

**PRA RANCANGAN PABRIK PARASETAMOL DARI
PARA-AMINOFENOL DAN ASETAT ANHIDRAT
DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK
Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Disusun oleh:

Nama : Encep Anwar Fauzi

Nama : Marinus Israldo Zulmar

NIM : 20521199

NIM : 21521112

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK PARASETAMOL DARI PARA-AMINOFENOL DAN
ASETAT ANHIDRAT DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Encep Anwar Fauzi

Nama : Marinus Israldo Zulmar

NIM : 20521199

NIM : 21521112

Yogyakarta, 30 Juni 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka kami siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mahasiswa 1

Mahasiswa 2



Encep Anwar Fauzi



Marinus Israldo Zulmar

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK PARASETAMOL DARI PARA-AMINOFENOL DAN
ASETAT ANHIDRAT DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

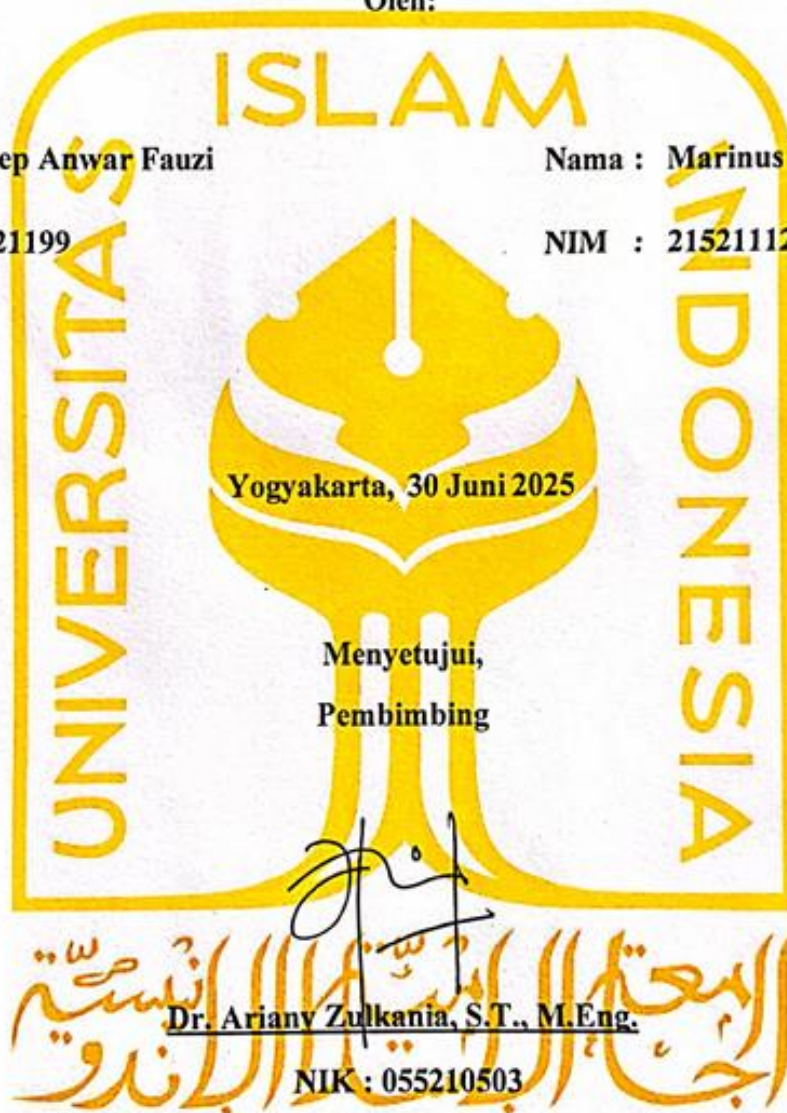
Oleh:

Nama : Encep Anwar Fauzi

Nama : Marinus Israldo Zulmar

NIM : 20521199

NIM : 21521112



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK PARASETAMOL DARI PARA-AMINOFENOL DAN
ASETAT ANHIDRAT DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Encep Anwar Fauzi

NIM : 20521199

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

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 23 Juli 2025

Tim Penguji,

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.
Ketua Penguji

 23/7/25

Dr. Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.
Penguji 1

 23/7/25

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.
Penguji 2

 23/7/25

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada kesempatan kali ini penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Parasetamol dari Paraaminofenol dan Asetat Anhidrat dengan Kapasitas 5.000 Ton/Tahun”** yang mana dilakukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai gelar Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, serta karunia-Nya yang tiada henti diberikan dalam setiap langkah kehidupan penulis.
2. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga penulis untuk segala doa, kasih sayang, dukungan, dan motivasi yang tak pernah putus diberikan kepada penulis.
3. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi, Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Segenap bapak dan ibu dosen Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia FTI UII, yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa selama proses penyelesaian studi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan serta masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang dapat membangun sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat dipahami dan bermanfaat bagi penulis maupun orang yang membacanya.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 30 Juni 2025

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbilalamin dengan ucapan syukur yang tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan dalam keletihan dan kepenatan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir pra rancangan pabrik ini sebagai garis akhir dari perjuangan saya dalam menjalani masa kuliah dan sebagai awal yang baru bagi saya untuk melangkah menuju dunia yang baru.

Perjuangan saya hingga hingga titik ini tidak luput dari orang-orang hebat yang saya temui sebagi penyemangat untuk dapat menyelesaikan setiap tahap hingga mencapai titik akhir ini. Tiada lembar yang paling indah dalam laporan ini kecuali lembar persembahan yang saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, pintu surgaku. Terima kasih yang tak terhingga penulis haturkan atas segala bentuk cinta, dukungan, semangat, dan doa yang tak pernah putus selama ini. Ibu dan Ayah adalah alasan penulis mampu bertahan, bahkan di tengah keputusasaan. Setiap doa yang dipanjatkan, setiap pengorbanan yang dilakukan, menjadi cahaya yang menerangi setiap langkah penulis. Terima kasih atas setiap nasihat, kesabaran dan kebesaran hati dalam menghadapi penulis yang sering keras kepala. Semoga Allah membalas setiap kebaikan Ibu dan Ayah dengan pahala yang berlipat-lipat, dan semoga penulis dapat menjadi anak yang mampu membanggakan kalian di dunia dan akhirat.
2. Kepada kakak-kakak saya yang selalu mendegarkan keluhan saya, problematika yang saya hadapi, serta mendukung dan mendoakan selama

menempuh Pendidikan Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia hingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.

3. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih banyak atas segala dukungan dan motivasi yang telah Ibu berikan selama ini. Tanpa Ibu, saya mungkin tidak akan bisa melewati perjuangan mengerjakan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah kepada Ibu dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.
4. Teruntuk seseorang yang tak kalah penting kehadirannya Tusita Paramitha Agustina. Terima kasih telah menjadi bagian penting dari perjalanan hidup penulis. Terima kasih telah bersedia menjadi pendamping dalam segala hal, mendukung setiap langkah yang dilalui penulis, menjadi *support system* terbaik, mendengar keluh kesah, serta memberikan apresiasi dan semangat untuk pantang menyerah kepada penulis dalam proses pembuatan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga perjalanan kita tidak berhenti di sini, tetapi menjadi awal dari kesuksesan yang lebih besar di masa depan. Semoga Allah selalu melimpahkan kebahagiaan kepadamu.
5. Teman–teman seperjuangan saya dari SMA yang sudah saya anggap keluarga sendiri (Rasyad, Deni, Tisar, Tazky, Akmal, Fitra) terima kasih telah menemani, memberi motivasi dan saran kepada penulis dari SMA hingga saat ini, sehingga bisa melewati masa-masa perkuliahan dengan baik. Terima kasih telah menjadi teman hebat yang bisa melewati segala suka duka bersama.

Semoga kita selalu diberikan kesehatan, kelancaran dan sukses semua untuk masa depannya.

6. Teman–teman seperjuangan saya di Teknik Kimia, Theboii dan Barudaknwell (Miftah, Satrio, Wahyu, Manto, Marinus, Rudin, Putra, Lukman, Furqon), terima kasih atas kehadiran, perhatian dan pikiran yang sudah dicurahkan kepada penulis. Terima kasih sudah menjadi rumah untuk suka dan duka. Tanpa adanya kalian, karya ini tidak akan memiliki cerita menarik di baliknya. Semoga karya berupa tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi semua pembacanya, sekaligus pengingat bahwa pencapaian lahir dari berbagai bentuk kontribusi orang lain.
7. Teknik Kimia UII, almamater tercinta, yang punya andil besar di dalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terima kasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini, semoga kalian sukses selalu. Aamiin.
8. *Last but not least*, terima kasih untuk diri sendiri karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini, mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun prosesnya, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri. *I wanna thank me for just always being me.*

Encep Anwar Fauzi,

Teknik Kimia 2020

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillah dengan ucapan syukur yang tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan dalam keletihan dan kepenatan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir pra rancangan pabrik ini sebagai garis akhir dari perjuangan saya dalam menjalani masa kuliah dan sebagai yang baru bagi saya untuk melangkah menuju dunia yang baru.

Perjuangan saya hingga titik ini tidak luput dari orang-orang hebat yang saya temui sebagai penyemangat untuk dapat menyelesaikan setiap tahap hingga mencapai titik akhir ini. Tiada lembar yang paling indah dalam laporan ini kecuali lembar persembahan yang saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua yang selalu mendedarkan keluhan saya, problematika yang saya hadapi, serta mendukung dan mendoakan selama menempuh Pendidikan Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia hingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik
2. Adek adek dan keponakan saya (Berthi Sabrina Zulmar, Farel Avelo, Kenzie Praditya, Muhammad Satria Yoga dan Marvin Alfa Baresky) yang selalu menjadikan semangat dan motivasi saya untuk menyelesaikan tugas Pra Perancangan pabrik pada program studi ini.
3. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih banyak atas segala dukungan dan motivasi yang telah Ibu berikan selama ini. Tanpa Ibu, saya mungkin tidak akan bisa melewati perjuangan mengerjakan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa

melimpahkan berkah kepada Ibu dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.

4. Partner Tugas Pra - Prancangan pabrik saya yakni Encep Anwar Fauzi yang telah berkenan berjuang bersama dalam menempuh perjalanan TA ini, saya bangga dan bersyukur bisa bertahan hingga sama yang berjuang keras dalam menyusun satu per satu bagian dari TA ini dan banyak tantangan dalam setiap perjalanannya, mulai bimbingan, ngerjain bareng. kamu definisi partner yang sesungguhnya memperbaiki kekurangan satu sama lain demi bertahan.
5. Teman-teman seperjuangan saya (Ghulam, Abel, Harits, Azmi, Agi, Asyi, Rani) yang saya anggap keluarga sendiri terima kasih telah menerima segala suka duka selama melewati masa-masa perkuliahan dan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi teman hebat yang bisa melewati rintangan semasa menjalani kuliah ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses semua untuk kedepannya. Aamiin.
6. Barudakknwell, Lukman, Satrio, Putra, Miftah, Rudin, Furqon dan Manto. Terima kasih telah menjadi rumah dalam segala perjalanan, kalian semua adalah keluarga kecil saya selama menempuh studi, hadir dalam suka dan duka, banyak moment yang telah kita lewatin senang dan sulit tapi bisa dimbangin dengan agenda yang kalian rencanakan, oleh karena itu rasa penat dan stress menjadi lebih ringan.
7. Teruntuk dia yang spesial dalam perjalanan hidup yakni Palupi Rizka Romadhoni yang kehadiran nya sebagai penyembuh, pembawa semangat bagi bahan bakar atas proses perjalanan ini, yang selalu ceria dengan berbagai cerita

bahagia dan pilu yang bagikan, banyak kesamaan baik nasib maupun kepribadian dan membuat kehidupan penulis berubah menjadi lebih baik dari sebelumnya. Saya harap perjalanan kita tetap berlanjut dan kelulusan dari jurusan ini menjadi bab pertama untuk awal kesuksesan di masa depan, saya harap perjalanan kita tetap berlanjut dan semoga Allah selalu memberikan kamu petunjuk dari segala tantangan dan rintangan selama perjalananmu.

8. Teknik Kimia UII, almamater tercinta, yang punya andil besar di dalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terima kasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini, semoga kalian sukses selalu. Aamiin

Marinus Israldo Zulmar,

Teknik Kimia 2021

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	1
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	2
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	3
KATA PENGANTAR.....	4
DAFTAR ISI	12
DAFTAR TABEL.....	17
DAFTAR GAMBAR	21
DAFTAR LAMPIRAN	22
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	23
ABSTRAK.....	25
<i>ABSTRACT</i>	26
BAB I. PENDAHULUAN	27
1.1 Latar Belakang	27
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	30
1.2.1 Data Impor Parasetamol di Indonesia.....	30
1.2.2 Data Ekspor Parasetamol di Indonesia	31
1.2.3 Data Produksi Parasetamol di Indonesia	32
1.2.4 Data Konsumsi Parasetamol di Indonesia	33
1.3 Data Produsen Parasetamol di Dunia.....	34
1.4 Ketersediaan Bahan Baku	35
1.5 Tinjauan Pustaka	37
1.6 Pemilihan Proses	38

1.6.1	Nitrasi Fenol	38
1.6.2	Asetilasi dengan Para-Aminofenol dan Asetat Anhidrat	40
1.7	Tinjauan Kinetika dan Termodinamika	43
1.7.1	Tinjauan Kinetika	43
1.7.2	Tinjauan Termodinamika	44
BAB II. PERANCANGAN PRODUK		49
2.1	Spesifikasi Bahan Baku.....	49
2.1.1	Bahan Baku Utama	49
2.1.2	Bahan Baku Pendukung.....	52
2.2	Spesifikasi Produk.....	53
2.2.1	Produk Utama	53
2.2.2	Produk Samping	54
2.3	Pengendalian Kualitas	56
BAB III. PERANCANGAN PROSES.....		60
3.1	Diagram Alir Proses dan Material.....	60
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif.....	60
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif.....	61
3.2	Uraian Proses	62
3.2.1	Tahap Persiapan	62
3.2.2	Tahap Reaksi.....	63
3.2.3	Tahap Pemurnian	63
3.2.4	Tahap Penanganan Produk.....	64
3.3	Spesifikasi Alat	64

3.3.1	Spesifikasi Reaktor	64
3.3.2	Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung	67
3.3.3	Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan	81
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi	84
3.3.5	Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	88
3.4	Neraca Massa	90
3.4.1	Neraca Massa Alat	91
3.4.2	Neraca Massa Total.....	96
3.5	Neraca Panas	96
3.5.1	Neraca Panas Alat	96
3.5.2	Neraca Panas Total	101
BAB IV. PERANCANGAN PABRIK		102
4.1	Lokasi Pabrik	102
4.1.1	Ketersediaan Bahan Baku	103
4.1.2	Konsumen	103
4.1.3	Transportasi	105
4.1.4	Ketersediaan Utilitas.....	105
4.1.5	Bahan Bakar dan Power	106
4.1.6	Lingkungan	106
4.1.7	Iklim.....	106
4.1.8	Tenaga Kerja	107
4.1.9	Faktor Ekonomi, Sosial, dan Hukum.....	107
4.2	Tata Letak Pabrik	107

4.3	Tata Letak Mesin atau Alat Proses	113
4.4	Organisasi Perusahaan	115
4.4.1	Bentuk Perusahaan	115
4.4.2	Struktur Organisasi Perusahaan	116
4.4.3	Tugas dan Wewenang Karyawan	117
4.4.4	Jam Kerja Karyawan	123
4.4.5	Status Karyawan dan Sistem Gaji	124
4.4.6	Kesejahteraan Sosial Karyawan	127
4.4.7	Fasilitas dan Hak Karyawan	127
BAB V. UTILITAS.....		130
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	132
5.1.1	Unit Penyediaan Air.....	132
5.1.2	Unit Pengolahan Air	136
5.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>)	143
5.3	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	144
5.4	Unit Penyediaan Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>).....	149
5.5	Unit Pengolahan Limbah.....	149
5.6	Spesifikasi Alat Utilitas.....	152
BAB VI. EVALUASI EKONOMI		164
6.1	Evaluasi Ekonomi	164
6.2	Penaksiran Harga Alat.....	166
6.3	Dasar Perhitungan	171
6.4	Perhitungan Biaya	171

6.4.1	Total Capital Invesment.....	171
6.4.2	Total Production Cost	174
6.4.3	General Expanse	176
6.5	Analisa Resiko Pabrik.....	177
6.6	Analisa Kelayakan	182
6.6.1	Return of Invesment (ROI).....	183
6.6.2	Pay Out Time (POT).....	184
6.6.3	Break Even Point (BEP).....	184
6.6.4	Shut Down Point (SDP).....	186
6.6.5	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR).....	187
BAB VII. PENUTUP		189
7.1	Kesimpulan	189
7.2	Saran.....	190
DAFTAR PUSTAKA		192

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Parasetamol di Indonesia	30
Tabel 1. 2 Data Ekspor Parasetamol di Indonesia	31
Tabel 1. 3 Data Konsumsi Parasetamol di Indonesia	33
Tabel 1. 4 Kapasitas Pabrik Parasetamol Dunia di China dan India	34
Tabel 1. 5 Data Ketersediaan Bahan Baku	35
Tabel 1. 6 Data Negara Tujuan Ekspor Parasetamol Tahun 2029	36
Tabel 1. 7 Pemilihan Proses	41
Tabel 1. 8 Nilai ΔH°_f	45
Tabel 1. 9 Nilai ΔG°_f	47
Tabel 3. 1 Neraca Massa Mixer	91
Tabel 3. 2 Neraca Massa Reaktor	92
Tabel 3. 3 Neraca Massa Evaporator	92
Tabel 3. 4 Neraca Massa Crystallizer	93
Tabel 3. 5 Neraca Massa Centrifuge	93
Tabel 3. 6 Neraca Massa Rotary Dryer	94
Tabel 3. 7 Neraca Massa Cyclone	95
Tabel 3. 8 Neraca Massa Ball Mill	95
Tabel 3. 9 Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i>	95
Tabel 3. 10 Neraca Massa Total	96

Tabel 3. 11 Neraca Panas Reaktor.....	97
Tabel 3. 12 Neraca Panas Evaporator	97
Tabel 3. 13 Neraca Panas Crystalizer.....	98
Tabel 3. 14 Neraca Panas Rotary Dryer	98
Tabel 3. 15 Neraca Panas Kondensor.....	99
Tabel 3. 16 Neraca Panas Cooler	99
Tabel 3. 17 Neraca Panas Cooling Conveyor.....	100
Tabel 3. 18 Neraca Panas Heater.....	100
Tabel 3. 19 Neraca Panas Total	101
Tabel 4. 1 Industri yang Menggunakan Parasetamol sebagai Bahan Baku.....	104
Tabel 4. 2 Luas Tanah dan Bangunan	109
Tabel 4. 3 Jadwal Kerja Shift Regu.....	124
Tabel 4. 4 Jabatan dan Gaji Karyawan.....	124
Tabel 5. 1 Kebutuhan <i>Cooling Water</i>	135
Tabel 5. 2 Kebutuhan <i>Steam</i>	136
Tabel 5. 3 Total Kebutuhan Listrik Alat Proses	144
Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Listrik Utilitas.....	146
Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Listrik Pabrik	147
Tabel 5. 6 Spesifikasi Pompa Utilitas	152

Tabel 5. 7 Lanjutan Spesifikasi Pompa Utilitas	153
Tabel 5. 8 Spesifikasi Bak Pengendap Awal	155
Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Flokulator.....	155
Tabel 5. 10 Spesifikasi <i>Clarifier</i>	156
Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Saringan Pasir.....	156
Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Air Bersih	157
Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Air Minum	157
Tabel 5. 14 <i>Cooling Tower</i>	158
Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Kation	158
Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki NaCl.....	159
Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Anion.....	159
Tabel 5. 18 Spesifikasi Tangki NaOH.....	160
Tabel 5. 19 Spesifikasi Tangki Daerator	161
Tabel 5. 20 Spesifikasi Tangki Umpan <i>Boiler</i>	161
Tabel 5. 21 Spesifikasi Tangki Kondensat	161
Tabel 5. 22 Spesifikasi <i>Boiler</i>	162
Tabel 5. 23 Spesifikasi Udara.....	162
Tabel 6. 1 Indeks Harga per Tahun.....	166
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses	168

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas	169
Tabel 6. 4 <i>Physical Plant Cost</i>	172
Tabel 6. 5 <i>Direct Plant Cost</i>	172
Tabel 6. 6 <i>Fix Capital Investment</i>	173
Tabel 6. 7 <i>Work Capital Investment</i>	173
Tabel 6. 8 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	174
Tabel 6. 9 <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	175
Tabel 6. 10 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	175
Tabel 6. 11 <i>Manufacturing cost</i>	176
Tabel 6. 12 <i>General Expanse</i>	176
Tabel 6. 13 <i>Total Production Cost</i>	177
Tabel 6. 14 Identifikasi Hazard Pabrik	179
Tabel 6. 15 Analisa Resiko Pabrik	181
Tabel 6. 16 <i>Fixed Cost</i>	185
Tabel 6. 17 <i>Regulated Cost</i>	185
Tabel 6. 18 <i>Variable Cost</i>	186
Tabel 6. 19 Analisis Kelayakan Pabrik	188

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Konsumsi Parasetamol di Indonesia.....	34
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	60
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	61
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik	103
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik	108
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses	114
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	115
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas	131
Gambar 6. 1 Analisis Biaya per Kapasitas	188

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Perancangan Reaktor	196
Lampiran B. <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD)	217
Lampiran C. Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik	219

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	:	<i>Temperature</i> , °C
D	:	Diameter, m
H	:	Tinggi, m
P	:	Tekanan, psia
μ	:	Viskositas, cP
ρ	:	Densitas, kg/m ³
Q	:	Kebutuhan Kalor, kJ/Jam
A	:	Luas Penampang, m ²
V	:	Volume, m ³
t	:	Waktu, jam
m	:	Massa, kg
F _v	:	Laju Volumetrik, m ³
R	:	Jari- jari, in
P	:	<i>Power motor</i> , hp
ts	:	Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	:	<i>Pressure drop</i> , psia
ID	:	<i>Inside</i> diameter, in
OD	:	<i>Outside</i> diameter, in
Th	:	Tebal <i>head</i> , in
Re	:	Bilangan Reynold
f	:	<i>Allowable stress</i> , psia

icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
L	:	Lebar pengaduk, m
N	:	Kecepatan putaran, rpm
UD	:	Koefisien perpindahan panas <i>overall</i> , Btu/jam ft ² °F
UC	:	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	:	Panjang, m
l	:	Lebar, m
X	:	Konversi, %
E	:	Efisiensi sambungan
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi
R	:	Tatapan konstan gas
Fv	:	Laju alir, m ³ /jam
Sg	:	<i>Specific gravity</i>
LMTD	:	<i>Long Mean Temperature Different</i> , °F

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan penduduk mencapai 264 juta jiwa. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan obat-obatan juga besar. Bahan aktif obat yang sering digunakan adalah parasetamol. Kebutuhan parasetamol di Indonesia masih sangat tergantung pada impor. Mengingat besarnya kebutuhan parasetamol maka produksi parasetamol menarik untuk ditinjau. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, maka dirancang pabrik parasetamol dengan kapasitas 5.000 ton/tahun. Dengan memperhatikan faktor ketersediaan bahan baku, transportasi, tenaga kerja, pemasaran, dan utilitas, maka lokasi pabrik yang dipilih adalah di Kawasan Industri Lippo Cikarang, Bekasi, Jawa Barat, di atas lahan seluas 1,44 hektar dan mempekerjakan sekitar 153 karyawan. Proses utama yang digunakan adalah asetilasi dari para-aminofenol dan asetat anhidrat menggunakan reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) pada suhu 108°C dan tekanan 1 atm. Bahan baku para-aminofenol yang dibutuhkan sebesar 494,05 kg/jam dan asetat anhidrat sebesar 689,98 kg/jam, menghasilkan produk parasetamol sebesar 631,313 kg/jam serta produk samping berupa campuran asam asetat, asetat anhidrat dan air. Pabrik beroperasi selama 330 hari per tahun dan 24 jam per hari. Kebutuhan utilitas mencakup air sebesar 69.642,74 kg/jam, steam sebesar 2.088,31 kg/jam, listrik sebesar 418,31 kW, dan solar sebesar 188,62 kg/jam. Berdasarkan analisis resiko, pabrik ini dikategorikan *low risk*. Sejalan dengan hasil penilaian tersebut, pendekatan *low risk* juga diterapkan dalam analisis evaluasi ekonomi pabrik. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan profit setelah pajak sebesar Rp32,53 miliar/tahun dengan ROI setelah pajak 19%, POT 3,4 tahun, BEP 56,32%, SDP 33%, dan DCFRR 19%. Berdasarkan parameter ekonomi dan teknis tersebut, pabrik parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat dinyatakan layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Asetilasi, CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*), Evaluasi Ekonomi, Parasetamol.

ABSTRACT

Indonesia is a country with a population of approximately 264 million people, which leads to a high demand for pharmaceuticals. One of the most commonly used active pharmaceutical ingredients is paracetamol. Currently, Indonesia's paracetamol needs are still heavily dependent on imports. Considering the large demand, the production of paracetamol is worth reviewing. To meet domestic needs, a paracetamol plant with a capacity of 5,000 tons per year is designed. Taking into account factors such as raw material availability, transportation, labor, marketing, and utilities, the selected plant location is in the Lippo Cikarang Industrial Area, Bekasi, West Java, on a 1.44-hectare site employing approximately 153 workers. The main process used is the acetylation of para-aminophenol and acetic anhydride using a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) at a temperature of 108°C and pressure of 1 atm. The required raw materials include 494.05 kg/hour of para-aminophenol and 689.98 kg/hour of acetic anhydride, producing 631.313 kg/hour of paracetamol and by-products in the form of a mixture of acetic acid, acetic anhydride, and water. The plant operates 330 days per year, 24 hours per day. Utility requirements include 69,642.74 kg/hour of water; 2,088.31 kg/hour of steam, 418.31 kW of electricity, and 188.62 kg/hour of diesel fuel. Based on risk analysis, the plant is categorized as low risk. In line with this assessment, a low-risk approach is also applied to the plant's economic evaluation. The economic evaluation shows a post-tax profit of IDR 32.53 billion per year, with a post-tax ROI of 19%, a payback period (POT) of 3.4 years, a break-even point (BEP) of 56.32%, an SDP of 33%, and a DCFRR of 19%. Based on these technical and economic parameters, the establishment of a paracetamol plant using para-aminophenol and acetic anhydride is considered feasible.

Keywords: *Acetylation, CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor), Economic Evaluation, Paracetamol.*

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Parasetamol atau biasa dikenal dengan asetaminophen merupakan obat yang biasa digunakan untuk menurunkan demam dan meredakan nyeri. Parasetamol merupakan senyawa turunan n-asetil-p-aminofenol dan mempunyai sifat antipiretik dan analgesik (Benista & Nowak, 2014). Peran utama parasetamol sebagai antipiretik umumnya digunakan sebagai antipiretik, misalnya setelah imunisasi atau pada saat terjadi peradangan yang menyebabkan demam. Sedangkan efek analgesik-nya sering digunakan untuk meredakan nyeri seperti sakit kepala, sakit gigi, nyeri otot, *arthritis*, dan *influenza* (Widyaningsih, 2014).

Jenis obat analgetika dan antipiretika adalah salah satu obat yang permintaannya meningkat seiring dengan peningkatan kesadaran masyarakat akan kesehatan. Obat penghilang rasa sakit yang juga dikenal sebagai analgetika, berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan rasa sakit tanpa menghilangkan kesadaran pasien. Parasetamol adalah analgetika yang paling umum digunakan karena tidak menyebabkan pendarahan lambung, tidak menyebabkan *euforia*, dan tidak menyebabkan ketergantungan psikis. parasetamol juga memiliki berbagai merek dagang di Indonesia antara lain Panadol, Tylenol, Farmadol, Biogesic. Parasetamol tersedia di pasaran dalam bentuk tablet, sirup, kapsul, suspensi dan supositoria. Parasetamol dalam obat dapat digunakan sendiri atau bersama dengan bahan aktif lain, misalnya dalam obat batuk dan flu terdiri atas bahan analgesik-antipretik seperti parasetamol,

bahan antitusif seperti dextromethorphan, serta bahan ekspektoran seperti gliseril guaikolat.

Parasetamol memiliki efek samping yang paling sedikit dari ketiga obat tersebut, dan aman untuk digunakan pada anak-anak. Parasetamol tidak boleh diberikan kepada anak-anak di bawah dua tahun kecuali dokter memberikan pertimbangan khusus lainnya. Sebuah penelitian pada anak-anak menunjukkan bahwa kombinasi *asetosal* dan *asetaminophen* mengobati demam lebih baik daripada satu-satunya obat (Sartono, 1996). Parasetamol tidak hanya digunakan dalam industri farmasi, tetapi juga digunakan untuk membuat senyawa kimia dan kombinasi. Oleh karena itu, kebutuhan akan parasetamol terus meningkat setiap tahunnya.

Saat ini, Indonesia dilaporkan mengimpor 90% bahan farmasi. Sebagai negara terpadat keempat di dunia dengan jumlah penduduk 271 juta jiwa pada tahun 2019 (UNDESA, 2019), Indonesia mengimpor 6.471 ton parasetamol pada tahun 2016 dan meningkat menjadi 7.014 ton pada tahun 2019 (BPS-Statistik Indonesia, 2016; BPS-Statistik Indonesia, 2019). Sebuah perusahaan swasta, PT Riasima Abadi Farma, telah mencoba memproduksi parasetamol beberapa waktu lalu. Namun, PT Riasima Abadi Farma hanya dapat memproduksi 150 ton parasetamol per tahun karena tingginya biaya produksi. Situasi ini menyoroti sulitnya bagi perusahaan swasta untuk bertahan dalam bisnis farmasi. Untuk meningkatkan swasembada nasional dalam industri farmasi, pemerintah Indonesia telah mengambil inisiatif strategis. Salah satu rencana pemerintah adalah membangun pabrik produksi parasetamol milik

negara pada tahun 2024 (Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia, 2020).

Parasetamol saat ini diproduksi di dua negara yaitu, Tiongkok dan India dengan Tiongkok memproduksi 80% parasetamol dunia. Kebutuhan asetaminofen di Indonesia mencapai 4500 ton/tahun yang seluruhnya masih diimpor dari luar negeri. Pada saat yang sama, permintaan global akan asetaminofen mencapai 149,3 kilo ton pada tahun 2014 dan terus tumbuh dengan laju tahunan sebesar 3,8% (Kementerian Perindustrian, 2017). Permintaan yang besar harus diimbangi dengan produksi yang melimpah. Mengingat besarnya permintaan pasar dan terjaminnya pasokan bahan baku, maka perlu diwujudkan keberadaan pabrik kimia ini.

