PRA RANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT DARI ASAM NITRAT DAN GLUKOSA DENGAN KAPASITAS 7.200 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama	**: Muhammad Rafiandha Harli**	**Nama**	**: Iqbal Aulia Haqiqi**
NIM	**: 22521041**	**NIM**	**: 22521103**

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT DARI ASAM NITRAT DAN GLUKOSA DENGAN KAPASITAS 7.200 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rafiandha Harli	**Nama : Iqbal Aulia Haqiqi**
NIM : 22521041	NIM : 22521103

Yogyakarta, Agustus 2026

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka kami siap menanggung risiko dan konsekuensi apa pun. Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Muhammad Rafiandha Harli



Iqbal Aulia Haqiqi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT DARI ASAM NITRAT DAN GLUKOSA DENGAN KAPASITAS 7.200 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama	**: Muhammad Rafiandha Harli**	**Nama**	**: Iqbal Aulia Haqiqi**
NIM	**: 22521041**	**NIM**	**: 22521103**

Yogyakarta, Agustus 2026

Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT DARI ASAM NITRAT DAN GLUKOSA DENGAN KAPASITAS 7.200 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Muhammad Rafiandha Harli

NIM : 22521041

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,

Tim Penguji,		
Nama Lengkap Ketua	: Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.	(.....) 03-09-2026
Nama Lengkap Anggota I	: Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.	(.....)
Nama Lengkap Anggota II	: Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.	(.....)

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat dan salam juga tidak lupa kami hanturkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW. Berkat segala nikmat tersebut, kami dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Prarancangan Pabrik Asam Oksalat Dihidrat dari Asam Nitrat dan Glukosa Dengan Kapasitas 7.200 Ton/Tahun" ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menerima banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan baik berupa materi, semangat, dan doa yang tiada henti diberikan kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Akhir ini.
3. Ibu Prof. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D, selaku Ketua Program

Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen Pembimbing yang dengan sabar telah membimbing dan mendukung kami, selalu memberikan semangat, arahan, dan motivasi kepada kami selama penyusunan Laporan Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2022 yang telah mendukung,berbagi ilmu, dan membantu kelancaran Tugas Akhir ini, semangat teman-teman, perjuangan kita masih panjang.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi kebaikan dan kesempurnaan laporan ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 2 Agustus 2026

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, kasih sayang, nikmat kesehatan, kemudahan, serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan bagi seluruh umat manusia.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu perjalanan yang penuh dengan tantangan, pembelajaran, dan pengorbanan. Di balik setiap proses yang telah dilalui, terdapat doa, dukungan, motivasi, serta kasih sayang dari orang-orang yang senantiasa hadir dan menjadi kekuatan bagi penulis. Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, karya sederhana ini penulis persembahkan kepada:

1. Untuk Ibu dan Babah, dua sosok luar biasa yang menjadi alasan terbesar saya untuk terus berjuang. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus dipanjatkan kepada Allah SWT untuk setiap langkah kehidupan anak-anaknya. Terima kasih atas kasih sayang yang begitu tulus, pengorbanan yang tidak pernah mengenal lelah, serta segala usaha yang selalu diberikan demi memberikan kehidupan dan pendidikan terbaik bagi kami. Terima kasih karena selalu mendukung setiap pilihan dan jalan hidup yang saya tempuh, memberikan kepercayaan untuk menentukan masa depan sendiri, namun tidak pernah berhenti membimbing dengan nasihat, didikan, dan nilai-nilai kehidupan yang begitu berharga. Setiap pencapaian yang saya raih hari ini tidak akan pernah terwujud tanpa doa, perjuangan, dan pengorbanan Ibuk dan Babah.

2. Kepada Kak Ejak, sosok yang telah menjadi teladan dan membuka banyak jalan dalam perjalanan hidup saya. Sejak kecil hingga akhirnya saya dapat menempuh pendidikan di Universitas Islam Indonesia. Melihat perjuangan Kakak menjadi motivasi terbesar saya untuk terus melangkah dan tidak mudah menyerah. Terima kasih karena selalu mengutamakan kebahagiaan adik-adiknya, rela mengalah, memberikan dukungan, dan menjadi tempat belajar dalam banyak hal. Pengorbanan dan ketulusan yang Kakak berikan akan selalu menjadi pengingat bagi saya untuk terus menjadi pribadi yang lebih baik.
3. Kepada Nabila Afifa Athar yang telah menjadi bagian dari perjalanan saya hingga titik ini. Terima kasih karena selalu hadir di setiap proses yang saya lalui, baik dalam keadaan senang maupun ketika menghadapi berbagai kesulitan selama ini. Terima kasih telah bersedia mendengarkan setiap keluh kesah, memberikan semangat ketika saya merasa lelah, mengingatkan ketika saya mulai menyerah, serta menjadi tempat berbagi cerita di tengah padatnya perjalanan ini. Kehadiranmu memberikan banyak arti dan menjadi salah satu penyemangat bagi saya untuk terus bertahan dan menyelesaikan setiap tanggung jawab yang ada.
4. kepada Bapak Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas segala waktu, ilmu, kesabaran, perhatian, dan bimbingan yang telah Bapak berikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih karena telah membimbing kami dengan penuh dedikasi, memberikan arahan yang membangun, serta membagikan ilmu

yang sangat bermanfaat, tidak hanya dalam bidang akademik tetapi juga dalam cara berpikir dan menyelesaikan suatu permasalahan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, serta membalas setiap ilmu, kebaikan, dan keikhlasan yang telah Bapak berikan dengan pahala yang berlipat ganda.

5. Kepada keluarga besar HMTK-TT dan JAMTEK yang telah menjadi tempat saya bertumbuh, belajar, dan berproses selama masa perkuliahan. Terima kasih telah memberikan ruang untuk berkembang, bukan hanya dari sisi akademik, tetapi juga dalam membentuk karakter, kepemimpinan, komunikasi, serta kemampuan bekerja sama dengan orang lain. HMTK-TT dan JAMTEK mengajarkan bahwa sebuah organisasi bukan hanya tentang menjalankan program kerja atau menyelesaikan tanggung jawab, tetapi juga tentang arti kebersamaan, kepedulian, kekeluargaan, dan saling mendukung dalam setiap proses. Semua pengalaman, pelajaran, dan kenangan yang saya peroleh selama menjadi bagian dari HMTK-TT dan JAMTEK akan selalu menjadi bekal berharga dalam menjalani kehidupan di masa yang akan datang.

Muhammad Rafiandha Harli

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Dengan kasih dan cinta-Nya, saya diberikan kekuatan, dan pemahaman yang membantu saya menyelesaikan tugas ini tepat waktu. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada orang-orang yang sangat saya cintai dan sayangi, sebagai penyemangat dalam menjalani perkuliahan dari awal hingga akhir. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Rusdi dan Ibu Nurhayati, Tugas Akhir ini penulis persembahkan sebagai bentuk rasa terima kasih atas segala doa, dukungan, dan pengorbanan yang telah diberikan selama perjalanan pendidikan penulis. Bapak Rusdi telah menjadi teladan dalam keteguhan, tanggung jawab, dan kerja keras, serta mengajarkan penulis untuk tidak mudah menyerah dalam menghadapi setiap kesulitan. Ibu Nurhayati telah menjadi sumber kasih sayang, kesabaran, dan kekuatan yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis. Semoga terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat menjadi hadiah kecil sekaligus kebanggaan bagi Bapak dan Ibu atas seluruh perjuangan yang telah diberikan demi pendidikan dan masa depan penulis.
2. Bapak Prof. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph. D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam memberikan bimbingan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala ilmu, arahan, masukan, kesabaran, serta perhatian yang diberikan

kepada penulis. Setiap nasihat dan evaluasi yang disampaikan telah membantu penulis dalam menghadapi berbagai kendala serta menyempurnakan Tugas Akhir ini.

3. Kontrakan Hhhanjay (Abid, Adel, Akhdan, Alex, Azra, Bima, Celo, Ewok, Fathan, Hamas, Ipul, Jekson, Jidun, Nafis, Rafi, Toto, dan Wildan), terima kasih karena telah menjadi sosok yang bukan lagi sekadar teman, tetapi sudah seperti keluarga bagi penulis. Dari awal hingga akhir masa perkuliahan, kita tetap bersama, saling mendukung, dan menjaga kebersamaan di tengah berbagai kesibukan masing-masing. Terima kasih atas segala kebaikan, waktu, perhatian, serta suka dan duka yang telah kita lalui bersama. Setiap momen yang tercipta selama perjalanan perkuliahan akan selalu menjadi kenangan berharga bagi penulis. Semoga kebersamaan yang telah terjalin tetap terjaga meskipun nantinya kita menjalani jalan masing-masing, dan semoga segala hal baik, kebahagiaan, serta kesuksesan selalu menyertai kalian semua.

4. Barudak Santoso (Fathan, Bima, Alex, Aul, dan Jidun), terima kasih telah menjadi bagian yang sangat istimewa dalam perjalanan perkuliahan penulis. Kalian bukan hanya teman seperjuangan, tetapi sudah menjadi keluarga kecil yang hadir lebih dekat dalam berbagai keadaan, baik saat semuanya berjalan baik maupun ketika penulis sedang berada pada titik lelah dan sulit. Bersama kalian, penulis belajar bahwa persahabatan tidak hanya tentang berbagi kebahagiaan, tetapi juga tentang saling menguatkan, menerima kekurangan, dan tetap bertahan satu sama lain dalam berbagai

situasi. Banyak hal yang mungkin terlihat sederhana, mulai dari obrolan yang tidak jelas, candaan yang tidak ada habisnya, diskusi, saling membantu, hingga momen-momen yang tidak direncanakan, justru menjadi bagian paling berkesan selama masa perkuliahan. Terima kasih karena selalu memberikan ruang bagi penulis untuk menjadi diri sendiri dan menjadi tempat berbagi cerita tanpa harus banyak menjelaskan. Semoga kedekatan yang telah terjalin tidak berhenti ketika masa perkuliahan selesai, dan semoga suatu hari nanti kita dapat kembali berkumpul dengan membawa cerita tentang keberhasilan masing-masing.

5. *Learning Space* FMIPA UII, terima kasih telah menjadi tempat yang menemani perjuangan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Dari sore hingga bertemu pagi, tempat ini menjadi saksi berbagai diskusi, revisi, rasa lelah, kebingungan, dan kepusingan yang kami jalani bersama. Meski prosesnya tidak selalu mudah, kebersamaan dan candaan di sela-sela pengerjaan membuat semuanya terasa lebih ringan. Learning Space akan selalu menjadi salah satu tempat yang menyimpan kenangan berharga dalam perjalanan menyelesaikan Tugas Akhir.

6. Ura, Konita, Fardan, Imam, *thank you for all the kindness, time, jokes, laughter and tears that we have shared together will always be remembered by the author. May all good things always be with you*

7. Chimico Brivo 22, keluarga besar Teknik Kimia Angkatan 2022, terima kasih atas kebersamaan, kepedulian, dan rasa kekeluargaan yang telah terjalin selama masa perkuliahan. Dalam setiap kesulitan, kita selalu

berusaha saling membantu, menguatkan, dan berjuang bersama hingga akhirnya mampu bertahan sampai di tahap ini. Terima kasih atas setiap cerita, tawa, dukungan, dan kenangan yang telah menjadi bagian berharga dalam perjalanan penulis.

Iqbal Aulia Haqiqi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iii
PRAKATA iv
LEMBAR PERSEMBAHAN vi
LEMBAR PERSEMBAHAN ix
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvi
ABSTRAK xix
ABSTRACT xx
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik 2
1.2.1 Kebutuhan Asam Oksalat Dalam Negeri 2
1.2.2 Kapasitas Pabrik Asam Oksalat di Dunia 3
1.3 Tinjau Pustaka 4
1.3.1 Asam Oksalat 4
1.3.2 Macam-macam Proses 4
1.3.3 Pemilihan Proses 7
1.4.2 Tinjau Termodinamika 11
BAB II PERANCANGAN PRODUK 15
2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku 15
2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung 15
2.3 Pengendalian Kualitas 16
BAB III PERANCANGAN PROSES 19
3.1 Diagram Alir Proses dan Material 19
3.2 Uraian Proses 21
3.3 Spesifikasi Alat 24
3.4 Neraca Massa 37

3.5 Neraca Massa 40
BAB IV PERANCANGAN PABRIK 42
4.1 Lokasi Pabrik 42
4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*) 47
4.4 Organisasi Perusahaan 53
BAB V UTILITAS 73
5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air 74
5.2 Unit Pembangkit *Steam* 85
5.3 Unit Pembangkit Listrik 86
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan 89
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar 89
5.6 Unit Pengolahan Limbah 90
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas 91
BAB VI EVALUASI EKONOMI 97
6.1 Penafsiran Harga Peralatan 98
6.2 Dasar perhitungan 100
6.3 Komponen Biaya Modal (*Capital Invesment*) 101
6.5 Analisa Keuntungan 106
6.6 Analisa Kelayakan 106
BAB VII PENUTUP 113
7.1 Kesimpulan 113
7.2 Saran 114
DAFTAR PUSTAKA 115
LAMPIRAN A 117
LAMPIRAN B 133
LAMPIRAN C 135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1Impor Asam Oksalat di indonesia dari tahun 2020 (tahun ke-1) s.d 2024 (tahun ke-5) 3
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif 19
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif 20
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Renacan Pabrik 42
Gambar 4. 2 Layout Pabrik Asam Oksalat Dihidrat Dengan Skala 1 : 1000 49
Gambar 4. 3 Layout Alat Proses 53
Gambar 4. 4 Gambar Struktur Organisasi 58
Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga 99
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi 112

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Asam Oksalat 2
Tabel 1. 2 Daftar Pabrik dan Kapasitas 3
Tabel 1. 3 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Oksalat 7
Tabel 1. 4 Keuntungan dan Kerugian Proses Pembuatan Asam Oksalat 8
Tabel 1. 5 Data Entalpi Pembentukan Standar Senyawa 11
Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku 15
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Pendukung 16
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor 24
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer 25
Tabel 3. 3 Spesifikasi Filter 25
Tabel 3. 4 Spesifikasi Crystallizer 26
Tabel 3. 5 Spesifikasi Centrifuge 26
Tabel 3. 6 Spesifikasi Evaporator 27
Tabel 3. 7 Spesifikasi Rotary Dryer 28
Tabel 3. 8 Spesifikasi Pinmill 28
Tabel 3. 9 Spesifikasi Vibrating Screen 29
Tabel 3. 10 Spesfikasi Tangki Bahan Baku dan Produk 29
Tabel 3. 11 Spesifikasi Bin Katalis 30
Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa 30
Tabel 3. 13 Spesifikasi Screw Conveyor 32
Tabel 3. 14 Spesifikasi Belt Conveyor 33
Tabel 3. 15 Spesifikasi Blower 33
Tabel 3. 16 Spesifikasi Bucket Elevator 34
Tabel 3. 17 Spesifikasi Filter Udara 35
Tabel 3. 18 Spesifikasi Heater 35
Tabel 3. 19 Spesifikasi Cooler 36
Tabel 3. 20 Neraca Massa Mixer (M-01) 37
Tabel 3. 21 Neraca Massa Reaktor (R-01) 37
Tabel 3. 22 Neraca Massa Filter (F-01) 37

Tabel 3. 23 Neraca Massa Crystallizer (CR-01) 38
Tabel 3. 24 Neraca Massa Centrifuge (CF-01) 38
Tabel 3. 25 Neraca Massa Evaporator (EV-01) 38
Tabel 3. 26 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-01) 39
Tabel 3. 27 Neraca Massa Pinmill (PM-01) 39
Tabel 3. 28 Neraca Massa Vibrating Screen (VS-01) 40
Tabel 3. 29 Neraca Panas Reaktor (R-01) 40
Tabel 3. 30 Neraca Massa Crystallizer (CR-01) 40
Tabel 3. 31 Neraca Panas Evaporator (EV-01) 41
Tabel 3. 32 Neraca Panas Heater (HE-01) 41
Tabel 3. 33 Neraca Panas Heater (HE-02) 41
Tabel 3. 34 Neraca Panas Cooler (CL-01) 41
Tabel 4. 1 Perincian Luas Bangunan Pabrik 49
Tabel 4. 2 Jadwal Kerja Karyawan Non-Shift 65
Tabel 4. 3 Tabel Jadwal Kerja Setiap Kelompok Shift 66
Tabel 4. 4 Jumlah Tenaga Kerja dan Gaji Karyawan 68
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin 78
Tabel 5. 2 Kebutuhan Steam 79
Tabel 5. 3 Kebutuhan Service Water 79
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses 86
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas 87
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Perumahan 89
Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas 91
Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Utilitas 92
Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Utilitas 94
Tabel 5. 10 Spesifikasi Mixing Tank dan Klarifer 94
Tabel 5. 11 Spesifikasi Cooling Tower 95
Tabel 5. 12 Spesifikasi Blower Cooling Tower 95
Tabel 5. 13 Spesifikasi Sand Filter 95
Tabel 5. 14 Spesifikasi Compressor 96
Tabel 5. 15 Spesifikasi Boiler 96

Tabel 6. 1 Physical Plant Cost (PPC) 101
Tabel 6. 2 Direct Plant Cost (DPC) 101
Tabel 6. 3 Fixed Capital Investment (FCI) 102
Tabel 6. 4 Working Capital Investment (WCI) 102
Tabel 6. 5 Direct Manufacturing Cost (DMC) 103
Tabel 6. 6 Indirect Manufacturing Cost (IMC) 103
Tabel 6. 7 Fixed Manufacturing Cost (FMC) 104
Tabel 6. 8 Total Manufacturing Cost (TMC) 104
Tabel 6. 9 General Express (GE) 105
Tabel 6. 10 Total Prodution Cost 105
Tabel 6. 11 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa) 108
Tabel 6. 12 Annual Regulated Expenses (Ra) 109
Tabel 6. 13 Annual Variable Value (Va) 109
Tabel 6. 14 Annual Sales Value (Sa) 109
Tabel 6. 15 Kesimpulan Perhitungan 111

ABSTRAK

Asam oksalat dihidrat merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan pada berbagai industri, antara lain sebagai bahan baku pembuatan seluloid, rayon, bahan peledak, penyamakan kulit, pemurnian gliserol, zat warna, pembersih peralatan besi, katalis, dan reagen laboratorium. Kebutuhan asam oksalat di Indonesia yang masih bergantung pada impor menjadi dasar perancangan pabrik asam oksalat dihidrat dari asam nitrat dan glukosa dengan kapasitas 7.200 ton/tahun. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinu selama 330 hari per tahun dan 24 jam per hari serta berlokasi di kawasan industri Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Proses produksi menggunakan oksidasi glukosa oleh asam nitrat dengan bantuan asam sulfat dan katalis vanadium pentoksida (V_2O_5). Reaksi berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 65°C dan tekanan 1 atm. Tahapan proses meliputi persiapan bahan baku, pembentukan produk, serta pemisahan dan pemurnian melalui filter, crystallizer, centrifuge, evaporator, rotary dryer, pinmill, dan vibrating screen hingga diperoleh produk asam oksalat dihidrat dengan kemurnian 99%. Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan keuntungan sebesar Rp35.014.346.209 per tahun, Return on Investment (ROI) sebesar 20%, Pay Out Time (POT) selama 4 tahun, Break Even Point (BEP) sebesar 52%, Shut Down Point (SDP) sebesar 26%, dan Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 17%. Berdasarkan hasil evaluasi teknis dan ekonomis, prarancangan pabrik asam oksalat dihidrat ini dinyatakan layak untuk direalisasikan.

Kata kunci: asam oksalat dihidrat, oksidasi glukosa, asam nitrat, vanadium pentoksida, analisis ekonomi.

ABSTRACT

Oxalic acid dihydrate is a chemical compound widely used in various industries, including as a raw material for celluloid, rayon, explosives, leather tanning, glycerol purification, dyes, iron equipment cleaning, catalysts, and laboratory reagents. Indonesia's demand for oxalic acid, which is still dependent on imports, provides the basis for designing an oxalic acid dihydrate plant from nitric acid and glucose with a capacity of 7,200 tons per year. The plant is planned to operate continuously for 330 days per year and 24 hours per day and will be located in the industrial area of Karawang Regency, West Java. The production process uses the oxidation of glucose by nitric acid with the assistance of sulfuric acid and vanadium pentoxide (V_2O_5) catalyst. The reaction is carried out in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) at 65°C and 1 atm. The process stages include raw material preparation, product formation, and separation and purification using a filter, crystallizer, centrifuge, evaporator, rotary dryer, pin mill, and vibrating screen to obtain oxalic acid dihydrate with a purity of 99%. Economic analysis shows that the plant is feasible to establish, with an annual profit of Rp35,014,346,209, a Return on Investment (ROI) of 20%, a Pay Out Time (POT) of 4 years, a Break Even Point (BEP) of 52%, a Shut Down Point (SDP) of 26%, and a Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 17%. Based on the technical and economic evaluations, the proposed oxalic acid dihydrate plant is considered feasible for implementation.

Keywords: oxalic acid dihydrate, glucose oxidation, nitric acid, vanadium pentoxide, economic analysis.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memproduksi gula tebu. Pada industri pengolahan gula tebu terdapat produk samping berupa glukosa. Glukosa merupakan bahan baku utama pada produksi asam oksalat. Asam oksalat mempunyai rumus $C_2H_2O_4$ yang berbentuk kristal, tidak berwarna dan transparan, tidak berbau dan higroskopis. Asam oksalat dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama maupun bahan pendukung industri-industri tertentu. Kebutuhan asam oksalat digunakan antara lain sebagai *metal treatment, oxalate coating*, pembersih tenun dan zat warna, pewarnaan wool dan sebagainya. (Faisol dan Asip, 2015)

Indonesia merupakan negara yang masih ketergantungan terhadap beberapa bahan- bahan kimia sebagai bahan baku utama maupun pendukung yang diimpor dari luar negeri. Salah satu contohnya adalah asam oksalat. Untuk itu, perlu dilakukan usaha dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri dan untuk mengurangi konsumsi bahan kimia dari luar negeri.

Industri-industri di indonesia belum sepenuhnya dapat memenuhi sendiri kebutuhan asam oksalat sehingga masih bergantung pada negara lain dengan mengimpor dari luar negeri. Dimana untuk keperluan impor produk luar negeri akan membutuhkan pengeluaran yang lebih tinggi. Berdasarkan permasalahan tersebut maka terdapat peluang untuk membangun pabrik asam oksalat sehingga dapat mengurangi konsumsi produk-produk impor dari luar negeri. Dengan

didirikannya pabrik asam oksalat, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan asam oksalat dalam negeri dan dapat memenuhi kebutuhan ekspor luar negeri.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas pabrik asam oksalat ada beberapa pertimbangan, yaitu prediksi kebutuhan asam oksalat di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik yang sudah digunakan.

1.2.1 Kebutuhan Asam Oksalat Dalam Negeri

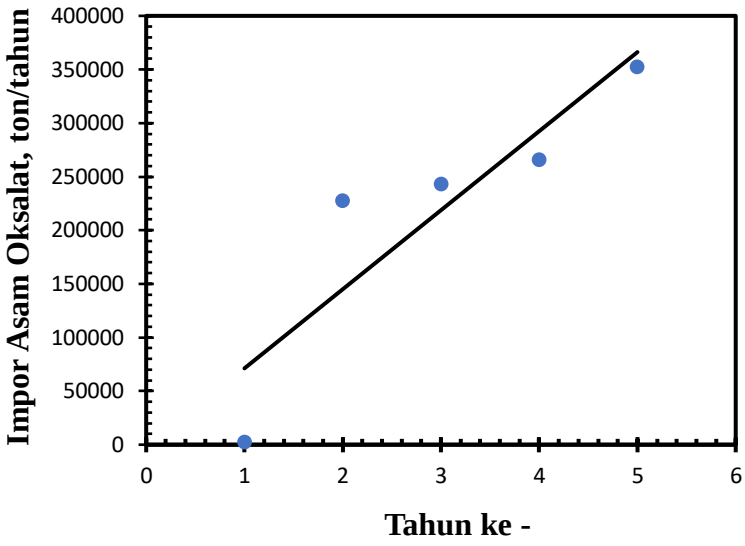
Data kebutuhan asam oksalat dalam negeri pada tahun 2020-2024 berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia ditujukan pada Table 1.1

Tabel 1. 1 Data Impor Asam Oksalat

Tahun	Data Impor (ton/tahun)
2020	2,93
2021	228,17
2022	243,54
2023	266.33
2024	352,55

(Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024)

Berdasarkan Tabel 1.1, maka dapat diproyeksikan besarnya kebutuhan impor asam oksalat di indonesia pada tahun 2030 dengan menggunakan metode regresi linear. Hasil regresi linear dari data impor tersebut dapat ditunjukan pada Gambar 1.1 dengan persamaan $y = 73739x - 148882$ dan $R^2 = 0.8062$. Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka didapatkan proyeksi kebutuhan impor asam oksalat di Indonesia pada tahun 2030 sebesar 808.17 ton.



Gambar 1. 1Impor Asam Oksalat di indonesia dari tahun 2020 (tahun ke-1) s.d 2024 (tahun ke-5)

1.2.2 Kapasitas Pabrik Asam Oksalat di Dunia

Tabel 1.2 Menunjukan daftar pabrik asam oksalat yang ada di dunia beserta kapasitas produksinya.

