

**PRA RANCANGAN
PABRIK ALFA-TERPINEOL DARI TERPENTIN
DAN AIR DENGAN KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Adib Hanansyah

Nama : Arvinaldo Miftah Afidh

NIM : 18521200

NIM : 18521118

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

YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRA RANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL DARI
TERPENTIN DAN AIR KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

**Nama : Adib Hanansyah
Rahmananda**

NIM : 18521200

Nama : Arvinaldo Miftah Afidh

NIM : 18521118

Yogyakarta, 14 September 2022

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 saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Penyusun 1,



**Adib Hanansyah Rahmananda
NIM. 18521200**

Penyusun 2,



**Arvinaldo Miftah Afidh
NIM. 18521118**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL DARI TERPENTIN DAN AIR
KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Adib Hanansyah Rahmananda

Nama : Arvinaldo Miftah Afidh

NIM : 18521200

NIM : 18521118

Yogyakarta, 13 Oktober 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Arif Hidayat S.T., M.T.


Lilis Kistrivani S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL DARI TERPENTIN
DAN AIR KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Adib Hanansyah Rahmananda

No. Mahasiswa 18521200

**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, 25 November 2022

Tim Penguji,

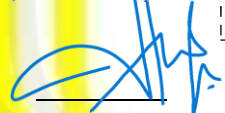
<Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.>



24/11/2022

Ketua

<Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng>



Anggota I

< Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.>



25/11/2022

Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

NIP. 155210506

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas limpahan berkah, karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul ***“PRA RANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL DARI TERPENTIN DAN AIR KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN”***.

Laporan Perancangan Pabrik ini merupakan persyaratan dalam memenuhi dan menyelesaikan mata kuliah tugas akhir Teknik Kimia yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa S1 Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Perancangan Pabrik ini tidak lepas dari segala bantuan, bimbingan dan dukungan yang didapatkan dari berbagai pihak, sehingga berbagai kesulitan yang dihadapi dapat terselesaikan dengan semestinya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Allah SWT, atas rahmat, hidayah, karunia dan ridha-Nya lah sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Nabi Besar Muhammad SAW, sang pencerah zaman. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada beliau, keluarga, para sahabatnya dan para pengikutnya sampai akhir zaman.
3. Kepada Orang tua Arvin, Aryo Widy dan Indrawati dan orang tua Adib, Eman Nurrohman dan Linawati Dewi Rahayu yang telah dengan tulus memberikan dorongan dan motivasi baik berupa materi maupun mental.
4. Dr.Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin dan arahan untuk mata kuliah prarancangan pabrik teknik kimia.
5. Bapak Dr. Arif Hidayat S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan berbagai masukan demi kelancaran pelaksanaan maupun penyusunan laporan ini.
6. Ibu Lilis Kistriyani S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan berbagai masukan demi kelancaran pelaksanaan maupun penyusunan laporan ini.
7. Partner Tugas Akhir. Terima kasih atas kerjasamanya selama ini.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia dari semester satu sampai dengan sekarang, yang telah memberikan berbagai macam pembelajaran hingga sampai pada titik ini.
9. Seluruh teman-teman terutama Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Kimia FTI UII yang telah membantu dan memberikan semangat.

10. Seluruh pihak yang ikut terlibat dalam proses pengerjaan, penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dari semua pihak yang ingin memberikan saran untuk mewujudkan perkembangan yang positif. Demikian laporan ini penulis susun, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Oktober 2022

Penulis



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin...

Rasa syukur yang tak terhingga saya haturkan ke Hadirat Allah SWT karena telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Semoga ilmu yang saya dapatkan akan menjadi berkah dan bermanfaat untuk diri saya sendiri dan untuk orang lain.

Terima kasih yang sangat besar untuk Papa (Aryo Widy Handoko), Mama (Indrawati), Aldi dan keluarga – keluarga yang selama ini selalu mendoakan, mendukung, membiayai dan menyemangati saya lewat kasih sayang dan perhatiannya. Terima kasih Mama atas kerja keras dan semangatnya telah membiayai saya hingga bisa sampai pada titik ini. Serta didikan mama yang menerapkan arti kesabaran, ketulusan dan keikhlasan yang sesungguhnya dan tak pernahku dapatkan di tempat lain.

Terima kasih yang sebesar – besarnya buat Papa atas kasih sayang, ilmu dan nasihat-nasihatnya selama ini. Tanpamu saya tidak bisa seperti ini. Kehilangan dapat mengajarkan kesabaran dan penantian yang tak terhingga. Buat adikku, Aldi, terima kasih telah menjadi penyemangat dan sangat berjasa selama 4 tahun kuliah ini, semoga sukses dalam perkuliahannya.

Terima kasih untuk kedua Dosen Pembimbing saya, Bapak Dr. Arif Hidayat S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lilis Kistriyani S.T., M.Eng. selaku

Dosen Pembimbing II. Terimakasih pak atas waktunya untuk memberikan banyak masukan kepada saya dengan sabar selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Terima kasih untuk partner Penelitian dan TA, Adib Hanansyah. Terima kasih telah menjadi partner yang selalu sabar dalam mendengarkan segala keluh kesah saya, baik tentang Tugas Akhir maupun kehidupan pribadi yang menjurus ke hati. Semangat untuk mengejar cita-cita dalam menggapai semua impian yang kita khayalkan selama ini semoga kita bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi dan bermanfaat bagi orang banyak. Semoga Allah SWT selalu melindungi kita sekeluarga, Aamiin.

Terimakasih untuk keluarga Teknik Kimia 2018 UII, semua teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu disini. Terimakasih atas bantuannya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Semoga yang saya peroleh selama ini selalu diridhoi dan diberkahi Allah SWT. Aamiin.

Arvinaldo Miftah Afidh

الجمعة الاستدالانية

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin...

Rasa syukur yang tak lupa saya haturkan ke Hadirat Allah SWT karena telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Semoga ilmu yang saya dapatkan akan menjadi berkah dan bermanfaat untuk diri saya sendiri dan untuk orang lain.

Terima kasih yang sangat besar untuk Ayah saya Bapak Eman Nurrohman, Mama saya Ibu Linawati Dewi Rahayu, dan keluarga – keluarga yang selama ini selalu mendoakan, mendukung, membiayai dan menyemangati saya lewat kasih sayang dan perhatiannya. Terima kasih Mama dan Ayah atas kerja keras dan semangatnya telah membiayai saya hingga bisa sampai pada titik ini. Serta didikan Mama dan Ayah yang menerapkan arti kesabaran, ketulusan dan keikhlasan yang sesungguhnya dan tak pernahku dapatkan di tempat lain.

Terima kasih yang sebesar besarnya teruntuk kekasih saya, Eka Nanda Mei Titi Wulandari atas segala bentuk dukungan, kasih sayang dan saran nya selama ini. Terimakasih sudah menjadi penyemangat, sabar dalam mendengarkan keluh kesah saya, dan memotivasi saya setiap waktu serta mendampingi saya di semua jalan yang saya lalui di masa kini dan nanti. Tetaplah selalu bersama dan disisi saya dalam keadaan apapun itu baik suka maupun duka, saling mendukung karir satu sama lain hingga kita bisa menjalin ke jenjang berikutnya dan selamanya, aamiin. ti amo di più amore mio.

Tidak lupa juga, saya ucapkan terima kasih untuk kedua Dosen Pembimbing saya, Bapak Dr. Arif Hidayat S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lilis Kistriyani S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II. Terimakasih pak atas waktunya untuk memberikan banyak masukan kepada saya dengan sabar selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Teruntuk Arvinaldo Miftah Afidh, terima kasih sudah bersedia untuk menjadi partner Penelitian dan TA saya. Terima kasih telah menjadi partner yang selalu sabar dalam mendengarkan segala keluh kesah saya, baik tentang Tugas Akhir maupun curahan kehidupan pribadi. Terima kasih sudah membantu banyak hal dalam kehidupan saya baik perkuliahan maupun diluar perkuliahan, dan telah memotivasi saya ketika sedang diposisi tertekan dan tidak memiliki semangat dalam kuliah hingga mendapatkan energi positif untuk saya bisa bangkit perlahan dalam menyelesaikan studi ini. Semangat untuk mengejar cita-cita dalam menggapai semua impian yang kita khayalkan selama ini semoga kita bisa menjadipribadi yang lebih baik lagi dan bermanfaat bagi orang banyak. Semoga Allah SWT selalu melindungi kita sekeluarga, Aamiin.

Terimakasih untuk keluarga besar Teknik Kimia 2018 UII, semua teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu disini. Terimakasih atas bantuan dan dukungannya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Semoga yang saya peroleh selama ini selalu diridhoi dan diberkahi Allah SWT. Aamiin.

Adib Hanansyah Rahmananda

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASILAN |i |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING |ii |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI..... |iii |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN |vii |
| DAFTAR ISI..... |xi |
| DAFTAR TABEL..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... |xviii |
| DAFTAR LAMBANG | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN |xxi |
| ABSTRAK |xxii |
| ABSTRACT |xxiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik | 3 |
| 1.3. Tinjauan Pustaka | 9 |
| 1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika | 15 |
| BAB II PERANCANGAN PRODUK..... |22 |
| 2.1. Spesifikasi Produk..... | 22 |
| 2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung..... | 24 |
| 2.2.1. Spesifikasi Bahan Baku..... | 24 |
| 2.2.2. Spesifikasi Bahan Pendukung | 25 |
| 2.3. Pengendalian Kualitas | 27 |
| 2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku | 27 |
| 2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk | 29 |
| BAB III PERANCANGAN PROSES | 30 |
| 3.1. Diagram Alir Kualitatif | 30 |
| 3.2. Uraian Proses | 31 |
| 3.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku | 31 |
| 3.2.2. Tahap Proses Reaksi | 31 |
| 3.2.3. Tahap Pemisahan | 32 |
| 3.2.4. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan | 32 |
| 3.3. Diagram Alir Kuantitatif | 34 |
| 3.4. Spesifikasi Alat | 35 |
| 3.4.1. Spesifikasi Reaktor | 35 |
| 3.4.2. Spesifikasi Alat Pencampur | 36 |
| 3.4.3. Spesifikasi Alat Pemisah | 37 |
| 3.4.4. Spesifikasi Alat Penyimpanan | 40 |
| 3.4.5. Spesifikasi Alat Transportasi Bahan | 41 |
| 3.4.6. Spesifikasi Alat Penukar Panas | 43 |
| 3.5. Neraca Massa | 47 |
| 3.5.1. Neraca Massa Total | 47 |
| 3.5.2. Neraca Massa Alat | 48 |
| 3.6. Neraca Panas | 50 |
| BAB IV PERANCANGAN PABRIK | 52 |
| 4.1. Lokasi Pabrik | 52 |
| 4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik | 53 |
| 4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik | 55 |
| 4.2. Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>) | 57 |
| 4.3. Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>) | 59 |
| 4.4. Organisasi Perusahaan | 63 |
| 4.4.1. Bentuk Hukum Badan Usaha | 69 |
| 4.4.2. Struktur Organisasi Perusahaan | 71 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.3. Tugas dan Wewenang | 72 |
| 4.4.3.1. Pemegang Saham | 72 |
| 4.4.3.2. Dewan Komisaris | 73 |
| 4.4.3.3. Direktur Utama..... | 73 |
| 4.4.3.4. Kepala Bagian | 74 |
| 4.4.3.5. Kepala Departemen | 75 |
| 4.4.4. Pembagian Jam Kerja..... | 78 |
| 4.4.5. Sistem Gaji dan Fasilitas Karyawan | 79 |
| 4.4.5.1. Sistem Gaji Karyawan (Pegawai) | 79 |
| 4.4.5.2. Kesejahteraan Karyawan..... | 80 |
| BAB V UTILITAS..... | 82 |
| 5.1. Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air | 82 |
| 5.1.1. Unir Penyediaan Air..... | 82 |
| 5.1.2. Unit Pengolahan Air..... | 85 |
| 5.1.3. Kebutuhan Air..... | 94 |
| 5.2. Unit Pembangkit <i>Steam</i> | 97 |
| 5.3. Unit Pembangkit Listrik..... | 98 |
| 5.4. Unit Penyedia Udara Tekan | 101 |
| 5.5. Unit Penyedia Bahan Bakar | 102 |
| 5.6. Unit Pengolahan Limbah..... | 103 |
| 5.7. Spesifikasi Alat Utilitas | 103 |
| BAB VI EVALUASI EKONOMI | 111 |
| 6.1. Penaksiran Harga Peralatan..... | 112 |
| 6.2. Dasar Perhitungan | 117 |
| 6.3. Perhitungan Biaya | 117 |
| 6.4. Analisis Kelayakan..... | 118 |
| 6.5. Hasil Perhitungan | 122 |
| 6.5.1. <i>Physical Plant Cost (PPC)</i> | 122 |
| 6.5.2. <i>Direct Plant Cost (DPC)</i> | 123 |

| | |
|---|------------|
| 6.5.3. <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i> | 123 |
| 6.5.4. <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> | 123 |
| 6.5.5. <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | 124 |
| 6.5.6. <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> | 124 |
| 6.5.7. <i>Manufacturing Cost (MC)</i> | 124 |
| 6.5.8. <i>Working Capital (WC)</i> | 125 |
| 6.5.9. <i>General Expense (GE)</i> | 125 |
| 6.5.10. <i>Total Production Cost (TPC)</i> | 125 |
| 6.5.11. <i>Fixed Cost (FC)</i> | 125 |
| 6.5.12. <i>Variable Cost (Va)</i> | 126 |
| 6.5.13. <i>Regulated Cost (Ra)</i> | 126 |
| 6.6. Analisis Keuntungan | 126 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN | 130 |
| 7.1. Kesimpulan | 130 |
| 7.2. Saran..... | 132 |
| DAFTAR PUSTAKA | 133 |
| LAMPIRAN | |

الجمهورية الإسلامية البليزية

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1.1. Jumlah Penduduk Indonesia Tahun 2015-2021 | 5 |
| Tabel 1.2. Kebutuhan Alfa-terpineol Tahun 2015 | 6 |
| Tabel 1.3. Produksi Terpentin Perhutani | 8 |
| Tabel 1.4. Ekspor Terpentin Perhutani | 8 |
| Tabel 1.5. Perbandingan Proses Pembuatan Alfa-terpineol | 14 |
| Tabel 1.6. Harga ΔH_f° masing-masing komponen | 16 |
| Tabel 1.7. Harga ΔG_f° masing-masing komponen | 17 |
| Tabel 2.1. Sifat Fisis Bahan Baku dan Produk | 23 |
| Tabel 2.2. Identifikasi <i>Hazard</i> Produk | 24 |
| Tabel 2.3. Sifat Fisis Asam Kloroasetat | 25 |
| Tabel 2.4. Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Baku dan Bahan Pendukung | 26 |
| Tabel 3.1. Spesifikasi Alat Penyimpanan | 40 |
| Tabel 3.2. Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (1) | 41 |
| Tabel 3.3. Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (2) | 42 |
| Tabel 3.4. Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (3) | 43 |
| Tabel 3.5. Neraca Massa Total | 47 |
| Tabel 3.6. Neraca Massa <i>Mixer</i> | 48 |
| Tabel 3.7. Neraca Massa Reaktor | 49 |
| Tabel 3.8. Neraca Massa Dekanter | 49 |
| Tabel 3.9. Neraca Massa Menara Distilasi | 49 |
| Tabel 3.10. Neraca Panas <i>Mixer</i> | 50 |
| Tabel 3.11. Neraca Panas Reaktor | 50 |
| Tabel 3.12. Neraca Panas Dekanter | 50 |
| Tabel 3.13. Neraca Panas Menara Distilasi | 50 |
| Tabel 3.14. Neraca Panas <i>Heater</i> 1 | 51 |
| Tabel 3.15. Neraca Panas <i>Cooler</i> 1 | 51 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 3.16 Neraca Panas <i>Heater 2</i> | 51 |
| Tabel 3.17 Neraca Panas <i>Cooler 2</i> | 51 |
| Tabel 3.18 Neraca Panas <i>Cooler 3</i> | 51 |
| Tabel 4.1 Luas Bangunan Pabrik | 58 |
| Tabel 4.2 Siklus Pergantian <i>Shift</i> Karyawan..... | 79 |
| Tabel 4.3 Daftar Gaji Karyawan | 79 |
| Tabel 5.1 Syarat Baku Mutu Air Proses..... | 83 |
| Tabel 5.2 Kebutuhan Air Proses | 94 |
| Tabel 5.3 Kebutuhan Air Pendingin | 94 |
| Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i> | 95 |
| Tabel 5.5 Kebutuhan Air..... | 96 |
| Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Alat Proses | 99 |
| Tabel 5.7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas..... | 100 |
| Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Pabrik..... | 102 |
| Tabel 5.9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (1) | 103 |
| Tabel 5.10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (2)..... | 104 |
| Tabel 5.11 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (3)..... | 105 |
| Tabel 5.12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (4)..... | 106 |
| Tabel 5.13 Spesifikasi Bak Utilitas..... | 106 |
| Tabel 5.14 Spesifikasi Tangki Utilitas (1) | 107 |
| Tabel 5.15 Spesifikasi Tangki Utilitas (2) | 108 |
| Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Screener</i> Utilitas | 108 |
| Tabel 5.17 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> Utilitas | 108 |
| Tabel 5.18 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> Utilitas | 108 |
| Tabel 5.19 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i> Utilitas..... | 109 |
| Tabel 5.20 Spesifikasi Tempat Penukar Ion Utilitas..... | 109 |
| Tabel 5.21 Spesifikasi <i>Daerator</i> Utilitas | 110 |
| Tabel 6.1 Harga Indeks Tahunan | 112 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 6.2 Harga Alat Proses..... | 115 |
| Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas | 115 |
| Tabel 6.4 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC)..... | 122 |
| Tabel 6.5 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC)..... | 123 |
| Tabel 6.6 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) | 123 |
| Tabel 6.7 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)..... | 123 |
| Tabel 6.8 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC) | 124 |
| Tabel 6.9 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)..... | 124 |
| Tabel 6.10 <i>Manufacturing Cost</i> (MC) | 124 |
| Tabel 6.11 <i>Working Capital</i> (WC)..... | 125 |
| Tabel 6.12 <i>General Expense</i> (GE) | 125 |
| Tabel 6.13 <i>Total Production Cost</i> (TPC)..... | 125 |
| Tabel 6.14 <i>Fixed Cost</i> (Fa) | 125 |
| Tabel 6.15 <i>Variable Cost</i> (Va) | 126 |
| Tabel 6.16 <i>Regulated Cost</i> (Ra)..... | 126 |
| Tabel 6.17 Resiko Pabrik | 130 |

الجامعة الإسلامية
 Institut Teknologi
 Sepuluh Nopember

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 1. 1 Reaksi Hidrasi Alfa-Pinene Menjadi Alfa-Terpineol..... | 12 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif | 30 |
| Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif | 34 |
| Gambar 4.1 Lokasi Pabrik..... | 56 |
| Gambar 4.2 Tata Letak Bangunan..... | 59 |
| Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses..... | 63 |
| Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan..... | 64 |
| Gambar 5.1 Unit Utilitas Air..... | 86 |
| Gambar 6.1 Grafik Tahun vs Harga <i>Index</i> | 114 |
| Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi | 129 |

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

| | |
|----------------|--|
| T | : Temperatur, °C |
| D | : Diameter, m |
| H | : Tinggi, m |
| P | : Tekanan, psia |
| μ | : Viskositas, cP |
| ρ | : Densitas, kg/m ³ |
| Q _s | : Kebutuhan <i>Steam</i> , kg |
| Q _c | : Kebutuhan Air Pendingin, kg |
| M _s | : Massa <i>Steam</i> , kg |
| A | : Luas bidang penampang, ft ² |
| V _t | : Volume tangki, m ³ |
| t | : Waktu, jam |
| m | : Massa, kg |
| v ₀ | : Laju alir, m ³ /jam |
| P | : <i>Power motor</i> , Hp |
| S _g | : <i>Spesific gravity</i> |
| X | : Konversi, % |
| V _s | : Volume <i>shell</i> , m ³ |
| V _h | : Volume <i>head</i> , m ³ |
| V _t | : Volume total, m ³ |
| ID | : <i>Inside diameter</i> , in |
| OD | : <i>Outside diameter</i> , in |
| Re | : Bilangan Reynold |
| E | : Efisiensi pengelasan |
| f | : <i>Allowable stress</i> , psia |
| r | : Jari-jari <i>dish</i> , in |
| icr | : Jari-jari sudut dalam, in |
| ts | : Tebal <i>shell</i> , in |
| th | : Tebal <i>head</i> , in |
| DI | : Diameter pengaduk, m |

| | |
|------|--|
| Dt | : Diameter dalam reaktor, in |
| ZL | : Tinggi cairan dalam reaktor, in |
| Wb | : Lebar <i>baffle</i> , in |
| Zi | : Jarak pengaduk dari dasar tangki, in |
| L | : Lebar Pengaduk, in |
| N | : Kecepatan putaran, rpm |
| UD | : Koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah ada zat pengotor pada HE atau jaket pendingin, Btu/jam ft ² °F |
| UC | : Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai Btu/jam ft ² °F |
| Rd | : Faktor pengotor Btu/jam ft ² °F |
| η | : Efisiensi |
| Wf | : <i>Total head</i> , in |
| p | : Panjang, m |
| l | : Lebar, m |
| k | : Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² .°F |
| c | : Panas spesifik, Btu/lb °F |
| JH | : <i>Heat transfer factor</i> |
| hi | : <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F |
| ho | : <i>Outside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F |
| LMTD | : <i>Long mean temperatur different</i> , °F |
| k | : Konstanta kinetika reaksi, /jam |

الجامعة الإسلامية
الاستدراك الإسلامية

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran-1 Perancangan Reaktor

Lampiran-2 *Process Engineering Flow Diagram* (PEFD)

Lampiran-3 Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik



ABSTRAK

Alfa-terpineol merupakan salah satu senyawa turunan terpenin yang diimpor Indonesia dalam jumlah yang cukup besar dengan rumus molekul $C_{10}H_{18}O$. Alfa Terpineol merupakan suatu produk yang digunakan secara luas pada industri detergen sebagai pewangi, kosmetik sebagai parfum, aerosol, dalam industri farmasi sebagai anti jamur dan anti serangga, desinfektan dan industri cat sebagai zat terbang dan sampai saat ini belum ada pabrik alfa-terpineol yang tercatat telah berdiri di Indonesia. Pabrik *alfa-terpineol* ini direncanakan akan dibangun di Karangasri, Kecamatan Ngawi, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur dengan kapasitas produksi 2.500 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari. Metode pembuatan alfa-terpineol yang digunakan pabrik ini adalah mereaksikan terpenin dan air dengan bantuan katalis asam kloroasetat. Reaksi ini bersifat eksotermis dan dijalankan dalam reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), fase cair-cair, serta kondisi operasi dijaga *Isothermal* ($80^{\circ}C$) dan tekanan 1 atm. Produk keluar reaktor selanjutnya dipisahkan dengan dekanter dan kemudian dimurnikan dengan menara distilasi. Produk alfa-terpineol dialirkan menuju tangki penyimpanan, di *packing* dan dipasarkan. Untuk mencapai kapasitas produksi 2.500 ton/tahun dibutuhkan bahan baku terpenin sebesar 279,742 kg/jam dan air sebesar 35,947 kg/jam dengan bantuan katalis sebesar 836,754 kg/jam. Utilitas yang dibutuhkan yaitu 325,7752 kg/jam air pendingin, 37,0894 kg/jam *steam*, udara tekan 46,7280 m^3 /jam, 116,9255 kW listrik, 21,8028 kg/jam bahan bakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik alfa-terpineol ini memiliki tingkat resiko tinggi (*high risk*) dengan pajak sebesar 30%, *Return on Investment* (ROI) minimal sebesar 44% sebelum pajak, *Pay Out Time* (POT) maksimal sebesar 2 tahun sebelum pajak, dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 40-60%. Hasil evaluasi ekonomi pabrik alfa-terpineol ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 141.443.306.792,13, ROI sebelum pajak sebesar 36,85 %, POT sebelum pajak sebesar 1,82 tahun, BEP sebesar 40,16%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22,87%, dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 28,47 %. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik alfa-terpineol secara ekonomi layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *Alfa-terpineol, Asam Kloroasetat, Continuous Stirred Tank Reactor, Terpenin*

ABSTRACT

Alpha-terpineol is one of the derivatives of turpentine which is imported by Indonesia in large enough quantities with the molecular formula $C_{10}H_{18}O$. Alpha Terpineol is a product that is widely used in the detergent industry as fragrance, cosmetics as perfume, aerosol, in the pharmaceutical industry as antifungal and insect repellent, disinfectant and paint industry as volatile matter and until now there is no recorded alpha-terpineol factory. has been established in Indonesia. Thealpha-terpineol plant is planned to be built in Karangasri, Ngawi District, Ngawi Regency, East Java with a production capacity of 2,500 tons/year which operates for 330 days. The method of making alpha-terpineol used by this factory is to reactturpentine and water with the help of a chloroacetic acid catalyst. This reaction is exothermic and is carried out in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) reactor,liquid-liquid phase, and the operating conditions are maintained Isothermal ($80^{\circ}C$)and a pressure of 1 atm. The product leaving the reactor is then separated by a decanter and then purified by a distillation tower. The alpha-terpineol product is transported to storage tanks, packaged and marketed. To achieve a production capacity of 2,500 tons/year, the raw material for turpentine is 279,742 kg/hour andwater is 35,947 kg/hour with the help of a catalyst of 836,754 kg/hour. The utilitiesrequired are 325,7752 kg/hour cooling water, 37,0894 kg/hour steam, compressed air 46,7280 m³/hour, 116,9255 kW electricity, 21,8028 kg/hour fuel. The results ofthe analysis show that this alpha-terpineol plant has a high risk level with a tax of 30%, a minimum Return on Investment (ROI) before tax of 44%, a maximum Pay Out Time (POT) before tax of 2 years, and a Break Even Point (BEP). by 40-60%.The results of the economic evaluation of the alpha-terpineol Plant showed a profit before tax of Rp. 141.443.306.792,13, ROI before tax of 45,00%, POT before tax of 1,82 years, BEP of 40,16%, Shut Down Point (SDP) of 22,87%, and DiscountedCash Flow Rate of Return (DCFRR) of 28,47%. Based on the results of this economic evaluation, it can be concluded that the alpha-terpineol plant is economically feasible to establish.

Keywords: *Alpha-terpineol, Chloroacetic Acid, Continuous Stirred Tank Reactor, Turpentine*

البحر المتناهي
الاستاذ الدكتور
البحر المتناهي

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan industri adalah proses berkelanjutan sebagai salah satu bagian dalam upaya mencapai ketahanan nasional, menciptakan struktur ekonomi yang lebih kokoh dan seimbang yaitu struktur ekonomi dengan titik berat industri maju yang didukung oleh pertanian yang tangguh. berkembangnya globalisasi dunia yang ditandai lahirnya AFTA serta ISO lingkungan. Hal ini menuntut untuk menjadikan setiap bangsa dengan segala sumber daya yang dimiliki dapat memanfaatkan momentum arus globalisasi dengan menciptakan terobosan-terobosan baru. Khususnya dibidang pengembangan industri kimia sehingga produk yang dihasilkan mempunyai nilai pangsa pasar, daya saing, efektif dan efisien serta ramah lingkungan.

Salah satu hasil hutan non kayu di dalam sektor perkebunan adalah getah pinus yang didapatkan dari tegakan pinus. Getah pinus yang sudah disadap setelah itu diolah sehingga menghasilkan gondorukem dan terpentin. Gondorukem dapat digunakan sebagai bahan baku yang penting bagi

industri- industri batik, kulit, cat, isolator, kertas dan vernis. Terpentin dimanfaatkan untuk zat terbang pada industri cat dan vernis, ramuan semir sepatu, bahan kosmetik, industri sabun, pelarut bahan organik, bahan pembuatan kamper sintetis serta kegunaan lainnya. Baik gondorukem maupun terpentin diekspor ke China, India dan beberapa negara di Eropa.

Bahan tersebut dapat diolah menjadi senyawa turunannya dan Indonesia mengimpornya kembali bertujuan untuk menyuplai kebutuhan dalam negeri.

Salah satu senyawa turunan Terpentin yang diimpor Indonesia dalam jumlah yang cukup besar adalah Alfa-Terpineol. Alfa-Terpineol merupakan suatu produk yang digunakan secara luas pada industri detergen sebagai pewangi, kosmetik sebagai parfum, aerosol, dalam industri farmasi sebagai anti jamur dan anti serangga, desinfektan dan industri cat sebagai zat terbang. Oleh karena itu, dalam upaya memenuhi kebutuhan alfa terpineol dalam negeri dan mengurangi ketergantungan terhadap impor dari luar negeri maka salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mendirikan pabrik alfa terpineol.

Pendirian pabrik alfa-terpineol memiliki prospek yang cukup baik dan menjanjikan, sehingga akan memberikan beberapa keuntungan, antara lain:

1. Memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat produksi sendiri dan mengurangi ketergantungan dari negara lain yang terus menerus impor.
2. Mengurangi biaya pengeluaran negara.
3. Menunjang program kerja harian maupun tahunan pemerintah seperti menciptakan lapangan kerja baru.
4. Menggerakkan roda ekonomi pertumbuhan industri lain di Indonesia.
5. Menumbuhkan devisa negara dan ikut berperan dalam pemerataan hasil pembangunan.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam prarancangan pabrik, tentu sangat membutuhkan banyak pertimbangan, hal yang perlu dipertimbangkan dengan baik saat perancangan pendirian pabrik adalah semakin besar kapasitas produk yang dihasilkan, maka semakin besar keuntungan yang akan diperoleh dalam pendirian pabrik. Oleh karena itu, kapasitas akan berperan penting dalam perhitungan teknis maupun ekonomi dari pabrik tersebut.

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas produksi pabrik, meliputi:

1. Kebutuhan akan bahan pabrik.
 2. Kapasitas minimum pabrik.
 3. Ketersediaan bahan baku.
1. Kebutuhan akan bahan pabrik

Dalam penentuan kapasitas ini, data-data ekspor, impor, dan produksi alfa-terpineol tidak dapat ditemukan. Berdasarkan industri kimia yang menggunakan bahan baku alfa-terpineol di Indonesia sangat banyak. Pendekatan perhitungan kapasitas pabrik menggunakan data alfa-terpineol yang dibutuhkan masyarakat sehari-hari. Sehingga estimasi impor ini pada tahun tersebut menggunakan pendekatan tersebut.

Data pabrik alfa-terpineol komersial baik luar maupun dalam negeri tidak dapat ditemukan, dikarenakan dalam pencarian data hanya dapat ditemukan data harga nilai jual pada produk alfa-terpineol. Dikutip dari situs dataintel.com ada beberapa pabrik komersial yang memproduksi alfa terpineol namun

dalam market research tersebut tidak menyertakan data kapasitas produksi ton/tahunnya, seperti : Socer Brasil, DRT, Sigma-Aldrich, Alfa Aesar, Santa Cruz Biotechnology, Yasuhara Chemical, Ernesto Ventos, Sky Dragon Fine-Chem, Wansong Forestry Perfume Manufacturing, EcoGreen, Shanghai Longsheng Chemical. Dalam jurnal Alpha Terpineol dari Minyak Terpentin dengan Proses Terpin Hydrate yang ditulis oleh Iskandar, dkk pada tahun 2020 “Saat ini di kawasan Asia Tenggara, hanya ada satu perusahaan yang memproduksi α -terpineol yaitu Perhutani Pine Chemical Industry (PPCI) yang merupakan anak perusahaan dari Perhutani. Namun, kapasitas produksinya hanya 1800 ton/tahun yang menyebabkan Indonesia harus impor α -terpineol dari negara lain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Oleh karena itu, direncanakan pendirian pabrik α -terpineol dengan kapasitas produksi 5.780 ton/tahun”. Namun dikutip dari jurnal Arief Budiman, dkk yang berjudul Continuous Production of Alfa-Terpineol from Alfa-Pinene Isolated from Indonesia Crude Turpentine “reaktor batch untuk produksi kimia sederhana, tetapi hanya efektif untuk kapasitas produksi kecil 500 – 10.000 ton produk/tahun. Untuk kapasitas di atas 30.000 ton produk/tahun, akan lebih ekonomis jika penyiapannya dilakukan melalui proses yang berkesinambungan. Beberapa pekerjaan telah dilakukan yang terutama berkaitan dengan proses aliran kontinu untuk sintesis kimia, seperti proses esterifikasi metil atau etil asetat (Venkataraman, Chan, & Boston, 1990), MTBE (Huang, Wang, & Ding, 2008) , propilen oksida (Bezzo, Bertucco, Forlin, & Boarolo, 1999), bio-aditif triacetin (Mufrodi, Rochmadi, Sutijan, & Budiman, 2014), biodiesel (Kusumaningtyas, Purwono, Rochmadi, & Budiman, 2014),dll. Sehingga bisa disimpulkan, jika pendirian kapasitas pabrik dengan 2500 ton/tahun masih ideal untuk skala nasional namun untuk jangka panjang secara berkesinambungan akan meningkat kapasitas produksi

dalam 5 tahun kedepan, walaupun dengan perbandingan jurnal sebelumnya sudah pernah membuat prarancangan pabrik alfa-terpineol sebesar 5780 ton/tahun dengan reaksi hidrasi dan katalis yang berbeda.