Produksi parasetamol dalam pra-rancangan pabrik ini akan dilakukan melalui reaksi asetilasi antara para-aminofenol dan anhidrida asetat, yang merupakan metode konvensional dan efisien dalam industri farmasi. Metode ini memiliki efisiensi tinggi serta menghasilkan rendemen yang baik (Prayogi, dkk, 2022). Berdasarkan penelitian, reaksi optimal terjadi pada suhu 108°C , dengan rasio mol para-aminofenol terhadap anhidrida asetat sebesar 1:1,5, serta kecepatan pengadukan 350 RPM, yang menghasilkan konstanta laju reaksi sebesar $1,95 \text{ L mol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ (Kurnianto, dkk, 2021). Dengan efisiensi yang tinggi, proses ini memungkinkan produksi parasetamol dalam jumlah besar dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan impor produk jadi dari luar negeri.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi merupakan jumlah maksimum output yang dapat diproduksi atau dihasilkan dalam satuan waktu tertentu. Menentukan kapasitas pabrik adalah langkah awal sebelum dimulainya perencanaan/pendirian pabrik kimia. Kapasitas pabrik sangat berpengaruh terhadap aspek teknis dan ekonomis, yaitu menghasilkan produk yang memiliki keuntungan yang maksimal dengan biaya produksi yang minimal. Penentuan kapasitas pabrik mempertimbangkan data *supply* yang meliputi produksi dalam negeri dan impor, serta *demand* yang meliputi konsumsi dan ekspor.

1.2.1 Data Impor Parasetamol di Indonesia

Berdasarkan data impor yang diperoleh dari catatan Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2024, didapatkan hasil:

Tabel 1. 1 Data Impor Parasetamol di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2019	7.014,74
2020	7.435,20
2021	9.631,39
2022	9.544,90
2023	7.748,38

(Badan Pusat Statistika, 2024)

Pada data ekspor diatas menyatakan bahwa semakin lama pertumbuhan impor parasetamol dari tahun ke tahun terjadi fluktuatif. Untuk itu kita dapat menggunakan proyeksi dengan pertumbuhan tahunan rata-rata atau Compound Annual Growth Rate (CAGR),

$$CAGR = \left(\frac{\text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

Keterangan:

n = Jumlah Tahun

$$CAGR = \left(\frac{7.748,38}{7.014,74} \right)^{\frac{1}{4}} - 1$$

Didapatkan nilai CAGR = 2,5%, proyeksi impor untuk tahun 2029 dapat dihitung dengan rumus proyeksi:

$$\text{Proyeksi} = \text{Nilai Akhir} \times (1 + CAGR)^{\text{jumlah tahun proyeksi}} \quad \dots\dots (1.2)$$

$$\text{Proyeksi} = 7.748,38 \times (1 + 0,025)^6$$

Maka didapatkan proyeksi pada tahun 2029 sebesar 8.985,75 ton.

1.2.2 Data Ekspor Parasetamol di Indonesia

Berdasarkan data ekspor yang diperoleh dari catatan Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2024, didapatkan hasil:

Tabel 1. 2 Data Ekspor Parasetamol di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	5,98
2021	3,83
2022	57,54
2023	36,63

(Badan Pusat Statistika, 2024)

Pada data ekspor tersebut menyatakan bahwa semakin lama pertumbuhan ekspor parasetamol dari tahun ke tahun terjadi fluktuatif. Untuk itu kita dapat menggunakan proyeksi dengan pertumbuhan tahunan rata-rata atau Compound Annual Growth Rate (CAGR),

$$CAGR = \left(\frac{\text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots\dots\dots (1.1)$$

Keterangan:

n = Jumlah Tahun

$$CAGR = \left(\frac{36,63}{5,98} \right)^{\frac{1}{3}} - 1$$

Didapatkan nilai CAGR = 83%, proyeksi impor untuk tahun 2029 dapat dihitung dengan rumus proyeksi:

$$\text{Proyeksi} = \text{Nilai Akhir} \times (1 + CAGR)^{\text{jumlah tahun proyeksi}} \dots\dots (1.2)$$

$$\text{Proyeksi} = 36,63 \times (1 + 0,83)^6$$

Maka didapatkan proyeksi pada tahun 2029 sebesar 1.375,76 ton.

1.2.3 Data Produksi Parasetamol di Indonesia

Di Indonesia, proses pembuatan obat hanya pada pembuatan obat jadi dari bahan baku obat (formulasi). Satu-satunya penyedia bahan baku obat parasetamol di Indonesia adalah Riasima Abadi Farma yang mana didirikan pada tahun 1981. Pada tahun 1996, Riasima mampu memproduksi sebanyak 1100 ton/tahun yang mana pada tahun itu kebutuhan parasetamol masih sekitar 2500 ton/tahun. Akan tetapi, karena kurang efisiennya alat dan proses pembuatan Riasima tidak mampu bersaing dengan produsen bahan baku obat luar negeri. Pada tahun 2013-2023, Riasima hanya mampu memproduksi 150 ton/tahun dari kebutuhan dalam negeri yang sudah mencapai 4500 ton/tahun. Dengan menurunnya produksi bahan baku obat parasetamol dalam negeri membuat ketergantungan Indonesia terhadap impor bahan baku obat sangat besar yaitu lebih dari 90% (Binfar, 2023).

1.2.4 Data Konsumsi Parasetamol di Indonesia

Konsumsi parasetamol di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, terutama sejak 2018. Pada tahun tersebut, volume kebutuhan parasetamol di Indonesia mencapai sekitar 6.800 ton. Peningkatan ini didorong oleh tingginya permintaan untuk obat-obatan yang digunakan untuk menurunkan demam dan meredakan nyeri, seperti parasetamol. Tren ini berlanjut hingga 2024, di mana kebutuhan diperkirakan meningkat menjadi 8.800 ton, dengan proyeksi mencapai 11.000 ton pada tahun 2032. (BRIN, 2024).

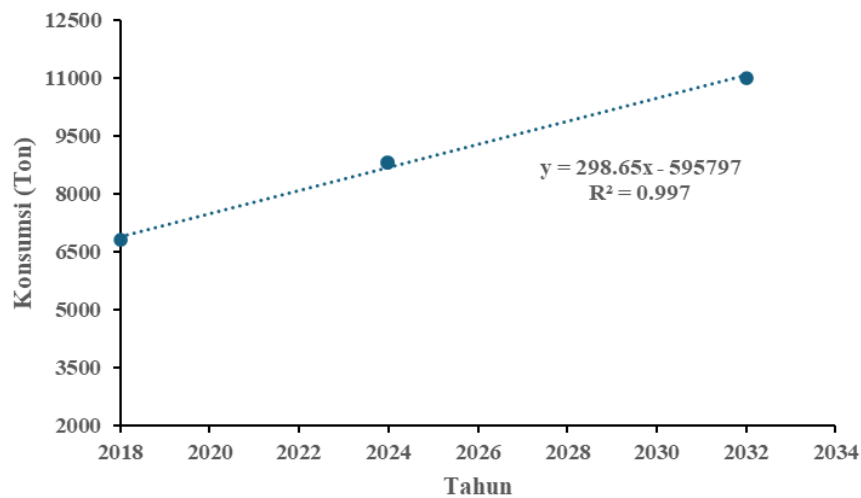
Dengan pernyataan diatas maka bisa dibuatkan data tabel konsumsi di Indonesia yaitu sebagai berikut,

Tabel 1. 3 Data Konsumsi Parasetamol di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2018	6.800
2024	8.800
2032	11.000

(BRIN, 2024)

Dari data yang diperoleh, didapatkan grafik interpolasi parasetamol di Indonesia sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Grafik Konsumsi Parasetamol di Indonesia

Pada grafik konsumsi didapatkan nilai $Y = 10.164$ ton pada tahun 2029.

1.3 Data Produsen Parasetamol di Dunia

Produsen parasetamol di dunia pada tahun 2024 telah banyak dikuasai oleh produsen China dan India. Kapasitas produksi beberapa pabrik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 4 Kapasitas Pabrik Parasetamol Dunia di China dan India

Perusahaan	Negara	Kapasitas (ton)
Anqiu Luan	China	40.000
Granules India	India	18.000
Farmson	India	19.200
Zhejiang Kangle	China	20.000
Hebei Jiheng	China	25.000
Anhui BBKA Likang	China	8.000

SKPL	India	1.500
Meghmani LLP	India	7.500

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa pendirian pabrik parasetamol yang telah berdiri di Dunia pada tahun 2024 adalah paling terkecil sebesar 1.500 ton/tahun dan kapasitas pabrik terbesar yaitu 25.000 ton/tahun.

1.4 Ketersediaan Bahan Baku

Dari riset yang telah dilakukan didapatkan perusahaan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku sebagai berikut:

Tabel 1. 5 Data Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku	Nama Perusahaan	Ton/Tahun
Para-Aminofenol	Taixing Yangzi Pharm (China)	35.000
Asetat Anhidrat	Jubilant Life Sciences (India)	40.000

Dengan mengetahui jumlah *Supply* dan *Demand* Parasetamol di Indonesia, maka bisa menghitung peluang kapasitas pabrik parasetamol yang akan berdiri pada tahun 2029 dengan menggunakan rumus peluang yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\
 &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\
 &= (1.375,76 + 10.164) - (8.985,75 + 150) \\
 &= (11.539,76) - (9.135,75)
 \end{aligned}$$

$$= 2.404,01 \text{ ton/tahun}$$

Penentuan kapasitas pabrik diambil dari pertimbangan rata-rata produksi pabrik parasetamol yang sudah berdiri yaitu diantara range 1.500-25.000 ton/tahun. Selain itu, analisis hasil peluang dengan *supply* dan *demand* untuk pabrik parasetamol di Indonesia pada tahun 2029 menunjukkan peluang sebesar 2.404,01 ton per tahun.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti 90% pasokan masih berasal dari impor, sehingga kemandirian industri belum tercapai, maka untuk mengurangi impor serta meningkatkan ekspor parasetamol dan dengan tetap memperhatikan ketersediaan bahan baku yaitu para-aminofenol dan asetat anhidrat, maka kapasitas produksi ideal ditetapkan sebesar 5.000 ton per tahun.

Kelebihan dari kapasitas tersebut juga diharapkan bisa meningkatkan ekspor untuk memenuhi kebutuhan global yang semakin meningkat. Berikut tujuan negara ekspor dari pabrik ini berdasarkan data ekspor yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2024 yang telah diproyeksikan untuk tahun 2029 menggunakan proyeksi pertumbuhan tahunan rata-rata atau Compound Annual Growth Rate (CAGR),

Tabel 1. 6 Data Negara Tujuan Ekspor Parasetamol Tahun 2029

Negara	Jumlah (Ton/Tahun)
Brunei Darussalam	0,22
China	304,30
Timor Leste	0,08
Ghana	476,28

Hongkong	128,16
India	0,33
Malaysia	0,26
Myanmar	349,19
Nigeria	71,11
Singapore	0,82
Total	1.375,76

1.5 Tinjauan Pustaka

Parasetamol merupakan obat anti-inflamasi yang sangat banyak digunakan oleh masyarakat umum. Parasetamol memiliki berat molekul 151,165 g/mol dan memiliki sifat larut dalam metanol ataupun air panas. Sintesis parasetamol umumnya dilakukan melalui reaksi asetilasi antara para-aminofenol dan asetat anhidrat. Pada reaksi ini, gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) yang terdapat pada asetat anhidrat ditransfer ke gugus amino ($-\text{NH}_2$) pada para-aminofenol sehingga menghasilkan parasetamol sebagai produk utama dan asam asetat sebagai produk samping (Suhendro, 2015).

Reaksi asetilasi ini dikenal sebagai salah satu metode yang sederhana namun efisien untuk memproduksi parasetamol dalam skala laboratorium maupun industri. Proses tersebut biasanya dilakukan dalam pelarut organik dengan pengontrolan suhu yang ketat. Penelitian menunjukkan bahwa suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat laju reaksi, tetapi juga meningkatkan risiko pembentukan impuritas, sedangkan suhu yang terlalu rendah cenderung

mengurangi kecepatan reaksi dan konversi para-aminofenol menjadi parasetamol (Handayani, 2018).

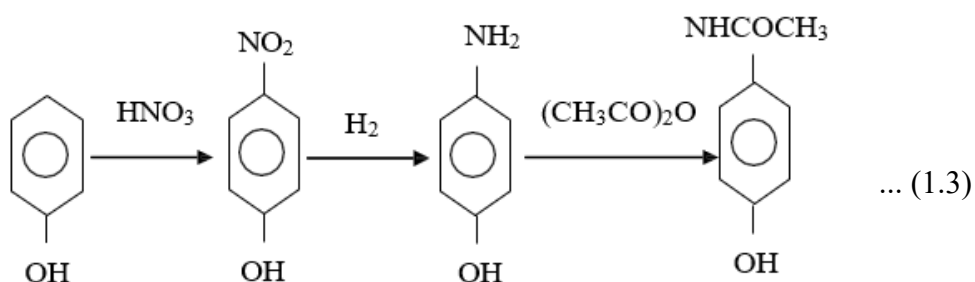
Dari sudut pandang industri, reaksi asetilasi dapat diterapkan dalam sistem reaktor batch maupun kontinu. Sistem kontinu, misalnya, menawarkan keuntungan berupa kontrol proses yang lebih konsisten dan pengurangan waktu henti produksi, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi dan kestabilan produksi parasetamol dalam skala besar (Suhendro, 2015).

Secara keseluruhan, metode sintesis parasetamol melalui reaksi asetilasi memiliki keunggulan dari segi kesederhanaan proses, efisiensi produksi, dan potensi skalabilitas. Pengembangan dan optimasi proses ini tidak hanya berfokus pada peningkatan *yield* dan kemurnian produk, tetapi juga mempertimbangkan aspek ekonomi dan lingkungan, sehingga dapat memenuhi permintaan pasar global serta mendukung praktik industri yang berkelanjutan (Handayani, 2018; Smith, 2017).

1.6 Pemilihan Proses

Proses pembuatan parasetamol secara umum dapat dilakukan melalui dua macam proses. Untuk menentukan proses yang paling menguntungkan, dapat ditinjau dari beberapa proses pembuatan parasetamol, antara lain:

1.6.1 Nitrasi Fenol



fenol 4-nitrofenol 4-aminofenol parasetamol

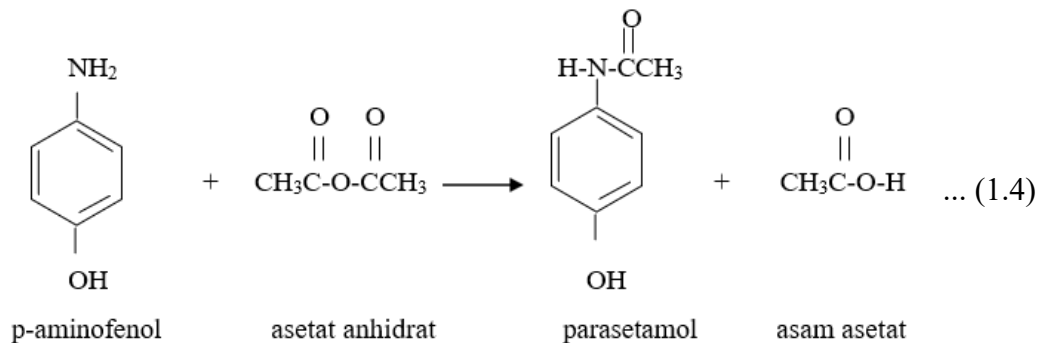
Tahapannya dimulai bahan baku fenol direaksikan dengan asam nitrat (HNO_3) menghasilkan 4-nitrofenol (dan sedikit 2-nitrofenol sebagai produk samping). Kemudian, 4-nitrofenol direduksi menjadi 4-aminofenol menggunakan hidrogenasi katalitik di atas Raney Nickel (Ni-Ra). Lalu, dilakukan asetilasi dengan asetat anhidrat menghasilkan parasetamol (Morris Freifelder, US Patent No. 3.076.030).

Laju selektivitas nitrasi fenol rendah yaitu *yield* yang dihasilkan p-nitrophenol hanya 37 % dan banyak menghasilkan orto-isomer serta limbah, dan untuk total *yield* keseluruhan dalam protokol klasik diperkirakan sangat rendah antara <20 % hingga 30 %. (Vanden Eynde, J. J., 2016)

Bahan baku pembuatan parasetamol dengan cara ini sulit didapat dan harganya mahal. Hal tersebut mempengaruhi besarnya investasi yang digunakan untuk mendirikan pabrik parasetamol. Selain itu, kondisi operasi yang digunakan adalah dengan suhu 120 °C, dan lama proses lebih dari 4 jam dan konversi yang dihasilkan hanya 70% (Morris Freifelder, US Patent No. 3.076.030).

Proses nitrasi fenol ini lebih cocok untuk operasi skala kecil atau laboratorium. Selain itu, proses ini lebih kompleks karena harus melalui banyak tahapan sehingga memerlukan penanganan bahan baku yang kuat serta dalam proses ini menghasilkan limbah yang banyak.

1.6.2 Asetilasi dengan Para-Aminofenol dan Asetat Anhidrat



Asetilasi p-aminofenol dengan asetat anhidrat adalah metode sintesis paracetamol yang paling umum dalam skala laboratorium maupun industri. Pada proses ini disebut jalur langsung, karena p-aminofenol yang tersedia kemudian langsung dilakukan proses asetilisasi dengan asetat anhidrat, menghasilkan parasetamol dengan kemurnian tinggi (>95 %) bahkan dalam sistem konvensional maupun *microwave* (Rajpoot, V., & Asati, N., 2022).

Bahan baku para-aminofenol mudah didapatkan dan harganya lebih murah daripada bahan baku yang digunakan untuk proses nitrasi fenol karena banyak tahapan. Kondisi operasi pada proses ini adalah dengan suhu 90 °C, tekanan 1 atm, lama proses 1 jam dengan yield yang dihasilkan 95% . Proses produksi parasetamol dimulai dengan melarutkan p-aminofenol dalam asam asetat di dalam tangki pelarut. Larutan ini kemudian direaksikan dengan asetat anhidrat dengan reaktor yang dilengkapi jaket pemanas karena reaksi bersifat endotermis. Setelah reaksi, dilakukan pemisahan menggunakan *rotary vacuum filter* untuk memperoleh *cake*, lalu larutannya dipekatkan dalam *evaporator*. Larutan pekat tersebut dimasukkan ke dalam *crystallizer* untuk membentuk kristal parasetamol, yang selanjutnya dipisahkan dari *mother liquor* menggunakan *centrifuge*. Kristal hasil pemisahan

dikeringkan dalam *rotary dryer* guna mengurangi kadar air, lalu digiling dalam *ball mill* untuk memperoleh ukuran serbuk yang seragam (US Patent No. 2998450).

Contohnya lain dalam skala laboratorium proses asetilasi p-aminofenol dengan asetat anhidrat memperoleh *yield* 99% dengan waktu reaksi 10 menit dalam *batch flow* atau *continuous flow*, kondisi suhu sedang 108 °C dan tekanan atmosferik, rasio mol para-aminofenol dan asetat anhidrat 1:1.5, agitasi 350 rpm, dengan laju reaksi $1.95 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Kurnianto, dkk, 2021)

Tabel 1. 7 Pemilihan Proses

No	Parameter	Nitrasi Fenol	P-Aminofenol dengan Asetat Anhidrat
1.	Bahan Baku	Fenol, asam nitrat, reduktor (H_2/Pd , Fe/HCl), asetat anhidrat	Para-aminofenol, asetat anhidrat, air demin
2.	Kondisi Operasi: Suhu Tekanan	120 °C 1 atm	108 °C 1 atm
3.	Yield	<i>Batch</i> : 20–30%; Kontinyu: hingga 70% (jika dioptimasi)	>95%
4.	Tahapan Reaksi	4 tahap: nitrasi, reduksi, pemurnian, asetilasi	1–2 tahap langsung asetilasi
5.	Waktu Reaksi	3 jam	1 jam

6.	Hasil Samping	Nitroisomer, seperti ortho-nitrophenol atau meta-nitrophenol	Asetat anhidrat
7.	Utilitas	Tinggi: butuh hidrogen, pendinginan, reaksi <i>eksoterm</i>	Lebih rendah, proses lebih sederhana
8.	Dampak lingkungan dan <i>Safety</i>	Menghasilkan limbah korosif dan berbahaya (HNO_3 , H_2SO_4) dan polutan nitro-derivat	Lebih ramah lingkungan, minim penggunaan bahan korosif dan menghasilkan limbah asam yang mudah dikelola
9.	Ekonomi	Biaya tinggi karena banyak tahapan dan utilitas	Lebih ekonomis dan efisien untuk produksi skala besar

Berdasarkan data pada tabel diatas, proses pembuatan parasetamol dengan menggunakan p-aminofenol dan asetat anhidrat memiliki banyak keunggulan dibandingkan proses nitrasi fenol. Dari segi ketersediaan bahan baku, proses asetilasi lebih mudah diperoleh dan hanya membutuhkan 2 bahan yaitu p-aminofenol dan asetat anhidrat. Secara ekonomi, proses ini memerlukan investasi yang lebih kecil dan biaya bahan baku lebih murah, sekaligus memberikan *yield* lebih tinggi (>95%) dalam waktu reaksi yang lebih singkat. Sementara itu, proses nitrasi fenol memerlukan bahan baku yang lebih sulit didapat, investasi lebih besar, dan *yield* lebih rendah (70–85%). Oleh karena

itu, proses asetilasi dari p-aminofenol dengan asetat anhidrat dinilai lebih efisien dan menguntungkan untuk dipilih.

1.7 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

Tinjauan kinetika dan termodinamika diperlukan agar reaksi dapat berlangsung sesuai dengan kondisi dan konversi yang diinginkan.

1.7.1 Tinjauan Kinetika

Pada proses pembentukan parasetamol telah banyak penelitian yang dilakukan, termasuk penelitian mengenai kinetika reaksi untuk mempelajari kondisi operasi optimum untuk pabrik produksi parasetamol di masa mendatang dengan menyelidiki pengaruh suhu, kecepatan pengadukan, dan rasio mol reaktan terhadap konversi parasetamol. Salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Kurnianto, Rifki Wahyu, dkk tahun 2021.

Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:



Persamaan laju reaksi biasanya mengikuti persamaan kinetika orde dua, karena melibatkan dua reaktan yang bereaksi secara bersamaan. Persamaan laju dapat dinyatakan sebagai:

$$r = k[\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}] [(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}] \quad \dots\dots\dots (1.6)$$

Di mana:

r adalah laju reaksi (mol/L/s),

k adalah konstanta laju reaksi (L/mol/s),

$[\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}]$ adalah konsentrasi para-aminofenol (mol/L),

$[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}]$ adalah konsentrasi asetat anhidrat (mol/L).

Konstanta laju reaksi dapat dinyatakan berdasarkan Hukum Arrhenius, yang menunjukkan bahwa k meningkat dengan kenaikan suhu:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots (1.7)$$

Di mana:

A adalah faktor frekuensi,

E_a adalah energi aktivasi (J/mol),

R adalah konstanta gas (8.314 J/mol·K),

T adalah suhu dalam Kelvin (K).

Dalam studi yang telah dilakukan, energi aktivasi reaksi ini adalah E_a sebesar 143,857 J/mol, yang menggambarkan energi minimum yang diperlukan untuk memulai reaksi dan A sebesar $7,7 \times 10^9$ L/mol.mnt. Dengan dilakukan perhitungan mendapatkan konstanta laju reaksi untuk pembuatan parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat adalah k sebesar 1,95 L/mol·menit pada suhu optimal yaitu T sebesar 108°C dan pada tekanan 1 atm. Selain itu ada faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi yaitu, rasio mol optimal untuk reaksi ini adalah 1 : 1,5 (para-aminofenol : asetat anhidrat), di mana asetat anhidrat sedikit berlebih. Kecepatan pengadukan yang lebih tinggi meningkatkan laju reaksi dengan meningkatkan pencampuran reaktan yaitu agitasi optimal adalah 350 rpm. Dalam studi ini mendapatkan waktu reaksi optimum selama 10 menit. (Kurnianto, dkk, 2021)

1.7.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi berupa eksotermis ataupun endotermis, untuk mengetahui apakah termasuk reaksi

reversible atau *irreversible*. Tinjauan termodinamika dapat diketahui melalui harga entalpi yang terbentuk selama reaksi. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Data panas pembentukan (ΔH°_f) pada 298K pada setiap komponen diperoleh dari buku “*Chemical Properties Handbook*” adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 8 Nilai ΔH°_f

Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)
$\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$	-190,6
$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	-575,72
$\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$	-208,34
CH_3COOH	-434,84

(Yaws, 1999)

Menentukan perubahan entalpi (ΔH°_r) dari panas pembentukan (ΔH°_f) 298K.



$$\Delta H^\circ_{r(298K)} = \Sigma H^\circ_f \text{ produk} - \Sigma H^\circ_f \text{ Reaktan} \quad \dots\dots\dots (1.8)$$

$$= ((-208.34) + (-434.84)) - ((-190.6) + (-575.72))$$

$$= 123,14\text{kJ/mol}$$

Berdasarkan hasil ΔH°_r pada suhu standar 25°C (298 K) yaitu 123.14 kJ/mol maka bisa dihitung ΔH°_r pada suhu 108°C (381K) yang dapat dihitung persamaan perpindahan panas.

$$Q = m \times C_p \times dT \quad \dots\dots\dots (1.9)$$

$$\Delta Q = Q \text{ produk} - Q \text{ reaktan} \quad \dots\dots\dots (1.10)$$

C₆H₇NO (reaktan):

$$Q = 109,13 \text{ g/mol} \times 172,0 \text{ J/g.K} \times 83 \text{ K} = 14.279,13 \text{ J/mol} = 14,27 \text{ kJ/mol}$$

(CH₃CO)₂O (reaktan):

$$Q = 102,09 \text{ g/mol} \times 2,13 \text{ J/g.K} \times 83 \text{ K} = 18.066,46 \text{ J/mol} = 18,06 \text{ kJ/mol}$$

C₈H₉NO₂ (produk):

$$Q = 151,16 \text{ g/mol} \times 1,85 \text{ J/g.K} \times 83 \text{ K} = 23.164,57 \text{ J/mol} = 23,16 \text{ kJ/mol}$$

CH₃COOH (produk):

$$Q = 60,05 \text{ g/mol} \times 2,05 \text{ J/g.K} \times 83 \text{ K} = 10.212,28 \text{ J/mol} = 10,21 \text{ kJ/mol}$$

Maka,

$$\Delta Q = Q \text{ produk} - Q \text{ reaktan} \dots\dots\dots (1.10)$$

$$= 33.377 - 32.345 = 1.03 \text{ kJ/mol.}$$

$$\Delta H^\circ_r (381 \text{ K}) = \Delta H^\circ \text{ reaksi } (298 \text{ K}) + \Delta Q \dots\dots\dots (1.11)$$

$$= 123.14 + 1.032$$

$$= 124,17 \text{ kJ/mol}$$

Apabila ΔH°_r reaksi bernilai positif (+): Reaksi bersifat endotermis dan apabila ΔH°_r reaksi bernilai negatif (-): Reaksi bersifat eksotermis.

Berdasarkan perhitungan, ΔH°_r pada reaksi bernilai negatif (+), maka dapat disimpulkan bahwa reaksi yang berlangsung dalam proses bersifat endotermis.

Data panas pembentukan energy gibbs (ΔG°_f) pada 298 K pada setiap komponen diperoleh dari buku “*Chemical Properties Handbook*” adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 9 Nilai ΔG°_f

Komponen	ΔG°_f (kJ/mol)
C ₆ H ₇ NO	23,88
(CH ₃ CO) ₂ O	-476,68
C ₈ H ₉ NO ₂	-65,26
CH ₃ COOH	-376,69

(Yaws, 1999 & Chemeo.com)

Menentukan perubahan entalpi *energy gibbs* (ΔG°_r) dari panas pembentukan *energy gibbs* (ΔG°_f) 298K



$$\Delta G^\circ_r (298^\circ\text{K}) = \Sigma G^\circ_f \text{produk} - \Sigma G^\circ_f \text{Reaktan} \quad \dots\dots\dots (1.12)$$

$$= ((-65,26) + (-376,69)) \text{ kJ/mol} - ((23,88) + (-476,68))$$

$$= 10,85 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan di atas nilai ΔG°_r reaksi pada suhu 298 K adalah positif maka reaktan akan berubah menjadi produk secara tidak spontan.

Konstanta kesetimbangan (K_1) pada suhu 298K dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\ln K_1 = \frac{-\Delta G}{RT} \quad \dots\dots\dots (1.13)$$

$$= \frac{10,85}{8,314 \times 298}$$

$$= -4.3787$$

$$= 0,0125$$

Dengan suhu reaksi 108°C atau 381 K, diperoleh nilai K_{381} sebagai berikut:

$$\ln \frac{K_{381}}{K_{298}} = \frac{\Delta H_{298}}{R} \left(\frac{1}{381} - \frac{1}{298} \right) \quad \dots\dots\dots (1.14)$$

$$\Delta H_{298} = 124,17 \text{ kJ/mol}$$

$$\frac{K_{381}}{0,0125} = \exp(10,92)$$

$$K_{381} = 690,88$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh konstanta kesetimbangan pada suhu 108°C sebesar 690,88. Karena nilai kesetimbangan lebih dari >1, sehingga reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible*.