Tabel 1. 2 Daftar Pabrik dan Kapasitas

Nama Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Indian Oxalate Limited & S.R.Drugs PVD. Ltd	7.200
Shijiazhuang Taihe Chemical Co.,Ltd.	20.000
Fujian Shaowu Fine Chemical Factory	55.000
HeFei DongFeng General Chemicals Plant	60.000

(Sumber : website masing-masing pabrik)

Kapasitas produksi asam oksalat yang akan didirikan pada tahun 2030 diambil berdasarkan proyeksi kebutuhan asam oksalat dalam negeri yaitu sebesar 808,17 ton dan dengan mempertimbangkan kapasitas minimal pabrik yang sudah ada yaitu sebesar 7200 ton/tahun. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka

diambil kapasitas pabrik yang akan digunakan dalam perancangan pabrik ini adalah sebesar 7200 ton/tahun.

1.3 Tinjau Pustaka

1.3.1 Asam Oksalat

Asam oksalat mempunyai nama lain asam etanadioat merupakan suatu senyawa yang termasuk di dalam kelompok asam dikarboksilat. Asam oksalat merupakan senyawa organik bervalensi dua dan mengandung dua gugus karboksilat. Asam ini merupakan senyawa organik yang keras dan bersifat toksin. Asam oksalat memiliki struktur kristal anhidrous, berbentuk piramida rombik, tidak berbau, higioskopis, dan berwarna putih. Asam oksalat banyak digunakan dalam industri sebagai bahan baku pembuatan seluloid, rayon, bahan peledak, penyamakan kulit, pemurnian gliserol dan pembuatan zar warna selain itu asam oksalat juga dapat digunakan sebagai pembersih peralatan dari besi, katalis, reagen laboratorium. (Coniwanti dkk., 2008)

1.3.2 Macam-macam Proses

Dalam proses produksi asam oksalat, bahan baku utamanya adalah glukosa hasil pengolahan dari gula tebu. Asam oksalat disentesa untuk pertama pada tahun 1776 oleh Schleele dengan oksdasi gula dan asam nitrat. Beberapa proses dalam pembuatan asam oksalat diuraikan dalam bagian berikut ini:

a. Oksidasi Karbohidrat dengan Asam Nitrat

Asam oksalat diproduksi dengan cara mengoksidasi karbohidrat dengan menggunakan asam nitrat. Biasanya bahan baku yang digunakan dalam proses ini yaitu gula, glukosa, fruktosa, tepung jagung, tepung gandum, pati, tepung

kentang, tongkol jagung, tapioka dan molasse. Tergantung pada ketersediaan, ekonomi, serta optimalisasi proses reaksi. Misalnya untuk bahan baku molasse atau limbah pertanian lainnya harus melalui tahap preparasi (pemurnian) lebih lanjut, karena molasse sebagai residu produksi dari pemurnian gula memiliki banyak senyawa yang mengandung nitrogen yang sebagian besar harus dihilangkan selama akan memasuki proses oksidasi menggunakan asam nitrat. Dan jika bahan baku berupa pati maka harus dihidrolisis menjadi glukosa. Oksidasi terjadi sesuai dengan persamaan berikut :

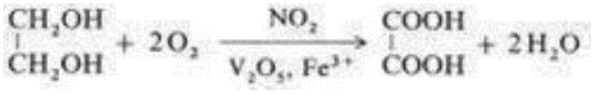
$$C_6H_{12}O_6 + 6HNO_3\ (aq)\ V_2O_5 \rightarrow 3C_2H_2O_4(aq) + 6H_2O\ (l) + 6NO\ (g) \qquad (1)$$

Reaksi oksidasi berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperatur 70^{o}C. Konsentrasi larutan glukosa yang digunakan antara 55-56 % berat di masukkan ke dalam reaktor. Asam nitrat 90% ditambahkan secara perlahan-lahan dan dikontrol suhunya sampai ± 70^{o}C, reaksinya eksotermis, sehingga perlu didinginkan. Cara ini ditemukan oleh “Scheele” pada tahun 1776. Asam oksalat diproduksi dengan mengoksidasi karbohidrat seperti glukosa, sukrosa, *starch* , *dextrin* dan selulosa dengan menggunakan asam nitrat, biasanya untuk proses ini bahan yang digunakan adalah bahan yang banyak mengandung karbohidrat, misalnya glukosa. (Avira dan Afrianti, 2015)

b. Proses *Ethylene Glicol*

Oksidasi etilen glikol dengan asam nitrat adalah proses satu langkah. Oksidasi dilakukan dengan adanya garam vanadium pentoksida dan besi (III), pada suhu 50-70°C dan tekanan atmosfer. Hanya CO_2 yang terbentuk sebagai produk sampingan. Proses asli ini telah diperbaiki oleh Mitsubishi Gas

Company di Jepang. Proses yang telah dikembangkan beroperasi pada sekitar 10 bar dalam reaktor tekanan, yang mana konsentrasi asam nitrat kurang lebih 60%, asam sulfat pada suhu 80°C, dan pada tekanan dengan oksigen pada 3-10 bar. Etilen glikol kemudian terus dipompa masuk dengan suhu dan tekanan dipertahankan serta dengan penambahan oksigen. Persamaan keseluruhan ideal untuk reaksi ini adalah:



(2)

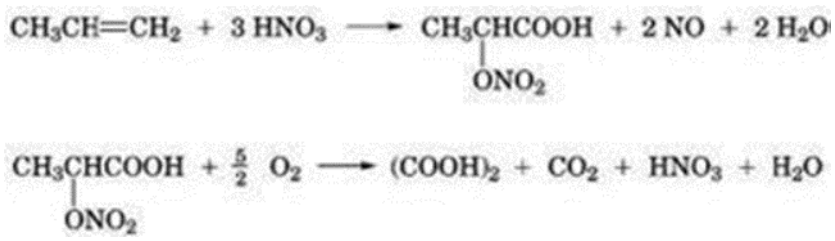
Reaksi eksotermik harus dipertahankan pada suhu 50-70°C dengan pendinginan yang efektif. Hasil asam oksalat, berdasarkan etilena glikol, adalah 90-94% dari nilai teoritis. Asam nitrat dapat digunakan kembali. Ini menunjukkan nitrogen oksida dan asam nitrat hanya bertindak sebagai katalis dan oksidasi yang sebenarnya telah dipengaruhi oleh oksigen. (Avira dan Afrianti, 2015)

c. Proses Propilen

Pembuatan asam oksalat dengan oksidasi propylene, menggunakan gas bersih dari stok umpan pada operasi cracking minyak bumi. Oksidasi propilena dengan asam nitrat terjadi dua tahap proses. Pada tahap pertama, propilena bereaksi dengan NO2 cair untuk menghasilkan asam intermediate, α-nitratolaktat. Tahap kedua, zat antara kemudian dioksidasi pada suhu yang lebih tinggi untuk membentuk asam oksalat. (Kirk and Othmer, 2007)

Rhone-Poulenc (Prancis) mengembangkan versi modifikasi dari proses pembuatan asam oksalat atau asam laktat, atau keduanya, dari propilena. Pada tahun 1978, 65.000 ton/tahun asam oksalat diproduksi di seluruh dunia dengan

menggunakan proses ini, walaupun pada tahun 1990an proses ini hanya dioperasikan oleh Rhone-Poulenc (Kirk and Othmer, 2007).



(3)

Pada tahap pertama, propilena dicampurkan pada 10-40°C menjadi asam nitrat, konsentrasinya dijaga pada 50-75 wt% dan rasio molar terhadap propilena pada 0,01-0,5, sehingga terkonversi menjadi asam α-nitratolaktat dan asam laktat.

Pada tahap kedua asam α-nitratolaktik dioksidasi oleh oksigen dengan adanya katalis pada 45-100˚C untuk menghasilkan asam oksida dihidrat. Secara keseluruhan dengan konsentrasi propylene lebih besar dari 90% untuk menghasilkan konversi propylene 77,5%. (Kirk and Othmer, 2007)

1.3.3 Pemilihan Proses

Tabel 1. 3 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Oksalat

Parameter	Proses Oksidasi Karbohidrat	Proses Etilen Glikol	Proses Propilen
Bahan Baku	Glukosa Asam Nitrat Asam Sulfat	Etilen Glikol Asam Nitrat Asam Sulfat NO_2	Propilen Asam Nitrat NO_2
Suhu Operasi	71°C	80° C	10-40° C 40-100°C
Tekanan Operasi	0,3-1,7 atm	2,9608 atm	
Yield	63-76%	90%	49%
Katalik	V_2O_5	V_2O_5	V_2O_5

Tabel 1. 4 Keuntungan dan Kerugian Proses Pembuatan Asam Oksalat

Metode	Keuntungan	Kerugian
Oksidasi Karbohidrat	1. Dihasilkan asam oksalat dalam jumlah yang cukup besar (yield 76%). 2. Bahan baku mudah didapat.	Diperlukan katalis V_2O_5/Fe^{3+}
Etilen Glikol	Dihasilkan asam oksalat dengan yield > 90%	1. Menggunakan bahan baku (Etilen Glikol) yang mahal Diperlukan katalis V_2O_5/Fe^{3+}
Propilen	Dihasilkan asam oksalat dengan konvers 75%	Proses yang digunakan cukup sulit

Dari beberapa proses pembuatan asam oksalat diatas, proses oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam industri, karena dari aspek teknis proses ini lebih baik dibandingkan proses lainnnya. Untuk skala industri, aspek ini dipilih dengan penimbangan bahwa secara teknik ditinjau dari kondisi operasinya, reaksi berlangsung pada tekanan dan suhu yang relatif rendah, sehingga dapat memperkecil kebutuhan energi, selain itu proses ini lebih ekonomis dengan bahan baku yang mudah didapat dan lebih murah.

1.4 Tinjau Kinetika dan Termodinamika

1.4.1 Tinjau Kinetika

Reaksi pembentukan asam oksalat pada penelitian ini berlangsung melalui oksidasi glukosa menggunakan asam nitrat dengan bantuan katalis vanadium pentaoksida (V_2O_5). Reaksi berlangsung dalam fase cair pada reaktor berpengaduk sehingga perpindahan massa berlangsung dengan baik. Persamaan reaksi secara keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$C_6H_{12}O_6\ (aq) + 6HNO_3\ (aq) \rightarrow 3C_2H_2O_4\ (aq) + 6NO\ (g) + 6H_2O\ (l) \quad (4)$$

Penelitian yang dilakukan oleh Gürü *et al.* (2005) menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi glukosa terhadap waktu mengikuti kinetika reaksi orde satu terhadap glukosa. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, laju reaksi dinyatakan sebagai berikut:

$$-r_A = kC_A \quad (5)$$

Dengan,

- $-r_A$ = Laju konsumsi glukosa $(\text{kmol m}^{-3}\text{menit}^{-1})$
- $\text{k} = \text{Kontanta laju reaksi } (\text{menit}^{-1})$
- $\text{C}_\text{A} = \text{Konsentrasi glukosa } (\text{kmol m}^{-3})$

Hubungan antara konstanta laju reaksi dengan temperatur mengikuti persamaan Arrhenius.

$$\text{k} = \text{A} \exp\left(-\frac{\text{E}_\text{a}}{\text{RT}}\right) \quad (6)$$

Dengan,

- A = Faktor pre-ekspobebsial = $1{,}28 \times 10^5\ \text{menit}^{-1}$
- $\text{E}_\text{a} = \text{Energi aktivasi} = 45{,}65\ \text{KJ mol}^{-1}$
- $\text{R} = \text{Konstanta gas} = 8{,}314\ \text{J mol}^{-1}\ \text{K}^{-1}$
- $\text{T} = \text{Temperatur absolut (K)}$

Berdasarkan data kinetika yang dilaporkan oleh Gürü *et al.* (2005), nilai faktor pre-eksponensial sebesar $1{,}28 \times 10^5\ \text{menit}^{-1}$ dan energi aktivasi sebesar

45,65 KJ/mol digunakan untuk menentukan konstanta laju reaksi pada kondisi operasi reaktor.

Pada perancangan ini reaktor dioperasikan pada suhu 65°C (338 K), sehingga konstanta laju reaksi dihitung menggunakan Persamaan Arrhenius sebagai berikut.

$$\mathrm{k} = 1{,}28 \times 10^{5} \exp\left(-\frac{45650{,}5}{8{,}314 \times 338}\right) \quad (7)$$

Sehingga,

$$\mathrm{e}^{-16{,}25} = 5{,}36 \times 10^{-8} \quad (8)$$

Dengan demikian konstanta laju reaksi diperoleh sebesar

$$k = 1{,}28 \times 10^{5} \times 8{,}77 \times 10^{-8} = 1{,}12 \times 10^{-2}\ \mathrm{menit}^{-1} \quad (9)$$

Maka persamaan laju reaksi yang digunakan padqa perancangan reaktor adalah :

$$-r_A = 1{,}12 \times 10^{-2} C_A \quad (10)$$

Nilai konstanta laju reaksi sebesar $1{,}12 \times 10^{-2}\mathrm{menit}^{-1}$ menunjukkan bahwa pada suhu operasi 65°C laju reaksi berlangsung lebih cepat dibandingkan pada suhu yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan Persamaan Arrhenius, yang menyatakan bahwa peningkatan temperatur akan meningkatkan konstanta laju reaksi sehingga mempercepat konsumsi glukosa selama proses pembentukan asam oksalat.

1.4.2 Tinjau Termodinamika

a. Mencari harga $\Delta H^{\circ}_{reaksi}$ dan $\Delta G^{\circ}_{reaksi}$

Tinjauan termodinamika merupakan pendekatan yang digunakan untuk menganalisis karakteristik suatu reaksi kimia, meliputi perubahan energi yang terjadi selama reaksi berlangsung serta kecenderungan reaksi untuk berlangsung secara spontan. Analisis termodinamika pada perancangan ini dilakukan melalui perhitungan perubahan entalpi standar reaksi ($\Delta H^{\circ}_{reaksi}$) berdasarkan data entalpi pembentukan standar (ΔH°_{f}) masing-masing komponen pada kondisi standar 298 K. Nilai perubahan entalpi reaksi digunakan untuk menentukan apakah reaksi bersifat eksoterm atau endoterm (Smith et al., 2005).

Reaksi pembentukan asam oksalat melalui oksidasi glukosa menggunakan asam nitrat dengan katalis vanadium pentaoksida (V_2O_5) dinyatakan sebagai berikut.

$$C_6H_{12}O_6\ (aq) + 6HNO_3\ (aq) \rightarrow 3C_2H_2O_4\ (aq) + 6NO\ (g) + 6H_2O\ (l) \qquad (11)$$

Harga entalpi pembentukan standar (ΔH°_{f}) dan ΔG°_{f} masing-masing komponen pada suhu 298 K disajikan pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Data Entalpi Pembentukan Standar Senyawa

Komponen	ΔGf°(kKal/mol)	ΔHf°(kKal/mol)
$C_6H_{12}O_6$	-217,6	-304,73
HNO_3	-19,1	-41,61
$C_2H_2O_4$	-166,81	-197,71
NO	20,69	21,57
H_2O	-56,68	-68,32

Sumber: (Perry's, 1999)

Berdasarkan data tersebut, perubahan entalpi standar reaksi dihitung menggunakan persamaan:

$$(\Delta H^{\circ}_{reaksi} = \Sigma v_i \Delta H^{\circ}_f\ (produk) - \Sigma v_j \Delta H^{\circ}_{f,j}\ (reaktan) \quad (12)$$

Sehingga,

$$= [3(-197{,}71) + 6(21{,}57) + 6(-68{,}32)] - [(-304{,}73) + 6(-41{,}61)]$$

$$= (-593{,}13 + 129{,}42 - 409{,}92) - (-304{,}73 + 249{,}66)$$

$$= -873{,}63 - (-55{,}07)$$

$$= -818{,}56 \frac{kKal}{mol} \quad (13)$$

Dengan demikian diperoleh perubahan entalpi standar reaksi sebesar:

$$\Delta H^{\circ}_{reaksi} = -818{,}56 \frac{kKal}{mol} \quad (14)$$

Nilai perubahan entalpi yang bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi pembentukan asam oksalat dari glukosa menggunakan asam nitrat merupakan reaksi eksoterm. Hal ini menunjukkan bahwa selama reaksi berlangsung terjadi pelepasan kalor ke lingkungan, sehingga pada perancangan reaktor diperlukan sistem pengendalian temperatur agar suhu operasi tetap berada pada kondisi yang diinginkan dan laju reaksi tetap terkendali.

$$(\Delta G^{\circ}_{reaksi} = \Sigma v_i \Delta G^{\circ}_f\ (produk) - \Sigma v_j GH^{\circ}_{f,j}\ (reaktan)$$

$$= [3(-166{,}81) + 6(20{,}69) + 6(-56{,}68)] - [(-217{,}6) + 6(-19{,}1)]$$

$$= (-500{,}43 + 124{,}14 - 340{,}08) - (-217{,}6 + 114{,}6)$$

$$= -716{,}37 - (-103)$$

$$= -613{,}37 \frac{kKal}{mol}$$

Secara termodinamika, kecepatan gerak molekul untuk bereaksi kimia disebut dengan energi *gibbs* (ΔG). Besarnya energi gibbs menunjukkan besarnya Gerakan molekul untuk bereaksi. Semakin besar energi gibbs maka reaksi kimia membutuhkan energi tambahan gerak molekul yang lambat. (Brownell and Young, 1979)

Nilai dari energi *gibbs* menunjukan dapat tidaknya reaksi berjalan.

Jika nilainya lebih besar dari nol maka reaksi tidak dapat berjalan jika tidak ada pengaruh dari luar sistem (tidak spontan) seperti penambahan panas.

Jika nilainya sama dengan nol maka reaksi akan berjalan secara kesetimbangan ke kanan dan ke kiri. Jika nilainya kurang dari nol maka reaksi dapat berjalan tanpa adanya pengaruh dari luar sistem (spontan). Dari hasil perhitungan ΔG bernilai negatif ($\Delta G < 0$) sehingga reaksi sangat layak berlangsung dan reaksi berjalan spontan.

Dari hasil di atas dapat disimpukan jika $\Delta G^o r < 1$ reaksinya terjadi secara spontan.

b. Mencari K1

$$ln\, K = -\Delta G°/RT \text{ (J. Smith Van Ness, 2001)}$$

$$\Delta G° = -RT ln K$$

$$K1 = \exp\left(\frac{\Delta G}{RT}\right)$$

$$K1 = \exp\left(-\frac{613{,}37}{1{,}987 \times 298}\right)$$

$$K1 = \exp^{(1,0358)}$$

$$K1 = 2,815$$

Mencari nilai K menggunakan $\frac{d(lnk)}{dT} = -\frac{\Delta \mathrm{Hr}}{RT^2}$ (J. Smith Van Ness, 2001)

$$\frac{\ln K}{ln\ K1} = -\frac{\Delta \mathrm{Hr}}{R}\left(\frac{1}{T2} - \frac{1}{T1}\right)$$

$$\ln K = \ln K1 - \frac{-818,56}{1,987}\left(\frac{1}{388} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\mathrm{K} = e^{1,35561}$$

$$\mathrm{K} = 3,88$$

K > 1 : Pada reaksi kesetimbangan cenderung kea arah produk, konsentrasi produk lebih besar dari konsentrasi reaktan pada kesetimbangan K < 1 : Pada reaksi kesetimbangan cenderung ke arah reaktan (pereaksi) konsentrasi reaktan lebih besar dari konsentrasi produk pada kesetimbangan Pada hasil perhitungan diata nilai K = 3,88 berati kesetimbangan cenderung berjalan ke kanan.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Produk yang akan dihasilkan berupa asam oksalat dihidrat dengan spesifikasi yang akan dijelaskan pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Spesifikasi	Bahan Baku		Produk
	Glukosa	Asam Nitrat	Asam Oksalat Dihidrat
Rumus molekul	$C_6H_{12}O_6$	HNO_3	$C_2H_2O_4.2H_2O$
Berat molekul, g/mol	180,16	63,01	126
Wujud	Cair	Cair	Padatan Kristal (T = 30°C & P = 1 atm)
Kemurnian, %	80	65	99 (1% impuritas H_2O)
Titik didih, °C	104	120,5	Terurai sebelum mendidih
Titik leleh, °C	146 (dengan dekomposisi)	83 (HNO_3 murni)	101,5
Densitas, kg/m^3	1033,0215	1500,6008	1,653
pH (0,1 M)	6,5	1,0	1,3

(Krik and Othmer,1994) (Alibaba.com) (Chen and Chou, 1993) (PT Multi Nirotama Kimia)

2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

Bahan pendukung yang digunakan dalam pembuatan asam oksalat yaitu katalis vanadium pentoksida (V_2O_5) dan asam sulfat, berikut spesifikasi katalis yang akan dijelaskan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Pendukung

Spesifikasi	Bahan Pendukung	
	Asam Sulfat	Katalis
Rumus Molekul	H_2SO_4	V_2O_5
Wujud	Cair	Padat
Berat Molekul, g/mol	98,08	181,88
Kemurnian, %	93	98
Densitas, kg/m^3	1826,9712	3357
Kapasitas Panas, KJ/kmol K	140,6841	133,8569
Viskositas, cP	19,7219	2,07
Titik Didih, °C	288	1.750

(Chen and Chou, 1993) (Alibaba. Com

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas bertujuan untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan yang telah ditentukan. (Sofjan Assauri, 1998)

Pengendalian kualitas yang dilaksanakan dengan baik akan memberikan dampak terhadapkualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Standar kualitas meliputi persiapan bahan baku, proses produksi sampai pada produk akhir dan disesuaikan dengan standar yang ditetapkan. (Nasution, 2005)

Adapun pengendalian yang dilakukan:

2.3.1 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan sistem kontrol. Pengendalian proses produksi dilakukan dengan alat sistem kontrol secara otomatis maupun secara manual yang menggunakan indikator. Apabila terdapat penyimpangan indikator pada saat proses produksi maka dapat diketahui dari sinyal

atau tanda yang diberikan berupa bunyi alarm maupun nyala lampu. Berikut ini alat-alat kontrol yang digunakan antara lain:

1) *Temperature Control* (TC)

   Pengendali suhu berfungsi untuk mengontrol suhu dalam alat proses, yang apabila belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan atau terjadi penyimpangan akan menimbulkan masalah dan akan ditandai dengan isyarat berupa bunyi alarm dan nyala lampu.

2) *Flow Control* (FC)

   Pengendali aliran masuk dan keluar digunakan untuk mengatur kecepatan aliran fluida dalam pipa atau unit proses lainnya. Perbedaan tekanan antara aliran masuk dan keluar dapat berpengaruh terhadap laju alir sehingga diperlukan *Flow Control*.

3) *Level Control (LC)*

   Level Control digunakan untuk mengatur kegiatan (*level)* cairan dalam suatu alat dimana cairan tersebut bekerja. Pengukuran tinggi permukaan cairan dilakukan dengan operasi dari sebuah *control valve*, yaitu dengan mengatur laju cairan masuk atau keluar proses.