Penentuan pabrik alfa-terpineol dilakukan prediksi kebutuhan alfa-terpineol pada tahun 2025 dengan cara membandingkannya terhadap jumlah penduduk di Indonesia hingga tahun 2025. Adapun asumsi kebutuhan masyarakat pada



tahun 2015 akan menggunakan alfa-terpineol adalah sabun, disinfektan, dan aromaterapi akan diasumsikan penggunaan setiap produk lima hari sebagai landasan dasar kebutuhan alfa-terpineol pada produk tersebut. Kebutuhan pada tiap-tiap jenis produk tersebut adalah sebagai berikut.

(a) Sabun

Diasumsikan sabun batang dengan massa 75 g mengandung minyak atsiri jeruk nipis 4 mL (Apriyani, 2013). Minyak atsiri tersebut mengandung alfa-terpineol 8,29% (Wahyudi, 2017). Diketahui densitas alfa-terpineol adalah 0,935 g/mL.

Oleh karena itu, kandungan dibutuhkan alfa-terpineol pada suatu produk sabun sebagai berikut.

$$\text{Kandungan alfa-terpineol} = 4 \text{ mL} \cdot 8,29\% \cdot 0,935 \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 0,310 \text{ g}$$

(b) Disinfektan

Diasumsikan disinfektan dengan isi 1 L terdapat kandungan minyak atsiri daun sirih dalam pembuatan tersebut dibutuhkan 50 g daun sirih. Daun sirih mengandung minyak atsiri 81,16% dengan kandungan alfa-terpineol 2,87%. Minyak atsiri diekstrak sempurna dengan air 100 mL dan air ekstrak digunakan 30 mL (Mutmainnah, 2021).

Oleh karena itu, kandungan dibutuhkan alfa-terpineol pada suatu produk disinfektan sebagai berikut.

$$\text{Kandungan alfa-terpineol} = \frac{30 \text{ mL} \cdot 50 \text{ g}}{100 \text{ ml}} \cdot 81,16\% \cdot 2,87\% = 0,349 \text{ g}$$

(c) Aromaterapi

Diketahui minyak aromaterapi suatu produk dengan isi 250 mL terdapat 4% kandungan eucalyptus oil. Minyak atsiri eucalyptus oil mengandung 8,96%. Diketahui densitas alfa-terpineol adalah 0,935 g/mL (Sembiring, 2019).

Oleh karena itu, kandungan dibutuhkan alfa-terpineol pada suatu produk aromaterapi sebagai berikut.

$$\text{Kandungan alfa-terpineol} = 250 \text{ mL} \cdot 4\% \cdot 8,96\% = 0,838 \text{ g}$$

Tabel 1.1. Jumlah Penduduk Indonesia Tahun 2015-2021

| Tahun | Jumlah penduduk di indonesia (juta jiwa) |
|-------|--|
| 2015 | 258,383 |
| 2016 | 261,556 |
| 2017 | 264,651 |
| 2018 | 267,671 |
| 2019 | 270,626 |
| 2020 | 273,523 |
| 2021 | 276,362 |

Sumber: Knoema, 2015-2021

Tabel 1.2. Kebutuhan Alfa-terpineol Tahun 2015

| Jenis industri | Kandungan alfa-terpineol (g) | Kebutuhan setiap orang (produk/5 hari) | Jumlah masyarakat 2015 | Waktu (5 hari/tahun) | Jumlah Kebutuhan (ton/tahun) |
|----------------|------------------------------|--|------------------------|----------------------|------------------------------|
| Sabun | 5.848,075 | 1 | 258.383.000 | 73 | 9.746,792 |
| Disinfektan | 6.590,252 | 1 | 258.383.000 | 73 | 10.983,753 |
| Aromaterapi | 15.801,795 | 1 | 258.383.000 | 73 | 26.336,325 |
| Total | | | | | 28.240,121 |

Jumlah Penduduk di Indonesia pada tahun 2025 dapat diperkirakan dengan persamaan eksponensial pertumbuhan sebagai berikut:

$$Y = Y^0 e^{kt} \dots (1)$$

Keterangan:

Y = Jumlah penduduk pada tahun ke i

Y^0 = Jumlah Penduduk pada tahun ke 0

k = Konstanta

t = waktu (tahun)

Menentukan Konstanta k :

$$Y_{(2015)} = 258,383 \text{ Juta jiwa}$$

$$Y_{(2021)} = 276,362 \text{ Juta jiwa}$$

$$t = 6 \text{ tahun}$$

$$Y_{(2021)} = Y_{(2015)} e^{kt}$$

$$k = 0,0112$$

Jumlah Penduduk tahun 2025 adalah:

$$t = 10 \text{ tahun}$$

$$Y_{(2025)} = Y_{(2015)} e^{kt}$$

$$Y_{(2025)} = 289,038 \text{ Juta jiwa}$$

Kebutuhan Alfa-terpineol pada tahun 2025 adalah:

$$\text{Kebutuhan alfa-Terpineol} = \frac{Y_{(2025)}}{Y_{(2015)}} \cdot 28.240,121 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} = 31.590,552 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}}$$

1. Kapasitas Minimum Pabrik.

Berdasarkan kebutuhan alfa-terpineol di Indonesia pada tahun 2025, dapat ditentukan kapasitas pabrik dengan rumus,

$$\text{Kapasitas Pabrik} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Kapasitas Pabrik} = (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Import})$$

$$\text{Kapasitas Pabrik} = (31.590,552 + 0) - (0 + 0)$$

$$\text{Kapasitas Pabrik} = 31.590,552 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas minimum pabrik dapat diperoleh dari 8% peluang kapasitas dari kapasitas pabrik alfa-terpineol yaitu sebesar **2.500** ton/tahun.

2. Ketersediaan Bahan Baku.

Ketersediaan bahan baku yakni terpentin dapat ditemukan data produksi serta ekspor terpentin menurut perhutani, didapatkan angka produksi dan ekspor dari tahun 2016-2020:

Tabel 1.3. Produksi Terpentin Perhutani

| Produksi terpentin perhutani (penjualan dlm negeri) | |
|---|-----------------|
| Tahun | Kapasitas (Ton) |
| 2016 | 2.237 |
| 2017 | 1.532 |
| 2018 | 2.844 |
| 2019 | 1.114 |
| 2020 | 1.652 |

Tabel 1.4. Ekspor Terpentin Perhutani

| Ekspor terpentin perhutani | |
|----------------------------|-----------------|
| Tahun | Kapasitas (Ton) |
| 2016 | 11.840 |
| 2017 | 9,842 |
| 2018 | 11.545 |
| 2019 | 10.492 |
| 2020 | 11.545 |

Sumber : Perhutani, 2020

Disini bisa didapatkan, bahwa angka produksi terpentin sebagai bahan baku pembuatan alfa-terpineol mengalami angka yang variatif tiap tahunnya naik-turun, sehingga bisa didapatkan maksimal produksi terpentin dari 2016-2020 yaitu 2.844 ton. Angka ekspor terpentin menurut perhutani yakni dari 2016-2020 mengalami angka variatif tiap tahunnya naik-turun. Hal ini dapat disimpulkan bahwa angka produksi dan ekspor terpentin di Indonesia sangat

banyak, karena melimpahnya bahan baku pembuatan terpentin yaitu getah hutan pinus dan ketersediaan hutan pinus yang melimpah di Indonesia.

1.3 Tinjauan Pustaka

Pinus Merkusii satu-satunya jenis pinus yang tumbuh asli di negara Indonesia. Pinus Merkusii termasuk dalam salah satu jenis pohon serba guna yang terus menerus dikembangkan dan diperluas penanamannya hingga masa mendatang untuk penghasil kayu, produksi getah, dan konservasi lahan. Luas hutan pinus di Indonesia sekitar 5.521.985 ha, tersebar di NAD, Jambi, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur dan Sulawesi. semua bagian pohonnya bisa dimanfaatkan dan dikembangkan, antara lain batangnya dapat disadap untuk diambil getahnya.

Getah pinus (*collophony*) adalah substansi yang transparan, kental, dan memiliki daya rekat. Getah yang didapatkan dari Pinus Merkusii digolongkan sebagai oleoresin. Oleoresin bisa didefinisikan sebagai cairan asam resin dalam terpentin yang menetes ke luar apabila saluran resin pada kayu atau kulit pohon jenis daun jarum tersayat atau pecah.

Minyak terpentin merupakan minyak eteris yang dapat diperoleh sebagai hasil sampingan dari pembuatan gondorukem. Secara umum minyak terpentin dapat digunakan sebagai pelarut atau pembersih cat, vernis dan lain-lain. Hingga saat ini minyak terpentin banyak dimanfaatkan sebagai disinfektan dan bahan baku industri farmasi. Turunan minyak terpentin seperti isoboril asetat, kamper, sitral, linalool, sitrinellal, mentol dan sebagainya juga dapat dimanfaatkan dalam industri skala kecil maupun besar.

Terpineol adalah alkohol dan salah satu dari golongan senyawa monoterpena yang terjadi secara alami sebagai hasil isolasi dari berbagai sumber seperti minyak pinus dan minyak cajuput. Terpineol adalah hasil campuran dari isomer-isomer *alfa-terpineol* yang memiliki struktur yang sama dengan rantai utama. Alfa-terpineol merupakan suatu produk yang secara luas digunakan pada berbagai industri kosmetik sebagai parfum, dalam industri farmasi sebagai anti jamur dan anti serangga, disinfektan dan lain-lain.

Proses sintesis alfa-terpineol dari terpenin dan air dibutuhkan katalis untuk mereaksikan diantaranya adalah hidrasi langsung *alfa-pinene* dengan menggunakan katalis *Chloroacetic Acid*, reaksi *alfa-pinene* dengan katalis asam sulfat, dan hidrasi langsung *alfa-pinene* dengan menggunakan katalis *Oxalic Acid*. Proses-proses tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

1. Hidrasi langsung alfa-pinene dengan menggunakan katalis *Chloroacetic Acid*

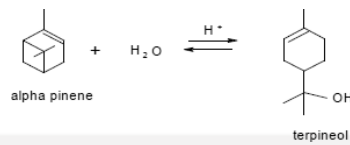
Asam kloroasetat ditemukan sebagai katalis yang baik untuk produksi alfa-terpineol dari pinene. Hasil yang baik adalah karena keasaman yang kuat dan kelarutan yang tinggi dan afinitas dengan fase berair dan organik selama reaksi. Hasil yang diperoleh dengan katalis ini menarik untuk aplikasi industri, terutama karena tidak adanya senyawa terklorinasi dan untuk pemisahan yang mudah dan pemurnian katalis ini dari media reaksi jika dibandingkan dengan asam sulfat (asam kloroasetat menjadi tidak larut dalam air dan pinene pada 5-7 °C, dan mengendap sebagai kristal). Tidak ada katalis lain seperti resin penukar ion yang diperlukan untuk mendapatkan selektivitas yang baik dan

konversi yang tinggi pada hidrasi alfa-pinene menjadi terpineol dengan asam kloroasetat. (Aguirre dkk, 2005)

Aguirre pada jurnalnya tahun (2005) melakukan penelitian hidrasi α -pinene dengan berbagai macam katalis asam untuk dibandingkan. Katalis yang dipakai adalah asam klorida, asam asetat, asam oksalat dan asam kloroasetat. Hidrasi dengan katalis asam kloroasetat diperoleh konversi 99% dengan selektivitas sekitar 69% atau konversi 10% dengan selektivitas 95,5% pada kondisi suhu reaksi 70°C, waktu reaksi 4 jam, dan konsentrasi katalis 6,4 mol/L.

Menurut (Utami dkk, 2011) proses reaksi hidrasi *alfa-pinene* menjadi alfa-terpineol pada suhu 80 °C, konsentrasi katalisator asam kloroasetat 6 M, perbandingan mol katalisator asam kloroasetat dan air terhadap α -pinene 2,4/1, kecepatan pengadukan 546 rpm, dan waktu reaksi selama 240 menit atau 4 jam sehingga akan didapatkan konversi hidrasi alfa-pinene tersebut 54,13% serta tanpa produk samping dari proses hidrasi tersebut. Jenis reaksi yang digunakan dalam proses ini adalah reaksi heterogen karena melibatkan transfer massa molekul air dari fasa air menuju lapisan *turpentin oil* (Utami dkk, 2011). Berikut reaksi pembentukan alfa-terpineol dari alfa-pinene:





Gambar 1. 1 Reaksi Hidrasi Alfa-Pinene Menjadi Alfa-Terpineol

Sumber : Inovasi Pembangunan Jurnal Kelitbangan.Fakultas Teknik Universitas Lampung

2. Reaksi alfa-pinene dengan katalis asam sulfat

Proses *hydrasi alfa-pinene* menjadi produk antara berlangsung pada temperature 25-35 °C dengan kondisi optimum pada perbandingan mol *alfa-pinene* dan asam sulfat 1:2 dengan konsentrasi asam sulfat 30%. Proses ini memiliki beberapa tahap reaksi pembentukan produk antara terpin hydrate, pemurnian produk antara *terpin hydrate* dan dehidrasi *terpin hydrate* menjadi *alfa-terpineol*. Pemurnian produk antara dari sisa reaktan dan katalis (asam sulfat) harus dilakukan untuk memperoleh *yield* yang tinggi karena terbentuknya agglomerasi asam sulfat di dalam *crude terpin hydrate* menyebabkan sulitnya pemurnian sehingga proses ini tidak lagi menjadi pilihan (Herrlinger, 1959). Teti, dkk (2018) melakukan penelitian sintesis alfa-pinene menjadi α -terpineol menggunakan katalis H₂SO₄, maka dapat disimpulkan berikut ini. Meski konversi tertinggi dapat mencapai 99,9%, namun selektivitas *alfa-terpineol* tertinggi yang dihasilkan sebesar 18,9% pada kecepatan

pengadukan 600 rpm dengan waktu reaksi selama 3 jam. Semakin tinggi kecepatan pengadukan yang digunakan pada sintesis *alfa-pinene* menjadi *alfa-*

terpineol maka akan



menghasilkan konversi *alfa-pinene* dan selektivitas *alfa-terpineol* semakin tinggi. Waktu reaksi optimum yang terbaik yang dapat digunakan adalah selama 3 jam dan pada waktu reaksi lebih dari 3 jam terbentuknya produk samping berupa *terpin hydrate* dan *γ-terpineol*.

3. Hidrasi langsung *a-pinene* dengan menggunakan katalis *Oxalic Acid*

Asam oksalat konversi tertinggi mendekati 40% dengan selektivitas terhadap *alfa-terpineol* 60%, nilai-nilai ini adalah diperoleh dengan waktu reaksi satu jam, dan perubahan lebih lanjut minimal. Kelarutan asam oksalat yang rendah membatasi konversi karena kurangnya ketersediaan proton di fase organik, dan reaksi hidrasi dilakukan terutama pada interfase air atau pinene. Produk dengan yang lebih tinggi hasil menggunakan asam oksalat sebagai katalis tidak teroksidasi senyawa seperti limonene, terpinolene dan carene. Itu pembentukan senyawa ini mendukung hal tersebut di atas, dan asam oksalat tidak meningkatkan interaksi air atau pinene, jadi proton pada fase organik meningkat terutama isomerisasi penataan ulang pinene, seperti pada proses isomerisasi pinene untuk menghasilkan camphene.

Asam oksalat sedikit larut dalam pinene, konversi dan selektivitasnya lebih rendah daripada yang diamati untuk katalis asam kloroasetat. Sejak pKa adalah 1,3 untuk asam oksalat, diharapkan hasilnya dapat ditingkatkan jika pelarut ditambahkan ke sistem reaksi untuk mendukung interaksi *alfa-pinene* dan katalis asam oksalat. Bagaimanapun, biaya asam oksalat yang rendah serta pemisahan dan pemurniannya yang mudah membuatnya menarik bagi industri. (Aguirre, 2005)

Tabel 1.5. Perbandingan Proses Pembuatan Alfa-terpineol

| No | Kriteria | Proses Pembuatan Alfa-terpineol | | |
|----|----------------|---|--|---|
| | | Metode 1 | Metode 2 | Metode 3 |
| 1 | Bahan Baku | <i>alfa-pinene</i> dan Air (H ₂ O) (Lokal) | <i>alfa-pinene</i> dan Etanol (C ₂ H ₅ OH) (Lokal) | <i>alfa-pinene</i> dan Air (H ₂ O) (Lokal) |
| 2 | Bahan Pengotor | Beta-pinene D-limonene Camphene 3-carene | Beta-pinene D-limonene Camphene 3-carene | Beta-pinene D-limonene Camphene 3-carene |
| 3 | Reaktor | CSTR | CSTR | CSTR |
| 4 | Temperatur | 80 °C | 80 °C | 70 °C |
| 5 | Tekanan | 1 atm | 1 atm | 1 atm |
| 6 | Waktu | 4 jam | 3 jam | 4 jam |
| 7 | Katalis | Asam Kloroasetat | Asam Sulfat | Asam Oksalat |
| 8 | Konversi | 54,13% | 99,9% | 53,4% |
| 9 | Selektivitas | 100 % | 18,9% | 64 % |
| 10 | Produk samping | - | <i>terpin hydrate</i> dan <i>γ-terpineol</i> | Limonene dan <i>γ-terpinene</i> |

Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing reaksi sebagai berikut:

1. Hidrasi langsung *alfa-pinene* dengan menggunakan katalis

Chloroacetic Acid

Kelebihan:

- Selektivitas alfa-terpineol terbentuk sangat tinggi sehingga produk samping dihasilkan tidak terjadi

Kekurangan:

- Konversi dihasilkan lebih rendah dari metode 2

2. Reaksi *a-pinene* dengan katalis asam sulfat

Kelebihan:

- Konversi dihasilkan sangat tinggi
- Waktu dibutuhkan sedikit lebih singkat dari metode lain

Kekurangan:

- Selektivitas alfa-terpineol terbentuk sangat kecil
- Kebutuhan alat proses lebih banyak untuk memisahkan produk samping
- Konversi tertinggi dicapai dengan penambahan etanol sehingga membutuhkan harga yang cukup mahal

3. Hidrasi langsung *alfa-pinene* dengan menggunakan katalis

Oxalic Acid

Kelebihan:

- Harga katalis lebih murah

Kekurangan:

- Konversi dihasilkan sangat rendah
- Selektivitas alfa-terpineol cukup kecil.

Berdasarkan metode-metode digunakan untuk pembuatan alfa-terpineol diatas, maka dipilih Metode 1, yaitu “Hidrasi langsung *α-pinene* dengan menggunakan katalis *Chloroacetic Acid*” dalam pertimbangan kelebihan serta meminimalkan kekurangan.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Tujuan dari tinjauan termodinamika adalah untuk menentukan sifat reaksi (endotermik/eksotermik), apakah reaksi berlangsung spontan atau tidak, dan

arah reaksi (*reversibel/ireversibel*). Panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$ dapat digunakan untuk menentukan reaksi tersebut eksotermik atau endotermik. Berdasarkan segi termodinamika harga-harga ΔH_f° masing-masing komponen sebagai berikut:

Reaksi yang terjadi:



Tabel 1.6. Harga ΔH_f° masing-masing komponen

| Komponen | ΔH_f° (kJ/kmol) |
|--------------------------------------|------------------------------|
| $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$ | -205.894,414 |
| $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ | -285,83 |
| $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ | 31.505,485 |

Sumber: Pahima, 2018 diubah dari kcal/mol
Smith, 2018 diubah dari J/mol

Enthalpy of Formation:

$$\Delta H_f^\circ(298) = \Delta H_f^\circ \text{ Produk} - \Delta H_f^\circ \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H_f^\circ = (\Delta H_f^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O})) - (\Delta H_f^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_{16}) + \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta H_f^\circ = (-205.894,414) - ((31.505,485) + (-285,83))$$

$$= -237.114,069 \text{ kJ/kmol}$$

Berdasarkan data entalpi dengan harga *enthalpy* negatif maka reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis.

Energi bebas gibbs

Perhitungan energi bebas gibbs (ΔG_f°) digunakan untuk meramalkan arah reaksi kimia cenderung spontan atau tidak. ΔG_f° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar yang cukup besar. Sedangkan ΔG_f° bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Berikut merupakan harga ΔG_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1.7. Harga ΔG_f° masing-masing komponen

| Komponen | ΔG_f° (kJ/kmol) |
|-----------------|------------------------------|
| $C_{10}H_{18}O$ | -55.880 |
| $H_2O_{(l)}$ | -237,129 |
| $C_{10}H_{16}$ | 149.850 |

Sumber: Tasheva, 2021 diubah dari kJ/mol

Chemeo, 2016 diubah dari kJ/mol

Smith, 2018 diubah dari J/mol

$$\Delta G_f^\circ = \Delta G_f^\circ - \Delta G_f^\circ$$

$$\Delta G_f^\circ = (\Delta G_f^\circ(C_{10}H_{18}O)) - (\Delta G_f^\circ(C_{10}H_{16}) + \Delta G_f^\circ(H_2O))$$

$$\Delta G_f^\circ = (-55.880) - ((149.850) + (-237,129))$$

$$\Delta G_f^\circ = -205.456,871 \text{ kJ/kmol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, telah dibuktikan bahwa nilai (ΔG_f°) energi bebas gibbs bernilai negatif sehingga termasuk reaksi spontan.

Nilai Konstanta laju reaksi dapat dievaluasi melalui jurnal yang telah ditulis oleh Herti Utami, Arief Budiman, Sutijan, dkk pada tahun 2011 dengan topik yang serupa dengan data sebagai berikut:

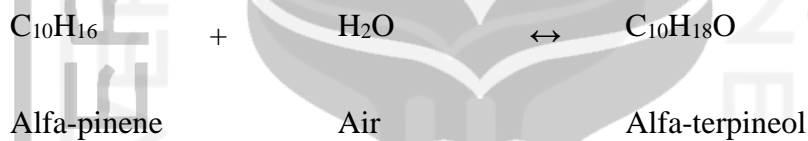
Reaksi hidrasi alfa-pinene menjadi alfa-terpineol dengan jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk.

Kondisi Operasi:

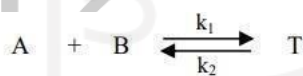
Tekanan : 1 atm

Suhu : 80° C

Persamaan reaksi kimia:



Menentukan Konstanta Laju Reaksi Hidrasi Alfa-Pinene



Jika α -pinene dituliskan A, air dituliskan B dan produk terpineol T, maka persamaan reaksinya menjadi:

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A C_B - k_2 C_T \dots (2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan variasi suhu diperoleh harga-harga konstanta kecepatan reaksi dari jurnal yang telah ditulis oleh Herti Utami, Arief

Budiman, Sutijan, dkk pada tahun 2011. Hubungan antara konstanta kecepatan reaksi (k_1) dengan suhu dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$k_1 = 4,121 \cdot e^{\frac{-9256,38}{T}} \dots (3)$$

Berdasarkan hasil k_1 didapatkan nilai aktivasi (E), yaitu sebesar 18.392 kal/gmol. Meskipun begitu, pemakaian untuk menghitung k_1 pada persamaan ini mendapatkan ralat rata-rata sebesar 2,80%. Hubungan antara konstanta kecepatan reaksi (k_2) dengan suhu dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$k_2 = 3,801 \cdot 10^7 e^{\frac{-7841,44}{T}} \dots (4)$$

Berdasarkan hasil k_2 didapatkan nilai aktivasi (E) sebesar 15.580 kal/gmol serta penggunaan untuk menghitung k_2 persamaan ini mendapatkan ralat rata-rata sebesar 2,19%. Oleh karena itu, didapatkan nilai k_1 dan k_2 sebagai berikut:

$$k_1 = 4,121 \cdot 10^9 e^{\frac{-9256,38}{80+273,15 K}}$$

$$k_1 = 0,0208 \frac{ml}{mol \cdot menit}$$

$$k_1 = 1,248 \cdot 10^{-2} \frac{m^3}{kmol \cdot jam}$$

$$k_2 = 3,801 \cdot 10^7 e^{\frac{-7841,44}{80+273,15}}$$

$$k_2 = 5,186 \cdot 10^{-3} \frac{jam}{jam}$$

Keterangan:

$-r_A$: Laju reaksi (kmol/jam.m³)

k_1 : Konstanta laju reaksi ke kanan (m³/kmol.jam)

k_2 : Konstanta laju reaksi ke kiri (/jam)

C_A : Konsentrasi C₁₀H₁₆ (kmol/m³)

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

Neraca Massa Terpentin atau A (C₁₀H₁₆) di dalam reaktor pada *steady state*

input - output - reaksi = akumulasi

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

Jika pada stoikiometri

$$F_A = F_{A0} (1-X_A)$$

$$V_R = \frac{F_{A0} X_A}{-r_A}$$

Jika dari stoikiometri $C_A = \frac{F_{A0} (1-X_A)}{v_0}$, $C_B = \frac{F_{B0} - F_{A0} X_A}{v_0}$, dan $C_T = \frac{F_{A0} X_A}{v_0}$

$$V_R = \frac{F_{A0} \cdot X_A \cdot v_0^2}{k_1 F_{A0} (1-X_A) \cdot (F_{B0} - F_{A0} X_A) - \frac{k_2 F_{A0} X_A}{v_0}} \dots (5)$$

Keterangan:

F_{A0} : Mol C₁₀H₁₆ (kmol)

F_{B0} : Mol H₂O (kmol)

v_0 : Laju alir volumetrik masuk reaktor (m³/jam)

X_A : Konversi C₁₀H₁₆

V_R : Volume reaktor (m³)

Berdasarkan persamaan diatas ini, kita dapat menghitung volume reaktor tersebut untuk proses hidrasi langsung α -pinene menjadi α -terpineol dengan menggunakan katalis *Chloroacetic Acid*.



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Pemenuhan kualitas produk sesuai dengan tujuan atau target perancangan pabrik alfa-terpineol ini, sehingga dibutuhkan spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi Produk Alfa-terpineol dengan bahan baku terpenin dan air disajikan Pada tabel 2.1



Tabel 2.1. Sifat Fisis Bahan Baku dan Produk

| Sifat Fisis | Terpentin | | | | | Air | Alfa-terpineol |
|-------------------------|--|--|--|--|--|---------------------------------|--|
| | Alfa-pinene | Beta-pinene | D-Limonene | 3-carene | Camphene | | |
| Rumus Molekul | $C_{10}H_{16}$ | $C_{10}H_{16}$ | $C_{10}H_{16}$ | $C_{10}H_{16}$ | $C_{10}H_{16}$ | H_2O | $C_{10}H_{18}O$ |
| Berat Molekul | 136 kg/kmol | 136 kg/kmol | 136 kg/kmol | 136 kg/kmol | 136 kg/kmol | 18 kg/kmol | 154 kg/kmol |
| Bentuk | Cair | Cair | Cair | Cair | Cair | Cair | Cair |
| Titik Didih | 156,15 °C | 166 °C | 176 °C | 170 °C | 159,5 °C | 100°C | 219,167°C |
| Titik Leleh | -55 °C | -61 °C | -40 °C | <25 °C | 25,5 °C | 0°C | 18°C |
| Kemurnian | 97,09% | 1,6% | 0,03% | 0% | 1,28% | 100% | 96% |
| Densitas | 0.8592 gr/cm ³ (20 °C) | 0.860 gr/cm ³ (25 °C) | 0.841 gr/cm ³ (20 °C) | 0.87 gr/cm ³ | 0.87 gr/cm ³ | 0,998 g/cm ³ (20 °C) | 0,935 gr/cm ³ (20 °C) |
| Bau | Khas pinus | Khas pinus | Citrus | Tidak berbau | Bau seperti kapur barus | Tidak Berbau | Lavender |
| Warna | Tidak berwarna | Tidak berwarna | Tidak berwarna | Tidak berwarna | Tidak berwarna | Tidak Berwarna | Tidak berwarna |
| <i>Spesific Gravity</i> | 0.8592 (20 °C) | 0.860 (25 °C) | 0.8411 (20 °C) | 0.87 | 0.87 | 0.998 (20 °C) | 0,935 (20 °C) |
| Kelarutan | Sangat larut dalam benzene, aseton, alkohol dan eter | Sangat larut dalam benzene, aseton, alkohol dan eter | Sangat larut dalam benzene, aseton, alkohol dan eter | Sangat larut dalam benzene, aseton, alkohol dan eter | Sangat larut dalam benzene, aseton, alkohol dan eter | - | Sangat larut dalam benzene, aseton, alkohol dan eter |
| Tekanan Kritis | 27,6 Bar | 27,6 Bar | 27,5 Bar | - | - | - | - |
| Volume Kritis | 0,504 m ³ | 0,506 m ³ | 0,524 m ³ | - | - | 0,344 m ³ | - |
| Temperatur Kritis | 632 K | 643 K | 550 K | 648.5 K | 638 K | 647.13 K | - |

Sumber: Pubchem

Yaws, 1999

Tabel 2.2. Identifikasi *Hazard* Produk

| Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses | | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|------------------|-----------------|------------------|------------|--|
| Komponen | <i>Hazard</i> | | | | | | Keterangan | Pengelolaan |
| | <i>Explosive</i> | <i>Flammable</i> | <i>Toxic</i> | <i>Corrosive</i> | <i>Irritant</i> | <i>Oxidizing</i> | | |
| Alfa-Terpineol | | | | | J | | | Kondisi penyimpanan yang aman, termasuk Semua inkompatibilitas. Penyimpanan wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik |

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Spesifikasi bahan yang digunakan di pabrik alfa-terpineol ini, hal tersebut terdiri dari dua bagian, bahan baku dan bahan pembantu (pendukung).

2.2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan Alfa-terpineol adalah terpentin dan air. Terpentin terdiri dari komponen reaktif yang dapat bereaksi membentuk alfa-terpineol antara lain alfa-pinene. Komponen *inert* sebagai pengotor bahan baku beta-pinene, D-limonene, 3-carene, dan camphene.

Sifat Kimia:

- a. Hidrasi alfa-pinene dengan air atau etanol dan katalis asam menghasilkan alfa-terpineol, limonene, g-terpenine, dan senyawa hubungan lainnya.

2.2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

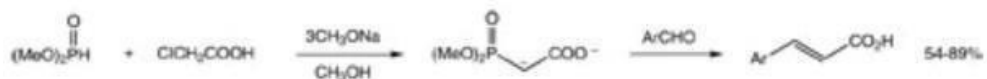
Tabel 2.3. Sifat Fisis Asam Kloroasetat

| Parameter | Spesifikasi |
|-------------------|--|
| Rumus Molekul | C ₂ H ₃ ClO ₂ |
| Berat Molekul | 94,5 kg/kmol |
| Bentuk | Cair |
| Titik Didih | 189,3°C |
| Titik Leleh | 63°C |
| Densitas | 1,4043 gr/cm ³ |
| Bau | Bau seperti cuka |
| Warna | Tidak berwarna |
| Specific Gravity | 1,4043 (20 °C) |
| Temperatur Kritis | 412,85°C |
| Kelarutan | Larut dalam air 858 mg/mL (25 °C) |

Sumber: PubChem

Sifat Kimia:

- a. Reaksi *Knoevenagel* atau *Horner-Wadsworth-Emmons* untuk sintesis alfa-asam sinamat yang tidak tersubstitusi melibatkan reaksi asam kloroasetat dengan dimetil fosfit dengan katalis natrium metoksida, dan pengolahan garam fosfonoasetat yang dihasilkan dengan benzaldehida. Sumber: Alfa.com



Tabel 2.4. Identifikasi *Hazard* Bahan Baku dan Bahan Pendukung

| Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses | | | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|---|---|
| Komponen | <i>Hazard</i> | | | | | | | Keterangan | Pengelolaan |
| | <i>Explosive</i> | <i>Flammable</i> | <i>Toxic</i> | <i>Corrosive</i> | <i>Irritant</i> | <i>Oxidizing</i> | <i>Radioactive</i> | | |
| Alfa-pinene | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | <i>Flash point: 33°C, Autoignition point: 255°C</i> | Penyimpanan wadah tetap tertutup. Menyimpan jauh dari panas, percikan, dan nyala api terbuka. |
| Beta-pinene | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | <i>Flash point: 31,1°C</i> | Penyimpanan wadah tetap tertutup. Penyimpanan jauh dari panas, percikan, dan nyala api terbuka |
| D-limonene | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | <i>Flash point: 48°C, Autoignition point: 255°C, Lower Explosive Limit: 0.7 % pada 150°C Upper Explosive Limit: 6,1% pada 150°C</i> | Penyimpanan tahan api dan terpisah dari oksidan kuat. Penyimpanan di area tanpa akses saluran pembuangan atau saluran pembuangan. |
| 3-carene | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | | Penyimpanan wadah tetap tertutup. Penyimpanan jauh dari panas, percikan, dan nyala api terbuka |
| Camphene | | ✓ | ✓ | | ✓ | | | <i>Flash point: 33,3°C, Autoignition point: 265°C</i> | Kondisi penyimpanan yang aman, termasuk semua inkompatibilitas. |

| | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|---|---|--|--|--|---|---|
| | | | | | | | | | Penyimpanan wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik. |
| Air | | | | | | | | | |
| Asam kloroasetat | | | √ | √ | | | | <i>Flash point:</i> 126,1 °C, <i>Autoignition point:</i> 470°C | Penyimpanan wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik. |

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian produksi bertujuan untuk menjaga kualitas produk hasil produksi, mulai dari bahan mentah hingga produk jadi. Kontrol kualitas (*Quality Control*) pabrik ini meliputi kontrol kualitas bahan baku, kontrol atau pengendalian kualitas proses dan kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian Mutu/Kualitas Bahan Baku bertujuan untuk mengetahui sejauh mana mutu bahan baku yang digunakan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dalam proses. Oleh karena itu, pemeriksaan kualitas bahan baku sebelum pembuatan agar bahan yang digunakan dapat diproses di pabrik.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian atau Kontrol kualitas proses dilakukan oleh pengontrol yang terletak di tengah ruang kontrol. Unit kontrol dijalankan oleh kontrol otomatis dengan indikator. Jika indikator menyimpang dari set-set tersebut, apakah itu bahan baku atau laju aliran produk, kontrol level atau kontrol suhu, ini adalah

sinyal atau tanda yang diberikan, yaitu lampu lampu, alarm, suara dan sebagainya. Jika terjadi penyimpangan, mereka harus dikembalikan ke keadaan semula atau disesuaikan secara manual atau otomatis. Beberapa pengendalian yang digunakan yaitu pengendalian kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur.