BAB II. PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1 Bahan Baku Utama

1. Para-Aminofenol

a. Sifat Fisika

1. Wujud : Padatan Serbuk
2. Warna : Tidak berwarna
3. Bau : Tidak berbau
4. Densitas : $1,1 \text{ g/cm}^3$
5. Titik Didih : 284°C
6. Titik lebur : $189,6^\circ\text{C} - 190,2^\circ\text{C}$

b. Sifat Kimia

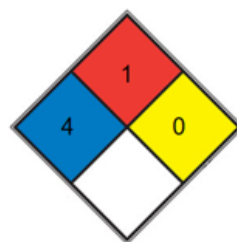
1. Rumus kimia : $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$
2. Massa molar : $109,13 \text{ g/mol}$
3. Kelarutan dalam air : 15 g/L
4. Kemurnian : $98,5\%$

c. Informasi Bahaya



1. Iritasi : Kulit, mata, dan saluran pernapasan
2. Bahaya Kesehatan : Kerusakan organ melalui paparan berkepanjangan

3. Bahaya Lingkungan : Beracun terhadap organisme air



4. Kesehatan : Sangat berbahaya

5. Kebakaran : Dapat terbakar jika dipanaskan $> 93^{\circ}\text{C}$

6. Reaktivitas : Stabil

7. Bahaya Khusus : Tidak ada

(MSDS Chemical Book)

2. Asetat Anhidrat

a. Sifat Fisika

1. Wujud : Cair
2. Warna : Tidak berwarna
3. Sifat Bahan : Korosif
4. Densitas : $1,05 \text{ g/cm}^3$
5. Densitas Udara : 3,5
6. Tekanan Udara : 4 mmHg
7. Tekanan Kritis : 46,18 atm
8. Titik Beku : -73°C

9. Titik Didih : 140°C
10. Specific Gravity : 1,08 g/cm³
11. Viskositas : 0,97 mPa. S (pada 15 °C)

b. Sifat Kimia

1. Rumus molekul : C₄H₆O₃
2. Berat molekul : 102,09 gr/ml
3. Kelarutan dalam air : 106 mg/l (25°C)
4. Kemurnian : 99%

c. Informasi Bahaya



1. *Flammable* : Cairan dan uap mudah terbakar
2. *Corrosion* : Bersifat korosif, menyebabkan luka bakar pada kulit
3. Iritasi : Kulit, mata, dan saluran Pernapasan



4. Kesehatan : Berbahaya jika terhirup, tertelan, atau terkena kulit
5. Kebakaran : Mudah terbakar pada suhu

< 93°C

6. Reaktivitas : Stabil, tetapi dapat reaktif jika dipanaskan

7. Bahaya Khusus : Reaktif terhadap air

(MSDS Chemical Book)

2.1.2 Bahan Baku Pendukung

1. Air

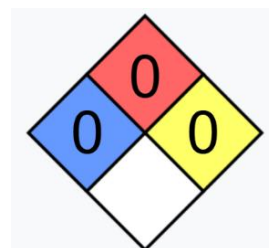
a. Sifat Fisika

1. Wujud : Cair
2. Warna : Bening Tidak Berwarna
3. Densitas : 995.67 g/ml
4. Titik Didih : 100°C
5. Titik Beku : 0°C
6. Temperatur Kritis : 347,1°C
7. Tekanan Kritis : 218,3 atm

b. Sifat Kimia

1. Rumus Molekul : H₂O
2. Berat Molekul : 18,02 g/mol
3. Kemurnian : 100%

c. Informasi Bahaya



- | | |
|------------------|------------------------|
| 1. Kesehatan | : Tidak berbahaya |
| 2. Kebakaran | : Tidak mudah terbakar |
| 3. Reaktivitas | : Tidak reaktif |
| 4. Bahaya Khusus | : Tidak ada |

(MSDS Chemical Book)

2.2 Spesifikasi Produk

2.2.1 Produk Utama

1. Parasetamol

a. Sifat Fisika

- | | |
|----------------|---------------------------|
| 1. Wujud | : Padatan Serbuk |
| 2. Warna | : Putih |
| 3. Densitas | : 1,214 kg/m ³ |
| 4. Titik lebur | : 168 -170 °C |
| 5. Titik Didih | : > 250 °C |
| 6. Rasa | : Pahit |
| 7. Bau | : Tidak Berbau |

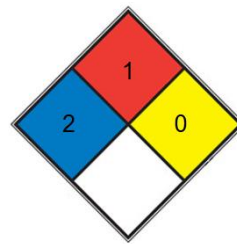
b. Sifat Kimia

- | | |
|------------------|---|
| 1. Rumus Molekul | : C ₈ H ₉ NO ₂ |
| 2. Berat molekul | : 151,16 g/mol |
| 3. Kelarutan | : 19 g/L pada suhu 30°C |
| 4. Kemurnian | : 99,5% |

c. Informasi Bahaya



1. Bahaya Kesehatan : Iritasi jika terhirup atau terkena mata/ kulit



2. Kesehatan : Berbahaya jika terpapar lama
3. Kebakaran : Dapat terbakar jika dipanaskan $> 93^{\circ}\text{C}$
4. Reaktivitas : Tidak reaktif
5. Bahaya Khusus : Tidak ada

(MSDS Chemical Book)

2.2.2. Produk Samping

1. Asam Asetat

a. Sifat Fisika

1. Wujud : Cair
2. Warna : Tidak Berwarna
3. Sifat Bahan : Tidak Berbau
4. Densitas : 1,05 g/ml
5. Titik Didih : 118,1 $^{\circ}\text{C}$

- 6. Titik Beku : 16,6 °C
- 7. Specific Gravity : 1,08 g/cm³
- 8. Viskositas : 1,22 mPa s
- 9. Tekanan Uap : 0,5 kPa (20°C)
- 10. Tekanan Kritis : 46,18 atm
- 11. Suhu Kritis : 21,67 °C

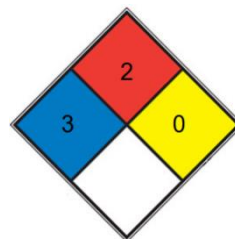
b. Sifat Kimia

- 1. Rumus Molekul : C₂H₄O₂
- 2. Berat Molekul : 60,05 gr/ml
- 3. Kemurnian : 99,8%

c. Informasi Bahaya



- 1. *Flammable* : Cairan dan uap mudah terbakar
- 2. *Corrosion* : Bersifat korosif, menyebabkan luka bakar pada kulit



- 3. Kesehatan : Berbahaya jika terhirup, tertelan, atau terkena kulit

- 4. Kebakaran : Mudah terbakar pada suhu
< 93°C
- 5. Reaktivitas : Tidak reaktif
- 6. Bahaya Khusus : Tidak ada

(MSDS Chemical Book)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada perancangan parasetamol meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses dan pengendalian kualitas produk. Produksi harus dilakukan dengan pengawasan dan pengendalian untuk memperoleh produk yang sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan berdasarkan langkah-langkah proses yang ada.

Kegiatan dalam proses produksi harus menghasilkan produk yang bermutu baik, sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Sehingga diperlukan pengendalian proses dengan waktu pemroduksian produk yang berjalan sesuai dengan jadwal yang ada.

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku yang dihasilkan memiliki kualitas yang sesuai atau tidak untuk memperoleh produk yang diinginkan, berdasarkan beberapa pertimbangan terkait bahan baku yang tersedia dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam proses. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengendalian terkait pengujian kualitas bahan baku untuk proses produksi pada para-aminofenol, asetat anhidrat dan air. Langkah ini

dilakukan untuk mengetahui bahan yang digunakan untuk memproduksi produk sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam pabrik.

Analisa laboratorium dilakukan dengan menggunakan alat kontrol untuk memantau kualitas bahan baku yang digunakan. Tujuan dari dilakukannya analisa bahan baku adalah untuk mengetahui kualitas bahan baku yang tidak sesuai, sehingga dapat dilakukan pengembalian kepada *supplier*.

b. Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas proses produksi dilakukan dengan meninjau aliran melalui alat yang berfungsi sebagai kontrol sistem. Pusat pengawasan pengendalian operasi dilakukan di *control room* dengan metode *automatic control* dengan menggunakan indikator. Sehingga dapat mendeteksi kesalahan dan penyimpangan dalam proses produksi melalui indikator yang sudah di *set*, seperti *flow rate*, *temperature control*, *level control*, dan *pressure control*. Sinyal tersebut akan terdeteksi dengan adanya tanda yang diberikan melalui bunyi alarm, nyala lampu dan jenis sinyal lainnya. Apabila terjadi kesalahan atau penyimpangan, maka perlu dilakukan pengembalian kondisi seperti awal yang dapat dilakukan secara otomatis maupun manual. Alat kontrol yang harus di *set* pada kondisi tertentu antara lain adalah:

1. *Flow Control*

Flow control adalah alat yang digunakan untuk mengelola aliran masuk dan juga aliran keluar sehingga tidak terlalu cepat ataupun tidak terlalu lambat.

2. *Temperature Control*

Temperature control adalah alat yang digunakan untuk mengelola batasan nilai suhu dengan menggunakan *set point*. Dimana setiap perubahan suhu yang terjadi akan terdeteksi, dan pada aliran energi panas kedalam dan keluar diatur untuk mencapai suhu yang diinginkan.

3. *Level Control*

Level control adalah alat yang digunakan pada alat seperti tangki yang berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan cairan yang berada didalam tangki sehingga tinggi cairan tidak melebihi batas maksimum yang ditetapkan.

4. *Pressure Control (Valve)*

Pressure control adalah alat yang digunakan untuk mengetahui dan juga mengendalikan tekanan pada operasi berdasarkan tekanan operasi yang sudah ditetapkan pada alat.

Pengendalian proses juga dilakukan pada suatu harga sehingga dihasilkan produk yang memenuhi standar yang telah ditetapkan. Maka diperlukan pengendalian mutu untuk mengetahui bahan baku yang digunakan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan,

dan perlu diadakan pengawasan serta pengendalian produksi setelah perencanaan produksi dan juga proses produksi sehingga proses produksi berjalan dengan baik. Secara umum pengendalian kualitas mutu dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, antara lain adalah:

1. Pengawasan Proses Secara Langsung

Pengawasan dilakukan dengan *team quality control* secara langsung dengan mengamati setiap proses yang berjalan, dengan memperhatikan perlakuan pada aliran bahan baku dan juga alat produksi.

2. Pengawasan Panel Kendali dan Pengawasan Secara Otomatis

Pengendalian proses secara otomatis dilakukan dengan mengamati mesin produksi yang bekerja misalnya pada saat tekanan terjadinya reaksi, suhu operasi reaktor, aliran material dalam alat dan lain-lain. Sehingga apabila terjadi kesalahan atau penyimpangan terhadap bahan baku selama terjadinya proses produksi, maka alat akan berhenti secara otomatis.

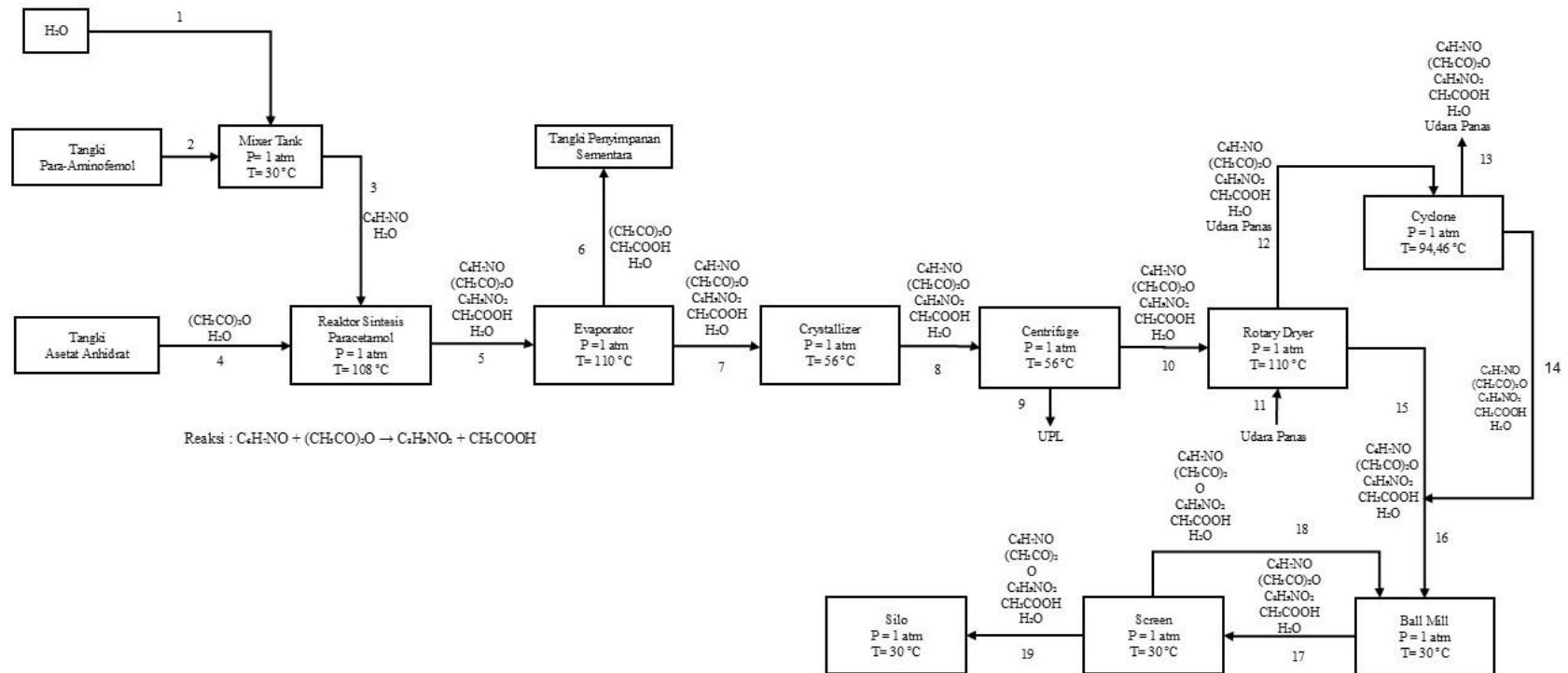
3. Pengawasan Kondisi Parameter Mesin

Pengawasan proses ini mengutamakan parameter-parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Sehingga apabila terjadi kesalahan atau ada yang tidak memenuhi standar maka perlu dilakukan ulang *setting* mesin agar memenuhi standar yang telah ditentukan.

BAB III. PERANCANGAN PROSES

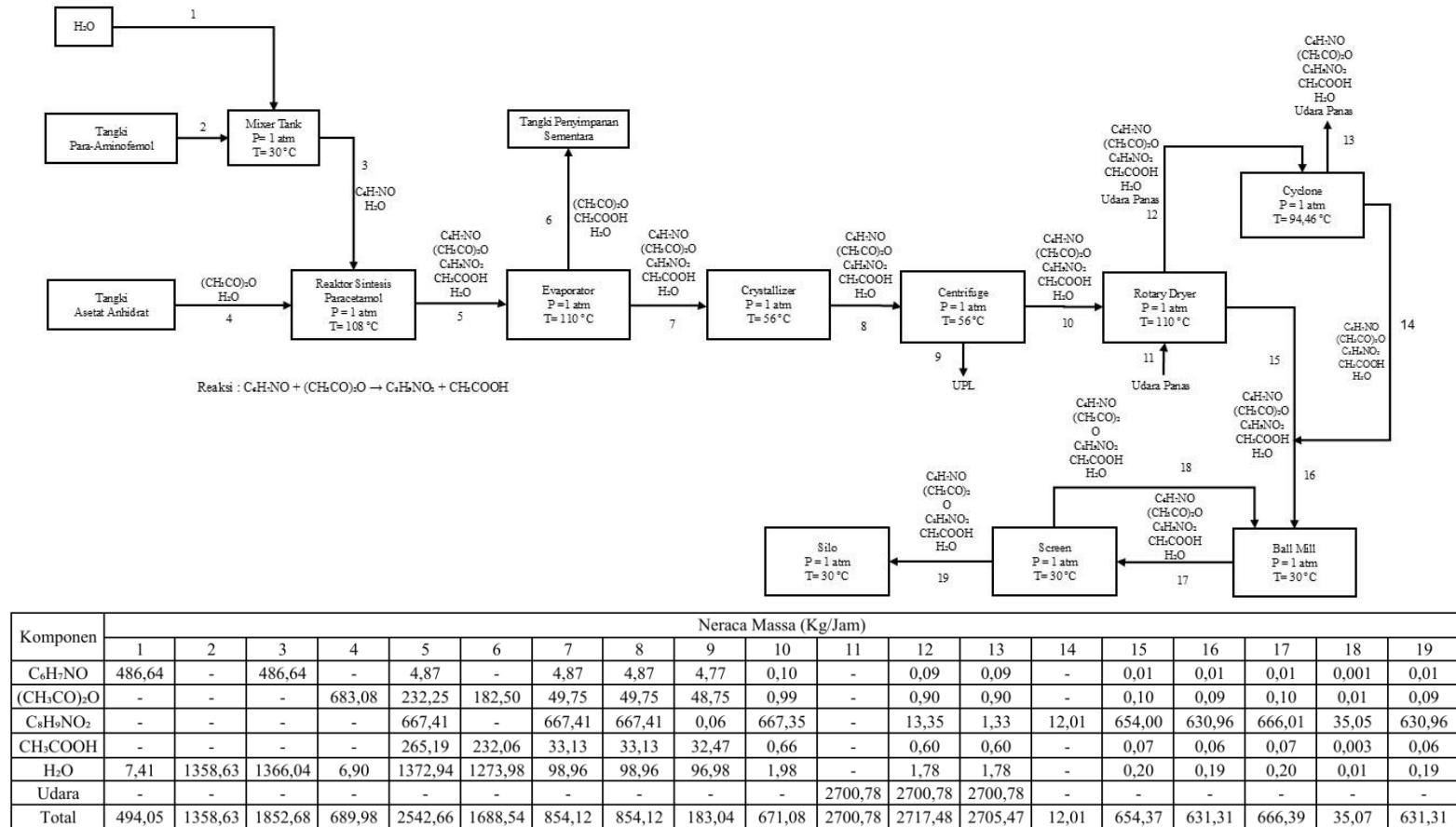
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

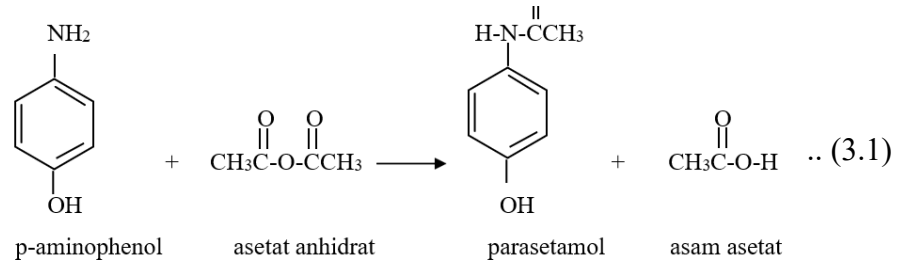
Proses pembuatan parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat terdiri dari beberapa tahap yaitu dapat dibagi menjadi 4-unit pabrik dengan pembagian berikut:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Reaksi
3. Tahap Pemurnian
4. Tahap Penanganan Produk

3.2.1 Tahap Persiapan

Para-aminofenol berbentuk kristal di simpan dalam silo penyimpanan para-aminofenol (SL-01) kemudian dimasukkan ke dalam *mixer* (M-01) menggunakan *belt conveyer* dan *bucket elevator*. Sementara itu, asetat anhidrat yang berupa cairan disimpan dalam tangki penyimpanan asetat anhidrat (T-02). Dengan bantuan pompa sentrifugal, air demineralisasi dialirkan dari air proses utilitas ke dalam *mixer* (M-01) untuk melarutkan para-aminofenol sedangkan asetat anhidrat langsung dialirkan ke dalam reaktor sintesis paracetamol (R-01) untuk tahap reaksi asetilasi.

3.2.2 Tahap Reaksi



Setelah tahap persiapan, tahap selanjutnya adalah tahap reaksi. Bahan baku berupa para-aminofenol yang digunakan terlebih dahulu dilarutkan dengan air demineralisasi pada mixer (M-01). Larutan tersebut dialirkan menuju reaktor (R-01) untuk direaksikan dengan asetat anhidrat. Karena reaksi yang terjadi adalah endotermis maka reaktor dilengkapi dengan koil pemanas. Kondisi operasi pada proses reaksi ini adalah berada pada suhu 108 °C, tekanan 1 atm, waktu proses reaksi 10 menit dengan konversi mencapai 99 % (Kurnianto, dkk, 2021).

3.2.3 Tahap Pemurnian

Setelah proses reaksi selesai, produk yang dihasilkan di reaktor (R-01) di pompa menuju evaporator (EV-01) untuk dipekatkan. Hasil atas yang menguap berupa air demineralisasi dan asam asetat yang akan dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan sementara. Sedangkan parasetamol yang telah dipekatkan akan dimasukkan ke dalam alat selanjutnya yaitu *crystallizer* (CR-01) untuk memperoleh

kristalnya. Setelah kristal terbentuk, proses pemisahan kristal dan *mother liquor* dilakukan menggunakan *centrifuge* (CF-01).

3.2.4 Tahap Penanganan Produk

Pada proses yang terakhir, kristal parasetamol yang dihasilkan dibawa *screw conveyor* menuju ke *rotary dryer* (RD-01) untuk dikeringkan sehingga kadar air berkurang. Setelah pengeringan, kristal parasetamol yang sudah kering dibawa *screw conveyor* menuju *ball mill* (BM-01). Sementara hasil atas dari *rotary dryer* yang masih mengandung produk akan di *recycle* ke alat *cyclone* (CY-01) untuk menghilangkan udara panas dan hasil *recycle* tersebut dibawa *screw conveyor* menuju kembali ke *ball mill* (BM-01) untuk dihancurkan menjadi ukuran kecil. Setelah dari *ball mill* langsung masuk ke alat *vibrating screen* (VS-01) untuk disaring agar memperoleh ukuran yang seragam sebesar 100 *mesh* sementara ukuran yang masih *oversize* dikembalikan lagi ke *ball mill*. Produk akhir berupa serbuk parasetamol yang berukuran seragam (*onsize*) disimpan dalam silo penyimpanan produk (SL-02) kemudian dikemas dan disimpan dalam gudang produk.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Reaktor (R-01)

Kode : R-01

Fungsi : Tempat bereaksinya para-aminofenol (C_6H_7NO) dengan asetat anhidrat ($((CH_3CO)_2O$) untuk menghasilkan paracetamol ($C_8H_9NO_2$) dan asam asetat (CH_3COOH)

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)

Mode Operasi : Kontinyu

Jumlah : 1

Harga : \$ 337.237

Kondisi Operasi

Suhu : 108 °C

Tekanan : 1 atm

Kondisi Operasi : Isothermal

Konstruksi Material

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA-240 type 316*

Diameter Reaktor : 5,84 m

Tebal Shell : 0,3125 in

Tinggi Reaktor : 8,405 m

Tinggi Shell : 5,84 m

Tinggi Head (OA) : 1,282 m

Tebal Head : 0,375 in

Volume Shell : 153,98 m³

Volume Head : 2,740 m³

Volume Reaktor : 156,717 m³

Jenis Head : *Torispherical Dished Head*

Konversi : 99 %

Pengaduk Reaktor

Jenis : *Turbin Impeller with 6 Blades*

Diameter : 1,95 m

Jarak : 2,53 m

Lebar Pengaduk : 0,48 m

Lebar Baffle : 1,46 m

Power : 20 hp

Kecepatan Putar : 37 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 17.100

Koil Pemanas

Jumlah lilitan : 16

Tinggi tumpukan koil : 5,22 m

Diameter lilitan koil : 4,08 m

Panjang lilitan : 12,85 m

Panjang koil : 202,01 m

Harga : \$ 305,12

Insulasi

Bahan : *Melamine Foam*

Konduktivitas Panas : 0,040 W/m.K

Tebal : 1 in

Harga : \$ 309,11

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. Alat Pemisah

1. *Mixer*

Fungsi : Mencampurkan C_6H_7NO dengan H_2O
sebelum masuk ke Reaktor

Jumlah : 1 buah

Jenis : Tangki pencampur berpengaduk silinder
vertikal dengan tutup atas dan bawah
torispherical dishead

Harga : \$ 133.547

Kondisi Operasi

Temperatur : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Dimensi

Bahan : *Stainless steel SA 240 Type 304*

Diameter shell : 1,372 m

Tinggi shell : 3,356 m

Volume *mixer* : 2,299 m³

Tinggi *mixer* : 4,010 m

Tinggi head (OA) : 0,653 m

Tebal shell : 0,188 in

Tebal head : 0,188 in

Pengaduk

Jenis *impeller* : *Flat Blade Turbines Impellers with 6 blade*

Diameter pengaduk : 0,409 m

Jarak pengaduk : 0,532 m

Lebar pengaduk : 0,082 m

Lebar *baffle* : 0,070 m

Jumlah *baffle* : 4 buah

Jumlah pengaduk : 2 buah

Kecepatan pengadukan (N) : 639 rpm

Power pengadukan (P) : 150 hp

Harga : \$ 133.547

2. Evaporator (E-01)

Fungsi : Memekatkan larutan dengan menguapkan pelarut
(H_2O , $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ dan CH_3COOH)

Bentuk : *Long Tube Evaporator* dengan tutup atas
torispherical dishead dan tutup bawah *conical*

Type : *Standard Vertikal Tube Evaporator*

Jenis : *1-2 Shell and Tube Exchanger*

Bahan : *Stainless steel SA-240 type 316*

Harga : \$ 19.096

Kondisi Operasi

Temperatur : 110 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu Operasi : 1 jam

Bagian Shell

Diameter : 1,39 m

Tinggi : 2,08 m

Luas area : 1,51 m²

Tebal : 3/16 in

Bagian Tube

OD : 1.5 in

BWG : 12

ID : 1,28 in

Flow area : 1,29 in²

Surface per lin ft : 0,39 ft²

Disusun : Triangular

Pitch : 1.875 in

Panjang tube : 15 ft

Jumlah tube : 160 buah

Faktor Pengotor

Rd ketentuan : 0,003 ft² F/Btu

Rd hitung : 0,010 ft² F/Btu

Pressure Drop

Shell : 0,00001 psi

Tube : 0,001 psi

Bahan konstruksi : *SA-240 Type 430 Grade D*

Jumlah : 1 buah

Bagian tutup

Tebal tutup atas : 1/4 in

Tinggi tutup atas : 0,35 m

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Tinggi tutup bawah : 0,68 m

Tinggi total tangki : 3,13 m

3. *Crystalizer*

Fungsi : Untuk mengkristalkan larutan Parasetamol

Bentuk : *Swensonm - Walker Crystallizer*

Harga : \$ 110.207

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 56 °C

Kapasitas : 8,473 m³

Dimensi

Diameter : 0,01 m

Panjang : 3,01 m

Volume : 8,47 m

Luas *cooling area* : 8,24 m²

Tebal Jaket : 0,55 m

Tebal Isolasi : 0,05 m

Putaran Pengaduk : 5 rpm

Power : 5 hp

Jumlah : 1 buah

4. *Centrifuge*

Fungsi : Memisahkan padatan dari *Crystallizer*
sebelum diumpankan ke *Rotary Dryer*

Type : *Scroll Discharge Centrifuge*

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-240 type 316*

Harga : \$ 122.813

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 56 °C

Kapasitas : 0,854 ton/jam

Dimensi

Diameter bowl : 7 in

Panjang bowl : 14 in

Laju putar motor : 12000 rpm

Daya motor : 0,33 hp

5. *Rotary Dryer*

Fungsi : Mengeringkan bahan dengan bantuan udara
panas

Type : *Direct Contact Counter-Current*

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel*

Harga : \$ 11.857

Kondisi Operasi

Temperatur : 110 °C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 3371,86 kg/jam

Dimensi

Diameter : 0,57 m
Panjang : 6,49 m
Sudut *rotary* : 24,45°
Time of Passes : 14 menit
Kecepatan putaran : 8,39 rpm
Tinggi radial flight : 0,047 m
Jumlah flight : 6 buah
Power : 5 hp

6. Cyclone

Fungsi : Untuk memisahkan padatan dari aliran udara panas

Type : *Cyclone Separator*

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Kapasitas : 0,013 ton/jam

Harga : \$ 43.559

Dimensi

Bc (Diameter outlet bagian bawah *cyclone*) : 0,17 m

De (Diameter inlet *cyclone*) : 0,33 m

Hc (Tinggi dari <i>cyclone</i>)	: 0,33 m
Lc (Panjang dari outlet <i>cyclone</i>)	: 1,33 m
Sc (Luas penampang dari <i>cyclone</i>)	: 0,08 m
Zc (Koefisien pemisahan <i>cyclone</i>)	: 1,33 m
Jz (Faktor gesekan dalam aliran)	: 0,17 m
Tebal shell	: 5/16 in
Tebal tutup atas	: 1/4 in
Tebal tutup bawah	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah

7. **Ball Mill**

Fungsi	: Untuk menghaluskan produk sampai 100 mesh
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,80 ton/jam
Tipe	: <i>Tumbling Ball Mill</i>
Harga	: \$ 210.805

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C

Dimensi

No. Sleeve	: 100 mesh
Diameter	: 4,3 ft
Panjang	: 4,3 ft
<i>Mill speed</i>	: 39 rpm

Power : 25 hp

8. *Vibrating Screen*

Fungsi : Mengayak produk yang keluar dari rotary dryer sehingga tersaring produk onsize sebesar 100 mesh

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,80 ton/jam

Tipe : *Horizontal Vibrating Screen*

Material : *Carbon Steel*

Harga : \$ 25.711

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Dimensi

Luas Screener : 2,705 m²

Panjang : 2,326 m

Lebar : 2,326 m

Power : 5,5 hp

b. Unit Operasi Pendukung

1. Pompa 1

Fungsi : Mengalirkan dari tangki air proses ke *mixer*

Jenis : *Centrifugal Pump*

Harga	: \$ 4.618
Impeller	: <i>Radial flow impellers</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Commersial Steel</i>
Kapasitas	: 1,594 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0156 ft ³ /s
Kecepatan aliran	: 1,7596 ft/s

Ukuran pipa

ID	: 1,278 in
OD	: 1,66 in
NPS	: 1 ¼ in
Flow area	: 1,28 in ²

Efisiensi pompa

<i>Power</i> pompa	: 0,0947 hp
<i>Power</i> motor	: 0,167 hp

2. Pompa 2

Fungsi	: Mengalirkan asetat anhidrat dari tangki ke reaktor
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Harga	: \$ 3.370
Impeller	: <i>Radial flow impellers</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Commersial Steel</i>

Kapasitas : 0,774 m³/jam

Rate Volumetrik : 0,0076 ft³/s

Kecepatan aliran : 2,5301 ft/s

Ukuran pipa

ID : 0,742in

OD : 1,05 in

NPS : 3/4 in

Flow area : 0,432 in²

Efisiensi pompa

Power pompa : 0,0898 hp

Power motor : 0,083 hp

3. Pompa 3

Fungsi : Mengalirkan bahan dari mixer ke reaktor

Jenis : *Centrifugal Slurry Pump*

Harga : \$ 5.242

Impeller : *Semi Open Impeller*

Arah aliran : *Radial flow impellers*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Silicon Carbide*