2.3.2 Aliran Sistem Kontrol

1) Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*. Menggunakan simbol (≠)
2) Aliran elektrik (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller* menggunakan simbol : (----)

3) Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan *level*) digunakan untuk flow dari sensorke *controller* . Pada proses ini sebesar 80-85%.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

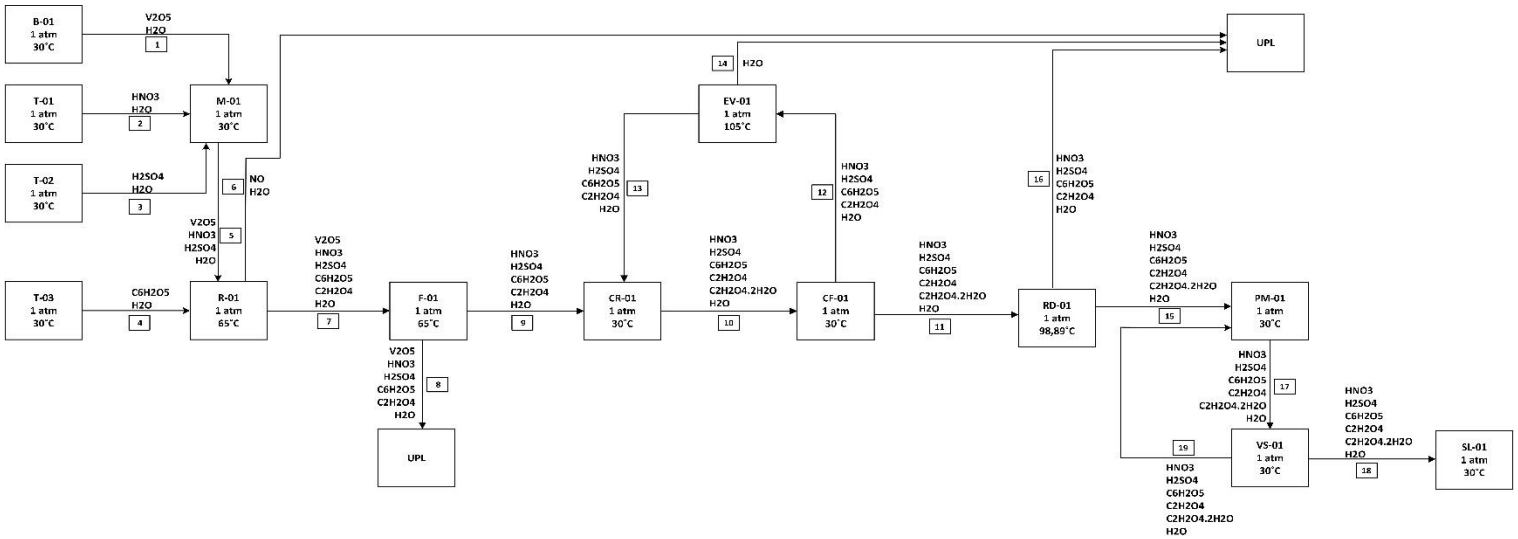
Pengendalian kualitas produksi merupakan kegiatan yang sangat penting dalam suatu industri. Hal ini dikarenakan semua kegiatan produksi akan dikendalikan terhadap proses yang ada dengan cara sistem kontrol agar produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan dan meminimalisir penyimpangan-penyimpangan yang mungkin terjadi.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

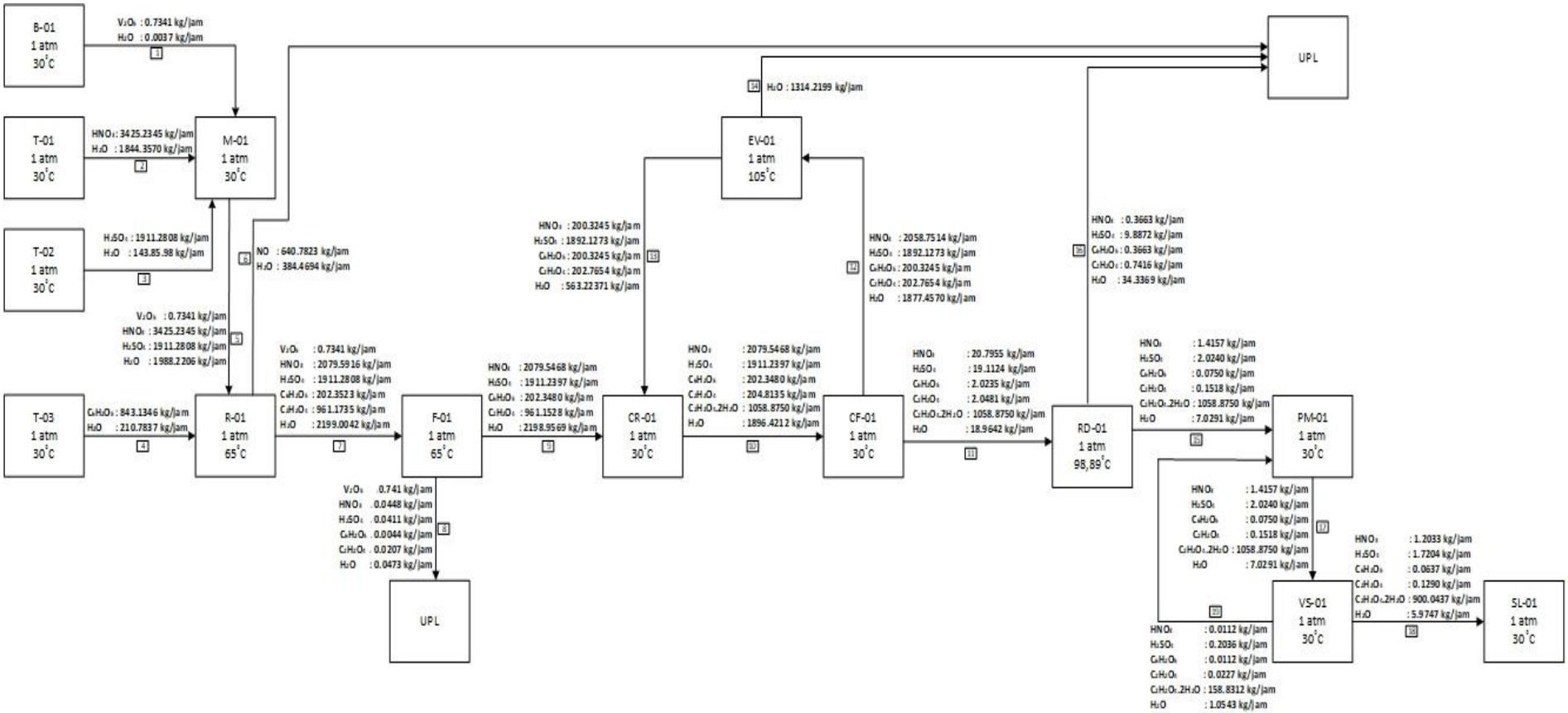
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

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

Pembentukan asam oksalat dari glukosa dan asam nitrat dibagi menjadi tiga tahapan proses, sebagai berikut:

a. Tahap persiapan bahan baku

b. Tahap pembentukan produk

c. Tahap pemurnian produk

3.2.1 Tahapan Pemurnian Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk menyiapkan glukosa dan asam nitrat sebelum direaksikan dalam reaktor. Bahan baku yang digunakan adalah glukosa 80%, asam nitrat 65% dan asam sulfat 93%. Bahan baku glukosa 80% dialirkan dari tangki penyimpanan glukosa (T-03) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm lalu diumpankan menggunakan pompa (P-03) menuju *heater* (HE-01) untuk dinaikkan suhunya menjadi 65 °C selanjutnya dialirkan kebagian proses yaitu menuju reaktor (R-01).

Katalis V_2O_5 dari bin (B-01), larutan asam nitrat (HNO_3) dari tangki penyimpanan asam nitrat (T-01) dan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dari tangki penyimpanan asam sulfat (T-02) dengan kondisi operasi bin dan tangki pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm diumpankan menuju mixer (M-01). Kemudian hasil keluaran mixer dialirkan ke heater (HE-02) untuk dinaikan suhunya menjadi 65°C selanjutnya dialirkan kebagian proses menggunakan pompa (P- 04) menuju reaktor (R-01).

3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Glukosa diumpankan ke (R-01) dari tangki penyimpanan (T-03), lalu asam nitrat, asam sulfat berasal dari tangki penyimpanan dan katalis V_2O_5 berasal dari bin penyimpanan (B-01) diumpankan ke dalam mixer lalu diumpankan reaktor (R-01) setelah kondisi operasinya disesuaikan dengan kondisi operasi reaktor. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Hasil keluaran reaktor (R-01) adalah asam oksalat, air, gas nitrogen monoksida, asam sulfat, asam nitrat dan katalis. Asam oksalat, asam nitrat, asam sulfat, katalis dan air merupakan hasil bawah reaktor (R-01) yang akan diumpankan ke reaktor (CR-01) sedangkan hasil atas reaktor (R-01) berupa gas nitrogen monoksida dan air akan diumpankan ke UPL. Hasil keluaran (R-01) selanjutnya diumpankan menuju filter (F-01).

3.2.3. Tahap Pemurnian Produk

Hasil bawah reaktor (R-01) berupa cairan yang terdiri dari asam oksalat, air, asam sulfat, asam nitrat dan katalis diumpankan menuju filter (F-01). Filter (F-01) bertujuan untuk memisahkan katalis yang masih terbawa aliran, hasil keluaran filter (F-01) berupa *Cake* akan dialirkan ke UPL dan filtrat akan dialirkan ke *crystallizer* (CR-01). Pada *crystallizer* terjadi proses kristalisasi asam oksalat dihidrat ($C_2H_2O_4.2H_2O$). Sehingga cairan sisa glukosa, sisa sukrosa dan air yang keluar kristalizer berupa *slurry*. Keluaran *crystallizer* (CR-01) selanjutnya diumpankan menuju centrifuge (CF-01) untuk mengurangi sebagian besar kandungan larutan asam oksalat dehidrat, air, asam sulfat, asam nitrat dan glukosa. Hasil keluaran

centrifuge terbagi menjadi dua aliran, aliran pertama menuju rotary dryer (RD-01), aliran kedua menuju evaporator (EV-01).

Pada evaporator (EV-01) air dipanaskan hingga suhu 105ºC hingga berfase uap dan dialirkan menuju UPL. Hasil atas evaporator (EV-01) berupa uap air dialirkan menuju UPL dan hasil bawah evaporator (EV-01) berupa asam oksalat, air, glukosa, asam nitrat, asam sulfat diumpankan menuju crystallizer (CR-01) untuk di *recycle.* Pada *rotary dryer* (RD-01)*,* kristal asam oksalat dikontakkan dengan udara panas yang bersuhu 130ºC yang dialirkan dari (HE-03) agar membawa kandungan air yang masih ada pada kristal asam oksalat sehingga akan menghasilkan kristal asam oksalat dihidrat dengan kemurnian 99%.

H_2O keluar dari *rotary dryer* (RD-01) dalam fase gas yang terikut pada udara panas yang akan diolah kembali di UPL. Hasil keluaran dari *rotary dryer* (RD-01) kemudian diangkut menggunakan *belt conveyor* (BC-01) menuju pinmill (PM-01) untuk penyeragaman kristal asam oksalat. Selanjutnya asam oksalat kristal dialirkan menuju vibrating screen (VS-01) untuk mengklasifikasikan ukuran partikel sehingga hanya produk yang memenuhi spesifikasi yang diteruskan ke silo (S-01).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

1. Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Kode	**R-01**
Fungsi	Mereaksikan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan asam nitrat (HNO_3) menjadi asam oksalat dengan bantuan asam sulfat (H_2SO_4) dan vanadium pentoksida (V_2O_5)
Jenis	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Jumlah	1 unit
Harga, $	691.400
Kondisi Operasi	
Suhu, ºC	65
Tekanan, atm	1
Kondisi Proses	isotermal
Spesifikasi	
Bahan konstruksi	*Stainless Steel* - 316L
Volume shell, m^3	133,948
Volume head, m^3	9,632
Volume reaktor, m^3	144,751
Diameter standar tangki, m	6,096
Tinggi standar tangki, m	7,315
Tinggi total tangki, m	9,169
Tebal shell, in	0,3125
Tebal head standar, in	0,25
Jenis head	*Torispherical dished head*
Jaket Pendingin	
Tebal jaket, in	0,0079
Tinggi jaket, in	7,268
Pengaduk	
Tipe	*Flat six blade turbines*
Diameter, m	1,615
Kecepatan, rpm	46,468
Tinggi pengaduk, m	6,299
Jumlah impeller	1 unit

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

1. Mixer

Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer

Kode	M-01
Fungsi	Mencampurkan Asam nitrat, asam sulfat dan katalis sebelum masuk ke (R-01)
Jenis	Turbin with 6 flat blades
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	1
Suhu, ºC	30
Spesifikasi	
Diameter, m	2,347
Tinggi, m	3,271
Tinggi cairan, m	3,327
Volume mixer, m^3	9,733
Tinggi shell, m	2,347
Tinggi head, m	0,462
Tebal shell, in	0,197
Tebal head, in	0,250
Pengaduk	
Tipe	Flat Blade Turbines Impellers
Jumlah	1 Unit
Diameter, m	0,782
Kecepatan, rpm	100
Lebar pengaduk, m	0,156
Jarak pengaduk, m	0,782
Jumlah *baffle*	6
Lebar *baffle*	0,235
Power motor, hp	20
Harga, $	384.600

2. *Filter*

Tabel 3. 3 Spesifikasi Filter

Kode	F-01
Fungsi	Memisahkan katalis Vanadium Pentoksida
Jenis	*Catridge* Filter
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	1
Suhu, ºC	65
Spesifikasi	

Tabel 3. 3 Spesifikasi Filter (Lanjutan)

Kode	F-01
Diameter housing, mm	150
Panjang *catridge*, in	40
Jenis *catridge*	Pleated PTFE
Jumlah *catridge*	1 buah
Mikron rating, μm	5
Tinggi housing, m	1,25
Harga, $	49.678,31

3. *Crystallizer*

Tabel 3. 4 Spesifikasi Crystallizer

Kode	CR-01
Fungsi	Mengkristalkan $C_2H_2O_4$
Jenis	*Continuous stirred tank crystallizer*
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	1
Suhu, ^oC	30
Spesifikasi	
Bahan konstruksi	*Stainless Steel* - 316L
OD shell	
Tebal shell, in	0,5
Tinggi total, m	1,596
Jenis head dan bottom	Torispherical flanged dished and conis bottom
Spesifikasi Khusus	
Jenis pengaduk	Marine propeller with 3 blade
Diameter pengaduk, m	0,6943
Kecepatan pengaduk, rpm	64,2723
Jenis pendingin	Jaket pendingin
Luas selimut, ft^2	153,6239
Luas perpindahan panas, ft^2	0,979
Harga, $	197.165,74

4. *Centrifuge*

Tabel 3. 5 Spesifikasi Centrifuge

Kode	CF-01
Fungsi	Memisahkan kristal C_2H_2O4 dari *mother liquor* yang masih terkandung
Jenis	*Helical conveyor centrifuge*

Tabel 3. 5 Spesifikasi Centrifuge (Lanjutan)

Kode	**CF-01**
Jumlah	1 Unit
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	1
Suhu, ºC	30
Spesifikasi	
Diameter *bowl*, in	30
Panjang *bowl*, in	60 in
Volume *bowl*, ft^3	17,377
Kecepatan putar, rpm	70
Daya motor, hp	0,55
Bahan kontruksi	*Carbon steel SA-283 grade*
Harga, $	326.865,13

5. Evaporator

Tabel 3. 6 Spesifikasi Evaporator

Kode	**EV-01**
Fungsi	Menguapkan sisa H_2O yang masih terikut dalam produk hasil reaksi karbonasi.
Jenis	*Long tube vertical evaporator*
Bahan kontruksi	*Stainless Steel 316L*
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	1
Suhu, ºC	105
Spesifikasi	
Deflektor (pemisah uap)	
Jenis *shell*	*Cylindrical*
Jenis *head*	*Torispherical flanged and dished*
ID *shell*, in	48,676
OD *shell*, in	49,176
Tebal *shell*, in	0,251
Volume, ft^3	1,483
Tinggi *shell*, in	48,676
Heat Exchanger	
Jenis	*Shell and Tube*
ID *shell*, in	12
OD *shell*, in	12.75
Volume, m^3	0,546
Tinggi *shell*, in	240
Tinggi *bottom*, in	4,967
Tinggi total, in	244,967
Harga, $	142,679,22

6. *Rotary Dryer*

Tabel 3. 7 Spesifikasi Rotary Dryer

Kode	**RD-01**
Fungsi	Mengurangi kadar cairan hingga didapatkan $C_2H_2O_4.2H_2O$ yang sesuai spesifikasi.
Jenis	*Direct contact-counter current rotary dryer*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel 316L*
Kondisi Operasi	
Suhu kristal masuk, ^oC	30
Suhu kristal keluar, ^oC	100
Suhu udara masuk, ^oC	130
Suhu udara keluar, ^oC	101
Tekanan, atm	1
Spesifikasi	
Diameter, m	0,958
Tebal shell, in	0,187
Kecepatan putar, rpm	8,9756
Sudut kemiringan, m/m	0,4779
Power, hp	0,75
Harga, $	1.251.426,49

7. *Pinmill*

Tabel 3. 8 Spesifikasi Pinmill

Kode	**PM-01**
Fungsi	Menghaluskan asam oksalat dihidrat
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel* 316L
Kondisi Operasi	
Suhu, ^oC	30
Tekanan, atm	1
Spesifikasi	
Power motor, kW	0,973
Kecepatan tip, rpm	300
Diameter rotor, mm	637
Lebar rotor, mm	255
Diameter pin, mm	12
Jarak antar pin, 30 mm	30
Total pin	682
Harga, $	91.833,54

8. *Vibrating Screen*

Tabel 3. 9 Spesifikasi Vibrating Screen

Kode	**VS-01**
Fungsi	Untuk mengayak hasil keluaran pinmill (PM-01) masuk Silo-01 (S-01)
Jenis	*Horizontal Vibrating Screen*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel 316L*
Spesifikasi	
Throughflow rate, ton/jam	0,909
Unit capacity, ton/jam/ft^2	0,0555
Faktor open area	0,397
Slotted-opening factor	1
Luas area ayakan, ft^2	16,513
Lebar ayakan, ft	3
Menghitung aanjang ayakan, ft	6
Power motor, hp	3
Harga, $	50.326,85

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

a. Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3. 10 Spesfikasi Tangki Bahan Baku dan Produk

Kode	**T-01**	**T-02**	**T-03**
Fungsi	Menyimpan kebutuhan asam nitrat	Menyimpan kebutuhan asam sulfat	Menyimpan kebutuhan glukosa
Lama Penyimpanan	7 Hari	7 Hari	7 Hari
Jumlah	1	1	1
Jenis	*Vertical cylinder Tank, Flat Bottom, Cone Roof*	*Vertical cylinder Tank, Flat Bottom, Cone Roof*	*Vertical cylinder Tank, Flat Bottom, Cone Roof*
Tekanan, atm	1	1	1
Suhu, ^oC	30	30	30

Tabel 3. 10 Spesfikasi Tangki Bahan Baku dan Produk (Lanjutan)

Kode	T-01	T-02	T-03
Bahan Konstruksi	Stainless Steel 304L	Carbon steel SA-283 grade C	Carbon steel SA-283 grade C
Kapasitas tangki, kg	885291,37	345263,64	177058,28
Volume tangki, m^3	703,543	226,40	136,20
Diameter, in	540	144	300
Tinggi, in	216	360	144
Tebal Head, in	10	1	2
Tebal bottom, in	1,5	0,75	0,75
Tinggi Head, in	28,88	0,16	28,57
Tinggi Total, in	246,38	150,86	173,32
Harga, $	386.500	76.000	49.100

Tabel 3. 11 Spesifikasi Bin Katalis

Kode	B-01
Fungsi	Menyimpan kebutuhan katalis V_2O_5
Jumlah	1
Tipe	Tangki silinder vertikal, *conical bottom*
Bahan material	*Carbon steel SA 283 grade C*
Tekanan, atm	1
Suhu, ^oC	30
Volume, m^3	95,742
Diameter, m	3,832
Tinggi, m	9,578
Diameter lubang, m	0,0036
Tinggi cone, m	1,9141
Harga, $	45.000

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

1. Pompa

Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa

Kode	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan HNO_3 65% dari T-0 ke M-01	Mengalirkan H_2SO_4 93% dari T-02 ke M-01	Mengalirkan $C_6H_{12}O_6$ 80% dari T-02 ke M-01
Jenis	*Centrifugal pump*	*Centrifugal pump*	*Centrifugal pump*
Impeller	*Radial flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*

Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Kode	P-01	P-02	P-03
Jumlah	1	1	1
Bahan konstruksi	*Commercial steel*	*Commercial steel*	*Commercial steel*
Kapasitas, gpm	0,02758	3,390965	0,538087
Rate volumetric, ft^3/s	0,00049297	0,060599	0,009616
Kecepatan aliran, ft/s	0,030182	11,833377	3,930149
ID pipa, in	0,824	2,067	1,049
OD pipa, in	1,05	2,380	1,320
IPS pipa, in	0,75	2,000	1,000
Flow area pipa, in^2	1,13	3,660	1,680
Efisiensi pompa, %	65	65,00	65,00
Power pompa, hp	0,0005007	0,066560	0,009859
Power motor, hp	0,0500	0,0500	0,0500
Harga, $	19.715,67	22.569,26	29.832,93

Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Kode	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan keluaran M-01 menuju R-01	Mengalirkan hasil dari Reaktor (R-02) menuju Filter (F-01)	Mengalirkan hasil dari Filter (F-01) menuju *Crystallizer* (CR-01)
Jenis	*Centrifugal pump*	*Centrifugal pump*	*Centrifugal pump*
Impeller	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*
Jumlah	1	1	1
Bahan konstruksi	*Commercial steel*	*Commercial steel*	*Commercial steel*
Kapasitas, gpm	1,286730	0,025816	0,037317
Rate volumetric, ft^3/s	0,022995	0,000461	0,000667
Kecepatan aliran, ft/s	5,968865	0,003096	0,043530
ID pipa, in	1,610	2,067	2,067
OD pipa, in	1,900	2,380	2,380
IPS pipa, in	1,500	2	2
Flow area pipa, in^2	2,720	3,660	3,660
Efisiensi pompa, %	65,00	65	65
Power pompa, hp	0,023857	0,000469	0,000677

Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Kode	P-04	P-05	P-06
Power motor, hp	0,0500	0,050000	0,050000
Harga, $	31.908,26	29.314,09	28.795,26

Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Kode	P-07	P-08	P-09
Fungsi	Mengalirkan hasil dari *Crystallizer* (CR-01) menuju *Centrifuge* (CF-01)	Mengalirkan hasil dari *Centrifuge* (CF-01) menuju *Evaporator* (EV-01)	Mengalirkan hasil dari Evaporator (EV-01) menuju *Crystallizer* (CR-01)
Jenis	*Centrifugal pump*	*Centrifugal pump*	*Centrifugal pump*
Impeller	*Radial flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*
Jumlah	1	1	1
Bahan konstruksi	*Commercial steel*	*Commercial steel*	*Commercial steel*
Kapasitas, gpm	0,682300	1,552753	1,230533
Rate volumetric, ft^3/s	0,012193	0,027749	0,021990
Kecepatan aliran, ft/s	3,109635	5,371090	4,238316
ID pipa, in	1,610	2,067	2,067
OD pipa, in	1,900	2,38	2,38
IPS pipa, in	1,5	2	1,25
Flow area pipa, in^2	2,720	3,66	3,66
Efisiensi pompa, %	65	65	65
Power pompa, hp	0,012452	0,028660	0,022553
Power motor, hp	0,050000	0,05	0,05
Harga, $	28.795,26	36.058,93	17.640,34

2. *Screw Conveyor*

Tabel 3. 13 Spesifikasi Screw Conveyor

Kode	SC-01	SC-2
Fungsi	Mengangkut katalis V_2O_5 dari BIN-01 menuju *Mixer*-01 (M-01)	Mengangkut keluaran *Centrifuge*-01 (CF-01) menuju *Rotary Dryer*-01 (RD-01)

Tabel 3. 13 Spesifikasi Screw Conveyor (Lanjutan)

Kode	SC-01	SC-2
Jenis	*Horizontal Screw Conveyor*	*Horizontal Screw Conveyor*
Bahan konstruksi	*Carbon Steel SA-53 Grade B*	*Carbon Steel SA-53 Grade B*
Tekanan, atm	1	1
Suhu. °C	30	30
Laju alir, kg/jam	0,6332	967,6573
Densitas, kg/m^3	2,9973	51,3835
Laju volumetrik, ft^3/jam	0,2113	18,8321
Kapasitas, ton/jam	5	5
Diameter screw, m	0,2286	0,2286
Diameter pipa, m	0,0635	0,0635
Pusat gantungan, m	3,048	3,048
Kecepatan motor, rpm	40	40
Diameter umpan, m	0,1524	0,1524
Panjang, m	4,572	4,572

3. *Belt Conveyor*

Tabel 3. 14 Spesifikasi Belt Conveyor

Kode	BC-01
Fungsi	Mengangkut produk keluaran dari RD-01 menuju *Pinmill* (PM-01)
Jenis	*Ball conveyor* dengan pendingin
Jumlah	1
Konstruksi	Rubber grade F
Kecepatan belt, ft/min	100
Panjang belt, m	11,93
Lebar belt, m	0,36
Daya, hp	1,5
Harga, $	2.500,00

4. *Blower*

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Blower*

Kode	BL-01
Fungsi	Mengalirkan gas menuju *Rotary Dryer*-01 (RD-01)
Jenis	*Centrifugal Blower*
Bahan konstruksi	*Carbon Steel SA-283 Grade C*

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Blower* (Lanjutan)

Kode	BL-01
Tekanan masuk, atm	1
Tekanan keluar, atm	1
Suhu masuk, °C	30
Suhu keluar, °C	30
Laju alir massa, kg/jam	96,6018
Berat molekul gas, kg/kmol	28,96
Laju volumetrik awal, ft^3/menit	48,8104
Laju volumetrik desain, ft^3/menit	53,6960
Jumlah tingkat	1 stage
Efisiensi politropik, %	80
Efisiensi blower, %	80
Daya hasil perhitungan, hp	0,0053
Daya blower standar, hp	1,5
Harga, $	24.125,76

5. *Bucket Elevator*

Tabel 3. 16 Spesifikasi Bucket Elevator

Kode	BE-01
Fungsi	Mengangkut bahan yang telah dikeringkan dari RD-01 menuju S-01
Jenis	*Spaced-Bucket Centrifugal-Discharge Elevator*
Bahan konstruksi	*Malleable iron*
Tekanan masuk, atm	1
Tekanan keluar, atm	1
Suhu masuk, °C	30
Laju umpan, ton/jam	0,9134
Kapasitas, ton/jam	14
Ukuran bucket, in	6 × 4 × 4¼
Tinggi elevator, m	15
Kecepatan belt, ft/menit	14,6795
Putaran poros, rpm	2,8054
Diameter poros bagian atas, in	0,9375
Diameter poros bagian bawah, in	0,6875
Diameter pulley bagian atas, in	20
Diameter pulley bagian bawah, in	14
Efisiensi, %	80
Daya hasil perhitungan, hp	0,0626
Daya motor standar, hp	0,0833
Harga, $	18.548,30

6. Filter Udara

Tabel 3. 17 Spesifikasi Filter Udara

Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring udara bebas sebelum dialirkan oleh blower
Jenis	*Baghouse*
Bahan konstruksi	*Carbon steel*
Suhu udara masuk, °C	30
Massa udara, kg/jam	96,6018
Laju volumetrik, ft^3/jam	2921,4076
Kadar debu, g/jam	2,9214
Ukuran filter, in	24 × 24
Luas filter, in^2	576
Kapasitas filter, ft^3/menit	1000
Jumlah hasil perhitungan, unit	0,04875
Harga, $	49.678,31

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. *Heater*

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Heater*

Kode	HE-01	HE-02	HE-03
Fungsi	Menaikkan suhu $C_6H_{12}O_6$ sebelum ke Reaktor (R-01)	Menaikan suhu keluaran Mixer (M-01) sebelum ke Reaktor (R-01)	Menaikkan suhu Udara untuk diumpankan ke *Rotary Dryer* (RD-01)
Jenis	*Double pipe*	*Double pipe*	*Double pipe*
Bahan	*Stainless type 316 Steel SA-167*	*Stainless type 316 Steel SA-167*	*Stainless type 316 Steel SA-167*
Jumlah hairpin	4	3	16
Panjang, ft	12	12	12
Annulus			
Suhu masuk, ºC	150	150	150
Suhu keluar, ºC	140	140	150
IPS, in		2	2
ID, in	2,067	2,067	2,067
OD, in	2,38	2,38	2,38
Surface area, ft^2/ft	0,622	0,622	0,622