Kontrol atau alat pengendali yang perlu dikonfigurasi dalam kondisi tertentu meliputi:

- *Level Control*

Kontrol level (*Level Control*) adalah perangkat yang dipasang di bagian atas tangki. Jika kondisi yang ditentukan tidak terpenuhi, akan ditampilkan tanda/sinyal berupa suara dan cahaya.

- *Flow Rate Control*

Flow rate adalah alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran proses masuk dan aliran keluar.

- *Temperature Control*

Temperature Control adalah alat yang dipasang di semua alat proses. Jika kondisi yang ditentukan tidak terpenuhi, akan ditampilkan tanda/sinyal berupa suara dan cahaya.

- *Pressure Controller*

Alat yang digunakan untuk mengontrol tekanan. Alat kontrol akan bekerja apabila kondisi tekanan tidak sesuai dengan yang ditetapkan dengan ditandai berupa sinyal nyala lampu atau bunyi.

- *Ratio Control*

Ratio Control merupakan alat yang digunakan untuk sebagai penjaga dari komposisi bahan keluar maupun masuk kembali agar hasil yang didapatkan lebih murni.

Ketika pengendalian proses dilakukan pada suatu operasi pada harga yang ditentukan untuk memproduksi produk standar, pengendalian mutu dilakukan untuk menentukan apakah bahan baku dan produk memenuhi spesifikasi. Setelah perencanaan produksi dibuat dan proses produksi dijalankan, produksi harus dipantau dan dikendalikan agar proses dapat berjalan dengan lancar.

Kegiatan proses produksi dirancang untuk membawa kualitas ke standar, produksi sesuai jadwal, dan untuk menghasilkan produk tepat waktu.

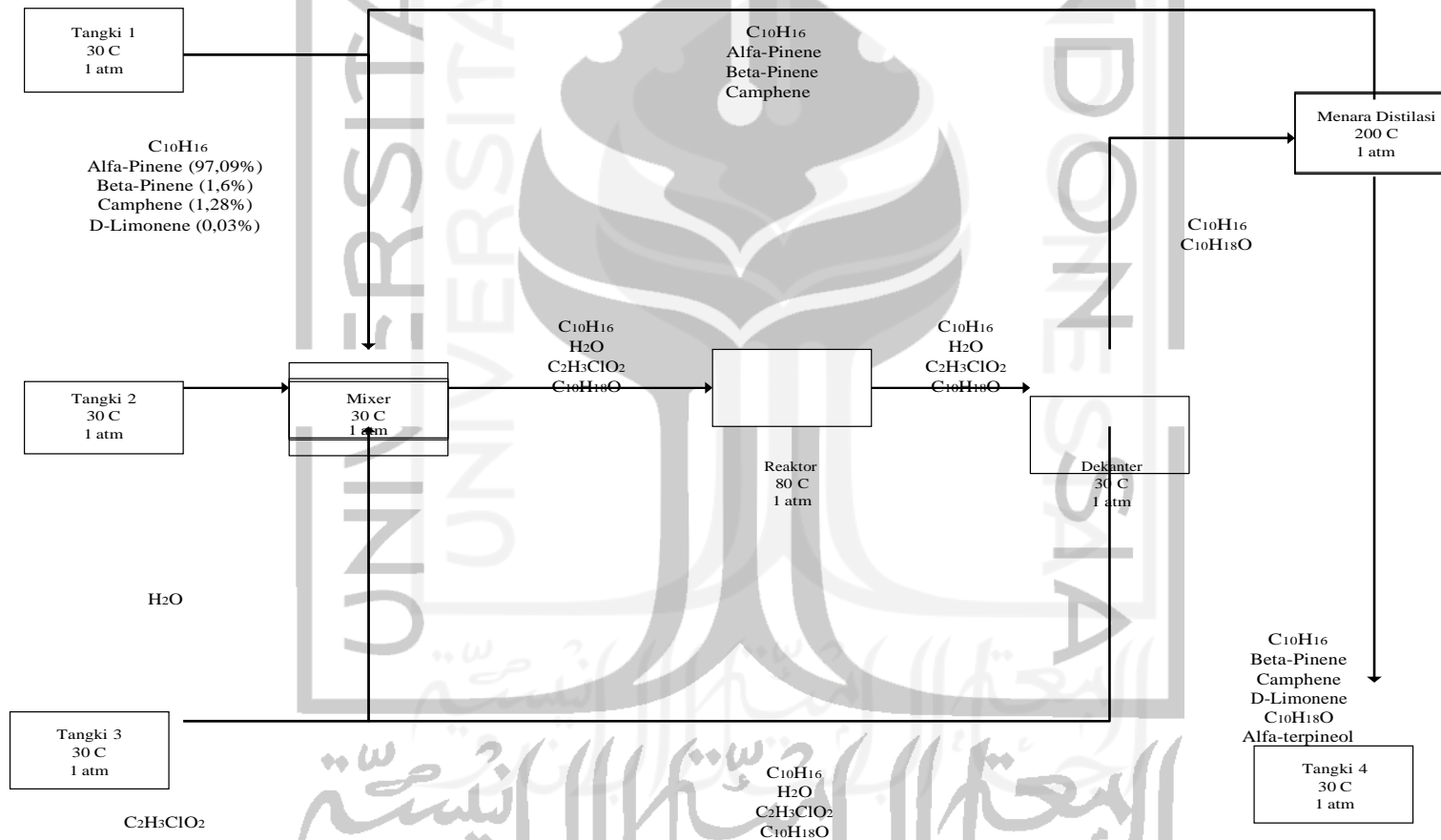
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Kontrol kualitas produk dilakukan untuk kemurnian produk alfa-terpineol. Ketika bahan berkualitas tinggi diperlukan untuk mencapai kualitas produk standar, kami memantau dan mengontrol proses yang ada melalui sistem kontrol sehingga produk berkualitas tinggi dapat diperoleh dan dijual untuk pemasaran.

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور
الاستاذ الدكتور

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.2 Uraian Proses

Proses produksi alfa-terpineol dari terpentin dan air dapat dibagi menjadi tahap persiapan bahan baku, reaksi, pemisahan, pemurnian, dan penyimpanan.

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Produksi alfa-terpineol dengan kapasitas 2.500 ton/tahun menggunakan bahan baku terpentin memiliki alfa-pinene kemurnian 97,09 % dengan impuritas beta-pinene 1,6 %, D-limonene 0,03%, camphene 1,28% dan air kemurnian 100% dengan bantuan katalis asam kloroasetat kemurnian 100%. Dari tangki (T-01), (T-02), dan (T-03) dengan kondisi temperature 30 °C dan tekanan 1 atm, sebelum masuk ke Reaktor (R-01) masing-masing bahan baku dialirkan dengan pompa (P-01, P-02, dan P-03) menuju *Mixer* (M-01) untuk mencampurkan dan menghomogenkan bahan baku bersifat minyak dan air. Kemudian dialirkan dengan pompa (P-04) dan dipanaskan menggunakan *Heater* (HE-01) menuju dengan tujuan untuk menaikkan suhu agar sesuai dengan suhu operasi 80 °C dan tekanan 1 atm.

3.2.2. Tahap Proses Reaksi

Setelah melalui tahapan persiapan, bahan baku dimasukkan ke dalam Reaktor (R-01) jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) karena berlangsung pada fase cair-cair serta bersifat heterogen karena kandungan minyak dan air. Reaktor bekerja secara eksotermis dengan

kondisi operasi *Isothermal*. Reaktor ini dilengkapi dengan jaket pendingin sebagai penstabil suhu reaktor serta dilengkapi pengaduk agar semua bahan baku yang masuk tercampur dengan sempurna.

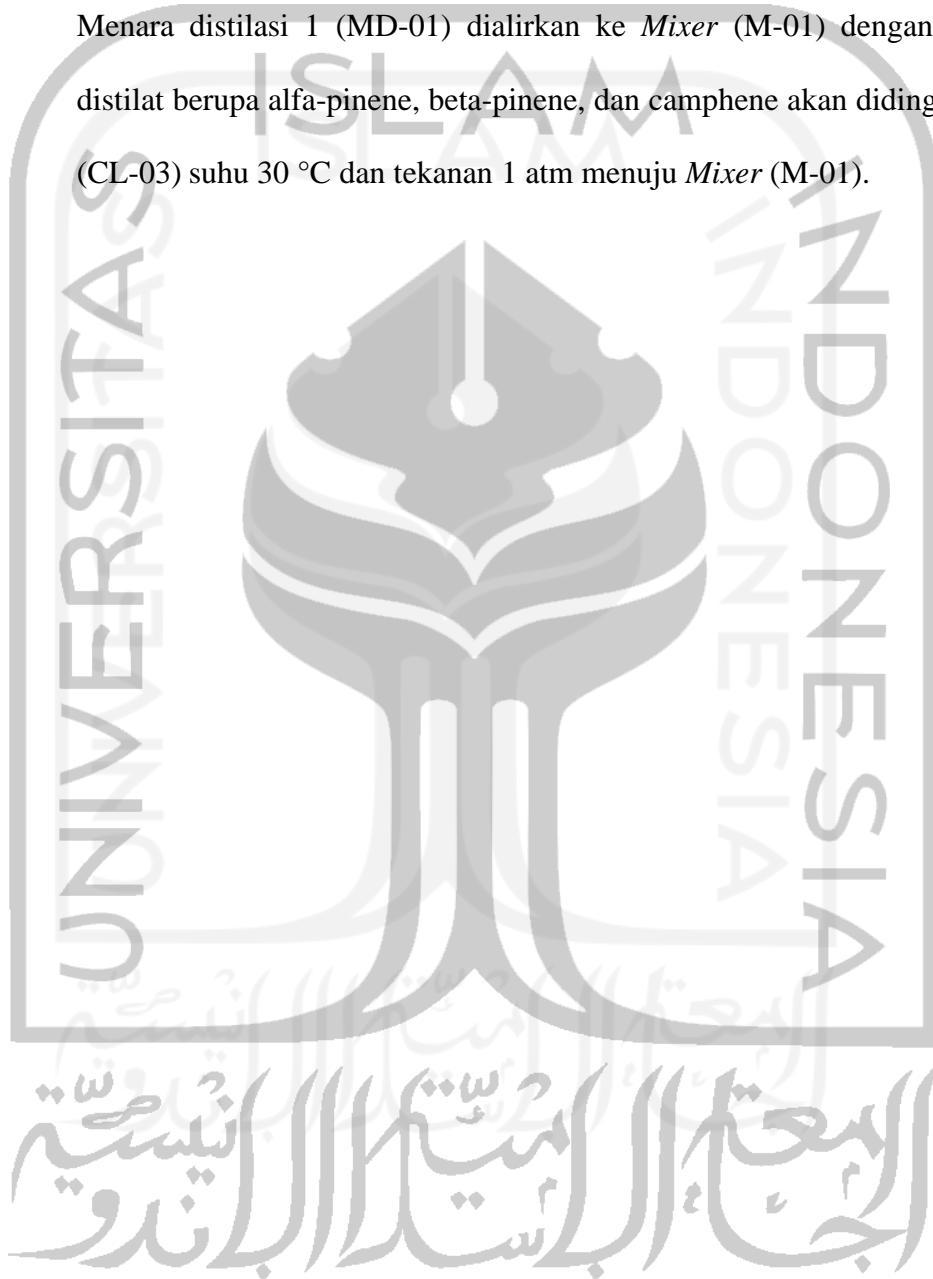
3.2.3. Tahap Pemisahan

Hasil keluaran dari Reaktor (R-01) alfa-terpineol sebagai produk, alfa-pinene, beta-pinene, camphene, D-limonene, air, dan asam kloroasetat diumpankan menuju Dekanter (D-01). Sebelum masuk Dekanter (D-01), umpan akan didinginkan menggunakan *Cooler* (CL-01) dan dialirkan menggunakan pompa (P-05). Hasil bawah dekanter (D-01) berupa air, asam kloroasetat, sisa dari alfa-terpineol, alfa-pinene, beta pinene, camphene, dan D-limonene akan dialirkan kembali dengan pompa (P-06) menuju *Mixer* (M-01). Hasil atas dekanter akan diumpankan menuju menara distilasi 1 (MD-01) dialirkan menggunakan pompa (P-07) dan dipanaskan dengan *Heater* (HE-02) memberikan hasil atas berupa alfa-pinene, beta-pinene, camphene, D-limonene, dan alfa-terpineol.

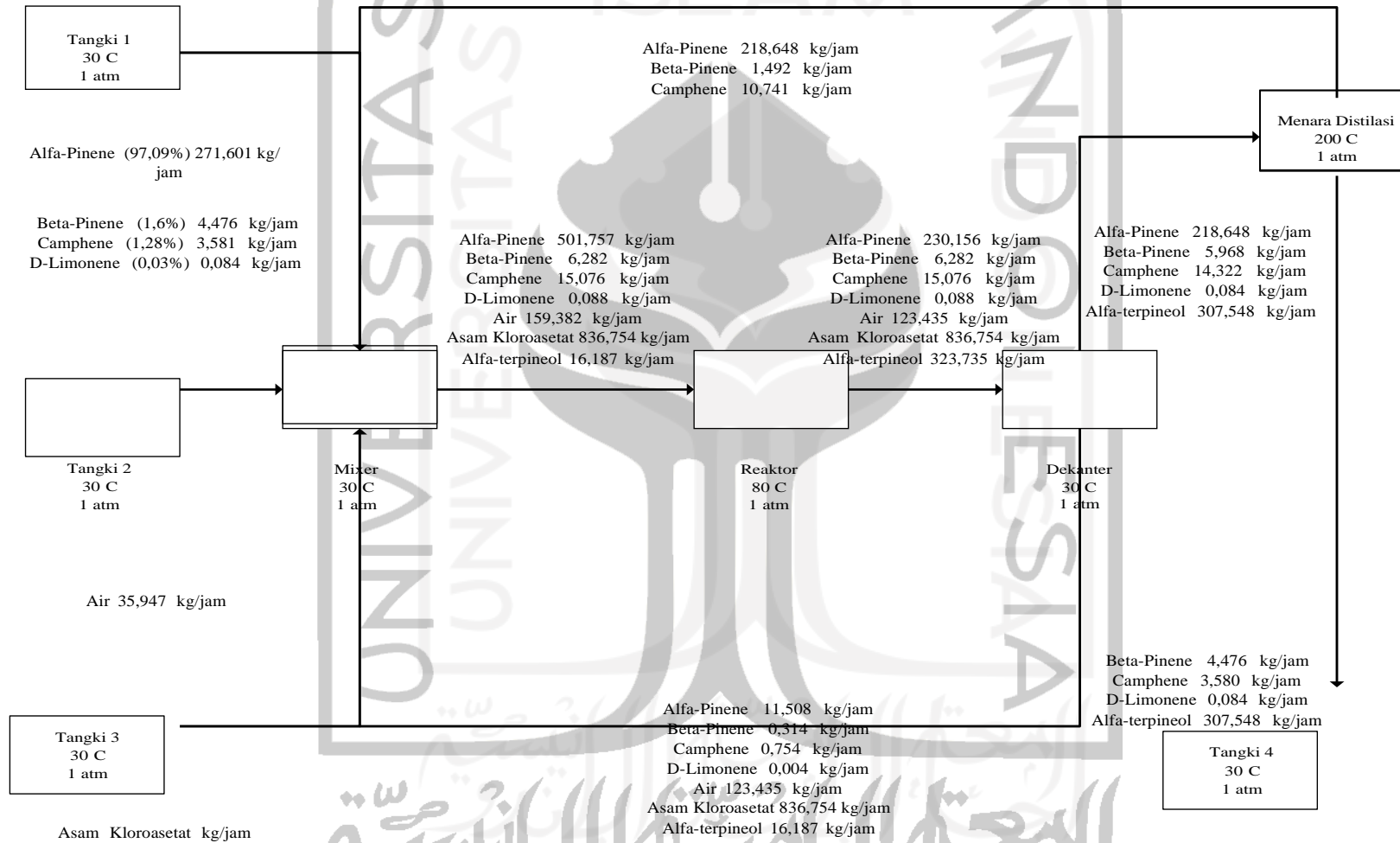
3.2.4. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan

Sebelum hasil atas menara distilasi 1 (MD-01) dialirkan menuju *Mixer* (M-01) komponen masuk terlebih dahulu ke *Condensor* (CD-01) lalu ditampung pada *Accumulator* (ACC-01) sehingga hasil yang didapat berupa cairan yang dapat direflux dengan pompa (P-09) serta hasil yang menuju ke *Mixer* (M-01). Hasil *bottom* dari Menara distilasi 1 (MD-01)

berupa alfa-terpineol serta sisa beta-pinene, camphene, dan D-limonene dialirkan ke *Reboiler* (RB-01), dipompa (P-08), didinginkan (CL-02) lalu diteruskan menuju Tangki penyimpanan (T-04). Hasil distilat pada Menara distilasi 1 (MD-01) dialirkan ke *Mixer* (M-01) dengan hasil distilat berupa alfa-pinene, beta-pinene, dan camphene akan didinginkan (CL-03) suhu 30 °C dan tekanan 1 atm menuju *Mixer* (M-01).



3.3 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif

3.4 Spesifikasi Alat

3.4.1 Spesifikasi Reaktor

1. Reaktor 1

Spesifikasi Umum

| | |
|--------------------------------|---|
| Kode | : R-01 |
| Fungsi | : Tempat mereaksikan Alfa-Pinene dan Air menjadi Alfa-Terpineol |
| Jenis/Tipe | : <i>Continuous Stirred Tank Reactor</i> (CSTR) |
| Mode Operasi | : Kontinyu |
| Jumlah | : 1 buah |
| Harga | : Rp. 8.771.977.391 |
| Kondisi Operasi | |
| Suhu, °C | : 80 °C |
| Tekanan, atm | : 1 atm |
| Kondisi Proses | : Adiabatis dan <i>Isothermal</i> |
| Konstruksi dan Material | |
| Bahan Konstruksi | : <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i> |
| Diameter (ID) <i>shell</i> , m | : 3,5904 m |
| Tebal <i>shell</i> , in | : 0,4375 in |

Tinggi Total, m : 6,8509 m

Jenis *Head* : *Torispherical Flanged & Dished Head*

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk : Flat Six Blade Turbine with Disk

Diameter Pengaduk : 1,2118 m

Kecepatan Pengaduk, rpm : 68 rpm

Power/tenaga pengadukan, hp : 40 hp

Jumlah *baffle* : 4

Lebar *baffle* : 0,2060 m

Jenis Jaket : Pendingin

Mode Transfer Panas :

- UD, W/m²K : 97,8330 W/m²K

- Luas *Transfer Area* : 8,9929 m²

- Tebal Jaket, m : 0,0508 m

3.4.2 Spesifikasi Alat Pencampur

1. Mixer

Kode : M-01

Fungsi : Mencampurkan dan menghomogenkan bahan baku menuju reaktor

Jenis : Tangki berpengaduk tutup *flanged and*

dished

Material : *Stainless steel SA-167 Grade 3 type 316*

Kondisi Operasi

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi

Diameter : 1,2057 m

Tinggi : 1,8086 m

Tebal *shell* : 0,1875 m

Tebal *head* : 0,1875 m

Jumlah pengaduk: : 1 buah

Kecepatan Pengaduk, rpm : 320 rpm

Tenaga/*power* pengaduk : 15,0 hp

Harga : Rp. 5.609.574.400

3.4.3 Spesifikasi Alat Pemisah

1. Dekanter

Kode : D-01

Fungsi : Memisahkan fase ringan dan fase berat yang keluar dari reaktor dengan prinsip perbedaan densitas dan kelarutannya

Jenis Alat : Dekanter silinder horizontal

Jenis Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 316*

Jumlah : 1 unit

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Dimensi Dekanter

Shell

Diameter : 0,5285 m

Panjang : 1,0569 m

Tebal shell : 0,1875 in

Head

Jenis : *Flanged & Standar Dished Head*

Tinggi : 0,1519 m

Tebal head : 0,1875 in

2. Menara Distilasi

Kode : MD - 01

Fungsi : Memisahkan alfa-terpineol dari campuran

Tipe : *Sieve Tray Column*

Material : *Carbon Steel SA-283 grade C*

Kondisi Operasi

a. Umpan

Tekanan : 1 atm

Suhu : 179 °C

a. Distilat

Tekanan : 0,9940 atm

Suhu : 156 °C

b. Bottom

Tekanan : 1,0060 atm

Suhu : 215 °C

Spesifikasi

Shell

Tinggi Menara : 8,8379 m

Diameter : 0,5500 m

Tebal Shell : 0,1875 in

Head

Tebal Head : 0,1875 in

Tinggi Head : 5,5457 in

Tray

Jenis Tray : Sieve Tray

Feed Plate : 16

Jumlah Plate actual : 27 buah

Panjang Weir : 0,3850 m

Diameter Hole : 0,0050 m

Tebal Tray : 0,0050 m

Tray Spacing : 0,2500 m

Jumlah Lubang : 777 buah

Insulasi

Bahan : Foam, Polyurethane

Konduktivitas panas, W/m.K : 0,03 W/m.K

Tebal isolasi, m : 0,00635 m

3.4.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan

| Tangki | T-01 | T-02 | T-03 | T-04 |
|-------------------------|--|---|---|--|
| Fungsi Alat | Menyimpan Kebutuhan Terpentin untuk proses produksi | Menyimpan Kebutuhan Air untuk proses produksi | Menyimpan Kebutuhan Asam Kloroasetat ($C_2H_3ClO_2$) untuk proses produksi | Menyimpan Produk akhir Alfa-Terpineol ($C_{10}H_{18}O$) untuk proses produksi |
| Lama Penyimpanan | 7 Hari | 7 Hari | 30 Hari | 7 Hari |
| Fasa | Cair | Cair | Cair | Cair |
| Jumlah Tangki | 1 Buah | 1 Buah | 1 Buah | 1 Buah |
| Jenis Tangki | Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap Berbentuk <i>conical roof</i> | Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>conical roof</i> | Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>conical roof</i> | Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>conical roof</i> |
| Kondisi Operasi | Suhu ($^{\circ}C$): 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm): 1 atm | Suhu ($^{\circ}C$): 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm): 1 atm | Suhu ($^{\circ}C$): 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm): 1 atm | Suhu ($^{\circ}C$): 30 $^{\circ}C$ Tekanan (atm): 1 atm |
| Spesifikasi | Bahan Konstruksi: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> Volume Tangki: 106,5213 m ³ Diameter | Bahan Konstruksi: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> Volume Tangki: 60,4151 m ³ Diameter | Bahan Konstruksi: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i> Volume Tangki: 166,9364 m ³ Diameter | Bahan Konstruksi: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> Volume Tangki: 106,5213 m ³ Diameter |

| | | | | |
|------------------------------|---|--|---|---|
| | Tangki: 6,10 M Tinggi Tangki: 3,6576 m <i>Course Plate:</i> 2 Tebal <i>Shell:</i> 0,1875 in | Tangki: 4,57 m Tinggi Tangki: 3,6576 m <i>Course Plate:</i> 2 Tebal <i>Shell:</i> 0,1875 in | Tangki: 7,62 m Tinggi Tangki: 3,6576 m <i>Course Plate:</i> 2 Tebal <i>Shell:</i> 0,1875 in | Tangki: 6,10 m Tinggi Tangki: 3,6576 m <i>Course Plate:</i> 2 Tebal <i>Shell:</i> 0,1875 in |
| Head & Bottom | Tebal <i>Head</i> (in): 0,1875 in Tebal <i>Bottom</i> (in): 0,375 in | Tebal <i>Head</i> (in): 0,1875 in Tebal <i>Bottom</i> (in): 0,3125 in | Tebal <i>Head</i> (in): 0,1875 in Tebal <i>Bottom</i> (in): 0,3125 in | Tebal <i>Head</i> (in): 0,1875 in Tebal <i>Bottom</i> (in): 0,375 in |
| Harga (Rupiah) | Rp1.065.380.0 68 | Rp391.683.8 49 | Rp4.238.889.6 50 | Rp1.065.380.0 68 |

3.4.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

| Spesifikasi | Pompa | | |
|------------------------|--|--|--|
| Bahan | Alfa-Pinene Beta-Pinene Camphene D-Limonene | Air | Asam Kloroasetat |
| Kode | P-01 | P-02 | P-03 |
| Fungsi | Memompa bahan baku terpentin dari Tangki Penyimpanan 1 menuju <i>Mixer</i> | Memompa bahan baku air dari Tangki Penyimpanan 2 menuju <i>Mixer</i> | Memompa bahan pendukung katalis dari Tangki Penyimpanan 3 menuju <i>Mixer</i> |
| Kondisi Operasi | | | |
| Viskositas | 1,2243 cP | 0,8150 cP | 1,2137 cP |
| Kapasitas | 0,3931 m ³ /jam | 0,0421 m ³ /jam | 1,1757 m ³ /jam |
| Pump Head | 2,331 m | 2,215 m | 3,128 m |
| Suhu Fluida | 30 °C | | |
| Jenis Pompa | <i>Single Stage Centrifugal Pump</i> | | |
| Submersibility | <i>Immersed</i> | | |
| Daya Motor | 0,050 hp | 0,050 hp | 0,050 hp |

| | | | |
|------------------------------|------------------------------------|------------|---|
| Material Construction | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | | <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i> |
| Harga (Rupiah) | 47.002.062 | 24.371.439 | 113.153.112 |

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan (2)

| Spesifikasi | Pompa | | |
|------------------------------|--|---|--|
| Bahan | Alfa-Pinene Beta-Pinene Camphene D-Limonene Air Asam Kloroasetat | Alfa-Pinene Beta-Pinene Camphene D-Limonene Air Asam Kloroasetat Alfa-Terpineol | Air Asam Kloroasetat |
| Kode | P-04 | P-05 | P-06 |
| Fungsi | Memompa bahan baku campuran dari <i>Mixer</i> menuju Reaktor | Memompa hasil Reaktor menuju Dekanter | Memompa hasil bawah Dekanter menuju <i>Mixer</i> |
| Kondisi Operasi | | | |
| Viskositas | 2,8878 cP | 1,0488 cP | 3,5387 cP |
| Kapasitas | 1,5967 m ³ /jam | 1,6447 m ³ /jam | 0,9559 m ³ /jam |
| Pump Head | 7,669 m | 0,945 m | 3,026 m |
| Suhu Fluida | 30 °C | 80 °C | 30 °C |
| Jenis Pompa | <i>Single Stage Centrifugal Pump</i> | | |
| Submersibility | <i>Immersed</i> | | |
| Daya Motor | 0,167 hp | 0,050 hp | 0,050 hp |
| Material Construction | <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i> | | |
| Harga (Rupiah) | 128.820.466 | 128.820.466 | 113.153.112 |

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan (3)

| Spesifikasi | Pompa | | |
|---------------|--|---|--|
| Bahan | Alfa-Pinene Beta-Pinene Camphene D-Limonene Alfa-Terpineol | Beta-Pinene Camphene D-Limonene Alfa-Terpineol | Alfa-Pinene Beta-Pinene Camphene |
| Kode | P-07 | P-08 | P-09 |
| Fungsi | Memompa hasil atas Dekanter | Memompa hasil bawah Menara Distilasi menuju | Memompa hasil atas Menara |

| | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | menuju Menara Distilasi | Tangki Penyimpanan 4 | Distilasi menuju <i>Mixer</i> |
| Kondisi Operasi | | | |
| Viskositas | 15,1766 cP | 0,0054 cP | 0,3102 cP |
| Kapasitas | 0,7332 m ³ /jam | 0,4994 m ³ /jam | 0,3716 m ³ /jam |
| Pump Head | 7,369 m | 4,639 m | 2,676 m |
| Suhu Fluida | 30 °C | 217 °C | 156 °C |
| Jenis Pompa | <i>Single Stage Centrifugal Pump</i> | | |
| Submersibility | <i>Immersed</i> | | |
| Daya Motor | 0,125 hp | 0,050 hp | 0,050 hp |
| Material Construction | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | | |
| Harga (Rupiah) | 47.002.062 | 47.002.062 | 47.002.062 |

3.4.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. Heater (HE-01)

| | | |
|--------------------------|--|-------------|
| Fungsi | Memanaskan fluida dari <i>Mixer</i> menuju Reaktor | |
| Jenis | <i>Double Pipe</i> | |
| Bahan | <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i> | |
| Tipe | <i>Steam</i> | |
| Kondisi Operasi | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Suhu Masuk | 220 °C | 30 °C |
| Suhu Keluar | 220 °C | 80 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Beban Panas | 148.668,2343 Btu/Jam | |
| Mechanical Design | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Panjang | 12 ft | |
| <i>Hairpin</i> | 2 buah | |
| ID | 1,66 in | 1,38 in |
| OD | 2,38 in | 2,067 in |
| A | 15 ft ² | |
| <i>Pressure Drop</i> | 1,4550 psi | 7,9387 psi |
| Rd | 0,0197 Btu/jam.ft ² .°F | |

2. Cooler (CL-01)

| | | |
|--------------------------|--|-------------|
| Fungsi | Mendinginkan fluida dari Reaktor menuju Dekanter | |
| Jenis | <i>Double Pipe</i> | |
| Bahan | <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i> | |
| Tipe | Air Pendingin | |
| Kondisi Operasi | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Suhu Masuk | 25 °C | 80 °C |
| Suhu Keluar | 40 °C | 30 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Beban Pendingin | 145.611,732 Btu/jam | |
| Mechanical Design | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Panjang | 12 ft | |
| <i>Hairpin</i> | 12 buah | |
| ID | 1,66 | 1,38 |
| OD | 2,38 | 2,067 |
| A | 89,568 ft ² | |
| <i>Pressure Drop</i> | 1,0658 psi | 0,1625 psi |
| Rd | 0,0169 Btu/jam.ft ² .°F | |

3. Heater (HE-02)

| | | |
|--------------------------|---|-------------|
| Fungsi | Memanaskan fluida dari Dekanter menuju Menara Distilasi 1 | |
| Jenis | <i>Double Pipe</i> | |
| Bahan | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | |
| Tipe | <i>Steam</i> | |
| Kondisi Operasi | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Suhu Masuk | 220 °C | 30 °C |
| Suhu Keluar | 220 °C | 179 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Beban Panas | 146.076,2431 Btu/Jam | |
| Mechanical Design | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Panjang | 12 ft | |
| <i>Hairpin</i> | 2 buah | |
| ID | 1,66 in | 1,38 in |
| OD | 2,38 in | 2,067 in |
| A | 15 ft ² | |
| <i>Pressure Drop</i> | 1,4144 psi | 6,2743 psi |
| Rd | 0,0052 Btu/jam.ft ² .°F | |

4. Cooler (CL-02)

| | | |
|--------------------------|---|-------------|
| Fungsi | Mendinginkan fluida dari Menara Distilasi 1 menuju Tangki 4 | |
| Jenis | <i>Double Pipe</i> | |
| Bahan | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | |
| Tipe | Air Pendingin | |
| Kondisi Operasi | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Suhu Masuk | 25 °C | 217 °C |
| Suhu Keluar | 40 °C | 30 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Beban Pendingin | 104.396,9313 Btu/jam | |
| Mechanical Design | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Panjang | 15 ft | |
| <i>Hairpin</i> | 3 buah | |
| ID | 1,66 in | 1,38 in |
| OD | 2,38 in | 2,067 in |
| A | 28 ft ² | |
| <i>Pressure Drop</i> | 0,9491 psi | 0,0076 psi |
| Rd | 0,0037 Btu/jam.ft ² .°F | |