Kapasitas : 2,179 m³/jam

Rate Volumetrik : 0,0214 ft³/s

Kecepatan aliran : 2,4051 ft/s

Ukuran pipa

ID : 1,25 in

OD : 1,66 in

NPS : 1,25 in

Schedule Number : 40

Flow area : 1,28 in²

Efisiensi pompa

Power pompa : 0,272 hp

Power motor : 0,5 hp

4. Pompa 4

Fungsi : Mengalirkan bahan dari reaktor ke
evaporator

Jenis : *Centrifugal Pump*

Harga : \$ 3.994

Impeller : *Mixed flow impellers*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Commersial Steel*

Kapasitas : 1,007 m³/jam

Rate Volumetrik : 0,0099 ft³/s

Kecepatan aliran : 1,9815 ft/s

Ukuran pipa

ID : 0,957 in

OD : 1,32 in

NPS : 1 in

Flow area : 0,718 in²

Efisiensi pompa

Power pompa : 0,0349 hp

Power motor : 0,05 hp

5. Pompa 5

Fungsi : Mengalirkan bahan dari evaporator ke
crystallizer

Jenis : *Centrifugal Pump*

Harga : \$ 3.994

Impeller : *Mixed flow impellers*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Commersial Steel*

Kapasitas : 1,009 m³/jam

Rate Volumetrik : 0,0099 ft³/s

Kecepatan aliran : 1,9815 ft/s

Ukuran pipa

ID : 0,957 in

OD : 1,32 in

NPS : 1 in

Flow area : 0,718 in²

Efisiensi pompa

Power pompa : 0,0153 hp

Power motor : 0,083 hp

6. Pompa 6

Fungsi : Mengalirkan bahan dari crystallizer ke centrifuge

Jenis : *Centrifugal Slurry Pump*

Harga : \$ 5.242

Impeller : *Semi Open Impeller*

Arah aliran : *Radial Flow Impellers*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Silicon Carbide*

Kapasitas : 0,965 m³/jam

Rate Volumetrik : 0,0095 ft³/s

Kecepatan aliran : 1,8982 ft/s

Ukuran pipa

ID : 0,957 in

OD : 1,32 in

NPS : 1 in

Flow area : 0,718 in²

Efisiensi pompa

Power pompa : 0,272 hp

Power motor : 0,5 hp

7. Blower

Fungsi	: Menghisap udara untuk diumpankan ke Rotary Dryer
Jenis	: <i>Backward Curve Blade Centrifugal Blower</i>
Harga	: \$ 60.723
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Laju Udara	: 1,61 ft ³ /menit
Tekanan	: 3,88 psia
Power	: 2 hp

8. Filter Udara

Fungsi	: Menyaring debu yang terdapat dalam udara sebelum masuk ke Rotary Dryer
Jenis	: <i>Tubular Bag Filters</i>
Harga	: \$ 35.675
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	: 3.240,93 kg/jam
Rate Volumetrik	: 1.645 ft ³ /s
Diameter bag	: 12 in
Panjang bag	: 9,14 m
Jumlah bag	: 3 buah
Luas clutch total	: 28,71 m ²

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan

a. Tangki Asetat Anhidrat

Fungsi : Tempat penyimpanan bahan baku asetat anhidrat selama 30 hari

Type : Silinder tegak dengan dasar flat dan head berbentuk *Flanged & Standard Dished Head*

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 62.800

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Spesifikasi

Material : Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316

Kapasitas : 496.784 kg

Volume : 559,203 m³

Diameter standar : 6,096 m

Tinggi puncak head : 44,058 m

Tebal head standar : 0,500 in

Tinggi total : 5,486 m

b. Tangki Penyimpanan Sementara

Fungsi : Tempat penyimpanan sementara larutan asam asetat, asetat anhidrat dan air selama 7 hari

Type : Silinder tegak dengan dasar flat dan head berbentuk
Flanged & Standard Dished Head

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 59.000

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Spesifikasi

Material : Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316

Kapasitas : 283.675 kg

Volume : 333,41 m³

Diameter standar : 7,62 m

Tinggi puncak head : 54,16 m

Tebal head standar : 0,438 in

Tinggi total : 5,033 m

c. Silo-01

Fungsi : Tempat penyimpanan para-aminofenol untuk
kebutuhan proses selama 30 hari

Jenis bahan : *Stainless steel SA-167 type 316*

Harga : \$ 91.500

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Dimensi tangki

Diameter : 6,2689 m

Tinggi : 15,5158 m

Tebal : 0,25 in

Volume tangki : 419,01m³

Waktu Penyimpanan : 30 hari

d. Silo-02

Fungsi : Tempat penyimpanan produk paracetamol sebelum
pengemasan selama 7 hari

Jenis bahan : *Stainless steel SA-167 type 316*

Harga : \$ 43.900

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Dimensi Tangki

Diameter : 4,0814 m

Tinggi : 10,2035 m

Tebal : 0,25 in

Volume tangki : 115,63 m³

Waktu Penyimpanan : 7 hari

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

a. *Belt Conveyor*

Fungsi	: Mengangkut padatan berupa P-Aminofenol dari Silo ke Bucket Elevator
Jenis	: Flat belt conveyor
Harga	: \$ 11.108
Jumlah	: 1 buah
Konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Kecepatan belt	: 0,309 ft/menit
Panjang belt	: 4,5 m
Lebar belt	: 0,356 m
Daya	: 0,33 hp

b. *Bucket Elevator – 01*

Fungsi	: Untuk mengangkut bahan dari Belt Conveyor ke Mixer
Harga	: \$ 13.480
Panjang bucket	: 0,1397 m
Lebar bucket	: 0,2032 m
Tinggi bucket	: 0,1969 m
Daya	: 1,5 hp
Jenis	: Continuous Bucket Elevator
Bahan	: Rubber

c. *Bucket Elevator – 02*

Fungsi	: Untuk mengangkut bahan dari Screw Conveyor ke Silo Produk
Harga	: \$ 13.480
Panjang bucket	: 0,1397 m
Lebar bucket	: 0,2032 m
Tinggi bucket	: 0,19685 m
Daya	: 1,5 hp
Jenis	: Continuous Bucket Elevator
Bahan	: Rubber

d. *Cooling Conveyor*

Fungsi	: Untuk mendinginkan kristal Paracetamol yang keluar dari Rotary Dryer dan Cyclone sampai dengan suhu 30°C
<i>Type</i>	: Plain Spout of Chutes dengan Standard Jacket Solid Flight
Harga	: \$ 6.250
Kapasitas	: 666,3858 kg/jam
Screw diameter	: 0,1524 m
Diameter of flights	: 0,2286 m
Diameter of pipe	: 0,0635 m
Diameter of shaft	: 0,0508 m
Panjang	: 4,6 m
<i>Power</i> motor	: 1 hp

Type cooling : *Standard Jacked Solid Flight*

ID jaket : 0,4382 m

Tebal jaket : 0,0191 m

OD Jaket : 0,4572 m

Space : 0,2699 m

Jumlah : 1 buah

e. Screw Conveyor – 01

Fungsi : Mengangkut produk dari *Centrifuge* menuju
Rotary Dryer

Jenis : *Horizontal Screw Conveyor*

Harga : \$ 4.743

Kapasitas : 5 ton/jam

Panjang : 15 ft

Diameter flight : 9 in

Diameter feed section : 6 in

Daya : 0,43 hp

Bahan : *High Alloy Steel*

f. Screw Conveyor – 02

Fungsi : Mengangkut produk dari Ball Mill menuju
Screen

Jenis : *Horizontal Screw Conveyor*

Harga : \$ 4.743

Kapasitas : 5 ton/jam

Panjang : 15 ft
Diameter flight : 9 in
Diameter feed section : 6 in
Daya : 0,43 hp
Bahan : *High Alloy Steel*

g. Screw Conveyor – 03

Fungsi : Mengangkut produk (oversize) dari Screen menuju Ball Mill
Jenis : *Horizontal Screw Conveyor*
Harga : \$ 4.743
Kapasitas : 5 ton/jam
Panjang : 15 ft
Diameter flight : 9 in
Diameter feed section : 6 in
Daya : 0,43 hp
Bahan : *High Alloy Steel*

h. Screw Conveyor – 04

Fungsi : Mengangkut produk dari Screener menuju Bucket Elevator-02
Jenis : *Horizontal Screw Conveyor*
Harga : \$ 4.743
Kapasitas : 5 ton/jam
Panjang : 15 ft

Diameter flight : 9 in

Diameter feed section : 6 in

Daya : 0,43 hp

Bahan : *High Alloy Steel*

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Heater

Kode : HE-01

Fungsi : Memanaskan udara sebelum menuju *Rotary Dryer* dari 30 °C ke 110 °C

Jumlah : 1

Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*

Jenis Bahan : *Stainless Steel SA 304*

Harga : \$ 18.597

Jumlah Hairpin : 2 buah

Panjang Hairpin : 4,57 m

Hot Fluid : ***Annulus, Steam***

IPS : 0,1 m

Flow Area : 0,002 m²

OD : 0,11 m

ID : 0,1 m

Surface Area : 1,18 ft²/ft

Cold fluid : ***Inner pipe, Output***

IPS : 0,08 m

<i>Flow Area</i>	: 0,005 m ²
OD	: 0,09 m
ID	: 0,08 m
<i>Surface Area</i>	: 0,92 ft ² /ft
A	: 9,170 ft ²
Ud	: 237,95 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	: 6068,30 Btu/jam.ft ² .°F
Rd	: 0,0032
Rd min	: 0,003

b. Condensor

Kode	: CD-01
Fungsi	: Untuk mengubah uap hasil atas Evaporator menjadi liquid
Jumlah	: 1
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga	: \$ 19.595
Jumlah Hairpin	: 1 buah
Panjang Hairpin	: 6,096 m
Hot Fluid	: Annulus, <i>Steam</i>
IPS	: 0,1 m
<i>Flow Area</i>	: 0,002 m ²
OD	: 0,11 m

ID	: 0,1 m
<i>Surface Area</i>	: 1,18 ft ² /ft
Cold fluid	: Inner pipe, <i>Output</i>
IPS	: 0,08 m
<i>Flow Area</i>	: 0,005 m ²
OD	: 0,09 m
ID	: 0,08 m
<i>Surface Area</i>	: 0,92 ft ² /ft
A	: 27,75 ft ²
Ud	: 237,95 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	: 1907,65 Btu/jam.ft ² .°F
Rd	: 0,0086
Rd min	: 0,003

c. Cooler

Kode	: CL-01
Fungsi	: Menurunkan suhu produk atas EV-01 dari 103 °C ke 30 °C
Jumlah	: 1
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga	: \$ 34.822
Jumlah Hairpin	: 2 buah
Panjang Hairpin	: 6,096 m

Hot Fluid : Annulus, *Steam*

IPS : 0,1 m

Flow Area : 0,002 m²

OD : 0,11 m

ID : 0,1 m

Surface Area : 1,18 ft²/ft

Cold fluid : Inner pipe, *Output*

IPS : 0,08 m

Flow Area : 0,005 m²

OD : 0,09 m

ID : 0,08 m

Surface Area : 0,92 ft²/ft

A : 55,51 ft²

Ud : 198,63 Btu/jam.ft².°F

Uc : 828,57 Btu/jam.ft².°F

Rd : 0,0038

Rd min : 0,003

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Alat

a. Mixer (M-01)

Tabel 3. 1 Neraca Massa Mixer

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
----------	-----------------------------	------------------------------

	Arus 1	Arus 2	Arus 3
C_6H_7NO	486,64	0,00	486,64
$(CH_3CO)_2O$	0,00	0,00	0,00
$C_8H_9NO_2$	0,00	0,00	0,00
CH_3COOH	0,00	0,00	0,00
H_2O	7,41	1358,63	1366,04
Sub Total	494,05	1358,63	1852,68
Total	1852,68		1852,68

b. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 2 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
C_6H_7NO	486,64	0,00	4,87
$(CH_3CO)_2O$	0,00	683,08	232,25
$C_8H_9NO_2$	0,00	0,00	667,41
CH_3COOH	0,00	0,00	265,19
H_2O	1366,04	6,90	1372,94
Sub Total	1852,68	689,98	2542,66
Total	2542,66		2542,66

c. Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 3 Neraca Massa Evaporator

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₆ H ₇ NO	4,87	0,00	4,87
(CH ₃ CO) ₂ O	232,25	182,50	49,75
C ₈ H ₉ NO ₂	667,41	0,00	667,41
CH ₃ COOH	265,19	232,06	33,13
H ₂ O	1372,94	1273,98	98,96
Sub Total	2542,66	854,12	1688,54
Total	2542,66	2542,66	

d. Crystallizer (CR-01)

Tabel 3. 4 Neraca Massa Crystallizer

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
C ₆ H ₇ NO	4,87	4,87
(CH ₃ CO) ₂ O	49,75	49,75
C ₈ H ₉ NO ₂	667,41	667,41
CH ₃ COOH	33,13	33,13
H ₂ O	98,96	98,96
Sub Total	854,12	854,12
Total	854,12	854,12

e. Centrifuge (CF-02)

Tabel 3. 5 Neraca Massa Centrifuge

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
C ₆ H ₇ NO	4,87	4,77	0,10
(CH ₃ CO) ₂ O	49,75	48,75	0,99
C ₈ H ₉ NO ₂	667,41	0,06	667,35
CH ₃ COOH	33,13	32,47	0,66
H ₂ O	98,96	96,98	1,98
Sub Total	854,12	671,08	183,04
Total	854,12	854,12	

f. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3. 6 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 15
C ₆ H ₇ NO	0,10	0,00	0,09	0,01
(CH ₃ CO) ₂ O	0,99	0,00	0,90	0,10
C ₈ H ₉ NO ₂	667,35	0,00	13,35	654,00
CH ₃ COOH	0,66	0,00	0,60	0,066
H ₂ O	1,98	0,00	1,78	0,198
Udara	0,00	2700,78	2700,78	0,00
Sub Total	671,08	2700,78	2717,48	654,37
Total	3371,86		3371,86	

g. Cyclone (CY-01)

Tabel 3. 7 Neraca Massa Cyclone

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C ₆ H ₇ NO	0,09	0,09	0,00
(CH ₃ CO) ₂ O	0,90	0,90	0,00
C ₈ H ₉ NO ₂	13,35	1,33	12,01
CH ₃ COOH	0,60	0,60	0,00
H ₂ O	1,78	1,78	0,00
Udara	2700,78	2700,78	0,00
Sub Total	2717,48	2705,47	12,01
Total	2717,48	2717,48	

h. Ball Mill (BM-01)

Tabel 3. 8 Neraca Massa Ball Mill

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 16	Arus 18	Arus 17	Arus 18
C ₆ H ₇ NO	0,01	0,00	0,01	0,00
(CH ₃ CO) ₂ O	0,10	0,01	0,10	0,01
C ₈ H ₉ NO ₂	666,01	35,05	666,01	35,05
CH ₃ COOH	0,07	0,00	0,07	0,00
H ₂ O	0,20	0,01	0,20	0,01
Sub Total	666,39	35,07	666,39	35,07
Total	701,46		701,46	

i. Vibrating Screen (VS-01)

Tabel 3. 9 Neraca Massa *Vibrating Screen*

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 18	Arus 19
C ₆ H ₇ NO	0,01	0,00	0,01
(CH ₃ CO) ₂ O	0,10	0,01	0,09
C ₈ H ₉ NO ₂	666,01	35,05	630,96
CH ₃ COOH	0,07	0,00	0,06
H ₂ O	0,20	0,01	0,19
Sub Total	666,39	35,07	631,31
Total	666,39	666,39	

3.4.2 Neraca Massa Total

Tabel 3. 10 Neraca Massa Total

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
C ₆ H ₇ NO	988,08	506,31
(CH ₃ CO) ₂ O	1.016,91	566,08
C ₈ H ₉ NO ₂	4.014,94	4.682,35
CH ₃ COOH	332,85	598,04
H ₂ O	4.314,01	4.314,01
Udara	5.401,55	5.401,55
Total	16.068,34	16.068,34

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Alat

a. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 11 Neraca Panas Reaktor

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	90.778,76	354,90
(CH ₃ CO) ₂ O	0,00	18.798,02
C ₈ H ₉ NO ₂	0,00	3.475,05
CH ₃ COOH	0,00	1.488.152,25
H ₂ O	549.612,00	549.612,00
ΔH reaksi	525.578,27	0,00
Q pendingin	0,00	-894.423,19
Total	1.165.969,04	1.165.969,04

b. Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 12 Neraca Panas Evaporator

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	810,17	830,45
(CH ₃ CO) ₂ O	37.666,42	38.627,04
C ₈ H ₉ NO ₂	90.016,43	92.301,06
CH ₃ COOH	49.441,84	50.690,87
H ₂ O	476.583,88	488.148,15
Q supply	3.407.117,78	0,00
Q penguapan	0,00	3.391.038,95
Total	4.061.636,52	4.061.636,52

c. Crystalizer (CR-01)

Tabel 3. 13 Neraca Panas Crystalizer

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	830,45	295,55
(CH ₃ CO) ₂ O	8.274,28	2.917,81
C ₈ H ₉ NO ₂	92.301,06	32.430,03
CH ₃ COOH	6.332,92	2.241,33
H ₂ O	35.185,94	12.830,87
Q kristalisasi	1.113.376,55	0,00
Q serap	0,00	1.205.585,62
Total	1.256.301,20	1.256.301,20

d. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3. 14 Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	5,91	13,48
(CH ₃ CO) ₂ O	58,36	133,84
C ₈ H ₉ NO ₂	32.427,12	74.674,39
CH ₃ COOH	44,83	102,60
H ₂ O	256,62	574,54
ΔH udara	232.091,17	189.385,15
Total	264.884,00	264.884,00

e. Kondensor (CD-01)

Tabel 3. 15 Neraca Panas Kondensor

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	0,00	0,00
(CH ₃ CO) ₂ O	30.352,76	27.720,92
C ₈ H ₉ NO ₂	0,00	0,00
CH ₃ COOH	44.357,95	40.543,81
H ₂ O	452.962,21	415.443,61
Q serap	0,00	43.964,58
Total	527.672,92	527.672,92

f. Cooler (CL-01)

Tabel 3. 16 Neraca Panas Cooler

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	0,00	0,00
(CH ₃ CO) ₂ O	27.715,75	1.701,66
C ₈ H ₉ NO ₂	0,00	0,00
CH ₃ COOH	40.537,04	2.494,39
H ₂ O	415.442,91	26.718,38
Q serap	0,00	452.781,27
Total	483.695,71	483.695,71

g. Cooling Conveyor (CC-01)

Tabel 3. 17 Neraca Panas Cooling Conveyor

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	1,35	0,09
(CH ₃ CO) ₂ O	13,38	0,93
C ₈ H ₉ NO ₂	74.525,03	5.110,66
CH ₃ COOH	10,26	0,71
H ₂ O	57,45	4,15
Q serap	0,00	69.490,93
Total	74.607,47	74.607,47

h. Heater (HE-01)

Tabel 3. 18 Neraca Panas Heater

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
ΔH udara	13.652,42	231.746,82
Q supply	229.573,05	0,00
Q penguapan	0,00	11.478,65
Total	243.225,47	243.225,47

3.5.2 Neraca Panas Total

Tabel 3. 19 Neraca Panas Total

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
C ₆ H ₇ NO	92.426,64	1.494,47
(CH ₃ CO) ₂ O	104.080,95	89.900,22
C ₈ H ₉ NO ₂	289.269,63	207.991,19
CH ₃ COOH	140.724,84	1.584.225,97
H ₂ O	1.930.101,01	1.493.331,71
ΔH udara	245.743,59	421.131,97
ΔH reaksi	525.578,27	0,00
Q pendingin	0,00	-894.423,19
Q supply	3.636.690,84	0,00
Q penguapan	0,00	3.402.517,60
Q kristalisasi	1.113.376,55	0,00
Q serap	0,00	1.771.822,39
Total	8.077.992,33	8.077.992,33

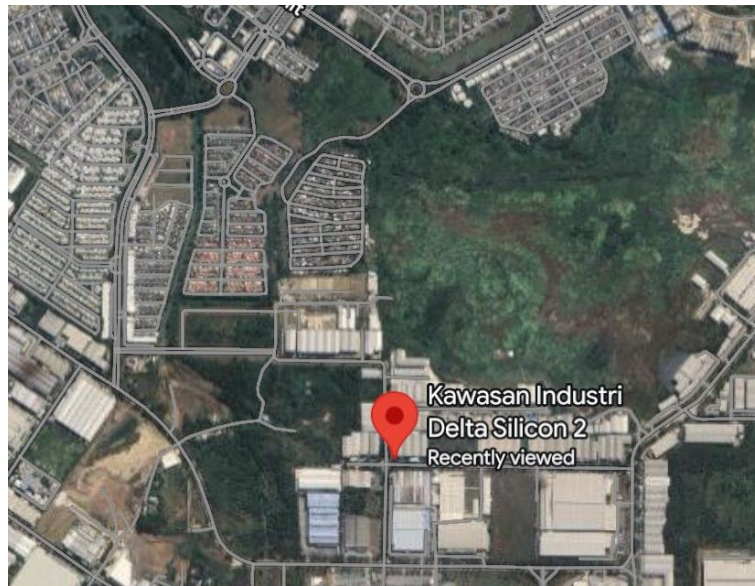
BAB IV. PERANCANGAN PABRIK

Saat mendirikan pabrik, diperlukan perhitungan yang terperinci. Untuk melakukan perhitungan terperinci, diperlukan informasi biaya bangunan dan tempat. Ada beberapa syarat penting yang digunakan untuk memperkirakan rincian biaya antara lain sebagai berikut

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah salah satu faktor yang memengaruhi kemajuan dan kelangsungan produksi pabrik dalam industri. Pemilihan lokasi pendirian pabrik dapat mempengaruhi kestabilan dimasa sekarang dan masa depan. Pemilihan lokasi yang tepat dapat memperlancar faktor kendala dalam distribusi dan produksi. Dalam penentuan lokasi pabrik memerlukan pertimbangan dari aspek perhitungan biaya pendistribuan dan produksi yang minimal juga pertimbangan budaya dan sosiologi masyarakat (Timmerhaus, 2004).

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang ada, pendirian pabrik parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat dengan kapasitas 5.000 Ton/Tahun direncanakan untuk berdiri di daerah Kawasan Industri Lippo Cikarang, Bekasi, Jawa Barat yang ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Pemilihan lokasi prarancangan pabrik yang didirikan menitikberatkan pada *market oriented*. Dimana pemilihannya mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik ini adalah para-aminofenol. Adapun di Indonesia, kebutuhan akan para-aminofenol saat ini masih impor sehingga lokasi yang dipilih tidak mendekati area ketersediaan bahan baku namun pada daerah yang memiliki transportasi yang baik.

4.1.2 Konsumen

Pada prarancangan ini, pertimbangan yang paling diperhatikan adalah lokasi yang dekat dengan konsumen. Pada Kawasan Industri Cikarang, Bekasi, Jawa Barat terdapat industri yang menggunakan parasetamol untuk diolah. Selain itu, Kota Bandung, Tangerang dan daerah Jawa Barat lainnya memiliki industri obat yang banyak, lebih dari 50 perusahaan. Adapun industri tersebut sebagian besar prosesnya adalah mencampurkan

beberapa bahan obat, salah satunya parasetamol sebagai komponen utama untuk dipadukan dengan bahan lainnya.

Berikut beberapa industri farmasi pada Kawasan Cikarang yang membutuhkan parasetamol sebagai bahan baku produksi.

Tabel 4. 1 Industri yang Menggunakan Parasetamol sebagai Bahan Baku

Lokasi Pabrik	Pabrik
Kawasan Industri Delta Silicon Cikarang Bekasi	PT Kalbe Farma
Kawasan Industri Delta Silicon Cikarang Bekasi	PT Hexpramjaya Kalbe Company
Desa Tambun, Kecamatan Tambun, Kabupaten Bupati	PT. Bio-life Medilab
Kawasan Industri Cikarang Jababeka	PT Pharmacore Lab
Jl Raya Narogong, Bekasi	PT Faratu
Kawasan Industri Cikarang Jababeka	PT Ferron PAR Pharmaceuticals
Cikarang Barat Bekasi	Perum Indofarma
Cikarang Barat Bekasi	PT Landson Pertiwi Agung
Tambun, Bekasi	PT Meccaya
Kawasan Industri Delta Silicon Cikarang Bekasi	PT Mugi Laboratories
Pangkalan 4 Bekasi	PT Ratu Industrial
Tambun Bekasi	PT Samphindo INdustri
Kawasan Industri Delta Silicon Cikarang Bekasi	PT Sari Enesis Indah
Tambun Bekasi	PT Sinde Budi Sentosa
Cikarang Bekasi	PT Supra Ferbindo Farma

Narogong Bekasi	PT Ultra Sakti
Cikarang Bekasi	PT Ultra Trend Biotech Indonesia
Tambun Bekasi	PT Takeda Indonesia
Kawasan Industri Delta Silicon Cikarang Bekasi	PT Orang Tua Farma

4.1.3 Transportasi

Lokasi pabrik pada Kawasan Industri Lippo Cikarang mudah diakses sehingga pengiriman produk ke konsumen mudah untuk dilakukan. Letak daerah Cikarang juga dapat dijangkau dari beberapa transportasi baik darat, laut maupun udara. Lokasi yang terletak di timur Jakarta mempunyai fasilitas transportasi seperti bus dan kereta yang memadai menjadi akses yang baik untuk mendukung menuju lokasi pabrik. Lokasi Kawasan Industri yang hanya berjarak 40 km dari bandara Internasional Soekarno Hatta dan Pelabuhan Tanjung Priuk menjadikan lokasi ini sangat strategis. Selain itu, Kawasan Industri Cikarang dapat diakses langsung dari pintu toll Jakarta-Cikampek Km 31. Transportasi yang memadai menjadi faktor pendukung yang memudahkan kebutuhan proses dan distribusi produk.

4.1.4 Ketersediaan Utilitas

Proses produksi pada sebuah pabrik membutuhkan dukungan dari beberapa komponen seperti air, listrik, dan bahan bakar. Apabila komponen ini terpenuhi dengan cukup maka proses produksi pada pabrik akan berjalan dengan lancar dan efisien. Sumber utilitas air yang digunakan bersumber dari anak sungai Kalimalang yang merupakan salah satu sumber air untuk pabrik-pabrik di sekitar Kawasan Industri Cikarang.

4.1.5 Bahan Bakar dan Power

Kebutuhan pabrik akan bahan bakar merupakan kebutuhan primer sehingga ketersediaan bahan bakar dan power merupakan faktor yang perlu dipertimbangan dalam memilih lokasi. Cikarang dipilih karena lokasinya yang terdapat di kawasan industri, sehingga mempunyai infrastruktur yang memadai untuk bahan bakar dan listrik. Untuk kebutuhan listrik, di Kawasan Cikarang terdapat PT Cikarang Listrindo yang dapat memasok kebutuhan akan energi. Saat ini PT Cikarang Listrindo memiliki kapasitas listrik 1.144 Megawatt.

4.1.6 Lingkungan

Dalam pembangunan industri, lingkungan merupakan salah satu faktor yang penting. Lingkungan Kawasan Industri Cikarang dipilih karena sudah merupakan kawasan industri yang lama berdiri sehingga sudah terpercaya pengelolaan lingkungannya. Selain itu, Kawasan Industri Cikarang merupakan kawasan industri yang terbesar di Indonesia.

4.1.7 Iklim

Proses industri perlu dijalankan pada lingkungan yang memiliki iklim yang stabil sehingga iklim dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi. Cikarang dipilih karena memiliki iklim yang stabil yaitu iklim tropis dan tidak mengalami perbedaan suhu ekstrim. Adapun curah hujan di Kota Bekasi adalah 3.483 mm pertahun yang termasuk kategori wilayah iklim tropis basah. (Badan Pusat Statistik, 2018).

4.1.8 Tenaga Kerja

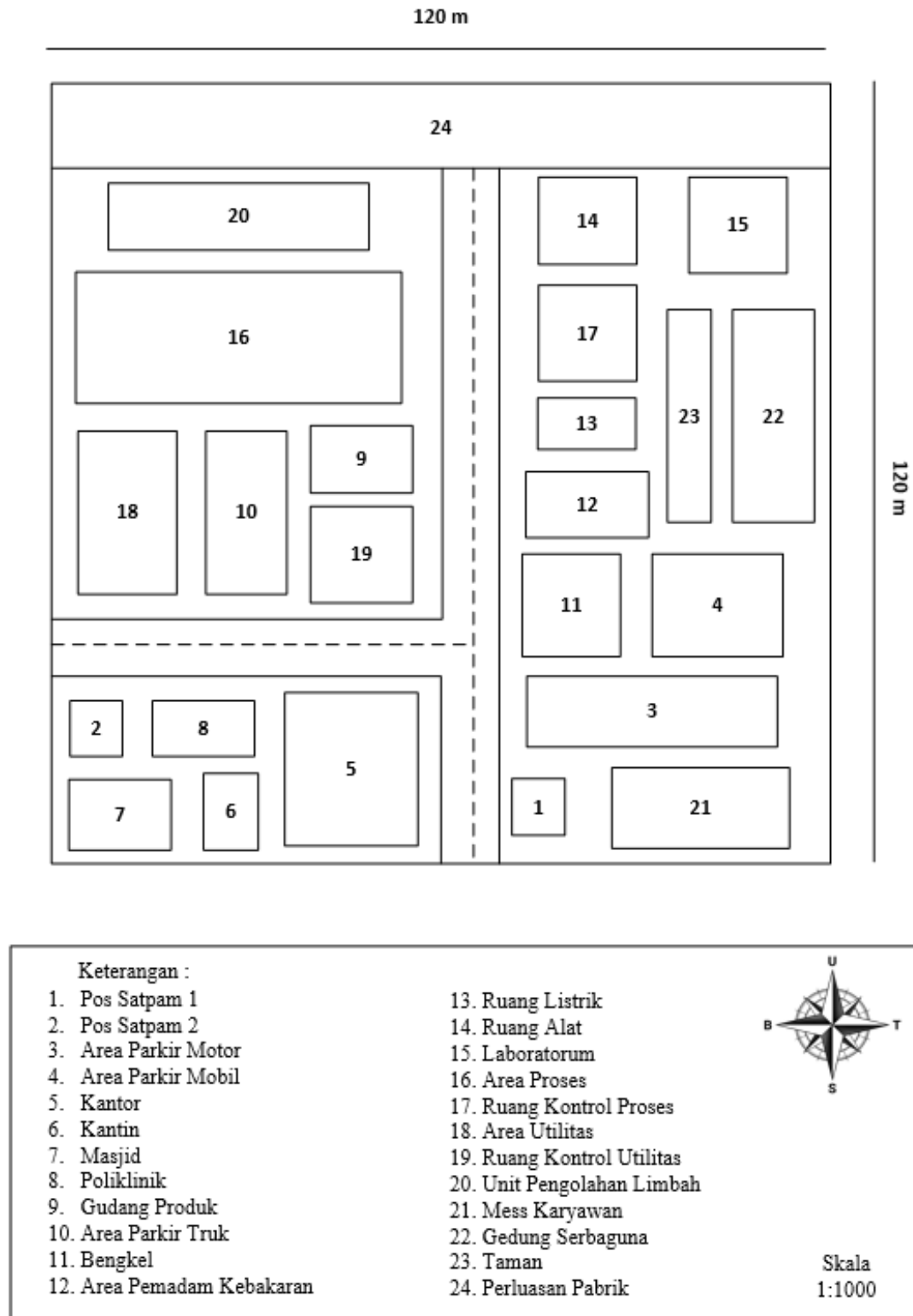
Tenaga kerja yang terampil dan terdidik diperlukan untuk menjalankan proses industri. Jika pabrik berlokasi di kawasan industri sudah cukup stabil dan terjangkau sehingga kebutuhan akan tenaga kerja menjadi lebih mudah dipenuhi.