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Heater* (Lanjutan)

Kode	HE-01	HE-02	HE-03
Presure drop, psi	0,0218	0.0236	10,231
Inner pipe			
Suhu masuk, ºC	30	30	30
Suhu keluar, ºC	65	65	130
IPS, in	1,25	1,25	1,25
OD, in	1,66	1,66	1,66
ID, in	1,380	1,380	1,380
Surface area, ft^2/ft	0,435	0,435	0,435
A, ft^2	26.085	17,949	112,94
UD, $Btu/hr.ft^2.ºF$	301,5	211,2	44.90
UC, $Btu/hr.ft^2.ºF$	431,6	267,8	28.63
Rd	20.42	29,67	0.0051
Rd min	0,001	0,001	0,001
Harga	$2.400	$2.100	$4.100

2. *Cooler*

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Cooler*

Kode	CL-01
Fungsi	Menurunkan suhu dari Evaporator (EV-01) untuk diumpankan ke *Crystallizer* (CR-01)
Jenis	*Double pipe*
Bahan	*Steel Steinless Steel SA 167 Type 316*
Jumlah hairpin	**7**
Panjang, ft	12
Annulus	
Suhu masuk, ºC	105
Suhu Keluar, ºC	65
IPS, in	2
ID, in	2,067
OD, in	2,38
Surface area, ft2/ft	0,622
Presure drop, psi	4,11
Inner pipe	
Suhu masuk, ºC	25
Suhu keluar, ºC	29
IPS, in	1,25
OD, in	1,66
ID, in	1,380
Surface area, ft2/ft	0,435
A, ft^2	46,751
UD, $Btu/hr.ft^2.ºF$	70,8

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Cooler* (Lanjutan)

Kode	CL-01
UC, Btu/hr.ft^2.^{o}F	207,649
Rd	0,0093
Rd min	0,001
Harga, $	1,500

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 20 Neraca Massa Mixer (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4
HNO_3	3425,235			3425,236
H_2SO_4		1911,281		1911,281
V_2O_5			0,734	0,734
H_2O	1844,357	143,860	0,004	1988,221
Total	**7325,470**			**7325,470**

3.4.2 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3. 21 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7
$C_6H_{12}O_6$		843,135		202,352
HNO_3	3425,235			2079,592
H_2SO_4	1911,281			1911,281
$C_2H_2O_4$				961,174
V_2O_5	0,734			0,734
NO			640,782	
H_2O	1988,221	210,784	384,469	2199,004
Total	**8379,388**		**8379,388**	

3.4.3 Neraca Massa *Filter* (F-01)

Tabel 3. 22 Neraca Massa *Filter* (F-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
$C_6H_{12}O_6$	202,352	0,004	202,348
HNO_3	2079,592	0,045	2079,547
H_2SO_4	1911,281	0,041	1911,240

Tabel 3. 22 Neraca Massa *Filter* (F-01) (Lanjutan)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
$C_2H_2O_4$	961,174	0,021	961,153
V_2O_5	0,734	0,734	
H_2O	2199,004	0,047	2198,957
Total	**7354,137**	**7354,137**	

3.4.4 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-01)

Tabel 3. 23 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
$C_2H_2O_4.2H_2O$			1058,875
$C_6H_{12}O_6$	2,024	200,324	202,348
HNO_3	20,796	2058,751	2079,547
H_2SO_4	19,112	1892,127	1911,240
$C_2H_2O_4$	758,387	202,765	204,814
H_2O	1635,720	563,237	1896,421
Total	**7353.244**		**7353,244**

3.4.5 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 24 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
$C_2H_2O_4.2H_2O$	1058,875		1058,875
$C_6H_{12}O_6$	202,348	200,325	2,024
HNO_3	2079,547	2058,751	20,796
H_2SO_4	1911,240	1892,127	19,112
$C_2H_2O_4$	204,814	202,765	2,048
H_2O	1896,421	1877,457	18,964
Total	**7353,244**	**7353,244**	

3.4.6 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 25 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 14	Arus 10
$C_6H_{12}O_6$	200,325		200,324
HNO_3	2058,751		2058,751
H_2SO_4	1892,127		1892,127

Tabel 3. 25 Neraca Massa Evaporator (EV-01) (Lanjutan)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 14	Arus 10
$C_2H_2O_4$	202,765		202,765
H_2O	1877,457	1314,220	563,237
Total	**6231,426**	**6231,426**	

3.4.7 Neraca Massa *Rotary Dryer*

Tabel 3. 26 Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 13	Arus 15	Arus 16	Arus 17
$C_2H_2O_4.2H_2O$	1058,875		1058,875	
$C_6H_{12}O_6$	2,024		0,075	0,366
HNO_3	20,796		1,416	6,916
H_2SO_4	19,112		2,024	9,887
$C_2H_2O_4$	2,048		0,152	0,742
H_2O	18,964		7,029	34,337
Udara		5149,294		5149,294
Total	**6271,112**		**6271,112**	

3.4.8 Neraca Massa *Pinmill* (PM-01)

Tabel 3. 27 Neraca Massa *Pinmill* (PM-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 16	Arus 20	Arus 18
$C_2H_2O_4.2H_2O$	1058,875	158,831	1058,875
$C_6H_{12}O_6$	0,075	0,011	0,075
HNO_3	1,416	0,212	1,416
H_2SO_4	2,024	0,304	2,024
$C_2H_2O_4$	0,152	0,023	0,152
H_2O	7,029	1,054	7,029
Total	**1069,570**		**1069,570**

3.4.9 Neraca Massa *Vibrating Screen* (VS-01)

Tabel 3. 28 Neraca Massa *Vibrating Screen* (VS-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 18	Arus 19	Arus 20
$C_2H_2O_4.2H_2O$	1058,875	900,044	158.831
$C_6H_{12}O_6$	0,075	0,064	0,011
HNO_3	1,416	1,203	0,212
H_2SO_4	2,024	1,720	0,304
$C_2H_2O_4$	0,152	0,129	0,023
H_2O	7,029	5,975	1,054
Total	**1069,570**	**1069,570**	

3.5 Neraca Massa

3.5.1 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3. 29 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Qinput	612766,13	
Qout		654529,06
Qreaksi	-3424,68	
Qpendingin		-45187,60
Total	**609341,4548**	**609341,4548**

3.5.2 Neraca Panas Crystallizer (CR-01*)*

Tabel 3. 30 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Qinput	612766,13	
Qout		654529,06
Qreaksi	-3424,68	
Qpendingin		-45187,60
Total	**609341,4548**	**609341,4548**

3.5.3 Neraca Panas Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 31 Neraca Panas Evaporator (EV-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Qin	12477,44673	11833,88324
Hvap		144965,6961
Q air keluar	149088,157	4766,024424
Total	**161565,60377**	**161565,60377**

3.5.4 Neraca Panas Heater (HE-01)

Tabel 3. 32 Neraca Panas Heater (HE-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Qin	4547,32	36289,74
Qsteam	31742,42	
Total	**36289.,4**	**36289,74**

3.5.5 Neraca Panas Heater (HE-02)

Tabel 3. 33 Neraca Panas Heater (HE-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Qin	92926,76	105669,52
Qsteam	12742,76	
Total	**105669,52**	**105669,52**

3.5.6 Neraca Panas Cooler (CL-01)

Tabel 3. 34 Neraca Panas Cooler (CL-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Qin	92926,76	105669,52
Qsteam	12742,76	
Total	**105669,52**	**105669,52**

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan atau pendirian suatu pabrik, karena memiliki keterkaitan atau hubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pemilihan yang tepat mengenai lokasi pabrik harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin. Dalam menentukan lokasi pabrik banyak hal yang menjadi pertimbangan dasar dalam menentukan lokasi pabrik, antara lain letak pabrik dengan sumber bahan baku dan bahan pembantu, letak pabrik dengan pasar penunjang, transportasi, tenaga kerja, kondisi sosial, dan pengembangan di masa yang mendatang.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Renacan Pabrik

Berdasarkan beberapa faktor pertimbangan di atas, maka lokasi pabrik Asam Oksalat Dihidrat dari glukosa dengan kapasitas 7.200 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan Kabupaten Karawang, Jawa Barat, Indonesia dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut.

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer termasuk kedalam faktor utama yang mempengaruhi secara langsung tujuan utama pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk. Faktor utamanya meliputi:

a. Penyediaan Bahan Baku dan Penunjang

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku utama serta penunjangnya. Kondisi tersebut merupakan pilihan yang tepat untuk pengamanan ketersediaan bahan baku yang ekonomis. Dalam pembuatan Asam Oksalat Dihidrat ($C_2H_2O_4$), bahan baku yang digunakan yaitu Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang didapatkan dari PT PG Rajawali II di Cirebon dan Asam Sulfat (H_2SO_4) didapatkan dari PT Timur Raya di Karawang. Sedangkan Asam Nitrat (HNO_3) diperoleh dari PT Multi Nirotama Kimia di Kawasan Industri Kujang, Jawa Barat. Kedua pabrik tersebut letaknya tidak jauh dari lokasi pendirian pabrik sehingga memudahkan dan mempercepat proses distribusi bahan bakunya, maka pabrik ini dinyatakan cukup layak untuk didirikan di daerah ini.

b. Pemasaran Produk

Produk asam oksalat diutamakan memenuhi kebutuhan dalam negeri, terutama di pulau Jawa. Hal ini disebabkan di kawasan industri karawang dan

Jawa Barat terdapat industri pabrik yang memanfaatkan asam oksalat dihidrat sebagai bahan bakunya. Selain itu untuk kemungkinan ekspor juga bisa di distribusikan melalui pelabuhan Tanjung Priok.

c. Kemudahan Transportasi

Pengambilan bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat dengan menggunakan transportasi tertutup berupa truk dan sebagainya. Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik ini bisa dibilang strategis, karena dapat diakses dengan berbagai moda transportasi.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama dalam pendirian suatu pabrik, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik yang memiliki keahlian dan kemampuan di bidangnya. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sarjana. Untuk memenuhinya, dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Selain itu faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas. Selain itu juga, dari lokasi perancangan pabrik yang dipilih memiliki potensi untuk mudah memperoleh tenaga kerja yang dibutuhkan oleh pabrik. Hal ini dibuktikan pada lokasi pabrik yang mudah dijangkau oleh permukiman penduduk sehingga dapat memungkinkan untuk mudah dalam mendapatkan tenaga kerja.

e. Kebutuhan Air

Dalam pendirian suatu pabrik, air merupakan salah satu hal yang sangat dibutuhkan dan memiliki peran utama dalam keberlangsungan jalannya pabrik. Ketersediaan air yang melimpah merupakan salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi suatu pabrik. Lokasi pabrik yang dirancang dilintasi oleh anak sungai Citarum, sehingga ketersediaan airnya pun sangat melimpah dan relatif sangat mudah untuk diperoleh. Maka dari itu, ketersediaan air relatif sangat melimpah di kawasan ini, sehingga kawasan ini relatif sangat mendukung untuk didirikannya pabrik Asam Oksalat Dihidrat ($C_2H_2O_4$).

f. Kebutuhan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Selain air, tenaga listrik dan bahan bakar juga termasuk faktor penunjang yang sangat penting dalam pendirian pabrik. Hal ini terjadi karena keberlangsungan suatu pabrik sangat bergantung pada ketersediaan serta kestabilan tenaga listrik dan bahan bakar yang digunakan. Tenaga listrik yang digunakan diperoleh dari PLTGU Cilamaya, Karawang, Jawa Barat yang letaknya berada di sebelah perkiraan lokasi pendirian pabrik. Sedangkan, untuk kebutuhan bahan bakar pabrik ini diperoleh dari PT Pertamina (Persero) RU VI Balongan, Indramayu, Jawa. Maka dari itu, untuk ketersediaan tenaga listrik dan bahan bakar pabrik di kawasan ini relatif stabil.

g. Kondisi Iklim dan Keadaan Geografis

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki suhu rata- rata yang cukup baik. Seperti di daerah lain, Indonesia yang beriklim

tropis memiliki temperatur udara berkisar 20-35^{o}C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor, maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan faktor yang berperan secara tidak langsung dalam proses operasional pabrik, namun memiliki pengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Faktor sekunder dalam penentuan lokasi pabrik meliputi:

a. Perluasan Pabrik

Dalam menentukan lokasi pendirian pabrik, harus mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan, karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik maka tidak mengalami kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

b. Perizinan

Lokasi pendirian pabrik yang dipilih merupakan lahan kosong, sehingga dapat memudahkan dalam perizinan pendirian pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian terpenting dalam proses pendirian pabrik sehingga harus memperhatikan beberapa hal, antara lain segi keamanan kerja terpenuhi, pengoperasian, pengontrolan maupun kegiatan yang melibatkan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman, pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin, serta transportasi yang baik dan efisien.

c. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial yang seperti penyediaan bengkel industri, sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, hiburan, bank, dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan taraf hidup.

d. Kebijakan Pemerintah

Dalam mendirikan suatu pabrik perlu mempertimbangkan beberapa faktor kepentingan pemerintah yang terkait di dalamnya, seperti kebijaksanaan pengembangan industri dan hubungan dengan pemerataan kesempatan kerja serta hasil pembangunan.

e. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Jika harga tanah amat tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu dan diatur sedemikian rupa agar dapat menghemat tempat.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk serta sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Secara besar *layout* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, antara lain:

4.2.1 Daerah Administrasi atau Perkantoran

Daerah administrasi atau perkantoran terdiri dari beberapa fasilitas pendukung area yang terdiri dari:

a. Daerah administrasi, bertujuan sebagai tempat pusat kegiatan administrasi, keuangan pabrik, dan kantor yang mengatur kelancaran operasi.

b. Laboratorium, bertujuan sebagai tempat pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan di proses serta produk yang akan di jual.

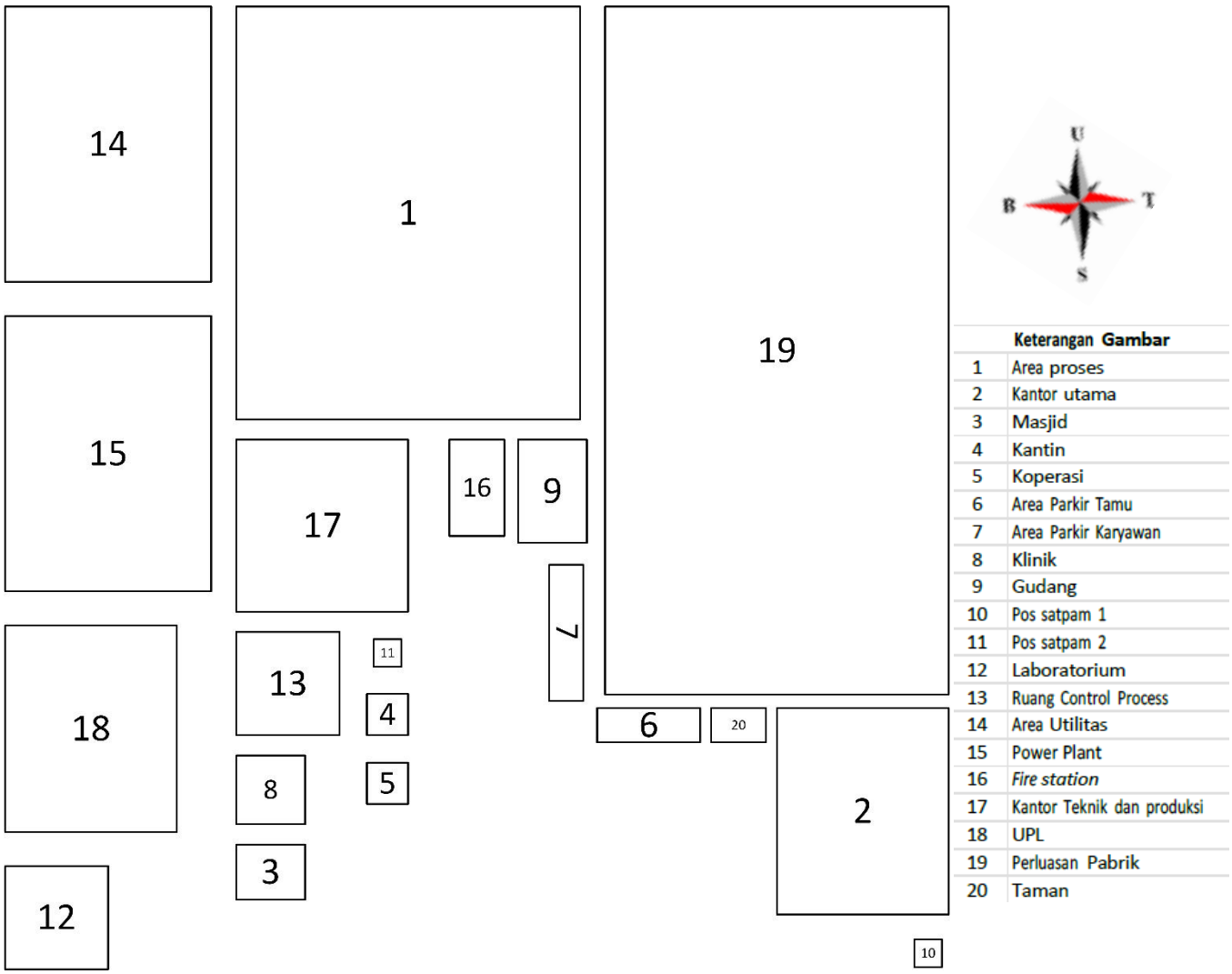
c. Fasilitas karyawan seperti poliklinik, kantin, dan masjid, bertujuan sebagai tempat pusat sarana tambahan dan penunjang bagi para karyawan.

4.2.2 Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Daerah proses merupakan daerah bagi alat-alat proses yang diletakkan dan proses berlangsung. Sedangkan daerah kontrol merupakan daerah sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses seperti *Room control* dan lain sebagainya.

4.2.3 Daerah Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

Daerah ini bertujuan sebagai tempat perbaikan alat-alat proses agar tidak terekspos ke luar pabrik. Perawatan alat dan penyimpanan suku cadang alat proses juga menjadi satu pada area ini.



Gambar 4. 2 Layout Pabrik Asam Oksalat Dihidrat Dengan Skala 1 : 1000

Tabel 4. 1 Perincian Luas Bangunan Pabrik

LUAS BANGUNAN				
No	**Nama Bangunan**	**Panjang**	**Lebar**	**Luas (m^2)**
1	Area proses	60	50	3.000
2	Kantor utama	30	25	750
3	Masjid	8	10	80
4	Kantin	6	6	36
5	Koperasi	6	6	36

Tabel 4. 1 Perincian Luas Bangunan Pabrik (Lanjutan)

LUAS BANGUNAN				
No	**Nama Bangunan**	**Panjang**	**Lebar**	**Luas (m^2)**
6	Area Parkir Tamu	5	15	75
7	Area Parkir Karyawan	5	20	100
8	Klinik	10	10	100
9	Gudang	15	10	150
10	Pos satpam 1	4	4	16
11	Pos satpam 2	4	4	16
12	Laboratorium	15	15	225
13	Ruang Control Process	15	15	225
14	Area Utilitas	40	30	1200
15	Power Plant	40	30	1200
16	*Fire station*	14	8	112
17	Kantor Teknik dan produksi	25	25	625
18	UPL	30	25	750
19	Perluasan Pabrik	100	50	5000
20	Taman	5	8	40
Luas Bangunan				13736
Luas Tanah				22000

4.3 Tata Letak Alat Proses

Perancangan tata letak mesin pada pabrik asam oksalat dihidrat harus mempertimbangkan berbagai aspek teknis dan operasional agar proses produksi dapat berlangsung dengan lancar, aman, dan efisien. Penempatan peralatan proses yang tepat akan mempermudah jalannya produksi, pengawasan, perawatan peralatan, serta meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan pabrik. Beberapa

aspek yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak mesin pada pabrik asam oksalat dihidrat adalah sebagai berikut:

1. Aliran Bahan dan Produk

   Penempatan peralatan proses harus disusun sesuai urutan proses produksi sehingga aliran bahan baku hingga menjadi produk dapat berlangsung secara teratur dan efisien. Dengan pengaturan aliran yang baik, perpindahan bahan antar unit proses dapat dipersingkat sehingga mengurangi kehilangan bahan, waktu proses, serta biaya transportasi di dalam area pabrik.

2. Aliran Udara

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

3. Pencahayaan

   Pencahayaan yang memadai diperlukan untuk mendukung kegiatan operasi, pengawasan, dan pemeliharaan peralatan proses. Tata letak mesin dirancang agar area proses memperoleh pencahayaan yang cukup, baik dari cahaya alami maupun pencahayaan buatan, sehingga kegiatan operasional dapat berjalan dengan aman dan efektif.

4. Laju Lintas Manusia dan Kendaraan

   Jalur lalu lintas di dalam pabrik harus diatur dengan baik untuk memisahkan area kendaraan operasional, jalur pekerja, dan area proses produksi. Kendaraan

bermotor tidak diperbolehkan memasuki area proses utama karena pada area tersebut terdapat peralatan yang beroperasi pada temperatur dan tekanan tertentu serta penggunaan bahan kimia yang mudah terbakar. Pengaturan jalur lalu lintas yang baik bertujuan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja dan gangguan terhadap proses produksi.

5. Faktor Ekonomi

   Tata letak mesin dan peralatan proses dirancang seefisien mungkin untuk mengurangi biaya investasi dan operasional pabrik. Penempatan peralatan yang tepat dapat meminimalkan panjang perpipaan, penggunaan lahan, serta biaya pemindahan bahan di dalam pabrik.

6. Jarak antar Peralatan

   Jarak antar peralatan proses harus diatur secara optimal agar tidak terlalu sempit maupun terlalu berjauhan. Ruang yang cukup diperlukan untuk mempermudah operator dalam melakukan pengawasan, pengoperasian, serta kegiatan perawatan dan perbaikan peralatan.

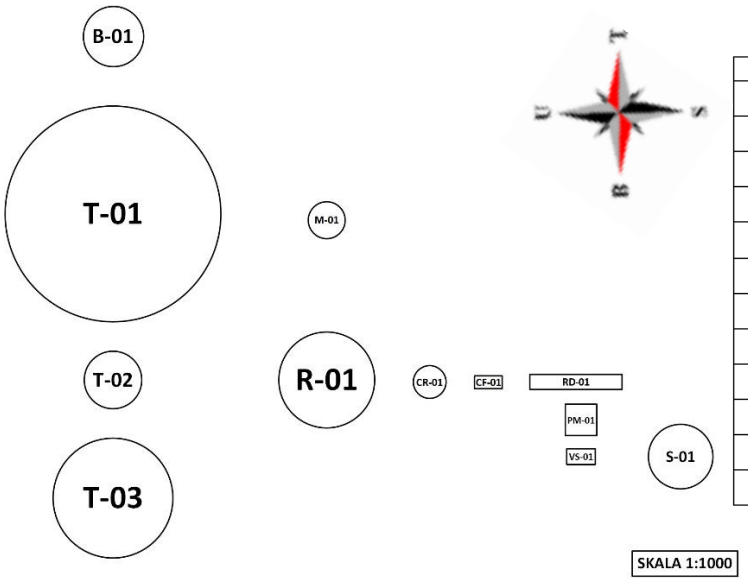
7. *Maintenance*

   Setiap peralatan proses harus ditempatkan pada area yang mudah dijangkau untuk kegiatan inspeksi, pemeliharaan, dan perbaikan. Dengan adanya ruang kerja yang cukup di sekitar peralatan, proses maintenance dapat dilakukan dengan lebih aman dan tidak mengganggu operasi unit proses lainnya.

8. Faktor Keselamatan

   Keselamatan kerja merupakan aspek penting dalam perancangan tata letak mesin. Peralatan yang beroperasi menggunakan bahan kimia mudah terbakar

atau pada kondisi operasi tertentu harus ditempatkan pada area yang aman dan dilengkapi dengan sistem pengamanan yang memadai. Selain itu, jalur evakuasi dan fasilitas keselamatan seperti fire station dan alat pemadam kebakaran juga perlu disediakan untuk mengantisipasi keadaan darurat.



