusahaan. Tiap bagian dalam Perseroan Terbatas dipegang oleh orang ahli di bidangnya dan mempunyai tugas jelas sehingga ada dorongan untuk mengerjakan dengan sebaik-baiknya.
6. Kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pemegang saham.

VI.1.3 Struktur Organisasi

Gerak majunya sistem perindustrian menuntut adanya keterpaduan antara sistem organisasi kerja dengan sistem manajemen. Hal ini berkaitan dengan kebijaksanaan/pengaturan dalam mencapai hasil yang baik dan efektif. Hal ini perlu didukung oleh adanya organisasi yang mantap.

Struktur organisasi merupakan tatanan kerangka kerja dalam menjalankan semua aktifitas perusahaan. Struktur menjadi pedoman bagi pimpinan dalam mengatur posisi karyawan sesuai dengan kemampuan, pengalaman, dan kecakapannya. Struktur organisasi perusahaa, menunjukkan bagaimana perusahaan dikelola, yaitu bagaimana pendelegasian kekuasaan dan tingkat pengawasannya.

Sistem organisasi perusahaan asalah sistem garis dan staf. Dalam hal ini, pimpinan pabrik atau pimpinan perusahaan dipegang oleh direktur utama yang bertanggung jawab langsung pada dewan komisaris. Anggota-anggota dewan komisaris ini merupakan wakilwakil dari para pemegang saham. Alasan pemilihan dan penggunaan sistem tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bentuk organisasi mudah dipahami dan dilaksanakan karena sederhana
2. Sering digunakan dalam perusahaan yang berproduksi secara massal
3. Biasanya digunakan oleh organisasi yang cukup besar dengan produksi kontinyu
4. Terdapat kesatuan dalam pelaksanaan dan perintah, sehingga mempermudah pemeliharaan disipilin dan tanggung jawab kerja lebih baik
5. Pengambilan keputusan dapat dilaksanakan secara cepat karena komunikasi menjadi lebih mudah
6. Masing-masing kepala bagian atau kepala manager secara langsung bertanggung jawab atas suatu aktivitas yang diperlukan untuk mencapai tujuan perusahaan
7. Pimpinan tertinggi pabtik atau perusahaan dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil daripada pemegang saham

VI.1.4 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang mempunyai kekuasaan dalam perusahaan, sesuai jumlah yang dimiliki dan tergantung besarnya penyertaan modal saham yang dimilikinya. Sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-piutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham-sahamnya paling sedikit satu tahun dan dapat diperpanjang. Kekuasaan yang tertinggi terletak pada pemegang saham, dan merekalah yang memilih dewan komisaris melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) serta menentukan gaji direktur tersebut. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah :

- Memilih, mengangkat, dan memberhentikan Dewan Komisaris yang dilaksanakan dalam rapat tahunan
- Menetapkan gaji direktur
- Meminta pertanggung-jawaban kepada Dewan Komisaris
- Mengadakan Rapat Umum sedikitnya satu kali dalam setahun

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris adalah wakil dari pemegang saham. Semua keputusan ditentukan oleh rapat persero. Komisaris diangkat sesuai ketentuan perjanjian dan diberhentikan setiap waktu RUPS, jika ia bertindak bertentangan dengan kepentingan perseroan. Ketua Dewan Komisaris adalah pemegang saham yang mempunyai modal mayoritas dan dipilih dari RUPS. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah :

- Memilih dan memutuskan siapa yang menjabat sebagai direktur utama dan menetapkan kebijakan perusahaan (*Organizing*)
- Mengawasi kinerja direktur agar tidak merugikan perusahaan (*Controlling*)
- Mengawasi kinerja hasil yang diperoleh perusahaan (*Analizing*)

- Menyetujui ataupun menolak rancangan kerja yang diajukan direktur (*Planning*)
- Memberikan nasehat pada direktur utama bila ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan (*Staffing*)
- Mengadakan rapat berkala atau pertemuan (*Doing*)
- Menentukan besarnya *devident* (*Directing*)

3. Direktur Utama

Direktur utama adalah pemegang kepengurusan perusahaan, merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab langsung pada dewan komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah :

- Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana dan cara pelaksanaannya
- Memberikan instruksi kepada bawahan untuk melaksanakan tugasnya
- Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris mengenai segala pelaksanaan dari anggaran belanja dan pendapatan perusahaan
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Mengangkat dan memberhentikan pegawai atau karyawan
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan

4. Direktur

Direktur bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Direktur bertugas untuk mengarahkan dan menyelenggarakan kegiatan sesuai bidang yang dibawahinya. Selain itu, direktur juga harus berkoordinasi dengan Direktur lain agar tercipta keselarasan dalam pekerjaan. Dalam pabrik PAC dari Vinnase ini terdapat dua direktur yaitu direktur produksi dan pengembangan serta direktur keuangan dan pemasaran. Tugas dan wewenang Manager adalah :

- Mengkoordinasikan aktivitas baik intra & antar bidang yang dibawahinya
- Melaksanakan kebijaksanaan Direktur Utama

- Menjabarkan kebijaksanaan dan langkah yang diambil Direktur Utama

5. Manager

Manager bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Selain sebagai pengontrol aktivitas departemen yang dibawahinya, juga harus berkoordinasi dengan Manager lain agar tercipta keselarasan dalam pekerjaan. Dalam pabrik PAC dari Vinnase ini terdapat tiga manager yaitu, manager produksi, manager keuangan dan pemasaran dan manager SDM. Tugas dan wewenang Manager adalah :

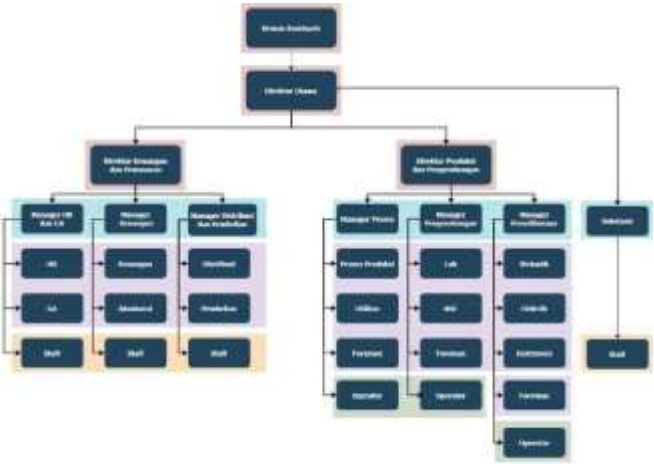
- Mengkoordinasikan aktivitas baik intra & antar departemen yang dibawahinya
- Mempertinggi efektivitas dan efisiensi kerja seluruh karyawannya
- Melaksanakan kebijaksanaan Direktur
- Menjabarkan kebijaksanaan dan langkah yang diambil Direktur

6. Kepala Bagian

Bertanggung jawab kepada manager. Tugas dan wewenang Kepala Bagian adalah :

- Membantu Manager dalam perencanaan dan pelaksanaan aktivitas di tiap seksi
- Memberi pengawasan dan pengarahan terhadap supervisor di bawahnya
- Memberikan saran-pertimbangan, melaksanakan tugas yang diberikan Manager

- Membantu Manager dalam mempersiapkan dan menyusun laporan



Gambar VI. 1 Bagan Sruktur Organisasi Perusahaan

VI.2 Sistem Utilitas

Utilitas merupakan suatu sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sistem utilitas pabrik juga sebagai sarana penunjang agar proses produksi pabrik dapat berjalan sesuai target produksi. Sarana utilitas pada Pabrik PAC dari Vinnase ini meliputi :

VI.2.1 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari air sungai, dimana sebelum digunakan air sungai perlu diolah lebih dulu, agar tidak mengandung zat-zat pengotor, dan zat-zat lainnya yang tidak layak untuk kelancaran operasi. Air pada pabrik PAC ini digunakan untuk kepentingan:

- Air Sanitasi, meliputi laboratorium dan karyawan.

Untuk unit penghasil air sanitasi diperlukan peralatan sebagai berikut : pompa air sungai, bak pra sedimentasi, bak koagulasi dan flokulasi, tangki tawas, tangki $Ca(OH)_2$, bak pengendap, bak penampung, pompa sand filter, tangki sand filter, bak penampung air bersih, bak penampung air sanitasi, tangki desinfektan, dan pompa air untuk sanitasi.

- Air proses, meliputi: air proses dan air pendingin.
  Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi : pompa air boiler, bak pendingin, kation-anion exchanger.

Pada umumnya, air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas sebagai berikut :

a. Bebas dari zat penyebab korosi, seperti asam dan oksigen terlarut
b. Bebas dari zat penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan dan suhu tinggi, biasanya berupa garam-garam kalsium, magnesium, dan silikat
c. Bebas dari zat penyebab timbulnya buih/busa, sperti zat organik, anorganik, dan minyak
d. Kandungan logam dan pengotor seminimal mungkin
e. Syarat fisik: di bawah suhu udara ambien, jernih, tidak berasa, tidak berbau
f. Syarat kimia: tidak mengandung logam berat dan tidak beracun
g. Syarat bakteriologis: tidak mengandung kuman dan bakteri patogen

VI.2.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik yang diperlukan untuk Pabrik PAC dari Vinnase ini diambil dari PLN dan generator sebagai penghasil tenaga listrik. Distribusi listrik pada pabrik sebagai berikut :

- Untuk proses produksi diambil dari PLN dan generator jika sewaktu-waktu ada gangguan listrik dari PLN
- Untuk penerangan pabrik dan kantor diambil dari generator.

VI.2.3 Unit Pendingin

Unit penyediaan air bertugas untuk memenuhi kebutuhan air ditinjau dari segi panas. Penggunaan air sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas dikarenakan faktor berikut :

- Air dapat menyerap jumlah panas yang tinggi per satuan volume
- Air merupakan materi yang mudah didapat dan relatif murah
- Tidak mudah mengembang atau menyusut dengan adanya perubahan suhu
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Tidak mudah terdekomposisi

  Syarat air pendingin adalah tidak boleh mengandung :
- *Hardness*: yang memberikan efek pada pembentukan kerak
- Besi: penyebab korosi
- Silika: penyebab kerak
- Minyak: dapat menyebabkan turunya *heat transfer*

Pada air pendingin ditambahkan zat kimia yang bersifat menghilangkan kerak, lumut, jamur, dan korosi.

VI.3 Harga Peralatan

Harga peralatan cenderung naik tiap tahun, maka untuk menentukan harga peralatan di tahun ini, harga tersebut ditaksir dari harga tahun-tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Perhitungan harga peralatan dapat dilihat pada appendiks D.

VI.4 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Pada pra desain Pabrik PAC dari Vinnase ini dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi.

Faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah :

1. Potensial Ekonomi (*Economic Potential / EP*)

2. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)
3. Waktu Pengembalian Modal (*Minimum Pay Out Time / POT*)
4. Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

VI.4.1 Potensial Ekonomi (EP)

Potensial ekonomi didefinisikan sebagai

EP = (Nilai Produk) – (Biaya Bahan Baku)

= Rp 118.177.608.000 – Rp 48.393.889.221

= Rp 69.783.718.779

Dari perhitungan di atas, maka pabrik ini memiliki potensi ekonomi yang cukup besar sehingga layak untuk didirikan.

VI.4.2 Laju Pengembalian Modal (IRR)

Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga i = 72 %. Harga i yang diperoleh lebih besar dari nilai bunga pinjaman modal sehingga pabrik ini layak didirikan.

VI.4.3 Waktu Pengembalian Modal (POT)

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 2 tahun 4 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik.

VI.4.4 Titik Impas (BEP)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC) dan biaya variable (VC), biaya semi variable (SVC) dan biaya total tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) = 30,3 %.

BAB VII
KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab-bab terdahulu maka dapat diambil kesimpulan dari analisa studi kelayakan pada Pra Desain Pabrik Poly Aluminium Chloride dari Aluminium Chloride Hexahydrate ini. Studi kelayakan yang dimaksud meliputi studi kelayakan secara teknis maupun secara ekonomis. Secara singkat, evaluasi tersebut dapat disajikan sebagai berikut:

1. Proses

a. Pra Rencana Pabrik : Poly Aluminium Chloride

b. Proses : Dekomposisi Parsial

c. Operasi : Kontinyu, 330 hari/tahun, 24 jam/hari

d. Kapasitas Produksi

1. PAC Cair (10% Al) : 4.000.000 kg/tahun

e. Kebutuhan Bahan Baku

1. $AlCl_3.6H_2O$: 780.879 kg/tahun

2. H_2O : 3.599.996,4 kg/tahun

3. Udara : 15.523.120,8 kg/tahun

f. Lokasi pabrik : Biningkanaya, Makassar, Sulawesi Selatan

g. Jumlah Tenaga Kerja : 100

h. Umur Pabrik : 10 tahun

i. Masa Konstruksi : 2 tahun

2. Segi Ekonomi

a. Pembiayaan

- Modal Tetap (FCI) : Rp 15.259.669.381
- Modal Kerja (WCI) : Rp 2.692.882.832
- Investasi Total (TCI) : Rp 17.952.552.213
- Hasil Penjualan per tahun : Rp 22.096.000.000

3. Investasi

- Internal Rate of Return : 37,7 %
- Pay Out Time : 4,5 tahun
- Break Even Point : 40,5 %

Ditinjau dari aspek teknis dan ekonomis yang telah dijabarkan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pra Desain Pabrik Poly Aluminium Chloride dari Aluminium Chloride Hexahydrate ini layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

Brownell,L.e. and Young, E,H., 1959. "*Process Equipment Design"*. New Delhi : Wiley Eastern Limited.

Geankoplis, Christie John. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operation), 4th Edition.* USA : PearsonEducation Inc.

Kern, Donald. 1950. "*Process Heat Transfer*". New York : McGraw-Hill Book Company.

Kusnarjo. 2010. "*Desain Alat Industri Kimia*". Surabaya : ITS Press.

Ludwig, Ernest. 2011. "*Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants".* San Fransisco : Elsevier.

Mc Cabe, W.L., Julian Smith, Peter Hariot. 1993. "*Unit Operation of Chemical Engineering 6th edition*". Singapore: Mc Graw Hill, Inc.

Perry, H. Robert. 1997."*Chemical Engineering Handbook 7th Edition".* New York : McGraw-Hill.

Peters, Max S. and Timmerhaus, Klaus D.,1991 "*Plant Design and Economic For Chemical Engineering 4-ed*", International Edition. Singapore : McGraw-Hill Book Co Singapore.

Sander, Rolf. 1999. *"Compilation of Henry's Law Constants for Inorganic and Organic Species of Potential Importance in Environmental Chemistry".* Germany: Air Chemistry Department, Max-Planck Institute of Chemistry

Seborg, Edgar, Melllichamp, Doyle. 1990."*Process Dynamics and Control 3th Edition".* Amerika: United States of Amerika.

Ulrich, Dael D. 1984. "*A Guide To Chemical Engineering Process Desain And Economics"*. New York : John Wiley.

Van Ness, S. 1967. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th Edition.* Singapore : International Edition, McGraw-Hill Inc.

www.anneahira.com www.bps.go.id www.chemspider.com www.esdm.go.id www.kemenperin.go.id www.matche.com/Equipcost/index/htm www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/16363/4/