4.1.9 Faktor Ekonomi, Sosial, dan Hukum

Untuk mendirikan sebuah pabrik, faktor ekonomi, sosial dan hukum merupakan faktor yang penting disamping faktor teknis. Cikarang merupakan kawasan industri sehingga masyarakat sudah terbiasa dengan iklim industri dan konflik dapat diminimalisasi. Pendirian pabrik akan menyerap tenaga kerja sehingga dari segi pemerintah pastinya akan mendukung pendirian pabrik dengan birokrasi yang benar.

4.2 Tata Letak Pabrik

Pabrik paracetamol direncanakan akan dibangun di Kawasan Industri Lippo Cikarang, Bekasi, Jawa Barat dengan luas 1,4400 ha (14.400 m²). Tata letak pabrik meliputi letak alat proses, tempat kerja karyawan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, letak unit utilitas, dan sarana-sarana pendukung lain. Perencanaan tata letak pabrik paracetamol dengan kapasitas 5.000 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut.



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Adapun, rincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Luas Tanah dan Bangunan

No	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Satpam 1	8	8	64
2	Pos Satpam 2	8	8	64
3	Area Parkir Motor	10	38	380
4	Area Parkir Mobil	15	20	300
5	Kantor	25	20	500
6	Kantin	10	8	80
7	Masjid	10	15	150
8	Poliklinik	8	15	120
9	Gudang Produk	10	15	150
10	Area Parkir Truk	25	12,5	312,5
11	Bengkel	15	15	225
12	Area Pemadam Kebakaran	10	18	180
13	Ruang Listrik	7,5	15	112,5
14	Ruang Alat	13	15	195
15	Laboratorium	15	15	225
16	Area Proses	20	50	600
17	Ruang Control Process	15	15	225
18	Area Utilitas	25	15	375
19	Ruang Control Utilitas	15	15	225
20	Unit Pengolahan Limbah	10	40	400

21	Mess Karyawan	12,5	25	312,5
22	Gedung Serbaguna	32,5	12,5	406,25
23	Taman	32,5	5	162,5
24	Perluasan Pabrik	12,5	120	1250
25	Jalan			7.385,75
Luas Bangunan				3.234,25
Luas Tanah				14.400

Tata letak adalah perencanaan pabrik berdasarkan aliran komponen-komponen produksi pabrik. Tata letak pabrik digunakan agar memperoleh kondisi yang optimum di lingkungan pabrik sehingga terbentuk hubungan yang efisien dan juga efektif.

Urutan kedudukan yang ada dalam bagian pabrik yang harus di tata peletakannya adalah perkantoran, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung dan lain-lain, yang dirancang guna mendukung kelangsungan pelaksanaan proses produksi. Keuntungan dari perancangan tata letak pabrik antara lain (Peters dan Timmerhaus, 2004):

- a. Meningkatkan pengawasan operasi dan produksi.
- b. Mengurangi biaya produksi.
- c. Meningkatkan keselamatan kerja.
- d. Mengurangi material handling, berupa jarak transportasi bahan baku dan produk.
- e. Memberi ruang gerak untuk mempermudah perbaikan peralatan dan mesin saat terjadi kerusakan.

Untuk mencapai keuntungan dari kondisi yang optimal, diperlukan perhatian dalam hal menentukan tata letak pabrik, yaitu:

- a. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan dari mesin, sehingga perubahan yang terjadi tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- b. Urutan proses produksi.
- c. Keselamatan dan keamanan pada bahan mudah terbakar perlu mendapatkan perhatian yang serius. Diperlukan pengelompokkan unit-unit proses untuk mempermudah pengalokasian bahaya kebakaran yang mungkin akan terjadi.
- d. Penyebaran yang ekonomis terhadap penyedia air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- e. Servis area, seperti tempat parkir, kantin, area olahraga, tempat ibadah, dan lain-lain diatur sedemikian rupa agar tidak terlalu jauh dari area kerja.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

a. Daerah Proses

Daerah proses adalah daerah proses produksi yang didalamnya memuat alat-alat proses dan pengendali. Daerah proses diletakkan di bagian pabrik yang lokasinya tidak mengganggu. Letak aliran proses setiap alat direncanakan dengan baik untuk mempermudah pemindahan bahan baku serta mempermudah pengawasan dan pemeliharaan alat proses.

b. Daerah Penyimpanan

Daerah penyimpanan adalah daerah yang memuat alat untuk menyimpan bahan baku dan produk hasil produksi.

c. Daerah Utilitas

Daerah utilitas adalah daerah yang menyediakan keperluan untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan saat jalannya proses produksi, berupa penyedia air, steam proses, udara dan listrik. Daerah utilitas diletakkan di dekat daerah proses supaya mempermudah sistem pemipaan.

d. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol

Daerah laboratorium dan ruang kontrol adalah daerah pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses juga produk yang akan dijual. Daerah laboratorium adalah daerah kontrol kualitas bahan baku, produk dan limbah proses. Dan daerah ruang kontrol adalah daerah yang mengontrol jalannya proses agar sesuai dengan yang diinginkan seperti kondisi operasi, tekanan, suhu, dan lain-lain. Peletakan laboratorium dan ruang kontrol dekat dengan daerah proses untuk mempermudah kerja apabila terjadi masalah di daerah proses.

e. Daerah Perkantoran

Daerah perkantoran adalah daerah kegiatan administrasi perusahaan yang bergerak untuk mengatur kelancaran operasi dan kegiatan administrasi. Daerah perkantoran harus diletakkan jauh dari daerah proses yang berbahaya.

f. Daerah Gudang Alat

Daerah gudang alat adalah daerah yang memuat tempat untuk menyimpan cadangan alat proses.

g. Daerah Fasilitas Umum

Daerah fasilitas umum adalah daerah penunjang aktivitas yang ada di pabrik untuk memenuhi kepentingan pekerja, seperti tempat ibadah, tempat pabrik, kantin, poliklinik, dan pos keamanan.

4.3 Tata Letak Mesin atau Alat Proses

Tata letak mesin atau alat proses adalah lokasi untuk alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Pada perancangan tata letak alat-alat proses terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Aliran bahan baku dan produk yang baik dapat memberikan keuntungan secara ekonomis yang besar dan dapat menunjang keamanan dan kelancaran proses produksi.

b. Jarak Antar Alat Proses

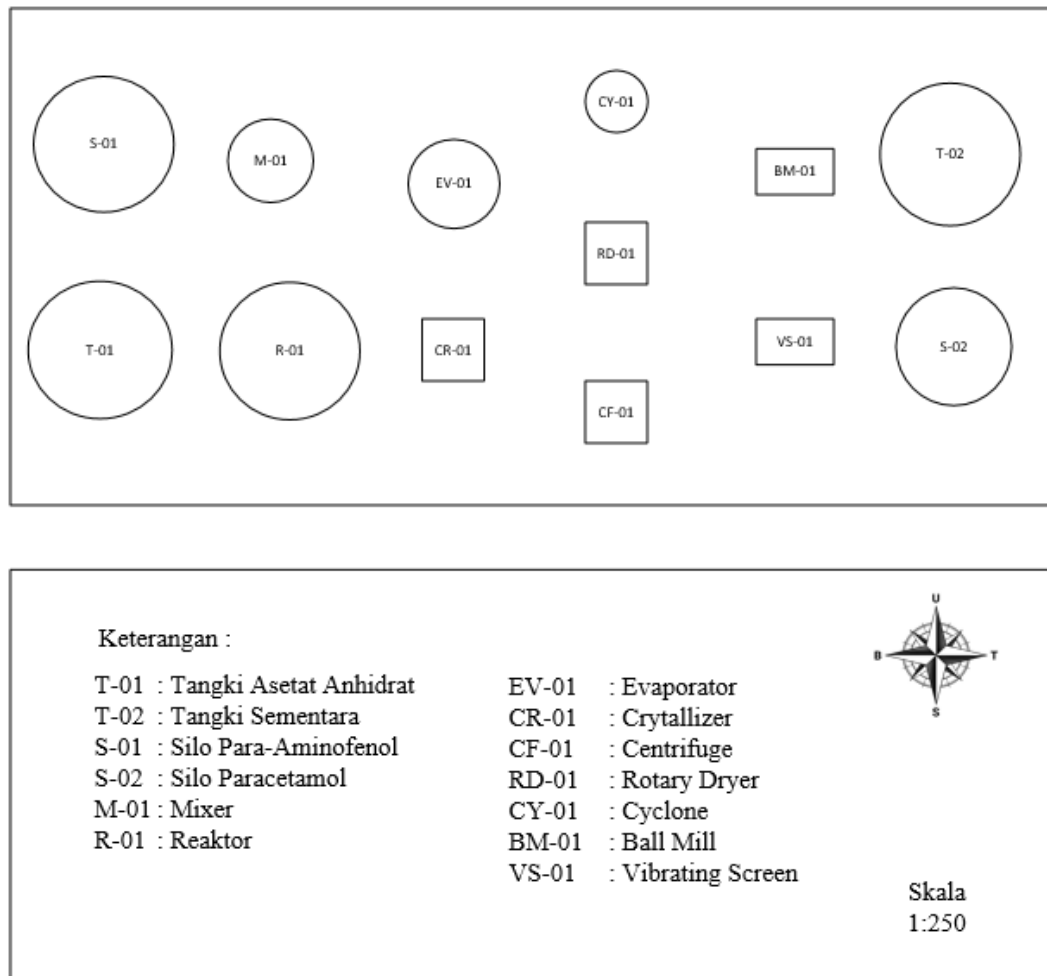
Tata letak alat proses harus memiliki jarak antar alat yang perlu diperhitungkan secara cermat. Alat yang memiliki tekanan dan suhu operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat lain untuk menghentikan potensi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut sehingga mengganggu dan membahayakan alat-alat lainnya.

c. Aliran Udara

Perhatian terhadap aliran udara perlu dilakukan dan dipastikan kelancarannya, sehingga dapat menghindari terjadinya stagnasi udara berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengganggu keselamatan pekerja.

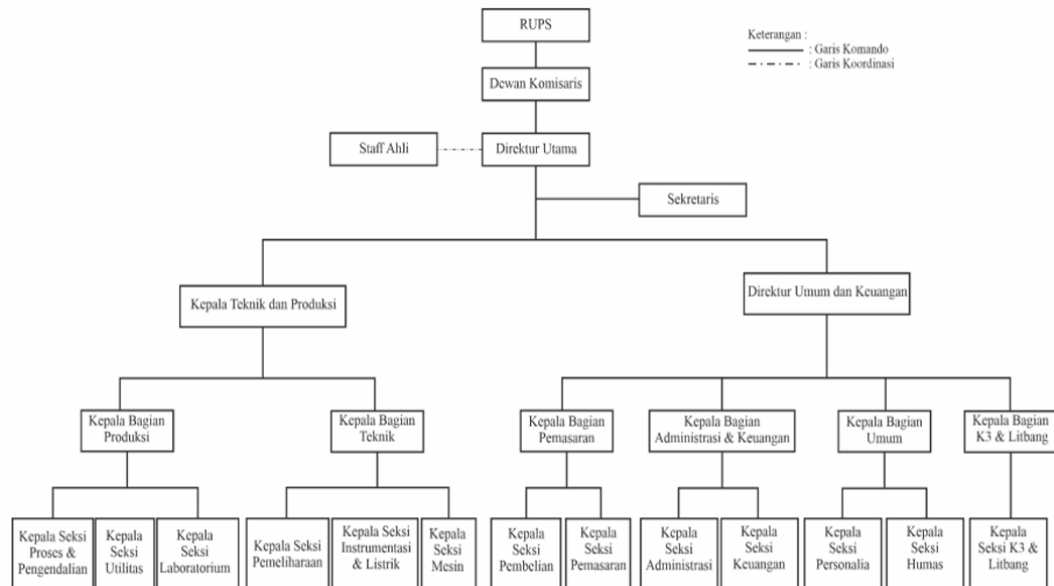
d. Pencahayaan

Pada pabrik dengan sistem kerja 24 jam perlu mengalokasikan pencahayaan di seluruh area pabrik yang memadai terutama pada saat malam hari.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Prarancangan pabrik paracetamol yang akan didirikan akan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah perusahaan yang mendapatkan modal dari penjualan saham yang mana setiap pemegang saham mendapatkan bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah bentuk surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan sebagai bentuk bukti kepemilikan terhadap perusahaan karena sudah memberikan dana sebagai modal perusahaan. Pemegang saham dalam Perseroan Terbatas (PT) bertanggung jawab memberikan penuh nominal yang disebutkan dalam setiap saham. Dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.
- Kekayaan perseroan terpisah dari kekayaan setiap pemegang saham.

- c. Demi kelancaran produksi, maka tanggung jawab setiap pemegang saham dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- d. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi yang baik dapat membuat aktivitas dalam perusahaan menjadi efisien dan efektif. Pentingnya struktur organisasi adalah supaya karyawan memahami posisi masing-masing. Sehingga demi tercapainya keselarasan dan keselamatan kerja antar karyawan diperlukan hubungan komunikasi dalam perusahaan. Maka dari itu, struktur organisasi perusahaan menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab masing-masing karyawan dalam perusahaan sehingga tercapai keselamatan kerja antar karyawan. Sistem organisasi yang digunakan pada pabrik paracetamol adalah *sistem staff and line organization* (sistem garis).

Sistem staff and line organization adalah sistem dimana kekuasaan mengalir langsung dari direktur menuju manajer hingga ke kepala bagian dan dilanjutkan ke karyawan. Berikut ini adalah kelebihan *sistem staff and line organization*:

- a. Kekuasaan dan kewenangan yang dibagi dengan jelas.
- b. Pimpinan memberikan perintah langsung kepada bawahan yang bersangkutan untuk mempercepat pengambilan keputusan.
- c. Dapat memperkecil biaya pengeluaran, karena hanya ada satu pimpinan kegiatan.

4.4.3 Tugas dan Wewenang Karyawan

a. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham:

1. Memilih dan memberhentikan komisaris.
2. Meminta pertanggungjawaban kepada Dewan Komisaris.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris sebagai wakil dari pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh Rapat Persero. Biasanya yang menjadi Ketua Dewan Komisaris adalah Ketua dari Pemegang Saham, dipilih dari Rapat Umum Pemegang Saham. Tugas dan wewenang dewan komisaris:

1. Memilih dan memberhentikan Direktur.
2. Mengawasi Direktur.
3. Menyetujui dan menolak rencana kerja yang diajukan Direktur.
4. Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam suatu perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya atas maju atau mundurnya suatu perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab terhadap dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Tugas direktur utama antara lain:

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan bertanggung jawab pada Rapat Umum Pemegang Saham.
2. Menjaga kestabilan organisasi dan membuat hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
3. Mengkoordinasi kerja sama dengan direktur produksi serta direktur keuangan dan umum.
4. Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham.

Direktur utama membawahi direktur operasi dan produksi dan direktur administrasi dan umum:

1. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal:

- a) Pengawasan dan peningkatan mutu produksi.
- b) Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.
- c) Pengawasan peralatan pabrik.
- d) Perbaikana pemeliharaan alat-alat produksi.

2. Direktur Keuangan dan Administrasi

Direktur Keuangan bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal:

- a) Laba rugi perusahaan.
- b) Neraca keuangan.
- c) Administrasi perusahaan.
- d) Perencanaan pemasaran dan penjualan.

3. Staf Ahli

Direksi dibantu oleh beberapa staf ahli yang bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Staf ahli ini bersifat sebagai konsultan yang diminta pertimbangannya apabila perusahaan mengalami suatu masalah. Staf ahli tersebut yaitu:

- a) Ahli Teknik
- b) Ahli Proses
- c) Ahli Ekonomi dan Marketing
- d) Ahli Hukum

4. Kepala Bagian

- a) Kepala Bagian terdiri dari:
 - 1) Kepala Bagian Produksi
 - 2) Kepala Bagian Teknik
 - 3) Kepala Bagian Pemasaran
 - 4) Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan
 - 5) Kepala Bagian Umum
 - 6) Kepala Bagian K3, Penelitian dan Pengembangan
- b) Tugas umum Kepala Bagian:
 - 1) Menjalankan organisasi/mengatur/mengkoordinasi atau mengawasi pekerjaan-pekerjaan seksi bawahannya.
 - 2) Bertanggung jawab atas kerja seksi-seksi bawahannya.
 - 3) Membuat laporan-laporan berkala dari seksi-seksi bawahannya.

4) Mengajukan saran-saran atau pertimbangan-pertimbangan mengenai usaha perbaikan kepala seksi.

c) Tugas khusus Kepala Bagian:

1) Kepala Bagian Produksi

Menyelenggarakan dan mengembangkan produksi dengan cara yang ekonomis dalam batas kualitas yang direncanakan oleh perusahaan disamping secara periodik mengenalkan kualitas produk dan baha baku.

2) Kepala Bagian Teknik

Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi di segala bidang produksi seperti pemeliharaan, perbaikan, penampungan bahan baku (utilitas).

3) Kepala Bagian Pemasaran

Menyusun strategi promosi dan penjualan, menganalisis tren pasar, serta membangun hubungan dengan pelanggan guna meningkatkan penjualan.

4) Kepala Administrasi dan Keuangan

Mengelola anggaran, pembukuan, dan pelaporan keuangan perusahaan secara akurat dan sesuai regulasi.

5) Kepala Bagian Umum

Menangani kebutuhan operasional harian seperti logistik, perlengkapan kantor, dan keamanan lingkungan kerja.

6) Kepala Bagian K3, Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab atas keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta kegiatan penelitian untuk pengembangan produk atau peningkatan proses produksi agar lebih inovatif dan efisien.

7. Kepala Seksi

Tugas umum Kepala Seksi:

- a) Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing.
- b) Merencanakan rencana yang telah ditetapkan direksi.
- c) Bertanggung jawab atas kelancaran/keserasian kerja atau personalia dari seksi-seksi kepala bagian.

Tugas khusus Kepala Seksi:

a) Seksi Proses dan Pengendalian

Melakukan pembuatan produksi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan dan mengadakan kegiatan agar proses produksi berlangsung secara baik, mulai dari bahan baku masuk hingga produk.

b) Seksi Utilitas

Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi: air, listrik, steam, dan bahan bakar.

c) Seksi Laboratorium

Mengawasi serta menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu, mengawasi serta menganalisa mutu produksi, dan mengawasi hal-hal tentang pembuangan pabrik.

d) Seksi Pemeliharaan

Menjamin keadaan peralatan yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisien dan efektif.

e) Seksi Instrumentasi dan Listrik

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan fasilitas dan sarana penunjang kegiatan produksi.

f) Seksi Mesin

Memastikan seluruh peralatan dan mesin produksi di perusahaan beroperasi dengan baik dan efisien.

g) Seksi Pembelian

Mengadakan pembelian dan persediaan dari semua peralatan beserta spare part dan semua bahan-bahan untuk keperluan produksi dengan memperhatikan mutu, harga, dan jumlah yang tepat.

h) Seksi Pemasaran

Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Di sini Direktur Utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.

i) Seksi Administrasi

Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.

j) Seksi Keuangan

Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendayagunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.

k) Seksi Personalia

Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.

l) Seksi Humas

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan Perusahaan.

m) Seksi K3 dan Litbang

Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan dan mengadakan pemeriksaan dan melakukan penelitian guna keperluan pengembangan bila diperlukan.

4.4.4 Jam Kerja Karyawan

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 330 hari dalam setahun, 24 jam per hari. Sisa hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan mesin-mesin.

Jam kerja untuk pegawai adalah sebagai berikut:

a. Untuk pekerja non shift

Bekerja dalam enam hari dalam seminggu, sedang hari Minggu dan hari besar libur. Pembagian jam kerja karyawan non shift sebagai berikut:

1. Senin sampai Jum'at : 07.00 - 15.00
2. Sabtu : 07.00 - 13.00

b. Untuk pekerja shift

Sehari bekerja dalam 24 jam terbagi dalam 3 shift, yaitu:

1. Shift I (pagi) : 07.00 – 15.00
2. Shift II (siang) : 15.00 – 23.00
3. Shift III (malam) : 23.00 – 07.00

Untuk memenuhi kebutuhan pegawai ini diperlukan 3 regu dimana tiap regu bekerja berganti shift tiap minggu dan untuk hari minggu semua libur. Jadwal kerja masing-masing regu dapat dilihat pada tabel 4.3. berikut ini.

Tabel 4. 3 Jadwal Kerja Shift Regu

Regu	Hari																				
	S	S	R	K	J	S	M	S	S	R	K	J	S	M	S	S	R	K	J	S	M
1	I	I	I	I	I	I		III	III	III	III	III	III		II	II	II	II	II	II	
2	II	II	II	II	II	II		I	I	I	I	I	I		III	III	III	III	III	III	
3	III	III	III	III	III	III		II	II	II	II	II	II		I	I	I	I	I	I	

4.4.5 Status Karyawan dan Sistem Gaji

Pada pabrik ini sistem gaji karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian.

Tabel 4. 4 Jabatan dan Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000,00	Rp 40.000.000,00
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
3	Staff ahli	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
4	Sekretaris	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00

5	Direktur Umum dan Keuangan	1	Rp 28.000.000,00	Rp 28.000.000,00
6	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
7	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
8	Ka. Bag. Administrasi dan Keuangan	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
9	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
10	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Litbang	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
11	Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
12	Ka. Sek. Proses dan Pengendalian	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
13	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
14	Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
15	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
16	Ka. Sek. K3 dan Litbang	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
17	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
18	Ka. Sek. Mesin	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
19	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
20	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
21	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
22	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00

23	Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
24	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
25	Karyawan Proses dan Pengendalian	4	Rp 6.500.000,00	Rp 26.000.000,00
26	Karyawan Utilitas	4	Rp 6.500.000,00	Rp 26.000.000,00
27	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	4	Rp 6.500.000,00	Rp 26.000.000,00
28	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	4	Rp 6.500.000,00	Rp 26.000.000,00
29	Karyawan K3 dan Litbang	8	Rp 6.500.000,00	Rp 52.000.000,00
30	Karyawan Laboratorium	8	Rp 6.500.000,00	Rp 52.000.000,00
31	Karyawan Mesin	4	Rp 6.500.000,00	Rp 26.000.000,00
32	Karyawan Keuangan	4	Rp 6.500.000,00	Rp 26.000.000,00
33	Karyawan Pembelian	5	Rp 6.500.000,00	Rp 32.500.000,00
34	Karyawan Pemasaran	5	Rp 6.500.000,00	Rp 32.500.000,00
35	Karyawan Personalia	5	Rp 6.500.000,00	Rp 32.500.000,00
36	Karyawan Hubungan Masyarakat	5	Rp 6.500.000,00	Rp 32.500.000,00
37	Karyawan Administrasi	8	Rp 6.500.000,00	Rp 52.000.000,00
38	Operator	38	Rp 7.000.000,00	Rp 266.000.000,00
39	Dokter	2	Rp 15.000.000,00	Rp 30.000.000,00
40	Perawat	4	Rp 8.000.000,00	Rp 32.000.000,00
41	Sopir	6	Rp 6.000.000,00	Rp 36.000.000,00
42	Cleaning Service	5	Rp 4.500.000,00	Rp 22.500.000,00
43	Satpam	6	Rp 6.000.000,00	Rp 36.000.000,00
Total		153		Rp 1.327.500.000,00

4.4.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan Sosial Karyawan yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain:

- a. Pakaian kerja, diberikan kepada karyawan tetap sebanyak 2 stel pakaian per tahun.
- b. Tunjangan, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
- c. Pengobatan, dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, dimana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.
- d. Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

4.4.7 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut merupakan fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas kerja karyawan di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan

Setiap karyawan dalam perusahaan mempunyai hak cuti maksimal sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satu tahun tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

2. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

3. Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

b. Hak Libur Nasional

Untuk karyawan harian (non shift), hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan shift, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (overtime).

c. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak harus segera diselesaikan.

d. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun. Selain itu, disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

e. BPJS Ketenagakerjaan

BPJS Ketenagakerjaan merupakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

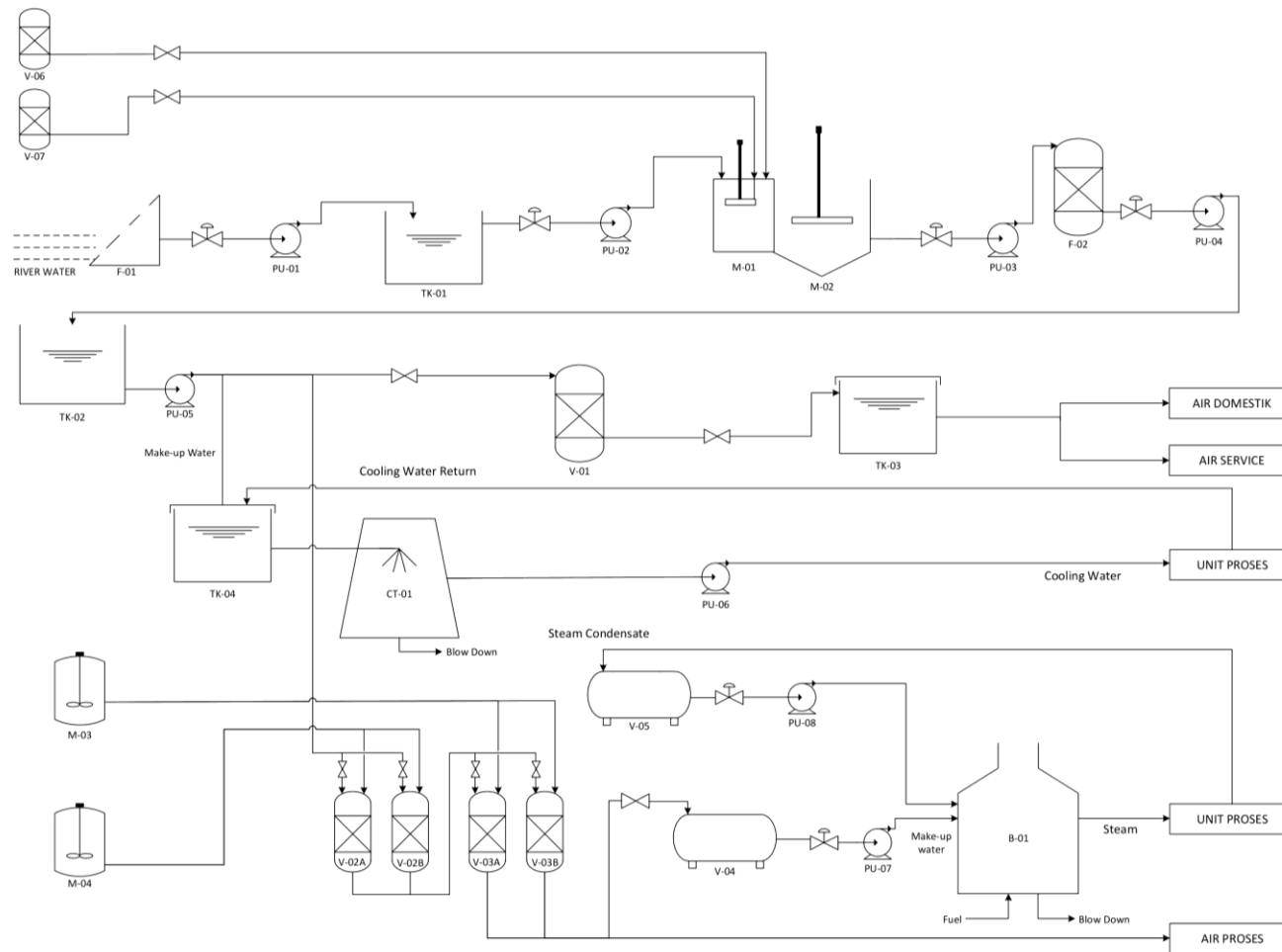
f. Penyediaan Fasilitas Bagi Karyawan

1. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
2. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
3. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
4. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan.
5. Penyediaan fasilitas kantin.

BAB V. UTILITAS

Unit utilitas merupakan bagian yang penting untuk kelancaran jalannya proses produksi di industri kimia. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Proses produksi suatu pabrik industri kimia tidak akan berjalan dengan baik jika tidak ada unit utilitas di dalamnya. Adapun unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik, meliputi:

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
- e. Unit Penyediaan Bahan Bakar
- f. Unit Pengolahan Limbah



Kode	Nama Alat
F-01	Filter
PU-01	Pompa
TK-01	Bak Pengendapan
PU-02	Pompa
M-01	Mixing Tank
M-02	Clarifier
PU-03	Pompa
F-02	Sand Filter
PU-04	Pompa
TK-02	Bak Air Bersih
PU-05	Pompa
TK-04	Tangki Feed Cooling Tower
CT-01	Cooling Tower
PU-06	Pompa
V-01	Tangki Klorinasi
TK-03	Tangki Air Bersih
V-02A	Tangki Kation 1
V-02B	Tangki Kation 2
V-03A	Tangki Anion 1
V-03B	Tangki Anion 2
V-04	Tangki Daerator
PU-07	Pompa
B-01	Boiler
V-05	Tangki Kondensat
PU-08	Pompa
V-06	Tangki Tawas
V-07	Tangki CuOH
M-03	Tangki NaOH
M-04	Tangki NaCl

Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

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

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air laut, maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik paracetamol ini berasal dari Sungai Kalimalang, Cikarang. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut.