Keterangan Gambar	
B-01	Bin-01
T-01	Tangki-01
T-02	Tangki-02
T-03	Tangki-03
M-01	Mixer-01
R-01	Reaktor-01
CR-01	Crystallizer-01
CF-01	Centrifuge-01
RD-01	Rotary Dryer-01
PM-01	Pinmill-01
VS-01	Vibrating Screen-01
S-01	Silo-01

Gambar 4. 3 Layout Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik asam oksalat dihidrat yang direncanakan akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan badan usaha berbadan hukum yang modalnya terbagi dalam bentuk saham dan dimiliki oleh para pemegang saham sesuai dengan jumlah modal yang ditanamkan. Kepemilikan perusahaan dibuktikan dengan kepemilikan saham, sedangkan tanggung jawab pemegang saham terbatas sebesar modal yang telah disetorkan. Dengan demikian, risiko yang ditanggung oleh pemegang saham tidak melebihi nilai investasi yang

dimiliki. Pemilihan bentuk Perseroan Terbatas (PT) didasarkan pada pertimbangan bahwa bentuk perusahaan ini lebih sesuai untuk industri kimia skala besar yang membutuhkan modal investasi tinggi, sistem pengelolaan yang profesional, serta peluang pengembangan usaha dalam jangka panjang. Selain itu, PT merupakan badan hukum yang terpisah dari pemiliknya sehingga memiliki hak, kewajiban, serta tanggung jawab hukum sendiri sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Adapun pertimbangan pemilihan bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah sebagai berikut:

a. Memudahkan perusahaan dalam memperoleh modal usaha melalui penerbitan dan penjualan saham kepada investor.
b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas pada modal yang ditanamkan sehingga risiko kerugian pribadi dapat diminimalkan.
c. Keberlangsungan perusahaan lebih terjamin karena perubahan atau pergantian pemegang saham tidak mempengaruhi jalannya operasional perusahaan.
d. Adanya pemisahan yang jelas antara kepemilikan perusahaan dan pengelolaan perusahaan, sehingga kegiatan operasional dapat dijalankan secara lebih profesional.
e. Memudahkan perusahaan dalam memperoleh sumber pendanaan dari lembaga keuangan atau perbankan karena statusnya sebagai badan hukum.
f. Memungkinkan perusahaan untuk melakukan pengembangan usaha dan peningkatan kapasitas produksi di masa mendatang melalui penambahan modal.

g. Pemegang saham dapat memilih dewan komisaris dan direksi yang memiliki kompetensi, pengalaman, dan kemampuan manajerial yang baik untuk mengelola perusahaan.
h. Struktur organisasi perusahaan menjadi lebih jelas sehingga pembagian tugas, wewenang, dan tanggung jawab dapat dilaksanakan secara efektif.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas, organ utama perusahaan terdiri atas Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS), Dewan Komisaris, dan Direksi. RUPS merupakan pemegang kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang bertugas menetapkan kebijakan umum perusahaan. Dewan Komisaris bertugas melakukan pengawasan terhadap kinerja Direksi, sedangkan Direksi bertanggung jawab atas pengelolaan dan operasional perusahaan sehari-hari. Dengan memilih bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT), diharapkan pabrik asam oksalat dapat dikelola secara profesional, memiliki kemampuan pendanaan yang kuat, serta mampu berkembang secara berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan pasar di masa mendatang.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan suatu sistem yang mengatur pembagian tugas, wewenang, tanggung jawab, serta hubungan kerja antarbagian dalam perusahaan. Struktur organisasi yang baik sangat diperlukan untuk menciptakan koordinasi dan komunikasi yang efektif sehingga seluruh kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan dengan lancar dan tujuan perusahaan dapat tercapai secara optimal. Selain itu, struktur organisasi yang jelas akan mempermudah proses

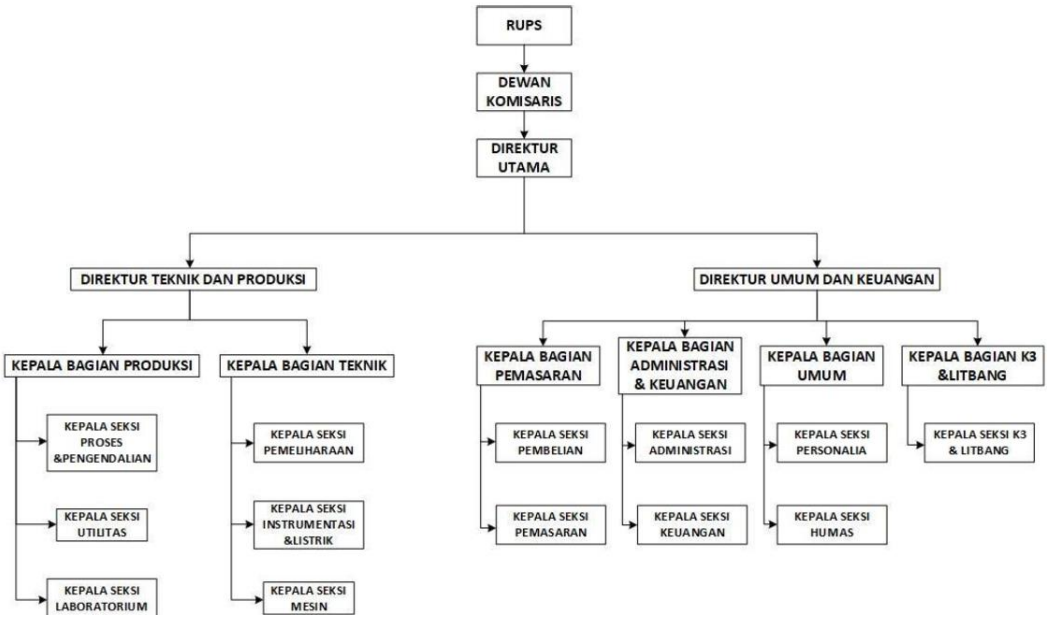
pengawasan, pengambilan keputusan, serta pelaksanaan tugas oleh setiap bagian sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Pabrik asam oksalat dihidrat yang direncanakan menggunakan struktur organisasi garis dan staf (line and staff organization). Struktur organisasi ini dipilih karena sesuai untuk industri kimia berskala besar yang memiliki kegiatan operasional kompleks dan membutuhkan dukungan tenaga ahli di berbagai bidang. Pada sistem garis, hubungan wewenang berlangsung secara langsung dari pimpinan kepada bawahan sehingga proses koordinasi dan pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat. Sementara itu, sistem staf berfungsi memberikan bantuan, saran, dan pertimbangan teknis kepada pimpinan sesuai dengan bidang keahliannya tanpa memiliki wewenang komando secara langsung.

Dalam struktur organisasi pabrik asam oksalat, kekuasaan tertinggi berada pada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) sebagai pemilik modal perusahaan. RUPS bertugas menetapkan kebijakan umum perusahaan serta mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direksi. Dewan Komisaris berfungsi melakukan pengawasan terhadap jalannya perusahaan dan memberikan masukan kepada Direksi dalam pelaksanaan kegiatan perusahaan. Operasional perusahaan dipimpin oleh Direktur Utama yang bertanggung jawab atas seluruh kegiatan perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Umum dan Keuangan. Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab terhadap seluruh kegiatan yang berkaitan dengan proses produksi dan pemeliharaan fasilitas pabrik. Direktur ini membawahi Kepala Bagian Produksi dan Kepala Bagian Teknik. Kepala Bagian Produksi

mengoordinasikan Seksi Proses dan Pengendalian, Seksi Utilitas, serta Seksi Laboratorium. Sementara itu, Kepala Bagian Teknik membawahi Seksi Pemeliharaan, Seksi Instrumentasi dan Listrik, serta Seksi Mesin yang bertugas menjaga keandalan peralatan dan fasilitas pabrik. Direktur Umum dan Keuangan bertanggung jawab terhadap kegiatan administrasi, keuangan, pemasaran, sumber daya manusia, serta penelitian dan pengembangan perusahaan. Direktur ini membawahi Kepala Bagian Pemasaran, Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan, Kepala Bagian Umum, serta Kepala Bagian K3 dan Litbang. Masing-masing kepala bagian membawahi seksi-seksi yang bertanggung jawab melaksanakan tugas operasional sesuai bidangnya.

Dengan penerapan struktur organisasi garis dan staf, diharapkan pembagian tugas, tanggung jawab, dan wewenang dalam pabrik asam oksalat dapat terlaksana secara jelas dan terkoordinasi dengan baik sehingga kegiatan produksi, pengelolaan sumber daya, serta pengembangan perusahaan dapat berjalan secara efektif dan efisien.



Gambar 4. 4 Gambar Struktur Organisasi

4.3.3 Tugas dan Wewenang

1. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) merupakan organ perusahaan yang memiliki kedudukan tertinggi dalam struktur organisasi Perseroan Terbatas (PT). RUPS berfungsi sebagai wadah bagi para pemegang saham untuk menetapkan kebijakan strategis perusahaan serta melakukan pengawasan terhadap jalannya perusahaan melalui laporan yang disampaikan oleh Direksi dan Dewan Komisaris. RUPS diselenggarakan secara berkala, sekurang-kurangnya satu kali dalam satu tahun, dan dapat dilaksanakan sewaktu-waktu apabila terdapat kepentingan perusahaan yang memerlukan keputusan segera.

Sebagai pemegang kekuasaan tertinggi dalam perusahaan, RUPS memiliki beberapa wewenang dan tanggung jawab, yaitu:

a. Mengevaluasi dan menerima laporan pertanggungjawaban Direksi dan Dewan Komisaris atas pelaksanaan tugas dan kinerja perusahaan.

b. Mengangkat, memberhentikan, serta menetapkan penggantian anggota Direksi dan Dewan Komisaris sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

c. Mengesahkan laporan tahunan perusahaan yang meliputi laporan kegiatan operasional, kondisi keuangan, serta laporan laba rugi perusahaan.

d. Menetapkan penggunaan laba perusahaan, baik untuk pembagian dividen kepada pemegang saham, pembentukan dana cadangan, maupun pengembangan dan investasi perusahaan.

e. Menentukan kebijakan umum yang berkaitan dengan arah dan pengembangan perusahaan di masa mendatang.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan organ perusahaan yang mewakili kepentingan para pemegang saham dan diangkat melalui keputusan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Dewan Komisaris bertugas melakukan pengawasan terhadap pengelolaan perusahaan yang dilakukan oleh Direksi serta memberikan masukan guna mendukung tercapainya tujuan perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya, Dewan Komisaris bertanggung jawab kepada RUPS sebagai representasi pemegang saham. Adapun tugas dan wewenang Dewan Komisaris meliputi:

a. Menelaah, mengevaluasi, dan memberikan persetujuan terhadap kebijakan umum perusahaan, rencana kerja, target perusahaan, strategi pemasaran, serta program pengembangan yang diajukan oleh Direksi.

b. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan kegiatan operasional perusahaan dan memastikan seluruh aktivitas perusahaan berjalan sesuai dengan kebijakan yang telah ditetapkan.

c. Memberikan saran, pertimbangan, dan masukan kepada Direksi, khususnya Direktur Utama, dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan kepentingan dan keberlangsungan perusahaan.

d. Memantau kinerja Direksi dalam menjalankan tugas dan tanggung jawabnya serta memastikan pengelolaan perusahaan dilakukan secara efektif dan profesional.

e. Membantu menjaga kepentingan pemegang saham melalui pengawasan terhadap pelaksanaan strategi dan kebijakan perusahaan.

3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab atas seluruh kegiatan operasional dan pengelolaan perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dalam menjalankan kebijakan dan mencapai tujuan perusahaan yang telah ditetapkan oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Adapun tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut:

a. Memimpin dan mengoordinasikan seluruh kegiatan perusahaan agar berjalan secara efektif dan efisien.

b. Menetapkan serta mengawasi pelaksanaan kebijakan perusahaan sesuai dengan keputusan RUPS.

c. Mengembangkan perusahaan melalui perencanaan dan strategi yang mendukung kemajuan usaha.

d. Mewakili perusahaan dalam menjalin hubungan dan kerja sama dengan pihak luar.

e. Mengawasi pelaksanaan tugas setiap bagian dalam perusahaan untuk mencapai target yang telah ditetapkan.

Dalam pelaksanaan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh:

a. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam mengelola dan mengawasi seluruh kegiatan yang berkaitan dengan proses produksi, teknik, utilitas, pemeliharaan, serta laboratorium. Direktur ini bertugas memastikan seluruh fasilitas produksi beroperasi secara optimal sehingga target produksi perusahaan dapat tercapai dengan baik.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Teknik dan Produksi dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu:

1) Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertanggung jawab atas perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan kegiatan produksi agar berlangsung secara efektif dan sesuai dengan target yang ditetapkan. Selain itu, bagian ini juga mengawasi kegiatan pengendalian proses, penyediaan utilitas, serta pengujian kualitas produk di laboratorium. Kepala Bagian Produksi dibantu oleh:

a. Seksi Proses dan Pengendalian
b. Seksi Utilitas
c. Seksi Laboratorium

2) Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik bertanggung jawab terhadap pengelolaan fasilitas dan peralatan pabrik agar selalu berada dalam kondisi operasi yang baik. Bagian ini juga mengawasi kegiatan pemeliharaan, perbaikan, serta sistem instrumentasi dan kelistrikan yang mendukung proses produksi. Kepala Bagian Teknik dibantu oleh:

a. Seksi Pemeliharaan
b. Seksi Instrumentasi dan Listrik
c. Seksi Mesin

b. Direktur Umum dan Keuangan

Direktur Umum dan Keuangan bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam mengelola dan mengawasi seluruh kegiatan yang berkaitan dengan administrasi, keuangan, sumber daya manusia, pemasaran, hubungan masyarakat,

keamanan, serta keselamatan kerja di lingkungan perusahaan. Direktur ini berperan dalam mendukung kelancaran operasional perusahaan dari aspek manajerial dan administratif.

Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Umum dan Keuangan dibantu oleh empat kepala bagian, yaitu:

1. Kepala Bagian Pemasaran

   Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab terhadap kegiatan pengadaan bahan baku serta pemasaran produk 79 erusahaan agar kebutuhan produksi dan target penjualan dapat tercapai. Kepala Bagian Pemasaran dibantu oleh:

   a. Seksi Pembelian
   b. Seksi Pemasaran

2. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

   Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan bertugas mengelola seluruh kegiatan administrasi perusahaan, pencatatan keuangan, serta pengelolaan anggaran dan penggajian karyawan. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan dibantu oleh:

   a. Seksi Administrasi
   b. Seksi Keuangan
   c. Kepala Bagian Umum

3. Kepala Bagian Umum

   Kepala Bagian Umum bertanggung jawab dalam pengelolaan sumber daya manusia, hubungan 80 erusahaan, serta pengamanan lingkungan 80 erusahaan

untuk mendukung kelancaran kegiatan operasional. Kepala Bagian Umum dibantu oleh:

a. Seksi Personalia
b. Seksi Hubungan Masyarakat (Humas)
c. Seksi Keamanan

4. Kepala Bagian K3 dan Litbang

   Kepala Bagian K3 dan Litbang bertanggung jawab terhadap penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta kegiatan penelitian dan pengembangan yang bertujuan meningkatkan kinerja dan efisiensi perusahaan. Kepala Bagian K3 dan Litbang dibantu oleh:

   a. Seksi K3
   b. Seksi Litbang

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik asam oksalat dihidrat yang dirancang beroperasi secara kontinu selama 330 hari per tahun dengan waktu operasi 24 jam per hari. Sisa hari dalam satu tahun digunakan untuk kegiatan pemeliharaan peralatan (maintenance), perbaikan fasilitas, inspeksi, serta penghentian operasi sementara (shut down) yang bertujuan untuk menjaga keandalan proses dan memperpanjang umur pakai peralatan pabrik.

Untuk menjamin kelancaran kegiatan produksi dan operasional perusahaan, diperlukan pengaturan jam kerja karyawan yang terstruktur. Pembagian jam kerja dilakukan agar seluruh kegiatan produksi, pengawasan, administrasi, dan

pemasaran dapat berlangsung secara efektif dan berkesinambungan. Berdasarkan sistem kerjanya, karyawan di pabrik asam oksalat dihidrat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu karyawan non-shift dan karyawan shift.

1. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan non-shift merupakan tenaga kerja yang tidak terlibat secara langsung dalam pengoperasian proses produksi sehari-hari. Kelompok karyawan ini umumnya bertugas pada bidang manajemen, administrasi, keuangan, pemasaran, sumber daya manusia, serta fungsi pendukung lainnya. Karyawan *non-shift* bekerja selama lima hari dalam satu minggu, yaitu mulai hari Senin sampai Jumat, sedangkan hari Sabtu, Minggu, dan hari libur nasional digunakan sebagai hari libur. Kelompok karyawan ini meliputi Direktur Utama, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Umum dan Keuangan, kepala bagian, serta staf administrasi dan perkantoran.

Pengaturan jam kerja karyawan *non-shift* disusun sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan dan peraturan ketenagakerjaan yang berlaku sehingga dapat mendukung efektivitas dan produktivitas kerja. Ketentuan jam kerja karyawan *non-shift* selanjutnya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Jadwal Kerja Karyawan Non-Shift

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	08:00 - 16:00	12:00 -13:00
Jum'at	08:00 - 17:00	11:00 - 13:00

2. Karyawan *Shift*

Karyawan shift merupakan tenaga kerja yang terlibat langsung dalam kegiatan operasional pabrik dan bertanggung jawab menjaga kelangsungan proses produksi selama pabrik beroperasi. Kelompok karyawan ini meliputi operator proses, petugas utilitas, personel laboratorium, teknisi tertentu, operator unit pengolahan limbah, serta petugas keamanan yang bertugas secara bergantian sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

Karena pabrik asam oksalat dihidrat beroperasi secara kontinu selama 24 jam per hari, maka diperlukan sistem kerja bergilir (shift) untuk menjamin kelancaran proses produksi dan menjaga kestabilan operasi pabrik. Pembagian jam kerja karyawan shift diatur dalam beberapa periode kerja yang dilaksanakan secara bergantian. Pengaturan ini dilakukan agar setiap karyawan memperoleh waktu kerja dan waktu istirahat yang seimbang sesuai dengan ketentuan ketenagakerjaan yang berlaku.

Adapun pembagian jam kerja karyawan shift dalam satu hari ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 3 Tabel Jadwal Kerja Setiap Kelompok Shift

Kelompok	Hari/Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L
B	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P
C	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S
D	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M

Tabel 4. 3 Jadwal Kerja Kelompok Shift (Lanjutan)

Kelompok	Hari/Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M
B	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L
C	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P
D	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S

Keterangan:

P = *Shift* Pagi

S = *Shift* Sore

M = *Shift* Malam

L = Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah karyawan pada pabrik asam oksalat dihidrat ditentukan berdasarkan kebutuhan setiap bagian agar kegiatan produksi dan operasional perusahaan dapat berjalan dengan baik. Penentuan jumlah tenaga kerja dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik, sistem kerja, serta tugas dan tanggung jawab masing-masing bagian.

Sistem gaji diberikan sesuai dengan jabatan, tingkat keahlian, dan tanggung jawab karyawan. Adapun rincian jumlah karyawan dan sistem penggajian yang digunakan pada pabrik asam oksalat dihidrat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Jumlah Tenaga Kerja dan Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)
1	Dewan Komisaris	1	Rp40.000.000	Rp40.000,.00
2	Direktur Utama	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000
3	Direktur Produksi dan Teknik	1	Rp30.000,000	Rp30.000,000
4	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
5	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
6	Kepala Bagian Teknik	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
7	Kepala Bagian Produksi	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
8	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
9	Kepala Bagian Umum	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
10	Kepala Bagian K3 dan Litbang	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
11	Kepala Seksi Proses dan Pengendalian	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
12	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
13	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
15	Kepala Seksi Instrumen dan Listrik	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
16	Kepala Seksi Mesin	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
17	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
18	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
19	Kepala Seksi Administrasi	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)
20	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
21	Kepala Seksi Personalia	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
22	Kepala Seksi Humas	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
23	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
24	Kepala Seksi K3	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
25	Kepala Seksi Litbang	1	Rp14.000.000	Rp14.000.000
26	Karyawan Proses dan Utilitas	44	Rp7.000.000	Rp308.000.000
.27	Karyawan Laboratorium	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
28	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
29	Karyawan Pembelian	3	Rp6.500.000	Rp19.500.000
30	Karyawan Pemasaran	2	Rp6.500.000	Rp13.000.000
31	Karyawan Administrasi	3	Rp6.500.000	Rp19.500.000
32	Karyawan Kas	2	Rp6.500.000	Rp13.000.000
33	Karyawan Personalia	2	Rp6.500.000	Rp13.000.000
34	Karyawan Humas	2	Rp6.500.000	Rp13.000.000
35	Karyawan Keamanan	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
36	Karyawan K3	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
37	Karyawan UPL	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
38	Supir	4	Rp3.700.000	Rp14.800.000
39	Librarian	2	Rp3.700.000	Rp7.400.000
40	*Cleaning Service*	6	Rp3.700.000	Rp22.200.000
41	Dokter	2	Rp7.500.000	Rp15.000.000
42	Perawat	2	Rp4.500.000	Rp9.000.000
Total		**121**	**Rp590.600.000**	**Rp1.099.400.000**

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Perusahaan memberikan berbagai hak dan fasilitas kepada karyawan sebagai bentuk dukungan terhadap kesejahteraan, keselamatan, serta kenyamanan kerja. Fasilitas yang diberikan meliputi:

1. Hak Cuti
    a. Cuti Tahunan

        Setiap karyawan berhak memperoleh cuti tahunan selama 12 hari dalam satu tahun kerja. Hak cuti tersebut harus digunakan dalam tahun yang bersangkutan dan tidak dapat diakumulasikan pada tahun berikutnya.

    b. Cuti Bersama

        Perusahaan menetapkan cuti bersama selama 4 hari dalam satu tahun yang umumnya diberikan pada saat Hari Raya Idul Fitri, sehingga karyawan dapat merayakan hari besar bersama keluarga.

    c. Cuti Melahirkan

        Karyawan wanita diberikan hak cuti melahirkan selama 3 bulan dengan tetap memperoleh gaji sesuai ketentuan perusahaan dan peraturan ketenagakerjaan yang berlaku.

2. Libur Nasional

    Hari libur nasional berlaku bagi seluruh karyawan non-shift. Bagi karyawan shift yang tetap menjalankan tugas operasional pada hari tersebut, akan diberikan kompensasi sesuai ketentuan lembur yang berlaku di perusahaan.

3. Lembur

   Kerja lembur dilakukan apabila terdapat kebutuhan operasional tertentu dan harus mendapatkan persetujuan dari atasan atau kepala bagian yang bersangkutan. Karyawan yang melakukan lembur berhak memperoleh upah lembur sesuai peraturan perusahaan.

4. Seragam Kerja

   Perusahaan menyediakan dua pasang seragam kerja setiap tahun bagi setiap karyawan. Selain itu, perusahaan juga menyediakan alat pelindung diri yang diperlukan untuk menunjang keselamatan kerja selama berada di lingkungan pabrik.

5. BPJS Ketenagakerjaan

   Seluruh karyawan diikutsertakan dalam program jaminan sosial ketenagakerjaan yang mencakup perlindungan terhadap kecelakaan kerja, jaminan hari tua, serta manfaat lainnya sesuai ketentuan yang berlaku.

6. Fasilitas Penunjang untuk Karyawan

   a. Transportasi

      Perusahaan menyediakan sarana transportasi bagi karyawan untuk mendukung mobilitas menuju dan dari lokasi pabrik.

   b. Poliklinik

      Fasilitas poliklinik disediakan untuk memberikan pelayanan kesehatan dasar kepada karyawan selama jam kerja.

   c. Tempat Ibadah

Perusahaan menyediakan tempat ibadah yang memadai guna mendukung pelaksanaan kegiatan keagamaan karyawan.

d. Koperasi Karyawan

Koperasi karyawan disediakan untuk membantu memenuhi kebutuhan sehari-hari serta meningkatkan kesejahteraan karyawan.

e. Kantin

Kantin perusahaan menyediakan makanan dan minuman bagi karyawan selama jam kerja dengan harga yang terjangkau

7. Penghargaan Masa Kerja

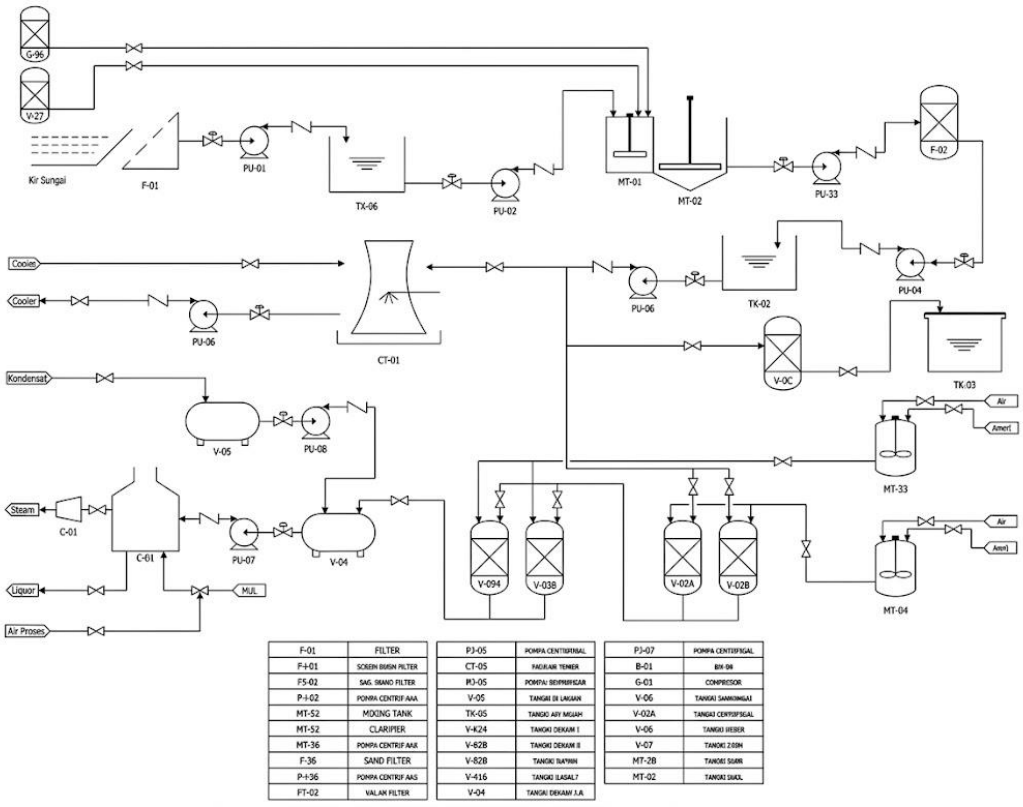
Sebagai bentuk apresiasi terhadap loyalitas dan pengabdian karyawan, perusahaan memberikan penghargaan kepada karyawan yang telah mencapai masa kerja tertentu. Penghargaan ini diharapkan dapat meningkatkan motivasi kerja dan rasa memiliki terhadap perusahaan.