5. Cooler (CL-03)

| | | |
|--------------------------|--|-------------|
| Fungsi | Mendinginkan fluida dari Menara Distilasi menuju Mixer | |
| Jenis | <i>Double Pipe</i> | |
| Bahan | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | |
| Tipe | Air Pendingin | |
| Kondisi Operasi | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Suhu Masuk | 25 °C | 156 °C |
| Suhu Keluar | 40 °C | 30 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Beban Pendingin | 53.005,69491 Btu/jam | |
| Mechanical Design | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Panjang | 15 ft | |
| <i>Hairpin</i> | 2 buah | |
| ID | 1,66 in | 1,38 in |
| OD | 2,38 in | 2,067 in |

| | | |
|---------------|------------------------------------|------------|
| A | 15 ft ² | |
| Pressure Drop | 0,2682 psi | 0,0066 psi |
| Rd | 0,0069 Btu/jam.ft ² .°F | |

6. Condensor (CD-01)

| | | |
|--------------------------|--|-------------|
| Fungsi | Mengembunkan uap hasil atas Menara Distilasi | |
| Jenis | <i>Shell and Tube</i> | |
| Bahan | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | |
| Tipe | Air Pendingin | |
| Kondisi Operasi | | |
| | <i>Shell</i> | <i>Tube</i> |
| Suhu Masuk | 25 °C | 156 °C |
| Suhu Keluar | 40 °C | 156 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Beban Pendingin | 271.640,8123 Btu/jam | |
| Mechanical Design | | |
| | <i>Annulus</i> | <i>Tube</i> |
| Panjang | 24 ft | |
| <i>Tubes</i> | 3 tubes | |
| ID | 33 | 1,4 |
| OD | 1,5 | 1,5 |
| A | 24,5007 ft ² | |
| Pressure Drop | 0,0244 psi | 1,0239 psi |
| Rd | 0,0089 Btu/jam.ft ² .°F | |

7. Reboiler (RB-01)

| | | |
|--------------------------|--|-------------|
| Fungsi | Menguapkan hasil atas Menara Distilasi 1 | |
| Jenis | <i>Shell and Tube</i> | |
| Bahan | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | |
| Tipe | Steam | |
| Kondisi Operasi | | |
| | <i>Shell</i> | <i>Tube</i> |
| Suhu Masuk | 220 °C | 215 °C |
| Suhu Keluar | 220 °C | 217 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Beban Panas | 177.175,3735 Btu/jam | |
| Mechanical Design | | |
| | <i>Shell</i> | <i>Tube</i> |
| Panjang | 24 ft | |
| <i>tube</i> | 56 tube | |
| ID | 33 | 1,4 |
| OD | 1,5 | 1,5 |
| A | 526,2204 ft ² | |

| | | |
|----------------------|------------------------------------|------------|
| <i>Pressure Drop</i> | 0,0383 psi | 0,0004 psi |
| <i>Rd</i> | 0,0031 Btu/jam.ft ² .°F | |

8. Accumulator (ACC-01)

| | | |
|------------------------|--|--|
| Fungsi | Sebagai penampung keluaran condenser pada MD-01 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar | |
| Jenis | Tangki silinder horizontal | |
| Bahan | <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i> | |
| Kondisi Operasi | | |
| Suhu | 156 °C | |
| Tekanan | 1 atm | |
| Dimensi Tangki | | |
| Diameter | 0,441 m | |
| Panjang | 2,645 m | |
| Volume | 0,4260 m ³ | |
| Tebal Shell | | |
| <i>Plate 1</i> | 0,1875 in | |
| Dimensi Head | | |
| <i>Tebal Head</i> | 0,1875 in | |
| <i>Tinggi Head</i> | 0,15764 m | |
| <i>Waktu Tinggal</i> | 10 menit | |

3.5 Neraca Massa

3.5.1. Neraca Massa Total

Tabel 3.5 Neraca Massa Total

| No. | Komponen | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) |
|-----|------------------|----------------|-----------------|
| 1. | Alfa-Pinene | 271,601 | 0,000 |
| 2. | Beta-Pinene | 4,476 | 4,476 |
| 3. | Camphene | 3,581 | 3,581 |
| 4. | D-Limonene | 0,084 | 0,084 |
| 5. | Air | 35,947 | 0,000 |
| 6. | Asam Kloroasetat | 0,000 | 0,000 |

| No. | Komponen | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) |
|-------|----------------|----------------|-----------------|
| 7. | Alfa-Terpineol | 0,000 | 307,548 |
| Total | | 315,689 | 315,689 |

3.5.2. Neraca Massa Alat

1. Mixer (M-01)

Tabel 3.6 Neraca Massa Mixer

| No. | Komponen | Masuk (kg/jam) | | | | | Keluar (kg/jam) |
|-----------|------------------|----------------|--------|--------|---------|---------|-----------------|
| | | Arus 1 | Arus 2 | Arus 3 | Arus 6 | Arus 9 | |
| 1. | Alfa-Pinene | 271,601 | | | 11,508 | 218,648 | 501,757 |
| 2. | Beta-Pinene | 4,476 | | | 0,314 | 1,492 | 6,282 |
| 3. | Camphene | 3,581 | | | 0,754 | 10,741 | 15,076 |
| 4. | D-Limonene | 0,084 | | | 0,004 | 0,000 | 0,088 |
| 5. | Air | | 35,947 | | 123,435 | 0,000 | 159,382 |
| 6. | Asam Kloroasetat | | | 0,000 | 836,754 | 0,000 | 836,754 |
| 7. | Alfa-Terpineol | | | | 16,187 | 0,000 | 16,187 |
| Sub Total | | 279,742 | 35,947 | 0,000 | 988,956 | 230,881 | 1535,526 |
| Total | | 1535,526 | | | | | 1535,526 |

2. Reaktor (R-01)

Tabel 3.7 Neraca Massa Reaktor

| No. | Komponen | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) |
|-------|------------------|----------------|-----------------|
| 1. | Alfa-Pinene | 501,757 | 230,156 |
| 2. | Beta-Pinene | 6,282 | 6,282 |
| 3. | Camphene | 15,076 | 15,076 |
| 4. | D-Limonene | 0,088 | 0,088 |
| 5. | Air | 159,382 | 123,435 |
| 6. | Asam Kloroasetat | 836,754 | 836,754 |
| 7. | Alfa-Terpineol | 16,187 | 323,735 |
| Total | | 1535,526 | 1535,526 |

3. Dekanter (D-01)

Tabel 3.8 Neraca Massa Dekanter

| No. | Komponen | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) | |
|-----------|------------------|----------------|------------------|---------|
| | | Arus 5 | Arus 6 (Recycle) | Arus 7 |
| 1. | Alfa-Pinene | 230,156 | 11,508 | 218,648 |
| 2. | Beta-Pinene | 6,282 | 0,314 | 5,968 |
| 3. | Camphene | 15,076 | 0,754 | 14,322 |
| 4. | D-Limonene | 0,088 | 0,004 | 0,084 |
| 5. | Air | 123,435 | 123,435 | |
| 6. | Asam Kloroasetat | 836,754 | 836,754 | |
| 7. | Alfa-Terpineol | 323,735 | 16,187 | 307,548 |
| Sub Total | | 1535,526 | 988,956 | 546,570 |
| Total | | 1535,526 | 1535,526 | |

4. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.9 Neraca Massa Menara Distilasi

| No. | Komponen | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) | |
|-----|-------------|----------------|-----------------|---------|
| | | Arus 7 | Arus 8 (Produk) | Arus 9 |
| 1. | Alfa-Pinene | 218,648 | | 218,648 |
| 2. | Beta-Pinene | 5,968 | 4,476 | 1,492 |

| No. | Komponen | Arus 7 | Arus 8 (Produk) | Arus 9 |
|-----------|---------------------|---------|--------------------|---------|
| 3. | Camphene | 14,322 | 3,580 | 10,741 |
| 4. | D-Limonene | 0,084 | 0,084 | |
| 5. | Air | | | |
| 6. | Asam Kloroasetat | | | |
| 7. | Alfa- Terpineol | 307,548 | 307,548 | |
| Sub Total | | 546,570 | 315,689 | 230,882 |
| Total | | 546,570 | 546,570 | |

3.6 Neraca Panas

1. Mixer (M-01)

Tabel 3.10 Neraca Panas Mixer

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Total | 15.004,7926 | Total | 15.004,7926 |

2. Reaktor (R-01)

Tabel 3.11 Neraca Panas Reaktor

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Arus Masuk | 641.872,2976 | Arus Keluar | 164.844,8999 |
| | | Pendingin | 477.027,3977 |
| Total | 641.872,2976 | Total | 641.872,2976 |

3. Dekanter (D-01)

Tabel 3.12 Neraca Panas Dekanter

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Total | 14.735,5513 | Total | 14.735,5513 |

4. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.13 Neraca Panas Menara Distilasi

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|-----------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Arus Masuk | 155.685,6863 | Arus Keluar | 111.250,1862 |
| <i>Reboiler</i> | 49.606,2040 | <i>Distilat</i> | 55.442,2613 |
| | | <i>Condensor</i> | 38.599,4429 |
| Total | 205.291,8903 | Total | 205.291,8903 |

5. *Heater 1* (HE-01)

Tabel 3.14 Neraca Panas *Heater 1*

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Arus Masuk | 15.004,7926 | Arus Keluar | 171.858,0834 |
| Pemanas | 156.853,2907 | | |
| Total | 171.858,0834 | Total | 171.858,0834 |

6. *Cooler 1* (CL-01)

Tabel 3.15 Neraca Panas *Cooler 1*

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Arus Masuk | 168.363,5947 | Arus Keluar | 14.735,5513 |
| | | Pendingin | 153.628,0433 |
| Total | 168.363,5947 | Total | 168.363,5947 |

7. *Heater 2* (HE-02)

Tabel 3.16 Neraca Panas *Heater 2*

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Arus Masuk | 4.909,6506 | Arus Keluar | 159.028,2459 |
| Pemanas | 154.118,5953 | | |
| Total | 159.028,2459 | Total | 159.028,2459 |

8. *Cooler 2* (CL-02)

Tabel 3.17 Neraca Panas *Cooler 2*

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Arus Masuk | 113.057,9374 | Arus Keluar | 2.913,6788 |
| | | Pendingin | 110.144,2587 |
| Total | 113.057,9374 | Total | 113.057,9374 |

9. *Cooler 3* (CL-03)

Tabel 3.18 Neraca Panas *Cooler 3*

| Masuk | Kj/jam | Keluar | Kj/jam |
|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Arus Masuk | 57.919,7706 | Arus Keluar | 1.995,9719 |
| | | Pendingin | 55.923,7987 |
| Total | 57.919,7706 | Total | 57.919,7706 |

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pabrik Alfa-Terpineol dengan kapasitas produksi 2.500 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Karangasri, Kecamatan Ngawi, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Lokasi pabrik dekat dengan Pabrik Gondorukem dan Terpentin Sukun Ponorogo yang menyediakan terpentin sebagai bahan baku proses produksi alfa-terpineol.
2. Jarak pelabuhan (Surabaya) cukup dekat sehingga dapat mempermudah pengiriman bahan baku yang harus di impor (asam kloroasetat).
3. Sumber listrik diperoleh dari PLN Ngawi dan sumber bahan bakar (energi) cukup tersedia dan dapat diperoleh dari PT. Pertamina EP Asset 4 Sukowati Field Soko Tuban.
4. Lokasi pabrik dekat dengan Sungai Bengawan Solo, sehingga tersedia sumber air yang banyak.
5. Lokasi pabrik berada dekat dengan beberapa pabrik sabun, disinfektan, dan aromaterapi (Surabaya dan Sidoarjo) sehingga

aksesnya mudah dalam pemasaran produk dan menghemat biaya transportasi produk.

6. Tersedia tenaga kerja yang banyak dan relatif murah (UMR rendah).
7. Lokasi pabrik masih tersedia luas yang berada pada tanah yang datar, iklim normal, dan bukan merupakan daerah yang rawan bencana alam.
8. Pabrik ini direncanakan menempati area tanah seluas $\pm 2,66$ ha

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor utama atau primer secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama faktor ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Penyediaan bahan baku relatif mudah karena banyaknya lahan luas yang ditanam pohon pinus di daerah Madiun, Jawa Timur dengan luas lahan yang cukup banyak. Berikut adalah beberapa hal yang perlu dipertimbangkan mengenai bahan baku:

- Jarak bahan baku dengan pabrik
- Kapasitas dari bahan baku tersedia dari sumber
 - Penanganan dari bahan baku
 - Berkemungkinan mendapatkan bahan baku dari sumber yang lain

2. Pemasaran Produk

Fokus area pemasaran alfa-terpineol, yaitu pulau Jawa, Sulawesi, Sumatera dan Kalimantan, dimana sarana transportasi tersedia sudah cukup lengkap dan memasarkan produk ke pasar internasional (ekspor) mengingat persaingan dunia industri yang semakin bebas. Berikut ini merupakan hal-hal diperhatikan mengenai pemasaran:

- Daerah pemasaran produk
- Pesaing-pesaing yang ada serta pengaruhnya
- Kemampuan dari daya serap pasar
- Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- Sistem pemasaran yang digunakan

3. Kebutuhan Listrik dan Bahan Bakar

Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor pendukung yang sangat penting. Kebutuhan listrik yang dioperasikan pabrik bersumber dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Selain sumber tenaga listrik dari PLN, disediakan tenaga listrik darurat dari generator diesel yang bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina.

4. Kebutuhan Air

Air merupakan bagian penting dari pabrik industri kimia. Air yang dibutuhkan untuk pabrik alfa-terpineol berasal dari air sungai yang diolah terlebih dahulu. Air akan digunakan proses, utilitas, dan keperluan rumah tangga.

5. Ketenagaan kerja

Modal utama untuk mendirikan pabrik adalah tenaga kerja, dan dengan mudah memperoleh tenaga kerja dengan kualitas tertentu tanpa harus membeli secara lokal. Sementara itu, pekerja dari daerah atau pencari kerja akan diambil alih.

6. Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pembangunan pabrik adalah daerah yang telah tersedia fasilitas pelabuhan dan transportasi darat, sehingga pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dapat dilakukan melalui jalur darat atau laut.

7. Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi cuaca dan iklim di sekitar pabrik relatif stabil, tidak terjadi bencana alam besar, dan pabrik beroperasi dengan lancar.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak berperan langsung dalam proses industri, tetapi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelancaran arus produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi:

1. Perluasan Areal Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berada di daerah Ngawi sehingga memungkinkan adanya perluasan areal pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Perizinan atau wewenang

Lokasi pabrik dipilih di area khusus untuk kawasan industri, yang memudahkan persetujuan pembangunan pabrik. Penentuan tata letak pabrik merupakan bagian penting dari proses konstruksi pabrik. Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan:

- Aspek keamanan kerja terpenuhi.
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan dan perbaikan semua peralatan proses dengan mudah dan aman.
- Penggunaan lahan seefisien mungkin.
- Transportasi yang baik dan efisien.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Infrastruktur seperti jalan dan transportasi lainnya, serta fasilitas sosial seperti pendidikan, ibadah, hiburan, perbankan dan perumahan perlu dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah rencana untuk mengatur peralatan fisik dan personel untuk memproduksi produk dengan cara yang sangat efektif. Tata letak pabrik meliputi perencanaan ruang yang diperlukan untuk semua kegiatan pabrik, termasuk kantor, gudang, ruangan, dan semua fasilitas lain yang terkait dengan proses pembuatan produk. Tata letak pabrik berperan penting dalam menentukan biaya konstruksi, biaya produksi, efisiensi dan keselamatan pekerja. Oleh karena itu, tata letak pabrik harus dirancang dengan cermat untuk menghindari masalah di masa mendatang. Selain peralatan proses, beberapa bangunan fisik lainnya seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kafetaria, pemadam kebakaran, satpam, dll ditempatkan di bagian yang tidak mempengaruhi lalu lintas, barang, dan proses. Berikut adalah beberapa hal yang perlu dipertimbangkan ketika perancangan tata letak pabrik:

1. Area Manajemen / Perkantoran dan Laboratorium

Area manajemen merupakan pusat manajemen operasi yang mengatur kelancaran proses. Laboratorium merupakan pusat kendali kualitas dan kuantitas bahan diproses dan produk akan dijual.

2. Area Proses dan Ruang Kontrol

Area proses adalah area dimana alat-alat untuk proses produksi berada. Ketika area proses ini terletak di area berbeda dari bagian lain. Ruang kontrol merupakan pusat kendali untuk proses sedang berlangsung.

3. Area Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

4. Area utilitas dan *power station*

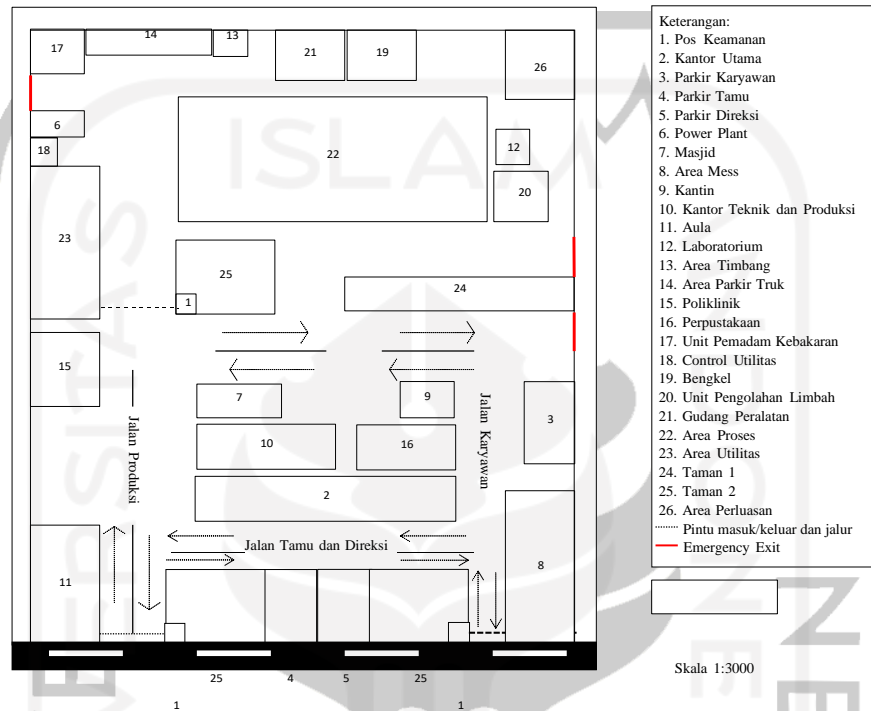
Area utilitas dan pembangkit listrik (*power station*) adalah daerah dimana kegiatan penyediaan air dan listrik terkonsentrasi. Pemasangan dan distribusi gas, udara, uap (*steam*), dan listrik yang tepat memudahkan pekerjaan dan pemeliharaan.

Perencanaan pabrik Alfa-Terpineol ini diperkirakan dibuat di atas tanah seluas 26.600 m² atau 2,66 hektar. Rincian luas lahan yang direncanakan dan tata letak pabrik ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.1 Luas Bangunan Pabrik

| No. | Lokasi | Panjang (m) | Lebar (m) | Luas (m ²) |
|-----|----------------------------|-------------|-----------|------------------------|
| 1. | Pos Keamanan | 9 | 9 | 81 |
| 2. | Kantor Utama | 102 | 21 | 2.142 |
| 3. | Parkir Karyawan | 18 | 33 | 594 |
| 4. | Parkir Tamu | 18 | 30 | 540 |
| 5. | Parkir Direksi | 18 | 30 | 540 |
| 6. | <i>Power Plant</i> | 18 | 12 | 216 |
| 7. | Masjid | 30 | 15 | 450 |
| 8. | Area Mess | 24 | 60 | 1.440 |
| 9. | Kantin | 18 | 15 | 270 |
| 10. | Kantor Teknik dan Produksi | 54 | 15 | 810 |
| 11. | Aula | 27 | 45 | 1.215 |
| 12. | Laboratorium | 12 | 12 | 144 |
| 13. | Area Timbang Truk | 12 | 12 | 144 |
| 14. | Area Parkir Truk | 45 | 9 | 405 |
| 15. | Poliklinik | 24 | 30 | 720 |
| 16. | Perpustakaan | 42 | 15 | 630 |
| 17. | Unit Pemadam Kebakaran | 16 | 17 | 272 |
| 18. | Control Utilitas | 9 | 9 | 81 |
| 19. | Bengkel | 24 | 18 | 432 |
| 20. | Unit Pengolahan Limbah | 18 | 18 | 324 |
| 21. | Gudang Peralatan | 24 | 18 | 432 |
| 22. | Area Proses | 120 | 50 | 6.000 |
| 23. | Area Utilitas | 27 | 60 | 1.620 |
| 24. | Taman 1 | 90 | 12 | 1.080 |
| 25. | Taman 2 | 39 | 30 | 1.170 |

| No. | Lokasi | Panjang (m) | Lebar (m) | Luas (m ²) |
|-----|------------------|-------------|-----------|------------------------|
| 26. | Daerah Perluasan | 20 | 20 | 400 |
| | Luas Bangunan | | | 19.502 |
| | Luas Tanah | 858 | 615 | 22.152 |



Gambar 4.2 Tata Letak Bangunan

4.3 Tata letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Saat merancang tata letak pabrik proses tersebut, terdapat beberapa hal perlu mempertimbangkan sebagai berikut:



1. Aliran bahan baku dan produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat membawa manfaat ekonomi yang besar dan mendukung produksi yang lancar dan aman. Jika pipa tanah perlu diletakkan pada ketinggian tiga meter atau lebih, perawatan harus dilakukan saat meletakkan pipa. Di sisi lain, pipa-pipa di tanah diatur agar tidak mengganggu lalu lintas kerja.

2. Aliran Udara

Aliran udara yang lancar di dalam dan di sekitar area proses harus dipertimbangkan. Ini dimaksudkan untuk menghindari stagnasi pembuangan di satu tempat dapat menyebabkan akumulasi kimia berbahaya. Selain itu, arah angin perlu dipertimbangkan.

3. Cahaya

Semua lampu pabrik harus sesuai untuk tempat proses berbahaya atau proses dengan resiko tinggi.

4. Lalu lintas manusia

Pertimbangan menyeluruh tata letak pabrik tersebut sehingga karyawan memiliki akses yang cepat dan mudah ke semua alat proses. Jika ada masalah dengan alat proses, dapat segera diperbaiki. Selain itu, keselamatan pekerja dalam menjalankan tugasnya harus diprioritaskan.

5. Tata letak alat proses

Penempatan peralatan proses di pabrik ditujukan untuk menekan biaya operasional sekaligus menjamin kelancaran dan keamanan produksi di pabrik sehingga layak dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

Alat proses suhu tinggi dan tekanan tinggi harus dipisahkan dari peralatan proses lainnya agar tidak membahayakan peralatan proses lainnya jika terjadi ledakan atau kebakaran.

7. *Maintenance* (Pemeliharaan)

Pemeliharaan membantu menjaga pabrik dan peralatan berjalan dengan lancar dan produktif melalui pemeliharaan dan perbaikan alat, dan untuk memenuhi tujuan dan spesifikasi produksi bahan baku yang diharapkan.

Pemeliharaan preventif dilakukan setiap hari untuk mencegah kerusakan peralatan dan menjaga kebersihan lingkungan sekitar peralatan. Di sisi lain, sesuai dengan manual yang ada, perawatan rutin dilakukan sesuai jadwal. Klasifikasi dilakukan agar perhatian khusus diberikan pada alat tersebut. Alat ini terus menerus dihasilkan dan akan berhenti jika rusak. Pemeliharaan peralatan proses dilakukan dalam prosedur sesuai. Hal ini terlihat dari rencana yang dijalankan oleh masing-masing alat. Pemeliharaan setiap alat meliputi:

1. *Overhead* 1 x 1 tahun

Ini adalah perbaikan, pemeriksaan, dan perataan seluruh alat, termasuk membongkar alat, mengganti bagian alat yang rusak, dan mengembalikannya ke keadaan semula.

2. *Repairing* (Perbaikan)

Repairing merupakan kegiatan perawatan untuk memperbaiki bagian-bagian peralatan yang rusak. Ini biasanya terjadi setelah pengujian. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemeliharaan adalah sebagai berikut:

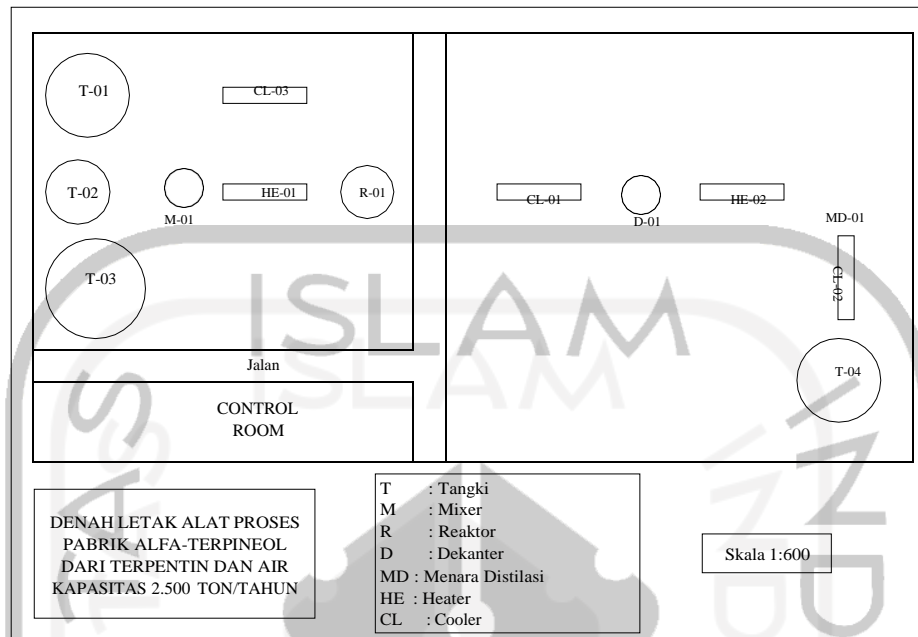
a. Umur alat

Semakin tua alat, semakin banyak perawatan perlu dilakukan. Hal ini menyebabkan peningkatan biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang memenuhi syarat berarti alat ini dibersihkan lebih sering. Tata letak alat proses harus dirancang sebaik mungkin sehingga didapatkan sebagai berikut:

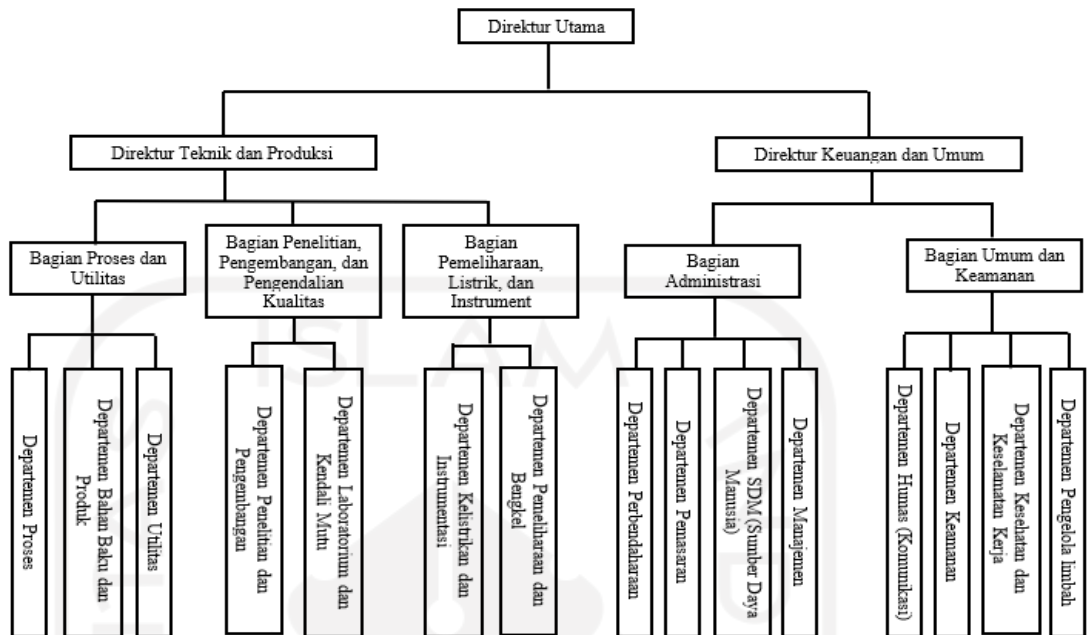
1. Terjamin proses produksi dengan lancar.
2. Penggunaan ruangan secara efektif.
3. Kontrol untuk mengurangi biaya modal sehingga biaya modal dapat dikurangi.
4. Jika proses tata letak proses benar, perusahaan tidak harus menggunakan alat transportasi untuk biaya mahal meskipun proses pembuatannya lancar.



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

Organisasi suatu perusahaan menjadi penting karena berkaitan dengan efek peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk-produk manufaktur. Organisasi perusahaan yang baik dan teratur juga menghasilkan talenta yang baik.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan

Pabrik Alfa Terpeneol dari Terpentin dan air ini direncanakan akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas. Untuk memperlancar jalannya perusahaan, perlu dibuat struktur organisasi perusahaan sehingga pembagaaian tugas dan wewenang pada masing-masing karyawan dapat berjalan dengan baik. Dengan berbentuk perseroan terbatas, kekuasaan tertinggi ditangan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang memiliki hak untuk menunjuk dewan direksi sebagai penanggung jawab kegiatan perusahaan sehari-hari.

Struktur manajemen perusahaan ini terdiri dari 4 level struktural. Pemimpin tertinggi dalam perusahaan ini adalah direktur utama yang membawahi dua direktur bagian, dengan lima kepala bagian dan lima belas departemen.

Adapun wewenang dan tanggung jawab masing-masing jabatan sebagai berikut:

1. Direktur Utama

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia (S1)

Jumlah : 1 orang.

2. Direktur Teknik dan Produksi

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia/Mesin/Elektro (S1)

Jumlah : 1 orang.

3. Direktur Keuangan dan Umum

Pendidikan : Sarjana Akuntansi (S1)

Jumlah : 1 orang.

4. Bagian Proses dan Utilitas

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia/Teknik Lingkungan (S1)

Jumlah : 1 orang.

5. Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Kualitas

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia/Analisis Kimia/Kimia (D3/S1)

Jumlah : 1 orang.

6. Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrument.

Pendidikan : Sarjana Teknik Mesin/Elektro (S1)

Jumlah : 1 orang.

7. Bagian Administrasi

Pendidikan : Sarjana Akuntansi/Ekonomi/Manajemen (S1)

Jumlah : 1 orang

8. Departemen Proses

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Teknik Kimia (S1/D3)

Jumlah : 8 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen, 1 *supervisor*, 2 *engineer*, 2 operator, dan 2 staff).

9. Departemen Bahan Baku dan Produk

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Teknik Kimia/Kimia/
Analisis Kimia (S1/D3)

Jumlah : 8 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen, 1 *supervisor*, 2 *engineer*, 2 operator, dan 2 staff)

10. Departemen Utilitas

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Teknik Kimia/Teknik
Elektro/Teknik Mesin (S1/D3)

Jumlah : 8 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen, 1 *supervisor*, 2 *engineer*, 2 operator, dan 2 staff).

11. Departemen Penelitian dan Pengembangan

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Teknik Kimia/Analisis Kimia/
Kimia (S1/D3)

Jumlah : 8 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen, 1 *supervisor*, 2 *engineer*, 2 operator, dan 2 staff).

12. Departemen Laboratorium dan Kendali Mutu

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Kimia/Analisis Kimia/
Teknik Kimia/Teknik Industri (S1/D3)

Jumlah : 8 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen, 1 *supervisor*, 2 *engineer*, 2 operator, dan 2 staff).

13. Departemen Kelistrikan dan Instrumentasi

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Teknik Mesin/
Teknik Elektro/Mekatronika (S1/D3).

Jumlah : 8 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen dan 1 *supervisor*, 2 *engineer*, 2 operator, dan 2 staff).

14. Departemen pemeliharaan dan Bengkel.

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Teknik Mesin/Mekatronika/
Teknik Elektro (S1/D3)

Jumlah : 8 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen dan 1 *supervisor*, 2 *engineer*, 2 operator, dan 2 staff).

15. Departemen Pembendaharaan

Pendidikan : Sarjana dan Diploma

Manajemen/Ekonomi/Akuntansi (S1/D3)

Jumlah : 6 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen dan 1 *supervisor*, 2 operator, dan 2 staff).

16. Departemen Pemasaran

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Manajemen/DKV (S1/D3)

Jumlah : 6 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen dan 1 *supervisor*, 2 operator, dan 2 staff).

17. Departemen Sumber Daya Manusia

Pendidikan : Sarjana Psikologi (S1)

Jumlah : 4 anggota (Terdiri 1 kepala departemen, 1 *supervisor*, 2 staff).

18. Departemen Manajemen

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Manajemen/Ekonomi (S1/D3)

Jumlah : 6 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen dan 1 *supervisor*, 2 operator, dan 2 staff).

19. Departemen Humas (Komunikasi)

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Ilmu Komunikasi/Manajemen (S1/D3)

Jumlah : 4 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen, 1 *supervisor*, dan 2 staff).

20. Departemen Keamanan

Pendidikan : SMA/SMK/Sederajat

Jumlah : 14 anggota (terdiri 1 kepala departemen,

1 *supervisor* dari 6 *security*,

6 anggota pemadam kebakaran).

21. Departemen Kesehatan, dan Keselamatan Kerja

Pendidikan : Sarjana dan Diploma Teknik Keselamatan/Teknik Industri/Teknik Kimia/Kedokteran/Farmasi (S1/D3)

Jumlah : 6 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen,

1 *supervisor*, 2 tenaga kesehatan, dan 2 staff).

22. Departemen Pengelola Limbah

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia/Teknik Lingkungan (S1)

Jumlah : 6 anggota (terdiri dari 1 kepala departemen,

1 *supervisor*, 2 operator, dan 2 staff)

4.4.1 Bentuk Hukum Badan Usaha

Hal diperlukan dalam mendirikan perusahaan dapat terus menerus mencapai tujuan perusahaan efektif dan efisien, dibutuhkan pemilihan jenis perusahaan yang ingin dirikan untuk mencapai tujuan ini. Jenis-jenis perusahaan sebenarnya ada di Indonesia adalah:

1. Perusahaan Perorangan

2. Persekutuan dengan Firma
3. Persekutuan Komanditer
4. Perseroan Terbatas
5. Koperasi
6. Perusahaan Negara
7. Perusahaan Daerah

Jenis perusahaan yang digunakan dalam pabrik Alfa-Terpineol adalah perseroan terbatas (PT). Perseroan terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan suatu perjanjian, yang melakukan kegiatan usaha dengan membagi seluruhnya modal yang telah diberi izin menjadi saham, dan undang-undang pertama tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT) dalam aturan pelaksanaannya. Pemilihan bentuk perseroan terbatas (PT) didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut:

- a. Posisi direktur dan pemegang saham perusahaan berbeda.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas karena segala sesuatu tentang perusahaan dipegang oleh manajemen (pemimpin perusahaan).
- c. Pengumpulan modal lebih mudah, selain dari bank didapatkan dengan penjualan saham.
- d. Kelangsungan hidup PT lebih pasti karena tidak terpengaruh oleh berhentinya pemegang saham, direksi, atau karyawan.
- e. Pemegang Saham dapat menunjuk para profesional sebagai direktur dan direktur yang sangat kompeten dan berpengalaman.

- f. PT dapat menarik modal dalam jumlah besar dari masyarakat dan memungkinkan PT menggunakan modal tersebut untuk mengembangkan bisnisnya.

4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Menurut para ahli, arti kata organisasi adalah sekelompok orang yang menekankan wewenang dan tanggung jawab masing-masing individu dan secara sadar bekerja sama untuk mencapai suatu tujuan bersama. Tiga elemen utama dari sebuah organisasi adalah:

1. Keberadaan sekelompok orang.
2. Ada hubungan dan pembagian tugas.
3. Terdapat visi dan misi untuk dicapai.

Bentuk organisasi dapat dikategorikan sebagai berikut, tergantung pada struktur hubungan kerja dan pertukaran kemampuan dan tanggung jawab:

1. Bentuk organisasi lini
2. Bentuk organisasi fungsional
3. Bentuk organisasi lini dan personalia
4. Bentuk organisasi fungsional dan personalia

Struktur organisasi yang digunakan oleh suatu perusahaan adalah organisasi lini dan personalia dengan pertimbangan berikut:

- a. Dapat digunakan untuk organisasi yang cukup besar untuk produksi publik dan berkelanjutan.

- b. Kombinasi kepemimpinan dan komando/perintah meningkatkan disiplin kerja.
- c. Setiap kepala seksi atau departemen bertanggung jawab langsung atas kegiatan yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
- d. Direktur memiliki kepemimpinan tertinggi yang bertanggung jawab atas komite. Anggota komite merupakan turunan pemegang saham dengan staf berkompeten yang bertugas memberikan nasihat kepada direksi.
- e. Staff ahli memfasilitasi proses pengambilan keputusan.
- f. Reifikasi "orang yang tepat di tempat yang tepat" mudah dilakukan.

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah pemilik perusahaan dan terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan dana untuk tujuan mendirikan dan mengoperasikan perusahaan. Kekuasaan tertinggi perseroan terbatas tergantung pada rapat pemegang saham. Tujuan rapat umum pemegang saham adalah sebagai berikut:

1. Pengangkatan dan pemberhentian panitia (dewan komisaris)
2. Pengangkatan dan pemberhentian direktur
3. Menyetujui hasil operasi dan neraca yang digunakan untuk menghitung laba rugi tahunan perusahaan.

4.4.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertanggung jawab untuk menerapkan kebijakan khusus pemegang saham dan membuatnya bertanggung jawab kepada pemegang saham. Tugas dewan komisaris adalah sebagai berikut:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahan target pemasaran.
2. Mengawasi kinerja menurut direktur.

4.4.3.3 Direktur Utama

Direktur utama mempunyai pimpinan tertinggi pada perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya pada perkembangan perusahaan. Direktur bertanggung jawab kepada Komite (dewan komisaris) atas segala tindakan dan kebijakan yang diambil sebagai Direktur Perseroan. Direktur Utama mempunyai bawahan, yaitu Direktur Produksi dan Teknik serta Direktur Keuangan dan Umum.

Berikut merupakan direktur-direktur yang dibawahinya:

1. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi mempunyai tugas pada memimpin aplikasi aktivitas pabrik mengatur hubungan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

2. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur Keuangan dan Umum mempunyai tugas bertanggung jawab terhadap kasus-kasus dalam administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, serta keselamatan kerja.

4.4.3.4 Kepala Bagian

Kepala bagian mempunyai tugas mengkoordinir, mengatur dan mengawasi aplikasi pekerjaan pada lingkungan bagiannya berhubungan kebijakan pimpinan perusahaan. Kepala bagian juga bertindak menjadi staff direktur. Kepala departemen bertanggung jawab atas orang yang bertanggung jawab atas teknologi dan produksi atau direktur. Berikut merupakan perincian kepala bagian dan tugasnya:

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Kepala bagian proses dan utilitas mempunyai tugas mengkoordinasikan aktivitas pabrik pada bidang proses, penyediaan bahan baku, dan utilitas.

2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrument

Penanggung jawab (Kepala bagian) pemeliharaan, kelistrikan dan instrumentasi bertanggung jawab atas fasilitas yang mendukung kegiatan pemeliharaan dan produksi.

3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Kualitas

Kepala bagian penelitian, pengembangan, dan Kontrol kualitas bertanggung jawab untuk mengkoordinasikan kegiatan seperti penelitian, pengembangan bisnis, dan pengendalian kualitas.

4. Kepala Bagian Administrasi

Kepala bagian administrasi mempunyai tanggung jawab terhadap mengkoordinasikan aktivitas pemasaran, pengadaan barang, pembukuan keuangan serta aktivitas tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

5. Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Kepala bagian umum dan keamanan mempunyai tanggung jawab terhadap keamanan pabrik, kesehatan, keselamatan seluruh karyawan serta aktivitas bekerjasama antar perusahaan terhadap warga dengan menjaga keamanan seluruh anggota perusahaan.

4.4.3.5 Kepala Departemen

Kepala departemen bekerja di masing-masing departemen sesuai dengan ketentuan kepala seksi atau departemen masing-masing. Setiap kepala bagian memiliki tanggung jawab pertama setiap bagian sesuai dengan bagiannya. Rincian Kepala Departemen dan kewajibannya adalah:

1. Kepala Departemen Proses

Kepala departemen bagian proses bertanggung jawab atas arah dan pemantauan kelancaran proses manufaktur.

2. Kepala Departemen Bahan Baku dan Produk

Bagian kepala dan produk bahan baku bertanggung jawab atas penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku serta mengontrol produk yang dihasilkan.

3. Kepala Departemen Utilitas

Kepala Departemen ini bertanggung jawab untuk menyediakan air, bahan bakar, uap (*steam*) dan udara tekan untuk proses dan peralatan.

4. Kepala Departemen Pemeliharaan dan Bengkel

Kepala bagian pemeliharaan dan bengkel bertanggung jawab atas kegiatan pemeliharaan, peralatan, dan fasilitas pendukung.

5. Kepala Departemen Kelistrikan dan Instrumentasi

Kepala Departemen bagian listrik dan instrumentasi bertanggung jawab atas kelancaran pengoperasian peralatan listrik dan peralatan.

6. Kepala Departemen Penelitian dan Pengembangan

Kepala Departemen Penelitian dan Pengembangan meminta kegiatan penyesuaian terkait peningkatan produksi dan efisiensi seluruh proses.

7. Kepala Departemen Laboratorium dan Kendali Mutu

Kepala Departemen Laboratorium dan Kendali Mutu bertanggung jawab untuk melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan penolong, produk dan limbah.

8. Kepala Departemen Perbendaharaan

Kepala Departemen Keuangan (Perbendaharaan) bertanggung jawab atas masalah pembukuan dan keuangan perusahaan.

9. Kepala Departemen Pemasaran

Kepala Departemen pemasaran mengkoordinir kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

10. Kepala Departemen Manajemen

Sekretaris wilayah administrasi bertanggung jawab atas kegiatan yang berkaitan dengan anggaran perusahaan dan pengelolaan kantor.

11. Kepala Departemen SDM (Sumber Daya Manusia)

Kepala departemen Sumber Daya Manusia memiliki tantangan untuk menyesuaikan kegiatan yang terkait dengan staff atau kepegawaian.

12. Kepala Departemen Humas (Komunikasi)

Kepala Departemen Humas (Komunikasi) bertanggung jawab untuk melakukan kegiatan yang berkaitan dengan hubungan dengan bisnis, pemerintah dan masyarakat.

13. Kepala Departemen Keamanan

Kepala Departemen Keamanan bertanggung jawab untuk mengawasi keamanan perusahaan.

14. Kepala Departemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kepala Departemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja bertanggung jawab untuk mengatur dan memantau kesehatan karyawan dan keluarganya dan menangani masalah keselamatan kerja perusahaan.

15. Kepala Departemen Pengelola limbah

Kepala Departemen Pengelola limbah bertanggung jawab untuk memastikan bahwa limbah pabrik memenuhi standar kualitas limbah.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik Alfa-Terpineol dioperasikan 330 hari setahun selama 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan hari libur dapat digunakan untuk perbaikan, pemeliharaan, atau penutupan. Pembagian-pembagian jam kerja karyawan adalah sebagai berikut:

a. Seorang karyawan non-*shift* yang bekerja selama 8 jam dengan total 40 jam dalam seminggu. Hari Minggu dan hari libur nasional termasuk hari libur kerja. Karyawan non-*shift* adalah karyawan yang tidak terlibat langsung dalam operasional pabrik, yaitu direktur, kepala departemen, kepala departemen, staff atau administrasi, dan area yang tidak bertanggung jawab secara teknis atau bentuk yang tidak kontinu. Berikut adalah jam kerja karyawan non-*shift*:

- Senin- Kamis : 08.00 - 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (istirahat 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 12.00
- Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

b. Pekerja *shift* bekerja 24 jam sehari dan dibagi menjadi tiga *shift*. Pekerja *shift* adalah karyawan yang terlibat langsung dalam proses operasional pabrik: *supervisor shift*, operator, pekerja *shift*, gudang, dan keselamatan kerja. Jam kerja pekerja *shift* diatur sebagai berikut:

- *Shift I* : 08.00 - 16.00
- *Shift II* : 16.00 - 24.00

- *Shift* III : 24.00 - 08.00

Jadwal-jadwal kerja dibagi menjadi 4 minggu dan 4 kelompok. Setiap kelompok kerja menerima satu cuti dari tiga *shift* tersebut. Pembagian *shift* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Siklus Pergantian *Shift* Karyawan

| <i>Shift</i> | Minggu Ke- | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| I | A | A | A | A | B | B | B | B | C | C | C | C | D | D | D | D |
| II | B | B | B | B | C | C | C | C | D | D | D | D | A | A | A | A |
| III | C | C | C | C | D | D | D | D | A | A | A | A | B | B | B | B |
| OFF | D | D | D | D | A | A | A | A | B | B | B | B | C | C | C | C |

4.4.5 Sistem Gaji dan Fasilitas Karyawan

4.4.5.1 Sistem Gaji Karyawan (Pegawai)

Sistem penggajian perusahaan dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- Gaji bulanan. Pembayar gaji kepada karyawan tetap sesuai dengan aturan perusahaan.
- Gaji harian. Upah yang dibayarkan kepada buruh tidak tetap atau buruh harian.
- Gaji lembur. Gaji karyawan yang bekerja lebih dari jam kerja utama.

Jumlah pegawai dan gaji menurut jabatan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Daftar Gaji Karyawan

| No. | Jabatan | Jumlah | Gaji/Bulan | Total Gaji |
|-----|---------------------------|--------|--------------|---------------|
| 1. | Direktur Utama | 1 | Rp40.000.000 | Rp40.000.000 |
| 2. | Kepala Bagian | 5 | Rp25.000.000 | Rp125.000.000 |
| 3. | Kepala Departemen | 15 | Rp20.000.000 | Rp300.000.000 |
| 4. | <i>Foreman/Supervisor</i> | 15 | Rp15.000.000 | Rp225.000.000 |

| No. | Jabatan | Jumlah | Gaji/Bulan | Total Gaji |
|-----|---|--------|-------------|-----------------|
| 5. | <i>Engineer</i> | 14 | Rp7.500.000 | Rp105.000.000 |
| 6. | Operator Proses, utilitas, dan adminisitrasi | 22 | Rp6.000.000 | Rp132.000.000 |
| 7. | Staff | 30 | Rp4.000.000 | Rp120.000.000 |
| 8. | Dokter dan tenaga kesehatan | 2 | Rp4.000.000 | Rp8.000.000 |
| 9. | <i>Cleaning Service</i> | 10 | Rp2.000.000 | Rp20.000.000 |
| 10. | Keamanan & fire | 12 | Rp3.000.000 | Rp36.000.000 |
| 11. | Supir | 2 | Rp2.000.000 | Rp4.000.000 |
| | Total | 128 | | Rp1.115.000.000 |

4.4.5.2 Kesejahteraan Karyawan

Peningkatan efisiensi tenaga kerja suatu perusahaan dilakukan dengan memberikan fasilitas imbalan kerja. Selain memberikan upah publik, upaya telah dilakukan untuk menyediakan setiap pekerja dengan beberapa fasilitas lain dengan cara berikut:

1. 12 hari cuti tahunan yang dibayar.
2. Aturan cuti sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
3. Pembayaran liburan dan bonus berdasarkan posisi.
4. Tunjangan lembur untuk pekerja yang bekerja di luar jam inti mereka.
5. Asuransi pekerja, termasuk jaminan kecelakaan kerja dan kematian, dibayarkan kepada keluarga pekerja yang meninggal akibat cedera kerja.
6. Tunjangan kesehatan berupa biaya pengobatan bagi pegawai yang sakit akibat kecelakaan kerja.
7. Penyediaan ruang makan, tempat ibadah dan sarana olahraga.
8. Penyediaan seragam dan alat pengaman (sepatu dan sarung tangan).

9. Reuni keluarga tahunan (berkumpulnya seluruh karyawan dan keluarganya).



BAB V

UTILITAS

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air industri, biasanya digunakan air sumur, air sungai, air danau, dan air laut sebagai sumber air untuk memperoleh sumber air tersebut. Perancangan pabrik ini, sumber air digunakan berasal dari air sungai terdekat dengan pabrik. Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber air:

1. Air sungai merupakan sumber air yang relatif kontinu atau memiliki kontinuitas tinggi, sehingga kekurangan air dapat dihindari.
2. Pengolahan air sungai relatif sederhana dan biaya pengolahannya relatif rendah dibandingkan dengan biaya pengolahan air laut yang lebih kompleks dan umumnya lebih tinggi.

Air bersih dari pabrik biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan sebagai berikut:

a. Unit Proses

Air proses merupakan air yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan alfa-terpineol, bahan baku spesifikasi dan jumlah kebutuhan air proses pada tabel 5.1 berikut ini:

Tabel 5.1 Syarat Baku Mutu Air Proses

| Spesifikasi | Nilai | Satuan |
|------------------|---------|--------|
| Turbiditas | <0,1 | FTU |
| Ph | 6,5-7,5 | |
| M-Alkali | <10 | mg/L |
| Iron | <0,1 | mg/L |
| SiO ₂ | 2 | mg/L |

Sumber: Batan.go.id

b. Air Pendingin

Air pendingin adalah air yang digunakan untuk pertukaran atau perpindahan panas pada peralatan proses pendinginan dan penukar panas untuk keperluan perpindahan panas zat dalam aliran ke air. Saat menyediakan air untuk tujuan pendinginan, hal-hal berikut harus dipertimbangkan:

1. Kesadahan air yang dapat menyebabkan endapan atau *scale* (kerak) pada sistem pemipaan
2. Mikroorganisme seperti bakteri atau plankton berkembang dan tumbuh di air sungai, menyebabkan fouling instrumen pertukaran panas
3. Besi yang dapat menyebabkan korosi
4. Minyak, Ini adalah penyebab gangguan *film corrosion inhibitor*, yang menyebabkan endapan, karena mungkin merupakan makanan mikroba sehingga dapat menurunkan koefisien perpindahan panas (*heat transfer coefficient*).
5. Bahan yang menyebabkan korosi dan bahan yang mengurangi efisiensi perpindahan panas biasanya berasal dari senyawa asam kuat.

c. Air untuk keperluan umum dan sanitasi

Air Umum adalah air yang dibutuhkan oleh sarana untuk memenuhi kebutuhan pekerja seperti mandi, cuci, kakus (MCK) dan kebutuhan kantor lainnya, serta kebutuhan rumah tangga. Air sanitasi diperlukan untuk membersihkan atau memelihara peralatan seperti pabrik, utilitas, dan laboratorium. Beberapa kebutuhan atau syarat air saniter (sanitasi) adalah:

- Persyaratan fisik: di bawah suhu kamar, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau, dan tingkat kekeruhan $< 1 \text{ mg SiO}_2/\text{Liter}$.
- Persyaratan kimia, tidak mengandung zat organik atau anorganik yang larut dalam air atau logam berat beracun lainnya.
- Persyaratan biologis (bakteriologis): Bebas kuman/bakteri, terutama bebas patogen

d. Air pemadam kebakaran (*hydrant*)

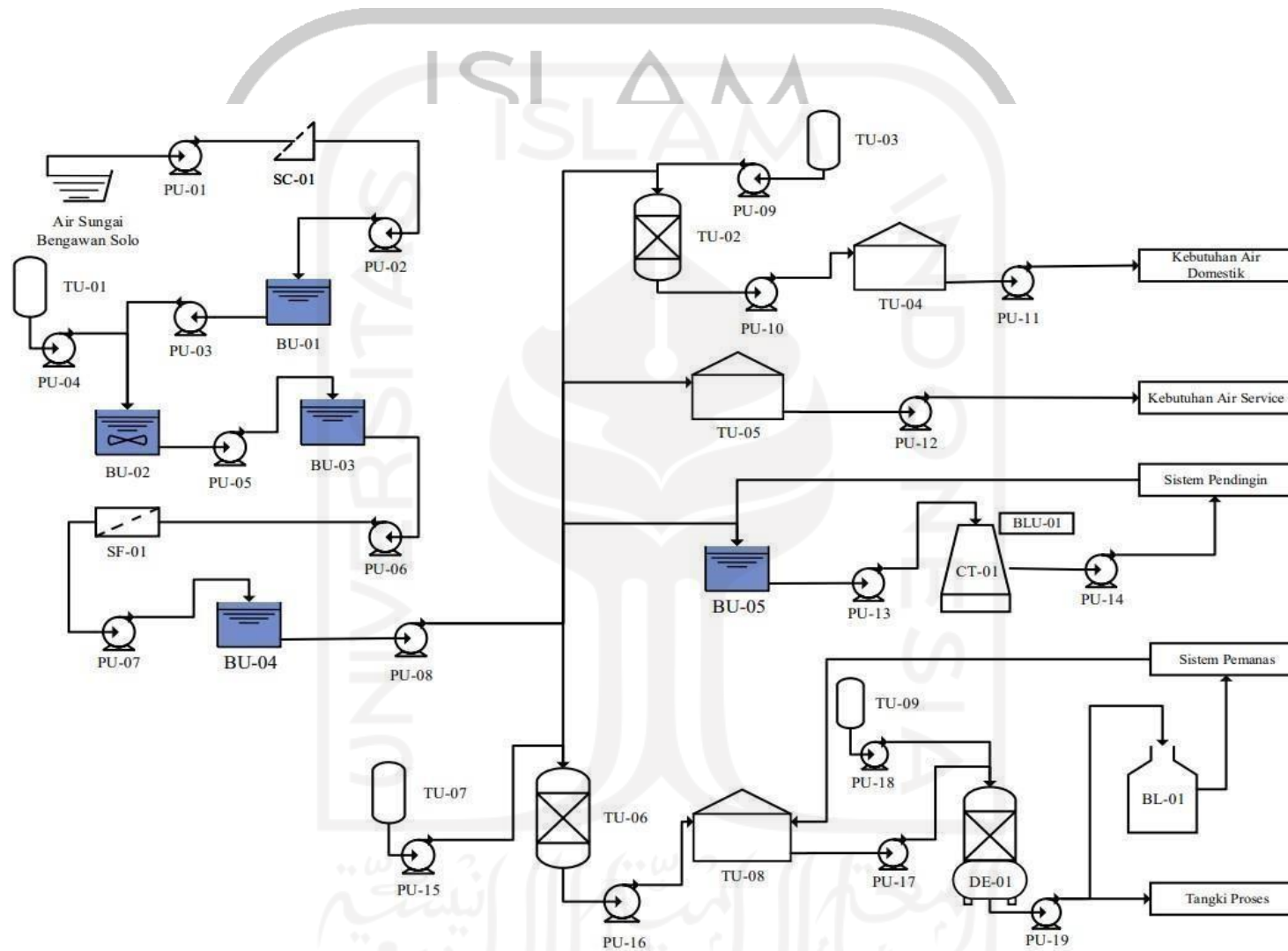
Bagian dari utilitas fasilitas ini adalah air pemadam kebakaran (*hydrant*). Jika suatu saat terjadi kebakaran di suatu tempat di pabrik, kebutuhan air ini sangat diperlukan. Oleh karena itu, penggunaan air untuk keperluan ini tidak terus menerus dan digunakan secara tidak sengaja hanya pada saat terjadi kebakaran. Pada kenyataannya, kebutuhan air ini melalui saluran pemadam kebakaran yang dihubungkan oleh kanal melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa *hydrant* terutama disiapkan di lokasi pabrik yang strategis, aspek utamanya adalah menjangkau seluruh area pabrik dengan lebih baik. Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran sekitar 1.100 kg/jam akan ditampung dalam bak penampung. Peralatan pemadam kebakaran seperti

hidran kebakaran (*fire hydrant*) harus ditempatkan di lokasi yang strategis, dan peralatan pemadam kebakaran portabel (*portable fire fighting equipment*) dipasang di semua ruangan dengan akses yang mudah. Terdapat fasilitas ini diharapkan fasilitas ini dapat menjaga kesehatan dan keselamatan kerja pabrik.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Perancangan pabrik alfa-terpineol ini, air yang dibutuhkan diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Kebutuhan air pabrik dapat bersumber dari sumber air di sekitar pabrik dengan terlebih dahulu mengolahnya untuk memenuhi kebutuhan pemakaian. Perawatan dapat mencakup perawatan secara fisik dan kimia.

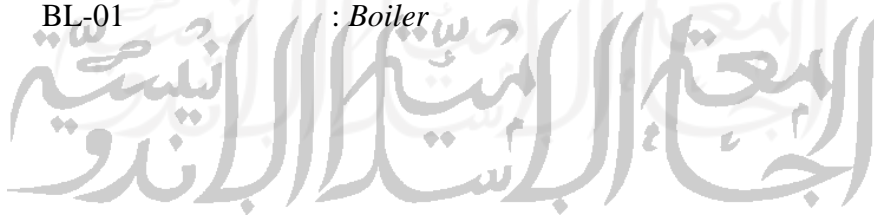
الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الهندية



Gambar 5.1 Unit Utilitas Air

Keterangan:

| | |
|----------|---|
| PU-01-19 | : Pompa Utulitas |
| SC-01 | : <i>Screener</i> |
| BU-01 | : Bak Sedimentasi |
| BU-02 | : Bak Koagulasi dan flokulasi |
| BU-03 | : Bak Pengendapan |
| SF-01 | : <i>Sand Filter</i> |
| BU-04 | : Bak Penampung Sementara |
| BU-05 | : Bak Air Pendingin |
| TU-01 | : Tangki Tawas/Alum |
| TU-02 | : Tangki Klorinasi |
| TU-03 | : Tangki Kaporit |
| TU-04 | : Tangki Air Domestik |
| TU-05 | : Tangki Air <i>Service</i> |
| TU-06 | : Tempat Penukar ion |
| TU-07 | : Tangki NaCl |
| TU-08 | : Tangki Air Demineralisasi |
| TU-09 | : Tangki Resin (N ₂ H ₄) |
| CT-01 | : <i>Cooling Tower</i> |
| BLU-01 | : <i>Blower Cooling Tower</i> |
| DE-01 | : <i>Daerator</i> |
| BL-01 | : <i>Boiler</i> |



Tahapan-tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut:

a. Penghisapan

Air diambil dari Sungai Bengawan Solo diperlukan pompa dimana air akan dialirkan menuju alat penyaring (*screener*) untuk menghilangkan partikel-partikel atau kontaminan berukuran besar.

b. Penyaringan (*Screening*)

Penyaringan air dari sumber air untuk mencegah kontaminan dengan ukuran besar memasuki bak pengendapan awal dan ukuran kecil akan diolah pada tahap pengolahan air berikutnya. Pada sisi isap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor.

c. Pengendapan secara fisis

Mula-mula air dialirkan setelah melalui memasuki alat *filter* sebagai penyaring dengan perlindungan awal menuju ke bak penampungan atau pengendapan awal (BU-01). Sistem kontrol level (LC) termasuk dalam fungsi-fungsi akomodasi untuk mengatur pengaruh sehingga sesuai dengan kebutuhan pabrik. Kotoran-kotoran pada bak pengendapan ini dipengaruhi oleh gaya berat. Waktu untuk tinggal di bak pengendapan ini berada di kisaran 4-24 jam (Powell, 1954).

d. Koagulasi dan Flokulasi

Air sungai diambil dari sungai menggunakan pompa dengan *filter* di ujung hisap. *Filter* dirancang untuk mengurangi kotoran yang tersedot ke

dalam pompa. Air melewati *filter* dan diolah dengan presipitasi. Sedimentasi bertujuan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Pemisahan lumpur dan partikel padat untuk mencegah kotoran menyebabkan *fouling*. Partikel-partikel besar dihilangkan dengan penyaringan, tetapi partikel-partikel koloid yang ada dipisahkan dengan proses pemurnian netralisasi dan aglomerasi (koagulasi). Proses koagulasi, bahan kimia digunakan sebagai koagulan (bahan penggumpal):

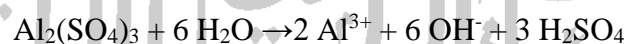
- Larutan tawas/alum (aluminium sulfat)

Bubuk putih, larut dalam air, stabil di udara, tidak mudah terbakar, tidak larut dalam alkohol, mudah membentuk gumpalan. Tawas digunakan sebagai koagulan (penggumpal) untuk menjernihkan air. Pembentukan flok terbaik pada pH 6,5-7,5.

Langkah-langkah dalam proses koagulasi, aglomerasi (flokulasi), dan pemurnian/penjernihan adalah sebagai berikut:

1. Kotoran berupa senyawa suspensi koloid tersusun dari ion-ion bermuatan negatif yang saling tolak-menolak.

2. Aluminium sulfat dilarutkan dalam air membentuk ion Al^{3+} dan OH^- , menghasilkan asam sulfat sebagai berikut:



3. Ketika ion-ion bermuatan positif dalam koagulan (tawas, Al^{3+}) bersentuhan/bersentuhan dengan ion-ion negatif tersebut pada kondisi pH tertentu, maka akan terbentuk serpihan/*flock* (butiran gelatin).

4. Partikel serpihan (*flock*) ini tumbuh lebih besar, terus lebih berat, dan cenderung tenggelam ke dasar.
 5. Selama pembentukan *flock*, H_2SO_4 juga terbentuk, sehingga nilai pH cenderung menurun (asam). pemakaian tawas yang semakin banyak, pH makin turun karena hasilnya asam sulfat, sehingga perlu dicari dosis tawas optimum yang harus ditambahkan.
 6. Pemastian koagulasi yang efisien dengan bahan kimia minimal, koagulan harus dicampur dengan air dengan cepat.
 7. Langkah selanjutnya adalah mempertahankan aglomerasi (flokulasi) dan mengendapkan partikel-partikel serpihan. Pemisahan air jernih dari endapan serpihan dengan hati-hati, memperhatikan pembentukan lapisan lumpur (*sludge cover*) dengan pengadukan lembut/pelan. Proses ini dilakukan di bak koagulasi dan flokulasi.
 8. Lapisan lumpur juga berfungsi untuk menahan *flock* yang baru terbentuk dan harus ditahan disana.
 9. Pengaduk berputar perlahan untuk menjaga agar lumpur tetap seragam dan agar tidak terlalu padat.
 10. Dengan melakukan *blowdown*, level lapisan lumpur tetap terjaga.
- e. Bak Pengendapan
- Bak pengendap ini bertujuan untuk tempat pengendapan flock yang terbentuk atau sisa flock dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk flock tadi terjadi proses mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

f. Penyaringan (*Sand Filter*)

Air hasil bak pengendapan masih terkandung partikel. Partikel tadi masih bisa sebagai penyebab *fouling* dalam instrumen atau alat dan perpipaan. Filtrasi dilakukan untuk memisahkan partikel masih tersisa dalam air tersebut. Filtrasi memakai *sand filter*. Jika *sand filter* telah terisi dengan partikel pengotor sesuai setelah durasi tertentu, maka tekanan aliran akan tinggi. Jika tekanan telah tinggi, maka dilakukan *backwash* buat membuang partikel pengotor terakumulasi dalam *bed* selama penyaringan. *Airbackwash* kaya akan pengotor dibuang menjadi limbah dan diolah lebih lanjut.

g. Bak Penampung Air Bersih

Filtered water yang telah melalui tahap filtrasi disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Produksi *filtered water* yang ada di storage selanjutnya dapat didistribusikan sebagai:

- *Domestic water*
- Air layanan umum (*service water*)
- *Make up Cooling Tower*
- *Make up Boiler* dan air proses kimia

h. Demineralisasi Air

Alat ini dirancang menggunakan resin untuk menghilangkan mineral dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- . Air yang dihasilkan bebas mineral dan diproses lebih lanjut menjadi pasokan air *boiler*. Air

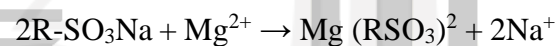
umpun *boiler* harus memenuhi persyaratan tertentu dan memerlukan desalinasi air (demineralisasi), syarat-syarat sebagai berikut:

- Ketika *steam* digunakan sebagai pemanas, tidak menyebabkan penumpukan kerak pada kondisi *steam* yang diinginkan. Hal ini dapat mengurangi efisiensi operasional dan membuatnya benar-benar tidak dapat dioperasikan.

- Bebas dari gas korosif, terutama gas O₂ dan CO₂.

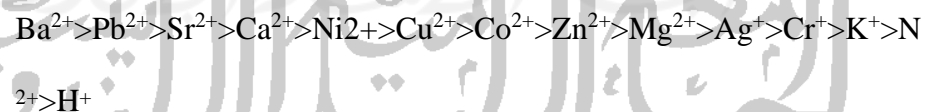
Air dari bak penampungan sementara (BU-04) diumpungkan ke penukar ion (*Ionic Exchanger*) untuk menghilangkan kation dan anion dari air. Jenis kation yang mungkin ada adalah Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, dan Al³⁺. Kation-kation tersebut dapat menyebabkan kesadahan, sehingga kation-kation tersebut harus diserap menggunakan resin.

Reaksi:



Ion Mg²⁺ dapat menggantikan ion Na⁺ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg²⁺ lebih besar dari selektivitas Na⁺ Urutan selektivitas

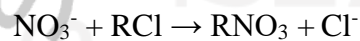
kation adalah sebagai berikut:



Saat resin kation jenuh, maka resin penukar kation dapat diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi regenerasinya:



Air yang sudah bebas ion-ion positifnya selanjutnya dialirkan ke unit *Anion Exchanger* untuk diserap / ditukar ion negatif (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , SiO_2) dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula RCl . Reaksi pertukarannya yaitu:

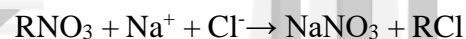


Ion NO_3^- dapat menggantikan ion Cl^- yang ada dalam resin karena selektivitas NO_3^- lebih besar dari selektivitas OH^- . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut:



Saat resin anion mencapai jenuh, maka resin penukar anion bisa diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah

NaCl . Reaksi Regenerasi:

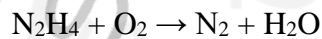


Selanjutnya, air mengalir dari penukar anion ke *deaerator*.

i. Deaerasi

Air demineralisasi harus terlebih dahulu menghilangkan gas-gas terlarut, terutama oksigen dan CO_2 , melalui proses aerasi sebelum menjadi suplai air *boiler*. Oksigen dan CO_2 dapat menyebabkan korosi pada saluran pemipaan dan tabung *boiler*. Reaksi yang disebabkan oleh gas-gas tersebut menyebabkan terbentuknya bintik-bintik pada pipa yang semakin menebal

dan akhirnya menutupi permukaan pipa, maka diperlukan pemanasan agar gas-gas terlarut tersebut dapat dihilangkan, pada *deaerator* menggunakan koil pemanas, air dipanaskan hingga suhu mencapai 90°C. selanjutnya, dalam *daerator* diinjeksikan dengan hidrazin (N₂H₄). Proses ini dapat menghilangkan sisa oksigen. Reaksi yang terjadi adalah:



Air demineralisasi (desalinasi) selanjutnya akan menjadi air umpan *boiler* (BFW) dan tangki proses.

5.1.3 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Proses

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Proses

| Alat | Kode | Jumlah (kg/jam) |
|---------|------|-----------------|
| Reaktor | R-01 | 35,9472 |

Kebutuhan air proses dapat dilihat dari perbandingan alfa-pinene dengan air adalah 1:2,4 mol. Oleh karena itu, kebutuhan air untuk pembentukan produk sebesar 159,3817 kg/jam. Massa air dikembalikan (*recycle*) sekitar 123,4345 kg/jam.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air proses disegarkan kembali} &= 159,3817 - 123,4345 \\ &= 35,9472 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5.3 Kebutuhan Air Pendingin

| Alat | Kode | Jumlah (kg/jam) |
|-------------|-------|-----------------|
| Reaktor -01 | R-01 | 3.259,5764 |
| Cooler -01 | CL-01 | 2.444,9309 |

| Alat | Kode | Jumlah (kg/jam) |
|---------------------|-------|-----------------|
| <i>Cooler -02</i> | CL-02 | 1.752,9033 |
| <i>Cooler -03</i> | CL-03 | 890,0056 |
| <i>Condensor-01</i> | CD-01 | 614,2940 |
| Jumlah | | 8.961,7102 |

- Kebutuhan total air pendingin = 8.961,7102 kg/jam
- Perancangan dibuat *overdesign* 20% = 10.754,0523 kg/jam
- Jumlah air yang menguap (W_e) = 203,6095 kg/Jam
- *Drift Loss* (W_d) = 2,1508 kg/Jam
- *Blowdown* (W_b) = 65,7190 kg/Jam

Sehingga jumlah *Make Up Water* (W_m) adalah:

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 271,4794 \text{ kg/Jam}$$

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga $W_m = 325,7752 \text{ kg/Jam}$

c. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

| Alat | Kode | Jumlah (kg/jam) |
|--------------------|-------|-----------------|
| <i>Heater-01</i> | HE-01 | 56,0210 |
| <i>Heater-02</i> | HE-02 | 55,0443 |
| <i>Reboiler-01</i> | RB-01 | 17,7171 |
| Jumlah | | 128,7825 |

Kebutuhan total air untuk *steam* = 128,7825 kg/jam

Perancangan dibuat *overdesign* 20% = 154,5390 kg/jam

- *Blowdown* = 15% x Kebutuhan *Steam* = 23,1808 kg/Jam

- *Steam Trap* = 5% x Kebutuhan *Steam* = 7,7269 kg/Jam

Kebutuhan air *make up* untuk *steam* = *Blowdown* + *Steam Trap*

$$= 30,9078 \text{ kg/Jam}$$

Perancangan ini dibuat *overdesign*, sehingga: Kebutuhan air *make up* untuk *steam* = 37,0894 kg/Jam

d. Kebutuhan Air Domestik

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

- Kebutuhan air karyawan Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari.

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari
= 4,0729 g/jam

Jumlah karyawan = 114 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 11.093,9206 Kg/Jam

- Kebutuhan air untuk area mess

Jumlah mess = 20 Rumah

Penghuni setiap mess = 3 Orang

Kebutuhan air untuk mess = 10.000 kg/Jam

Total kebutuhan air domestik = 21.093,9206 kg/Jam

e. Kebutuhan Air *Service*

Kebutuhan *service water* diperkirakan sekitar 1.412,5 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, dan lain-lain. Sehingga dapat dilihat total kebutuhan air adalah sebesar 22.905,2324 kg/Jam. Dapat dilihat

berdasarkan tabel dibawah.

Tabel 5.5 Kebutuhan Air

| Keperluan | Jumlah (Kg/Jam) |
|-----------------------|-----------------|
| <i>Domestik Water</i> | 21.093,9206 |
| <i>Service Water</i> | 1.412,5000 |
| <i>Cooling Water</i> | 325,7752 |
| <i>Steam Water</i> | 37,0894 |
| Keperluan | Jumlah (Kg/Jam) |
| <i>Raw Material</i> | 35,9472 |
| Total | 22.905,2324 |

5. 2 Unit Pembangkit *Steam*

Air produk deaerasi atau air yang dihasilkan dari gas buang digunakan sebagai suplai air *boiler*. Air dikirim ke *boiler* dan kemudian dialirkan ke *steam* bertekanan tinggi. Energi uap bertekanan tinggi digunakan untuk menggerakkan turbin dan energi tersisa berupa uap bertekanan rendah/tekanan sedang yang digunakan sebagai elemen pemanas untuk unit proses. Hal-hal perlu dipertimbangkan saat menangani air umpan *boiler*:

- Zat-zat penyebab korosi

Korosi yang terjadi pada *boiler* terjadi karena umpan mengandung larutan asam dan gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .

- Zat-zat penyebab *foaming*

Air yang diperoleh dari proses pemanasan dapat menghasilkan gelembung di *boiler*. Hal ini disebabkan sejumlah besar zat organik, anorganik dan zat-zat lain tidak larut. Efek berbusa terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

- Zat-zat yang menyebabkan *scale foaming*

Terbentuknya endapan atau kerak disebabkan oleh adanya kekerasan dan temperatur yang tinggi, yang dapat berupa karbonat dan silikat.

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 193,1737 kg/Jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah 1

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 220°C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih.

5. 3 Unit Pembangkit Listrik

Unit ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh lokasi pabrik. PLN memenuhi kebutuhan listrik dan bertindak sebagai cadangan sebagai generator, menghindari kebingungan yang mungkin terjadi dengan

PLN. Genset atau generator yang digunakan adalah genset AC (generator arus bolak-balik) berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan dengan trafo (Transformator) sesuai kebutuhan.

Generator AC (generator arus bolak-balik) yang digunakan adalah generator tiga fase dengan keunggulan sebagai berikut:

- Tegangan listrik stabil.
- Daya kerja lebih besar.
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit.
- Motor tiga fase lebih murah dan sederhana.

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

1. Listrik untuk Kebutuhan Proses

Di bawah adalah rincian penggunaan listrik pada peralatan proses:

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Alat Proses

| Alat | Kode Alat | Daya | |
|--------------|-----------|---------|-------------|
| | | Hp | Watt |
| Reaktor | R-01 | 40,0000 | 29.828,0000 |
| Mixer | M-01 | 15,0000 | 11.185,5000 |
| Pompa Proses | P-01 | 0,0500 | 37,2850 |
| | P-02 | 0,0500 | 37,2850 |
| | P-03 | 0,0500 | 37,2850 |
| | P-04 | 0,1667 | 124,2833 |
| | P-05 | 0,0500 | 37,2850 |
| | P-06 | 0,0500 | 37,2850 |
| | P-07 | 0,1250 | 93,2125 |
| | P-08 | 0,0500 | 37,2850 |
| | P-09 | 0,0500 | 37,2850 |

| | | |
|-------|---------|-------------|
| Total | 55,6417 | 41.491,9908 |
|-------|---------|-------------|

Power yang dibutuhkan = 41.491,9908 Watt

= 41,4920 kW

2. Listrik untuk kebutuhan Utilitas

Di bawah ini adalah rincian konsumsi daya listrik untuk kebutuhan utilitas:

Tabel 5.7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

| Alat | Kode Alat | Daya | |
|-------------------------------|-----------|---------|-------------|
| | | Hp | Watt |
| <i>Blower Cooling Tower</i> | CT-01 | 2,0000 | 1.491,4000 |
| Kompresor Udara Tekan | KU-01 | 5,0000 | 3.728,5000 |
| <i>Impeller</i> Bak Flokulasi | BU-01 | 2,0000 | 1.491,4000 |
| Pompa | PU-01 | 2,0000 | 1.491,4000 |
| | PU-02 | 1,0000 | 745,7000 |
| | PU-03 | 1,0000 | 745,7000 |
| | PU-04 | 0,0500 | 37,2850 |
| | PU-05 | 1,5000 | 1.118,5500 |
| | PU-06 | 0,3333 | 248,5667 |
| | PU-07 | 0,5000 | 372,8500 |
| | PU-08 | 1,0000 | 745,7000 |
| | PU-09 | 0,0500 | 37,2850 |
| | PU-10 | 2,0000 | 1.491,4000 |
| | PU-11 | 0,3333 | 248,5667 |
| | PU-12 | 0,0500 | 37,2850 |
| | PU-13 | 0,2500 | 186,4250 |
| | PU-14 | 1,5000 | 1.118,5500 |
| | PU-15 | 0,0500 | 37,2850 |
| | PU-16 | 0,0500 | 37,2850 |
| | PU-17 | 0,0500 | 37,2850 |
| | PU-18 | 0,0500 | 37,2850 |
| | PU-19 | 0,0500 | 37,2850 |
| Total | | 20,8167 | 15.522,9883 |

Maka total power yang dibutuhkan = 15.522,9883 Watt

$$= 15,5230 \text{ kW}$$

Total listrik yang dibutuhkan untuk motor penggerak:

$$P = 57,0150 \text{ kW}$$

3. Listrik untuk Penerangan dan Kantor

a. *Power* yang dibutuhkan untuk kantor (AC, komputer dll) diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor = 8,5522 kW

b. *Power* yang dibutuhkan untuk penerangan diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor = 8,5522 Kw

4. Listrik untuk Laboratorium dan Bengkel

Power yang dibutuhkan untuk bengkel dan laboratorium diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor = 8,5522 Kw

5. Listrik untuk Instrumentasi dan kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor = 14,2537 Kw

Jumlah kebutuhan listrik untuk alat proses, utilitas, laboratorium, instrumentasi, penerangan dan lain-lain diperkirakan sebesar 116,9255 kW.

Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Pabrik

| No | Keperluan | Kebutuhan (Kw) |
|----|-----------------------|----------------|
| 1. | <i>Power Plant</i> | 41,4920 |
| 2. | Utilitas | 15,5230 |
| 3. | Alat Kontrol | 14,2537 |
| 4. | Penerangan | 8,5522 |
| 5. | Peralatan Kantor | 8,5522 |
| 6. | Bengkel, Laboratorium | 8,5522 |
| 7. | Perumahan | 20,0000 |
| | Total | 116,9255 |

5. 4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyediaan udara tekan atau unit suplai udara terkompresi digunakan untuk mengoperasikan peralatan seperti mengoperasikan katup kontrol dan membersihkan sistem operasi. Udara terkompresi harus didistribusikan dengan kondisi bersih dan kering pada tekanan 5,5-7,2 bar. Udara instrumentasi diekstraksi dari udara lingkungan pabrik, hanya perlu meningkatkan tekanan udara dengan kompresor. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, kompresor digunakan dan didistribusikan melalui pipa. Dalam pabrik alfa-terpineol jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 46,7280 m³/jam. Mekanisme untuk menghasilkan udara tekan dapat dijelaskan sebagai berikut: Udara lingkungan dikompresi oleh kompresor dengan *filter* untuk mencapai tekanan 5,5 bar dan kemudian melewati tumpukan silika *gel* untuk mendapatkan udara kering. Selain itu, udara kering disuplai ke unit kontrol yang membutuhkannya.

5. 5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Mengingat sebagian kebutuhan listrik pabrik dipenuhi oleh genset itu sendiri, maka diperlukan unit pemasok bahan bakar untuk memenuhi

kebutuhan bahan bakar tersebut. Selain generator, *boiler* juga digunakan. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair yang diperoleh dari PT. Pertamina EP Asset 4 Sukowati Field Soko Tuban, yaitu solar 6,7960 kg/jam (untuk genset) dan *fuel oil* 16,0295 kg/jam (untuk *boiler*).

5. 6 Unit Pengolahan Limbah

Beberapa limbah yang dihasilkan dari pabrik alfa-terpineol dari terpentin dan air sebagai berikut:

1. Air buangan sanitasi (air limbah sanitasi)

Air limbah sanitasi dari semua toilet di pabrik, area pencucian, dan area dapur dapat dialirkan langsung ke saluran pembuangan umum, dan air limbah dari toilet dibuang di *septic tank* khusus.

5. 7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (1)

| Spesifikasi | Pompa Utilitas | | | | |
|-------------|---|---|---|--|---|
| Kode | PU-01 | PU-02 | PU-03 | PU-04 | PU-05 |
| Fungsi | Mengalirkan air Dari Sungai Menuju Screener | Mengalirkan air dari screening menuju bak sedimentasi | Mengalirkan air dari bak sedimentasi menuju bak koagulasi dan flokulasi | Mengalirkan Larutan Alum Dari tangki menuju Bak Koagulasi dan Flokulas I | Mengalirkan air dari bak koagulasi dan flokulasi menuju bak pengendapan |
| Jenis | Centrifugal Pump Single Stage | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|----------|----------|-----------------------------|----------------------------|
| Tipe | <i>Mixed Flow Impeller</i> | | | <i>Radial Flow Impeller</i> | <i>Mixed Flow Impeller</i> |
| Bahan | <i>Commercial Steel</i> | | | | |
| Kapasitas (gpm) | 152,7928 | 145,1531 | 145,1531 | 0,00003 | 137,8955 |
| Spesifikasi | | | | | |
| <i>Head Pompa (ft.lbf/lbm)</i> | 20,7493 | 13,9349 | 11,8723 | 11,6866 | 17,0648 |
| Sch | 40 | | | | |
| Tenaga Pompa (Hp) | 1,5 | 1 | 0,75 | 0,05 | 1 |
| Tenaga Motor (Hp) | 2 | 1 | 1 | 0,05 | 1,5 |

Tabel 5.10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (2)

| Spesifikasi | Pompa Utilitas | | | | |
|--------------------------------|--|--|---|--|--|
| Kode | PU-06 | PU-07 | PU-08 | PU-09 | PU-10 |
| Fungsi | Mengalirkan air dari bak pengendapan menuju <i>sand filter</i> | Mengalirkan air dari <i>sand filter</i> menuju bak penampung sementara | Mengalirkan air dari bak sedimentasi menuju bak koagulasi dan flokulasi | Mengalirkan kaporit dari tangki menuju bak kloronasi | Mengalirkan air dari tangki kloronasi menuju tangki air bersih |
| Jenis | <i>Centrifugal Pump Single Stage</i> | | | | |
| Tipe | <i>Mixed Flow Impeller</i> | | | <i>Radial Flow Impeller</i> | <i>Mixed Flow Impeller</i> |
| Bahan | <i>Commercial Steel</i> | | | | |
| Kapasitas (gpm) | 137,8955 | 118,2281 | 118,2281 | 0,0008 | 109,0086 |
| Spesifikasi | | | | | |
| <i>Head Pompa (ft.lbf/lbm)</i> | 3,5269 | 8,4973 | 14,4941 | 10,4426 | 32,0449 |
| Sch | 40 | | | | |

| | | | | | |
|-------------------|-------|-----|------|------|-----|
| Tenaga Pompa (Hp) | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 0,05 | 1,5 |
| Tenaga Motor (Hp) | 0,333 | 0,5 | 1 | 0,05 | 2 |

Tabel 5.11 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (3)

| Spesifikasi | Pompa Utilitas | | | | |
|--------------------------------|--|---|---|---|--|
| Kode | PU-11 | PU-12 | PU-13 | PU-14 | PU-15 |
| Fungsi | Mengalirkan air dari tangki air bersih menuju air domestik | Mengalirkan air dari tangki air <i>service</i> menuju area air <i>service</i> | Mengalirkan air dari tangki air pendingin menuju <i>cooling tower</i> | Mengalirkan air pendingin dari <i>cooling tower</i> menuju sistem pendingin | Mengalirkan larutan NaCl menuju tempat penukaran ion |
| Jenis | <i>Centrifugal Pump Single Stage</i> | | | | |
| Tipe | <i>Mixed Flow Impeller</i> | | | | <i>Radial Flow Impeller</i> |
| Bahan | <i>Commercial Steel</i> | | | | |
| Kapasitas (gpm) | 109,0086 | 7,2995 | 43,2199 | 43,0274 | 0,0040 |
| Spesifikasi | | | | | |
| <i>Head</i> Pompa (ft.lbf/lbm) | 5,2041 | 4,0067 | 8,3779 | 49,5829 | 4,5838 |
| Sch | 40 | | | | |
| Tenaga Pompa (Hp) | 0,25 | 0,05 | 0,167 | 1 | 0,05 |
| Tenaga Motor (Hp) | 0,333 | 0,05 | 0,25 | 1,5 | 0,05 |

Tabel 5.12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (4)

| Spesifikasi | Pompa Utilitas | | | |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| Kode | PU-16 | PU-17 | PU-18 | PU-19 |
| Fungsi | Mengalirkan air dari tempat penukaran ion menuju tangki air demin | Mengalirkan air dari tangki menuju <i>daerator</i> | Mengalirkan larutan N_2H_4 dari tangki N_2H_4 menuju <i>daerator</i> | Mengalirkan air dari <i>Daerator</i> menuju Boiler dan Tangki Proses |
| Jenis | <i>Centrifugal Pump Single Stage</i> | | | |
| Tipe | <i>Radial Flow Impeller</i> | | | |
| Bahan | <i>Commercial Steel</i> | | | |
| Kapasitas (gpm) | 0,3518 | 0,3518 | 0,00001 | 1,1070 |
| Spesifikasi | | | | |
| <i>Head</i> Pompa (ft.lbf/lbm) | 6,3579 | 3,4497 | 1,5432 | 34,8678 |
| Sch | 40 | | | |
| Tenaga Pompa (Hp) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Tenaga Motor (Hp) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

Tabel 5.13 Spesifikasi Bak Utilitas

| Spesifikasi | Bak | | | | |
|-------------|--|--|---|--|-------------------------------------|
| Kode | BU-01 | BU-02 | BU-03 | BU-04 | BU-05 |
| Fungsi | Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi | Mengendapkan kotoran yang berupa dispresi koloid dalam air dengan penambahan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran | Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi | Menampung Sementara air Hasil <i>Sand Filter</i> | Menampung kebutuhan air pendinginan |

| Jenis | Bak persegi | Bak silinder tegak | Bak persegi | Bak persegi | Bak persegi |
|--------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Bahan | Beton bertulang | Beton bertulang berpengaduk | Beton bertulang | Beton bertulang dan dilapisi porselin | Beton bertulang |
| Spesifikasi | | | | | |
| Panjang (m) | 8,1420 | - | 10,0844 | 3,8008 | 2,5952 |
| Lebar (m) | 8,1420 | - | 10,0844 | 3,8008 | 2,5952 |
| Tinggi (m) | 4,0710 | 3,4423 | 5,0422 | 1,9004 | 1,2976 |
| Diameter (m) | - | 3,4423 | - | - | - |
| Jumlah | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabel 5.14 Spesifikasi Tangki Utilitas (1)

| Spesifikasi | Tangki | | | |
|--------------------------|--|---|---|---|
| Kode | TU-01 | TU-02 | TU-03 | TU-04 |
| Fungsi | Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu | Mencampur klor dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan air domestik | Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi | Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga |
| Jenis | Tangki silinder tegak | Tangki silinder tegak berpengaduk | Tangki silinder tegak | Tangki silinder tegak |
| Bahan | <i>Carbon steel</i> | | | |
| Spesifikasi | | | | |
| Tinggi (m) | 2,1413 | 3,1829 | 0,4141 | 9,1811 |
| Diameter (m) | 1,0707 | 3,1829 | 0,4141 | 9,1811 |
| Volume (m ³) | 1,9269 | 25,3128 | 0,0558 | 607,5049 |
| Jumlah | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabel 5.15 Spesifikasi Tangki Utilitas (2)

| Spesifikasi | Tangki | | | |
|--------------------------|---|--|--|---|
| | Kode | TU-05 | TU-07 | TU-08 |
| Fungsi | Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum | Menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation dan anion | Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan boiler. | Menyimpan larutan N ₂ H ₄ |
| Jenis | Tangki silinder tegak | Tangki silinder tegak | Tangki silinder tegak | Tangki silinder tegak |
| Bahan | Carbon steel | | | |
| Spesifikasi | | | | |
| Tinggi (m) | 3,7282 | 0,3675 | 1,3568 | 0,4729 |
| Diameter (m) | 3,7282 | 0,3675 | 1,3568 | 0,4729 |
| Volume (m ³) | 40,6800 | 0,0389 | 1,9607 | 0,0830 |
| Jumlah | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabel 5.16 Spesifikasi Screener Utilitas

| | |
|--------------------|--|
| Fungsi | Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar |
| Bahan | Aluminium |
| Spesifikasi | |
| Panjang (ft) | 10 |
| Lebar (ft) | 8 |
| Jumlah | 1 |

Tabel 5.17 Spesifikasi Sand Filter Utilitas

| | |
|---------------------|---|
| Fungsi | Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai |
| Bahan | Bak berbentuk balok |
| Material | Spheres |
| Ukuran Pasir (mesh) | 28 |
| Spesifikasi | |
| Panjang (m) | 1,8317 |
| Lebar (m) | 1,8317 |
| Tinggi (m) | 0,91583 |
| Jumlah | 1 |

Tabel 5.18 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

| | |
|-------------|--|
| Fungsi | Mendinginkan air pendingin setelah dan sebelum digunakan |
| Jenis | <i>Cooling Tower Induced Dra</i> |
| Spesifikasi | |
| Panjang (m) | 0,9927 |
| Lebar (m) | 0,9927 |
| Tinggi (m) | 2,0304 |
| Jumlah | 1 |

Tabel 5.19 Spesifikasi *Blower Cooling Tower* Utilitas

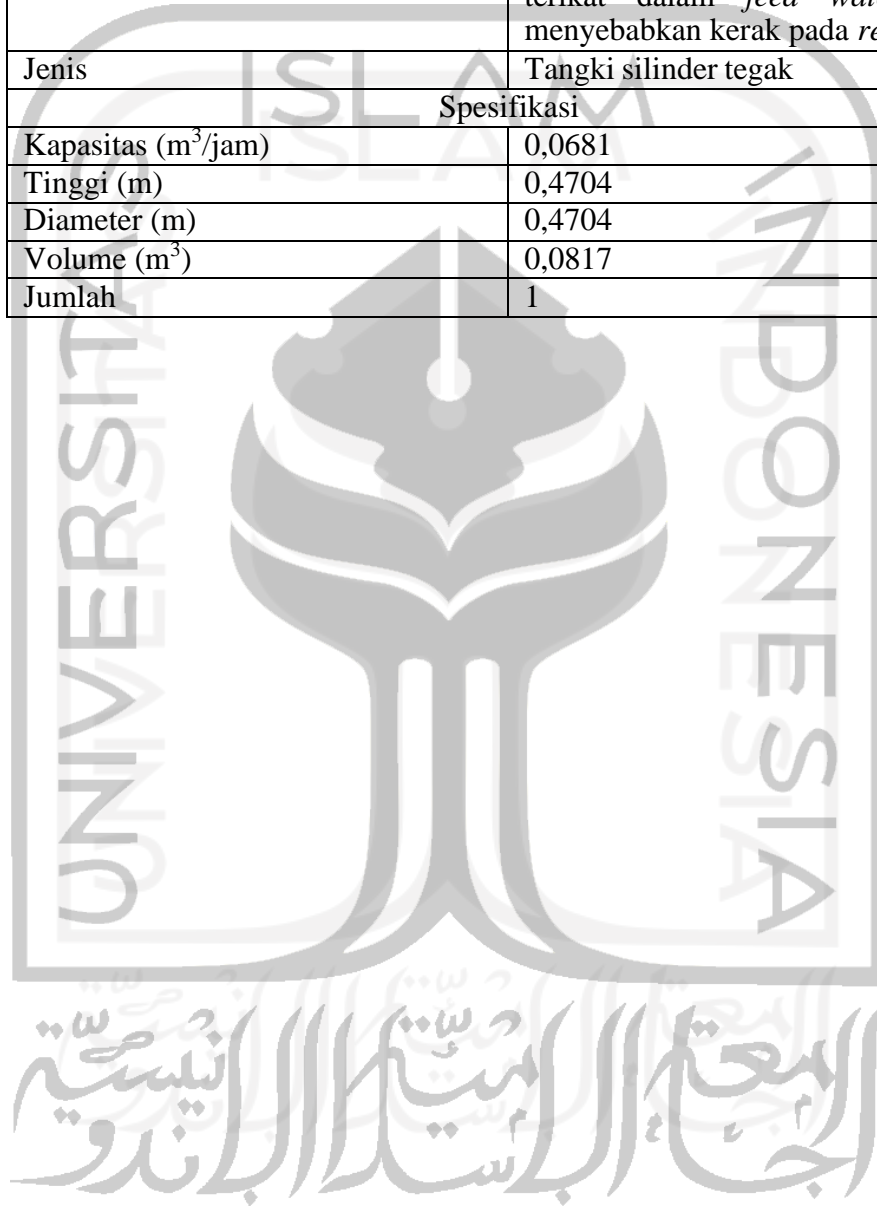
| | |
|----------------------------------|---|
| Fungsi | Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan |
| Jenis | <i>Centrifugal Blower</i> |
| Spesifikasi | |
| Kapasitas (ft ³ /jam) | 253.443,9153 |
| Efisiensi | 0,8 |
| Power (Hp) | 2 |
| Bahan | <i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i> |
| Jumlah | 1 |

Tabel 5.20 Spesifikasi Tempat Penukar Ion Utilitas

| | |
|------------------------------------|--|
| Kode | TU-06 |
| Fungsi | Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃ |
| Jenis | Tangki silinder tegak |
| Resin | Zeolit |
| Spesifikasi | |
| Diameter tangki (m) | 0,0942 |
| Tinggi tangki (m) | 1,6764 |
| Tinggi bed (m) | 1,3970 |
| Volume bed (m ³) | 0,0097 |
| Volume bak resin (m ³) | 58,7940 |
| Tebal (in) | 0,1875 |
| Jumlah | 1 |

Tabel 5.21 Spesifikasi *Daerator* Utilitas

| | |
|---------------------------------|---|
| Fungsi | Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> |
| Jenis | Tangki silinder tegak |
| Spesifikasi | |
| Kapasitas (m ³ /jam) | 0,0681 |
| Tinggi (m) | 0,4704 |
| Diameter (m) | 0,4704 |
| Volume (m ³) | 0,0817 |
| Jumlah | 1 |



BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada prarancangan pabrik alfa-terpineol dari terpentin dan air ini dilakukan evaluasi untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan dari segi ekonomi atau tidak. Bagian terpenting dari desain ini adalah perkiraan biaya alat. Hal ini dikarenakan harga alat tersebut digunakan sebagai dasar untuk memperkirakan analisis profitabilitas. Analisis ekonomi sebagai tolak ukur untuk memperoleh penilaian kelayakan suatu penanaman modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik dengan mengkaji kebutuhan modal dari penanaman modal tersebut. Untuk itu, desain pabrik ini menganalisis kelayakan penanaman modal di pabrik, termasuk:

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a) Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b) Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a) Biaya Produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b) Biaya Produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c) Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
 - d) Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
3. Analisis kelayakan
 - a) *Percent return on investment (ROI)*

- b) *Pay out time* (POT)
- c) *Break even point* (BEP)
- d) *Shut down point* (SDP)
- e) *Discounted cash flow* (DCF)

6.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan berubah dari waktu ke waktu tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Mengetahui harga pasti peralatan setiap tahun sangat sulit, sehingga diperlukan cara untuk memperkirakan harga peralatan untuk tahun tertentu dan diperlukan mengetahui indeks harga peralatan teknik kimia untuk tahun tersebut.

Pabrik beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2025. Analisis ekonomi memperhitungkan harga alat dan harga lainnya selama tahun analisis. Untuk menemukan harga untuk tahun analisis, cari indeks untuk tahun analisis. Harga indeks tahun 2025 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2012.

Di bawah adalah daftar harga indeks dari tahun 1987 hingga 2012:

Tabel 6.1 Harga Indeks Tahunan

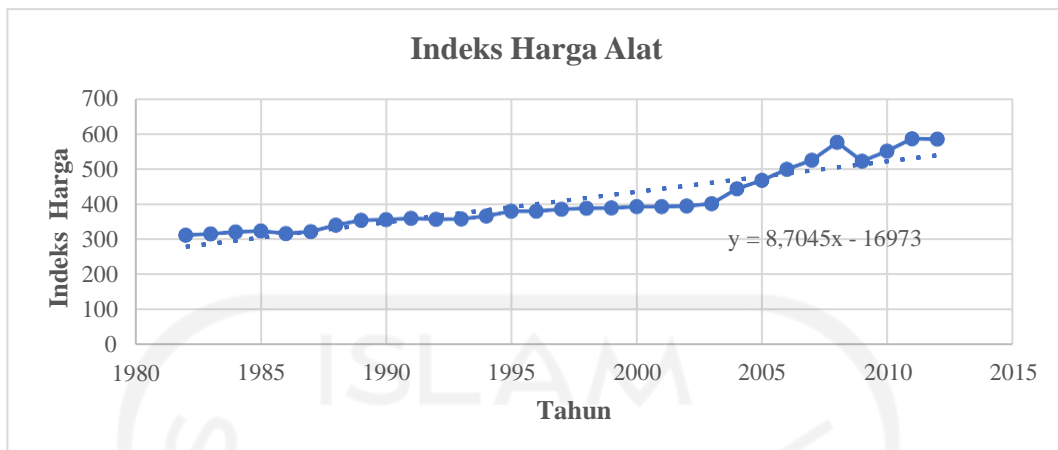
| Tahun (Xi) | Indeks (Yi) |
|------------|-------------|
| 1982 | 314,0 |
| 1983 | 317,0 |
| 1984 | 322,7 |
| 1985 | 325,3 |

| Tahun (Xi) | Indeks (Yi) |
|------------|-------------|
| 1986 | 318,4 |
| 1987 | 323,8 |
| 1988 | 342,5 |
| 1989 | 355,4 |
| 1990 | 357,6 |
| 1991 | 361,3 |
| 1992 | 358,2 |
| 1993 | 359,2 |
| 1994 | 368,1 |
| 1995 | 381,1 |
| 1996 | 381,7 |
| 1997 | 386,5 |
| 1998 | 389,5 |
| 1999 | 390,6 |
| 2000 | 394,1 |
| 2001 | 394,3 |
| 2002 | 395,6 |
| 2003 | 402 |
| 2004 | 444,2 |
| 2005 | 468,2 |
| 2006 | 499,6 |
| 2007 | 525,4 |
| 2008 | 575,4 |
| 2009 | 521,9 |
| 2010 | 550,8 |
| 2011 | 585,7 |
| 2012 | 584,6 |

(www.chemengonline.com/pci)

Dengan asumsi bahwa pangkat meningkat secara linear, persamaan kuadrat terkecil diturunkan dan persamaan berikut diperoleh:

الجمعة الاستاذة الباندية



Gambar 6.1 Grafik Tahun vs Harga *Index*

$$Y = 8,7045 x - 16.973$$

Dengan: Y = Harga *index*

X = Tahun Pembelian

Dari persamaan tersebut diperoleh harga *index* tahun 2014 dan 2025 yaitu 557,863 dan 653,612.

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Alat dan barang lainnya diharga oleh matche, 2014. Harga alat untuk tahun evaluasi dihitung dari rumus berikut:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dengan hubungan:

Ex : Harga alat pada tahun 2025

Ey : Harga alat pada tahun 2014

Nx : Indeks harga pada tahun 2025

Ny : Indeks harga pada tahun 2014

1. Harga Alat Proses

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

| No | Nama Alat | Kode Alat | Jumlah | Harga (Rp) |
|-------|-------------------------------------|-----------|--------|----------------|
| 1. | Tangki Penyimpanan Terpentin | T-01 | 1 | 1.065.380.068 |
| 2. | Tangki Penyimpanan Air | T-02 | 1 | 391.683.849 |
| 3. | Tangki Penyimpanan Asam Kloroasetat | T-03 | 1 | 4.238.889.650 |
| 4. | Tangki Penyimpanan Alfa-Terpineol | T-04 | 1 | 1.065.380.068 |
| 5. | <i>Mixer</i> | M-01 | 1 | 6.576.807.022 |
| 6. | Reaktor | R-01 | 1 | 8.771.977.391 |
| 7. | Dekanter | D-01 | 1 | 828.628.942 |
| 8. | Menara Distilasi | MD-01 | 1 | 10.133.296.367 |
| 9. | <i>Heater</i> | HE-01 | 1 | 34.816.342 |
| 10. | <i>Heater</i> | HE-02 | 1 | 19.148.988 |
| 11. | <i>Cooler</i> | CL-01 | 1 | 66.151.050 |
| 12. | <i>Cooler</i> | CL-02 | 1 | 22.630.622 |
| 13. | <i>Cooler</i> | CL-03 | 1 | 19.148.988 |
| 14. | <i>Condensor</i> | CD-01 | 1 | 154.932.722 |
| 15. | <i>Accumulator</i> | ACC-01 | 1 | 386.461.397 |
| 16. | <i>Reboiler</i> | RB-01 | 1 | 301.161.359 |
| 17. | Pompa | P-01 | 1 | 47.002.062 |
| 18. | Pompa | P-02 | 1 | 24.371.439 |
| 19. | Pompa | P-03 | 1 | 113.153.112 |
| 20. | Pompa | P-04 | 1 | 128.820.466 |
| 21. | Pompa | P-05 | 1 | 128.820.466 |
| 22. | Pompa | P-06 | 1 | 113.153.112 |
| 23. | Pompa | P-07 | 1 | 47.002.062 |
| 24. | Pompa | P-08 | 1 | 47.002.062 |
| 25. | Pompa | P-09 | 1 | 47.002.062 |
| Total | | | | 34.772.821.667 |

2. Harga Alat Utilitas

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

| No | Nama Alat | Kode Alat | Jumlah | Harga (Rp) |
|----|-----------------|-----------|--------|-------------|
| 1. | <i>Screener</i> | FU-01 | 1 | 419.536.922 |
| 2. | Bak Sedimentasi | BU-01 | 1 | 102.708.209 |

| No | Nama Alat | Kode Alat | Jumlah | Harga (Rp) |
|-------|--------------------------------------|-----------|--------|----------------|
| 3. | Bak Koagulasi dan Flokulasi | BU-02 | 1 | 102.708.209 |
| 4. | Tangki Larutan Alum | TU-01 | 1 | 8.704.086 |
| 5. | Bak Pengendap | BU-03 | 1 | 102.708.209 |
| 6. | <i>Sand Filter</i> | SF-01 | 1 | 80.756.505 |
| 7. | Bak Penampung Sementara | BU-04 | 1 | 102.708.209 |
| 8. | Tangki Klorinasi | TU-02 | 1 | 200.193.967 |
| 9. | Tangki Kaporit | TU-03 | 1 | 200.193.967 |
| 10. | Tangki Air Bersih | TU-04 | 1 | 1.481.435.356 |
| 11. | Tangki <i>Service Water</i> | TU-05 | 1 | 125.338.832 |
| 12. | Bak Air Pendingin | BU-05 | 1 | 102.708.209 |
| 13. | <i>Cooling Water</i> | CT-01 | 1 | 4.978.736.920 |
| 14. | <i>Blower Cooling Tower</i> | BL-01 | 1 | 33.075.525 |
| 15. | Tempat Penukar Ion | TU-06 | 1 | 1.544.104.772 |
| 16. | Tangki NaCl | TU-07 | 1 | 12.185.720 |
| 17. | Tangki Air Demin | TU-08 | 1 | 2.428.439.861 |
| 18. | <i>Deaerator</i> | DE-01 | 1 | 342.940.970 |
| 19. | Tangki N ₂ H ₄ | TU-09 | 1 | 156.673.539 |
| 20. | <i>Boiler</i> | FU-01 | 1 | 3.754.942.495 |
| 21. | Pompa 1 | PU-01 | 1 | 67.891.867 |
| 22. | Pompa 2 | PU-02 | 1 | 67.891.867 |
| 23. | Pompa 3 | PU-03 | 1 | 67.891.867 |
| 24. | Pompa 4 | PU-04 | 1 | 1.740.817 |
| 25. | Pompa 5 | PU-05 | 1 | 67.891.867 |
| 26. | Pompa 6 | PU-06 | 1 | 67.891.867 |
| 27. | Pompa 7 | PU-07 | 1 | 47.002.062 |
| 28. | Pompa 8 | PU-08 | 1 | 47.002.062 |
| 29. | Pompa 9 | PU-09 | 1 | 1.740.817 |
| 30. | Pompa 10 | PU-10 | 1 | 47.002.062 |
| 31. | Pompa 11 | PU-11 | 1 | 47.002.062 |
| 32. | Pompa 12 | PU-12 | 1 | 17.408.171 |
| 33. | Pompa 13 | PU-13 | 1 | 31.334.708 |
| 34. | Pompa 14 | PU-14 | 1 | 31.334.708 |
| 35. | Pompa 15 | PU-15 | 1 | 1.740.817 |
| 36. | Pompa 16 | PU-16 | 1 | 3.481.634 |
| 37. | Pompa 17 | PU-17 | 1 | 3.481.634 |
| 38. | Pompa 18 | PU-18 | 1 | 1.740.817 |
| 39. | Pompa 19 | PU-19 | 1 | 5.222.451 |
| Total | | | | 16.907.494.640 |

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 2.500 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Nilai kurs : 1 US \$: Rp. Rp14.858,00 (22 Agustus 2022)
- e. Tahun pabrik didirikan : 2025
- f. Untuk buruh asing : \$ 20,00/Jam
- g. Gaji karyawan Indonesia : Rp. 25.000,00 /Jam
- h. Tenaga kerja asing : 5% tenaga asing
- i. Tenaga kerja Indonesia : 95% tenaga Indonesia

6.3. Perhitungan Biaya

1. *Capital Investment*

Capital investment (Penanaman modal atau modal utama) adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk memasang dan mengoperasikan peralatan produksi. *Capital investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment (Belanja modal tetap) adalah biaya pendirian fasilitas-fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment (Penanaman modal kerja) adalah modal yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau mengoperasikan pabrik untuk jangka waktu tertentu.

2. *Manufacturing cost*

Manufacturing cost merupakan jumlah dari *direct* dan *fixed manufacturing cost* yang bersangkutan dengan produk.

a. *Direct cost* adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk

b. *Indirect cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dan bukan langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed cost* (Biaya tetap) adalah harga yang terkait dengan modal tetap dan biaya terkait dan bersifat tetap terlepas dari waktu atau tingkat produksi.

3. *General Expense*

General Expense atau Biaya *overhead* atau umum termasuk biaya yang terkait dengan fungsi bisnis yang tidak termasuk biaya produksi (*Manufacturing cost*).

6.4 Analisis Kelayakan

Analisis kelayakan dilakukan untuk menilai apakah pabrik dapat didirikan untuk menentukan keuntungan didapatkan tinggi. Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan:

1. *Percent Return On Investment* (% ROI)

Percent Return On Investment (% ROI) adalah tingkat keuntungan tahunan yang mengukur kemampuan perusahaan untuk membayar kembali modal yang diinvestasikan. ROI membandingkan pendapatan rata-rata dengan *Fixed Capital Investment* (FCI).

$$P_{ra} = \frac{P_a r_a}{I_F} \quad P_{rb} = \frac{P_b r_a}{I_F}$$

Dengan:

P_{rb} = %ROI sebelum pajak

P_{ra} = %ROI sesudah pajak

P_b = keuntungan sebelum pajak

P_a = keuntungan sesudah pajak

I_F = *fixed capital investment*

(Aries, 1955)

2. *Pay Out Time* (POT)

Pay out time adalah:

- Total biaya depresiasi sama dengan atau sama dengan investasi awal atau jumlah tahun yang telah berlalu sampai pendapatan yang dibutuhkan melebihi tingkat pengembalian investasi Total.

- Waktu minimum teoritis diperlukan untuk tingkat keuntungan modal yang diinvestasikan setiap tahun berdasarkan keuntungan ditambah biaya depresiasi.
- Waktu Pengembalian modal (*Payback period*) dihasilkan didasarkan pada keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa tahun investasi yang dilakukan akan didapatkan kembali.

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{keuntungan tahunan} + \text{depresiasi})}$$

(Aries, 1955)

3. Break Even Point (BEP)

Break even point (Titik impas) adalah titik impas produksi (keadaan di mana pabrik menang atau kalah). Kapasitas produksi pada saat penjualan setara dengan total biaya. Pabrik rugi jika berjalan di bawah BEP dan meningkat jika berjalan di atas BEP.

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* Pada produksi maksimum

Ra: *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va: *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum.

(Aries, 1955)

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut down point adalah titik atau waktu dimana kegiatan produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit), sehingga pabrik harus ditutup.

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

(Aries, 1955)

5. Tingkat Pengembalian Arus Kas yang Didiskonkan (*Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFRR)*)

Discounted Cash Flow Rate of Return (Tingkat pengembalian arus kas yang didiskon) berubah dari waktu ke waktu dan dihitung dengan mempertimbangkan jumlah investasi yang tidak akan dibayar kembali pada akhir tahun dari aktif umur pabrik. DCFRR biasanya satu setengah (1,5) kali bunga pinjaman bank.

$$\text{umur pabrik } (n) = \frac{FCI - SV}{\text{Depresiasi}}$$

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

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cashflow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

6. Profitability

Profitabilitas (*Profitability*) adalah selisih antara total penjualan suatu produk dengan total biaya produksi yang dikeluarkan.

Profitabilitas (*Profitability*) = Total Penjualan Produk - Total Biaya Produksi

6.5 Hasil Perhitungan

6.5.1 Physical Plant Cost (PPC)

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost (PPC)*

| No. | Type of Capital Investment | Harga (Rp) | Harga (\$) |
|-----|---------------------------------|---------------------|----------------|
| 1. | <i>Purchased Equipment cost</i> | Rp51.680.316.307,00 | \$3.478.282,16 |
| 2. | <i>Delivered Equipment Cost</i> | Rp12.920.079.076,75 | \$869.570,54 |
| 3. | <i>Instalasi cost</i> | Rp9.155.214.294,94 | \$616.180,80 |
| 4. | Pemipaan | Rp29.335.981.288,66 | \$1.974.423,29 |
| 5. | Instrumentasi | Rp13.053.972.070,15 | \$878.582,05 |

| No. | Type of Capital Investment | Harga (Rp) | Harga (\$) |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 6. | Insulasi | Rp2.092.656.286,27 | \$140.843,74 |
| 7. | Listrik | Rp5.168.031.630,70 | \$347.828,22 |
| 8. | Bangunan | Rp79.668.000.000,00 | \$5.361.959,89 |
| 9. | Land & Yard Improvement | Rp17.038.846.000,00 | \$1.146.779,24 |
| Physical Plant Cost (PPC) | | Rp220.113.096.954,47 | \$14.814.449,92 |

6.5.2 Direct Plant Cost (DPC)

Tabel 6.5 Direct Plant Cost (DPC)

| No. | Type of Capital Investment | Harga (Rp) | Harga (\$) |
|-----|------------------------------|---------------------|----------------|
| 1. | Engineering and Construction | Rp44.022.619.390,89 | \$2.962.889,98 |

6.5.3 Fixed Capital Investment (FCI)

Tabel 6.6 Fixed Capital Investment (FCI)

| No. | Fixed Capital | Harga (\$) | Harga (Rp) |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1. | Direct Plant Cost | \$17.777.339,91 | Rp264.135.716.345,36 |
| 2. | Cotractor's fee | \$711.093,60 | Rp10.565.428.653,81 |
| 3. | Contingency | \$2.666.600,99 | Rp39.620.357.451,80 |
| Fixed Capital Investment (FCI) | | \$21.155.034,49 | Rp314.321.502.450,98 |

6.5.4 Direct Manufacturing Cost (DMC)

Tabel 6.7 Direct Manufacturing Cost (DMC)

| No. | Type of Expenses | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|--|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. | Raw Material | Rp130.216.815.220,46 | \$8.764.087,71 |
| 2. | Labor | Rp13.380.000.000,00 | \$900.524,97 |
| 3. | Supervision | Rp3.345.000.000,00 | \$225.131,24 |
| 4. | Maintenance | Rp53.434.655.416,67 | \$3.596.355,86 |
| 5. | Plant Supplies | Rp8.015.198.312,50 | \$539.453,38 |
| 6. | Royalty and Patents | Rp12.109.270.000,00 | \$815.000,00 |
| 7. | Utilities | Rp3.765.530.257,88 | \$253.434,53 |
| Direct Manufacturing Cost (DMC) | | Rp224.266.469.207,50 | \$15.093.987,70 |

6.5.5 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Tabel 6.8 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

| No. | <i>Type of Expenses</i> | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|---|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1. | <i>Payroll Overhead</i> | Rp2.676.000.000,00 | \$180.104,99 |
| 2. | <i>Laboratory</i> | Rp2.676.000.000,00 | \$180.104,99 |
| 3. | <i>Plant Overhead</i> | Rp8.028.000.000,00 | \$540.314,98 |
| 4. | <i>Packaging and Shipping</i> | Rp96.874.160.000,00 | \$6.520.000,00 |
| <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | | Rp110.254.160.000,00 | \$7.420.524,97 |

6.5.6 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Tabel 6.9 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

| No. | <i>Type of Expenses</i> | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|--|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. | <i>Depreciation</i> | Rp31.432.150.245,10 | \$2.115.503,45 |
| 2. | <i>Propertu taxes</i> | Rp6.286.430.049,02 | \$423.100,69 |
| 3. | <i>Insurance</i> | Rp3.143.215.024,51 | \$211.550,34 |
| <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> | | Rp40.861.795.318,63 | \$2.750.154,48 |

6.5.7 Manufacturing Cost (MC)

Tabel 6.10 *Manufacturing Cost (MC)*

| No. | <i>Type of Expenses</i> | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|------------------------|
| 1. | <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> | Rp224.266.469.207,50 | \$15.093.987,70 |
| 2. | <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | Rp110.254.160.000,00 | \$7.420.524,97 |
| 3. | <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> | Rp40.861.795.318,63 | \$2.750.154,48 |
| <i>Manufacturing Cost (MC)</i> | | Rp375.382.424.526,13 | \$25.264.667,15 |

6.5.8 Working Capital (WC)

Tabel 6.11 Working Capital (WC)

| No. | Type of Expenses | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|-----|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. | Raw Material Inventory | Rp11.837.892.292,77 | \$796.735,25 |
| 2. | Inproses Onventory | Rp46.922.803.065,77 | \$3.158.083,39 |
| 3. | Product Inventory | Rp34.125.674.956,92 | \$2.296.787,92 |
| 4. | Extended Credit | Rp55.042.136.363,64 | \$3.704.545,45 |
| 5. | Available Cash | Rp34.125.674.956,92 | \$2.296.787,92 |
| | Working Capital (WC) | Rp182.054.181.636,01 | \$12.252.939,94 |

6.5.9 General Expense (GE)

Tabel 6.12 General Expense (GE)

| No. | Type of Expenses | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|-----|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. | Administration | Rp12.109.270.000,00 | \$815.000,00 |
| 2. | Sales Expense | Rp42.382.445.000,00 | \$2.852.500,00 |
| 3. | Research | Rp24.218.540.000,00 | \$1.630.000,00 |
| 4. | Finance | Rp9.927.513.681,74 | \$668.159,49 |
| | General Expenses(GE) | Rp88.637.768.681,74 | \$5.965.659,49 |

6.5.10 Total Production Cost (TPC)

Tabel 6.13 Total Production Cost (TPC)

| No. | Type of Expenses | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|-----|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. | Manufacturing Cost (MC) | Rp375.382.424.526,13 | \$25.264.667,15 |
| 2. | General Expenses(GE) | Rp88.637.768.681,74 | \$5.965.659,49 |
| | Total Production Cost (TPC) | Rp464.020.193.207,87 | \$31.230.326,64 |

6.5.11 Fixed Cost (Fa)

Tabel 6.14 Fixed Cost (Fa)

| No. | Type of Expenses | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|-----|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. | Depresiasi | Rp31.432.150.245,10 | \$2.115.503,45 |
| 2. | Property Taxes | Rp6.286.430.049,02 | \$423.100,69 |
| 3. | Asuransi | Rp3.143.215.024,51 | \$211.550,34 |
| | Fixed Cost (Fa) | Rp40.861.795.318,63 | \$2.750.154,48 |

6.5.12 Variable Cost (Va)

Tabel 6.15 Variable Cost (Va)

| No. | Type of Expenses | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|-----|---------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. | Raw Material | Rp130.216.815.220,46 | \$8.764.087,71 |
| 2. | Packaging | Rp90.819.525.000,00 | \$6.112.500,00 |
| 3. | Shipping | Rp6.054.635.000,00 | \$407.500,00 |
| 4. | Utilities | Rp3.765.530.257,88 | \$253.434,53 |
| 5. | Royalty & Patent | Rp12.109.270.000,00 | \$815.000,00 |
| | Variable Cost (Va) | Rp242.965.775.478,34 | \$16.352.522,24 |

6.5.13 Regulated Cost (Ra)

Tabel 6.16 Regulated Cost (Ra)

| No. | Type of Expenses | Biaya (Rp) | Biaya (\$) |
|-----|----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. | Gaji Karyawan | Rp13.380.000.000,00 | \$900.524,97 |
| 2. | Payroll Overhead | Rp2.676.000.000,00 | \$180.104,99 |
| 3. | Supervision | Rp3.345.000.000,00 | \$225.131,24 |
| 4. | Plant Overhead | Rp8.028.000.000,00 | \$540.314,98 |
| 5. | Laboratorium | Rp2.676.000.000,00 | \$180.104,99 |
| 6. | General Expense | Rp88.637.768.681,74 | \$5.965.659,49 |
| 7. | Maintenance | Rp53.434.655.416,67 | \$3.596.355,86 |
| 8. | Plant Supplies | Rp8.015.198.312,50 | \$539.453,38 |
| | Regulated Cost (Ra) | Rp180.192.622.410,91 | \$12.127.649,91 |

6.6 Analisis Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan = Rp. 605.463.500.000,00

Total biaya produksi = Rp. 464.020.193.207,87

Keuntungan = Total penjualan - Total biaya produksi

$$= \text{Rp. } 605.463.500.000,00 - \text{Rp. } 464.020.193.207,87$$

$$= \text{Rp. } 141.443.306.792,13$$

b. Keuntungan Sesudah Pajak

$$\text{Pajak} = 30\% \times \text{Rp. } 110.954.431.167,60$$

$$= \text{Rp. } 42.432.992.037,64$$

$$\text{Keuntungan} = \text{Keuntungan sebelum pajak} - \text{pajak}$$

$$= \text{Rp. } 141.443.306.792,13 - \text{Rp. } 42.432.992.037,64$$

$$= \text{Rp. } 72.120.380.258,94$$

1. *Percent Return on Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{fixed capital} \times 100\%}$$

$$ROI \text{ sebelum pajak} = 45,00\%$$

$$ROI \text{ sesudah pajak} = 31,50\%$$

2. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{keuntungan tahunan} + \text{depresiasi})}$$

$$POT \text{ sebelum pajak} = 1,82 \text{ tahun}$$

$$POT \text{ sesudah pajak} = 2,41 \text{ tahun}$$

3. *Break Event Point (BEP)*

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

$$BEP = 40,16 \%$$

4. Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 22,87 \%$$

5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp. 314.321.502.450,98

Working Capital = Rp. 182.054.181.636,01

Salvage value (SV) = Rp. 31.432.150.245,10

Cashflow (CF) = Annual profit + depresiasi + finance

CF = Rp. 140.369.978.681,33

Discounted cashflow dihitung secara *trial & error*

$$\begin{aligned} (FC + WC) (1 + i)^n &= (WC + SV) + [(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + 1] \times c \\ R &= S \end{aligned}$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 28,47\%$,

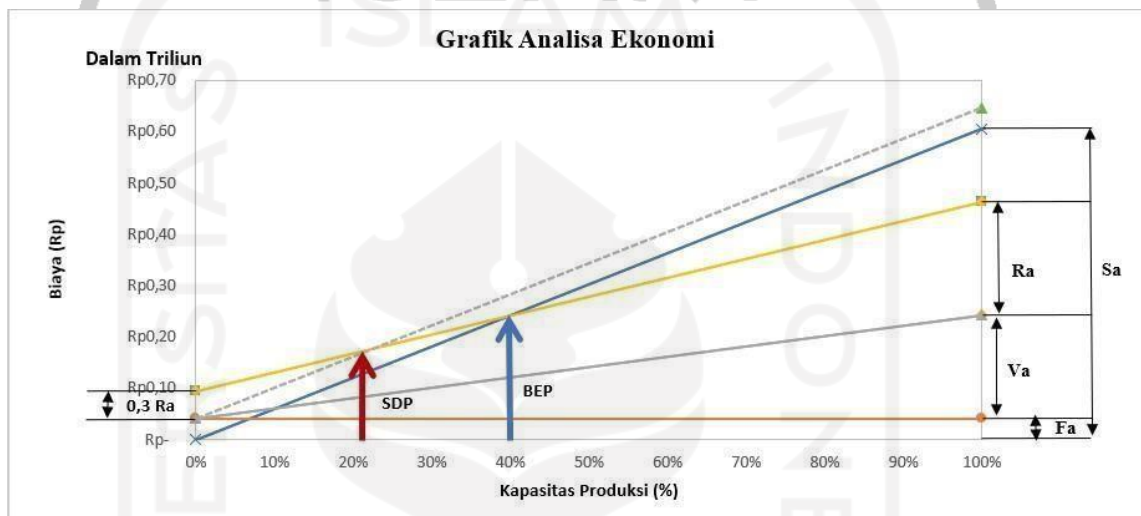
Minimum nilai DCFR = 1,5 x suku bunga deposito bank

$$= 1,5 \times 3,5\%$$

$$= 5,25\% \text{ (memenuhi syarat)}$$

(Didasarkan pada suku bunga deposito di bank saat ini adalah 3,5 %)

Evaluasi ekonomi diuraikan pada gambar 6.2 di bawah ini:



Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

Resiko pabrik.

Suatu pabrik bisa dikatakan berisiko tinggi atau rendah merupakan sebuah risiko yang harus dilihat. Resiko pabrik dapat ditinjau dari beberapa parameter yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6.17 Penggolongan Resiko Pabrik

| No | Parameter Resiko | Deskripsi | Risk | | |
|--|-------------------------------------|--|--|------|---|
| | | | low | high | |
| 1. | kondisi operasi | Suhu tertinggi yang digunakan maksimal 217 | √ | | |
| | | Tekanan tertinggi yang digunakan | √ | | |
| 2. | bahan baku yang digunakan | | | | |
| | | Alfa-pinene | toksisitas : irritates skin and eyes | | √ |
| | | | flash point : 33°C | | √ |
| | | | flammability : mudah terbakar flammability diamond number 3 | | √ |
| | | | stabilitas : Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar). | √ | |
| | | Beta-pinene | toksisitas : irritates skin and eyes | | √ |
| | | | flash point : 31,1°C | | √ |
| | | | flammability : mudah terbakar flammability diamond number 3 | | √ |
| | | | stabilitas : Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar). | √ | |
| | | D-limonene | toksisitas : irritates skin and eyes | | √ |
| | | | flash point : 48°C | | √ |
| | | | flammability : mudah terbakar flammability diamond number 2 | √ | |
| | | | stabilitas : Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar). | √ | |
| | | Camphene | toksisitas : inhalation cough and eyes redness, pain | | √ |
| | | | flash point : 33,3°C | | √ |
| | | | flammability : mudah terbakar flammability diamond number 3 | | √ |
| stabilitas : Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar). | √ | | | | |
| 3. | Sifat produk yang dihasilkan | | | | |
| | | Alfa-Terpineol | toksisitas : irritates skin and eyes | | √ |
| | | | flash point : 88°C | | √ |
| | | | flammability : mudah terbakar flammability diamond number 2 | √ | |
| | | | stabilitas : Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar). | √ | |
| 4. | Regulasi Pemerintah | Ada peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 8 tahun 2021 tentang pengelolaan hasil hutan bukan kayu yang mengatur bahwa pengolahan hasil hutan bukan kayu menjadi barang setengah jadi atau barang jadi | √ | | |
| | | | | | |
| | | pemerintah masih membuka kesempatan investasi bagi industri alfa | √ | | |

| | | | | |
|----|-------------------|--|--|---|
| | | terpineol di Indonesia. Terlihat dalam Daftar Negara Investasi (DNI) bahwa alfa terpineol tidak termasuk dalam usaha yang tertutup mutlak bagi penanam modal, sehingga masih terbuka peluang investasi bagi PMA | | |
| 5. | Keberadaan Pabrik | Pabrik Alfa-Terpineol belum pernah didirikan di Indonesia, tetapi banyak didirikan di negara lain. Beberapa diantaranya seperti : 1.) Socer Brazil Indústria e Comércio Ltda, Brasil , 2.) Yasuhara Chemical, Jepang, 3.) Wansong Forestry Perfume Manufacturing, china. | | √ |

Berdasarkan parameter yang ditinjau dari tabel 6.17, maka pabrik Alfa-Terpineol dikategorikan sebagai pabrik dengan **resiko tinggi (High Risk)**

Tabel Analisis Kelayakan Ekonomi

| Kriteria | Terhitung | Persyaratan | Referensi | Layak/tidak |
|-------------------|-----------|----------------------------|--------------------|-------------|
| ROI sebelum pajak | 45,00% | ROI before taxes | Aries Newton, P193 | Layak |
| ROI setelah pajak | 31,50% | Minimum high risk 44% | | |
| POT sebelum pajak | 1,82 | POT before taxes | Aries Newton, P196 | Layak |
| POT setelah pajak | 2,41 | Maksimum high risk 2th | | |
| BEP | 40,16% | kisaran 40-60% | | Layak |
| SDP | 22,87% | > 20% | | Layak |
| DCFR | 28,47% | > 1,5 bunga bank = minimum | 5,25% | Layak |

الجمهورية الإسلامية الباندونيسية

Alasan Dekanter Sudah tepat

Diasumsikan diameter droplet sebesar 150 mikrometer.

Dd= 0,00015 M
G= 9,8 m/s²
Pd= 897,4372 kg/m³
Pc= 1330,121 kg/m⁴
Mc= 0,003392 Ns/m²

Ud= -0,00156 m/s

Tanda negatif menunjukkan bahwa arah kecepatan adalah ke atas (rising).

Nilai uc maksimal adalah sama dengan nilai ud.

Ucmaks= 0,001562512
Lc= 0,743508092 m³/jam/3600 = 0,00020653 m³/s

Aimin= 0,132178172 m²

Ai > Ud, maka Horizontal

Karena Area interface lebih besar dibanding settling velocity, maka digunakan dekanter silinder horizontal

الجمعة الإسلامية العالمية
الاستد بالاندو

الجمعة الإسلامية العالمية
الاستد بالاندو



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan Pabrik Alfa-Terpineol dari Terpentin dan Air dengan kapasitas 2.500 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian Pabrik Alfa-Terpineol dari Terpentin dan Air dengan kapasitas 2.500 ton/tahun dilatar belakangi oleh meningkatnya permintaan global dan kebutuhan di Indonesia akan alfa-terpineol.
2. Perancangan produk alfa-terpineol dengan nilai konversi 54,13% dirancang berdasarkan variable utama, yaitu: spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu, spesifikasi hasil samping, dan spesifikasi produk. Serta dilakukan penyetingan yang tepat agar prosesnya lebih efektif dan efisien untuk mendapatkan produk yang berkualitas.
3. Pabrik Alfa-Terpineol berbentuk Perseroan Terbatas didirikan di Karangasri, Kecamatan Ngawi, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur dengan luas tanah keseluruhan 22.600 m² dengan luas bangunan 17.704 m². Jumlah karyawan 128 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
4. Pabrik Alfa-Terpineol dari Terpentin dan Air dengan kapasitas 2.500 ton/tahun digolongkan pabrik beresiko tinggi karena bahan baku dan

produk memiliki sifat fisis mudah terbakar. Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:

a. Keuntungan yang diperoleh:

- Sebelum pajak Rp. 141.443.306.792,13 /tahun
- Sesudah pajak Rp. 42.432.992.037,64 /tahun

b. *Return of Investment* (ROI):

- Sebelum pajak = 45,00 %
- Sesudah pajak = 31,50 %

c. Batasan ROI sebelum pajak dapat diterima untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi, minimum sebelum pajak adalah sebesar 44%. (Aries and Newton, 1955).

d. *Pay Out Time* (POT):

- Sebelum pajak = 1,82 tahun
- Sesudah pajak = 2,41 tahun

Batasan POT sebelum pajak dapat diterima untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi, maksimal sebelum pajak adalah 2 tahun. (Aries and Newton, 1955).

e. *Break Even Point* (BEP) pada 40,16% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 22,87%. Batasan BEP yang dapat diterima untuk pabrik kimia sebesar 40-60%. (Aries and Newton, 1955)

f. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 28,47%. Batasan minimum DFCR $> 1,5 \times$ deposito bank. Bunga bank 5,25%.

Dari data hasil perhitungan analisa ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa Pabrik Alfa-Terpineol dari Terpentin dan Air dengan kapasitas 2.500 ton/tahun ini layak untuk didirikan karena memiliki indikator keekonomian yang cukup menguntungkan.

7.2 Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Aguirre, M.R., Robau-Sa´nchez, A., Torre-Sa´enz, Flores, W.A, and Elgue´zabal, A.. (2005). *Synthesis of terpineol from α -pinene by homogeneous acid catalysis*. *Catalysis Today*, 310-314, 107-108.
- Alfa. *Chloroacetic acid*. Alfa Aesar Web site:
<https://www.alfa.com/en/catalog/A11482/>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:00 WIB.
- Anonim. *The Chemical Engineering Plant Cost Index*. Chemical Engineering Essentials for CPI Professional: www.chemengonline.com/pci. Diakses pada tanggal 24 Agustus 2022 pukul 08:00 WIB
- Apriyani, D. (2013). *Formulasi Sediaan Sabun Mandi Cair Minyak Atsiri Jeruk Nipis (Citrus aurantifolia) Dengan Cocamid DEA SEBAGAI Surfaktan*. Surakarta: Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Aries, R.S., and Newton, R.D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: MC Graw Hill Handbook Co., Inc.
- Batan. *Baku Mutu Air Proses*. Batan.go.id. Diakses pada tanggal 20 Agustus 2022 pukul 11:00 WIB.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. (1959). *Equipment Design*. New York: John Willey & Sons, inc.
- Chemeo. (2016). *Chemeo High Quality Chemical Properties*.
<https://www.chemeo.com/cid/70-176-9/%C2%ABalpha%C2%BB-Pinene>. Diakses pada tanggal 03 Juli 2022 pukul 10:21 WIB.
- Coulson, J. M. and Richardson J. F. (1999). *Chemical Engineering*. Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Google Earth. *Peta Lokasi Pabrik*. <https://earth.google.com/web/>. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2022 pukul 08:00 WIB.
- Herrlinger, R. (1959). *Production Of Alpha-Terpineol* . United States Patent Office.
- Bank Indonesia. (2022). *Suku Bunga Acuan Bank Indonesia*. <http://bi.go.id> Diakses pada tanggal 27 Agustus 2022 pukul 10:00 WIB.
- Kern, D. (1965). *Process Heat Transfer*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Kirk, R.E., and Othmer. (1992). *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. New York: The Intescience Publisher Division of Jhon Willey & Sons Inc.

- Knoema. (2015-2021). <https://knoema.com/atlas/Indonesia/Population>. Diakses pada tanggal 15 Juni 2022 pukul 13:00 WIB
- Mutmainnah, D. A. (2021). *The Effectiveness Of Education And Workshop For Making Natural Disinfectants With Antiseptics From Water Steam Of Piper betle Leaves In The Production Warehouse Telaga Bidadari Village*. <http://proceeding.mbunivpress.or.id/index.php/bamara>, 98-109. Diakses pada tanggal 15 Juni 2022 pukul 14:00 WIB
- Pahima, E. (2018). *Supporting Information for Computational Design of Biofuels from Terpenes and Terpenoids*. Electronic Supplementary Material (ESI) for Sustainable Energy & Fuels, S22.
- Perhutani. (2020). <https://www.perhutani.co.id/laporan-category/laporan-tahunan/>. Diakses pada tanggal 10 Juni 2022 pukul 09:31 WIB.
- Perry, R.H. and Green, D.W. (1999). *Chemical Engineering Handbook*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Peter, M. S., & Timmerhause, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical*. New York: 4th ed., Mc Graw-Hill Book Co., Inc.
- Powell, S. (1954). *Water Condition for Industry*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- PubChem. *3-Carene*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3-Carene>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.
- PubChem. *Alpha-Pinene*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Pinene>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.
- PubChem. *Alpha-Terpineol*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-TERPINEOL>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.
- PubChem. *beta-Pinene*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-Pinene>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.
- PubChem. *Camphene*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Camphene>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.
- PubChem. *Chloroacetic acid*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chloroacetic-acid>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.
- PubChem. *D-Limonene*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/D-Limonene>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.
- PubChem. *Water*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/962>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2022 pukul 13:01 WIB.

- Selfiana, T., Fransisca, Y., dan Utami, H. (2018). *Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Pada Sintesis α -Terpineol dari Terpentin dengan Katalis Asam Sulfat*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Sembiring, C. N. (2019). *Analisa Kandungan Kimia, Sifat Fisika Dan Penentuan Kadar Sineol Minyak Atsiri Pada Daun Eucalyptus pellita Dari PT TOBA PULP LESTARI Dengan Metode GC-MS*. Medan: Program Studi S1 Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Smith, Van Ness, Abbot, & Swihart. (2018). *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 8th Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Tasheva, S. (2021). *Investigation of the thermodynamic and thermal properties of clary sage (Salvia sclarea L.) essential oil and its main components*. E3S Web of Conferences 286, 02003, 1-9.
- Utami, H., Budiman, A., Sutijan, Roto, dan Sediawan, W.B.. (2011). *Heterogeneous Kinetics of Hydration of α -Pinene for α -Terpineol Production: Non-Ideal Approach*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 916-919.
- Utami, H., Budiman, A., Sutijan, Roto, dan Sediawan, W.B.. (2011). *Sintesis α -Terpineol dari Terpentin dengan Katalisator Asam Kloro Asetat Secara Batch*. INDUSTRI ISSN 1693-0533, Vol. 1 No. 1 : 27-31.
- Utami, H., Budiman, A., Sutijan, Roto, dan Sediawan, W.B.. (2011). *Studi Kinetika Reaksi Heterogen α -Pinene Menjadi Terpineol Dengan Katalisator Asam Kloro Asetat*. Reaktor Vol. 13 No. 4, 248-253.
- Wahyudi, T. (2017). *Pembuatan Mikrokapsul Minyak Jeruk (Citrus aurantifolia) Untuk Aplikasi Pada Penyempurnaan Tekstil*. Arena Tekstil Vol. 32 No. 1, 1-8.
- Yaws, C. (1999). *Chemical Properties Handbook*. USA: Mc Graw-Hill Book Company.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perancangan Reaktor

1. Perancangan Reaktor

Model matematis perancangan reaktor:

Kondisi operasi:

Suhu : 80 °C

Tekanan : 1 atm

Asumsi:

- Adiabatis dan *Isothermal*
- Pengadukan sempurna
- Laju alir volumetrik tetap
- *Steady state*

Pada keadaan steady state dapat dituliskan :

(Rate of Flow of Input) – (Rate of Flow of Output) – (Rate of Reaction) = Rate of

Acc

Tabel 1. Stokiometri Reaksi

| Komponen | Mula-mula | Reaksi | Sisa |
|--------------------|-----------|------------|---------------------------|
| Alfa-Pinene (A) | F_{A0} | $F_{A0}.X$ | $F_A = F_{A0} - F_{A0}.X$ |
| Air (B) | F_{B0} | $F_{A0}.X$ | $F_B = F_{B0} - F_{A0}.X$ |
| Alfa-Terpineol (T) | F_{T0} | $F_{A0}.X$ | $F_T = F_{T0} + F_{A0}.X$ |
| Total | F_{f0} | | $F_f = F_{f0}$ |

Jika pada stoikiometri

$$F_A = F_{A0} (1-X_A)$$

$$V_R = \frac{F_{A0} X_A}{-r_A}$$

Jika dari stoikiometri $C_A = \frac{F_{A0}(1-X_A)}{v_0}$, $C_B = \frac{F_{B0}-F_{A0}X_A}{v_0}$, dan $C_T = \frac{F_{A0}X_A}{v_0}$

$$V_R = \frac{F_{A0} \cdot X_A \cdot v_0^2}{k_1 F_{A0} (1 - X_A) \cdot (F_{B0} - F_{A0} X_A) - \frac{k_2 F_{A0} X_A}{v_0}}$$

Sehingga diperoleh:

$$V = 30,2851 \text{ m}^3$$

Catatan :

1. jika 2 reaktor seri, maka persamaan yang tepat :

- $V_1=V_2$

$$\begin{aligned} & \frac{F_{A0} \cdot X_{A1} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{A1}) (F_{B0} - F_{A0} X_{A1}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{A1}}{v_0^2}} \\ &= \frac{F_{A0} \cdot X_{A2} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{A2}) (F_{B0} - F_{A0} X_{A2}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{A2}}{v_0^2}} \end{aligned}$$

2. Jika 3 reaktor seri :

- $V_1=V_2=V_3$

$$\begin{aligned} & \frac{F_{A0} \cdot X_{A1} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{A1}) (F_{B0} - F_{A0} X_{A1}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{A1}}{v_0^2}} = \frac{F_{A0} \cdot X_{A2} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{A2}) (F_{B0} - F_{A0} X_{A2}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{A2}}{v_0^2}} \\ &= \frac{F_{A0} \cdot X_{A3} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{A3}) (F_{B0} - F_{A0} X_{A3}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{A3}}{v_0^2}} \end{aligned}$$

3. Untuk n reaktor seri :

$$\begin{aligned} & \frac{F_{A0} \cdot X_{A1} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{A1}) (F_{B0} - F_{A0} X_{A1}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{A1}}{v_0^2}} = \frac{F_{A0} \cdot X_{A2} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{A2}) (F_{B0} - F_{A0} X_{A2}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{A2}}{v_0^2}} = \dots \\ &= \frac{F_{A0} \cdot X_{An} \cdot v_0^2}{k_1 \cdot F_{A0} (1 - X_{An}) (F_{B0} - F_{A0} X_{An}) - \frac{k_2 F_{A0} X_{An}}{v_0^2}} \end{aligned}$$

4. Berdasarkan reaksi kimia terpentin menjadi alfa-terpineol, penentuan optimasi sebagai berikut :

$$X_{n-1} = X_n - \frac{V_R \cdot (k_1 C_{A0} (1 - X_A) \cdot (M - X_A) - k_2 X_A)}{v_0}$$

Menentukan Optimasi Jumlah Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$X_1 = 0,5413$$

$$k_1 = 0,1248 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$k_2 = 0,00518 / \text{jam}$$

$$v_0 = 1,4449 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$C_{A0} = 2,5534 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{B0} = 6,1281 \text{ kmol/m}^3$$

$$M = 2,4$$

Persamaan umum:

$$X_{n-1} = X_n - \frac{V_R \cdot (k_1 C_{A0} (1 - X_A) \cdot (M - X_A) - k_2 X_A)}{v_0}$$

$$V_1 = 30,2851 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0,5413$$

2. Jumlah Reaktor 2

$$V_2 = 11,0874 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 11,0874 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,3348$$

$$X_2 = 0,5413$$

3. Jumlah Reaktor 3

$$V_3 = 6,7887 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 6,7887 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 6,7887 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,2435$$

$$X_2 = 0,4156$$

$$X_3 = 0,5413$$

4. Jumlah Reaktor 4

$$V_4 = 4,8869 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 4,8869 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 4,8869 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 4,8869 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,1918$$

$$X_2 = 0,3377$$

$$X_3 = 0,4514$$

$$X_4 = 0,5413$$

5. Jumlah Reaktor 5

$$V_5 = 3,8187 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 3,8187 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 3,8187 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 3,8187 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 3,8187 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,1584$$

$$X_2 = 0,2848$$

$$X_3 = 0,3873$$

$$X_4 = 0,4714$$

$$X_5 = 0,5413$$

Menghitung Jumlah Reaktor Yang Optimal

Menurut Ariens dan Newton, 1995 perhitungan harga total reaktor menyatakan

bahwa:

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

Dengan:

C_a = Kapasitas alat a

C_b = Kapasitas alat b

E_a = Harga pembelian alat a E_b

= Harga pembelian alat b

Kondisi operasi:

$$1 \text{ atm} = 14,7000 \text{ lb/in}^2$$

Bahan : *Stainless steel*

Basis : Volume 1000 gallons = \$ 14.750,00 (Peter dan Timmerhaus, 1991)

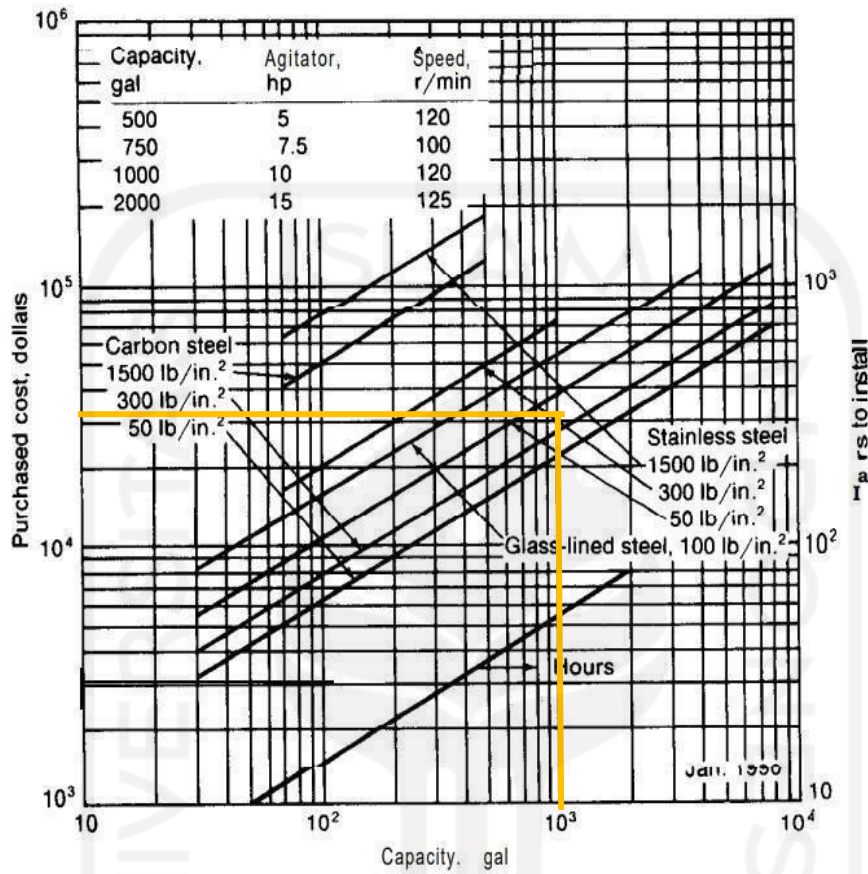


FIGURE 16-35

Cost and installation time of jacketed and stirred reactors.

Gambar 1. Grafik Penentuan Penggunaan Bahan dan Harga

Perhitungan Harga Reaktor

Dimana:

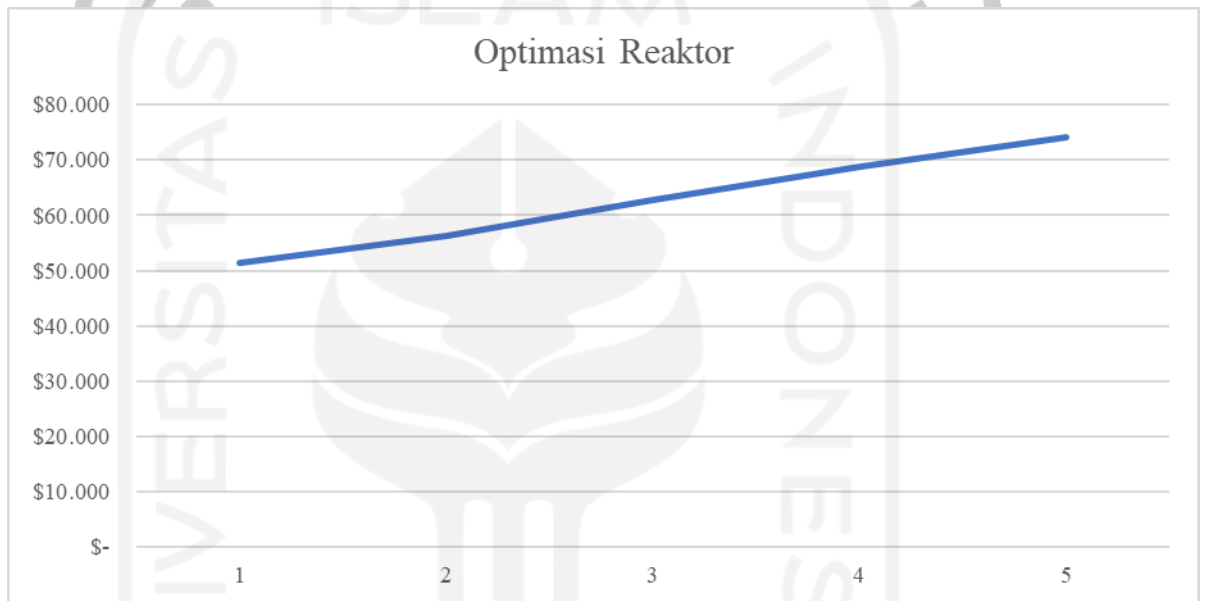
$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0.6}$$

$$E_a = \$ 14.750,00$$

$$C_a = 1000 \text{ gallons}$$

Tabel 2. Perbandingan Harga Penggunaan Jumlah Reaktor

| No. | Volume reaktor | Z | Cost/unit | Cost |
|-----|----------------|-----------|-----------|----------|
| | (Gallon) | (Gallon) | \$ | |
| 1. | 8.000,476 | 8.000,476 | \$51.364 | \$51.364 |
| 2. | 2.928,976 | 5.857,953 | \$28.107 | \$56.215 |
| 3. | 1.793,379 | 5.380,136 | \$20.941 | \$62.823 |
| 4. | 1.290,986 | 5.163,945 | \$17.193 | \$68.771 |
| 5. | 1.008,801 | 5.044,006 | \$14.828 | \$74.139 |



Gambar 2. Grafik Optimasi Reaktor

Berdasarkan grafik diatas dipilih jumlah 1 reaktor karena memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan yang lain dengan volume 30,2851 m³.

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

2. Perancangan Dimensi Reaktor

Komponen masuk reaktor

| No. | Komponen | Fw (Kg/Jam) | Mr (kg/kmol) | F0 (Kmol/Jam) | ρ (kg/m ³) | v0 (m ³ /jam) |
|-------|------------------|----------------|-----------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Alfa-Pinene | 501,757 | 136 | 3,689 | 812,959 | 6,172E-01 |
| 2. | Beta-Pinene | 6,282 | 136 | 0,046 | 832,366 | 7,547E-03 |
| 3. | Camphene | 15,076 | 136 | 0,111 | 820,610 | 1,837E-02 |
| 4. | D-Limonene | 0,088 | 136 | 0,001 | 797,204 | 1,108E-04 |
| 5. | Air | 159,382 | 18 | 8,855 | 975,494 | 1,634E-01 |
| 6. | Asam Kloroasetat | 836,754 | 94,5 | 8,855 | 1349,426 | 6,201E-01 |
| 7. | Alfa-Terpineol | 16,187 | 154 | 0,105 | 888,701 | 1,821E-02 |
| Total | | 1535,526 | | 21,661 | | 1,445E+00 |

Perancangan ini menggunakan 1 reaktor dengan volume reaktor sebesar:

$$V_{shell} = 30,2851 \text{ m}^3$$

$$V_{over\ design} = 36,3421 \text{ m}^3$$

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak, sehingga:

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

$$V = \pi D^3$$

Dengan rancangan, $D = H$ (Brownell & Young, 1959)

$$D = 3,5907 \text{ m}$$

$$D = 141,3666 \text{ in}$$

$$D = 11,7805 \text{ ft}$$

Perancangan ini memilih $H = 1,5 D$, sehingga $H = 1,5 X D$

$$H = 5,3861 \text{ m}$$

$$H = 212,0499 \text{ in}$$

$$H = 17,6708 \text{ ft}$$

$$V_{dish} = 0,000049D^3$$

$$V_{dish} = 0,0023 \text{ m}^3$$

$$V_{dish} = 0,0801 \text{ ft}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} \frac{D^2}{144} sf$$

dipilih $sf = 2,5 \text{ in}$

$$V_{sf} = 0,0045 \text{ m}^3$$

$$V_{sf} = 0,1576 \text{ ft}^3$$

$$V_{Head} = 2(V_{dish} + V_{sf})$$

$$V_{Head} = 0,0135 \text{ m}^3$$

$$V_{Head} = 0,4755 \text{ ft}^3$$

$$V_{reaktor} = V_{shell} + V_{head}$$

$$V_{reaktor} = 36,3556 \text{ m}^3$$

$$V_{reaktor} = 1283,8867 \text{ ft}^3$$

Menghitung Volume dan Tinggi cairan dalam Shell

$$\text{Volume bottom} = 0,5 \times \text{Volume head} = 0,0067 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan} = \text{Volume shell} - \text{Volume bottom}$$

$$= 36,3354 \text{ m}^3$$

Tinggi cairan dalam *shell*:

$$h_{\text{Cairan}} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$h = 3,5900 \text{ m}$$

$$h = 11,7784 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan dalam shell} &= V_{\text{shell}} - V_h - V_{\text{sf}} \\ &= 30,2672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung Tekanan Desain

Tekanan Hidrostatik: $\rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}}$

$$\text{Vol cairan} = h_{\text{cairan}} \times (\pi D^2 / 4)$$

$$h_{\text{cairan}} = 3,5900 \text{ m}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = 38.670,3958 \text{ N/m}^2$$

$$= 5,6087 \text{ psia}$$

$$P_{\text{reaksi}} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,6959 \text{ psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{reaksi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 20,3046 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,2 \cdot P_{\text{operasi}}$$

$$= 24,3655 \text{ psia}$$

$$P_{\text{reaktor}} = 24,3655 \text{ psia}$$

Menghitung Tebal *Shell* (ts)

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

(Brownell & Young, 1959, p.254)

Dimana:

$r = 0,5 \times \text{Diameter tangki} = 70,6833 \text{ in}$

$E = \text{efisiensi pengelasan} = 80\%$

$C = \text{faktor korosi} = 0,1250$

$F = \text{Tegangan yang diijinkan} = 18.750$

Sehingga, didapatkan nilai ts :

$ts = 0,2399 \text{ in}$, digunakan tebal standar 7/16 in maka:

$ts = 0,4375$ (Brownell & Young, 1959)

ID *Shell* = 141,3666 in

OD *Shell* = 142,2416 in

OD Standart = 144

icr = 8,75 in

$r = 132 \text{ in}$

$E = 80\%$

$C = 0,1250 \text{ in}$

$f = 18.750 \text{ psi}$ (Brownell & Young, 1959)

Menentukan Tebal *Head* (th) dan Tebal *Bottom*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA- 167 Grade 11 Type 316* (Brownell & Young, 1959, p.342)

Bentuk *head* : *Torispherical Flanged & Dished Head*

(Brownell & Young, 1959, p.87)

$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0.2P)} + C$$

(Brownell & Young, 1959, p.138)

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

$$w = 1,7210$$

$$th = 0,2788 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young (hal 88), th standar yaitu:

$$th = 0,3125 \text{ menggunakan tebal standar } 5/16 \text{ in}$$

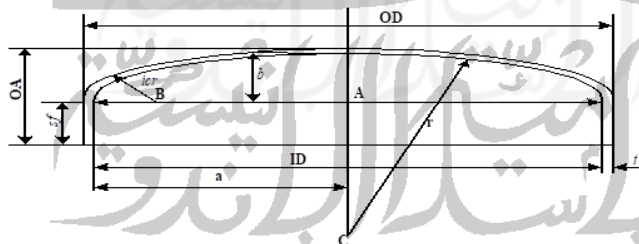
Menentukan Tinggi Reaktor Total

Berdasarkan table 5.8 Brownell & Young 93 diperoleh nilai sf 1 ½ - 2 ½

diambil:

$$sf = 2,5000 \text{ in}$$

$$= 0,0635 \text{ m}$$



$$ID = OD_{\text{standar}} - (2 * th)$$

$$= 143,375 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= 71,6875 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr$$

$$= 62,9375 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 123,25 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= 105,9690 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 26,0310 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi total head (OA)} = sf + b + th$$

$$= 28,8435 \text{ in}$$

$$= 0,7326 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi reaktor total} = (2 \times \text{tinggi head total}) + \text{tinggi shell}$$

$$= 6,8513 \text{ m}$$

Menentukan Jenis Pengaduk

Kondisi Operasi ;

$$\text{Toperasi} = 80^\circ\text{C}$$

$$\mu = 0,9791 \text{ Cp}$$

$$\rho = 1099,1394 \text{ kg/m}^3$$

$$= 68,6171 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 0,0397 \text{ lb/in}^3$$

$$V_{\text{tangki}} = 36,3354 \text{ m}^3$$

Dipilih jenis *flat six blade turbine with disk*, karena turbin memiliki volume yang besar dan dapat digunakan dengan kecepatan putaran yang tinggi, sehingga berdasarkan Brownell & Young p. 507 diperoleh data :

$$D_t/D_i = 3$$

$$Z_i/D_i = 3,9$$

$$Z_i/D_i = 1,3$$

$$W_b/D_i = 0,17$$

$$L/D_i = 0,25$$

$$D_t = 143,1250 \text{ in}$$

Jumlah *Baffle* = 4 (terpisah 90° satu sama lain)

Jumlah sudut = 6

D_i = Diameter pengaduk

D_t = Diameter dalam reaktor

Z_L = Tinggi cairan dalam reaktor

W_b = Lebar *baffle*

Z_i = Jarak pengaduk dari dasar tangki

L = Lebar Pengaduk

Sehingga didapatkan :

$$D_t = 143,1250 \text{ in} = 3,5907 \text{ m}$$

$$D_i = 47,7083 \text{ in} = 1,2118 \text{ m}$$

$$Z_i = 62,0208 \text{ in} = 1,5753 \text{ m}$$

$$ZL = 186,0625 \text{ in} = 4,7260 \text{ m}$$

$$L = 11,9271 \text{ in} = 0,3029 \text{ m}$$

$$Wb = 8,1104 \text{ in} = 0,2060 \text{ m}$$

Menghitung Jumlah *Impeller*

WELH adalah *Water Equivalen Liquid Hight* memiliki rumus :

$$\text{WELH} = \text{tinggi bahan} \times \text{sg}$$

$$= \text{tinggi bahan} \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{Air}}}$$

$$= 4,0451 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = \frac{\text{WELH}}{D}$$

$$= 1,1265$$

$$= 1 \text{ Pengaduk}$$

Menghitung Putaran Pengaduk

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ DI}} = \left(\frac{\pi \text{ DI } N}{600} \right)^2$$

$$N = \frac{600}{\pi \text{ DI}} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \text{ DI}}}$$

$$N = 62,0937 \text{ rpm}$$

$$= 1,0349 \text{ rps}$$

Jenis motor dipilih: *fixed speed belt*

Karena paling ekonomis dan mudah dalam pemasangan serta perbaikannya

Kecepatan standar pengaduk = 68 rpm

$$= 1,1333 \text{ rps}$$

Menghitung *Power* Pengaduk

Diketahui:

$$\rho = 1.099,1394 \text{ kg/m}^3 = 68,6171 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,9791 \text{ Cp} = 0,0007 \text{ lb/ft.s}$$

$$D_i = 3,9757 \text{ ft}$$

$$N = 1,1333 \text{ rps}$$

$$Re = 1.868.242,4358$$

$$P_a = N_p \cdot P \cdot N_i^3 \cdot D_i^3$$

$$P_a = 25.085,4076 \text{ Watt}$$

$$= 33,6401 \text{ hP}$$

Maka, berdasarkan peters hal. 512 didapatkan efisiensi motor adalah 88%:

Sehingga, nilai $P = 38,2274 \text{ hP}$

Dipilih *power* standar $P = 40 \text{ hP}$

(Berdasarkan standar NEMA, Rase & Barrow p. 358)

PERANCANGAN JAKET PENDINGIN REAKTOR 1

Alasan pemilihan:

- Karena reaksi berlangsung secara eksotermis
- Digunakan media pendingin berupa air pendingin

Kondisi Operasi:

- Suhu fluida panas masuk reaktor = $80 \text{ }^\circ\text{C} = 353 \text{ K}$

- Suhu fluida panas keluar reaktor = $80 \text{ }^\circ\text{C} = 353 \text{ K}$

- Suhu media pendingin masuk = 25 °C = 298 K

- Suhu media pendingin keluar = 60 °C = 313 K

1. Jumlah Pendingin dibutuhkan

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

$$m = 3.259,5764 \text{ kg/jam}$$

2. Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m}{\text{densitas air}}$$

$$Q_v = 3,1721 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Luas Perpindahan Panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 62,2775 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

$$UD = 75 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$Q = 452.127,1291 \text{ btu/jam}$$

$$A = 96,7984 \text{ ft}^2 = 8,9929 \text{ m}^2$$

4. Luas Selubung

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$= 60,7269 \text{ m}^2$$

Karena Luas selubung reaktor > Luas Perpindahan Panas, maka rancangan menggunakan jaket pendingin.

5. Menghitung Ukuran Jacket

$$\begin{aligned} ID &= OD \text{ tangki} + 2 \cdot jw \\ &= 148 \text{ in} \end{aligned}$$

6. Menghitung Tebal Dinding Jacket

$$t = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C$$

$$t \text{ shell standart} = 0,4375 \text{ in}$$

$$OD \text{ Standart} = 156 \text{ in}$$

$$ID = 155,1250 \text{ in}$$

7. Menghitung U_c dan U_d

$$U_c = \frac{h_i h_o}{h_i + h_o}$$

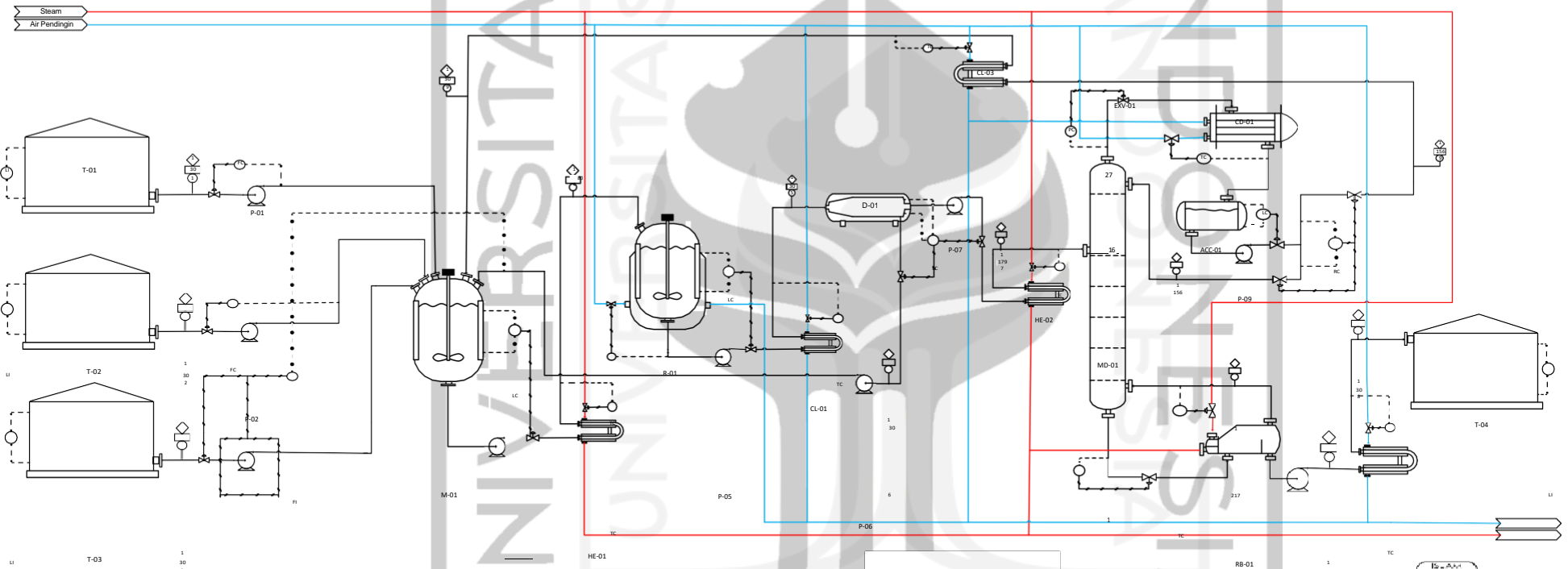
$$U_d = \frac{U_c \cdot hD}{U_c + hD}$$

$$U_c = 18,4986 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$U_d = 17,2241 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

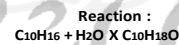
الجمهورية الإسلامية الباندو

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL DARI TERPENTIN DAN AIR
KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN



| SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|------------------------|
| | Flow Controller |
| | Flow Indicator |
| | Ratio Controller |
| | Level Indicator |
| | Pressure Controller |
| | Temperature Controller |
| | Tekanan, atm |
| | Suhu, C |
| | Nomor Arus |
| | Control Valve |
| | Electric Connection |
| | Piping |
| | Pneumatic Connection |
| | Tangki |
| | Pompa |
| | Heater |
| | Cooler |
| | Mixer |
| | Reactor |
| | Decanter |
| | Menara Distilasi |
| | Expansion Valve |
| | Reboiler |
| | Condensor |
| | Accumulator |

| Komponen | Nomor Arus (kg/jam) ^{P-04} | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| α-Pinene | 271,6 | | | 501,8 | 230,2 | 11,5 | 218,6 | 8 | 218,6 |
| β-Pinene | 4,5 | | | 6,3 | 6,3 | 0,3 | 6,0 | 4,5 | 1,5 |
| Camphene | 3,6 | | | 15,1 | 15,1 | 0,8 | 14,3 | 3,6 | 10,7 |
| D-Limonene | 0,1 | | | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | |
| H ₂ O | | 35,9 | | 159,4 | 123,4 | 123,4 | | | |
| C ₂ H ₃ ClO ₂ | | | 836,8 | 836,8 | 836,8 | 836,8 | | | |
| C ₁₀ H ₁₈ O | | | | 16,2 | 323,7 | 16,2 | 307,5 | 307,5 | |
| Total | 279,7 | 35,9 | 836,8 | 1535,5 | 1535,5 | 989,0 | 546,6 | 315,7 | 230,9 |



Air Pendingin
Steam

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL DARI TERPENTIN DAN AIR
KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
 1. Adib Hanansyah Rahmananda (18521200)
 2. Arvinaldo Miftah Afidh (18521118)

Dosen Pembimbing :
 1. Dr. Arif Hidayat S.T., M.T.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Adib Hanansyah Rahmananda

No. MHS 18521200

2. Nama Mahasiswa : Arvinaldo Miftah Afidh

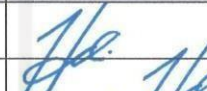
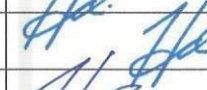





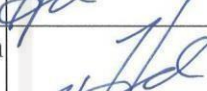
No. MHS 18521118

Judul Prarancangan : PRARANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL

DARI TERPENTIN DAN AIR DENGAN KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **13 Mei 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **9 November 2022**

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|----|-------------------|--|---|
| 1. | 14 Juli 2022 | Bimbingan Perancangan Reaktor |  |
| 2. | 29 Juli 2022 | Bimbingan Desain Reaktor dan Perancangan Alat |  |
| 3. | 8 Agustus 2022 | Bimbingan dan konsultasi PEFD dan Tangki Penyimpanan |  |
| 4. | 12 Agustus 2022 | Konsultasi ulang Tangki Penyimpanan dan Perancangan Alat kecil |  |
| 5. | 18 Agustus 2022 | Konsultasi ulang Perancangan Alat kecil |  |
| 6. | 25 Agustus 2022 | Konsultasi Penentuan Lokasi, Tata Letak Pabrik, dan Struktur Organisasi Perusahaan |  |
| 7. | 12 September 2022 | Persetujuan luaran 8-15 |  |
| 8. | 22 September 2022 | Persetujuan naskah |  |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 22 September 2022

Pembimbing 1,



Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRARANCANGAN**

1. Nama Mahasiswa : Adib Hanansyah Rahmananda

No. MHS : 18521200

2. Nama Mahasiswa : Arvinaldo Miftah Afidh

No. MHS : 18521118

Judul Prarancangan : PRARANCANGAN PABRIK ALFA-TERPINEOL
DARI TERPENTIN DAN AIR DENGAN KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **13 Mei 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **9 November 2022**

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|-----|-------------------|--|-------------|
| 1. | 15 Juni 2022 | Bimbingan kapasitas pabrik | 4 |
| 2. | 24 Juni 2022 | Persetujuan kapasitas pabrik dan bimbingan luaran 2 | 4 |
| 3. | 01 Juli 2022 | Bimbingan luaran 2, 3, dan 4 | 4 |
| 4. | 11 Juli 2022 | Bimbingan neraca massa | 4 |
| 5. | 18 Juli 2022 | Revisi dan pemeriksaan neraca massa dan perancangan alat | 4 |
| 6. | 10 Agustus 2022 | Bimbingan luaran 4, 5, 6, dan 7 | 4 |
| 7. | 22 Agustus 2022 | Bimbingan Neraca Panas dan Utilitas | 4 |
| 8. | 12 September 2022 | Bimbingan Evaluasi Ekonomi | 4 |
| 9. | 12 September 2022 | Persetujuan luaran 8-15 | 4 |
| 10. | 21 September 2022 | Persetujuan naskah | 4 |
| | | | |
| | | | |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 21 September 2022

Pembimbing 2,



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.