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala mengalami kekeringan maupun kekurangan air dapat terjaga.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, serta biaya pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan biayanya cukup besar karena memiliki kandungan mineral dan garam yang perlu dipisahkan.

- c. Lokasi sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan pabrik.

Secara umum, kebutuhan air yang diperlukan sebagai utilitas pabrik parasetamol digunakan untuk keperluan sebagai berikut:

- a. Air Domestik (*Domestic Water*)

Domestic water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

1. Air jernih
2. Tidak berbau
3. Tidak berasa
4. Tidak mengandung zat organik dan anorganik
5. Tidak beracun

Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air per orang sebesar 100 liter per hari. Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 150 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar 15.000 kg/hari.

- b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum atau karyawan seperti bengkel, klinik, laboratorium, masjid dan sebagainya. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*. Perkiraan kebutuhan air *service water* sebesar 10.800 kg/hari.

c. Air Proses

Pada pabrik paracetamol air kebutuhan proses yang diperlukan sebesar 1.359 kg/jam digunakan untuk keperluan proses di Mixer-01. Perancangan dibuat *over design* sebesar 20% sehingga menjadi 1.630 kg/jam.

d. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

1. Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
2. Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
3. Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

1. Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
2. Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
3. Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
4. Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

Kebutuhan air pendingin pada pabrik paracetamol ini terlampir pada tabel 5.1 berikut :

Tabel 5. 1 Kebutuhan *Cooling Water*

Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Kondensor	CD-01	701
Cooler	CL-01	21.589
Crystalizer	CR-01	19.234
Cooling Conveyor	CC-01	1.109
Total		42.634

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 42.634 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan air *make-up*. Sehingga kebutuhan air make-up yaitu sebesar 1.160 kg/jam

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

Air umpan *boiler* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Penggunaan *biocides* dalam pengolahan air umpan boiler sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, alga, dan jamur yang dapat merusak sistem boiler dan mengurangi efisiensi operasional. *Biocides* bekerja dengan membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme di dalam air,

sehingga menjaga kebersihan dan keandalan sistem. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik paracetamol terlampir pada tabel 5.2 berikut::

Tabel 5. 2 Kebutuhan *Steam*

Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	412
Evaporator	EV-01	1.568
Heater	HE-01	108
Total		2.088

Perencanaan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 19.788 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* akan mengalami *blowdown* sebesar 15%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan sebesar 2.506 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air sungai tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya. Beberapa tahap dalam pengolahan air yaitu :

a. Penghisapan

Tahap awal yang dilakukan adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan penghisapan menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke penyaring (*screener*). Bertujuan menghilangkan partikel kotoran yang

berukuran cukup besar yang selanjutnya akan diproses pada bak penampung awal.

b. Penyaringan (*Screening*)

Screening merupakan bagian dari proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara kotoran-kotoran yang berukuran lebih kecil akan terikut dengan aliran air kemudian dipisahkan pada taha selanjutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang *screeener* untuk meminimalisir alat penyaring pada proses selanjutnya menjadi kotor dan cepat rusak.

c. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

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

d. Bak Penggumpal

Pada alat ini terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan

yang digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat (Al_2SO_4)₃.

e. Pengendapan

Selanjutnya, air yang telah menggumpal dan membentuk flok-flok akan mengalami proses flokulasi. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, dapat ditambahkan kapur yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basasehingga mempermudah penggumpalan. Selain itu, dapat ditambahkan juga soda caustic (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH sehingga pH pada *outlet* dijaga berkisar antara 6,5 – 7,5.

f. *Sand Filter*

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air dialirkan ke *sand filter*. Di dalam *sand filter*, air akan mengalir dari bagian atas ke bawah melalui suatu media filter (*spheres*) yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. *Output* dari *sand filter* mempunyai kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH = 6,5 - 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di *filtered water storage tank*.

g. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

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

h. Klorinasi

Untuk dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Klorinasi adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Selanjutnya, air yang telah mengalami klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

i. *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C

yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan bahan-bahan kimia seperti *corrosion inhibitor*, *scale inhibitor*, *non-oxidizing biocide*, *dispersant*, *pH control* dan *oxidizing biocide*.

j. Demineralisasi

Air yang digunakan sebagai air umpan *boiler* untuk memproduksi *steam water* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral terlarut. Untuk itu, perlu dilakukan proses demineralisasi. Demineralisasi adalah proses menghilangkan ion-ion yang

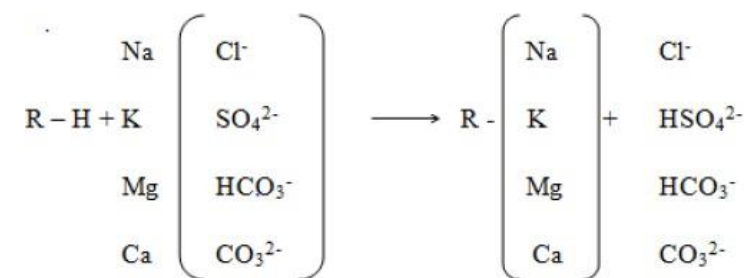
terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion.

Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut berikut:

1. *Cation Exchange*

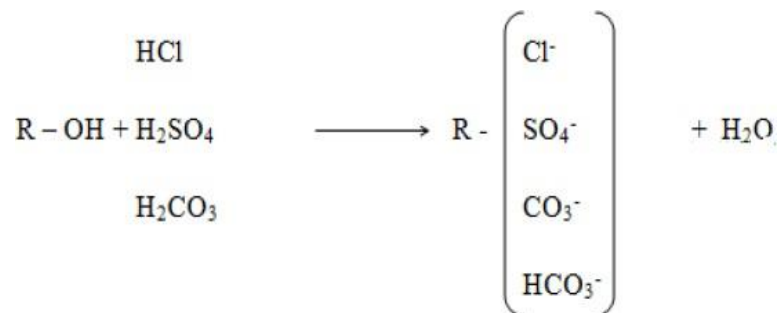
Cation exchange merupakan pertukaran ion – ion positif pada air umpan dengan ion positif H^+ dari asam. Ion – ion positif yang dapat ditukarkan antara lain kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{+}), natrium (Na^+), potassium (K^+), mangan (Mn^{2+}), besi (Fe^{2+}) dan aluminium (Al^{3+}). Asam yang digunakan biasanya adalah asam kuat. Ion logam positif ditukarkan dengan ion H^+ dari resin sehingga air yang dihasilkan akan bersifat asam. Pada proses ini perlu dilakukan proses regenerasi dengan mengalirkan

larutan HCl atau H_2SO_4 secara backwash untuk menggantikan ion H^+ yang hilang. Hal ini dilakukan karena setelah digunakan pada jangka waktu tertentu, resin akan menjadi jenuh yang ditandai dengan pH air melebihi batas toleransi. Reaksi pertukaran ion:



2. Anion Exchanger

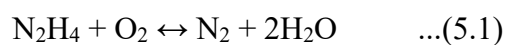
Anion exchanger adalah proses pertukaran ion – ion negatif pada air umpan dengan ion positif OH⁻ dari basa. Ion – ion negatif yang dapat ditukarkan antara lain bikarbonat (HCO₃⁻), sulfat (SO₄²⁻), klorida (Cl⁻), nitrat (NO₃⁻), dan silika (SiO₂⁻). Basa yang biasa digunakan adalah basa kuat. Ion negatif ditukarkan dengan ion OH⁻ dari resin sehingga air yang sebelumnya bersifat asam akan bersifat netral. Setelah digunakan pada jangka waktu tertentu, resin akan menjadi jenuh yang ditandai dengan pH air melebihi batas toleransi. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses regenerasi dengan mengalirkan larutan NaOH secara backwash untuk menggantikan ion OH⁻ yang hilang. Reaksi pertukaran ion negatif ditunjukkan sebagai berikut.



3. Deaerator

Air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi (*demin water*) pada *cation exchanger* dan *anion exchanger* akan mengalami proses daerasi pada deaerator. Daerasi

adalah proses pembersihan air umpan *boiler* dari gas-gas yang karbon dioksida (CO₂). Demin water dipompakan menuju deaerator kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₄) yang berfungsi untuk mengikat oksigen (O₂) sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada tube *boiler*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



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

Unit Pembangkit *Steam* bertugas menyediakan kebutuhan *steam* yang akan digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. Jenis *steam* yang digunakan adalah *saturated steam* pada suhu 130°C. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* pada pabrik paracetamol adalah *boiler*.

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage tank* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api.

Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui

cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 101,3 kPa, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik paracetamol ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. *Generator* berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun *generator* yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 2.600 kW. Jenis ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik parasetamol ini adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan untuk peralatan proses

Tabel 5. 3 Total Kebutuhan Listrik Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
1	Mixer	M-01	20,000	14,9142
2	Reaktor	R-01	20,000	14,9142

3	Crystalizer	CR-01	5,000	3,7286
4	Centrifuge	CF-01	125,000	93,2140
5	Rotary Dryer	RD-01	5,000	3,7286
6	Ball Mill	BM-01	25,000	18,6428
7	Screener	VS-01	7,376	5,5000
8	Belt Conveyor 1	BC-01	0,333	0,2486
9	Bucket Elevator 1	BE-01	1,500	1,1186
10	Bucket Elevator 2	BE-02	1,500	1,1186
11	Cooling Conyevor	CC-01	1,000	0,7457
12	Screw Conveyor 1	SC-01	0,050	0,0373
13	Screw Conveyor 2	SC-02	0,050	0,0373
14	Screw Conveyor 3	SC-03	0,050	0,0373
15	Screw Conveyor 4	SC-04	0,050	0,0373
16	Blower Udara	BU-01	1,631	1,2160
17	Pompa 1	P-01	0,167	0,1243
18	Pompa 2	P-02	0,083	0,0621
19	Pompa 3	P-03	0,167	0,0373
20	Pompa 4	P-04	0,050	0,0373
21	Pompa 5	P-05	0,050	0,1243
22	Pompa 6	P-06	0,050	0,0373
Total			214,106	159,66

b. Kebutuhan untuk utilitas

Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Listrik Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
1	Kompresor	C-01	5,000	3,7286
2	Cooling Tower	T-01	1,000	0,7457
3	Flokulator	M-01	0,125	0,0932
4	Clarifier	M-02	0,750	0,5593
5	Tangki NaOH	M-03	1,000	0,7457
6	Tangki NaCl	M-04	2,000	1,4914
7	Pompa 1	PU-01	75,000	55,9284
8	Pompa 2	PU-02	75,000	55,9284
9	Pompa 3	PU-03	75,000	55,9284
10	Pompa 4	PU-04	75,000	55,9284
11	Pompa 5	PU-05	75,000	55,9284
12	Pompa 6	PU-06	75,000	55,9284
13	Pompa 7	PU-07	75,000	55,9284
14	Pompa 8	PU-08	75,000	55,9284
Total			609,875	454,791

Jumlah kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas sebesar 614,453 kW. Angka keamanan diambil 10% dari total kebutuhan listrik, maka daya total sebesar 675,898 kW.

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 168,974 \text{ kW}$$

d. Kebutuhan Listrik Penerangan

Power yang dibutuhkan untuk penerangan diperkirakan *sebesar* 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 101,385 \text{ kW}$$

e. Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Power yang digunakan untuk kantor (AC, Komputer, dll) diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 101,385 \text{ kW.}$$

f. Kebutuhan Listrik Laboratorium, Tempat Ibadah, dll

Power yang digunakan untuk laboratorium, tempat ibadah, dll diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 101,385 \text{ kW}$$

g. Kebutuhan Listrik Perumahan

Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik = 1200 watt

Jumlah rumah = 10 unit

Kebutuhan listrik perumahan = 12.000 watt = 12 kW

Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Listrik Pabrik

Total kebutuhan listrik Pabrik		
No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Unit Proses	35,67

2	Unit Utilitas	834,76
3	Alat kontrol	162,27
4	Penerangan	97,36
5	Kantor	97,36
6	Lab, Bengkel, dll	97,36
7	Perumahan	12
Total		1336,79

Kebutuhan listrik tersebut disuplai dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Namun, terdapat sebuah *generator* mandiri sebagai cadangan jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN mendadak.

h. Generator Cadangan

1. Kapasitas Generator

Efisiensi *generator* = 80%

Safety = 120%

Kapasitas = Total kebutuhan listrik/efisiensi) x safety
= 2.087 kW

2. Kebutuhan Bahan Bakar Generator

Sebagai bahan bakar digunakan IDO (*Industrial Diesel Oil*) yang digunakan dalam peralatan generator.

Spesifikasi:

Viskositas = 1 Cp

Heat Value = 19.676 Btu/al

Derajat API = 22-28 °API

$$\text{Densitas} = 836.63 \text{ Kg/L}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan bakar} &= Q / \text{Heating Value} \times \text{Efisiensi} \\ &= 171,03 \text{ L/jam}\end{aligned}$$

3. Dimensi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar

$$\text{Jenis} = \text{Silinder tegak}$$

$$\text{Jumlah solar} = 171,03 \text{ L/jam}$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 7 \text{ hari}$$

$$\rho = 836,63 \text{ kg/ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki (V)} &= \text{Jumlah solar} \times \text{waktu penyimpanan} / \rho \\ &= 34,34 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dirancang *over design* 20% dengan $D = H$, maka:

$$V = 41,21 \text{ m}^3$$

$$D = 3,74 \text{ m}$$

$$H = 3,74 \text{ m}$$

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

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar $44,86 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan tekanan 7,2 bar.

5.5 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik paracetamol ini menghasilkan limbah buangan baik yang berasal

dari proses produksi, utilitas maupun kegiatan-kegiatan lain. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari pabrik paracetamol ini terdiri limbah cair dan padatan. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Proses pengolahan limbah pada pabrik ini adalah sebagai berikut:

a. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

1. COD : maks. 100 mg/l
2. BOD : maks. 20 mg/l
3. TSS : maks. 80 mg/l
4. Oil : maks. 5 mg/l
5. pH : 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut sebagai berikut:

1. Limbah Air Proses

Pengolahan air berminyak yang berasal dari buangan alat proses dilakukan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak akan berada di bagian atas dan dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar. Sedangkan air yang berada di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir untuk kemudian dibuang.

2. Limbah Utilitas

Air sisa regenerasi pada proses demineralisasi pada unit utilitas dinetralkan dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) jika pH air buangan lebih dari 7,0. Namun jika pH buangannya kurang dari 7,0 maka perlu ditambahkan NaOH. Air hasil dari proses penetralan kemudian dialirkan ke kolam penampungan akhir.

3. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain- lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

b. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari proses proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut sludge. Lumpur tersebut dapat diolah menjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)
2. Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
3. Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
4. Pengeringan lumpur (*sludge drying*)

5.6 Spesifikasi Alat Utilitas

a. Pompa Utilitas

Tabel 5. 6 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas			
	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan air sungai menuju bak pengendap awal	Mengalirkan airdari bak pengendap awal menuju bak clarifier	Mengalirkan airdari <i>clarifier</i> menuju bak saringan pasir	Mengalirkan airdari bak saringan pasir menuju bak air bersih
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Bahan konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gal/min)	359,950	342,809	326,485	326,485
Rate volumetrik(m ³ /s)	0,8020	0,7638	0,7274	0,7274
Kecepatan aliran(ft/s)	3,9960	3,8057	3,6245	3,6245
ID (m)	0,1541	0,1541	0,1541	0,1541
OD (m)	0,1683	0,1683	0,1683	0,1683

IPS (m)	0,1524	0,1524	0,1524	0,1524
Flow area (m ²)	0,0186	0,0186	0,0186	0,0186
Efisiensi (hp)	80%	80%	80%	80%
<i>Power pompa</i> (hp)	1,80	1,67	1,54	1,54
<i>Power motor</i> (hp)	2	2	2	2

Tabel 5. 7 Lanjutan Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas			
	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan air dari bak air bersih menuju tangki deklorinasi	Mengalirkan air dari dasar menuju <i>cooling tower</i>	Mengalirkan air dari tangki umpan <i>boiler</i> menuju <i>waste heat boiler</i>	Mengalirkan air dari tangki kondensat menuju tangki umpan <i>boiler</i>
Jenis	Centrifugal pump	Centrifugal pump	Centrifugal pump	Centrifugal pump
Impeller	Axial flow impeller	Axial flow impeller	Radial flow impellers	Radial flow impellers
Bahan konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>

Kapasitas(gal/min)	320,083	264,425	8,4265	14,895
Rate volumetrik(m ³ /s)	0,7132	0,5891	0,0188	0,0332
Kecepatan aliran(ft/s)	3,5534	2,9355	1,8023	2,3426
ID (m)	0,1541	0,1541	0,0351	0,0409
OD (m)	0,1683	0,1683	0,0422	0,0483
IPS (m)	0,1524	0,1524	0,0318	0,0381
Flow area (m ²)	0,0186	0,0186	0,0010	0,0013
Efisiensi (hp)	80%	80%	80%	80%
<i>Power</i> pompa(hp)	1,49	1,11	0,07	0,15
<i>Power</i> motor (hp)	2	1,5	0,083	0,167

b. Bak Pengendap Awal

Tabel 5. 8 Spesifikasi Bak Pengendap Awal

Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai	
Kapasitas (m ³)	817,725	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Panjang (m)	11,782	m
Lebar (m)	11,782	m
Tinggi (m)	5,891	m
Jumlah	1	unit

c. Tangki Flokulator

Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Flokulator

Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan	
Kapasitas (m ³)	77,812	m ³
Jenis bahan	Tangki Silinder Berpengaduk	
Diameter (m)	3,673	m
Tinggi (m)	3,673	m
Tinggi cairan (m)	3,306	m
Jumlah blade	3	buah
Kecepatan putar	55	rpm
Diameter impeller	1,224	m
Efisiensi motor	80%	
Bahan	0,33	hp
Jumlah	Carbon Steel	

d. *Clarifier*

Tabel 5. 10 Spesifikasi *Clarifier*

Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal	
Kapasitas (m ³)	259,375	m ³
Waktu tinggal	4	jam
Jenis bahan	Clarifier/conical bottom	
Diameter (m)	6,913	m
Tinggi (m)	6,913	m
Tinggi cairan (m)	6,222	m
Jumlah blade	3	buah
Kecepatan putar	29,366	rpm
Diameter impeller	2,304	m
Efisiensi motor	80%	
Power motor	1	hp
Bahan	Carbon Steel	
Jumlah	1	unit

e. Bak Saringan Pasir

Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Saringan Pasir

Fungsi	Menyaring kotoran kotoran yang masih terbawa air dari <i>clarifier</i>	
Kapasitas (m ³)	250	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dari <i>carbon steel</i>	
Panjang (m)	2,516	m
Lebar (m)	2,516	m
Tinggi (m)	1,258	m

Luas aliran (m ²)	6,46	m ²
Jumlah	1	Jumlah

f. Bak Air Bersih

Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Air Bersih

Fungsi	Menampung sementara air bersih setelah disaring di bak saringan pasir	
Kapasitas (m ³)	2.327	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Panjang (m)	16,6	m
Lebar (m)	16,6	m
Tinggi (m)	8,3	m
Jumlah	1	unit

g. Bak Air Rumah Tangga

Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Air Minum

Fungsi	Menampung air untuk kantor pelayanan dan rumah tangga	
Kapasitas (m ³)	74,107	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Panjang (m)	5,291	m
Tinggi (m)	5,291	m
Jumlah	2,646	unit

h. *Cooling tower*

Tabel 5. 14 *Cooling Tower*

Fungsi	Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai pendingin		
Jenis	<i>Counter flow induced draft cooling tower</i>		
Kapasitas	2,084	m ³ /hari	
Kondisi operasi			
Suhu	Suhu masuk	45	°C
	Suhu keluar	30	°C
Tekanan	1	atm	
Dimensi			
Panjang	3,76	m	
Lebar	3,76	m	
Tinggi	1,14	m	
Luas	14,145	m ²	
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>		
Jumlah	1	Unit	
Spesifikasi motor			
Daya motor fan	7,5	hp	

i. Tangki Kation

Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Kation

Fungsi	Menghilangkan mineral (ion positif) yang masih terkandung di dalam air	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Kapasitas resin	17,994	m ³
Jumlah	2	unit
Dimensi		

Tinggi	3,21	m
Diameter	2,67	m

j. Tangki NaCl

Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki NaCl

Fungsi	Melarutkan NaCl sebagai umpan regenerasi penukar kation	
Kapasitas	4,634	m ³
Bentuk	Tangki silinder tegak berpengaduk	
Dimensi Tangki		
Diameter	1,807	m
Tinggi	2,169	m
Tinggi cairan	1,807	m
Sistem Pengaduk		
Jenis	Flat blade turbine	
Jumlah blade	6	buah
Kecepatan putar	111,5	rpm
Diameter impeller	0,60	m
Power motor	2	hp
Efisiensi motor	80%	
Bahan	Carbon steel	
Jumlah	1	unit

k. Tangki Anion

Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Anion

Fungsi	Menghilangkan mineral (ion negatif) yang masih terkandung di dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak

Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Kapasitas resin	5,758	m ³
Jumlah	2	unit
Dimensi		
Tinggi	2,19	m
Diameter	1,83	m

1. Tangki NaOH

Tabel 5. 18 Spesifikasi Tangki NaOH

Fungsi	Melarutkan NaCl sebagai umpan regenerasi penukar anion	
Kapasitas	2,067	m ³
Bentuk	Tangki silinder tegak berpengaduk	
Dimensi Tangki		
Diameter	1,381	m
Tinggi	1,657	m
Tinggi cairan	1,381	m
Sistem Pengaduk		
Jenis	Flat blade turbine	
Jumlah blade	6	buah
Kecepatan putar	145,94	rpm
Diameter impeller	0,46	m
Power motor	1	hp
Efisiensi motor	70%	
Bahan	Carbon steel	
Jumlah	1	unit

m. Tangki Daerator

Tabel 5. 19 Spesifikasi Tangki Daerator

Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Kapasitas	3,38	m ³
Jumlah	1	unit
Dimensi		
Diameter	1,63	m
Tinggi	3,25	m

n. Tangki Umpan *Boiler*

Tabel 5. 20 Spesifikasi Tangki Umpan *Boiler*

Fungsi	Menyimpan air umpan <i>boiler</i>	
Jenis	Tangki silinder horizontal	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	1	unit
Dimensi		
Panjang	15	m
Diameter	5	m

o. Tangki Kondensat

Tabel 5. 21 Spesifikasi Tangki Kondensat

Fungsi	Menampung kondensat
Jenis	Tangki silinder horizontal

Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	1	unit
Dimensi		
Diameter	1,63	m
Dimensi	3,25	m

p. *Boiler*

Tabel 5. 22 Spesifikasi *Boiler*

Fungsi	Membuat <i>saturated steam</i>	
Jenis	<i>Boiler</i> lorong api	
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	
Kapasitas (Kg/jam)	2505,97	
Kebutuhan steam (Kg/jam)	2088,31	
Jenis bahan bakar	Solar	
Jumlah bahan bakar (Kg/jam)	188,62	
Kondisi operasi		
Suhu masuk	30	°C
Suhu keluar	130	°C
Dimensi		
Panjang	1,73	m
Diameter	0,09	m
Luas transfer panas	25,41	m ²

q. Udara

Tabel 5. 23 Spesifikasi Udara

Fungsi	Kompresor sentrifugal
Tugas	Menekan udara yang diinginkan dan mengubah tekanan menjadi yang diinginkan

Volume	0,504		m ³
Spesifikasi			
Jumlah stage	1		
Daya penggerak	0,166		hp
Suhu	177,49		C
Tangki Silika		Tangki Udara Tekan	
Jenis	Silinder tegak dengan <i>torispherical top</i> dan <i>bottom</i>	Jenis	Silinder horizontal
Tugas	Menghilangkan uap air yang masih terkandung dalam udara	Tugas	Menampung udara tekan selama 2 jam
Volume (m ³)	0,37	Volume (m ³)	0,504
Diameter (m)	0,78	Diameter (m)	0,598
Tinggi (m)	1,56	Panjang (m)	1,794

BAB VI. EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Pra-rancangan pabrik membutuhkan analisa ekonomi agar dapat memperkirakan terkait kelayakan investasi modal dalam suatu produksi pabrik, Analisa ekonomi dilakukan melalui peninjauan kebutuhan modal investasi, besar laba yang diperoleh, jangka waktu modal investasi dapat dikembalikan, dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu, analisa ekonomi juga ditujukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang layak atau tidak untuk didirikan dan mendapatkan keuntungan. Adapun beberapa faktor yang perlu ditinjau dalam evaluasi ekonomi, antara lain:

- a. *Return Of Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Even Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Sebelum melakukan analisa terhadap lima faktor tersebut, maka diperlukan perkiraan terhadap beberapa hal berikut:

- a. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*), meliputi:
 1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*) adalah banyaknya pengeluaran berupa uang yang diperlukan untuk pembangunan

fasilitas produksi dan operasi utama dalam pabrik.

2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*) adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.
- b. Penentuan Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*), meliputi:
1. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
 2. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik
 3. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*) adalah biaya yang selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung pada waktu dan tingkat produksi.
- c. Biaya Pengeluaran Umum (*General Cost*), merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk kedalam *Manufacturing Cost*, meliputi:
1. Pendapatan Modal Untuk mengetahui titik impas, perlu dilakukan perkiraan terhadap:
 - a) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
 - b) Biaya Variabel (*Variable Cost*)
 - c) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)
- d. Analisa Kelayakan Ekonomi
1. *Return On Investment* (ROI) adalah besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap.
 2. *Pay out time* (POT) adalah waktu minimum yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap *Fixed Capital Investment* (FCI) berdasarkan

keuntungan tiap tahun.

3. *Break Even Point* (BEP) adalah terjadinya titik impas dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produknya, maka pabrik tidak mendapat keuntungan maupun kerugian.
4. *Shut Down Point* (SDP) adalah kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor seperti *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga alat akan mengalami perubahan seiring berjalannya waktu dan juga menyesuaikan dengan keadaan ekonomi yang ada. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan pada tahun tertentu dapat dilihat dari indeks harga yang ada. Indeks harga tersebut disebut dengan *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks Harga per Tahun

Tahun ke	Tahun	Index
1	2000	394,1
2	2001	394,3
3	2002	395,6
4	2003	402
5	2004	444,2
6	2005	468,2
7	2006	499,6
8	2007	525,4
9	2008	575,4

10	2009	521,9
11	2010	550,8
12	2011	585,7
13	2012	584,6
14	2013	567,3
15	2014	576,1
16	2015	556,8
17	2016	541,7
18	2017	567,5
19	2018	603,1
20	2019	607,2
21	2020	616,6
22	2021	626,1
23	2022	635,5
24	2023	644,9

Penentuan indeks harga pada tahun tahun berikutnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear sehingga didapatkan persamaan:

$$y = 10,208X - 19993 \dots\dots\dots(6.1)$$

Berdasarkan persamaan diatas, diperoleh indeks pada tahun 2029 sebesar 719,03. Selain itu, digunakan indeks pada tahun 2014 sebagai acuan atau referensi harga alat yaitu sebesar 576,1. Setelah diperoleh indeks harga, dilanjutkan dengan menentukan harga alat berdasarkan indeks tahun yang diinginkan dan juga indeks tahun referensi dengan menggunakan rumus:

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

Dimana :

Ex = Harga pembelian pada tahun 2029

Ey = Harga pembelian pada tahun referensi (2014)

Nx = Indeks harga pada tahun 2029

Ny = Indeks harga pada tahun referensi (2014)

Berdasarkan perhitungan dengan rumus yang ada, harga peralatan didapatkan dari situs Matche Equipment Cost Index, namun harga yang tersedia adalah harga tahun 2014. Untuk menyesuaikan dengan harga tahun 2029, dilakukan eskalasi harga menggunakan Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI). diperoleh harga alat proses dan alat utilitas pada tabel 6.2 dan 6.3.

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	EY	EX	HARGA (Rp)
				2014	2029	
1	Tangki Asetat Anhidrat	T-01	1	\$ 52.800	\$ 65.900	Rp 1.076.605.453
2	Tangki Penyimpanan Sementara	T-02	1	\$ 59.000	\$ 73.638	Rp 1.203.025.033
3	Silo Para-Aminofenol	SL-01	1	\$ 39.900	\$ 49.799	Rp 813.571.166
4	Silo Paracetamol	SL-02	1	\$ 43.900	\$ 54.792	Rp 895.132.185
5	Mixer	M-01	1	\$ 107.000	\$ 133.547	Rp 2.181.757.262
6	Reaktor	R-01	1	\$ 270.200	\$ 337.237	Rp 5.514.477.605
7	Evaporator	EV-01	1	\$ 15.300	\$ 19.096	Rp 311.970.898
8	Crystallizer	CR-01	1	\$ 88.300	\$ 110.207	Rp 1.800.459.498
9	Centrifuge	CF-01	1	\$ 98.400	\$ 122.813	Rp 2.006.401.071
10	Rotary Dyer	RD-01	1	\$ 9.500	\$ 11.857	Rp 193.707.420
11	Cyclone	CY-01	1	\$ 34.900	\$ 43.559	Rp 711.619.892
12	Ball Mill	BM-01	1	\$ 168.900	\$ 210.805	Rp 3.443.914.034
13	Vibrating Screen	VS-01	1	\$ 20.600	\$ 25.711	Rp 420.039.249

14	Belt Conveyor	BC-01	1	\$ 8.900	\$ 11.108	Rp 181.473.268
15	Bucket Elevator 1	BE-01	1	\$ 10.800	\$ 13.480	Rp 220.214.752
16	Bucket Elevator 2	BE-02	1	\$ 10.800	\$ 13.480	Rp 220.214.752
17	Cooling Conveyor	CC-01	1	\$ 3.800	\$ 4.743	Rp 77.482.968
18	Screw Conveyor 1	SC-01	1	\$ 3.800	\$ 4.743	Rp 77.482.968
19	Screw Conveyor 2	SC-02	1	\$ 3.800	\$ 4.743	Rp 77.482.968
20	Screw Conveyor 3	SC-03	1	\$ 3.800	\$ 4.743	Rp 77.482.968
21	Screw Conveyor 4	SC-04	1	\$ 3.800	\$ 4.743	Rp 77.482.968
22	Heater	HE-01	1	\$ 14.900	\$ 18.597	Rp 303.814.796
23	Condensor	CD-01	1	\$ 15.700	\$ 19.595	Rp 320.127.000
24	Cooler	CL-01	1	\$ 27.900	\$ 34.822	Rp 568.888.109
25	Blower	BL-01	1	\$ 14.200	\$ 17.723	Rp 289.541.618
26	Filter Udara	FU-01	1	\$ 12.200	\$ 15.227	Rp 248.761.108
27	Pompa 1	P-01	1	\$ 3.700	\$ 4.618	Rp 75.443.943
28	Pompa 2	P-02	1	\$ 2.700	\$ 3.370	Rp 55.053.688
29	Pompa 3	P-03	1	\$ 4.200	\$ 5.242	Rp 85.639.070
30	Pompa 4	P-04	1	\$ 3.200	\$ 3.994	Rp 65.248.815
31	Pompa 5	P-05	1	\$ 3.200	\$ 3.994	Rp 65.248.815
32	Pompa 6	P-06	1	\$ 3.200	\$ 5.242	Rp 65.248.815
Total					\$ 1.451.918	Rp 23.725.014.157

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	EY	EX	HARGA (Rp)
				2014	2029	
1	Pompa	PU-01	1	\$ 5.500	\$ 6.865	Rp 112.146.401
2	Pompa	PU-02	1	\$ 5.500	\$ 6.865	Rp 112.146.401
3	Pompa	PU-03	1	\$ 5.500	\$ 6.865	Rp 112.146.401
4	Pompa	PU-04	1	\$ 5.500	\$ 6.865	Rp 112.146.401

5	Pompa	PU-05	1	\$ 5.500	\$ 6.865	Rp 112.146.401
6	Pompa	PU-06	1	\$ 5.500	\$ 6.865	Rp 112.146.401
7	Pompa	PU-07	1	\$ 800	\$ 998	Rp 16.312.204
8	Pompa	PU-08	1	\$ 1.000	\$ 1.248	Rp 20.390.255
9	Bak Pengendapan Awal	TK-01	1	\$ 10.150	\$ 12.668	Rp 206.961.086
10	Tangki Tawas	V-06	1	\$ 1.500	\$ 1.872	Rp 30.585.382
11	Tangki CaOH	V-07	1	\$ 1.200	\$ 1.498	Rp 24.468.306
12	Tangki Kation	V-02A/B	1	\$ 1.000	\$ 1.248	Rp 20.390.255
13	Tangki Anion	V-03A/B	1	\$ 1.000	\$ 1.248	Rp 20.390.255
14	Tangki NaOH	M-03	1	\$ 1.200	\$ 1.498	Rp 24.468.306
15	Tangki NaCl	M-04	1	\$ 1.000	\$ 1.248	Rp 20.390.255
16	<i>Mixing Tank</i>	M-01	1	\$ 1.800	\$ 2.247	Rp 36.702.459
17	Klarifier	M-02	1	\$ 15.900	\$ 19.845	Rp 324.205.051
18	<i>Sand Filter</i>	F-02	1	\$ 1.000	\$ 1.248	Rp 20.390.255
19	Bak Penampungan air bersih	TK-02	1	\$ 10.000	\$ 12.481	Rp 203.902.548
20	<i>Cooling tower</i>	CT-01	1	\$ 35.600	\$ 44.432	Rp 725.893.070
21	Tangki Klorinasi	V-01	1	\$ 1.100	\$ 1.373	Rp 22.429.280
22	Tangki Air Bersih	TK-03	1	\$ 1.200	\$ 1.498	Rp 24.468.306
23	Kompresor	C-01	1	\$ 1.500	\$ 1.872	Rp 30.585.382
24	<i>Boiler</i>	B-01	1	\$ 3.800	\$ 4.743	Rp 77.482.968
25	Tangki Deaerator	V-04	1	\$ 1.000	\$ 1.248	Rp 20.390.255
26	Tangki Kondensat	V-05	1	\$ 1.000	\$ 1.248	Rp 20.390.255
Total				\$ 125.750	\$ 156.949	Rp 2.564.074.540

6.3 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas Produksi = 5.000 Ton/Tahun
= 5.000.000 Kg/Tahun
- b. Satu Tahun Operasi = 330 Hari
- c. Umur Pabrik = 10 Tahun
- d. Tahun Pendirian Pabrik = 2029
- e. Indeks Harga pada Tahun 2029 = 719,03
- f. Upah Buruh Asing = \$ 10,00/man hour
- g. Upah Buruh Indonesia = Rp 25.000,00/man hour
- h. Kurs Dolar \$1 = Rp 16.337,00

6.4 Perhitungan Biaya

6.4.1 Total Capital Investment

Total Capital Investment adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas penunjang dan operasi pabrik. Total Capital Investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment merupakan biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik, yaitu:

1. *Purchased Equipment Cost*
2. *Equipment Installation*
3. *Piping*
4. *Instrumentation*
5. *Insulation*
6. *Electrical*
7. *Building*

8. *Land and Yard Improvement*

9. *Utility*

10. *Engineering Cost*

11. *Construction Cost*

12. *Contractor Cost*

13. *Contingency*

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 26.284.057.936	\$ 1.608.867
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 6.571.014.484	\$ 402.217
3	<i>Instalasi cost</i>	Rp 5.757.268.931	\$ 352.407
4	<i>Pemipaan</i>	Rp 13.506.130.823	\$ 826.720
5	<i>Instrumentasi</i>	Rp 6.845.553.134	\$ 419.021
6	<i>Insulasi</i>	Rp 1.236.337.763	\$ 75.677
7	<i>Listrik</i>	Rp 2.628.405.794	\$ 160.887
8	<i>Bangunan</i>	Rp 15.738.625.000	\$ 963.373
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 30.360.000.000	\$ 1.858.358
Total		Rp 108.927.393.865	\$ 6.667.527

Tabel 6. 5 *Direct Plant Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Engineering and Constrution</i>	Rp 21.785.478.773	Rp 1.333.505
2	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp 130.712.872.638	Rp 8.001.033
Total		Rp 152.498.351.411	Rp 9.334.538

Tabel 6. 6 *Fix Capital Investment*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp 130.712.872.638	\$ 8.001.033
2	<i>Contractor's fee</i>	Rp 6.535.643.632	\$ 400.052
3	<i>Contingency</i>	Rp 32.678.218.159	\$ 2.000.258
Total		Rp 169.926.734.429	\$ 10.401.343

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu, terdiri dari:

1. *Raw Material Inventory*
2. *In Process Inventory*
3. *Product Inventory*
4. *Extended Credit*
5. *Available Cash*

Tabel 6. 7 *Work Capital Investment*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 13.162.296.125	\$805.674,00
2	<i>Inprocess Inventory</i>	Rp 9.947.312.178	\$608.882,43
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 42.631.337.906	\$2.609.496,11
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 17.237.068.916	\$1.055.093,89
5	<i>Available Cash</i>	Rp 42.631.337.906	\$2.609.496,11
Total		Rp 125.609.353.031	\$7.688.642,53

6.4.2 Total Production Cost

a. Manufacturing Cost

Manufacturing cost merupakan jumlah *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang terikat dalam pembuatan suatu produk.

1. Direct Manufacturing Cost (DMC)

Direct Manufacturing Cost merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu, terdiri dari:

- a) *Raw material*
- b) *Tenaga Kerja*
- c) *Supervisor*
- d) *Maintenance Cost*
- e) *Plant Supplies*
- f) *Royalties and Patent*
- g) *Utilities*

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 310.254.122.949	\$ 18.990.887
2	<i>Labor</i>	Rp 15.972.000.000	\$ 977.658
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.597.200.000	\$ 97.766
4	<i>Maintenance</i>	Rp 10.195.604.066	\$ 624.081
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 1.529.340.610	\$ 93.612
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 5.694.500.000	\$ 348.181
7	<i>Utilities</i>	Rp 61.197.577.408	\$ 3.745.950
Total		Rp 406.440.345.033	\$ 24.878.134

2. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost merupakan total biaya pengeluaran secara tidak langsung karena operasional atau berjalannya pabrik, terdiri dari:

- a) *Payroll Overhead*
- b) *Laboratory*
- c) *Plant Overhead*
- d) *Packaging*
- e) *Shipping*

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.395.800.000	\$ 146.649
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.597.200.000	\$ 97.766
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 7.986.000.000	\$ 488.829
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 28.441.163.711	\$ 1.740.905
Total		Rp 40.420.163.711	\$ 2.474.148

3. *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi, terdiri dari:

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 16.992.673.443	\$ 1.040.134
2	<i>Property Taxes</i>	Rp 3.398.534.689	\$ 208.027

3	<i>Insurance</i>	Rp 1.699.267.344	\$ 104.013
Total		Rp 22.090.475.476	\$ 1.352.175

Tabel 6. 11 *Manufacturing cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	\$ 117.456.398.637	\$ 7.210.338
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	\$ 23.173.000.000	\$ 1.422.529
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	\$ 23.553.863.185	\$ 1.445.909
Total		\$ 164.183.261.822	\$ 10.078.776

6.4.3 General Expense

General Expense merupakan pengeluaran secara umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*, terdiri dari:

- a. *Administration*
- b. *Sales Expense*
- c. *Research*
- d. *Finance*

Tabel 6. 12 *General Expense*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 14.068.341.509	\$861.133,72
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 23.447.235.848	\$1.435.222,86
3	<i>Research</i>	Rp 16.413.065.094	\$1.004.656,00
4	<i>Finance</i>	Rp 5.910.721.749	\$361.799,70
Total		Rp 59.839.364.200	\$3.662.812,28

Tabel 6. 13 *Total Production Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 468.950.984.220	\$28.704.457,18
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 59.839.364.200	\$3.662.812,28
Total		Rp 528.790.348.420	\$32.367.269,46

6.5 Analisa Resiko Pabrik

Analisa risiko pabrik dilakukan untuk menentukan besar kecil risiko sebuah pabrik (*high risk* atau *low risk*) dengan mempertimbangkan beberapa kemungkinan yang terjadi kemudian mencari solusi atas setiap risiko tersebut. Berdasarkan analisa risiko pabrik yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik paracetamol termasuk kategori risiko *low risk* dengan mempertimbangkan:

a. Kondisi Operasi

Perancangan pabrik paracetamol dengan suhu berkisar antara 30°C hingga 110°C dengan tekanan 1 atm. Sehingga perancangan pabrik terhitung tidak beresiko melihat kondisi operasi yang konstan pada tekanan 1 atm.

b. Bahan Baku dan Produk

Bahan baku dan produk dari pra rancangan pabrik paracetamol memiliki sifat kimia yang tidak mudah terbakar. Selain itu tidak ada sisa dari proses reaksi yang terbuang ke lingkungan, sehingga terhitung cukup aman untuk lingkungan.

c. Regulasi Pemerintah

Tingkat risiko juga dipengaruhi oleh sejauh mana pabrik harus tunduk pada regulasi lingkungan dan keselamatan dari pemerintah. Semakin ketat regulasi yang berlaku, maka semakin besar konsekuensi apabila terjadi pelanggaran.

d. Keberadaan dan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik menentukan dampak risiko terhadap lingkungan sekitar. Pabrik yang dekat dengan pemukiman padat atau kawasan sensitif lingkungan memerlukan perhatian khusus terkait potensi dampak eksternal.

e. Asal Bahan Baku

Stabilitas pasokan bahan baku juga berpengaruh terhadap risiko operasi. Ketergantungan pada bahan baku impor atau sumber yang tidak konsisten dapat menimbulkan gangguan rantai pasok dan menambah risiko finansial.

f. Identifikasi Hazard Bahan Baku dan Produk

Potensi bahaya yang dapat timbul dari bahan baku dan produk selama proses produksi, penyimpanan, maupun distribusi. Bahaya ini bisa bersifat fisik, kimia, biologis, maupun toksikologis, yang berpotensi mengancam keselamatan pekerja, mutu produk, dan lingkungan. Seperti pada berikut yang berisi identifikasi hazard untuk mengetahui faktor risiko dari berbagai bahan baku, bahan pendukung maupun produk yang dihasilkan pada pra rancangan pabrik ini.

Tabel 6. 14 Identifikasi Hazard Pabrik

Komponen	Hazard						Keterangan	Pengolahan
	Eksplosif	Toxic	Korosif	Iritasi	Oxidizin	Radioaktif		
Bahan Baku								
Para-aminofenol		x		x			Berbahaya jika tertelan atau terhirup, menyebabkan alergi dan kerusakan organ bila paparan lama.	Simpan di tempat kering, tertutup rapat, dan jauhkan dari bahan reaktif.
Asetat Anhidrat		x	x	x			Cairan mudah terbakar, reaktif dengan air dan logam, menghasilkan asam asetat.	Simpan dalam tangki tahan api, jauh dari air dan bahan reaktif.
Bahan Pendukung								
Air Murni							Tidak berbahaya dan aman untuk digunakan.	Simpan di tempat tertutup, hindari kontaminasi.
Produk								
Paracetamol		x		x			Dapat menyebabkan iritasi bila terpapar langsung.	Simpan di tempat sejuk dan kering, hindari paparan langsung sinar matahari.
Produk Samping								
Asam Asetat			x	x			Bersifat korosif, dapat menyebabkan iritasi dan reaktif terhadap logam.	Simpan di tangki tahan korosi dan tempat tertutup rapat.

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel diatas mengenai identifikasi hazard, didapatkan beberapa informasi yaitu sebagai berikut:

1. Bahan Baku

Para-aminofenol sebagai bahan baku utama dalam produksi paracetamol tergolong bahan kimia berbahaya karena bersifat toksik dan dapat menyebabkan iritasi. Senyawa ini juga diketahui bersifat hepatotoksik jika terpapar dalam jumlah besar. Oleh karena itu, penyimpanan para-aminofenol harus dilakukan di tempat kering, sejuk, dan berventilasi baik serta tertutup rapat agar terhindar dari kontaminasi dan degradasi kualitas bahan. Sementara itu, asetat anhidrat bersifat korosif dan mudah menguap serta dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan dan kulit. Oleh karena itu, asetat anhidrat harus disimpan dalam tangki kedap udara dan dihindarkan dari paparan panas serta air.

2. Bahan Pembantu

Air murni (H_2O) tidak tergolong berbahaya, namun perlu dijaga kemurniannya dengan menyimpan di tempat steril dan tertutup agar tidak terkontaminasi yang dapat memengaruhi reaksi kimia selama proses produksi.

3. Produk

Paracetamol sebagai produk utama dan air sebagai produk samping memiliki risiko rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa paracetamol harus disimpan ditempat yang sejuk dan tertutup untuk menjaga kelembapan dan tidak terkena iritasi. Sementara itu, asam asetat sebagai produk samping bersifat korosif dan iritatif, sehingga penyimpanannya perlu dilakukan dalam tangki tahan bahan sifat asam dan tertutup rapat.

Setiap faktor di atas diberikan penilaian berdasarkan tingkat bahaya dan potensi dampaknya, yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori risiko rendah (low risk) atau tinggi (high risk). Hasil analisa disajikan dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 6. 15 Analisa Resiko Pabrik

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1	Kondisi Operasi	Suhu berkisar 30°C hingga 110°C	✓	
		Tekanan 1 atm	✓	
Bahan Baku				
2	Para-Aminofenol	Bersifat toksik dan dapat menyebabkan iritasi		✓
	Asetat Anhidrat	Bersifat korosif, mudah menguap dan dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan dan kulit		✓
Bahan Pembantu				
3	Air	Aman tidak berbahaya	✓	
Produk				
4	Paracetamol	Umumnya aman, namun harus ditempatkan di tempat kering dan tertutup	✓	
Produk Samping				
5	Asam Asetat	Bersifat korosif dan iritatif		✓
6	Regulasi Pemerintah	PP No. 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan & Pengelolaan Lingkungan Hidup Mengatur	✓	

		penilaian AMDAL, RKL-RPL, dan pengelolaan limbah B3		
7	Keberadaan Pabrik	Pabrik direncanakan di Kawasan Industri Cikarang, Jawa Barat, yang merupakan daerah khusus industri dan tempatnya strategis untuk akses bahan baku dan penjualan ke konsumen	✓	
8	Asal Bahan Baku	Para-aminofenol dan asetat anhidrat diperoleh impor dari China dan India		✓

Berdasarkan hasil penilaian:

- Jumlah poin untuk kategori low risk: 6 poin
- Jumlah poin untuk kategori high risk: 4 poin

Dengan skor tersebut, maka secara keseluruhan pabrik ini dikategorikan sebagai low risk. Artinya, dengan menerapkan prosedur pengendalian dan sistem keselamatan yang tepat, operasional pabrik dapat berjalan dengan aman dan terkendali. Sejalan dengan hasil penilaian tersebut, pendekatan low risk juga diterapkan dalam analisis kelayakan ekonomi pabrik. Hal ini penting karena tingkat risiko teknis dan operasional suatu pabrik memengaruhi ekspektasi minimal terhadap parameter-parameter finansialnya.

6.6 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan bertujuan untuk mengetahui layak atau tidaknya pabrik yang akan didirikan. Evaluasi ekonomi terdiri dari:

6.6.1 Return of Investment (ROI)

Return of Investment merupakan nilai keuntungan tahunan yang diperoleh untuk tujuan mengembalikan modal investasi. *Return Of Investment* (ROI) dapat dihitung dengan membandingkan total keuntungan tahunan dengan modal investasi. Perusahaan atau industri kimia yang memperoleh nilai ROI minimum sebelum pajak sebesar 11% dapat dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi akan memperoleh nilai ROI minimum sebelum pajak sebesar 44% (Aries&Newton,1955).

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

- a. Hasil Penjualan (Sa) = Rp 569.450.000.000
- b. Biaya Produksi = Rp 528.790.348.420
- c. Keuntungan Sebelum Pajak = Hasil Penjualan – Biaya Produksi
= Rp 40.659.651.580
- d. Pajak = 20% x Keuntungan Sebelum Pajak
= Rp 8.131.930.316
- e. Keuntungan Setelah Pajak = Keuntungan Sebelum Pajak – Pajak
= Rp 32.527.721.264
- f. ROI Sebelum Pajak

$$\frac{\text{keuntungan sebelum pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\% = 24\%$$

g. ROI Setelah Pajak

$$\frac{\text{keuntungan sesudah pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$
$$= 19\%$$

6.6.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time merupakan jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan *Fixed Capital Investment* berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Pada industri kimia, batas maksimum POT sebelum pajak untuk *low risk* yaitu 5 tahun dan *high risk* yaitu 2 tahun.

b. POT Sebelum Pajak

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit Before Taxes}} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 2,9 Tahun

c. POT Setelah Pajak

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit After Taxes}} \times 100\%$$

POT setelah pajak = 3,4 Tahun

6.6.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan suatu titik impas dimana jumlah seluruh pendapatan sama dengan jumlah seluruh pengeluaran. Suatu pabrik akan mengalami kerugian apabila berada dibawah standar BEP dan akan mendapat keuntungan jika beroperasi diatas standar BEP. Pada umumnya, nilai BEP berkisar antara 40% - 60% dari kapasitas.

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

Dimana:

Fa = *Fixed Cost*

Ra = *Regulated Cost*

Va = *Variable Cost*

Sa = *Sales Price*

Tabel 6. 16 *Fixed Cost*

Fa (<i>Fixed Cost</i>)		
<i>Depresiasi</i>	Rp 16.992.673.443	\$ 1.040.134
<i>Property Taxes</i>	Rp 3.398.534.689	\$ 208.027
Asuransi	Rp 1.699.267.344	\$ 104.013
Total	Rp 22.090.475.476	\$ 1.352.175

Tabel 6. 17 *Regulated Cost*

Ra (<i>Regulated Cost</i>)		
Gaji Karyawan	Rp 15.972.000.000	\$977.658,08
<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.395.800.000	\$146.648,71
<i>Supervision</i>	Rp 1.597.200.000	\$97.765,81
<i>Plant Overhead</i>	Rp 7.986.000.000	\$488.829,04
Laboratorium	Rp 1.597.200.000	\$97.765,81
<i>General Expense</i>	Rp 59.839.364.200	\$3.662.812,28
<i>Maintenance</i>	Rp 10.195.604.066	\$624.080,56
<i>Plant Supplies</i>	Rp 1.529.340.610	\$93.612,08
Total	Rp 101.112.508.876	\$6.189.172,36

Tabel 6. 18 *Variable Cost*

Va (Variable Cost)		
<i>Raw Material</i>	Rp 310.254.122.949	\$18.990.887,12
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 28.441.163.711	\$1.740.904,92
<i>Utilities</i>	Rp 61.197.577.408	\$3.745.949,53
<i>Royalty and Patent</i>	Rp 5.694.500.000	\$348.180,98
Total	Rp 405.587.364.069	\$24.825.922,56

Berdasarkan data yang diperoleh dan nilai *sales price* (Sa) sebesar Rp 569.450.000.000, diperoleh nilai BEP sebesar 56,32%.

6.6.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point merupakan suatu titik kapasitas produksi dimana pada kondisi ini menutup pabrik akan lebih menguntungkan daripada tetap mengoperasikannya. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diinginkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas dalam satu tahun, maka pabrik tersebut harus berhenti beroperasi atau tutup.

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

$$= 33\%$$

Dimana:

Fa = *Fixed Cost*

Ra = *Regulated Cost*

$V_a = \text{Variable Cost}$

$S_a = \text{Sales Price}$

6.6.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return merupakan metode yang digunakan untuk menentukan *present value* untuk *cash flow* di masa depan. Metode ini mempertimbangkan nilai uang tiap tahun dan investasi yang tidak kembali. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan DCFR yaitu:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = CF \times [(1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1] + SV + WCI$$

Dimana:

$R = S$

$FC = \text{Fixed Capital}$

$WC = \text{Working Capital}$

$SV = \text{Salvage Value}$

$CF = \text{Annual Cash Flow}$

$I = \text{Discounted Cash Flow Rate } 14\%$

$n = \text{Umur Pabrik}$

$\text{Salvage Value} = 10\% \times FCI$

$= \text{Rp } 16.992.673.443$

$\text{Cash Flow} = \text{Annual Profit} + \text{Depreciation} + \text{Finance}$

$= \text{Rp } 55.431.116.456$

Setelah dilakukan perhitungan trial and error, maka diperoleh:

$R = \text{Rp } 1.685.207.275.874$

S = Rp 1.685.207.275.874

I = 0.190157

Error = 0

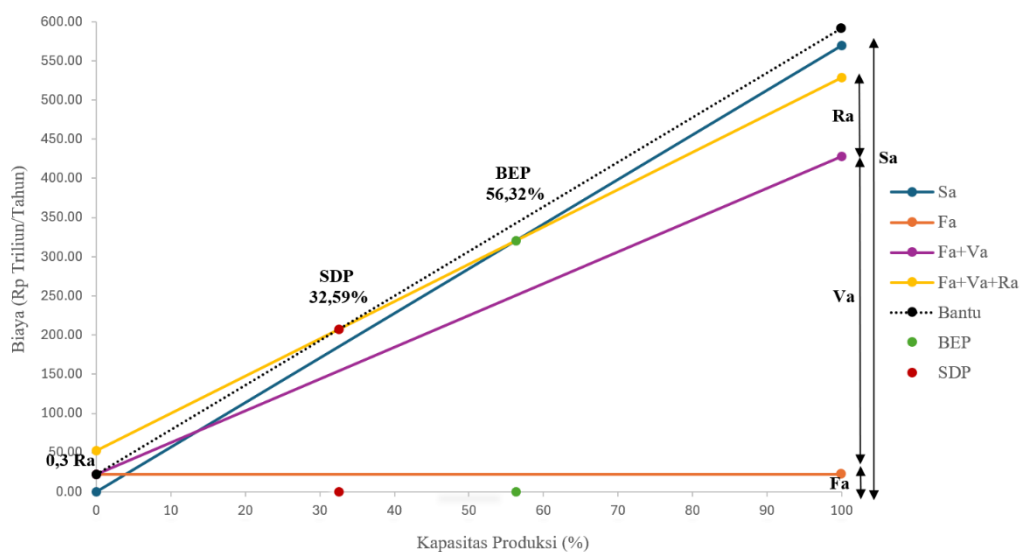
Interest (i) = 19 %

Bunga bank Indonesia = 5,50%

Bunag bank minimum = 8,25%

Tabel 6. 19 Analisis Kelayakan Pabrik

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Referensi
ROI sebelum pajak	24%	ROI before taxes minimum 11 %	Aries Newton, P.193
ROI setelah pajak	19%		
POT sebelum pajak	2,9	POT before taxes maksimum 5 th	Aries Newton, P.196
POT setelah pajak	3,4		
BEP	56,32%	kisaran 40-60%	
SDP	32,59%	> 20%	
DCFRR	19%	> 1,5 bunga bank = minimum	



Gambar 6. 1 Analisis Biaya per Kapasitas

BAB VII. PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa terhadap perancangan pabrik parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat dengan kapasitas 5.000 ton/tahun, ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pendirian pabrik parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat dengan kapasitas 5.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan parasetamol dalam negeri dan juga untuk mengurangi ketergantungan impor serta membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
- b. Pabrik parasetamol didirikan dengan luas tanah 14.400 m² yang berlokasi di Kawasan Industri Lippo Cikarang, Bekasi, Jawa Barat dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 153 orang.
- c. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi pabrik parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat didapatkan bahwa:
 1. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 40.659.651.580
 2. Keuntungan setelah pajak sebesar Rp 32.527.721.264
 3. *Return Of Investment* (ROI)
 - a) ROI sebelum pajak sebesar 24%
 - b) ROI setelah pajak sebesar 19%
 4. *Pay Out Time* (POT)
 - a) POT sebelum pajak sebesar 2,9 Tahun
 - b) POT setelah pajak sebesar 3,4 Tahun

5. *Break Even Point* (BEP) sebesar 56,32%, dengan syarat BEP pada umumnya berada di rentang 40% - 60%
 6. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 32,59%, dengan syarat SDP pada umumnya > 20%
 7. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 19%, angka tersebut masih memenuhi syarat minimum untuk pabrik kimia.
- d. Hasil dari keseluruhan tinjauan yang dilakukan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi, disimpulkan bahwa pabrik parasetamol dari para-aminofenol dan asetat anhidrat dengan kapasitas 5.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan. Adapun konsep – konsep tersebut diantaranya:

- a. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
- b. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang ramah lingkungan.
- c. Produk parasetamol dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
- d. Pemenuhan bahan baku didapat dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut, jadi

diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badger and Banchero, 1955,” *Introduction to chemical Eengineering, Mc Graw Hill Book Company*”, Tokyo.
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024, 23 Mei). Peneliti BRIN ungkap ragam peluang industri parasetamol. Antara News.
- Benista, M. J., & Nowak, J. Z. (2014). PARACETAMOL : MECHANISM OF ACTION , APPLICATIONS AND SAFETY CONCERN, 71(1), 11–23.
- Binfar. (2023). Buletin Informasi Kefarmasian dan Alat Kesehatan. Kementerian Kesehatan, page 28.
- BPS – Badan Pusat Statistik. (2017). Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia: Impor 2016 (Jilid I). Badan Pusat Statistik.
- Brown, G.G. (1978). *Unit Operations. John Wiley and Sons Inc. New York*
- Brownell and Young, 1959, “*Process Equipment Design*”, Wiley Estern Limited, New Delhi.
- Cabe, M., Warren, L., & Smith, J. C. (1985). *Unit Operation of Chemical Engineering*
- CNBC Indonesia. (2020, 18 September). Erick Thohir beri tugas Kimia Farma bangun pabrik paracetamol. CNBC Indonesia.
- Freifelder, M. (1963). *Process for the preparation of acetylaminophenols* (U.S. Patent No. 3,076,030). U.S. Patent and Trademark Office.
- Geankoplis, Christie J, 1997, “*Transport Processes and Unit Operation*”, ed 3, New Delhi.

- Guidi, M., Moon, S., Anghileri, L., Cambié, D., Seeberger, P. H., & Gilmore, K. (2021). Combining radial and continuous flow synthesis to optimize and scale-up the production of medicines. *Reaction Chemistry & Engineering*, 6(2), 220-224.
- Hesse, H.C. and Rouston, Henry, 1945, “*Process Equipment Design*”, cet 8, Van Nostrand, New Jersey.
- Sandrina, S., & Fauzan, A. (2023). The Process of Synthesizing Paracetamol Involves the Utilization of Acetic Anhydride to Acetylate p-Aminophenol. *Crown: Journal of Dentistry and Health Research*, 1(2), 52-55.
- Joshi, M.V., 1981, “*Proses Equipment Design*”, McGraw Hill Company, Ltd, New York.
- Jwiak-Benista, M., and Nowak, J.Z., 2014. Paracetamol: Mechanism of action, Application and Safety Concern. *Acta Poloniae Pharmaceutica and Drug Research* 71;1: 11- 23
- Kern, D.Q. (1950). *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York
- Kurnianto, R. W., Fahrurrozi, M., Ismail, H., Lukitaningsih, R. R. E., Nugraha, I. T., Pudjono, P., ... & Susidarti, R. A. (2021). Kinetics study of paracetamol production from para-aminophenol and acetic anhydride. *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(1), 49-58.
- Mc Cabe and Smith, 1993, “*Unit Operation of Chemical Engineering*”, ed 5, McGraw Hill, New York

- Mulyono, P. 2021. *Ekonomi TEKNIK: Lengkap dengan Evaluasi Ekonomi Pabrik Kimia Dan Soal - Penyelesaian*. UGM PRESS.
- Peters and Timmerhaus, 1991, "*Plant Design and Economic for chemical Engineering*", ed 4, Mc Graw Hill Inc.
- Perry, R.H., 1974, "*Chemical Engineering Handbook*" 5th edition, Mc Graw Hill Book, Kogakusha, Ltd, Tokyo.
- Perry, R.H., and Green, D.W., (1986), *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Prayogi, S., Pudjono, P., & Trisnawati, E. (2023). Sintesis parasetamol dengan cara asetilasi p aminofenol menggunakan anhidrida asetat dan asam asetat. *Pharmacy Peradaban Journal*, 2(2), 75–85
- Pujari, P. (2024, Oktober). Paracetamol supply chain in India: A review of production, logistics, and market trends. *International Journal of Current Science*, 14(4), 277
- Rajpoot, V., & Asati, N. (2023). Comparative studies on conventional and microwave synthesis of paracetamol. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 29(1), Artikel 7269. <https://doi.org/10.53555/jptcp.v29i01.7269>
- Sartono. (1996). Apa yang Kamu Ketahui tentang Obat Obat Bebas dan Terbatas [Skripsi, Universitas Sumatera Utara]. Universitas Sumatera Utara.
- Setiani Lande, E. (2018). Optimasi suhu dan pH dalam sintesis parasetamol melalui reaksi transfer asil pada p aminofenol terkatalisis Candida antarctica Lipase B [Skripsi, Universitas Gadjah Mada]. UGM Repository.

- Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbot, M.M., (1987), *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5 th ed*, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York
- Treyball, R. E. 1980. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Wallas. S.M. 1988. Chemical Process Equipment. Butterworth Publishers,
- Ulrich, G.D., 1984, “*A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic*”, John Wiley and Sons, USA.
- Vanden Eynde, J. J. (2016). How efficient is my (medicinal) chemistry? *Pharmaceuticals*, 9(2), 26.
- Walas, Stanley M., 1998, “*Chemical Process Equipment*”, Butterworth Heineman, Washington.
- Warner-Lambert Pharmaceutical Co. (1961, Agustus 29). *Process of preparing N-acetyl-p-aminophenol* (U.S. Patent No. 2,998,450). U.S. Patent and Trademark Office.
- Widyaningsih, C. (2014). Mengenai Paracetamol, p. 18.
- Yaws, C.L. (1999). *Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Handbooks. New York.*

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

Kode : R-01

Fungsi : Tempat bereaksinya para-aminofenol (C_6H_7NO) dengan asetat anhidrat ($(CH_3CO)_2O$) untuk menghasilkan paracetamol ($C_8H_9NO_2$) dan asam asetat (CH_3COOH)

Fasa : Cair-cair

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bentuk : Tangki Silinder

Bahan : *Stainless steel SA-240 type 316*

Kondisi Operasi : *isothermal*

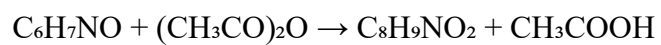
1. Suhu (T) : $108^{\circ}C$

2. Tekanan (P) : 1 atm

Konversi : 99%

1. Neraca Massa

Reaktor Reaksi di reaktor adalah sebagai berikut :



Komponen	Masuk	Keluar
	Kg/jam	Kg/jam
C_6H_7NO	486,64	4,87
$(CH_3CO)_2O$	683,08	232,25
$C_8H_9NO_2$	0,00	667,41
CH_3COOH	0,00	265,19
H_2O	1372,94	1372,94
Total	2542,66	2542,66

2. Densitas Campuran

Komponen	Massa (Kg/jam)	Fraksi Massa	Densitas (Kg/m ³)	Densitas Campuran (kg/m ³)
C ₆ H ₇ NO	469,49	0,191	944	180,582
(CH ₃ CO) ₂ O	659,01	0,269	965	259,351
H ₂ O	1324,56	0,540	947	511,548
Total	2453,06	1,000	2.856	951,482

3. Perhitungan Reaktor

- a. Menentukan laju alir volumetrik (F_v, L/Jam)

$$F_v = \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ Campuran}}$$

$$= \frac{2453,06}{951,482}$$

$$= 2,57835 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2.578,35 \text{ L/jam}$$

Sehingga didapatkan kecepatan Volumetrik sebesar 2.578,35 L/jam.

- b. Menentukan Konsentrasi Reaksi

Menghitung Konsentrasi mol umpan reaktan pembatas pada reaksi esterifikasi yaitu asam lemak adalah senyawa A

$$C_{aO} = \frac{\text{Mol A}}{\text{Total } F_v} = \frac{4,31}{2578,3496} = 0,001671 \text{ kmol/liter}$$

c. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan reaksi, asumsi:

- 1) Reaksi orde 2
- 2) Reaksi irreversible
- 3) Pengadukan sempurna, dimana konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi di dalam reaktor

$$k = A \times \exp - \frac{E_a}{RT}$$

k = konstanta kecepatan reaksi

T = suhu reaksi (381 K)

E_a = Energi aktivasi (143,857 J/mol)

A = Faktor frekuensi (1,28E+08 L/mol.s)

R = Konstanta Gas Ideal

k = 117 L/mol.jam

(Kurnianto, 2021)

d. Menentukan Volume Reaktor

$$V = \frac{F_v \times X_a}{k \times (C_a)^2}$$

- 1) Jumlah 1 Reaktor

F _v	4.307,23 mol/jam
k	117 L/mol.jam
C _a	0,0167 mol/liter
Konversi (X _a)	99%
Volume	130.597,4051 L
	34.500,18 gallon

2) Jumlah 2 Reaktor

Fv	4.307,23 mol/jam
k	117 L/mol.jam
Ca	0,0167 mol/liter
Konversi (Xa)	99%
Volume	5.175,7214 L
	1.367,28 gallon

3) Jumlah 3 Reaktor

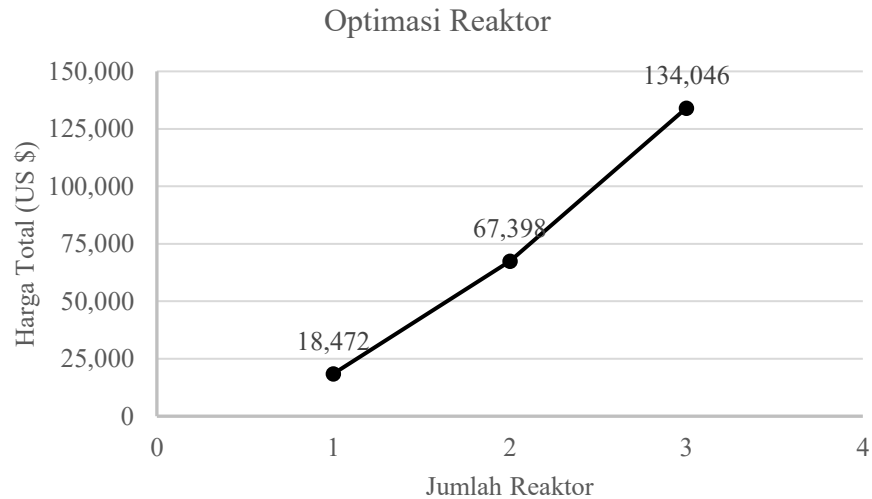
Fv	4.307,23 mol/jam
k	117 L/mol.jam
Ca	0,0167 mol/liter
Konversi (Xa)	98%
Volume	691,6855 L
	182,72 gallon

e. Menentukan Harga Reaktor

Bahan kontruksi yang dipilih Stanless Steel SA-240 type 316

n	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	34.500,18	14800	18471,92
2	1.367,28	27000	67397,54
3	182,72	35800	134046,24

f. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum



Grafik hubungan Jumlah Reaktor dengan Biaya Total

Berdasarkan grafik diatas, ditarik kesimpulan yaitu jumlah reaktor yang optimum adalah 1 reaktor untuk mendapat harga perancangan reaktor yang minimum.

g. Dimensi Reaktor

Perbandingan tinggi reaktor yang digunakan adalah $H = D$ (Brownell & Young) dengan menggunakan faktor keamanan atau *over design* sebesar 20%, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume over design (20\%)} &= \text{volume reaktor} \times 1,2 \\
 &= 130,59 \times 1,2 \text{ m}^3 \\
 &= 156,71 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diameter reaktor,

$$D^3 = \frac{1}{4} \times 3,14 = 156,71$$

$$D^3 = \frac{156,71}{0,7854} = 199,52 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{199,52 \text{ m}^3}$$

$$D = 5,84 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh nilai H reaktor adalah $H = D$

$$H = 1 \times 5,84 \text{ m}$$

$$H = 5,84 \text{ m}$$

h. Menentukan Tebal Dinding Reaktor

Dalam menghitung ketebalan dinding shell atau reaktor menggunakan persamaan 14.34, buku Brownell & Young, 1959;275:

$$ts = \frac{P \times ri}{f \times E - 0,6P}$$

Keterangan:

ts : Tebal shell (in)

ri : Jari-jari shell = $D/2 = 115 \text{ in}$

f : Allowable stress = 21000 psi

C : Corrosion allowance = 0,125 in/tahun

P : Tekanan design = 25 psia

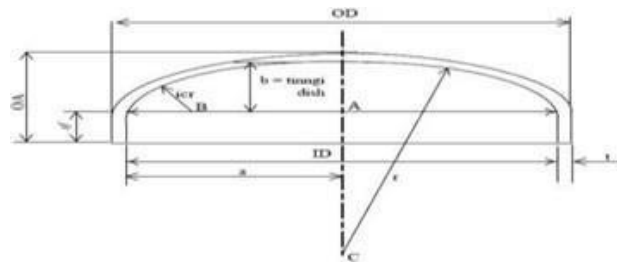
E : Efisiensi sambungan (80%)

Maka nilai tebal shell adalah :

$$ts = \frac{25 \times 115}{21000 \times 80\% - (0,6 \times 25)} + 0,125 = 0,297 \text{ in}$$

Maka diambil ts standar: $5/16 = 0,3125 \text{ in}$ (Brownell & Young)

i. Perancangan head dan bottom tangki



1) Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$th = \frac{P \times r \times c \times w}{(2 \times f \times E - 0,2P)} + C$$

Keterangan:

th = Tebal head (th)

w = Faktor intensifikasi stress

f = Allowable stress (18750 in)

E = Effisiensi sambungan (80%)

C = Corrosion allowance (0,125 in)

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{180}{13,75}} \right)$$

$$= 1,65 \text{ in}$$

$$th = \frac{25 \times 180 \times 1,65}{(2 \times 21000 \times 0,8 - (0,2 \times 25))} + 0,125$$

$$= 0,35 \text{ in}$$

2) Menentukan tinggi reaktor :

$$th \text{ standar} = \frac{3}{8} \text{ in} = 0,375 \text{ (tabel 5.6 Brownell\&Young)}$$

$$\text{Tebal bottom} = \text{tebal head} = \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$\text{Maka sf} = 2 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AB &= \left(\frac{ID}{2} \right) - icr \\ &= \left(\frac{229,9}{2} \right) - 13,75 \\ &= 101,2 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= rc - icr \\ &= 180 - 13,75 \\ &= 166,25 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= \sqrt{166,25^2 - 101,2^2} \\ &= 131,9 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= rc - AC \\ &= 180 \text{ in} - 131,9 \text{ in} \\ &= 48,1 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi dishead} = sf + b + th$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 2 + 48,1 + 0,375 \\ &= 50,5 \text{ in} \\ &= 1,282 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Reaktor} &= (2 \times \text{tinggi head}) + \text{tinggi shell} \\ &= (2 \times 1,282) + 5,8 \\ &= 8,4 \text{ m} \end{aligned}$$

3) Menentukan volume pada sf

$$\begin{aligned} V_{sf} &= \frac{\pi}{4} D^2 \times sf \\ &= \frac{\pi}{4} 229,9^2 \times 2 \\ &= 82954,8 \text{ in}^3 \\ &= 1,36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{dish} &= 0,000049 \times D^3 \\ &= 0,000049 \times 229,9^3 \\ &= 595,66 \text{ in}^3 \\ &= 0,0098 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{head} &= 2 \times (V_{dish} + V_{sf}) \\ &= 1,36 + 0,0098 \\ &= 2,7401 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{shell} &= V_{total} - V_{head} \\ &= 156,7 - 2,7401 \\ &= 153,98 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

j. Desain Sistem Pengaduk

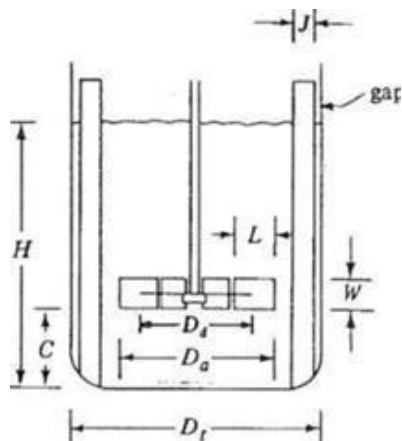
$$V = 140.602 \text{ m}^3$$

$$V = 37143.119 \text{ gallon}$$

$$\mu = 180,723 \text{ Cp}$$

$$\mu = 0,1214 \text{ lb/ft.s}$$

Reaktor menggunakan pengaduk berjenis *turbin Impeller with 6 blades*, dikarenakan nilai viskositas <4000 cP. Dalam merancang pengadukan tersebut digunakan referensi buku yaitu (Brownel, hal.507).



Keterangan:

D_i = Diameter pengaduk

Z_i = Jarak pengaduk dari dasar tangki

W = Lebar impeller

J = Lebar baffle

L = Panjang blade

D_d = Diameter batang penyangga

Offset 1 = Jarak *baffle* dari dasar tangki

Offset 2 = Jarak *baffle* dari permukaan cairan

k. Menentukan *Baffle*

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter Pengaduk}(D_i) &= \frac{D_t}{3} \\
 &= \frac{229,932}{3} \text{ in} \\
 &= 76,644 \text{ in} \\
 &= 1,947 \text{ m} \\
 &= 6,384 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Pengaduk dari dasar} &= Di \times 1 \\
 \text{tangki (Zi)} &= 76,644 \text{ in} \times 1 \\
 &= 76,644 \text{ in} \\
 &= 1,947 \text{ m} \\
 &= 6,384 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Impeller (W)} &= Di \times 0,25 \\
 &= 76,644 \text{ in} \times 0,25 \\
 &= 19,161 \text{ in} \\
 &= 0,487 \text{ m} \\
 &= 1,596 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Baffle (J)} &= Di \times 0,25 \\
 &= 76,644 \text{ in} \times 0,25 \\
 &= 19,161 \text{ in} \\
 &= 0,487 \text{ m} \\
 &= 1,596 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Blade (L)} &= Di \times 0,25 \\
 &= 76,644 \text{ in} \times 0,25 \\
 &= 19,161 \text{ in} \\
 &= 0,487 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter batang penyangga} &= Di \times \frac{2}{3} \\
 (\text{Dd}) &= 76,644 \times \frac{2}{3} \\
 &= 51,096 \text{ in} \\
 &= 1,298 \text{ m} \\
 &= 4,256 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak } \textit{baffle} \text{ dari dasar tangki} &= Di \times \frac{1}{2} \\
 (\text{Offset 1}) &= 76,644 \times \frac{1}{2} \\
 &= 38,322 \text{ in} \\
 &= 0,973 \text{ m} \\
 &= 3,192 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak } \textit{baffle} \text{ dari permukaan} &= Di \times \frac{1}{6} \\
 \text{cairan (Offset 2)} &= 76,644 \times \frac{1}{6} \\
 &= 12,774 \text{ in} \\
 &= 0,324 \text{ m} \\
 &= 1,064 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang } \textit{Baffle} &= Hls - (\textit{Offset 1} + \textit{Offset 2}) \\
 &= 5,840 \text{ m} - (0,973 \text{ m} + 0,324 \text{ m}) \\
 &= 7,138 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1. Menentukan tinggi cairan dari buku Brownel:

$$ZL = Di \times 2,9$$

$$ZL = 76,644 \text{ in} \times 2,9$$

$$= 222,268 \text{ in}$$

$$= 7,592 \text{ m}$$

$$= 24,899 \text{ ft}$$

m. Menentukan Jumlah Pengaduk

1) *Spesific Gravity (sg)*

$$sg = \frac{\text{Densitas Cairan}}{\text{Densitas Air}}$$

$$= \frac{951,056}{1000}$$

$$= 0,951$$

2) *Water Equivalent Liquid High (WELH)*

$$WELH = \text{Tinggi Cairan} \times sg$$

$$= 5,840 \text{ m} \times 0,951$$

$$= 5,55 \text{ m}$$

$$= 18,22 \text{ ft}$$

3) Jumlah Pengaduk

$$\text{Jumlah Pengaduk} = \frac{WELH}{D}$$

$$= \frac{5,554}{5,840}$$

$$= 0,951$$

Berdasarkan perhitungan, diambil jumlah pengaduk sebanyak 1 buah.

n. Menentukan *Power* dan Putaran Pengaduk

1) Putaran Pengaduk :

$$N = \frac{600}{\pi \times Di} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times D}}$$

$$N = \frac{600}{\pi \times 6,384} \sqrt{\frac{18,22}{2 \times 6,384}}$$

$$N = 35,75 \text{ rpm}$$

$$N = 0,60 \text{ rps}$$

Jenis motor yang dipilih adalah tipe fixed speed belt karena paling ekonomis dan mudah dalam pemasangan dan perbaikan.

Dipilih standar putaran pengaduk sebesar:

$$N = 37 \text{ rpm}$$

$$N = 0,612 \text{ rps}$$

2) Menentukan Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho \times N \times Di^2}{\mu}$$

$$Re = \frac{59,37 \times 0,6167 \times 6,38^2}{0,1214}$$

$$Re = 12.290,37$$

Berdasarkan fig 477 G.G Brown page 507, 1978 diperoleh $N_p = 2$

3) Menentukan *Power* Pengaduk

$$Pa = 3,52 \times 10^{-3} \times N_p \times \rho \times N^3 \times Di^5$$

$$Pa = 3,52 \times 10^{-3} \times 2 \times 951,055 \times 0,6166^3 \times 1,9459^5$$

$$Pa = 16,65 \text{ hp}$$

$$Pa = 12,42 \text{ kw}$$

Effisiensi motor = 83% (figur 14.38 peters hal 521)

$$Power \text{ motor} = 15,5 \text{ hp}$$

Menurut standar *power* NEMA, rase and barrow, 1957, hal 358, maka

dipilih *power* standar 20 hp

4. Neraca Panas

Komponen	Masuk	Keluar
	Kj/jam	Kj/jam
Q	640390,76	2060392,22
ΔH Reaksi	525578,27	0,00
Qpemanas	0,00	-894423,19
Total	1165969,04	1165969,04

Berdasarkan data neraca panas yang diperoleh pada reaktor, disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi merupakan reaksi Endotermis, dimana $Q_{in} < Q_{out}$ dan ΔH Reaksi bernilai (+) sehingga diperlukan pemanas pada reaktor yang digunakan.

a. Menghitung Kebutuhan Air Pemanas

$$C_p = 39105 \text{ kJ/mol}$$

$$Q = 894423,19 \text{ kJ/jam}$$

Kebutuhan Air Pemanas

$$= \frac{Q}{C_p}$$

$$= \frac{894423,1879 \frac{\text{kJ}}{\text{jam}}}{39105 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}$$

$$= 22,87 \text{ mol/jam}$$

b. Luas Perpindahan Panas

Fluida Panas (F)	Suhu	Fluida Dingin (F)
266	(T1) Suhu tinggi (t2)	226,4
266	(T2) Suhu rendah (t1)	86

$$\Delta T_{LMTD} = 92,73 \text{ F}$$

Berdasarkan referensi Kern, hal 840 tabel 8 untuk UD fluida panas *heavy organic* dan fluida dingin water adalah 5-75 BTU/hari.ft².F

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{894423,1879}{50 \times 22}$$

$$A = 643,1 \text{ ft}^2$$

- c. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$\text{Luas Selubung Reaktor} = \pi \cdot D \cdot H + \frac{1}{4} \cdot D^2$$

$$D = 5,84 \text{ m}$$

$$H = 5,84 \text{ m}$$

$$\text{Luas selubung} = 639,5 \text{ ft}^2$$

Luas selubung reaktor yang tersedia < luas transfer panas reaktor, maka koil pemanas dapat digunakan.

- d. Menentukan Volumetrik Air

$$M_{\text{air}} = 411,7 \text{ kg/jam}$$

$$P_{\text{air}} = 924,32 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = \frac{M_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{411,7}{924,32}$$

$$= 0,445 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,000124 \text{ m}^3/\text{s}$$

e. Menentukan Luas Permukaan Pipa

Batas kecepatan aliran air dalam pipa = 0,3 - 1,0 m/s (Coulson Vol.1; p. 527)

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,000124 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{v} \\ &= \frac{0,000124}{1} \\ &= 0,000124 \text{ m}^2 \\ &= 0.1922 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

f. Menghitung Diameter Pipa

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4x0,000124}{\pi}} \\ &= 0,0125 \text{ m} \\ &= 0,5 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka ukuran pipa standar dapat diperoleh dari Table 11 (Kern, 1965; p.844)

$$\text{NPS} = \frac{3}{8} \text{ m/s}$$

$$\text{OD} = 0,675 \text{ in}$$

$$\text{Sch. No} = 40$$

$$ID = 0,493 \text{ in}$$

$$A = 0,192 \text{ in}^2$$

$$a' = 0,177 \text{ ft}^2/\text{lin ft}$$

g. Menghitung koefisien perpindahan panas (hi)

$$k \text{ (konduktivitas larutan)} = 0,39 \text{ Btu/jam.ft.F}$$

$$Cp \text{ (kapasitas panas)} = 1,0167 \text{ Btu/lb.F}$$

$$\mu \text{ (visositas)} = 0,52 \text{ lb/ft.jam}$$

$$De \text{ (ID Koil)} = 0,48 \text{ ft}$$

$$Jh = 18$$

Sehingga :

$$hi = jH \times \frac{k}{De} \left(\frac{Cp \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$hi = 16,27 \text{ Btu/Jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

h. Menghitung hio

ID = D1 : diameter dalam reaktor

OD = D2 : diameter dalam jaket pendingin

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

$$hio = 16,27 \times \frac{0,48}{0,55}$$

$$hio = 14,2 \text{ Btu/Jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

i. Clean overall coeficient (Uc) dan Designed overall coefficient (Ud)

$$Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho}$$

$$Uc = 8,02 \text{ Btu/Jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

Dari tabel 12 Kern, diambil nilai *Fouling factor* (Rd): 0,0021

Maka $hd = 1/Rd = 1000$

$$Ud = \frac{Uc \times hd}{Uc + hd}$$

$$Ud = 7,95 \text{ Btu/Jam. } ft^2.F$$

j. Menghitung Rd

$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud}$$

$$Rd = 0,001$$

k. Menghitung Luas Bidang Transfer (A)

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta LMTD}$$

$$A = 1.149,29 \text{ } ft^2$$

l. Menghitung Panjang Koil (Lc)

$$Lc = \frac{A}{a''}$$

$$Lc = 662,8 \text{ } ft$$

m. Menghitung Keliling Helix (Lhe)

DH (diameter helix) = 0,7-0,8 ID reaktor (Rase; p.361)

DH (diameter helix) = 13,412 ft

X (Jarak antar lilitan) = 1-1,5 OD reaktor (Rase; p.361)

X (Jarak antar lilitan) = 0,552 ft

$$Lhe = \pi \sqrt{DH^2 + X^2}$$

$$Lhe = 42,15 \text{ } ft$$

n. Menentukan Banyaknya Lilitan

$$N \text{ lilitan} = \frac{Lc}{Lhe}$$

$$N \text{ lilitan} = \frac{662,8}{42,15}$$

$$N \text{ lilitan} = 15,725 = 16 \text{ lilitan}$$

o. Mengitung Volume Koil

$$Vc = \frac{1}{4} \pi x OD^2 x Lc$$

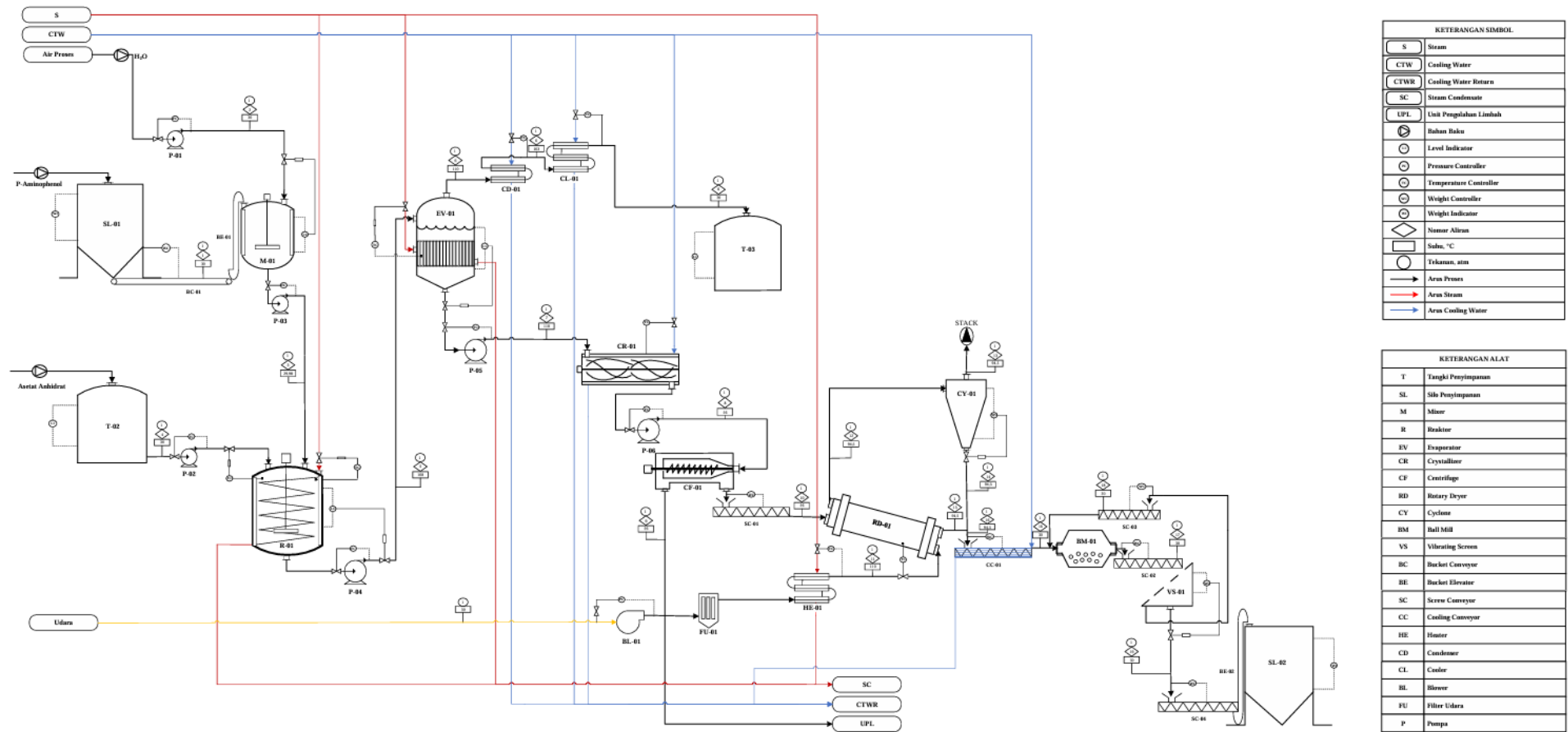
$$Vc = \frac{1}{4} \pi x 0,55^2 x 662,8$$

$$Vc = 158,584 \text{ ft}^3$$

$$Vc = 4,49 \text{ m}^3$$

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK PARASETAMOL DARI PARA-AMINOFENOL
DAN ASETAT ANHIDRAT DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN



Komponen	Neraca Massa (Kg/Jam)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
C ₆ H ₇ NO	486,64	-	486,64	-	4,87	-	4,87	4,87	4,77	0,10	-	0,09	0,09	-	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01
(CH ₃ CO) ₂ O	-	-	-	683,08	232,25	182,50	49,75	49,75	48,75	0,99	-	0,90	0,90	-	0,10	0,10	0,10	0,01	0,09
C ₈ H ₉ NO ₂	-	-	-	-	667,41	-	667,41	667,41	0,06	667,35	-	13,35	1,33	12,01	654,00	666,01	666,01	35,05	630,96
CH ₃ COOH	-	-	-	-	265,19	232,06	33,13	33,13	32,47	0,66	-	0,60	0,60	-	0,07	0,07	0,07	0,003	0,06
H ₂ O	7,41	1358,63	1366,04	6,90	1372,94	1273,98	98,96	98,96	96,98	1,98	-	1,78	1,78	-	0,20	0,20	0,20	0,01	0,19
Udara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2700,78	2700,78	2700,78	-	-	-	-	-	-
Total	494,05	1358,63	1852,68	689,98	2542,66	1688,54	854,12	854,12	183,04	671,08	2700,78	2717,48	2705,47	12,01	654,37	666,39	666,39	35,07	631,31



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK PARASETAMOL DARI
PARA-AMINOFENOL DAN ASETAT ANHIDRAT DENGAN
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Dibuat oleh:

1. Encep Azzur Fauzi (20521199)
2. Mariani Izzulha Zuhair (21521112)

Dosen Pembimbing:

Dr. Arsyad Zulkarnin, S.T., M.Eng.

Disetujui oleh:

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

Nama : **ENCEP ANWAR FAUZI**
Nomor Mahasiswa : 20521199
Nama : **MARINUS ISRALDO ZULMAR**
Nomor Mahasiswa : 21521112

Judul (Bahasa Indonesia):

Prarancangan Pabrik Parasetamol dari Para-Aminofenol dan Asetat Anhidrat

Judul (Bahasa Inggris) :

Prarancangan Pabrik Parasetamol dari Para-Aminofenol dan Asetat Anhidrat

Mulai Masa Bimbingan : 12 September 2024

Batas Akhir Bimbingan : 1 Juli 2025

No	Tanggal	Luaran	Uraian
1	3 Desember 2024 - 6 Maret 2025	Luaran-1	Luaran 1 - Kapasitas Pabrik
2	11 Maret 2025 - 17 Maret 2025	Luaran-2	Luaran 2 - Pemilihan Proses
3	24 April 2025 - 27 April 2025	Luaran-3	Luaran 3 - Spesifikasi Bahan
4	28 April 2025 - 30 April 2025	Luaran-4	Luaran 4 - Diagram Alir Kualitatif
5	23 Mei 2025 - 28 Mei 2025	Luaran-5	Luaran 5 - Neraca Massa
6	12 Juni 2025 - 16 Juni 2025	Luaran-6	Luaran 6 - Perancangan Reaktor
7	17 Juni 2025 - 18 Juni 2025	Luaran-7	Luaran 7 - Alat Pemisah dan Unit Pendukung
8	19 Juni 2025 - 20 Juni 2025	Luaran-8	Luaran 8 - PEFD
9	20 Juni 2025 - 25 Juni 2025	Luaran-9	Luaran 9 - Alat Penyimpanan Bahan
10	25 Juni 2025 - 26 Juni 2025	Luaran-10	Laran 10 - Alat Transportasi Bahan
11	26 Juni 2025 - 26 Juni 2025	Luaran-11	Luaran 11 - Alat Penukar Panas
12	26 Juni 2025 - 26 Juni 2025	Luaran-12	Luaran 12 - Neraca Panas
13	26 Juni 2025 - 27 Juni 2025	Luaran-13	Luaran 13 - Penentuan Lokasi, Tata Letak dan Struktur Organisasi Perusahaan
14	27 Juni 2025 - 27 Juni 2025	Luaran-14	Luaran 14 - Perancangan Unit Utilitas
15	27 Juni 2025 - 28 Juni 2025	Luaran-15	Luaran 15 - Evaluasi Ekonomi
16	29 Juni 2025 - 1 Juli 2025	Luaran-16	Luaran 16 - Penyusunan Naskah

Yogyakarta, 8 Juli 2025



Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.
055210503