BAB V

UTILITAS

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya suatu proses dalam suatu pabrik. Diperlukan berbagai fasilitas pendukung yang mampu menjamin kelancaran operasional. Fasilitas tersebut dikenal sebagai utilitas, yaitu sistem penunjang yang menyediakan kebutuhan dasar proses seperti air, energi, dan media pendukung lainnya. Peran utilitas sangat vital karena tidak hanya membantu jalannya proses, tetapi juga menjaga efisiensi dan keandalan operasi secara keseluruhan. Tanpa adanya utilitas yang memadai, proses produksi tidak akan dapat berjalan dengan optimal meskipun bahan baku dan peralatan utama telah tersedia. Dalam perancangan pabrik asam oksalat dihidrat ($C_2H_2O_4.2H_2O$) unit pendukung proses yang dibutuhkan antara lain:

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



F-01	FILTER
F-I-01	SCREEN BIGEN FILTER
F5-02	SAS. SIKANO FILTER
P-I-02	POMPA CENTRIF AAA
MT-52	MIXING TANIK
MT-52	CLARIPIER
MT-36	POMPA CENTRIF AAR
F-36	SAND FILTER
P-I-36	POMPA CENTRIF AAS
FT-02	VALAK FILTER

PJ-05	POMPA CENTRIFINGAL
CT-05	PADIAAN TENNER
PJ-05	POMPA: BERPRIFICAR
V-05	TANGKI DI LAKAAN
TK-05	TANGKI AIRY MGIAH
V-K24	TANGKI DEKAM I
V-82B	TANGKI DEKAM II
V-82B	TANGKI BAYNIH
V-416	TANGKI ILASAL?
V-04	TANGKI DEKAM J.A

PJ-07	POMPA CENTRIFIGAL
B-01	BIK-08
G-01	COMPRESOR
V-06	TANGKI SANKINGAI
V-02A	TANGAI CENTRIFIGAL
V-06	TANGKI IREBER
V-07	TANGKI 2IRIN
MT-2B	TANGKI SIARI
MT-02	TANGKI SIKOL

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyedia Air

Ketersediaan air sungai yang relatif kontinu sehingga dapat menjamin pasokan air dan meminimalkan risiko kekurangan air selama operasi pabrik.

Untuk memenuhi kebutuhan air dalam suatu pabrik, sumber air yang digunakan umumnya berasal dari air tanah (sumur), air sungai, air danau, maupun air laut. Pada perancangan pabrik Asam Oksalat ini, sumber air yang dipilih adalah air Sungai Kendal. Pemilihan air sungai didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

a. Ketersediaan air sungai yang relatif kontinyu sehingga dapat menjamin pasokan air dan meminimalkan risiko kekurangan air selama operasi pabrik.

b. Proses pengolahan air sungai cenderung lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan pengolahan air laut yang membutuhkan teknologi lebih kompleks serta biaya yang lebih tinggi.

Pada umumnya kebutuhan air pada pabrik digunakan untuk keperluan:

1. Air Pendingin

Air pendingin dihasilkan dari unit menara pendingin (*cooling tower*). Pada unit ini, air mengalami proses penurunan suhu sehingga dapat digunakan sebagai media pendingin pada peralatan proses seperti *heat exchanger* dan peralatan lain yang memerlukan pendinginan.

Air yang telah digunakan dalam proses perpindahan panas akan dialirkan kembali ke cooling tower untuk didinginkan ulang sebelum digunakan kembali dalam sistem sirkulasi. Dalam pemanfaatan air sungai sebagai air pendingin, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Adanya partikel berukuran besar seperti kotoran, organisme air, dan material tersuspensi lainnya.

- Kandungan partikel berukuran kecil seperti alga dan mikroorganisme yang dapat menyebabkan fouling.

Secara umum, air banyak digunakan sebagai media pendingin karena beberapa keunggulan berikut:

- Ketersediaannya melimpah di alam.

- Mudah diolah dan dikontrol penggunaannya.

- Memiliki kapasitas panas yang tinggi sehingga efektif dalam menyerap panas.

- Stabil terhadap perubahan temperatur dalam rentang operasi tertentu.

- Tidak mengalami dekomposisi selama digunakan sebagai media pendingin.

2. Air Umpan *Boiler*

Untuk memenuhi kebutuhan air umpan *boiler*, digunakan sumber air yang berasal dari air sungai. Agar boiler dapat beroperasi dengan baik serta terhindar dari kerusakan, terdapat beberapa aspek kualitas air yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Zat penyebab korosi

  Korosi pada boiler umumnya disebabkan oleh adanya zat-zat bersifat asam serta gas terlarut seperti O_2, CO_2, H_2S, dan NH_3 yang masuk akibat proses aerasi maupun kontak dengan udara. Keberadaan zat-zat tersebut dapat merusak material boiler secara bertahap.

- Zat pembentuk kerak *(scalling)*

  Kerak terbentuk akibat adanya kandungan kesadahan dalam air, terutama garam-garam kalsium dan magnesium, serta silika yang mengendap pada suhu tinggi. Endapan ini dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas pada boiler.

- Zat penyebab pembusaan (*foaming*)

Pembentukan busa biasanya terjadi karena adanya senyawa organik yang tidakLarut dalam jumlah cukup besar. Kondisi ini cenderung meningkat pada air dengan tingkat alkalinitas tinggi dan dapat mengganggu operasi boiler.

3. Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk berbagai kebutuhan umum seperti perumahan, perkantoran, laboratorium, serta tempat ibadah. Air yang digunakan untuk keperluan ini harus memenuhi standar kualitas yang berlaku agar aman dan layak digunakan. Adapun persyaratan kualitas air sanitasi meliputi:

a. Syarat fisik

- Suhu: lebih rendah atau mendekati suhu udara sekitar
- Warna: jernih
- Rasa: tidak memiliki rasa
- Bau: tidak berbau

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung zat organik maupun anorganik terlarut dalam jumlah berbahaya
- Tidak mengandung zat beracun
- Tidak mengandung mikroorganisme patogen yang dapat membahayakan kesehatan maupun karakteristik air

4. Air pemadam kebakaran dan bengkel

Ketersediaan air untuk pemadam kebakaran merupakan hal yang wajib di setiap pabrik sebagai langkah antisipasi terhadap potensi kebakaran. Dengan adanya sistem ini, kejadian kebakaran dapat ditangani secara cepat dan efektif sehingga meminimalkan kerugian.

Oleh karena itu, air pemadam kebakaran harus selalu disiapkan dan disimpan dalam sistem penyediaan air, seperti bak penampungan air servis. Selain untuk pemadaman kebakaran, air ini juga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan di area bengkel.

5.1.2 Kebutuhan Air

1. Air Pendingin

Kebutuhan air pada pabrik asam oksalat dihidrat dapat dilihat pada tabel

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor 1	R-01	1075,90
Crystallizer 1	CR-01	11820,58
Cooler 1	CL-01	22,34
Belt Conveyor 1	BL-01	6447,91
Total		**12918,81**

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 15502,5739 kg/jam. Didapatkan juga untuk make-up water adalah sejumlah 411,7871 kg/jam

2. Air Steam

Kebutuhan air *steam* pada pabrik asm oksalat dihidrat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Evaporator 1	EV-01	4481,35
Heater 1	HE-01	31,11
Heater 2	HE-02	4882,73
Heater 3	HE-03	263,01
Total		**9660,21**

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20%, sehingga kebutuhan air steam menjadi 11592,25 kg/jam.

3. Service Water

Tabel 5. 3 Kebutuhan Service Water

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Bengkel	12,5
Poliklinik	16,67
Laboratorium	20,83
Pemadam kebakaran	250
Kantin, musholla, kebun, dan lain lain	312
Total	**612,5**

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20%, sehingga kebutuhan Service water 735 kg/jam.

4. Air Domestik

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air untuk tempat tinggal dan kebutuhan air karyawan.

- Kebutuhan air karyawan

  Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk per orang adalah 100-200 liter/hari

  Diambil kebutuhan air setiap orang: 100 L/hari

Jumlah karyawan: 120 orang

Kebutuhan air total: 488,75 kg/jam

- Kebutuhan air area *mess*

  Jumlah *mess*: 45

  Kapasitas tiap *mess*: 3

  Air masuk mess: 18,75 kg/jam

  Sehingga total kebutuhan air domestik didapatkan sebesar 1332,50 kg/jam

5.1.3 Unit Pengolahan Air

Air sungai harus melalui proses pengolahan sebelum dapat digunakan dengan tepat. Proses ini diperlukan untuk menghilangkan kontaminan atau zat- zat lain yang dapat mengganggu kualitas air. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

1. *Screeaning*

   Air dari sungai dipompa dan dialirkan ke tahap awal di mana kotoran-kotoran berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya dipisahkan tanpa menggunakan bahan kimia. Partikel-partikel kecil yang masih tersisa akan diolah lebih lanjut pada tahapan berikutnya. Untuk memastikan bahwa alat penyaring pada proses selanjutnya tetap efektif dan tidak mudah rusak, saringan (*screen*) dipasang di sisi hisap pompa untuk meminimalisir masuknya kotoran.

2. Penggumpalan

Koagulasi adalah proses di mana partikel-partikel koloid digabungkan atau digumpalkan bersama menggunakan koagulan seperti tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$). Tujuan dari proses ini adalah untuk mengubah partikel koloid menjadi netral dan membentuk endapan yang dapat disebabkan oleh gaya gravitasi. Tawas, yang merupakan garam dari asam kuat dan basa lemah, cenderung terhidrolisis dalam suasana basa dalam air. Untuk memfasilitasi proses flokulasi yang efisien, diperlukan penambahan CaOH untuk menurunkan atau menghilangkan kekerasan karbonat dalam air. Ini akan membantu menciptakan kondisi alkalis yang mendukung proses penggumpalan.

Proses flokulasi sendiri bertujuan untuk mengumpulkan partikel-partikel kecil menjadi flok- flok yang lebih besar, sehingga dapat mudah dipisahkan melalui proses sedimentasi dan filtrasi selanjutnya. Dengan demikian, penggunaan koagulan dan flokulasi merupakan tahapan penting dalam pengolahan air untuk menghasilkan air yang bersih dan aman untuk berbagai keperluan konsumsi dan industri.

3. Pengendapan

Proses pengendapan dilakukan dalam bak khusus (clarifier) yang bertujuan untuk mengumpulkan flok-flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Flok-flok yang terbentuk ini akan mengendap di dalam bak pengendapan, di mana mereka akan terpisah dari air. Selanjutnya, endapan atau lumpur yang terbentuk ini akan dibuang dalam proses yang disebut blowdown. Blowdown adalah proses di mana endapan atau lumpur yang telah terkumpul dalam bak

pengendapan dibuang dari sistem untuk menjaga kualitas dan efisiensi proses pengolahan air selanjutnya. Proses pengendapan dan blowdown ini penting dalam memastikan bahwa air yang dihasilkan dari pengolahan memiliki kualitas yang sesuai dengan standar yang ditetapkan, serta untuk menjaga agar sistem pengolahan air tetap efisien dan beroperasi dengan baik.

4. Sand filter

Air yang mengandung padatan tersuspensi dari bak pengendap masuk ke dalam alat sand filter untuk proses filtrasi. Tujuan dari filtrasi ini adalah untuk menghilangkan mineral-mineral seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{2+}, dan lainnya dari dalam air, menggunakan resin sebagai media filtrasi. Sand filter perlu dicuci (back wash, rinse) secara berkala ketika dianggap kotor. Proses backwash melibatkan arus balik air untuk membersihkan media filtrasi dari kotoran dan endapan yang menempel, sementara proses rinse digunakan untuk menyeimbangkan media filtrasi sebelum kembali ke operasi normal. Filtrasi ini merupakan tahap penting dalam pengolahan air untuk memastikan air yang dihasilkan bebas dari kontaminan mineral yang dapat mempengaruhi kualitas air dan memenuhi standar kesehatan.

5. Bak penampungan air bersih

Setelah melewati proses filtrasi, air tersebut dianggap sebagai air bersih dan disimpan dalam bak penampung air sementara sebelum didistribusikan. Bak penampung ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum air disalurkan ke pengguna akhir atau sistem distribusi yang sesuai. Berikut daftar distribusi air bersih:

a. Air domestik dan service

b. Air pendingin (*cooler)*

c. Air pemanas (*steam*)

6. Klorinasi

Klorinasi air merupakan proses dimana klorin (Cl_2) atau hipoklorit ditambahkan ke dalam air. Tujuannya adalah untuk menghilangkan bakteri dan mikroba yang ada dalam air sehingga air tersebut menjadi aman untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Proses ini sangat penting dalam pengolahan air untuk memastikan bahwa air yang dikonsumsi atau digunakan oleh masyarakat bebas dari mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Klorinasi dilakukan di instalasi pengolahan air sebagai bagian dari upaya untuk menjaga kualitas air yang sehat dan aman bagi konsumen.

7. Demineralisasi

Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung dalam air yang telah difiltrasi untuk umpan boiler. Proses ini terdiri dari dua tahap, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Pada tahap pelunakan air, mineral-mineral seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{2+}, dan lainnya dipisahkan dari air menggunakan kation exchanger. Di dalam kation exchanger, mineral-mineral ini diserap oleh resin hydrogen-zeolite yang memiliki kapasitas tertentu untuk menangkap ion-ion tersebut. Ketika resin tidak lagi mampu menangkap mineral, dilakukan proses regenerasi dengan menambahkan asam kuat H_2SO_4. Air yang keluar dari kation exchanger adalah air bebas mineral yang telah diminimalkan kemungkinannya untuk membentuk scalling. Air yang telah

melewati kation exchanger kemudian diproses di anion exchanger untuk dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif yang dapat menyebabkan masalah jika air basa ini dipanaskan, seperti pembentukan gas CO_2 yang dapat mengganggu kinerja boiler dan peralatan proses lainnya. Anion exchanger menggunakan resin weakly basic untuk menangkap ion-ion tersebut. Ketika resin mencapai kapasitas penuh, dilakukan regenerasi dengan menambahkan basa kuat NaOH. Air yang keluar dari anion exchanger telah bersih dari ion-ion yang tidak diinginkan. Namun, untuk digunakan sebagai umpan boiler, diperlukan tahapan pengolahan tambahan untuk memastikan bahwa air tersebut memenuhi standar yang diperlukan untuk mendukung kinerja dan keandalan boiler serta sistem proses lainnya.

8. Daerasi

Air yang telah melalui proses demineralisasi dan akan digunakan sebagai umpan boiler akan mengalami proses dearasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama O_2 yang dapat menyebabkan korosi pada boiler. Korosi ini tidak hanya dapat mempersingkat umur boiler, tetapi juga berpotensi menyebabkan kegagalan struktural yang serius karena pengikisan dalam boiler dapat menyebabkan tekanan yang tidak sesuai dengan desain. Untuk mengatasi masalah gas terlarut, seperti O_2 dan lainnya, senyawa hidrazin (N_2H_4) ditambahkan untuk mengikat gas-gas tersebut sebelum air masuk ke sistem boiler. Setelah proses dearasi, air yang keluar dari deaerator dapat langsung digunakan sebagai air umpan (boiler feed water) dan kemudian dialirkan ke boiler. Di dalam boiler, air tersebut akan dipanaskan hingga menghasilkan

steam. Untuk menjaga kualitas air dalam boiler, sistem blowdown dilakukan secara teratur untuk menghilangkan suspended solid yang terakumulasi. Air yang hilang akibat blowdown diganti dengan make up water agar memenuhi kebutuhan proses secara optimal.

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini hadir untuk memenuhi kebutuhan steam dalam proses produksi asam oksalat dengan menyediakan sebuah boiler yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Berikut spesifikasi boiler:

Kapasitas: 11592,25 kg/jam

Jenis: Boiler Fire Tube

Jumlah: 1 buah

Boiler dilengkapi dengan unit economizer dan safety valve yang berfungsi secara otomatis. Sebelum air dari water treatment plant digunakan sebagai umpan boiler, air tersebut diatur untuk mengontrol kadar silika, O_2, Ca, dan Mg dengan menambahkan bahan kimia ke dalam tangki umpan boiler. pH air juga diatur antara 10,5 hingga 11,5 untuk menghindari korosifitas yang tinggi. Sebelum memasuki boiler, umpan air melewati economizer, sebuah alat penukar panas yang menggunakan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari boiler. Di economizer, air dipanaskan hingga mencapai suhu sekitar 150 °C sebelum dialirkan ke boiler. Di dalam boiler, api dari burner memanaskan lorong-lorong api dan pipa-pipa. Gas sisa pembakaran ini dialirkan ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap. Proses ini memungkinkan air di dalam boiler menyerap panas dari

dinding-dinding dan pipa-pipa, sehingga air tersebut mendidih. Uap air yang terbentuk dikumpulkan hingga mencapai tekanan sekitar 10 bar sebelum dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke berbagai area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik asam oksalat ini dipenuhi oleh PLN, dan untuk mengatasi gangguan pasokan listrik dari PLN, pabrik juga memiliki generator internal yang menggunakan bahan bakar solar. Generator ini menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan putaran poros engkol yang didorong oleh panas dari bahan bakar solar. Tujuannya adalah untuk memastikan kelangsungan pasokan tenaga listrik yang stabil dan berkelanjutan meskipun terjadi gangguan pada pasokan listrik dari PLN. Spesifikasi generator yang digunakan pada pabrik ini adalah:

Kapasitas: 35782,67 kW

Jenis: Boiler Steam Generator

Jumlah: 1 buah

Berikut merupakan rincian kebutuhan listrik pabrik asam oksalat dihidrat

1. Kebutuhan listrik unit proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
1	Mixer-01	M-01	20,0	14,9140
2	Reaktor-01	R-01	19051,70	14206,8516
3	*Crystallizer*-01	CR-01	5,00	3,7285
5	*Centrifuge*-01	CF-01	5,00	3,7285
6	*Rotary Dryer*-01	RD-01	0,75	0,5593
7	*Pinmill*-01	PM-01	0,08	0,0619
8	*Vibrating Screen*-01	VS-01	3,00	2,2371

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses (lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
9	Pompa-01	P-01	0,05	0,0373
10	Pompa-02	P-02	0,05	0,0373
11	Pompa-03	P-03	0.,05	0,0373
12	Pompa-04	P-04	0,05	0,0373
13	Pompa-05	P-05	0,05	0,0373
14	Pompa-06	P-06	0,05	0,0373
15	Pompa-07	P-07	0,05	0,0373
16	Pompa-08	P-08	0,05	0,0373
17	Pompa-09	P-09	0,05	0,0373
18	*Screw Conveyor*-01	SC-01	0,43	0,3207
19	*Screw Conveyor*-02	SC-02	0,43	0,3207
20	*Bel Conveyor*-03	BC-03	0,43	0,3207
21	*Belt Elevator*-01	BE-01	0,08	0,0621
22	*Blower*-01	BL-01	1,5	1,1186
Total			**19088,855**	**14234,559**

2. Kebutuhan listrik unit utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
1	Kompresor	C-01	0.167	0.1243
2	Cooling Tower Fan	T-01	7.500	5.5928
3	Flokulator	M-01	0.333	0.2486
4	Clarifier	M-02	1.500	1.1186
5	Tangki NaOH	M-03	1.500	1.1186
6	Tangki NaCl	M-04	0.750	0.5593
7	Pompa 1	PU-01	1.500	1.1186
8	Pompa 2	PU-02	0.750	0.5593
9	Pompa 3	PU-03	0.500	0.3729
10	Pompa 4	PU-04	0.500	0.3729
11	Pompa 5	PU-05	0.500	0.3729
12	Pompa 6	PU-06	0.050	0.0373
13	Pompa 7	PU-07	1.500	1.1186
14	Pompa 8	PU-08	0.333	0.2486
Total			**17.383**	**12.963**

Sehingga kebutuhan total listrik unit Proses dan unit Utilitas sebesar 14247,522 kW dan untuk alasan keamanan kemudian dilakukan over desain sebanyak 10%, sehingga kebutuhan total Listrik nya sebesar 15672,274 kW.

1. Kebutuhan listrik alat kontrol

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

   P: 5254,216 Kw

2. Kebutuhan listrik penerangan

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

   P: 3152,529 kW

3. Kebutuhan listrik peralatan kantor

   Power yang dibutuhkan untuk kantor (AC, komputer, dll) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

   P: 3152,529 kW

4. Kebutuhan listrik bengkel, lab, dll

   Power yang dibutuhkan untuk bengkel, lab, dll diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

   P: 3152.529 kW

5. Kebutuhan listrik perumahan

   Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik sebesar 1200 watt. Rumah yang akan disaluri Listrik dari pabrik berjumlah 45 rumah. Maka jumlah kebutuhan Listrik untuk perumahan adalah :

   n : 45 buah

   p : 1200 watt x 45

   : 54 kW

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Perumahan

Total kebutuhan listrik Pabrik		
No	**Keperluan**	**Kebutuhan (kW)**
1	Unit Proses	20997,74
2	Unit Utilitas	19,12
3	Alat kontrol	5254,22
4	Penerangan	3152,53
5	Kantor	3152,53
6	Lab, Bengkel, dll	3152,53
7	Perumahan	54,00
Total		35782,67

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Di pabrik ini, udara tekan dibutuhkan untuk mengoperasikan instrumen kontrol dan alat-alat yang berfungsi secara pneumatis. Tekanan udara yang digunakan adalah 4 bar. Pabrik asam oksalat memiliki sekitar 26 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk operasionalnya. Proses pembuatan udara tekan dimulai dengan mengambil udara lingkungan yang kemudian dikompresi menggunakan compressor yang dilengkapi dengan filter udara hingga mencapai tekanan 4 bar. Udara tekan tersebut kemudian dialirkan ke alat-alat kontrol dan proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sekitar 79,2 m^3/jam. Udara yang digunakan harus kering, sehingga setelah keluar dari blower, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi silica gel untuk menghilangkan kelembaban

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah solar dengan volume bahan bakar

25.229 m^3/hari. Solar digunakan sebagai sumber energi utama untuk memanaskan air di dalam boiler hingga berubah menjadi steam. Penggunaan solar yang tepat dan efisien sangat penting untuk menjaga kinerja optimal boiler dan memastikan bahwa proses produksi di pabrik asam oksalat dihidrat berjalan lancar. Oleh karena itu, unit penyedia bahan bakar ini dirancang untuk memastikan pasokan solar yang stabil dan sesuai dengankebutuhan operasional boiler.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pengelolaan limbah yang efektif sangat penting untuk mengurangi dampak lingkungan dari pabrik asam oksalat dihidrat dan mematuhi peraturan yang berlaku. Upaya untuk mengurangi, mendaur ulang, dan mengelola limbah dengan benar membantu dalam menjaga keberlanjutan operasional pabrik dan mendukung praktek industri yang ramah lingkungan. Limbah yang dihasilkan dapat diklasifikasikan menjadi dua:

1. Limbah cair meliputi air buangan yan mengandung zat organik, Blowdown Cooling Water, air backwash filter, dan air berminyak dari pompa. Air limbah domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi gas klorin. Air limbah dari laboratorium diolah terlebih dahulu melalui beberapa proses sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini meliputi pengolahan fisik (pengendapan, penyaringan), pengolahan kimia (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH), dan pengolahan biologis.

