

**PRA RANCANGAN PABRIK
ASAM ASETILSALISILAT (ASPIRIN) DARI ASAM
SALISILAT DAN ASETAT ANHIDRAT
DENGAN PROSES SISTESIS KALSIUM OKSIDA
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

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



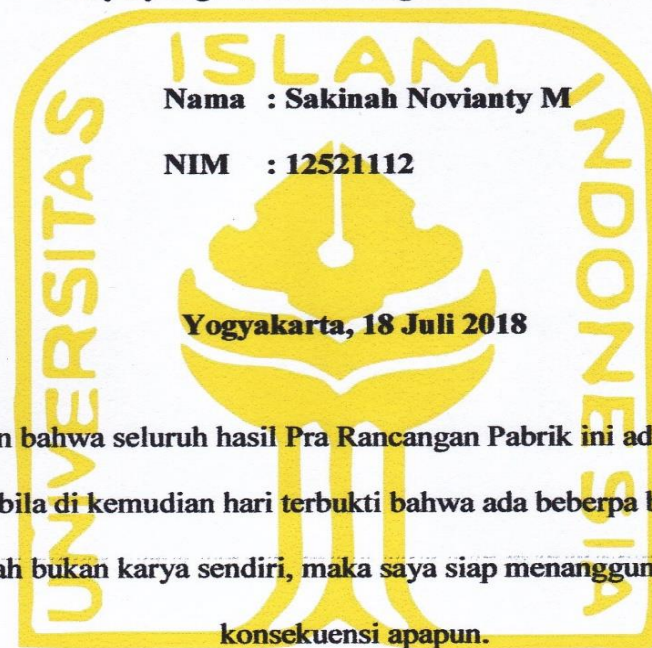
oleh :

Nama : Sakinah Novianty M
NIM : 12521112

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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL LAPORAN TUGAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :



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

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



Sakinah Novianty Muslimin
NIM. 12521112

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK
ASAM ASETILSALISILAT (ASPIRIN)
DARI ASAM SALISILAT DAN ASETAT ANHIDRAT
KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

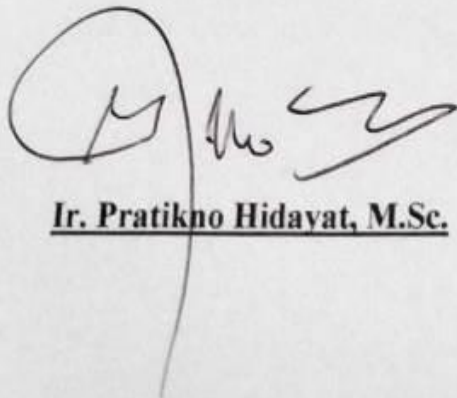


Oleh :

**Nama : Sakinah Novianty M
NIM : 12521112**

Yogyakarta, 18 Juli 2018

Pembimbing I



Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.

Pembimbing II



Lilis Kistriyani, S.T, M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM ASETILSALISILAT
(ASPIRIN) DARI ASAM SALISILAT DAN ASETAT
ANHIDRAT DENGAN PROSES SINTESIS KALSIMUM OKSIDA
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Sakinah Novianty M

NIM : 12521112

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, 02 Agustus 2018

Tim Penguji,

Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc.

Ketua

Dra. Kamariah Anwar, MS.

Anggota I

Umi Rofiqah., ST., MT

Anggota II



Mengetahui :

**Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Drs. Jr., Faisal R.M. MSIE., Ph.D

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Pra Rancangan Pabrik. Laporan ini disusun berdasarkan pengalaman dan ilmu yang kami peroleh selama menempuh pendidikan di Universitas Islam Indonesia.

Pra Rancangan Pabrik yang telah kami susun ini dibuat dalam rangka memenuhi tugas kuliah Program Studi Teknik Kimia, yang mana sebagai syarat untuk kelulusan Strata-1 (S-1).

Dengan ini kami menyadari bahwa Pra Rancangan Pabrik ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak terkait. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kami dalam melaksanakan kegiatan Penelitian maupun dalam penyusunan Pra Rancangan Pabrik ini.

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada :

- Bapak Ir., Drs., Faisal R.M. M.M., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia..
- Bapak Ir. Pratikno Hidayat, M.Sc., selaku pembimbing Pra Rancangan Pabrik di Universitas Islam Indonesia.
- Ibu Lilis Kistriyani, S.T, M.Eng., selaku pembimbing Pra Rancangan Pabrik di Universitas Islam Indonesia.

- Orang Tua tercinta Bapak Muslimin dan Ibu Nurlaila yang selalu mendukung dan memberikan kritik membangun dalam setiap pilihan hidup yang saya ambil.
- Adik-adik terkasih saya; Desi Rahmiyanti, Zulkarnain dan Sultan Qosim Ramadhan yang selalu menjadi motivasi saya untuk terus menjadi lebih baik setiap harinya.
- Komunitas Saung Mimpi dan Coin A Chance yang memberikan banyak pengaruh positif kepada saya.
- Dan semua pihak lain yang telah ikut serta memberikan bantuan dan dorongan dalam proses penyelesaian Pra Pancangan Pabrik.

Kami menyadari bahwa Pra Rancangan Pabrik ini masih jauh dalam kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan Pra Rancangan Pabrik ini.

Akhir kata, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam penyusunan Pra Rancangan Pabrik ini terdapat banyak kesalahan. Semoga Pra Rancangan Pabrik ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pada umumnya bagi para pembaca.

Yogyakarta, 18 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR PRA RANCANGAN PABRIK	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PRA RANCANGAN PABRIK	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	3
1.3 Kapasitas Pabrik	6
BAB II PERANCANGAN PRODUK	
2.1 Pendahuluan	11
2.2 Spesifikasi Produk	11
2.3 Spesifikasi Bahan Baku	12
2.4 Pengendalian Kualitas	14
2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	14
2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses	15
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk	16

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses	18
3.1.1 Tinjauan Proses	18
3.1.2 Tinjauan Termodinamika	19
3.1.3 Proses Pembuatan.....	21
3.2 Spesifikasi Alat Proses	23

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Pendahuluan.....	37
4.2 Lokasi Pabrik	37
4.2.1 Faktor Primer.....	39
4.2.2 Faktor Sekunder	40
4.3 Tata Letak Pabrik	42
4.4 Tata Letak Alat Proses	44
4.4.1 Aliran Bahan Baku dan Produk.....	44
4.4.2 Aliran Udara.....	44
4.4.3 Pencahayaan	45
4.4.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan.....	45
4.4.5 Perimbangan Ekonomi	45
4.4.6 Jarak Antar Alat Proses	45
4.5 Aliran Proses dan Material	47
4.5.1 Neraca Massa	47
4.5.2 Neraca Energi	49
4.5.3 Diagram Alir Kualitatif	50

4.6 Perawatan (<i>Maintenance</i>)	54
4.7 Pelayanan Teknik (<i>Utilitas</i>)	55
4.7.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	56
4.7.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>)	66
4.7.3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	68
4.7.4 Unit Penyediaan Udara Tekan	71
4.7.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar	72
4.7.6 Laboratorium	73
4.8 Organisasi Perusahaan	73
4.8.1 Bentuk Perusahaan	73
4.8.2 Struktur Organisasi	74
4.8.3 Tugas dan Wewenang	75
4.8.4 Sistem Kerja Karyawan	79
4.9 Evaluasi Ekonomi	82
4.9.1 Penaksiran Harga Peralatan	83
4.9.2 Dasar Perhitungan	86
4.9.3 Perhitungan Biaya	87
4.9.4 Analisa Kelayakan	89
4.9.5 Hasil Perhitungan	92
4.9.6 Analisa Keuntungan	107
4.9.7 Hasil Kelayakan Ekonomi	108

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 112

5.2 Saran 113

DAFTAR PUSTAKA 114

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pabrik Aspirin Dunia	6
Tabel 1.2 Data impor Aspirin di Indonesia	7
Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik	58
Tabel 4.2 Neraca Massa Reaktor	62
Tabel 4.3 Neraca Massa Fired Heaters	64
Tabel 4.4 Neraca Massa Total.....	65
Tabel 4.5 Neraca Energi Reaktor	65
Tabel 4.6 Neraca Energi Fired Heaters	66
Tabel 4.7 Neraca Energi Total	68
Tabel 4.8 Kebutuhan air pembangkit steam	81
Tabel 4.9 Kebutuhan air proses	82
Tabel 4.10 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga	83
Tabel 4.11 Kebutuhan listrik alat proses.....	85
Tabel 4.12 Kebutuhan listrik utilitas.....	87
Tabel 4.13 Gaji karyawan	96
Tabel 4.14 Jadwal kerja masing-masing regu	98
Tabel 4.15 Harga indeks	101
Tabel 4.16 Harga indeks pada tahun perancangan.....	102
Tabel 4.17 <i>Physical Plant Cost</i>	114
Tabel 4.18 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	115
Tabel 4.19 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	118
Tabel 4.20 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	119
Tabel 4.21 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	120

Tabel 4.22 <i>Total Manufacturing Cost (MC)</i>	120
Tabel 4.23 <i>Working Capital (WC)</i>	121
Tabel 4.23 <i>General Expense (GE)</i>	122
Tabel 4.25 Total biaya produksi	122
Tabel 4.26 <i>Fixed cost (Fa)</i>	123
Tabel 4.27 <i>Variable cost (Va)</i>	123
Tabel 4.28 <i>Regulated cost (Ra)</i>	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Aspirin di Indonesia	9
Gambar 4.1 Tata letak pabrik	61
Gambar 4.2 Tata letak alat proses pabrik	61
Gambar 4.3 Diagram alir kualitatif pabrik Asam Asetilsalisilat.....	70
Gambar 4.4 Diagram alir kuantitatif pabrik Asam Asetilsalisilat	71
Gambar 4.5 Diagram alir proses pengolahan air dan steam.....	84
Gambar 4.6 Struktur organisasi perusahaan.....	95
Gambar 4.7 Hubungan Kapasitas produksi dengan nilai rupiah.....	127

ABSTRACT

Acetylsalicylic Acid was used for raw material and co-material for pharmatics industry. Acetylsalicylic acid was made from Salicylic acid and calcium oxide by Synthetic Procedure. The reaction of process would occur at 90°C and 1 atm with 98% conversion using Continuous Stirred Tank Reactor.

The Acetylsalicylic acid plant would be built to produce for about 10.000 tons/year capacity of Asetylsalicylic acid. The raw materials consist of 682,629 kg/hour of Salicylic acid, 477,882 kg/hour of Acetic Anhydride and 131,31 kg/hour of calcium oxide. The utility process unit needed 11.670 kg/hour of water for the production processes and daily necessities, used 84,9 kW electricity, and 159,910 Lt/hour fuels.

The plant would be built in the Industial area of Gresik, Jawa Timur. It would be form in Incorporated Company (Inc.) with 135 employees lead by president director. The schedule working system would be applied in shift mode and fix working hour.

The Economic evaluation results from the plant were 17% for Return On Investement after tax, 3,76 year for Pay Out Time after tax, 48,09% for Break Even Point, 28,39% for Shut Down Point and 18,30% for Discounted Cash Flow Rate of Return. Based on the economics calculation could be assumed that the plant would be going well to built.

Key word : Acetylsalicylic acid, Esterification, CSTR, Economic

ABSTRAK

Asam Asetilsalisilat (Aspirin) digunakan untuk bahan baku dan bahan-bahan pendukung dalam industri kimia farmasi. Asam Asetilsalisilat ini dibuat dari reaksi Asam salisilat dan Asetat anhidrida dengan metode sitiesis penambahan kalsium oksida. Reaksi beroperasi dalam suhu 90°C dan tekanan 1 atm dengan konversi 90% menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk.

Pabrik ini dibangun untuk menghasilkan Asam Asetilsalisilat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun. Bahan baku terdiri dari 682,629 kg/jam Asam salisilat, 477,882 kg/jam Asetat anhidrida dan 131,31 kg/jam kalsium oksida . Utilitas yang diperlukan adalah 11.670 kg/jam air baik untuk proses maupun kebutuhan domestik, 84,9 kW listrik, 159,910 lt/jam bahan bakar.

Pabrik akan didirikan di kawasan industri Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini direncanakan perusahaan dalam bentuk manajemen Perseroan Terbatas (PT) dengan 135 karyawan dan dipimpin oleh seorang direktur utama. Sistem kerja berdasarkan pergantian jam kerja dan jam kerja tetap.

Hasil evaluasi ekonomi dari pabrik ini adalah 17% *Return On Investment* (ROI) setelah pajak, *Pay Out Time* (POT) sebesar 3,76 tahun setelah pajak, *Break Even Point* (BEP) yang diperoleh 48,09%, dan *Shut Down Point* (SDP) yang didapat 28,39%, serta *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 18,30%. Berdasarkan hasil kelayakan ekonomi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik Asam Asetilsalisilat layak untuk dibangun.

Kata Kunci : *Asam Asetilsalisilat, Esterifikasi, RATB, Ekonomi*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan zaman, Indonesia secara bertahap melaksanakan pembangunan di segala bidang, termasuk bidang industri. Industri kimia sebagai salah satu industri vital dan strategis telah banyak mengalami perkembangan, mengingat industri ini mempunyai keterkaitan dengan industri lainnya, Salah satu industri kimia yaitu industri farmasi.

Indonesia merupakan pasar farmasi terbesar di ASEAN sehingga memiliki potensi yang sangat baik untuk dikembangkan. pasar farmasi Indonesia mencapai 27% dari total pasar ASEAN. Dari jumlah tersebut, sekitar 70% didominasi oleh pemain nasional yang menjadikan Indonesia satu-satunya negara di ASEAN yang didominasi oleh industri lokal. Juga dipengaruhi oleh sektor kesehatan semakin meningkat dengan adanya Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) menyebabkan penggunaan obat-obatan semakin meningkat tajam.

Di Indonesia sudah berdiri ratusan industri farmasi, namun industri tersebut hanya bergerak pada proses pencampuran bahan baku obat, packing dan pemasarannya saja, karena bahan obat ataupun obat itu sendiri masih didapat dari hasil impor.

Untuk mengembangkan industri farmasi di Indonesia dan untuk menghemat devisa negara perlu didirikan industri farmasi yang terpadu, mulai dari pembuatan bahan baku sampai pemasarannya. Industri farmasi tersebut diantaranya adalah pabrik Aspirin. Di Indonesia aspirin dikenal dengan merek dagang “Aspirin Tablet” (PT Bayer Indonesia) dengan bahan baku diimpor dari luar negeri.

Bayer merupakan perusahaan pertama yang berhasil menciptakan senyawa aspirin (asam asetilsalisilat). Ide untuk memodifikasi senyawa Asam salisilat dilatarbelakangi oleh banyaknya efek negatif dari senyawa ini. Pada tahun 1845, Arthur Eichengrun dari perusahaan Bayer mengemukakan idenya untuk menambahkan gugus asetil dari senyawa Asam salisilat untuk mengurangi efek negatif sekaligus meningkatkan efisiensi dan toleransinya. Pada tahun 1897, Felix Hoffmann berhasil melanjutkan gagasan tersebut dan menciptakan senyawa Asam asetilsalisilat yang kemudian umum dikenal dengan istilah Aspirin. (Hoffman,1900)

Aspirin merupakan salah satu jenis obat analgesik yang berfungsi sebagai pereda rasa sakit atau nyeri. Kadang orang menyebut Aspirin dengan nama Asam asetilsalisilat. Aspirin mempunyai bahan aktif yang disebut sebagai Asam salisilat asetil yang merupakan turunan sintesis dari senyawa Salisin.

Salisin sebetulnya dapat ditemukan secara alami yang terkandung didalam beberapa tanaman terutama pada tanaman Willow. Salisin yang ditemukan pada tanaman Willow sudah banyak digunakan oleh masyarakat

sebagai pereda rasa nyeri sejak ratusan tahun silam. Saat ini Aspirin banyak digunakan sebagai analgesik dan banyak dijual dipasaran. Aspirin sendiri tergolong dalam jenis obat merupakan obat anti inflamasi non-steroid (NSAID) yang berfungsi sebagai pereda rasa nyeri ringan sampai sedang seperti nyeri otot, sakit gigi, sakit kepala juga rasa nyeri yang disebabkan oleh menstruasi. Obat ini juga sering digunakan untuk mengobati pilek, demam dan peradangan.

Secara umum Aspirin berguna untuk mengobati sebagai berikut :

- Melawan rasa sakit
- Demam dan influenza
- Rematik dan sakit otot
- Mencegah penyakit kardiovaskuler, kanker usus besar dan *rectum*, dan *stroke*. (Kirk Osthmer, 1982)

1.2 Tinjauan Pustaka

Proses pembuatan Asam asetilsalisilat yang digunakan adalah metode baru untuk sintesis asam asetilsalisilat (aspirin) yang terdiri dari pencampuran asetat anhidrat dan asam salisilat, dalam perbandingan stoikiometri yang tepat, dan kalsium oksida atau zinc oxide. Memperoleh hasil campuran asam asetil salisilat dan kalsium oxide atau zinc oxide dengan kandungan maksimum 2% asam salisilat bebas.

Saat ini, metode yang paling banyak digunakan pada tingkat industri terdiri dari pencampuran asam salisilat dan asetat anhidrat secara berlebihan dalam reaktor tekanan pada suhu 98°C selama 2-3 jam, kemudian larutan yang

dihasilkan dipompa ke filter dan didinginkan pada suhu 0°C. untuk membantu kristalisasi pada produk. suspensionya dicentrifugasi dan produk dikristalisasi kemudian dikeringkan (krik jthmer encyclopedia of chemichal technologi, 199). yield yang didapatkan pada metode ini adalah sekitar 90%. Berikut ini beberapa cara atau metode yang ditemukan oleh beberapa tokoh :

a. Sintesa Aspirin menurut Kolbe

Pembuatan asam salisilat dilakukan dengan Sintesis Kolbe, metode ini ditemukan oleh ahli kimia Jerman yang bernama Hermann Kolbe. Pada sintesis ini, sodium phenoxide dipanaskan bersama karbondioksida (CO₂) pada tekanan tinggi, lalu ditambahkan asam untuk menghasilkan asam salisilat. Asam salisilat yang dihasilkan kemudian di reaksikan dengan asetat anhidrida dengan bantuan asam sulfat sehingga dihasilkan asam asetilsalisilat dan asam asetat. (George Austin, 1984)

b. Sintesa Aspirin Setelah Modifikasi Sintesa Kolbe oleh Schmitt

Larutan sodium phenoxide masuk ke dalam revolving heated ball mill yang memiliki tekanan vakum dan panas (130°C). Sodium phenoxide berubah menjadi serbuk halus yang kering, kemudian dikontakkan dengan CO₂ pada tekanan 700 kPa dan temperatur 100°C sehingga membentuk sodium salisilat. Sodium salisilat dilarutkan keluar dari mill lalu dihilangkan warnanya dengan menggunakan karbon aktif. Kemudian ditambahkan asam sulfat untuk mengendapkan asam salisilat, asam salisilat dimurnikan dengan sublimasi. (George Austin, 1984)

Metode yang kami gunakan yaitu metode baru untuk sintesis asam asetilsalisilat (aspirin), ditemukan oleh Erlinda Handal-Vega, Andre Patrick Denis Loupy, Jorge Manuel Collazo Garcia, penelitian ini telah dipatenkan pada 21 agustus 2001 dengan no paten US 6,278,014 B1. Penemuan ini menyediakan suatu metode untuk sintesis asam asetilsalisilat yang dengan mereaksikan asetat anhidrat dan asam salisilat dalam perbandingan stoikiometri, bersama dengan kalsium oksida sebagai zat pendukung dan penetralisir asam. saat CaO digunakan yield dari asam asetilsalisilat tidak kurang dari 98-99% (2% maksimum kadar asam salisilat bebas) dan diperoleh kalsium asetat. reaksinya cepat, eksotermis, one-pot, dan tidak mencemari.

Kalsium oksida (CaO) digunakan dalam proporsi molar 0,5-0,8 per satu mol asetat anhidrat dan asam salisilat digunakan dalam proporsi stoikiometri yang tepat sampai tingkat yang dapat diperoleh pada skala industri. Produk reaksi mengandung sekitar 70% aspirin dan sekitar 30% CaO.

Pada kondisi Operasi (US 6,278,014 B1):

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 90°C
- Perbandingan Asam Salisilat, Asetat Anhidrida dan kalsium oksida 2 : 2 : 1
- % Konversi : 98% pada Asam Salisilat
- Waktu tinggal reaksi : 20 – 30 menit

1.3 Kapasitas Pabrik

Untuk menetapkan kapasitas produk asam asetilsalisilat (aspirin) setiap tahunnya perlu diketahui data seperti: total import aspirin di Indonesia, kapasitas produksi minimal sudah ada, konsumsi tablet aspirin perkapita, laju pertumbuhan penduduk.

Penentuan kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Selain itu, penentuan kapasitas rancangan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik aspirin adalah:

1.3.1 Pabrik Aspirin di Dunia

Pabrik aspirin telah mengalami banyak perkembangan dari proses penemuannya. Pabrik pertama yang memproduksi aspirin dengan bentuk tablet yaitu Bayer International Germany.

Pabrik aspirin yang telah didirikan di luar negeri masih memberikan keuntungan antara lain diperlihatkan pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Pabrik Aspirin di Dunia

Pabrik	Negara	Kapasitas(ton/th)
China Production	China	3500
JQC (Huayin) Pharmaceutical Co., Ltd	China	8500
Arab Factory	Arab Saudi	1200

Lanjutan tabel 1.1

Bayer Factory at Lada	USA	6000
PT. Bayer Indonesia	Indonesia	2000
Bayer	Germany	12000

Pada perancangan ini dipilih kapasitas 10.000 ton/tahun. Dengan kapasitas sebesar ini diharapkan dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri dan ekspor.

1.3.2 Kebutuhan Aspirin

Dari hasil data kebutuhan aspirin di Indonesia (BPS) diperoleh data sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1.2 Data impor Aspirin di Indonesia

Tahun	Aspirin (ton)
2009	3790
2010	2580
2011	4210
2012	4620
2013	4760
2014	4355
2015	3765

Sumber : BPS 2015

Dari data BPS pada Tabel 1.2 kemudian dibuat persamaan dengan metode regresi linier sederhana untuk memprediksi kebutuhan aspirin di Indonesia pada tahun dibangunnya pabrik Aspirin ini.

Regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu peubah X yang dihubungkan dengan satu peubah tidak bebas Y. bentuk umum dari persamaan regresi linier untuk populasi adalah :

$$Y = a + bx$$

Dimana :

Y = Variabel tak bebas

X = Variabel bebas

a = Parameter intersep

b = Parameter Koefisien Regresi Variabel Bebas

Menentukan koefisien persamaan a dan b dapat dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, yaitu cara yang dipakai untuk menentukan koefisien persamaan a dan b dari jumlah pangkat dua (kuadrat) antara titik-titik dengan garis regresi yang dicari yang terkecil. Dengan demikian dapat ditentukan :

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

Kemudian diperoleh hasil perhitungan :

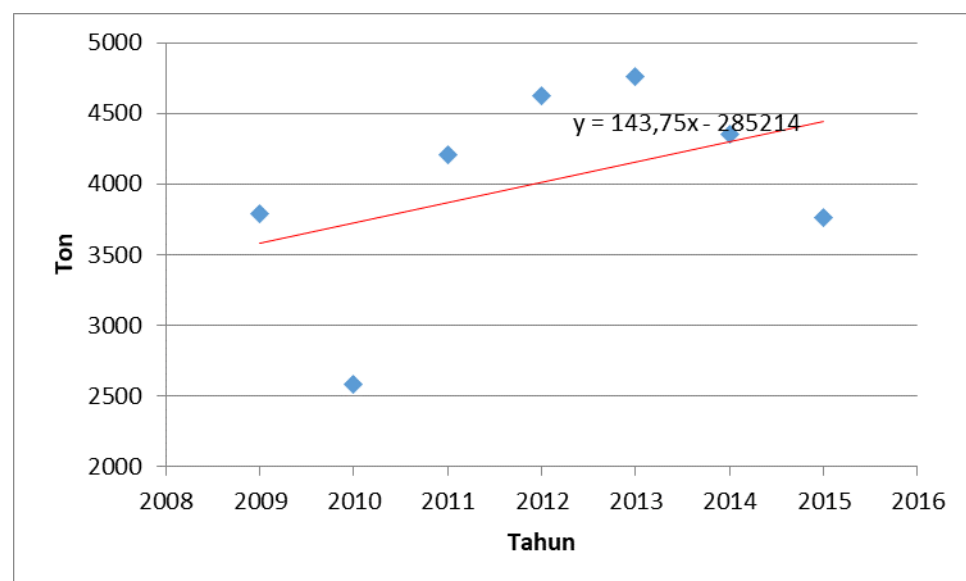
$$a = -285.214$$

$$b = 143,75$$

maka persamaan yang terbentuk adalah :

$$Y = 143,75 x - 258.214 \dots \dots \dots \text{pers 1}$$

Dari persamaan diatas kemudian digunakan untuk memprediksi kebutuhan Aspirin pada tahun 2020. Diperoleh angka kebutuhan Aspirin pada tahun 2020 sebesar 5161 ton. Grafik dengan metode regresi linier diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik kebutuhan Aspirin di Indonesia

Selain data impor Indonesia akan Aspirin. Untuk saat ini masyarakat di Amerika menjadi peringkat pertama konsumsi Aspirin dengan kebutuhan masyarakatnya 50.000 ton/tahun. Kemudian dengan perhitungan negara-negara lain yang cukup signifikan maka pemilihan kapasitas pabrik sebesar 10.000

ton/tahun bisa mencukupi kebutuhan Aspirin dunia dan akan menambah pendapatan bagi Indonesia karena produk akan di ekspor ke dunia.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Pendahuluan

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan Aspirin dirancang berdasarkan variabel utama yaitu; spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, dan pengendalian kualitas.

2.2 Spesifikasi Produk

Dalam perancangan pabrik ini menghasilkan produk utama Asam asetilsalisilat (aspirin) dan Kalsium asetat. Spesifikasi untuk masing-masing produk diakses dari pubchem.ncbi.nlm.nih.gov sebagai berikut :

A Asam Asetilsalisilat (Aspirin)

Rumus molekul	: $C_9H_8O_4$
Berat molekul	: 180,15 g/mol
Kelarutan 25°C	: 0,33/100 g air
Titik lebur	: 136°C
Bentuk	: Padat kristal halus seperti jarum (1 atm, 25°C)
Titik didih	: 140°C
Bau	: Tidak berbau
Suhu kritis	: 492°C
Tekanan kritis	: 32,27 atm
Densitas 20°C	: 1,35 g/cm

Viscositas	: 5,31 cp
Kemurnian	: 70% berat asam asetilsalisilat
Impuritas	: air max 0,5%

B Kalsium Asetat

Rumus molekul	: $C_4H_6O_4Ca$
Berat Molekul	: 158,166 g/mol
Bentuk	: kristal (1 atm, 25°C)
Titik didih	: decomposes
Warna	: Tidak berwarna
Titik lebur	: 237°C
Bau	: tidak berbau
Densitas 20°C	: 1,74 g/cm ³
Kemurnian	: 30% berat asam asetat
Viscositas	: 1,056 mPa

2.3 Spesifikasi Bahan Baku

Dalam perancangan pabrik ini menggunakan bahan utama Asam salisilat dan Asetat anhidrida. Spesifikasi untuk masing-masing bahan diakses dari pubchem.ncbi.nlm.nih.gov sebagai berikut :

A Asetat Anhidrida

Rumus molekul	: $C_4H_6O_3$
Berat Molekul	: 102,09

Bentuk	: cair (1 atm, 25°C)
Titik didih	: 140°C
Warna	: Tidak berwarna
Titik lebur	: -73°C
Bau	: bau asam yang sangat menyengat
Suhu kritis	: 333°C
Densitas 20°C	: 1,08-1,085 g/cm ³
Tekanan kritis	: 39,47 atm
Kemurnian	: 99% berat asetat anhidrida
Viscositas	: 0,91 cp
Impuritas	: asam asetat 1% berat

B Asam Salisilat

Rumus molekul	: C ₇ H ₆ O ₃
Berat molekul	: 138,12
Bentuk	: Padat kristal halus (1 atm, 25°C)
Kelarutan 25°C	: 0,2/100 g air
Titik didih	: 211°C
Warna	: Putih
Suhu kritis	: 456°C
Bau	: Tidak berbau
Tekanan kritis	: 51,12 atm
Densitas 20°C	: 1,438-1,443 g/cm ³

Kemurnian : 99% berat asam salisilat

C Kalsium Oksida

Rumus molekul : CaO

Berat molekul : 56.077

Bentuk : Padat kristal halus (1 atm, 25°C)

Kelarutan 25°C : 0,2/100 g air

Titik didih : 1974°C

Warna : Putih

Suhu kritis : 456°C

Bau : Tidak berbau

Tekanan kritis : 51,12 atm

Densitas 20°C : 1,438-1,443 g/cm³

Kemurnian : 98% berat kalsium oksida

2.4 Pengendalian Kualitas

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Evaluasi yang digunakan yaitu standart yang hampir sama dengan standart Amerika yaitu ASTM 1972.

Adapun parameter yang diukur adalah :

- 1) Kemurnian dari bahan baku asetat anhidrida dan asam salisilat
- 2) Kandungan di dalam asetat anhidrida dan asam salisilat
- 3) Kadar air
- 4) Kadar zat pengotor

2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian proses dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat control.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukna dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan *automatic control* yang menggunakan indicator. Apabila terjadi penyimpangan pada indicator yang telah ditetapkan atau diseting baik itu *flow rate* bahan baku/produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari sinyal/tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau set semula baik secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur. Alat kontrol yang harus diset pada kondisi tertentu antara lain :

- *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

- *Flow Control*

Merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

- *Level Indicator*

Merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengukur ketinggian suatu fluida dalam suatu alat tertentu.

- *Temperature Control*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses yang berjalan pada kondisi suhu tertentu. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

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

1) Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek. Kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor/analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

2) Pengendalian Kuantitas

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

3) Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

4) Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik Asam Asetilsalisilat perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1.1 Tinjauan Proses

Dalam pembuatan asam asetilsalisilat ini digunakan proses esterifikasi dengan bahan baku Asetat anhidrida dan Asam salisilat yang direaksikan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada kondisi operasi yang optimal dengan suhu 60-70°C, tekanan 1 atm, dengan waktu reaksi lebih dari 20-30 menit. (US 6,278,014 B1)

Rasio perbandingan massa antara Asam salisilat dan Asetat anhidrat serta kalsium oksida adalah 2:2:1 dengan tangki berpengaduk dengan waktu tinggal 20-30 menit untuk membuat larutan. (US 6,278,014 B1)

Reaksi ini menghasilkan produk tidak kurang dari 98-99% (2% maksimum kadar asam salisilat bebas). Produk reaksi mengandung sekitar 70% Asam asetilsalisilat dan sekitar 30% kalsium asetat (US 6,278,014 B1). Kalsium asetat yang dihasilkan berfungsi sebagai eksipien sehingga produk yang dihasilkan dapat langsung dikempa menjadi tablet aspirin segera setelah proses penyimpanan.

Eksipien merupakan bahan selain zat aktif yang ditambahkan dalam formulasi pembuatan tablet. Eksipien mempunyai peranan yang penting dalam formulasi tablet karena tidak ada satupun zat aktif yang dapat langsung dikempa menjadi tablet tanpa membutuhkan eksipien. Rasio penggunaan kalsium asetat sebagai eksipien yaitu 60:40 dari berat. (US 2005/0106214 A1)

Peralatan pada proses pembuatan Asam asetilsalisilat antara lain : Reaktor, Furnace dan Rotary drier.

3.1.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dilakukan untuk mengetahui reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis. Hal ini dapat diketahui dengan menghitung enthalpy reaksi dengan rumus :

$$\Delta H_{\text{reaction}} = \sum(n\Delta H_f)_{\text{produk}} - \sum(n\Delta H_f)_{\text{reaktan}}$$

Jika $\Delta H_{\text{reaction}} < 0$ maka reaksi berjalan eksotermis dan membutuhkan pendingin. Apabila $\Delta H_{\text{reaction}} > 0$ maka reaksi berjalan endotermis dan membutuhkan pemanas. (Yaws, 1999)

Data ΔH_f untuk masing-masing senyawa adalah :

$$\Delta H_f \text{ C}_7\text{H}_6\text{O}_3 = -592,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = -625,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f \text{ CaO} = -635 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_f \text{ C}_9\text{H}_8\text{O}_4 = -758,19 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{Ca} = -986,09 \text{ kJ/mol} \quad (\text{http://webbook.nist.gov})$$

Maka didapat nilai ΔH sebagai berikut :

$$\Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{Ca} = -986,09 \text{ kJ/mol} \quad (\text{http://webbook.nist.gov})$$

Maka didapat nilai ΔH sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} &= (\Delta H_f \text{ C}_9\text{H}_8\text{O}_4 + \Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{Ca}) - (\Delta H_f \text{ C}_7\text{H}_6\text{O}_3 + \Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_3 \\ &\quad + \text{CaO}) \\ &= -2030,28 - (-1852,1) \\ &= -178,18 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena nilai ΔH adalah negatif, maka reaksi berjalan eksotermis.

Kemudian untuk mengetahui apakah reaksi berjalan searah (*irreversible*) atau bolak-balik (*reversible*) ditentukan dengan mengetahui nilai K dari reaksi dengan perhitungan sebagai berikut :

$$S^\circ \text{ C}_7\text{H}_6\text{O}_3 = 172,4 \text{ J/mol.K}$$

$$S^\circ \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = 389,95 \text{ J/mol.K}$$

$$S^\circ \text{ CaO} = 38,2 \text{ J/mol}$$

$$S^\circ \text{ C}_9\text{H}_8\text{O}_4 = 252,82 \text{ J/mol.K}$$

$$S^\circ \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{Ca} = 83,4 \text{ J/mol.K} \quad (\text{http://webbook.nist.gov})$$

$$\begin{aligned} \Delta S_{298} &= \sum(n\Delta S)_{\text{produk}} - \sum(n\Delta S)_{\text{reaktan}} \\ &= -197,42 \text{ J/mol.K} \end{aligned}$$

Hasil diatas digunakan untuk menghitung perubahan energi Gibbs dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta G_{298} &= \Delta H_{298} - T \Delta S_{298} \\ &= -178,18 \text{ kJ/mol} - 298 \text{ K} \cdot (-197,42 \text{ J/mol.K}) \\ &= -119,35 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Kemudian digunakan untuk mencari nilai K (konstanta kesetimbangan)

dengan persamaan berikut :

$$\Delta G_{298} = - \ln K R T \quad (\text{J.M. Smith and Van Ness, 1975})$$

Dengan :

$$\Delta G_{298} = \text{Energi Gibbs standar suatu reaksi pada 298 K (kJ/mol)}$$

$$R = \text{Konstanta gas } (8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K})$$

$$T = \text{Temperatur (K)}$$

$$K = \text{Konstanta kesetimbangan}$$

Maka,

$$-\ln K = \Delta G_{298}/(R.T)$$

$$K_{298} = 868,8177$$

Dengan suhu reaksi 90°C atau 363 K, diperoleh nilai K_{363} sebagai berikut

$$\ln \frac{K_{363}}{K_{298}} = \frac{\Delta H_{298}}{R} * \left(\frac{1}{363} - \frac{1}{298} \right)$$

$$K_{363} = 867,251$$

Karena nilai K besar, maka reaksi berjalan searah atau *irreversible*.

3.1.3 Proses Pembuatan

Secara garis besar proses pembuatan asam asetilsalisilat terdiri dari 5 tahap yaitu :

- a. Tahap Persiapan Bahan Baku
- b. Tahap Sintesis
- c. Tahap Kalsinasi
- d. Tahap Pengepakan

a. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Asam asetilsalisilat ($C_9H_8O_4$) adalah pencampuran Asam salisilat ($C_7H_6O_3$), Asetat anhidrida ($C_4H_6O_2$) dan kalsium oksida, (CaO) dalam perbandingan stoikiometri yang tepat.

Bahan baku asam salisilat ($C_7H_6O_3$) diangkut dari Silo (S-01) secara vertical diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-01) ke *Reactor* (R-01). Bahan baku asetat anhidrida ($C_4H_6O_2$) yang disimpan dalam *tangki* (T-01) dialirkan dengan *pompa Sentrifugal* (P-02) dan dipanaskan dengan *Heater* (HE-01) hingga $90^\circ C$ sebelum menuju *Reactor* (R-01). Bahan baku tambahan kalsium oksida (CaO) yang disimpan dalam Silo (S-02) secara vertical diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-01) ke *Furnace* (F-01) kemudian kalsium oksida diangkut secara vertical dengan *Belt Conveyor* (BC-02) ke Silo (S-03) dan secara vertical diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-03) ke *Reactor* (R-01)

b. Tahap Sintesis

Jenis reaktor yang digunakan pada tahap esterifikasi adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Reaksi berjalan secara *eksotermis* oleh karena itu perlu ditambah isolator untuk menjaga suhu di reaktor. Reaksi berlangsung dalam fase cair. Temperatur reaksi dijaga pada suhu $90^\circ C$, tekanan 1 atm. Dengan waktu reaksi pembuatan asam asetilsalisilat adalah 20 menit.

Produk dari reaktor (R-01) bersuhu $90^\circ C$ dan bertekanan 1 atm kemudian dipompa dengan pompa (P-03) ke *Fired heaters* (FH-01).

c. Tahap Pengeringan

Pasta Asam asetilsalisilat yang telah terbentuk, kemudian dikeringkan di dalam Rotary dryer. dimaksudkan untuk mendapatkan kristal asam asetilsalisilat dengan kemurnian 98% berat.

Pasta asam asetilsalisilat yang telah dikeringkan, kemudian dengan menggunakan *bucket elevator* (BE-02) dibawa ke penampung produk sementara (S-04). Penampungan produk berupa *silinder* tegak terbuka dengan tutup bawah berupa *conis*. Selanjutnya produk akhir siap untuk di *packing* yang selanjutnya dibuat *tablet* pada industri farmasi.

d. Tahap Pengepakan

Keluar dari Rotary Dryer, kristal dilewatkan *belt conveyor* (BC-04) menuju *bucket elevator*, dan akhirnya ditampung dalam sebuah Silo. Dari Silo ini selanjutnya kristal akan masuk ke unit pengepakan dan ditampung di gudang sebelum dipasarkan.

3.2 Spesifikasi Alat Proses

Spesifikasi peralatan pada pabrik Asam Asetilsalisilat dari bahan baku Asetat anhidrida, Asam salisilat dan kalsium oksida, kapasitas 10.000 ton/tahun meliputi :

3.2.1 Tangki (T-01)

Tugas : Menyimpan bahan baku Asetat Anhidrida sebanyak 477,882 kg/jam untuk kebutuhan tujuh hari operasi pabrik.

Jenis Alat : Tangki *Horizontal pressure tank* dengan *Torispherical Dished Head*

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 30 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas = 311,2848 m³

Bahan = Stainless steel SA 283 Grade C

Diameter = 9,144 m

Tinggi = 3,657 m

Tebal shell = 0,0048 m (3/16 in)

Tebal head = 0,0174 m (11/16 in)

Jumlah = 1

Harga = Rp 54.899.850,00

Jumlah = 1

Harga = Rp 31.567.414,00

3.2.2 Silo (S-01)

Tugas : Menyimpan bahan baku Asam Salisilat sebanyak 682,626 kg/jam untuk produksi selama tujuh hari.

Jenis Alat : Tangki *Cylindrical vessel* dengan dasar *conical*

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 30 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas = 51,335 m³

Bahan = Carbon steel SA 333 Grade C

Diameter = 3.31777 m

Tinggi = 6.6355 m

Tebal shell = 0,05 m

Tebal head = 0,05 m

Jumlah = 1

Harga = Rp 96.074.738,00

3.2.3 Silo (S-02)

Tugas : Menyimpan bahan kalsium oksida sebanyak 131,31 kg/jam untuk produksi selama tujuh hari.

Jenis Alat : Tangki *Cylindrical vessel* dengan dasar *conical*

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 30 oC

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas = 42.05331 m³

Bahan	= Carbon steel SA 333 Grade C
Diameter	= 3.104 m
Tinggi	= 6.208 m
Tebal shell	= 0,05 m
Tebal head	= 0,05 m
Jumlah	= 1
Harga	= Rp 27.449.925,00

3.2.4 Silo (S-03)

Tugas : Menyimpan bahan kalsium oksida setelah proses furnace sebanyak 131,31 kg/jam untuk produksi selama tujuh hari.

Jenis Alat : Tangki Cylindrical vessel dengan dasar conical

Kondisi Operasi :

Suhu (T)	= 30 oC
Tekanan (P)	= 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas	= 42.05331 m ³
Bahan	= Carbon steel SA 333 Grade C
Diameter	= 3.104 m
Tinggi	= 6.208 m
Tebal shell	= 0,05 m
Tebal head	= 0,05 m

Jumlah = 1
 Harga = Rp 27.449.925,00

3.2.5 Silo (S-04)

Tugas : Menyimpan produk Asetilsalisilat (Aspirin) sebanyak 1237,373 kg/jam untuk produksi selama tujuh hari.

Jenis Alat : Tangki *Cylindrical vessel* dengan dasar *conical*

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 30 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas = 259.5049 m³

Bahan = Carbon steel SA 333 Grade C

Diameter = 5.694 m

Tinggi = 11.388 m

Tebal shell = 0,05 m

Tebal head = 0,05 m

Jumlah = 1

Harga = Rp 96.174.738,00

3.2.6 Reaktor (R-01)

Tugas : Mereaksikan Asam Salisilat sebanyak 682,629 kg/jam dengan Asetat

Anhidrida sebanyak 477,882 kg/jam dan kalsium oksida sebanyak 131,32 kg/jam menjadi Asetilsalisilat (Aspirin) dan kalsium asetat.

Jenis Alat : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

Kondisi Operasi : Isotermis

Suhu (T) = 90 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Bahan = Stainless steel SA 167 tipe 316

Dimensi :

Diameter = 12,5283 m

Tinggi = 12,5283 m

Tebal Shell = 0,006 m (1/4 in)

Tebal Head = 0,008 m (5/16 in)

Tinggi head = 0,487 m

Jenis pengaduk = Marine propeler dengan 3 blade 4 baffle

Kecepatan pengaduk = 2,333 rps

Diameter Impeller = 0,8427 m

Lebar Impeller = 0,1685 m

Power motor = 2 Hp

Tebal isolator = 0,05 m

Jumlah = 1

Harga = Rp 79.604.783,00

3.2.7 Furnace (F-01)

Tugas : mengkalsinasikan bahan kalsium oksida sebanyak 131,31 kg/jam

Jenis Alat : Furnace

Kondisi Operasi : Isotermis

Suhu (T) = 400-850 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Bahan = Fiberglas block, PF612

Dimensi :

Diameter Tube = 8 m

Tinggi = 12,5283 m

Permukaan Shell = 5869 ft²

Bare Tubes = 71.59

Jumlah = 1

Harga = Rp 411.748.878,00

3.2.8 Rotary Drier (RD)

Tugas : Mengeringkan C₉H₈O₄ dan C₄H₆O₄Ca dengan udara yang dipanaskan steam.

Jenis Alat : *Counter current direct head*

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 75 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Diameter drier	= 1 m
Fluks masa udara	= 1 kg/m ² .dtk
Panjang drier	= 4,42 m
Vulome drier	= 3,4717 m ³
Jumlah flight	= 6 buah
Tinggi flight	= 0,1 m
Jarak flight	= 0,523 m
Kecepatan putar	= 30 rpm
Waktu tinggal	= 1,464 jam
Power motor	= 7,5 Hp
Bahan	= Stainles steel tipe 283 Grade C
Tebal shell	= 0,05 m
Jumlah	= 1
Harga	= Rp 82.349.775,00

3.2.9 Pompa (P-02)

Tugas : Memompa Umpan Segar Asetat Anhidrida dari tangki (T-01)
ke Reaktor.

Jenis Alat : Multi stage centrifugal pump, Mixed flow

Spesifikasi :

Kapasitas	= 0.737 m ³ /jam
Bahan	= Stainless Steel SA-213 tipe 304

Head	= 4.1998 m
Putaran aktual	= 3500 rpm
Putaran spesifik	= 10061.71 rpm
Power motor	= 1 Hp, 220 - 240 V, 3 fase
Jumlah	= 1
Harga	= Rp 21.959.940,00

3.2.10 Heater (H-01)

Tugas : Memanaskan umpan Asetat anhidrat sebelum dimasukkan kedalam Reaktor.

Jenis Alat : *Double pipe heat exchanger*

Medium pemanas = Steam pada suhu 300 °C

Fluida di annulus = Steam

Fluida di inner pipe = Asetat anhidrat

Beban panas = 1.386.077,408 kJ/jam

Luas perpindahan panas = 2,84 m²

Bahan = Stainless steel

Annulus side

Diameter (IPS) = 0,05 m

Schedule No = 40

Diameter dalam (ID) = 0,0525 m

Diameter luar (OD) = 0,0605 m

Inner side

Diameter (IPS)	= 0,0318 m
Schedule No	= 40
Diameter dalam (ID)	= 0,0351 m
Diameter luar (OD)	= 0,0422 m
Jumlah hairpin	= 2

3.2.11 Belt Conveyor (BC-01)

Tugas : Mengangkut Asam Salisilat dari Silo (S-01) ke Reaktor sebanyak
682,629 kg/jam

Jenis Alat : Closed belt conveyor

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 30 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas = 874,052 kg/jam

Bahan = Stainless steel SA-283 Grade C

Lebar belt = 0,356 m

Panjang belt = 5 m

Power motor = 1 Hp

Kecepatan belt = 0,0167 m/s

Jumlah = 1

Harga = Rp 13.724.962,00

3.2.12 Belt Conveyor (BC-04)

Tugas : Mengangkut $C_9H_8O_4$ kristal dari Rotary Dryer ke Silo penyimpanan sebanyak 1262.6262 kg/jam

Jenis Alat : Close belt conveyor

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 35 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas = 1446.78 kg/jam

Bahan = Stainless steel SA-283 Grade C

Lebar belt = 0,656

Panjang belt = 15 m

Power motor = 1.5 Hp

Kecepatan belt = 0,0167 m/s

Jumlah = 1

Harga = Rp 21.634.962,00

3.2.13 Bucket elevator (BE-01)

Tugas : Mengangkut Asam AsetilSalisilat dari tank ke silo (S-04)

Jenis Alat : Centrifugal closed discharge buckets

Kondisi Operasi :

Suhu (T) = 30 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Spesifikasi :

Kapasitas = 1418.825 kg/jam

Bahan = Stainless steel SA-283 Grade C

Jarak bucket = 0,305 m

Tinggi elevator = 7,62 m

Power motor = 1.5 Hp

Kecepatan = 43 rpm

Jumlah = 1

Harga = Rp 34.312.406,00

3.2.14 Hopper (HP-01)

Tugas : Sebagai penampung sementara Asam Asetilsalisilat sebelum dimasukkan ke dalam Silo (S-04).

Jenis Alat : Hopper standar berbentuk prisma trapesium

Kondisi operasi :

Suhu (T) = 30°C

Tekanan (P) = 1 atm

Dimensi :

Panjang inlet = 1 m

Lebar inlet = 1 m

Panjang outlet = 0,3 m

Lebar outlet = 0,3 m

Tinggi = 1 m

Tebal dinding = 0,03 m

Spesifikasi :

Bahan = Carbon steel SA-333 Grade C

Volume = 0,463 m³

Sudut samping = 19°

Sudut lembah = 26°

Luas permukaan = 2,795 m²

Berat Hopper = 657 kg

Jumlah = 1

Harga = Rp 10.979.970,00

3.2.15 Screen (SCR-01)

Tugas : Memisahkan padatan C₉H₈O₄ berukuran 0,05 mm dari ukuran yang lebih besar.

Jenis Alat : Vibratory Screens

Kondisi operasi :

Suhu (T) = 30°C

Tekanan (P) = 1 atm

Dimensi :

Bukaan sieve = 7,4 x 10⁵ m

Diameter kawat = 5,3 x 10⁵ m

Spesifikasi :

Bahan	= Carbon steel SA-333 Grade C
Kapasitas	= 10 ton/m ² area.mm Ap.hari
Power Motor	= 1,5 HP
Jumlah	= 1
Harga	= Rp 54.899.850,00

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Pendahuluan

Salah satu syarat penting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dalam suatu perancangan pabrik diantaranya tata letak peralatan dan fasilitas yang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum pendirian pabrik.

4.2 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu perusahaan sangat penting dalam perancangan pabrik karena hal ini berhubungan langsung dari nilai ekonomis pabrik yang akan dibangun. Pabrik Aspirin ini direncanakan akan dibangun di Gresik, Jawa Timur.

Lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik aspirin adalah Jln. Jenderal Akhmad Yani, Gresik, Jawa Timur dimana terdapat pelabuhan untuk keperluan bongkar muat bahan baku. Sehingga transportasi pengiriman dapat menggunakan jalur laut yang terjangkau secara ekonomis dan jalur pelayaran Jawa Timur dilalui oleh pelayaran antara Asia dan Australia.

Gresik dinilai ideal dengan pertimbangan, antara lain:

1. Tersedianya lahan yang kurang produktif.
2. Tersedianya sumber air dari aliran Sungai Brantas dan Sungai Bengawan Solo.
3. Dekat dengan pelabuhan sehingga memudahkan untuk mengangkut peralatan pabrik selama masa konstruksi, pengadaan bahan baku, maupun pendistribusian hasil produksi melalui angkutan laut.
4. Dekat dengan Surabaya yang memiliki kelengkapan yang memadai, antara lain, tersedianya tenaga-tenaga terampil.

Selain itu prospek pengembangan industri masih bisa tumbuh seperti pendirian pabrik asam salisilat yang belum diproduksi di Indonesia dari phenol dan gas alam, serta pendirian pabrik metal salisilat dari asam salisilat dan methanol yang digunakan untuk farmasi sehingga perkembangan industri farmasi dapat lebih berkembang.

Terdapat pula beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang dirancang secara teknis dan ekonomis menguntungkan. Adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan adalah :

1. Faktor Primer
2. Faktor Sekunder

4.2.1 Faktor Primer

a. Penyediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu variabel yang penting dalam pemilihan lokasi suatu pabrik. Pabrik harus didirikan pada suatu daerah dimana bahan baku mudah diperoleh atau tersedianya sarana transportasi yang memadai. Bahan baku Asam salisilat dan Asetat anhidrida diimpor dari Cina. Lokasi kawasan industri berjarak tidak jauh dari pelabuhan sehingga memudahkan proses import dan ekspor.

b. Pemasaran Produk

Indonesia adalah negara industri yang sedang dan terus berkembang dengan pesat. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai pasar yang baik bagi Aspirin. Untuk pemasaran hasil produksi dapat dilakukan melalui jalan darat maupun jalan laut. Aspirin yang dihasilkan dapat dipasarkan untuk industri-industri kosmetik, dan farmasi. Disamping itu, dekatnya lokasi pabrik dengan pelabuhan laut Gresik dan Surabaya akan mempermudah pemasaran produk.

c. Utilitas

Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya air, listrik, dan sarana lainnya sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Sebagai suatu kawasan industri berskala besar (PT. Petrokimia Gresik, Gresik telah mempunyai sarana-sarana pendukung yang memadai.

d. Sarana Transportasi

Sarana transportasi untuk keperluan pengangkutan bahan baku dan pemasaran produk dapat ditempuh melalui jalur darat maupun laut. Pelabuhan dapat dijadikan tempat berlabuh untuk kapal yang mengangkut bahan baku maupun produk. Dengan tersedianya sarana baik darat maupun laut maka diharapkan kelancaran kegiatan proses produksi, serta kelancaran pemasaran baik pemasaran domestik maupun internasional.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah. Tenaga kerja juga merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi. Untuk tenaga kerja yang berkualitas dan berpotensi dipenuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia maupun tenaga asing, sedangkan untuk tenaga operator ke bawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar.

4.2.2 Faktor Sekunder

a. Perluasan areal pabrik

Gresik memiliki kemungkinan untuk perluasan pabrik karena belum terlalu banyak pabrik berdiri disana sebagai kawasan industri. Hal ini perlu diperhatikan karena dengan semakin meningkatnya permintaan produk akan menuntut adanya perluasan pabrik.

Keadaan Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20 – 35°C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

b. Kebijakan pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait didalamnya, kebijaksanaan pengembangan industri, dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Disamping itu, pabrik yang didirikan juga harus berwawasan lingkungan, artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan sekitarnya.

c. Kemasyarakatan

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi Gresik dirasa tepat.

Dari pertimbangan faktor-faktor diatas, maka kemudian dipilih daerah Gresik, Propinsi Jawa Timur sebagai lokasi pendirian pabrik Aspirin.

4.3 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan alternatif (areal *handling*) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (Timmerhaus,2004):

1. Urutan proses produksi.
2. Pengembangan lokasi baru atau penambahan / perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
3. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
6. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
7. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.

8. Masalah pembuangan limbah cair dan *Service Area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada

Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

No.	Bangunan/Area	Ukuran m x m	Luas, m ²
1	Taman	20 x 7	140
2	Pos Jaga	2x 15	30
3	Tempat Parkir	30 x 20	600
4	kantor	50 x 30	1500
5	Kantin	50 x 5	250
6	Laboratorium	30 x 15	450
7	Bengkel	20 x 15	300
8	Gudang	20 x 20	400
9	Masjid	10 x 15	150
10	Ruang Kontrol	20 x 10	200
11	Klinik	10 x 10	100
12	Pemadam Kebakaran	20 x 15	300
13	Area proses	500 x 200	100000
14	Area Utilitas	300 x 100	30000
15	Area tangki Penyimpan	45 x 20	9000

Lanjutan Tabel 4.1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

16	Area Pengolahan Limbah	100 x 50	5000
17	Area Pengembangan	1000 x 100	10000
	Total Luas Area		158420

4.4 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

4.4.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

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

4.4.2 Aliran Udara

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

4.4.3 Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4.4.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

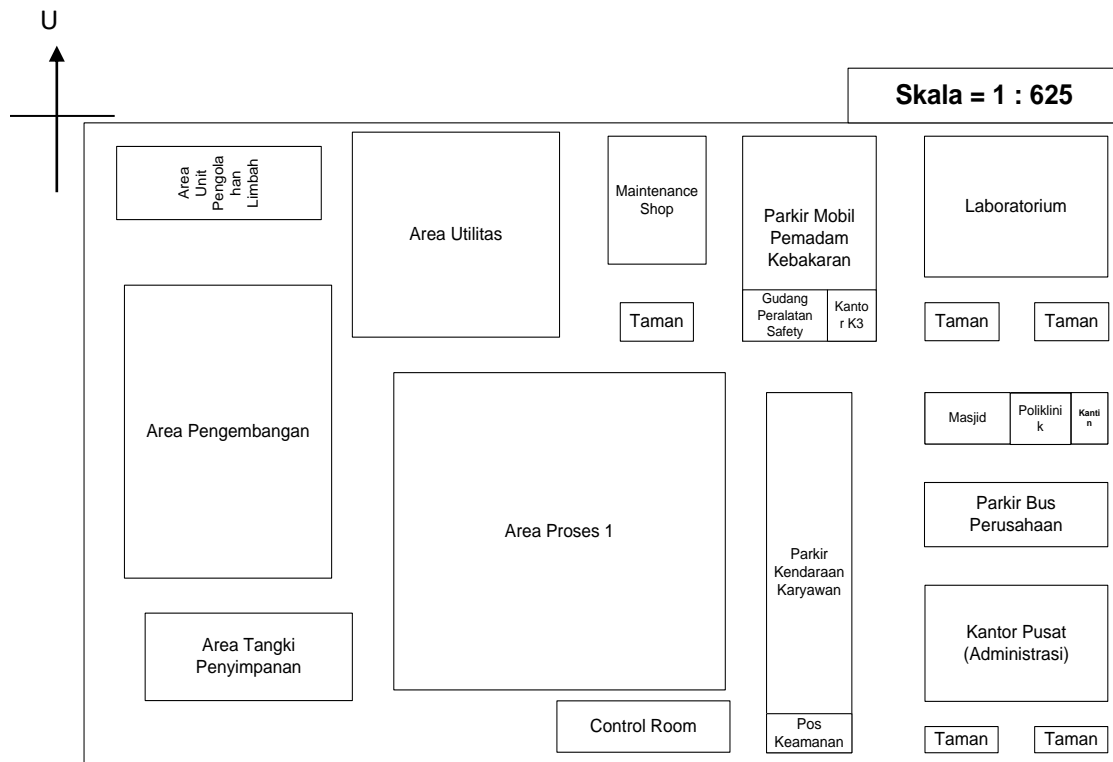
Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

4.4.5 Pertimbangan Ekonomi

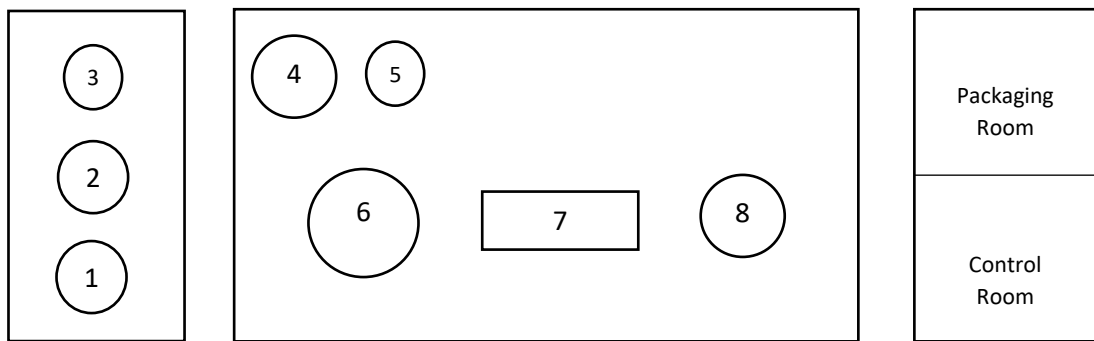
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

4.4.6 Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya. Tata letak pabrik dan alat proses diperlihatkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik Aspirin



Keterangan :

- | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------------|
| 1. Tangki Asetat Anhidrida | 4. Furnace | 7. Rotary Dryer |
| 2. Silo Asam Salisilat | 5. Silo Kalsium Oksida | 8. Silo Produk |
| 3. Silo Kalsium Oksida | 6. Reaktor | |

Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Pabrik Aspirin

4.5 Alir Proses dan Material

4.5.1 Neraca Massa

Untuk Memperoleh kuantitas produk sesuai yang diharapkan dan menentukan jenis alat proses maupun desainnya maka perlu disusun neraca massa. Dalam neraca massa terdapat data input dan output dari masing-masing alat sehingga proses bisa berjalan secara efektif dan efisien.

4.5.1.1 Neraca Massa per Alat

Neraca massa untuk masing-masing alat diperlihatkan pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.6.

Tabel 4.2 Neraca massa di Reaktor (R-01) (kg/jam)

NO.	Komponen	Masuk	Keluar
1	C ₇ H ₆ O ₃	682,629	212,93
2	C ₄ H ₆ O ₃	477,882	0
3	CaO	131,31	0
4	C ₄ H ₆ O ₄ Ca	0	371,212
5	C ₉ H ₈ O ₄	0	866,161
		1250,3	1250,3

Tabel 4.5 Neraca massa di Rotary Dryer (kg/jam)

NO.	Komponen	Masuk	Keluar
1	C7H6O3	25,2	25,2
2	C4H6O3	0	0
3	CaO	0	0
4	C4H6O4Ca	371,212	371,212
5	C9H8O4	866,161	866,161
		1262,57	1262,57

Neraca massa total dapat ditabulasikan pada tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Neraca massa total

NO.	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
1	C7H6O3	682,629	25,2
2	C4H6O3	477,882	0
3	CaO	131,31	0
4	C4H6O4Ca	0	371,212
5	C9H8O4	0	866,161
	Total	1262,57	1262,57

4.5.2 Neraca Energi

Untuk mengetahui kebutuhan panas ataupun kelebihan panas dari masing-masing alat proses, maka diperlukan perhitungan energi di dalam alat

tersebut. Neraca energi masing-masing alat diperlihatkan pada Tabel 4.8 sampai Tabel 4.12.

Tabel 4.8 Neraca Energi Reaktor (kJ/jam)

Komponen	Q masuk	Q keluar
C7H6O3	20863,796	6164,303
C4H6O3	11115,445	1111,544
CaO	204,6112	4,0922
C4H6O4Ca	4274,643	42836,754
C9H8O4	65,828.750	14628,61
Panas reaksi		-206679,516
Panas diserap isolator		178258,016
Total	36319,713	36319,713

Tabel 4.9 Neraca Energi Rotary Dryer (Kj/jam)

Komponen	Q masuk	Q produk	Q ke udara
C7H6O3	142,253	18,967	369,384
C4H6O3	25,651	3,42	66,607
CaO	58,277	0	0
C4H6O4Ca	899,572	131,805	2566,91
C9H8O4	3301,726	8957,211	4,613
Udara panas	7601,831		
Total	12118,918	12118,918	

4.5.3 Diagram Alir

Diagram alir yang disajikan dalam perancangan pabrik adalah sebagai berikut :

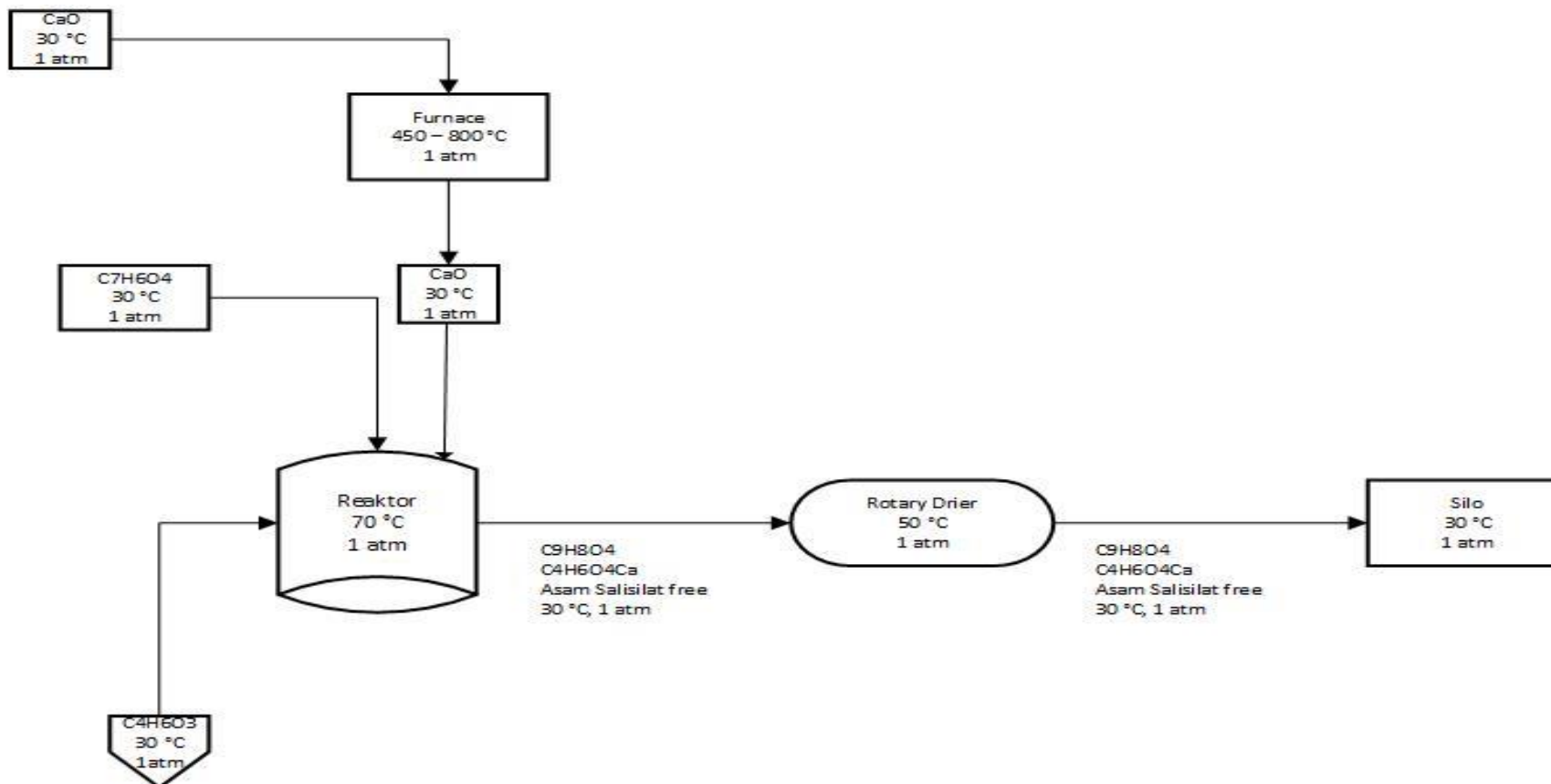
- Diagram Alir Kualitatif
- Diagram Alir Kuantitatif

1. Diagram Alir Kualitatif

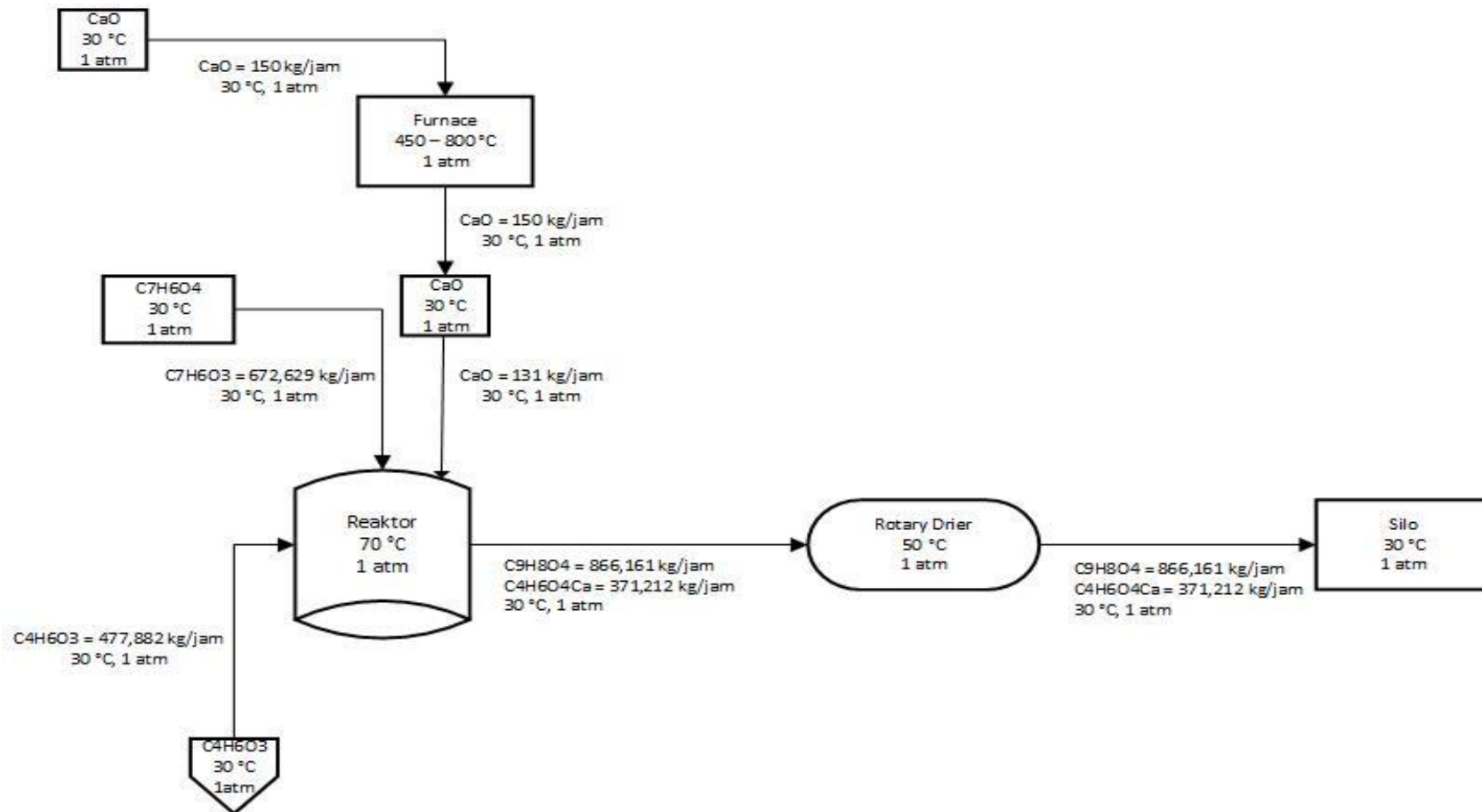
Merupakan susunan blok yang menggambarkan proses pembuatan Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrida dimana tiap arus dilengkapi data bahan-bahan yang mengalir dan tiap blok mewakili alat tertentu yang dilengkapi data kondisi operasi (P dan T), seperti dapat dilihat pada Gambar 4.3

2. Diagram Alir Kuantitatif

Merupakan susunan blok yang menggambarkan proses pembuatan Asam Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrida dimana tiap arus dilengkapi data bahan-bahan yang mengalir beserta laju alirnya (dalam kg/jam), seperti dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Diagram alir kualitatif pabrik Asam asetilsalisilat



Gambar 4.4 Diagram alir kuantitatif pabrik Asam Asetilsalisilat

4.6 Perawatan (*Maintenance*)

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

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

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

1. *Over head* 1 x 1 tahun

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

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki alat – alat. Selain itu untuk memperbaharui alat - alat yang telah rusak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a. Umur alat

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

b. Bahan baku

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

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.7 **Pelayanan Teknik (Utilitas)**

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

4.7.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

4.7.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik Aspirin ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Brantas. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.

4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e. Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3. Air sanitasi.

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat fisika, meliputi:

- 1) Suhu : Di bawah suhu udara
- 2) Warna : Jernih
- 3) Rasa : Tidak berasa
- 4) Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi:

- 1) Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- 2) Tidak mengandung bakteri.

4.7.1.2 Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air bertanggung jawab untuk menjamin tersedianya air yang dipergunakan untuk umpan boiler yang kemudian dirubah menjadi fase uap sebagai fluida panas. Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

- a. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
- b. Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap

secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/ menyaring partikel - partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira - kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

3. Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam - garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm.

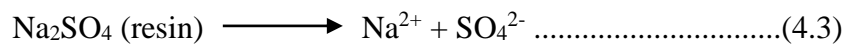
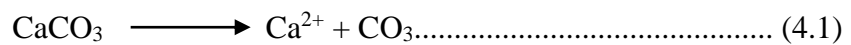
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut :

a. *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

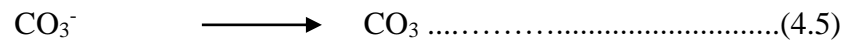
Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

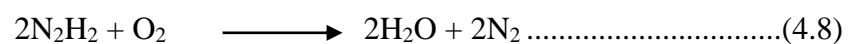
Reaksi:



c. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:



Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*). Proses pengolahan air diperlihatkan pada Gambar 4.5 yaitu diagram alir proses pengolahan air dan steam.

4.7.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Steam diperlukan untuk memanaskan fluida sebelum diproses di dalam alat proses agar proses dapat berjalan secara efektif dan efisien. Kebutuhan air untuk membangkitkan steam diperlihatkan pada Tabel 4.13 dan air untuk kebutuhan proses diperlihatkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.13 Kebutuhan air pembangkit steam

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
HE-01	450.4972
HE-02	398.8338
HE-03	39.8013
RB-01	24.6396
Total	913.7719

Air pembangkit *steam* sebanyak 80% digunakan kembali, maka *make up* yang diperlukan adalah sebanyak 20%. Sehingga *make up steam* adalah sebesar

$$= 20\% \times 913,7719 \text{ kg/jam}$$

$$= 182,7544 \text{ kg/jam}$$

Blow Down 20%

$$= 20\% \times 913,7719 \text{ kg/jam}$$

$$= 182,7544 \text{ kg/jam}$$

Jumlah air *make up*

$$= 182,7544 \text{ kg/jam} + 182,7544 \text{ kg/jam}$$

$$= 365,5088 \text{ kg/jam}$$

Tabel 4.14 Kebutuhan air proses

Nama alat	Jumlah (kg/jam)
CD-01	1867,9082
CO-01	1807,2560
CO-02	2680,9216
CR-01	2830,5474
Total	9186,6332

Jumlah air yang menguap :

$$= 0,00085 \times \text{total kebutuhan air} \times \Delta T$$

$$= 7,808 \text{ kg/jam}$$

Jumlah air yang terbawa keluar aliran tower

$$= 0,15\% \times \text{jumlah air yang menguap}$$

$$= 0,0117 \text{ kg/jam}$$

Jumlah air *make up* :

$$= 7,808 \text{ kg/jam} + 0,0117 \text{ kg/jam}$$

$$= 7,8197 \text{ kg/jam}$$

2. Air untuk perkantoran dan rumah tangga

Air selain digunakan pada proses produksi pabrik juga dipergunakan untuk konsumsi sehari-hari, baik dalam perkantoran maupun perumahan dalam lingkungan pabrik. Kebutuhan air untuk perkantoran dan perumahan ditabulasikan pada Tabel 4.15.

Kebutuhan air 1 orang = 100 kg/hari (Sularso,2000)

Jumlah karyawan = 135 orang

Tabel 4.15 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga

No.	Alat yang memerlukan	Jumlah Kebutuhan (kg/hari)
1	Karyawan	13.500
2	Laboratorium	400
3	Bengkel	100
4	Perumahan	16.000
5	Poliklinik	200
6	Pemadam Kebakaran	1.000
7	Kantin, Musholah, Pertamanan, dll	1.200
Σ		28.900

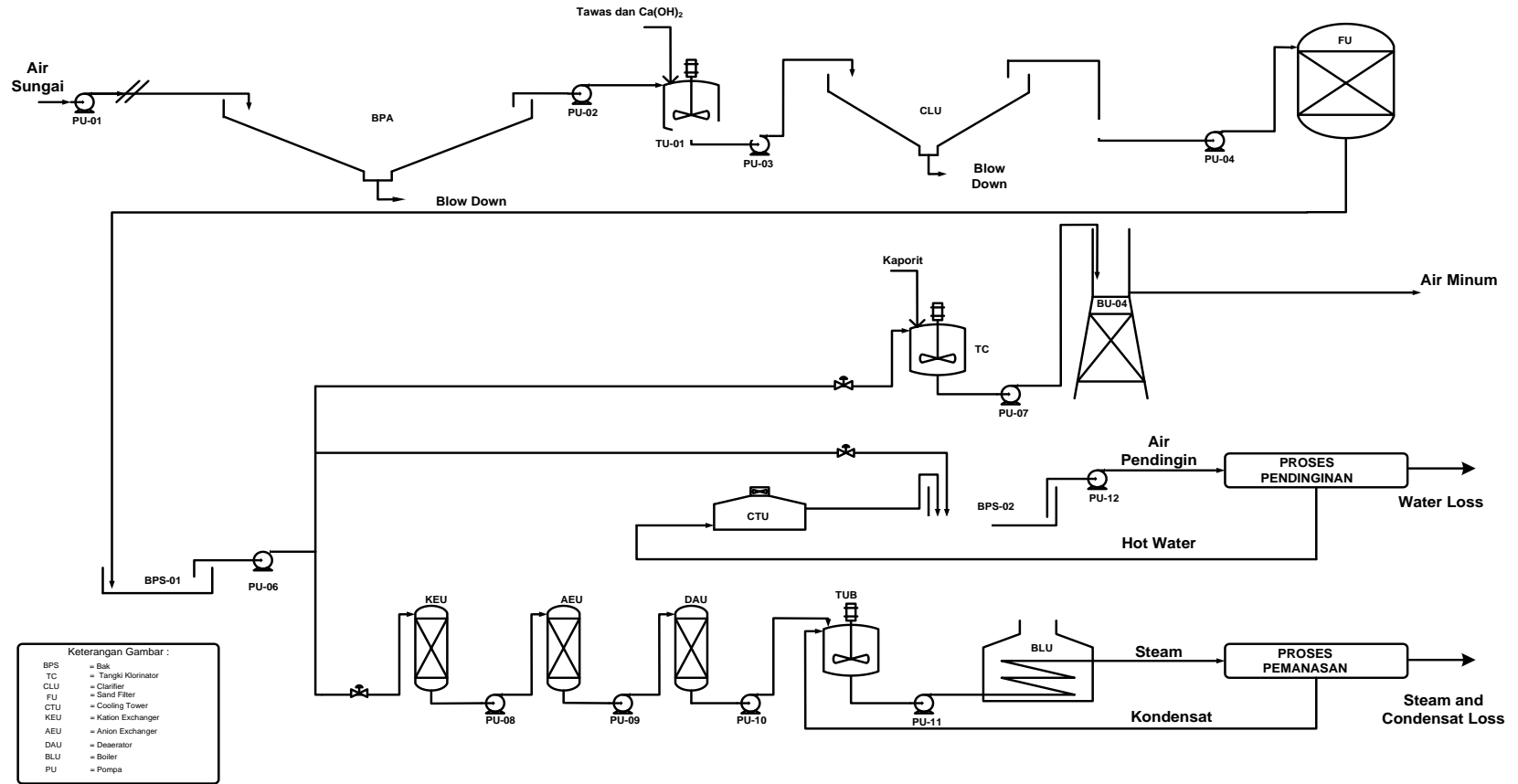
Kebutuhan Air Total = 11.670,0806 kg/jam

4.7.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Steam yang diproduksi pada pabrik Asam asetilsalisilat (Aspirin) ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas pada rotary dryer dan *heat exchanger*. Untuk memenuhi kebutuhan steam digunakan boiler. Jenis steam

yang digunakan pada pabrik Asam asetilsalisilat ini adalah saturated steam berjumlah 1096,5263 kg/jam. Suhu steam adalah 300° C.

Secara umum, proses utilitas air di pabrik Aspirin diperlihatkan pada Gambar 4.5 dimana digambarkan peralatan dan alur pengolahan air sungai.



Gambar 4.5 Diagram Alir Proses Pengolahan Air dan Steam

4.7.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Generator digunakan sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

Spesifikasi diesel yang digunakan adalah :

Kapasitas : 90 kW

Jenis : Diesel

Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar engkol untuk dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari - hari digunakan listrik PLN 100 %. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

Kebutuhan Listrik Untuk Alat Proses diperlihatkan pada Tabel 4.16 berikut :

Tabel 4.16 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Nama Alat	Power pompa (HP)
Pompa-01	1,00
Pompa-02	1,00
Pompa-03	1,00

Lanjutan Tabel 4.16 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Pompa-04	1,00
Pompa-05	1,00
Pompa-06	1,00
Pompa-07	1,00
BC-01	1,00
BC-02	1,00
BC-03	1,00
BC-04	1,00
BE-01	1,00
BE-02	1,00
BE-03	1,00
Ball Mill	5,00
Screening	1,00
BL-01	1,00
Reaktor	2,00
Rotary Driyer	20,00
F-01	10,00
Total	50,00

Kebutuhan listrik untuk keperluan alat proses = 50,00 HP

maka total power yang dibutuhkan = 37,28 kiloWatt

Kebutuhan Listrik Untuk Utilitas ditabulasikan pada Tabel 4.17

berikut :

Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Utilitas

Nama Alat	Power (HP)
PU-01	1,50
PU-02	1,00
PU-03	1,00
PU-04	1,00
PU-05	1,00
PU-06	1,00
PU-07	1,00
PU-08	1,00
PU-09	1,00
PU-10	1,00
PU-11	1,00
PU-12	1,00
TK	1,00
TC	0,50
CTU	1,50
CU	7,50
Total	23,00

Jumlah kebutuhan listrik utilitas 23,00 HP.

Jumlah kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas 73 HP. Angka keamanan diambil 20 % sehingga dibutuhkan 87,6 HP. Selanjutnya jumlah kebutuhan listrik untuk alat instrumentasi dan kontrol diperkirakan sebesar 5 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas yaitu 4,38 HP.

Kebutuhan Listrik Laboratorium, Rumah Tangga, Perkantoran dan lain-lain diperkirakan sebesar 25 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas 21,9 HP.

Kebutuhan Listrik Total

Jumlah kebutuhan listrik total = 113,88 HP

Maka kebutuhan listrik total = 84,92 kW

Berdasarkan total kebutuhan listrik yang diperlukan, maka dengan disediakan generator sebagai cadangan sebesar 90 kiloWatt, sehingga kebutuhan listrik dianggap aman.

4.7.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Alat pengadaan udara tekan menggunakan kompresor dengan tekanan 4 atm. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 70,224 m³/jam. Udara tekan dihasilkan dari kompresor untuk menaikkan tekanan udara dari lingkungan menjadi 4 atm.

Udara tekan pada pabrik digunakan untuk menggerakkan katup pada sistem udara control. Udara lingkungan sebelum digunakan sebagai udara tekan disaring terlebih dahulu dengan filter udara dan diturunkan kelembabannya

dengan melewati pada tumpukan silika gel. Udara kering kemudian ditekan dengan kompresor sampai tekanan $P = 4$ atm.

4.7.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Unit penyediaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada alasan :

1. Mudah didapat
2. Kesetimbangan terjamin
3. Mudah dalam penyimpanan

Jenis bahan bakar yang digunakan untuk diesel adalah solar yang diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Sedangkan untuk boiler digunakan oil fuel, dimana lebih murah daripada solar untuk digunakan sebagai bahan bakar pada boiler.

Sifat fisik solar adalah sebagai berikut :

- Heating value : 18.800 Btu/lb
- Specific gravity : 0,8691
- Efisiensi : 80%

Kebutuhan bahan bakar :

1. Untuk boiler = 138,565 lt/jam
2. Untuk generator = 21,345 lt/jam

4.7.6 Laboratorium

Kualitas merupakan salah satu daya tarik konsumen terhadap suatu produksi. Oleh karena itu mempertahankan mutu suatu produk merupakan salah satu yang terpenting yang memerlukan perhatian khusus dari perusahaan. Menyadari pentingnya kualitas tersebut, maka pabrik Aspirin membentuk bagian yang bertugas mengendalikan mutu tersebut yaitu seksi jaminan mutu, seksi pengendalian proses yang bertugas dalam ruang *Central Control Room*, dan seksi bidang penelitian.

4.8 Organisasi Perusahaan

4.8.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Aspirin ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

4.8.2 Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Struktur organisasi perusahaan disusun seperti terlihat pada Gambar 4.6. Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris, sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.

4.8.3 Tugas dan Wewenang

4.8.3.1 Pemegang saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

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

4.8.3.2 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham, sehingga Dewan Komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direksi.
3. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

4.8.3.3 Dewan Direksi

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju-mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab terhadap Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi, Direktur Keuangan dan Umum.

Tugas-tugas Direktur Utama meliputi :

1. Melaksanakan *policy* perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaan pada pemegang saham pada akhir jabatan.
2. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan.
3. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerja sama dengan Direktur Produksi dan Direktur Keuangan Umum.

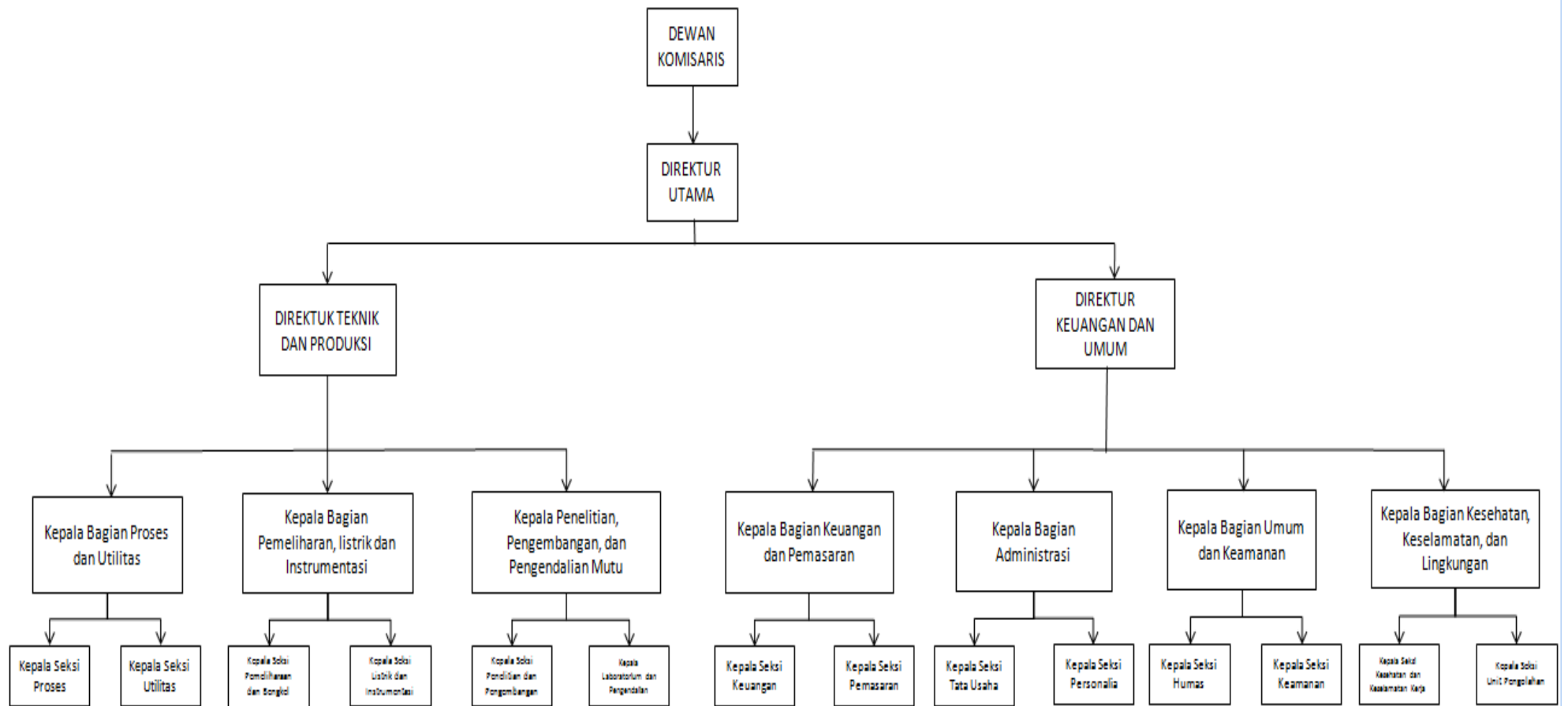
4.8.3.4 Kepala Bagian

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

dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur.

4.8.3.5 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.



Gambar 4.6 Struktur Organisasi Perusahaan

4.8.4 Sistem Kerja Karyawan

4.8.4.1 Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

4.8.4.2 Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (overtime).

4.8.4.3 Kerja Lembur (Overtime)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

4.8.4.4 Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya. Sebaran gaji karyawan diperlihatkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Gaji karyawan

Jabatan	Pendidikan	Jumlah	Gaji/orang/bulan	Gaji total/tahun
Direktur utama	S-2	1	40,000,000.00	480,000,000.00
Direktur	S-2	2	30,000,000.00	720,000,000.00

Lanjutan Tabel 4.18 Gaji karyawan

Kepala Bagian	S-1	7	20,000,000.00	1,680,000,000.00
Kepala Seksi	S-1	14	15,000,000.00	2,520,000,000.00
Kepala shift	S-1	7	10,000,000.00	840,000,000.00
Pegawai Staff I	S-1	18	8,000,000.00	1,728,000,000.00
Pegawai Staff III	SLTA	18	6,500,000.00	1,404,000,000.00
Operator	SLTA/STM	21	5,000,000.00	1,260,000,000.00
Kepala Regu	SLTA	2	3,000,000.00	72,000,000.00
Security	SLTA	15	2,500,000.00	450,000,000.00
Pegawai	SLTA	30	2,500,000.00	900,000,000.00
Jumlah		135.00		12,054,000,000.00

4.8.4.5 Jam Kerja Karyawan

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift.

a. Jam kerja karyawan non-shift

Senin – Kamis:

Jam Kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat :

Jam Kerja : 07.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

hari Sabtu dan Minggu libur

b. Jam kerja karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi:

- Shift Pagi : 07.00 – 15.00
- Shift Sore : 15.00 – 23.00
- Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam Tabel 4.19 sebagai berikut :

Tabel 4.19 Jadwal kerja masing-masing regu

Hari/Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L
2	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P
3	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S
4	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M

Keterangan :

P = Shift Pagi

M = Shift Malam

S = Shift Siang

L = Libur

4.9 Evaluasi Ekonomi

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

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)
Meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.9.1 Penaksiran Harga Peralatan

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

Pabrik Aspirin beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun berdiri pada tahun 2019. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2019 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2007, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.20 menunjukkan data indeks alat dari tahun 1987 sampai 2007 yang dipergunakan untuk menentukan harga peralatan proses.

Tabel 4.20 Harga indeks

Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
1987	324	1
1988	343	2
1989	355	3
1990	356	4
1991	361,3	5
1992	358,2	6
1993	359,2	7
1994	368,1	8
1995	381,1	9
1996	381,7	10
1997	386,5	11
1998	389,5	12
1999	390,6	13
2000	394,1	14
2001	394,3	15
2002	395,6	16
2003	402	17
2004	444,2	18

Lanjutan Tabel 4.20 Harga indeks

2005	468,2	19
2006	499,6	20
2007	525,4	21
Total	8277,6	231

Sumber : (Peter Timmerhaus,1990)

Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 7.302x - 14189$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2016 sebagaimana terlihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Harga indeks pada tahun perancangan

Tahun	Index
2008	473,42
2009	480,72
2010	488,02
2011	495,32
2012	502,62
2013	509,93
2014	517,23
2015	524,53

Tahun	Index
2016	531,83
2017	539,13
2018	546,44
2019	553,74
2020	561,04
2021	568,32

Jadi indeks pada tahun 2020 = **568,32**

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters & Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun x

Ey : Harga pembelian pada tahun y

Nx : Index harga pada tahun x

Ny : Index harga pada tahun y

4.9.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi Aspirin	= 10.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2020
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 13.182,-
Harga bahan baku	
• Asam Salisilat	= Rp 315.579.191.756,00
• Asetat Anhidrida	= Rp 38.870.733.700,00
• Kalsium Oksida	= Rp 2.277.021.509
Harga Jual Aspirin	= Rp 948.626.980.329,00

4.9.3 Perhitungan Biaya

4.9.3.1 *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran–pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital *investment* terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

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

4.9.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect*, dan *Fixed Manufacturing Cost* yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.9.3.3 *General Expense*

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

4.9.4 Analisa Kelayakan

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

4.9.4.1 *Percent Return On Investment*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

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

4.9.4.2 *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah :

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk

mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

4.9.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah :

1. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.9.4.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah :

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

4.9.4.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.

2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

4.9.5 Hasil Perhitungan

Physical Plant Cost

1. *Purchased Equipment Cost (PEC)*

a.	Harga alat proses	= Rp 1.281.911.508,00
b.	Harga alat Utilitas	= <u>Rp 3.976.807.916,00</u>
	Total PEC	= Rp 5.258.719.424,00

2. *Delivered Equipment Cost (DEC)*

Biaya pengangkutan (15% PEC)

$$= 0,15 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$$

$$= \text{Rp } 788.807.913,73$$

Biaya administrasi dan pajak (10% PEC)

$$= 0,1 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$$

$$= \text{Rp } 525.871.942,49$$

Total DEC

$$= \text{Rp } 788.807.913,73 + \text{Rp } 525.871.942,49$$

$$= \text{Rp } 6.573.399.281,11$$

3. **Biaya Instalasi**

Material (11%. PEC)

$$= 0,11 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$$

$$= \text{Rp } 578.459.136,74$$

Buruh (32% PEC)

$$= 0,32 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$$

$$= \text{Rp } 447.965.342,56$$

- Buruh Asing = Rp 84.139.510,80

- Buruh Lokal = Rp 363.826.831,85

Total biaya instalansi

$$= \text{Rp } 1.026.424.479,39$$

4. Biaya Pemipaan

Material (36%. PEC) = $0,36 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$

= Rp 1.893.138.992,96

Buruh (30% PEC) = $0,3 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$

= Rp 419.967.508,74

- Buruh Asing = Rp 78.880.791,37

- Buruh Lokal = Rp 341.086.717,36

Total biaya pemipaan = Rp 2.313.106.501,69

5. Biaya Instrumentasi

Material (12%. PEC) = $0,12 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$

= Rp 631.046.330,99

Buruh (3% PEC) = $0,03 \times \text{Rp } 5.258.719.424,00$

= Rp 41.996.081,86

- Buruh Asing = Rp 7.888.079,14

- Buruh Lokal = Rp 34.108.671,74

Total biaya Instrumentasi = Rp 673.043.081,86

6. Biaya Isolasi

Material (3%. PEC)	= 0,03 x Rp 5.258.719.424,00
	= Rp 157.761.582,75
Buruh (5% PEC)	= 0,05 x Rp 5.258.719.424,00
	= Rp 69.994.584,79
▪ Buruh Asing	= Rp 13.146.798,56
▪ Buruh Lokal	= Rp 56.847.786,23
Total biaya pemipaan	= Rp 227.756.167,54

7. Listrik

Biaya listrik (10%. PEC)	= 0,10 x Rp 5.258.719.424,00
	= Rp 525.871.942,4

8. Bangunan

Luas bangunan	=	8.680 m ²
Harga bangunan	=	Rp 2.000.000,00 /m ²
Total biaya bangunan	=	Rp 17.360.000.000,00

9. Tanah

Luas tanah	=	158.420 m ²
Harga tanah	=	Rp 1.500.000,00/m ²

Total harga tanah = Rp 273.274.500.000,00

Rekap total harga PPC diperlihatkan pada Tabel 4.22 berikut :

Tabel 4.22 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga
1	Harga alat	Rp 5.258.719.424,00
2	Biaya pengangkutan	Rp 6.573.399.281,11
3	Biaya pemasangan	Rp 1.026.424.479,39
4	Biaya pemipaan	Rp 2.313.106.501,69
5	Biaya instrumentasi	Rp 673.043.081,86
6	Biaya listrik	Rp 525.871.942,40
7	Biaya isolasi	Rp 227.756.167,54
8	Biaya bangunan	Rp 17.360.000.000,00
9	Biaya tanah	Rp 273.274.500.000,00
Physical Plant Cost (PPC)		Rp 370.552.825.920,07

10. *Engineering dan Construction*

Untuk PPC antara US\$ 1000,000 - US\$ 5000,000, *Engineering and*

Construction 25 % PPC :

$$= 0,25 \times \text{Rp } 296.072.847.474,24$$

$$= \text{Rp } 74.018.211.868,56$$

Direct Plant Cost (DPC)

$$\begin{aligned}
 \text{Direct Plant Cost (DPC)} &= \text{PPC} + \text{Biaya engineering dan construction} \\
 &= \text{Rp } 296.072.847.474,24 + \text{Rp } 74.018.211.868,56 \\
 &= \text{Rp } 390.009.589.235,54
 \end{aligned}$$

Indirect Plant Cost (IPC)**11. Contractor Fee (4 % DPC)**

$$\begin{aligned}
 \text{Contractor's fee} &= 0,04 \times \text{Rp } 390.009.589.235,54 \\
 &= \text{Rp } 15.600.383.569,00
 \end{aligned}$$

12. Contingency (10 % DPC)

$$\begin{aligned}
 \text{Contingency} &= 0,1 \times \text{Rp } 390.009.589.235,00 \\
 &= \text{Rp } 39.000.958.924,00
 \end{aligned}$$

Anggaran dana yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas produksi ditabulasikan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Harga
1	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	Rp 390.009.589.235,54
2	<i>Contractors fee (10%.DPC)</i>	Rp 15.600.383.569,00
3	<i>Contingency (10%.DPC)</i>	Rp 39.000.958.924,00
	<i>Total</i>	Rp 444.610.931.729,00

Direct Manufacturing Cost (DMC)**1. Bahan Baku dan Produk :**

Bahan Baku

a. Asam Salisilat

$$\text{Kebutuhan} = 5.111.097,542 \text{ kg/th}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= \text{Rp } 105.456,00 / \text{kg} \times 5.111.097,542 \text{ kg/th} \\ &= \text{Rp } 538.995.902.441,00 \end{aligned}$$

b. Asetat Anhidrida

$$\text{Kebutuhan} = 3.777,816 \text{ ton/th}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= \text{Rp } 6.591.000,00 / \text{ton} \times 3.777,816 \text{ ton/th} \\ &= \text{Rp } 24.899.585.360,00 \end{aligned}$$

Produk

c. Aspirin (Asam Asetilsalisilat)

$$\text{Harga} = \text{Rp } 158.184,00 / \text{kg}$$

$$\text{Produksi} = 6.000.000 \text{ kg/th}$$

$$\begin{aligned} \text{Annual Penjualan} &= \text{Rp } 158.184,00 / \text{kg} \times 6.000.000 \text{ kg/th} \\ &= \text{Rp } 948.626.980.329,00 / \text{th} \end{aligned}$$

d. Asam Asetat

$$\text{Harga} = \text{Rp } 11.863.800,00 / \text{ton}$$

$$\text{Produksi} = 1818.091 \text{ ton/th}$$

$$\begin{aligned} \text{Annual Penjualan} &= \text{Rp } 11.863.800,00 / \text{ton} \times 1818.091 \text{ ton/th} \\ &= \text{Rp } 21.569.473.225,00 / \text{th} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Raw Material} &= \text{Rp } 538.995.902.441,00 + \text{Rp } 24.899.585.360,00 \\ &= \text{Rp } 563.895.487.802,00 / \text{th} \end{aligned}$$

2. Gaji karyawan

Pembagian jumlah gaji karyawan sebagaimana telah ditabulasikan pada Tabel 4.18 diatas.

Total Gaji karyawan per tahun = Rp 12.054.000.000,00

3. *Supervision* (10% Gaji karyawan)

Supervision = 0,1 x Rp 12.054.000.000,00
= Rp 1.205.400.000,00

4. *Maintenance* (7 % Gaji Karyawan)

Maintenance = 0,02 x Rp 12.054.000.000,00
= Rp 843.780.000,00

5. *Plant Suplies* (15% *Maintenance*)

Plant Suplies = 0,15 x Rp 843.780.000,00
= Rp 126.567.000,00

6. *Royalty dan Pattent* (1 % Penjualan)

Royalty dan Pattent = 0,01 x Rp 970.196.453.555,00 /th
= Rp 9.701.964.535,00

7. Utilitas

Total biaya kebutuhan bahan untuk Utilitas = Rp 10.369.357.091,00

Total biaya yang diperlukan untuk pembuatan produk yang berkaitan langsung dengan produk ditabulasikan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	Komponen	Harga
1	<i>Raw Material</i>	Rp 563.895.487.802,00
2	<i>Labor</i>	Rp 12.054.000.000,00
3	<i>Supervisor</i>	Rp 1.205.400.000,00
4	<i>Maintenance</i>	Rp 843.780.000,00
5	<i>Plant Suplies</i>	Rp 126.567.000,00
6	<i>Royalty and Patent</i>	Rp 9.701.964.535,00
7	Bahan utilitas	Rp 10.369.357.091,00
	Total	Rp 598.196.556.429,00

Indirect Manufacturing Cost

1. *Payroll Overhead* (20% Gaji karyawan)

$$\begin{aligned} \text{Payroll Overhead} &= 0,2 \times \text{Rp } 12.054.000.000,00 \\ &= \text{Rp } 2.410.800.000,00 \end{aligned}$$

2. *Laboratorium* (20% Gaji karyawan)

$$\begin{aligned} \text{Laboratory} &= 0,2 \times \text{Rp } 12.054.000.000,00 \\ &= \text{Rp } 2.410.800.000,00 \end{aligned}$$

3. *Plant Overhead (70% Gaji karyawan)*

$$\begin{aligned} \text{Plant Overhead} &= 0,7 \times \text{Rp } 12.054.000.000,00 \\ &= \text{Rp } 8.437.800.000,00 \end{aligned}$$

4. *Packaging and Shipping (5% Sales Price)*

$$\begin{aligned} \text{Packaging and Shipping} &= 0,05 \times \text{Rp } 970.196.453.555,00 \\ &= \text{Rp } 1.078.473.661,00 \end{aligned}$$

Total biaya tidak langsung yang diperlukan untuk pembuatan produk ditabulasikan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.410.800.000,00
2	<i>Laboratory</i>	Rp 2.410.800.000,00
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 8.437.800.000,00
4	<i>Packaging n Shipping</i>	Rp 1.078.473.661,00
	Total IMC	Rp 14.337.873.661,00

Fixed Manufacturing Cost

1. *Depresiasi (10 % FCI)*

$$\begin{aligned} \text{Depresiasi} &= 0,1 \times \text{Rp } 401.804.652.048,00 \\ &= \text{Rp } 40.180.465.204,00 \end{aligned}$$

2. *Property Tax (2% FCI)*

$$\text{Property Tax} = 0,02 \times \text{Rp } 401.804.652.048,00$$

= Rp 8.036.093.040,00

3. Asuransi (1% FCI)

Asuransi = 0,01 x Rp 401.804.652.048,00

= Rp 4.018.046.520,00

Total biaya yang harus dikeluarkan oleh pabrik berkaitan dengan produk meskipun pabrik tidak beroperasi ditabulasikan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga
1.	Depresiasi	Rp 40.180.465.204,00
2.	<i>Propertay tax</i>	Rp 8.036.093.040,00
3.	Asuransi	Rp 4.018.046.520,00
	Total	Rp 52.234.604.766,00

Total biaya yang diperlukan pabrik untuk membuat produk ditabulasikan sebagaimana pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp 598.196.556.429,00
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp 14.337.873.661,00
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp 52.234.604.766,00
	Total	Rp 664.769.034.856,00

Total biaya yang diperlukan untuk pengoperasian pabrik Aspirin ditabulasikan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 *Working Capital (WC)*

No.	Komponen	Harga
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 46.991.290.650,00
2.	<i>Product Inventory</i>	Rp 55.397.419.571,00
3.	<i>Extended credit</i>	Rp 80.849.704.462,00
4.	<i>Available cash</i>	Rp 55.397.419.571,00
	Total	Rp 238.635.834.255,00

General Expense

1. Administrasi (5% MC)

$$\begin{aligned} \text{Administrasi} &= 0,05 \times \text{Rp } 664.769.034.856,00 \\ &= \text{Rp } 33.238.451.742,00 \end{aligned}$$

2. Penjualan (12% MC)

$$\begin{aligned} \text{Penjualan} &= 0,12 \times \text{Rp } 664.769.034.856,00 \\ &= \text{Rp } 79.772.284.182,00 \end{aligned}$$

3. Research (5% MC)

$$\begin{aligned} \text{Research} &= 0,5 \times \text{Rp } 664.769.034.856,00 \\ &= \text{Rp } 33.328.451.742,00 \end{aligned}$$

4. Finance (4% WCI+FCI)

$$\text{Finance} = 0,04 \times (\text{Rp } 238.635.834.255,00 + \text{Rp } 401.804.652.048,00)$$

= Rp 25.617.619.452,00

Total biaya yang harus dikeluarkan yang tidak bersangkutan dengan proses produksi oleh pabrik ditabulasikan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 *General Expense (GE)*

No.	Komponen	Harga
1.	Administrasi	Rp 33.238.451.742,00
2.	<i>Sales expense</i>	Rp 79.772.284.182,00
3.	<i>Research</i>	Rp 33.328.451.742,00
4.	<i>Finance</i>	Rp 33.328.451.742,00
	Total	Rp 171.866.807.120,00

Total biaya yang harus dikeluarkan oleh pabrik dalam memproduksi produk ditabulasikan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Total biaya produksi

No.	Komponen	Harga
1.	<i>Manufacturing Cost</i>	Rp 664.769.034.856,00
2.	<i>General Expense</i>	Rp 171.866.807.120,00
	Total	Rp 836.635.841.977,00

Biaya tetap tahunan pada produksi maksimum atau *Fixed Cost* pabrik ditabulasikan pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 *Fixed cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga
1.	Depresiasi	Rp 40.180.465.204,00
2.	<i>Propertay tax</i>	Rp 8.036.093.040,00
3.	Asuransi	Rp 4.018.046.520,00
	Total	Rp 52.234.604.766,00

Biaya variabel tahunan pada produksi maksimum atau *Variable Cost* (Va) ditabulasikan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 *Variable cost (Va)*

No	Komponen	Harga
1	<i>Raw Material</i>	Rp 563.895.487.802,00
2	<i>Packing n Shipping</i>	Rp 1.078.473.661,00
3	Utilitas	Rp 10.369.357.091,00
4	<i>Royalties & patents</i>	Rp 9.701.964.535,00
	Total Va	Rp 585.045.283.090,00

Biaya regular tahunan pada produksi maksimum atau *Regulated Cost* (Ra) ditabulasikan pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 *Regulated cost (Ra)*

No.	Komponen	Harga
1	Gaji karyawan	Rp 12.054.000.000,00
2	<i>Payroll overhead</i>	Rp 2.410.800.000,00
3	<i>Plant overhead</i>	Rp 8.437.800.000,00
4	Supervisi	Rp 1.205.400.000,00
5	<i>Laboratorium</i>	Rp 2.410.800.000,00
6	<i>Maintenance</i>	Rp 843.780.000,00
7	<i>General expense</i>	Rp 171.866.807.120,00
8	<i>Plant supplies</i>	Rp 126.567.000,00
	Total	Rp 199.355.954.121,00

4.9.6 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Harga Jual = Rp 970.196.453.555,00

Total Biaya = Rp 836.635.841.977,00

Keuntungan = Rp 970.196.453.555,00 - Rp 836.635.841.977,00

= Rp 133.560.611.578,00

2. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak (50% keuntungan) = 0,5 x Rp 133.560.611.578,00

= Rp 66.780.305.789,00

Keuntungan sesudah pajak = Keuntungan sebelum pajak – pajak

$$= \text{Rp } 133.560.611.578,00 - \text{Rp } 66.780.305.789,00$$

$$= \text{Rp } 66.780.305.789,00$$

4.9.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

4.9.7.1 Percent Return On Investment (ROI)

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

$$ROI_a \text{ sebelum pajak} = 33 \%$$

$$ROI_b \text{ sesudah pajak} = 17 \%$$

$$\text{Batasan} = \textit{Minimum low risk}, ROI_b = 11 \%$$

$$\text{Kesimpulan} = \text{Pabrik memenuhi syarat}$$

4.9.7.2 Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

$$POT_a \text{ sebelum pajak} = 2,31 \text{ tahun}$$

$$POT_b \text{ sesudah pajak} = 3,76 \text{ tahun}$$

$$\text{Batasan} = \textit{Maximum Low Risk}, POT_b = 5 \text{ tahun}$$

$$\text{Kesimpulan} = \text{Pabrik memenuhi syarat}$$

4.9.7.3 Break Even Point (BEP)

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

$$\text{BEP} = 48,09 \%$$

4.9.7.4 *Shut Down Point (SDP)*

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

$$\text{SDP} = 28,39 \%$$

4.9.7.5 *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 401.804.652.048,00$$

$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 238.635.834.255,00$$

$$\text{Salvage Value (SV)} = \text{Rp } 60.270.697.807,20$$

$$\text{Cash flow (CF)} = \text{Annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance}$$

$$\text{CF} = \text{Rp } 132.578.390.446,00$$

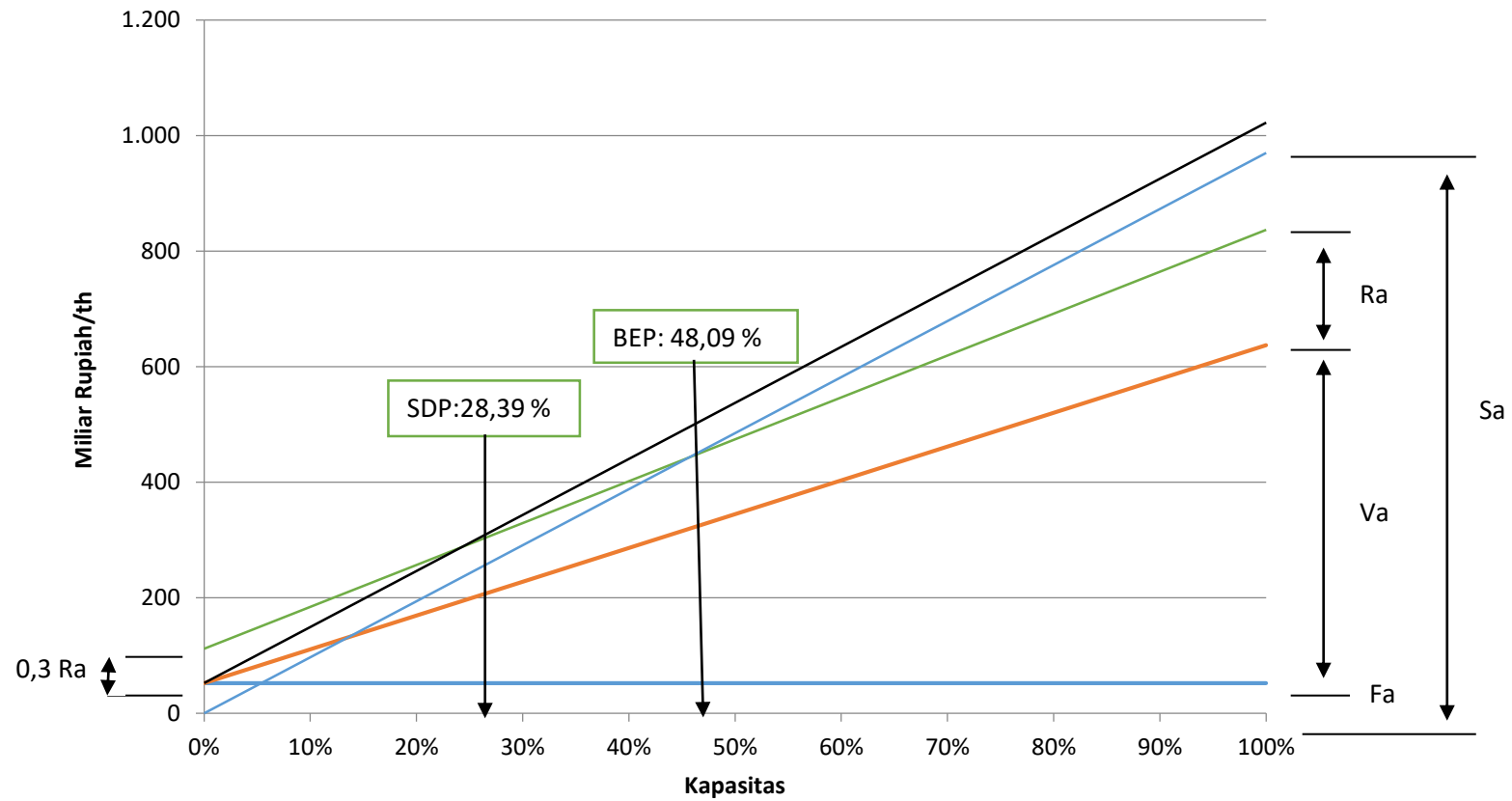
Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(\text{FC} + \text{WC})(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + \text{WC} + \text{SV}$$

$$\text{R} = \text{S}$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 18,30$

Grafik penentuan BEP dan SDP diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hubungan BEP dengan % kapasitas produksi vs Biaya produksi/tahun Perancangan Pabrik Apirin

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik Aspirin (Asam Asetilsalisilat) dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, ketersediaan air dan listrik, tenaga kerja, serta lokasi pabrik, maka pabrik Aspirin dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrida ini tergolong pabrik beresiko rendah.

Berdasarkan hasil analisis ekonomi dari Pabrik Aspirin (Asam Asetilsalisilat) adalah sebagai berikut :

1) Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak Rp 133.560.611.578,00 /tahun, dan keuntungan setelah pajak (50%) sebesar Rp 66.780.305.789,00 /tahun.

2) *Return On Investment* (ROI) :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 33%, dan ROI setelah pajak sebesar 17%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries & Newton, 1955).

3) *Pay Out Time* (POT) :

POT sebelum pajak selama 2,31 tahun dan POT setelah pajak selama 3,76 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

4) *Break Event Point* (BEP) pada 45,62 % dan *Shut Down Point* (SDP) pada 24,35 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60% dan $SDP < BEP$.

5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 18,30 %. Standar DCFR adalah 1,5 x bunga bank. Bunga bank saat ini maksimal adalah 10% dari investasi. $10\% \times 1,5 = 15\%$, $DCFR > \text{bunga bank}$.

Berdasarkan hasil analisis ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik Aspirin dari Asam Salisilat dan Asetat Anhidrida dengan proses sintesis kalsium oksida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak untuk didirikan dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep - konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Biro Pusat Statistik, 2007-2014, “*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*”, Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol 1 \$ 6, Pergamon Internasional Library, New York
- Hoffman, Felix, 1900, *Acetyl Salicylic Acid*, US patent 644.077, United States
- Kamlet, Jonas, 1954, *Process for The Manufacture of Acetylsalicylic Acid*, US Patent 2,731,492, United States
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Lide, David R., 2004, *Handbook of Chemistry and Physics*, 84th ed, CRC Press, United States of America
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Rase, Howard F., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant*, John Wiley & Sons Inc, New York
- Stoesser, Wesley C., and Surine, William R., 1961, *Process for The Production of Aspirin*, US patent 2,987,539, United States
- Treyball, Robert E., 1981, *Mass-Transfer Operations*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., Singapore
- Walas, Stanley M., 1990, *Chemical Process Equipment*, Butterworth-Heinemann, Washington
- Yaws, Carl L., 1999, *Chemical Properties Handbook :physical, thermodynamics, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

LAMPIRAN A

REAKTOR

Tugas : Tempat berlangsungnya reaksi esterifikasi antara Asam Salisilat dan Asetat Anhidrida menjadi Aspirin dan Asam Asetat.

Alat : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Alasan pemilihan:

1. Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi campuran adalah reaktor yang harus selalu homogen bisa terpenuhi.
2. Fase reaktan adalah cair sehingga memungkinkan penggunaan RATB.
3. Pengontrolan suhu mudah, sehingga kondisi operasi yang isothermal bisa dipenuhi.
4. Mudah dalam melakukan pengontrolan secara otomatis sehingga produk lebih konsisten dan biaya operasi lebih rendah.

Tujuan perancangan:

1. Menghitung neraca massa
2. Menghitung neraca panas
3. Perancangan reaktor

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 90^{\circ}\text{C}$$

DATA :

Raw material:

Asam salisilat ($\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$):

- a. Asam Salisilat : 100% berat

Asetat Anhidrida (CH₃CO)₂O :

- Asetat Anhidrida : 99% berat
- Asam Asetat : 1% berat

Kalsium Oksida (CaO) :

- Kalsium Oksida : 100%

Spesifikasi produk Aspirin yang diinginkan (H₃CCOOC₆H₄COOH) = 99,5%

Konversi atas dasar Asam Salsilat (HOC₆H₄COOH) = 90%

Reactant ratio = (CH₃CO)₂O : HOC₆H₄COOH : CaO = 2 : 2 : 1

Neraca Massa reaktor :

Komponen	BM	Masuk	Keluar
C ₇ H ₆ O ₃	138,0731	682,629	25,2
C ₄ H ₆ O ₃	102,041	477,882	0
CaO	56,0774	131,31	0
C ₄ H ₆ O ₄ Ca	158,118	0	371,212
C ₉ H ₈ O ₄	180,0939	0	866,161
		1262,57	1262,57

A. Kinetika Reaksi

Reaksi : C₇H₆O₃(aq) + C₄H₆O₃(l) + CaO(aq) → C₉H₈O₄(aq) + C₄H₆O₄Ca(aq)

a + b -----> c + d

Persamaan Laju Reaksi

Reaksi dianggap berorder 1 masing-masing terhadap a dan b

$$(-r_a) = k \cdot C_a \cdot C_b$$

Dengan : (-r_a) = laju reaksi C₉H₈O₄, kmol/m³.jam

k = konstanta laju reaksi, m³/kmol.jam

C_a = konsentrasi C₇H₆O₃, kmol/m₃

C_b = konsentrasi $C_4H_6O_3$, kmol/m^3

Berdasarkan referensi disebutkan :

1. Konversi sebesar $= 0,98$
2. Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk
3. Waktu reaksi yang dibutuhkan $= 20$ menit

Penurunan matematis kinetika reaksi

$$-\frac{dC_a}{dt} = kC_a C_b$$

Dengan : $C_a = C_{a0} (1 - X_a)$ $dC_a = -C_{a0} dX_a$

$C_b = C_{a0} (M - X_a)$ $M = C_{b0} / C_{a0}$

Sehingga :

$$C_{a0} \frac{dX_a}{dt} = kC_{a0}^2 (1 - X_a)(M - X_a)$$

$$k = \frac{1}{tC_{a0}(M-1)} \left(\int_0^{X_a} \frac{dX_a}{(1-X_a)} - \int_0^{X_a} \frac{dX_a}{(M-X_a)} \right)$$

$$k = \frac{1}{tC_{a0}(M-1)} \left(-\ln(1-X_a) \Big|_0^{X_a} + \ln(M-X_a) \Big|_0^{X_a} \right)$$

$$k = \frac{1}{tC_{a0}(M-1)} \ln \left(\frac{M-X_a}{M(1-X_a)} \right)$$

Menghitung konsentrasi awal a (C_{a0}) :

NO.	Komponen	Masuk	Keluar
1	C7H6O3	682,629	12,93
2	C4H6O3	477,882	0
3	CaO	131,31	0
4	C4H6O4Ca	0	371,212
6	C9H8O4	0	866,161
	TOTAL	1250,3	1250,3

Sehingga : $C_{a0} = 5,1302 \text{ kmol/m}^3$

$$M = C_{b0} / C_{a0} = F_{a0} / F_{b0} = 1,35$$

Menghitung konstanta laju reaksi

Diketahui : $t_{\text{reaksi}} = 20 \text{ menit}$

$$X_a = 0,98$$

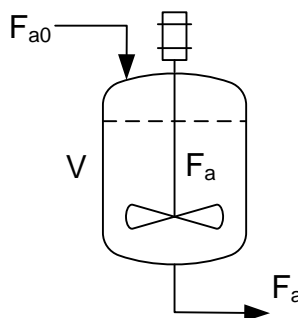
Dengan memasukan data-data ke dalam persamaan maka diperoleh konstanta laju reaksi

$$k = 0.33367 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

B. Perancangan Reaktor

Model Matematis Perancangan Reaktor

- Asumsi :
1. Isothermal
 2. Pengadukan sempurna
 3. Laju alir volumetrik tetap
 4. Steady state



Neraca Massa A

Laju A masuk - Laju A keluar - Laju reaksi A = Laju Akumulasi

$$F_{A0} - F_A - (-r_A)V = 0$$

$$(-r_A)V = F_V (C_{A0} - C_A)$$

$$k C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A) V = F_V C_{A0} X_A$$

$$V / F_V = t = X_A / (k C_{A0} (1 - X_A) (M - X_A))$$

Dengan : $M = C_{B0} / C_{A0} = 1,35$

Dirancang : $X_A = 0,98$

$$F_V C_{A0} - F_V C_A - (-r_A) V = 0 \dots\dots\dots \text{pers 1}$$

$$C_{A0} - C_A = \left[\frac{V}{F_V} \cdot (-r_A) \right]$$

$$\frac{V}{F_V} = \theta = \frac{C_{A0} - C_A}{-r_A}$$

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

$$-r_A = k C_A C_B$$

$$-r_A = k C_{A0} (1 - X_A) (C_{B0} - C_{A0} - X_A)$$

$$-r_A = k C_{A0} (1 - X_A) C_{A0} (C_{B0} / C_{A0} - X_A)$$

$$-r_A = k C_{A0}^2 (1 - X_A) (M - X_A) \dots\dots\dots \text{pers 2}$$

Dimana,

$$\frac{V}{F_V} = \theta$$

$$\theta = \frac{C_{A0} - C_A}{-r_A}$$

$$\theta = \frac{C_{A0}(1 - X_{A0}) - C_{A0}(1 - X_A)}{-r_A}$$

$$\theta = \frac{C_{A0} - C_{A0} \cdot X_{A0} - C_{A0} + C_{A0} \cdot X_A}{-r_A}$$

$$\theta = \frac{C_{A0} \cdot X_A - C_{A0} \cdot X_{A0}}{-r_A}$$

$$\theta = \frac{C_{A0} \cdot (X_A - X_{A0})}{-r_A}$$

$$\theta = \frac{C_{A0} \cdot (X_A - X_{A0})}{kC_{a0}^2(1 - X_a)(M - X_a)}$$

$$\boxed{V = \theta \cdot F_V}$$

$$V = F_V \frac{(X_A - X_{A0})}{kC_{a0}(1 - X_a)(M - X_a)} \dots\dots\dots \text{pers 3}$$

$$V = \frac{F_V \cdot (X_A - X_{A0})}{kC_{a0}(1 - X_a)(M - X_a)}$$

Maka kemudian didapat volume reaktor = 10,5719 m³

C. Dimensi Reaktor

Dirancang : D = H

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$H = D = 2,5283 \text{ m}$$

Dipilih : Bahan konstruksi Stainless Steel SA 167 tipe 316

Spesifikasi : Max.Allowable Stress, f = 17900 psia

Efisiensi sambungan, $E = 0,85$

Corrosion Allowance, $C = 0,125$ in

Tekanan Perancangan

$$P_d = 1,2P_{\text{operasi}} = 1,2 \text{ atm} = 17,64 \text{ psia}$$

Tebal Shell :

$$t_s = \frac{P_d r_i}{fE - 0,6P_d} + C$$

Diketahui : $r_i = ID/2 = 1,2641$ m

$$= 49,7689 \text{ in}$$

Diperoleh : $t_s = 0,1827$ in

Dipilih : Ukuran standar, $t_s = 0,25$ in (1/4 in)

$$= 0,00635 \text{ m}$$

Tebal Head :

Jenis : Torispherical Dished Head

Spesifikasi : $r = ID = 2,5283$ m

$$= 99,5379 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{0,885P_d r}{fE - 0,1P_d} + C$$

Diperoleh : $t_h = 0,2271$ in

Dipilih : Ukuran standar, $t_h = 0,3125$ in (5/16 in)

$$= 0,0079375 \text{ m}$$

Menentukan jarak puncak dengan straight flange (Tinggi Head)

Dipilih : $sf = 2$ in

$$icr = 6\%ID = 5,9723 \text{ in}$$

$$a = ID/2 = 49,7689 \text{ in}$$

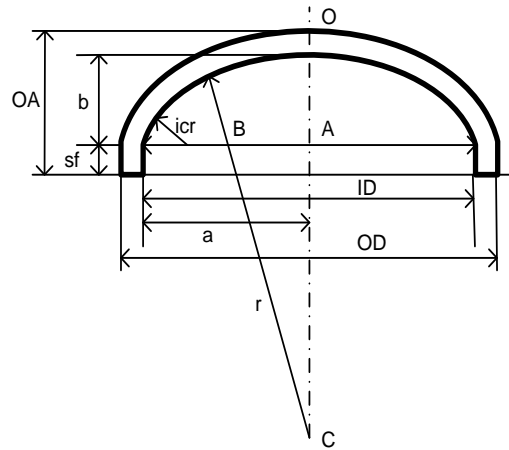
$$AB = a - icr = 43,7966 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 93,5656 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{0.5} = 82,6824 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 16,8555 \text{ in}$$

$$OA = b + sf + th = 19,1680 \text{ in}$$



Sehingga diperoleh tinggi head = 15.33205708 in

$$= 0,4869 \text{ m}$$

Menghitung Volume Head :

$$V_{head} = 0.000049ID^3 + \frac{\pi}{4} \left(\frac{ID}{12} \right)^2 \left(\frac{sf}{12} \right)$$

$$V_{head} = 57,3256 \text{ ft}^3 = 1,6233 \text{ m}^3$$

Menghitung Tinggi Larutan dalam Shell

$$\text{Volume larutan dalam tangki : } VL = 10,5719 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam shell : } V_{ls} = VL - V_{head} = 8,9486 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas penampang tangki : } A = \frac{\pi}{4} ID^2 = 5,0178 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell : } H_{ls} = V_{ls} / A = 1,7834 \text{ m}$$

Menghitung Tinggi Shell

$$\text{Volume tangki : } VT = 12,6863 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume shell : } V_s = VT - 2V_{head} = 9,4397 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas penampang tangki : } A = \frac{\pi}{4} ID^2 = 5,0178 \text{ m}^2$$

Tinggi shell : $L_s = V_s / A = 1,8813 \text{ m}$

Menghitung Luas Permukaan Dalam dan Luar Dinding Reaktor

Luas permukaan dinding dalam

* Dinding shell : $A_{si} = \phi \cdot D \cdot L_s = 14,9348 \text{ m}^2$

* Dinding head : $A_{hi} = 2(1.22 \phi / 4 D^2) = 12,2434 \text{ m}^2$

* Luas total : $A_i = A_{si} + A_{hi} = 27,1728 \text{ m}^2$

Luas permukaan dinding luar

* Dinding shell : $A_{so} = \phi \cdot (D + 2t_s) \cdot L_s = 15,0098 \text{ m}^2$

* Dinding head : $A_{ho} = 2(1.22 \phi / 4 (D + 2t_h)^2) = 0.000482711 \text{ m}^2$

* Luas total : $A_o = A_{so} + A_{ho} = 15,0103 \text{ m}^2$

D. Perancangan Pengaduk

Jenis : Marine Propeller with 3 Blades and 4 Baffles

Spesifikasi :

1. Diameter impeller : $D_a = D_t / 3 = 0,8428 \text{ m}$

2. Posisi sudu impeller : $E = D_a = 0,8248 \text{ m}$

3. Lebar impeller : $W = D_a / 5 = 0,1685 \text{ m}$

4. Kedalaman baffle : $J = D_t / 12 = 0,2107 \text{ m}$

5. Panjang sudu impeller : $L = D_a / 4 = 0,2107 \text{ m}$

Putaran pengaduk untuk cairan agak kental besarnya sekitar 140 rpm (Coulson, 1986)

6. Putaran pengaduk : $N = 140 \text{ rpm}$

$$= 2,333333333 \text{ rps}$$

Power Motor Pengaduk

Sifat fisis cairan dalam reaktor : $\rho = 1270,008 \text{ kg/m}^3$

$$\mu = 0.002779 \text{ kg/m.dtk}$$

$$\text{Bilangan Reynold} = 898660,3$$

Dari Fig. 8.6, Rase (1977) diperoleh :

$$\text{Power Number} \quad N_p = 0,2$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga pengadukan} \quad P &= N_p \rho N^3 D_a^5 \\ P &= 1371,7364 \text{ J/dtk} = 1,8650 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi Motor :} \quad \eta_m = 95 \%$$

$$\text{Power Motor} \quad P_m = 1,9632 \text{ Hp}$$

Dipilih motor dengan daya standar : 2 Hp

F. Perhitungan Neraca Panas

Perhitungan Panas Reaksi Standar

Data panas pembentukan standar (Chemcad, 5.2)

Komponen	ΔH_f^0	
	Btu/lbmol	J/kmol
C7H6O3	-200494,00	-4,86E+08
C4H6O3	-246130	-5,97E+08
CaO	-184913	-3,89E+08
C4H6O4Ca	-186070	-4,51E+08
C9H8O4	-287832	-6,98E+08

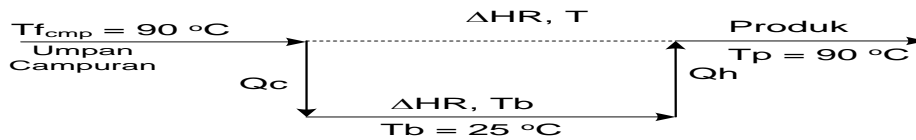
Panas reaksi standar pada suhu 25 °C dicari dengan persamaan berikut :

$$\Delta H_{r0} = \sum_{\text{reaktan}} v_i \Delta H_{f0} - \sum_{\text{produk}} v_i \Delta H_{f0}$$

$$\Delta H_{r0} = -6.62E+07 \text{ J/kmol}$$

Perhitungan Panas Reaksi di R-01

Asumsi : Reaksi berlangsung isothermal pada suhu 90 °C.



1. Panas untuk penurunan suhu umpas sampai 25 °C (Q_c)

Komponen	Cp	Fm1	(Fm.Cp)1
	J/kmol.K	kmol/jam	J/jam.K
C7H6O3	202.972,981	4,6723	948.354,366
C4H6O3	36.600	4,6723	171.006,848
CaO	55,654	0,5834	23.8439
C4H6O4Ca	139.640	0,5144	71.282,721
C9H8O4	53.279	0,0190	1.012,750
		9,8781	1.192.202,686

Umpas masuk $T_{f1} = 90$ °C

$$Q_{c1} = \sum (F_{mi} C_{pi})_1 (T_b - T_{f1})$$

$$Q_{c1} = -77.493.174,62 \text{ J/jam}$$

2. Panas reaksi standar

Panas reaksi standar $\Delta H_{r0} = -66.160.750,99 \text{ J/kmol}$

Jumlah a yang bereaksi $F_{ma, \text{reaksi}} = 4,2051 \text{ kmol/jam}$

Panas reaksi $\Delta H_r = -278.211.677 \text{ J/jam}$

3. Panas untuk kenaikan suhu produk sampai 90 °C (Q_h)

Komponen	Cp	Fm1	(Fm.Cp)1
	J/kmol.K	kmol/jam	J/jam.K
C7H6O3	202.972,981	4,6723	948.354,366
C4H6O3	36.600	4,6723	171.006,848
CaO	24.43	2,3434	79.399,34
C4H6O4Ca	139.640	0,5144	71.282,721
C9H8O4	53.279	0,0190	1.012,750
		9,8781	1.192.202,686

$$T_p = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_h = \sum F_{mi} C_{pi} (T_p - T_b)$$

$$Q_h = 77.493.174,62 \text{ J/jam}$$

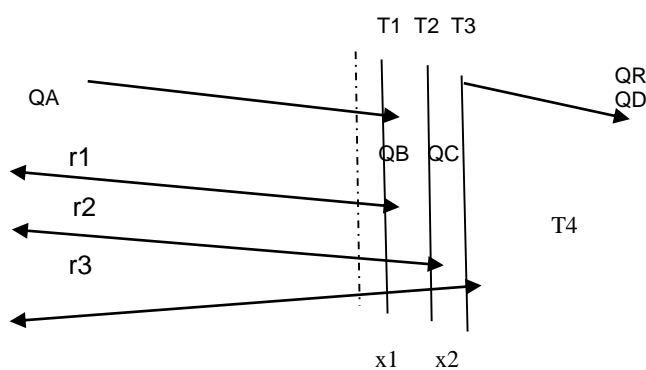
4. Panas reaksi total

$$\begin{aligned} (\Delta H_r)A &= Q_c + D H_r + Q_h = -278.211.677 \text{ J/jam} \\ &= -66.240,8754 \text{ kkal/jam} \\ &= -2,63\text{E}+05 \text{ Btu/jamN} \end{aligned}$$

G. Perancangan Isolator

Asumsi : 1. Keadaan steady state

1. Suhu udara luar = 30°C
2. Suhu dinding dalam isolator = 50 °C



Keterangan :

r_1	= jari-jari dalam shell	T_1	= suhu dinding dalam shell
r_2	= jari-jari luar shell	T_2	= suhu dinding luar shell
r_3	= jari-jari luar setelah diisolasi	T_3	= suhu isolator luar
x_1	= tebal dinding shell	T_4	= suhu udara luar
x_2	= tebal isolator	Q	= Aliran perpindahan panas

T1	90	°C =	363	K	194	F
T2		°C =		K		F
T3	50	°C =	323	K	122	F
T4	30	°C =	303	K	86	F

1. Bahan isolasi

Jenis Bahan : Asbestos

Sifat fisis :

$$k_{is} = 0,1713 \text{ W/m.C}$$

$$e = 0,96$$

$$\rho = 577 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 0,25 \text{ Btu/lb/F} \quad (\text{Kern, 1983})$$

Dinding Reaktor : Stainless Steel

$$k_s = 45,1713 \text{ W/m.C}$$

Sifat fisis udara pada suhu T_f :

$$T_f = 363 \text{ K}$$

$$\nu = 0,00002210 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,0318604 \text{ W/m.C}$$

$$Pr = 0,69492$$

$$\beta = 0,0028 \text{ K}^{-1}$$

$$\mu = 0,00002130 \text{ kg/m.s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

2. Perpindahan Panas

Konduksi

$$Q_B = \frac{(2 \cdot \pi \cdot k_s \cdot L)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \cdot (T_1 - T_2)$$

$$= 5.635.299,66 \cdot (T_1 - T_2) \dots \dots \dots \text{pers a}$$

$$Q_C = \frac{(2 \cdot \pi \cdot k_{is} \cdot L)}{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)} \cdot (T_2 - T_3)$$

$$= (107,1038 \cdot (T_2 - T_3)) / ((1,2705 + x) / 1,2705) \dots \dots \dots \text{pers b}$$

Konveksi

Bilangan Gr pada L

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_3 - T_4) \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = 1,09 \text{ E}+15$$

$$Gr.Pr = 1,09 \text{ E}+15 \times 0,69492$$

$$= 7,5789 \text{ E}+14 \text{ (turbulen)}$$

$$h = 1.31 * (\Delta T)^{1/3}$$

$$hc = 3,5559 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

$$Q_D = hc \cdot A \cdot (T_3 - T_4)$$

$$Q_D = hc \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot L \cdot (T_3 - T_4)$$

$$= 44.455,5397 \cdot (1,2705 + x) \dots \dots \dots \text{pers c}$$

Radiasi

Konstanta Boltzman (σ) = $5,669 \text{ E-}8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$$QR = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_3^4 - T_4^4)$$

$$QR = \varepsilon \cdot \sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot L \cdot (T_3^4 - T_4^4)$$

$$= 83.539,4654 \cdot (1,2705 + x) \dots \dots \dots \text{pers d}$$

1. Tebal Isolasi

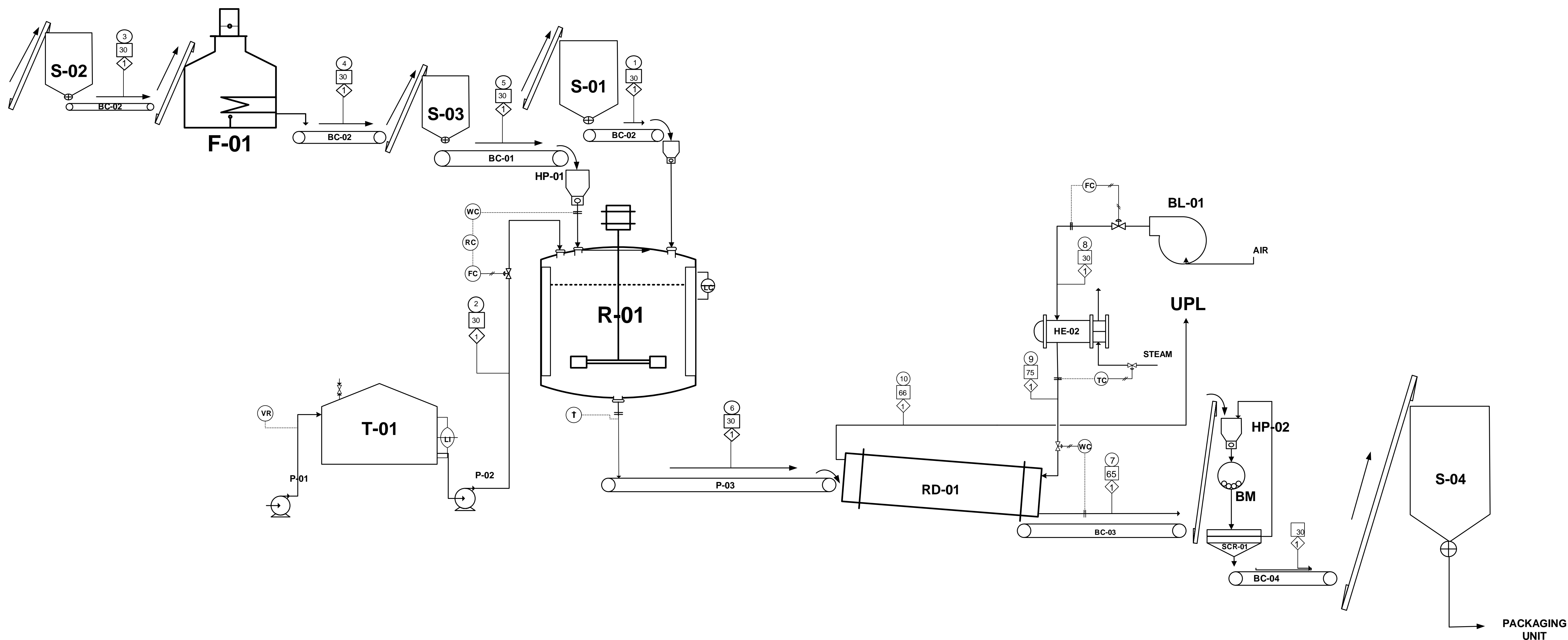
Kemudian di-trial dengan persamaan a,b,c dan d diperoleh hasil :

$$T_2 = 89,3583 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$x = \mathbf{0,0495 \text{ m}}$$

Process Engineering Flow Diagram


Prarancangan Pabrik Asetilsalisilat (Aspirin) dari Asam Salisilat Asetat Anhidrat dengan Proses Sintesis Kalsium Oksida Kapasitas : 10.000 ton/tahun



No	Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	C7H6O3	682,629					25,20	25,20			
2	C4H6O3		477,882								
3	CaO			131,31	131,31	131,31					
4	C4H6O4Ca						371,212	371,212			
5	C9H8O4						866,1616	866,1616			
6	udara								1894,87	1894,87	1894,87
7	air								353,25	353,25	353,25
	Total	682,629	477,882	131,31	131,31	131,31	1262,57	1262,57	2248,12	2248,12	2248,12

Keterangan Gambar :

BC	Belt Conveyor	FC	Flow Controller	○	Nomor Arus
BE	Bucket Elevator	LC	Level Controller	□	Suhu (°C)
BL	Blower	LI	Level Indicator	◇	Tekanan (atm)
BM	Ball Mill	PC	Pressure Controller	⊗	Control Valve
F	Furnace	RC	Ratio Control	⊕	Electric Connection
Co	Cooler	TC	Temperature Controller	—	Udara Instrumen
HE	Heater	VR	Volume Recorder	—	Piping Line
HP	Hopper	WC	Weight Control		
P	Pompa				
R	Reaktor				
S	Silo				
SCR	Screen				
T	Tangki Penyimpanan				

	PRARANCANGAN PABRIK ASAM ASETYLSALISILAT (ASPIRIN) DARI ASAM SALISILAT, ASETAT ANHIDRAT DAN KALSIMUM OKSIDA DENGAN PROSES SINTESIS KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN
	Di susun oleh : Sakinah Novianty Muslimin (12521112)
	PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA S-1 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA 2018