2. Bahan buangan udara dan padat dari unit proses memerlukan penanganan khusus untuk mencegah pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi masalah ini, dibuat unit pengolahan limbah yang dirancang untuk mengelola bahan buangan padat dengan aman. Unit ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan sekitar dengan memastikan bahwa semua limbah padat ditangani dengan cara yang aman dan sesuai dengan peraturan lingkungan. Langkah-langkah yang diambil mungkin termasuk penyaringan udara untuk menghilangkan partikel berbahaya dan pemantauan terus-menerus untuk memastikan bahwa kualitas udara di sekitar pabrik tetap dalam batas aman.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	**PU-01**	**PU-02**	**PU-03**	**PU-04**
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai	Mengalirkan air ke Mixing Tank	Mengalirkan air ke bak saringan pasir	Mengalirkan air ke bak air bersih
Jenis	*Single Stage Centrifugal Pump*			
Bahan	*Comercial Steel*			
Kapasitas, gal/jam	10087,92	9607,55	9150,04	9150,04
Spesifikasi				
IPS, in	4 in	4 in	4 in	4 in
Flow area, in^2	12,7	12,7	12,7	12,7
OD, in	4,5	4,5	4,5	4,5
ID, in	4,03	4,03	4,03	4,03
Efisiensi, %	83	83	80	80
Tenaga pompa, hp	2	2	1	1

Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	**PU-05**	**PU-06**	**PU-07**	**PU-08**
Fungsi	Mengalirkan air ke cooling tower dan tangki klorinasi	Mengalirkan air ke unit proses sebagai media pendingin	Mengalirkan air ke umpan boiler	Mengalirkan kondensat sebagai umpan boile
Jenis	*Single Stage Centrifugal Pump*			
Bahan	*Comercial Steel*			
Kapasitas, gal/jam	8970,6	3994,56	3429,11	2981,83
Spesifikasi				
IPS, in	4	1,25	3	3
Flow area, in^2	12,7	1,5	7,38	7,38
OD, in	4,5	1,66	3,5	3,5
ID, in	4,06	1,38	3,1	3,1
Efisiensi, %	80	80	80	80
Tenaga pompa, hp	1	0,05	1,5	1,5

Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Utilitas

Kode	**Tangki Tawas (V-01)**	**Tangki CaOH (V-02)**	**Tanki NaOH (V-05)**	**Tangki NaCl (V-06)**	**Tangki air rumah tangga (V-09)**
Fungsi	larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi	Menyiapkan dan menyimpan larutan CaOH 5% untuk 1 minggu operasi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar aion	Melarutkan NaCl sebagai umpan regenerasi penukar anion	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Jenis	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder berpengaduk	Tangki Silinder berpengaduk	Tangki silinder
Bahan	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon steel*
Spesifikasi					
Tinggi, m	2,5	2,02	2,09	1.29	2,90
Diameter, m	1,23	1,01	1,75	1,1	2,90
Jenis impeller	-	-	*Flat blade turbin*	*Flat blade turbin*	-

Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode	**Tangki Tawas (V-01)**	**Tangki CaOH (V-02)**	**Tanki NaOH (V-05)**	**Tangki NaCl (V-06)**	**Tangki air rumah tangga (V-09)**
Jumlah impeller	-	-	1	1	-
Diameter impeller, m	-	-	0,58	0,36	-
Power motor, hp	-	-	1,5	0,75	-
Kapasitas, kg	-	-	375,3921	120,126	678
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode	**Tangki Klorinasi (V-07)**	**Tangki Kation (V-03)**	**Tangki Anion (V-04)**	**Tangki Deaerator (V-08)**	**Tangki Kondensat (V-09)**
Fungsi	Menghlangkan bakteri pada air menggunakan kaporit (klorin)	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air	Menghilangkan gas CO2 dan O2 yang terikat dalam feed water	Mengumpulkan kondensat
Jenis	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder horizontal	Tangki Silinder horizontal
Bahan	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon steel*
Spesifikasi					
Tinggi, m	2,67	5,92	3,81	2,82	5,65
Diameter, m	1,34	4,92	3,17	2,82	2,82
Jenis impeller	-	-	-	-	-
Jumlah impeller	-	-	-	-	-
Diameter impeller	-	-	-	-	-
Power motor	-	-	-	-	-
Kapasitas, kg	1,5	5	5	5	5
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Utilitas

Kode	**Bak Pengendapan awal (TK-01)**	**Bak penampung air bersih (TK-02)**
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Menampung sementara air bersih setelah disaring
Jenis	Bak persegi yang diperkuat beton bertulang	Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin
Spesifikasi		
Panjang, m	19,3	8,9
Lebar, m	19,3	8,9
Tinggi, m	9,6	4,5
Volume, m^3	3594,8	359,3

Tabel 5. 10 Spesifikasi Mixing Tank dan Klarifer

Kode	***Mixing tank* (MT-01)**	**Klarifier (CL-01)**
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan	Menggumpalkan dan mengendapkan koloid yang terbawa oleh air dan pengendap awal
Jenis	Tangki Silinder berpengaduk	Tangki silinder Conical Bottom berppengaduk
Spesifikasi		
Tinggi, m	4,8	10,5
Diameter, m	4,8	10,5
Volume, m^3	179,7	898,4
Jenis Impeller	*Marine propeller 3 blade*	*Marine propeller 3 blade*
Jumlah Impeller	1	1
Diameter Impeller, m	1,6	3,5
Power Motor, hp	0,33	1,5
Jumlah	1	2

Tabel 5. 11 Spesifikasi Cooling Tower

Kode	***Cooling tower* (CT-01)**
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	*Induced draft cooling tower*
Bahan	*Carbon Steel*
Spesifikasi	
Panjang, m	3,7
Lebar, m	3,7
Tinggi, m	8,8

Tabel 5. 12 Spesifikasi Blower Cooling Tower

Kode	***Blower Cooling tower* (BL-01)**
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan degan air yang didinginkan
Jenis	*Centrifugal blower*
Bahan	*Carbon steel*
Spesifikasi	
Kapasitas, m^3/jam	257558,2
Efisiensi, %	80
Power, hp	7,5

Tabel 5. 13 Spesifikasi Sand Filter

Kode	***Sand filterr* (SF-01)**
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air
Jenis	*Tangki silinderr*
Bahan	*Carbon steel*
Spesifikasi	
Vloume, m^3	38,6
Diameter, m	2,1
Tinggi, m	4,3

Tabel 5. 14 Spesifikasi Compressor

Kode	***Compressor* (C-01)**
Fungsi	Menekan udara sebanyak jumlah yang ditentukan dan mengubah tekanan menjadi yang diinginkan
Jenis	*Compressor Centrifugal*
Bahan	*Carbon steel*
Spesifikasi	
Kapasitas, kmol/jam	0,0881
Efisiensi, %	80
Power, hp	0,17

Tabel 5. 15 Spesifikasi Boiler

Kode	***Boiler (B-01)***
Fungsi	Membuat saturated steam
Jenis	*Tangki silinder horizontal*
Spesifikasi	
Diameter, m	1,7
Tinggi, m	3,4
Volume, m^3	3,8

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada tahap awal perencanaan pembangunan pabrik, pelaksanaan analisis ekonomi menjadi hal yang sangat krusial untuk memperoleh estimasi kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi. Analisis ini mencakup evaluasi kebutuhan modal investasi, proyeksi laba yang dapat diperoleh, periode pengembalian modal, serta penentuan titik impas (*break-even point*) di mana total biaya produksi sama dengan pendapatan yang diperoleh. Tujuan utama dari analisis ekonomi ini adalah untuk menilai apakah pendirian pabrik tersebut layak secara ekonomi dan mampu memberikan keuntungan yang memadai. Dalam proses evaluasi, beberapa indikator penting yang menjadi perhatian meliputi:

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Discounted Cash Flow Rate (DCF Rate)*
4. *Break Even Point (BEP)*
5. *Shut Down Point (SDP)*

Sebelum melakukan analisis terhadap indikator-indikator tersebut, perlu dilakukan estimasi terhadap beberapa komponen berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*), yang meliputi:
   a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
   b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), yang terdiri dari:

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

3. Pendapatan modal

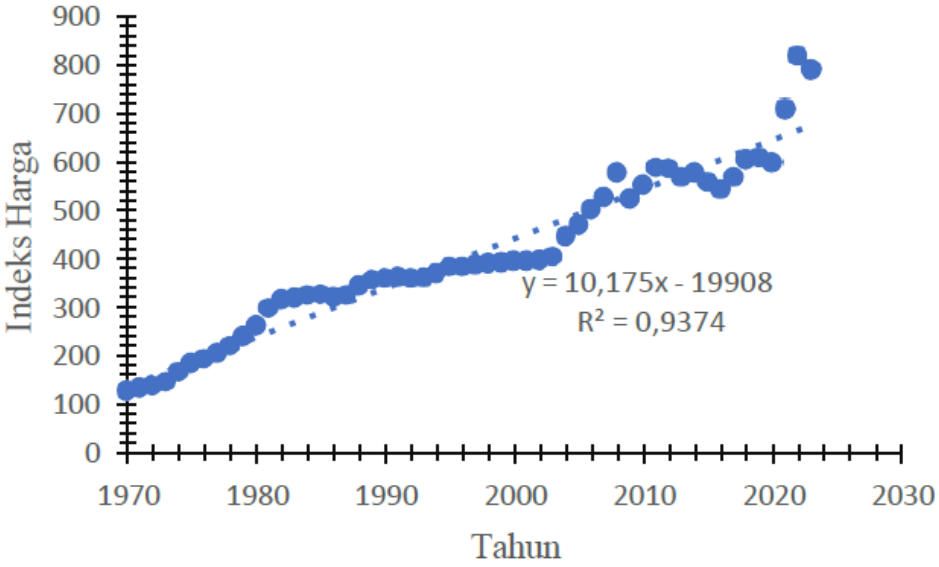
    Untuk menentukan titik impas, estimasi terhadap biaya tetap (*Fixed Cost*), biaya variabel (*Variable Cost*), dan biaya mengambang (*Regulated Cost*) juga harus dilakukan.

6.1 Penafsiran Harga Peralatan

Penetapan harga peralatan setiap tahunnya menjadi suatu tantangan karena adanya fluktuasi kondisi ekonomi yang mempengaruhi harga tersebut. Oleh karena itu, diperlukan metode atau pendekatan yang dapat memproyeksikan harga peralatan pada tahun-tahun tertentu dengan mempertimbangkan indeks harga peralatan operasi pada periode terkait. Dalam analisis ekonomi, harga peralatan serta faktor-faktor lain dihitung berdasarkan tahun analisis yang digunakan.

Indeks harga pada tahun 2031 dapat diperkirakan melali pendekatan regresi linear berdasarkan data indeks dari tahun 1970 hingga 2026. Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah y = 10,175x – 19.908. Pabrik asam oksalat berbahan glukosa dan asam nitrat dengan kapasitas produksi 7.200 ton per tahun direncanakan mulai dibangun pada tahun 2030 dan mulai beroperasi pada tahun 2031. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan regresi linear, diperoleh nilai indeks sebesar 747,25 untuk tahun 2030.

Adapun grafik ploting data tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga

Harga diperoleh dari situs matche (www.matche.com) serta beberapa referensi lainnya. Perhitungan alat pada tahun 2030 saat pabrik didirikan diperoleh dengan persamaan berikut:

$$Ex = \left(\frac{N_x}{N_y}\right) E_y \tag{15}$$

Keterangan:

Ex : Harga alat pada tahun pembelian

Ey : harga alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun pembelian

Ny : indeks harga pada tahun referensi

6.2 Dasar perhitungan

Pabrik asam oksalat berkapasitas 7.200 ton/tahun yang menggunakan asam nitrat dan glukosa dapat dianggap sebagai pabrik dengan risiko rendah. Hal ini dapat disimpulkan dari kondisi operasional dan bahan baku yang digunakan. Kondisi operasionalnya yang sedang pada suhu 65°C - 150°C dan tekanan 1 atm, sementara bahan bakunya, utamanya senyawa organik, tidak membahayakan pekerja.

Analisis kelayakan pabrik dilakukan untuk menilai sejauh mana keuntungan yang dapat diperoleh, sehingga dapat diidentifikasi apakah pabrik tersebut memiliki potensi ekonomi yang tinggi atau tidak. Dalam analisis kelayakan ekonomi rancangan pabrik ini, dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode tertentu untuk mengevaluasi faktor-faktor seperti investasi modal, estimasi laba, periode pengembalian modal, serta titik impas antara biaya produksi dan keuntungan yang diperoleh.

Kapasitas Produk	: 7.200 ton/tahun
Satu Tahun Operasi	: 330 hari
Umur Pabrik	: 10 tahun
Pabrik Didirikan Pada Tahun	: 2029
Kurs Mata Uang	: 1 US $ = Rp 17.973

6.3 Komponen Biaya Modal (*Capital Invesment*)

6.3.1 Modal (capital investmen)

Capital investment adalah jumlah pengeluaran yang dperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari:

1. *Fixed capital investment*

   Fixed capital investment merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6. 1 Physical Plant Cost (PPC)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Purchase Equipments Cost*	120.130.244.716	6.696.600
2	*Installation, Insultation, Painting*	30.032.561.179	1.674.150
3	*Instrumentation and Controls*	7.207.814.683	401.796
4	*Piping*	12.013.024,472	669.660
5	*Electrical Equipment and Material*	12.013.024.472	669.660
6	*Buildings, Process and Auxiliary*	54.224.000.000	3.022.690
7	*Service Facilities and Yard*	48.052.097.886	2.678.640
8	*Land*	3.577.000	199
TOTAL		163.546.099.691	9.116.795

Tabel 6. 2 *Direct Plant Cost* (DPC)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Physical Plant Cost (PPC)*	163.546.099.691	9.116.795
2	*Engineering and Constructions*	17.990.070.966	1.002.847
TOTAL		181.536.170.657	10.119.643

Tabel 6. 3 *Fixed Capital Investment* (FCI)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Direct Plant Cost*	163.546.099.691	9.116.795.30
2	*Contractor's Fee*	10,892.170.239	607.179
3	*Contigency*	9.076.808.533	505.982
TOTAL		183.515.078.463	10.229.956

2. *Working Capital Investmen*

Working capital investment merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu. Beberapa sumber modal untuk mendirikan pabrik meliputi pinjaman bank, dana pribadi, atau investasi dari pihak ketiga.

Tabel 6. 4 *Working Capital Investment* (WCI)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Raw Material Inventory*	12.330.911.194.52	687.380.46
2	*Inprocess Inventory*	11.369.716.631.05	633.799
3	*Produck Inventory*	22.739.433.262	1.267.598
4	*Extended Credit*	287.839.290	16.045
5	*Available cash*	22.739.433.262.10	1.267.598
TOTAL		69.467.333.640	3.872.421

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah jumlah direct, indirect, dan fixed manufacturing cost, yang selalu berkaitan dengan pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

1. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Direct cost merupakan pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk yang berhubngan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6. 5 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Raw Material*	135.640.023.140	7.561.185
2	*Labor Cost*	13.192.800.000	735.426
3	*Supervision*	1.319.280.000	73.543
4	*Maintenance*	4.030.102.989	224.656
5	*Plant Supplies*	403.010.299	22.466
6	*Royalty and Patents*	3.166.232.200	176.500
7	*Utilities*	29.043.846.060	1.619.035
TOTAL		186.795.294.687	10.412.810

2. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Indirect cost merupakan pengeluaran-pengeluaran tidak langsung terkait unit produksi dalam operasi pabrik.

Tabel 6. 6 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Payoll Overhead*	1.978.920.000	110.314
2	*Laboratory*	1,319,280,000	73.543
3	*Plant Overhead*	9.234.960.000	514.798
4	*Packaging and Shipping*	31.662.322.000	1.765.000
TOTAL		44.195.482.000	2.463.655

3. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

Fixed Cost merupakan biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak, dengan kata lain pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 7 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Depreciation*	16.120.411.954	898.624
2	*Property tax*	2.015.051.494	112.328
3	*Insurance*	1,007,525,747	56.164
TOTAL		19.142.989.196	1.067.116

Tabel 6. 8 *Total Manufacturing Cost* (TMC)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Direct Manufacturing Cost*	186.795.294.687	10.412.810
2	*Indirect Manufacturing Cost*	44.195.482.000	2.463.655
3	*Fixed Manufacturing Cost*	19.142.989.196	1.067.116
TOTAL		250.133.765.883	13.943.581

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Pengeluaran umum, atau *General Expenses*, mencakup biaya-biaya yang terkait dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam biaya produksi (*Manufacturing cost*). Biaya ini dikeluarkan untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6. 9 *General Express* (GE)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	Administrasi	7.504.012.976	418.307.
2	*Sales expense*	12.506.688.294	697.179
3	*Reearch*	8.754.681.806	488.025
4	*Finance*	2.709.724.831	151.052
TOTAL		31.475.107.907	1.754.564

Tabel 6. 10 *Total Prodution Cost*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Manufacturing Cost*	250.133.765.883	13.943.581
2	*General Expense*	31.475.107.907	1.754.564
TOTAL		281.608.873.790	15.698.145

6.4 Analisis Risiko Pabrik

Analisis risiko pabrik dilakukan untuk mengukur sejauh mana risiko yang dihadapi sebuah pabrik, apakah termasuk risiko tinggi (*high risk*) atau rendah (*low risk*), serta untuk mencari solusi terhadap setiap risiko yang teridentifikasi. Berdasarkan analisis risiko yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik asam oksalat termasuk dalam kategori risiko rendah (*low risk*) dengan alasan sebagai berikut.

1. Kondisi Operasi

   Prarancangan pabrik asam oksalat dihidrat beroperasi pada suhu yang bervariasi antara 30°C hingga 150°C dengan tekanan operasi sekitar 1 atm. Dengan kondisi operasi yang relatif rendah tersebut, prarancangan pabrik dianggap cukup aman.

2. Bahan Baku dan Produk

   Bahan baku dan produk dari prarancangan pabrik asam oksalat memiliki sifat kimia yang tidak terlalu mudah terbakar dan toksisitas yang rendah.

6.5 Analisa Keuntungan

Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan	: Rp316.623.220.000
Total *Production Cost*	: Rp281.608.873.790
Keuntungan	: Total Penjualan – Total Biaya Produksi
	: Rp316.623.220.000 - Rp281.608.873.790
	: Rp35.014.346.209

Keuntungan Sebelum Pajak

Pajak 20% dari keuntungan	:
Keuntungan	: keuntungan sebelum pajak – pajak
	: Rp35.014.346.209 - Rp7.245.069.222
	: Rp28.980.276.890

6.6 Analisa Kelayakan

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

1. *Return on Investment* (ROI)

Return on Investment (ROI) adalah ukuran keuntungan yang diperoleh setiap tahun dari investasi yang dilakukan. Pabrik dengan risiko rendah memiliki ROI sebelum pajak minimum sebesar 11%, sementara pabrik dengan risiko tinggi memiliki ROI sebelum pajak minimum sebesar 44%. Uang yang diperoleh atau hilang dari investasi tersebut dikenal sebagai laba/rugi atau bunga.

$$\%\ ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Investment}\ x\ 100\% \qquad (16)$$

a. ROI sebelum pajak (ROI b)

   ROI = 17.4 %

b. ROI setelah pajak (ROI a)

   ROI =13.90 %

2. *Pay Out Time* (POT)

   Pay Out Time adalah durasi waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini berguna untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dilakukan dapat kembali.

$$\text{POT} = \frac{Fixed\ capital\ investment}{Keuntungan + Depresant} \qquad (17)$$

1. POT sebelum pajak (POT b)

   POT = 3,94 tahun

2. POT setelah pajak (POT a)

   POT = 4,57 tahun

3. *Break Even Point* (BEP)

Break even point adalah titik di mana total biaya dan total pendapatan adalah sama. Dengan mengetahui *break even point*, kita dapat menentukan harga jual minimum dan jumlah unit yang harus dijual untuk mencapai titik impas, serta harga per unit yang diperlukan untuk meraih keuntungan. Umumnya, nilai BEP untuk pabrik kimia berada dalam kisaran 40-60%.

$$BEP = \frac{Fa+0{,}3Ra}{Sa-Va-0{,}7Ra}\ x\ 100\% \qquad (18)$$

Dimana:

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cos*t produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6. 11 *Annual Fixed Manufacturing Cost* (Fa)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Depreciation*	16.120.411.954	898.624
2	*Property tax*	2.015.051.494	112.328.03
3	*Insurance*	1.007.525.747	56.164
TOTAL		19.142.989.195	1.067.116

Tabel 6. 12 Annual Regulated Expenses (Ra)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Labor Cost*	13.192.800.000	735.426
2	*Payroll Overhead*	1.978.920.000	110.313
3	*Supervision*	1.319.280.000	73.542
4	*Plant Overhead*	9.234.960.000	514.798
5	*Laboratory*	1.319.280.000	735.426
6	*General Expenses*	31.475.107.907	1.754.564
7	*Maintenance*	4.030.102.988	224.656
8	*Plant Supplies*	403.010.298	22.465
TOTAL		62.953.461.194	3.509.309

Tabel 6. 13 *Annual Variable Value* (Va)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Raw Material*	135.640.023.139	7.561.185
2	*Packaging and Shipping*	31.662.322.000	1.765.000
3	*Utilities*	29.043.846.060	1.619.034
4	*Royalities and Patents*	3.166.232.200	$176.500
TOTAL		199.512.423.399	11.121.719

Tabel 6. 14 *Annual Sales Value* (Sa)

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Annual sales value*	316.623.220.000	17.650.002
TOTAL		316.623.220.000	17.650.002

Dengan menggunakan data yang sduah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar:

BEP = 52%

4. *Shut Down* (SDP)

Shut Down Point adalah kondisi atau titik di mana keputusan untuk menghentikan aktivitas produksi harus diambil. Penyebabnya bisa berupa biaya variabel yang terlalu tinggi atau keputusan manajemen yang menganggap aktivitas produksi tidak ekonomis karena tidak menghasilkan keuntungan. Hal ini terjadi karena biaya melanjutkan operasi pabrik lebih besar dibandingkan dengan biaya untuk menutup pabrik dan membayar biaya tetap.

$$SDP = \frac{0{,}3Ra}{Sa - Va - 0{,}7\ Ra}\ x\ 100\% \qquad (19)$$

Didapatkan SDP = 26%

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah estimasi keuntungan yang diharapkan diperoleh setiap tahun dari investasi, yang tidak dikembalikan pada akhir setiap tahun selama masa operasional pabrik. Batasan untuk DCFR adalah 1,5 kali tingkat bunga bank.

$$\frac{(WC+FCI)x(1+i)^{10}}{CF} = (((1+i)^9 + 1 + i)^8 + \cdots + (1+i)1)\ \frac{WC+SC}{CV} \qquad (20)$$

Dimana:

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = umur pabrik 10 tahun

i = nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut

FCI = Rp 201.505.149.429

WC = Rp 69.467.333.641

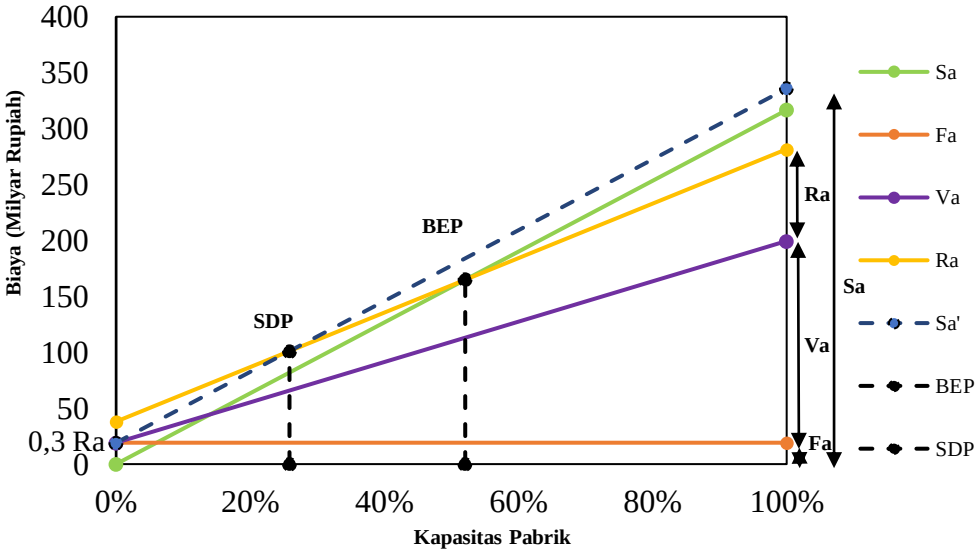
SV = Rp 20.150.514.942

n = 10 tahun

sehingga diperoleh nilai DCFR sebesar 16.70%

Tabel 6. 15 Kesimpulan Perhitungan

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Kesimpulan
ROI	20%	Minimal 11%	Memenuhi (layak)
POT	3,94 tahun	Maksimal 5 tahun	Memenuhi (layak)
BEP	52%	Kisaran 40 – 60%	Memenuhi (layak)
SDP	26%	Minimal 20 %	Memenuhi (layak)
DCFR	17%	Minimal = 7,13% (1,5 bunga bank)	Memenuhi (layak)



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan pabrik asm oksalat dihidrat berbahan baku asam nitrat dan glukosa dengan kapasitas sebesar 7.200 per tahun, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahan baku utama berupa asam nitrat dipasok oleh PT Multi Nirotama Kimia di Kawasan Industri Kujang, Jawa Barat. Glukosa dipasok oleh PT PG Rajawali II di Cirebon dan asam sulfat didapatkan dari PT Timur Raya di Karawang.
2. Alasan pendirian pabrik asam oksalat dihidrat adalah kebutuhan bahan kimia asam oksalat yang akan makin naik tiap tahunnya dan masih belum diproduksi di dalam negara, dengan begitu dapat megurangi ketergantungan impor. Disisi lain juga untuk meningkatkan pemasukan negara dengan melakukan produksi dan mengimpornya.
3. Pabrik asam oksalat dihidrat direncanakan dibangun di kawasan industri Kabupaten Karawang, Jawa Barat, Indonesia. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada beberapa pertimbangan, seperti kedekatan dengan sumber bahan baku, ketersediaan tenaga kerja, peluang pengembangan pabrik, ketersedian utilitas seperti air dan listrik.
4. Berdasarkan analisa ekonomi, maka dedapatkan hasil sebagai berikut
    a. Keuntungan yang diperoleh = Rp35.014.346.209
    b. *Return on investment* (ROI) = 20%

c. *Pay out time* (POT) = 3,94 tahun

d. *Break even point* (BEP) = 52%

e. *Shut down point* (SDP) = 26%

f. *Discounted cash flow* (DCFR) = 17%

7.2 Saran

Prarancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia, antara lain sebagai berikut.

1. Optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang serta bahan baku perlu diperhatikan agar memperoleh keuntungan yang lebih optimal.
2. Perancangan pabrik kimia tentunya perlu memperhatikan produksi limbah, sehngga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih tamah lingkungan.
3. Produksi asam oksalat dihidrat jika direalisasikan maka dapat memenuhi kebutuhan di masa mendatang sehingga dapat mengurangi angka ketergantungan impor yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R. S., and R. D. Newton. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. New York: McGraw Hill Book Company.

Badan Pusat Statistik. 2025. Statistic Indonesia. www.bps.go.id.

Brown, G. G. 1973. Unit Operations. Modern Asia ed. Tokyo, Japan: Tuttle Company Inc. Brownell, L. E., and E. H. Young. 1979. Equipment Design. New Delhi: Wiley Eastern Limited

Burdick, Edward. 2018 Process for production of Alkyl Acrylates. United States. The Interscience Encyclopedia

Chemical Information services. 2020. Petrochemical. http://www.icis.com

Chopey, N. P., and G. H. Tyler. 1994. Chemical Engineering Calculations, 4th ed. New York: The McGraw – Hill Companies, Inc.

Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. Chemical Equipment Design, Vol.6. New York: John Wiley and Sons. Inc.

Geankoplis, C. J. 1978. Transport Processes and Unit Operations, 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall International, inc.

Ghoshna, Jyoti. Amit Keshav. 2015. Experimental and Kinetic Study of Esterification of Acrylic Acid with Ethanol Using Homogeneous Catalyst. Raipur Chhattigsrh India Hart, Harold. 1990. Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat, Edisi 6. Jakarta: Erlangga. Hershberger et al. 2005. United States Patent Application Publication. United States of America

Kern, D. Q. 1983. Process Heat Transfer. New York: Mc Graw Hill Book Co. Ltd.

Kirk, R. E., and D. F. Othmer. 1979. Encyclopedia of Chemical Engineering

Matche equipment cost. http://www.matche.com/EquioCost

Mc Cabe, W. L. and J. C. Smith. 1976. Unit Operation of Chemical Engineering, 3rd ed. Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha, Ltd.

Mc. Ketta, J. J. 1976. Encyclopedia of Chemical Processing and Petrochemical Plant.

Perry, R.H. and D. W. Greeen. 1997, Perry's Chemical Engineering Handbooks, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.

Singapore: McGraw - Hill International Edition.

Smith, J. M., and H. C. Van Ness. 1987. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th ed. Singapore: McGraw Hill Book Company.

Technology. Vol III, XV. Vol. 3. New York: John Willey and Sons Inc.

Walas, S. M. 1988. Chemical Process Equipment. New York: Butterworth Publishers, Reed Publishing Inc,

Yaws, Carl. L. 1999. Chemical Properties Handbook. New York : McGraw-Hill.

Yu-Zeng. 2012. Self Assosiaction of Ethyl Acrylate in water. Beijing Peking University China.

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

PERANCANGAN REAKTOR

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara glukosa dan asam nitrat menjadi asam oksalat denan bantuan asam sulfat dan katalis vanadium pentoksida.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Kondisi Operasi :

Suhu : 65°C

Tekanan : 1 atm

Reaksi : Non Adiabatis Isotermal

Tujuan : Menentukan Jenis Reaktor
Menghitung Neraca Massa Reaktor
Menyusun Laju Persamaan Keseluruhan
Perancangan Reaktor

1. Penentuan Jenis Reaktor

Pemilihan reaktor jenis RATB dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Terdapat pengaduk sehingga didalam reaktor tercampur dengan sempurna (homogen).
- Pengontrolan suhu mudah, sehinga kondisi operasi yang isothermal bias dipenuhi.

- Fase reaksi cair sehingga memungkinkan penggunaan RATB.
- Mudah dalam melakukan pengontrolan secara otomatis sehingga produk lebih konsisten dan biaya operasi lebih rendah.

2. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 4	**Arus 5**	**Arus 6**	**Arus 7**
$C_6H_{12}O_6$		843,135		202,352
HNO_3	3425,234			2079,592
H_2SO_4	1911,281			1911,281
$C_2H_2O_4$				961,174
V_2O_5	0,734			0,734
NO			640,782	
H_2O	1988,221	210,784	384,469	2199,004
Total	**8379,388**		**8379,388**	

3. Menyusun Persamaan Laju Reaksi Keseluruhan

Reaksi yang terjadi dalam reaktor sebagai berikut:

$$C_6H_{12}O_6 + 6HNO_3 \rightarrow 3C_2H_2O_4 + 6NO + 6H_2O$$

Persamaan Laju Reaksi

Konversi : 76%

Reaksi dianggap berorde 1 secara keseluruhan.

$$(-r_A) = k.C_A.$$

Dengan :

$(-r_A)$ = Laju reaksi $C_6H_{12}O_6$, kmol/m^3.jam

k = Konstanta laju reaksi, min^{-1}.

C_A = Konsentrasi $C_6H_{12}O_6$, kmol/m3.

Nilai k dari jurnal : $1{,}12 \times 10^{-2}\ \text{min}^{-1}$

(Metin Guru *et al*., 2001)

4. Perancangan Reaktor

1. Menghitung Densitas Komponen

Untuk menghitung densitas, dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Densitas = A.B^{-}(1-\frac{T}{T_C})^{n}$$

Komponen	Rumus kimia	A	B	n	Tc
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	-	-	-	-
Asam Nitrat	HNO_3	0,43471	0,2311	0,1917	520.00
Asam Sulfat	H_2SO_4	0,42169	0,19356	0,2857	373,53
Asam Oksalat	$C_2H_2O_4$	0,43975	0,215	0,28571	804.00
Vanadium oksida	V_2O_5	178294	0,30	0,29	2183,15
Nitrogen Moniksida	NO	0,51712	0,3044	0,242	180,15
Air	H_2O	0,3471	0,274	0,28571	647,13

2. Menghitung Viskositas Komponen

Komponen	Rumus kimia	A	B	C	D
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	43,502	-10134	0,0064	
Asam Nitrat	HNO_3	-35,221	729	0,003960	-0,000002
Asam Sulfat	H_2SO_4	-187,045	3500	0,033100	-0,001700
Asam Oksalat	$C_2H_2O_4$	-17,822	3653,1	0,0301	-0,000019
Vanadium oksida	V_2O_5	-0,7835	159	0,001880	-0,000005
Nitrogen Moniksida	NO	-68,816	325	0,050100	-0,000166
Air	H_2O	-102,158	1790	0,017700	-0,000013

3. Menghitung Kapasitas Panas Komponen (Cp)

Untuk menghitung kapasitas panas, dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Cp = A + BT + CT^2 + DT^3$$

Komponen	Rumus kimia	A	B	C	D
Glukosa	$C_6H_{12}O_6$	4,1526	-0,00107	0,00002	
Asam Nitrat	HNO_3	214,4780	-0,768	0,00150	0,000000302
Asam Sulfat	H_2SO_4	26,004	0,703	-0,00139	0,00000103
Asam Oksalat	$C_2H_2O_4$	0,206	0,505	-0,00047	
Vanadium oksida	V_2O_5	15,8	0,061	-0,00004	
Nitrogen Moniksida	NO	9860,145	-213	1,51000	-0,00346
Air	H2O	92,053	-0,04	-0,00021	0,000000535
Asam Oksalat Dihidrat	$C_2H_2O_4.2H_2O$	0,206	0505	-0,00047	

4. Menghitung Volumetrik

Komponen	Jumlah (kg/jam)	Fraksi	Densitas	Densitas campuran	Fv (m3/jam)
$C_6H_{12}O_6$	843,13	0,1006	527,5140	53,0785	1,5983
HNO_3	3425,23	0,4088	488,1767	199,5515	7,0164
H_2SO_4	1911,28	0,2281	441,5535	100,7153	4,3285
V_2O_5	0,73	0,0001	2932,8580	0,2569	0,0003
H_2O	2199	0,2624	0,4321	0,1134	5088,6586
Total	8379,39	1.00	4390,5344	353,7157	5101,6021

1. Menghitung Kecepatan Laju Alir Volumetrik (Fv)Fv = Massa (kg/jam)/Densitas (kg/m^3)

   Fv = 23,69 m^3/jam

2. Menghitung Laju Reaksi ($-r_A$) = k x C_{Ao} (1-Xa)

   Dimana,

   k = Konstanta laju reaksi (min^{-1}) = 0,0112 min^{-1}

   C_{A0} = Konsentrasi $C_6H_{12}O_6$ (kmol/m^3) = 0,1977 kmol/m^3

Maka nilai $-r_A$ = 0,000531491 kmol/m^3.min^{-1}

5. Menghitung Volume Reaktor (V = Fa0 x Xa / $-r_A$)

   V = 111,632 m^3

Optimasi Reaktor

1 Reaktor

V1 =	111,632	m^3/jam
X0 =	0,00	
X1 =	0,76	
t =	4,71	jam

2 Reaktor

V1 =	47,533	m^3/jam
V2 =	47,533	m^3/jam
X0 =	0,00	
X1 =	0,44	
X2 =	0,76	
t =	2	jam

3 Reaktor

V1 =	27,064	m^3/jam
V2 =	27,064	m^3/jam
V3 =	27,064	m^3/jam
X0 =	0,00	

X1 = 0,43

X2 = 0,58

X3 = 0,76

t = 1,14 jam

4 Reaktor

V1 = 15,112 m^3/jam

V2 = 15,112 m^3/jam

V3 = 15,112 m^3/jam

V4 = 15,112 m^3/jam

X0 = 0,00

X1 = 0,30

X2 = 0,51

X3 = 0,65

X4 = 0,76

t = 0,637 jam

Menentukan jumlah reaktor

Konvert gall to m^3 : 264,172

n	V	1,2V
1	111.63	133.9591293
2	47.533	57.04006556
3	27.06446	32.47735082
4	15.11200	18.13439767

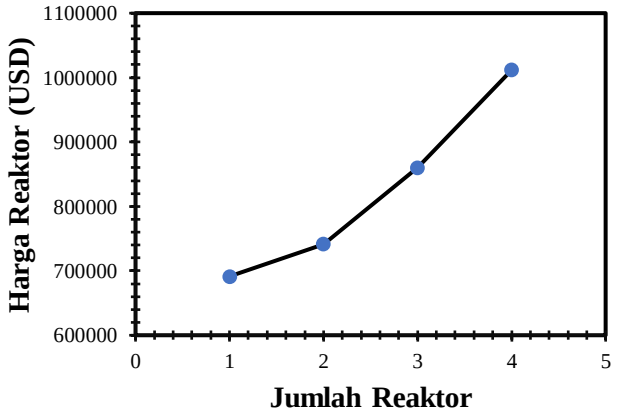
Harga reaktor

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan **optimasi**

Dengan menggunakan data harga yang diambil dari

website.

n	V	1,2V	gallon	Harga ($)	Harga Total ($)
1	111,63	133,9591293	35388,2511	691400	691400
2	47,533	57,04006556	15068,3882	370800	741600
3	27,06446	32,47735082	8579,60672	286700	860100
4	15,11200	18,13439767	4790,600102	252900	1011600



Maka diambil jumlah reaktor sebanyak 1 Reaktor.

6. Menghitung Dimensi Reaktor

Diketahui, jumlah reaktor yg dipilih = 1 Reaktor

Volume perancangan (design) = 133,96 m^3

Sehingga, dapat dihitung tinggi dan diameter shell dengan persamaan berikut:

Dshell $D^3.\{\frac{1,5}{4}\pi + (0,000098.)\}$

Dshell = 4,85 m = 190,76 in = 15,90 ft

Untuk perhitungan tinggi shell dengan persamaan berikut:

Hshell = $1{,}5 \times Diameter\ shell$

Hshell = $1{,}5 \times 4{,}85$

Hshell = 7,27 m = 286,14 in = 23,85 ft

7. Menentukan Tebal Dinding Reaktor

Untuk menentukan tebal dinding/shell, dapat menggunakan persamaan berikut , Brownell & Young, 1959.

$$ts = \frac{p\ x\ r}{(f\ x\ E - 0{,}6P)} + C$$

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk torispherical. Bahan untuk reaktor adalah stainless stell SA 316.

Spesifikasi :

Max.Allowable Stress (f) = 18750 psi

Efisiensi sambungan (E) = 0,8 (Tabel 13.2 brownell 1959:254)

Faktor korosi (C) = 0,125 (Tabel 6,Timmerhaus,1991:542)

Jari-jari shell (ri) = 108,175 in

Maka ts = 0,25 in

Dipilih ts (std NEMA) = 0,3125 in (5/16)

Setelah didapatkan tebal dinding reaktor yang menjadi inner diameter, maka untuk menghitung OD (Outside Diameter), dapat menggunakan pers berikut:

OD = ID + (2 x ts)

OD = 192,39 in

OD std NEMA = 192 in

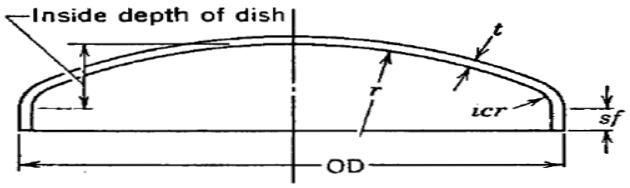
Dari nilai OD = 192 in dan nilai ts = 0,3125 in, maka didapatkan nilai icr dan r sebagai berikut:

Icr = 11,50 in

r = 170 in

8. Menentukan Tebal *Head*

Untuk menentukan jenis head yang digunakan pada vessel, perlu memperhatikan beberapa aspek. Menurut Brownell, p 88 --> untuk tekanan 15-200 psi digunakan torispherical dished head.



Menghitung tebal head, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$th = \frac{Wprc}{2fE - 0.2p}$$

dengan W dicari terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan:

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

Dimana,

W = 1,71 in

P = 16,65 psi

r = 170

f = 18750

E = 0.80

Maka,

th $= 0.29$ in = 0,00752 m

Dari tebal head yang terhitung, dapat ditentukan sesuai dengan standar NEMA = 0,375 in (3/8)

Berdasarkan Tabel 5.8 Brwonel, didapatkan nilai sf = 1+(1/2) sampai 3

sf dipilih = 2,5 in

9. Menghitung Volume dan Tinggi Reaktor

Untuk menghitung volume shell/vessel, dapat menggunakan persamaan berikut:

Vs = A x Hs

$= 133{,}948$ m^3

Maka dari itu, didapatkan tinggi shell dengan persamaan berikut:

$$Hs = \frac{4\,Vs}{phi \times ID^2}$$

$$Hs = 1{,}5\ x\ ID$$

Hs = 288 in

10. Menghitung Total Cairan

$$h_{cairan} = \frac{V}{\pi/4ID^2}$$

h_{cairan} = 7,27 m

11. Menghitung Dimensi Pengaduk

Diketahui:

ID (dt) = 6,096 m

tinggi larutan = 7,27 m

jumlah pengaduk = 1 buah

Simbol	Keterangan	Rumus	Nilai	Satuan
DI	Diameter pengaduk	ID/3	1,615	m
			63,59	in
L	Panjang blade pengaduk	d/4	0.4	m
			15,90	in
W	Lebar blade pengaduk	d/5	0.323	m
			12,717	in
J	Lebar baffle	1/12Dt	0.274	m
			10,80	in
Zi	Jarak pengaduk	1/3Dt	1,211	m
			47,69	in

a. Kecepatan Putar Pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi.d}\sqrt{\frac{WELH}{2.d}}$$

N = 46,47 rpm = 0,77 rps

b. Daya Motor

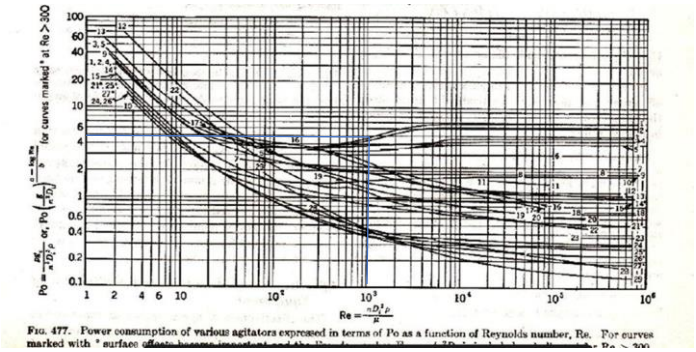


Fig. 477. Power consumption of various agitators expressed in terms of Po as a function of Reynolds number, Re. For curves marked with * surface effects become important and the

Diperoleh Np sebesar 5

$$Re = \frac{N\rho D_i^2}{\mu_{campuran}}$$

Diperole Re sebesar 1351,7428

= 1352

c. Daya Motor Pengaduk (P)

$$P = \frac{N_p . \rho . N^3 . d^5}{550 gc}$$

Dimana,

P = Daya Pengaduk

Np = Power Number

N = Kecepatan Pengaduk

ρ = Densitas Campuran

d = Diameter Pengaduk

gc = Gravitasi

Didapatkan P = 8873,9230 watt = 11,90 Hp

Maka, dipilih *power* berdasarkan standar NEMA yaitu 15 Hp

Untuk menghitung daya motor pengaduk, dapat menggunakan pers berikut:

$$daya\ motor = \frac{P}{n}$$

Dengan efisiensi motor pengaduk sebesar 90%, diperoleh daya motor sebesar 9859 watt = 13,22 Hp.

Dipilih std NEMA = 15 Hp

12. Neraca Panas Reaktor

Tabel 1 Neraca Panas Rekator

Keterangan	**Q input (kJ/jam)**	**Q Output (kJ/jam)**
Q in	6127661348	
Q out		654529,06
ΔH reaksi	-3424,6800	
Q Pendingin		-45187,60
Total	**609341,4548**	**609341,4548**

13. Dimensi Jaket Pendingin

a. Menentukan $\Delta T\ LMTD$

Komponen	C	K	F
Th in	65	338,16	149
Th out	65	338,16	149
Tc in	30	303,16	86
Tc out	45	318,16	113

$\Delta T\ LMTD$ = 48,2427 F

b. Menghitung Kebutuhan Air Pendingin

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

Q = 45187,603 kj/jam

$m = 45187{,}603\ kg/jam$

c. Menentukan Luas Transfer Panas

Dari tabel.8 Kern didapatkan Overall heat transfer UD

Nilai UD untuk heavy organics (hot) dan air (cold) sebesar 5-75 btu/ft2.F

maka dipilih Ud = 75 btu/ft^2.F

A = 11,83 ft^2

d. Menhitung Luas selubung

A = Luas selimut + luas penampung bawah reaktor

A = 1388,62 ft^2

Karena luas transfer panas kurang dari luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin.

e. Menghitung Jaket pendingin

1. Diameter jaket :

$ID_{jaket} = OD_{shell} + (2 \text{ x jarak jaket})$

= 195,386 in

= 4,962 m

Tebal jaket :

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0.6P)} + C$$

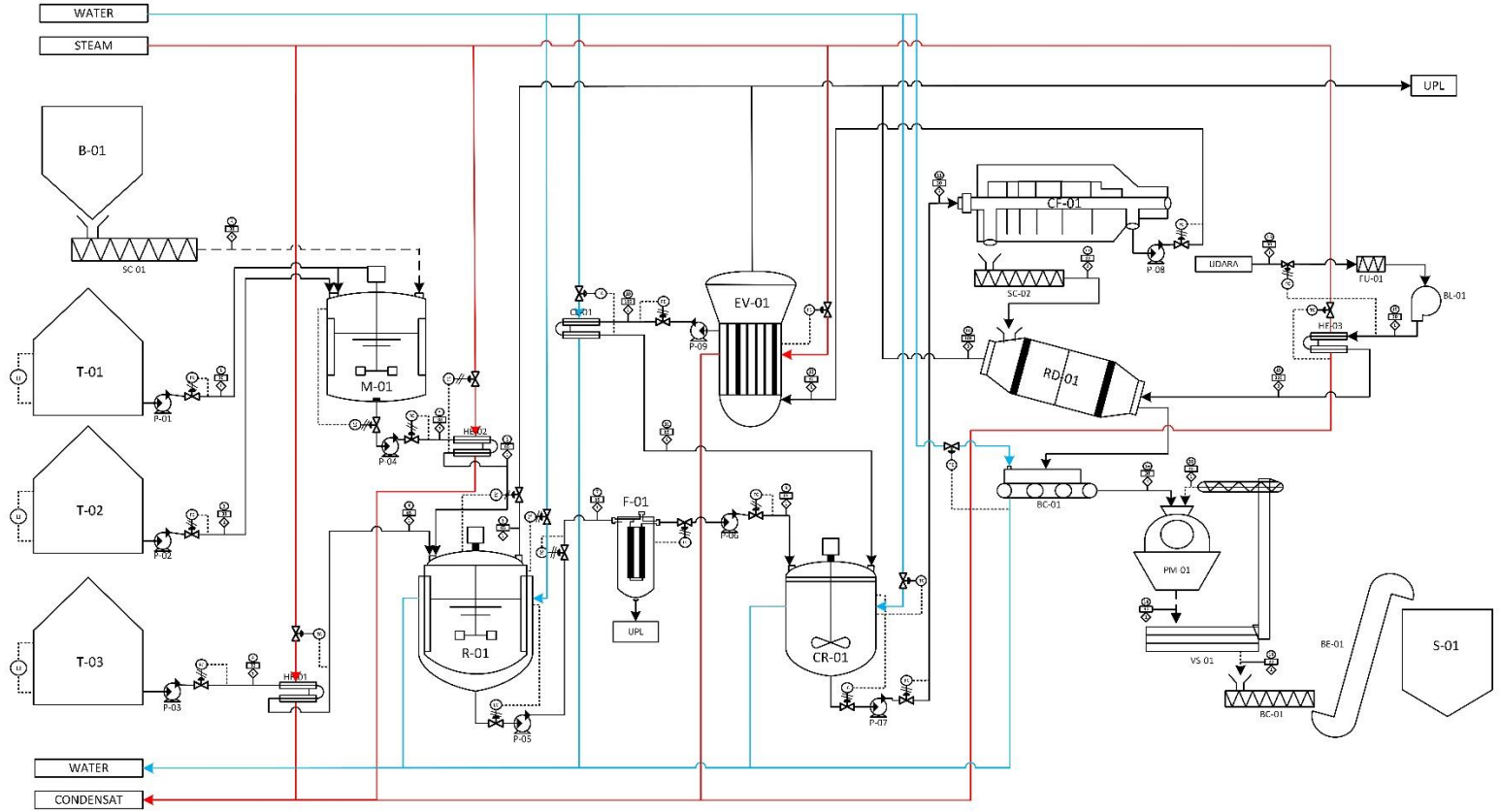
Maka, ts = 0,1261 in

LAMPIRAN B

***PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM* (PEFD)**

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT
DARI ASAM NITRAT DAN GLUKOSA
DENGAN KAPASITAS 7.200 TON/TAHUN



Komponen	Arus (kg/jam)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$C_6H_{12}O_6$				843,135			202,352	0,004	202,348	200,324	202,348	200,324	2,023			0,075	0,366	0,075	0,064	0,011
HNO_3	3425,234				3425,234		2079,592	0,045	2079,547	2058,751	2079,547	2058,751	20,795			1,416	6,916	1,416	1,203	0,212
H_2SO_4		1911,281			1911,281		1911,281	0,041	1911,240	1892,127	1911,240	1892,127	19,112			2,024	9,887	2,024	1,720	0,304
V_2O_5			0,734		0,734		0,734	0,734												
NO						640,782														
H_2O	1844,357	143,860	0,004	210,784	1988,221	384,469	2199,004	0,047	2198,957	563,237	1896,421	1877,457	18,964	1314,220		7,029	34,337	7,029	5,975	1,054
$C_2H_2O_4$							961,173	0,021	961,153	202,765	204,813	202,765	2,048			0,152	0,742	0,152	0,129	0,023
$C_2H_2O_4.2H_2O$											1058,875		1058,875			1058,875		1058,875	900,044	158,831
Udara															5149,294		5149,294			
Total	5269,592	2055,141	0,738	1053,918	7325,470	1025,252	7354,137	0,892	7353,244	4917,206	7353,244	6231,425	1121,819	1314,220	5149,294	1069,571	5201,542	1069,571	909,135	160,436

SIMBOL	KETERANGAN
LI	Level Indicator
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
TC	Temperature Controller
PC	Pressure Controller
	Nomor Arus
	Suhu
	Tekanan
	Control Valve
	Pipa
	Udara Tekan
	Listrik

ALAT	KETERANGAN
T	Tangki Penyimpanan
B	Bin
S	Silo
M	Mixer
R	Reaktor
F	Filter
CR	Crystallizer
CF	Centrifuge
EV	Evaporator
RD	Rotary Dryer
PM	Pinmill
VS	Vibrating Screen
HE	Heater
CL	Cooler
P	Pompa
BL	Blower
SC	Scew Conveyor
BC	Belt Conveyor
BE	Bucket Elevator
FU	Filter Udara

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHIDRAT
DARI ASAM NITRAT DAN GLUKOSA
DENGAN KAPASITAS 7.200 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
1. **Iqbal Aulia Haqiqi (22521103)**
2. **Muhammad Rafiandha harli (22521041)**

Dosen Pembimbing :
1. **Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.**

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1	:	Muhammad Rafiandha Harli
No. Mahasiswa 1	:	22521041
Nama Mahasiswa 2	:	Iqbal Aulia Haqiqi
No. Mahasiswa 2	:	22521103
Judul Prarancangan Pabrik	:	Pra rancangan Pabrik Asam Oksalat Dihidrat dari Asam Nitrat dan Glukosa Dengan Kapasitas 7.200 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	Oktober 2025
Selesai Masa Bimbingan	:	Agustus 2026

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	02-10-2025	Panduan penulisan naskah TA	
1.	08-10-2025	Diskusi terkait judul TA	
2.	23-10-2025	Diskusi terkait kinetika reaksi	
3.	12-11-2025	Diskusi terkait kinetika reaksi	
4.	13-01-2026	Diskusi terkait ganti judul	
5.	04-03-2026	Diskusi kinetika reaksi dan kapasitas	
6.	08-04-2026	Fiksasi kinetika reaksi dan kapasitas	
7.	14-04-2026	Diskusi block flow diagram	
8.	16-04-2026	Diskusi neraca massa	
9.	28-04-2026	Neraca massa & perancangan alat reaktor	
10.	19-05-2026	Diskusi PEFD	
11.	23-06-2026	Fiksasi PEFD & perancangan alat	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 31-07-2026
Pembimbing,

(.....)

Catatan:
- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy