

No: TA/TK/2018/43

**PRA RANCANGAN PABRIK ACRYLONITRILE DARI ETHYLENE
CYANOHYDRIN DENGAN PROSES DEHIDRASI ETHYLENE
CYANOHYDRIN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Yogi Pratama

Nama : Denanda Clarasati Puteri

NIM : 14521266

NIM : 14521268

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

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PERANCANGAN PABRIK**

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yogi Pratama

Nama : Denanda Clarasati Puteri

NIM : 14521266

NIM : 14521268

Yogyakarta, 10 September 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan 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 kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Yogi Pratama



Denanda Clarasati Puteri

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK *ACRYLONITRILE* DARI *ETHYLENE*
CYANOHYDRIN DENGAN PROSES DEHIDRASI *ETHYLENE*
CYANOHYDRIN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Yogi Pratama

Nama : Denanda Clarasati Puteri

NIM : 14521266

NIM : 14521268

Yogyakarta, 10 September 2018

Pembimbing I

Ir. Sukirman, M.M. C.Text. ATI

NIP. 805210101

Pembimbing II

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

NIP. 165210101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK *ACRYLONITRILE* DARI *ETHYLENE*
CYANOHYDRIN DENGAN PROSES *DEHIDRASI ETHYLENE*
CYANOHYDRIN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Yogi Pratama

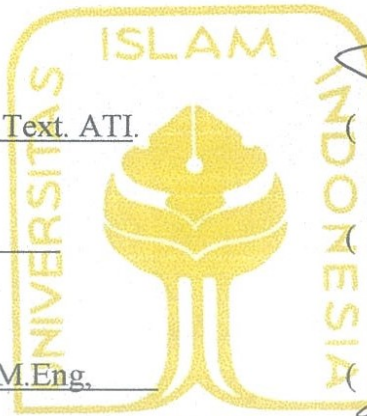
NIM : 14521266

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 4 Oktober 2018

Tim Penguji,

1. Ir. Sukirman, M.M. C.Text. ATI.
Ketua Penguji
2. Ifa Puspasari, Ph.D.
Anggota I
3. Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.
Anggota II



(Handwritten signatures and dates)
Puspasari)
11/10 2018)

Mengetahui:

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



Dr. Suharno Rusdi

NIP. 845210102

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK ACRYLONITRILE DARI ETHYLENE
CYANOHYDRIN DENGAN PROSES DEHIDRASI ETHYLENE
CYANOHYDRIN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Denanda Clarasati Puteri

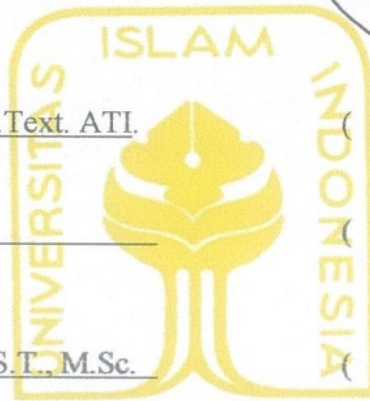
NIM : 14521268

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 4 Oktober 2018

Tim Penguji,

4. Ir. Sukirman, M.M. C.Text. ATI.
Ketua Penguji
5. Ifa Puspasari, Ph.D.
Anggota I
6. Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc.
Anggota II



Handwritten signatures of the examiners: Ir. Sukirman, Ifa Puspasari, and Muflih Arisa Adnan, with the date 11/10/2018 written next to the signature of Muflih Arisa Adnan.

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

NIP. 845210102

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah.
(HR.Turmudzi).
2. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. (Q.S Al-Insyirah 7-8).
3. Janganlah takut untuk melangkah, karena jarak 1000 mil dimulai dengan langkah pertama.
4. Tuhan tidak pernah terlambat. Dia juga tidak tergesa-gesa. Dia selalu tepat waktu.
5. Jika salah, perbaiki. Jika gagal, coba lagi. Jika menyerah, semuanya selesai.

PERSEMBAHAN

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan support dan doa untuk kami.
2. Dosen pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing kami.
3. Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UII.
4. Teman-teman serta kakak tingkat Jurusan Teknik Kimia FTI UII.

KATA PENGANTAR



Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua khususnya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah ke zaman yang terang benderang dan peka terhadap teknologi seperti sekarang ini.

Tugas Akhir kami yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik *Acrylonitrile* dari *Ethylene Cyanohydrin* dengan Proses *Dehidrasi Ethylene Cyanohydrin* Kapasitas 40.000 Ton/Tahun” disusun sebagai penerapan teori Teknik Kimia yang kami pelajari selama di bangku perkuliahan dan sebagai salah satu syarat agar bisa mendapatkan gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S1) di jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Inayahnya.
2. Bapak dan Ibu beserta keluarga yang selalu memberikan doa, perhatian, kasih sayang, semangat serta dukungan moril maupun materil.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Dr. Suharno Rusdi , selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Sukirman, M.M. C.Text. ATI, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M .Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Ibu Dosen Teknik Kimia Teknik Kimia yang tidak pernah lelah untuk mendidik dan membimbing kami.
8. Teman–teman seperjuangan Teknik Kimia 2014 yang selalu memberikan dukungan, dorongan dan semangat
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Kami menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Besar harapan kami semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan kami selaku penyusun.

Yogyakarta, 10 September 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING..... | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI | iv |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI | v |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| ABSTRAK | xviii |
| <i>ABSTRACT</i> | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar belakang Pendirian Pabrik | 1 |
| 1.2. Tinjauan Pustaka | 7 |
| 1.2.1. <i>Acrylonitrile</i> | 7 |
| 1.2.2. <i>Ethylene Cyanohydrin</i> | 7 |
| 1.2.3. Macam-macam Proses Pembuatan <i>Acrylonitrile</i> | 8 |
| BAB II PERANCANGAN PRODUK | 11 |
| 2.1. Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk | 11 |
| 2.2.1. Spesifikasi Bahan Baku..... | 11 |
| 2.2.2. Spesifikasi Bahan Pembantu..... | 13 |
| 2.2.3. Spesifikasi Bahan Produk | 14 |
| 2.2. Pengendalian Kualitas | 17 |
| 2.2.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku | 17 |
| 2.2.2. Pengendalian Kualitas Proses | 18 |
| 2.2.3. Pengendalian Kualitas Produk | 19 |

| | |
|--|----|
| BAB III PERANCANGAN PROSES..... | 19 |
| 3.1. Dasar Reaksi..... | 19 |
| 3.2. Mekanisme Reaksi..... | 19 |
| 3.2.1. Penyerapan fluida oleh padatan | 19 |
| 3.2.2. Aktivitas zat teradsorbsi | 20 |
| 3.2.3. Reaksi pada katalis..... | 20 |
| 3.2.4. Desorbsi dari zat hasil | 20 |
| 3.3. Kondisi Operasi | 20 |
| 3.3.1. Tinjauan Kinetika..... | 21 |
| 3.3.2. Tinjauan Thermodinamika | 21 |
| 3.4. Langkah Proses..... | 22 |
| 3.4.1. Tahap Pemurnian Umpan..... | 22 |
| 3.4.2. Tahap <i>Dehidrasi</i> | 23 |
| 3.4.3. Tahap Pemurnian Hasil | 23 |
| 3.5. Peralatan Proses..... | 24 |
| 3.5.1. Tangki Penyimpanan <i>Ethylene Cyanohydrin</i> | 24 |
| 3.5.2. Tangki Penyimpanan Acrylonitrile | 25 |
| 3.5.3. <i>Heater</i> | 26 |
| 3.5.4. Vaporizer..... | 27 |
| 3.5.5. Separator | 28 |
| 3.5.6. Reaktor | 29 |
| 3.5.7. Kondensor-01 | 30 |
| 3.5.8. <i>Cooler-01</i> | 31 |
| 3.5.9. Menara Distilasi-01 | 33 |
| 3.5.10. Menara Distilasi 2 | 33 |
| 3.5.11. Kondensor-02 | 35 |
| 3.5.12. Kondensor-03 | 36 |
| 3.5.13. Reboiler 1 | 37 |
| 3.5.14. Reboiler 2..... | 38 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.5.15. | Pompa 1..... | 39 |
| 3.5.16. | Pompa 2..... | 40 |
| 3.5.17. | Pompa 3..... | 41 |
| 3.5.18. | Pompa 4..... | 42 |
| 3.5.19. | Pompa 5..... | 42 |
| 3.5.20. | Pompa 6..... | 43 |
| 3.5.21. | Pompa 7..... | 44 |
| 3.6. | Peralatan Utilitas | 45 |
| 3.6.1. | Pompa 1..... | 45 |
| 3.6.2. | Bak Pengendap Awal (BU-01)..... | 45 |
| 3.6.3. | Pompa 2..... | 46 |
| 3.6.4. | Tangki Flokulator..... | 47 |
| 3.6.5. | Pompa 3..... | 47 |
| 3.6.6. | Clarifier | 48 |
| 3.6.7. | Tangki Tawas | 48 |
| 3.6.8. | Tangki Larutan Soda Abu [Na ₂ CO ₃] | 49 |
| 3.6.9. | Saringan Pasir..... | 49 |
| 3.6.10. | Bak Penampung Air Bersih..... | 50 |
| 3.6.11. | Pompa 4..... | 50 |
| 3.6.12. | Tangki Air Rumah Tangga dan Kantor..... | 51 |
| 3.6.13. | Pompa 5..... | 51 |
| 3.6.14. | Pompa 6..... | 52 |
| 3.6.15. | Kation Exchanger..... | 53 |
| 3.6.16. | Tangki Larutan H ₂ SO ₄ | 53 |
| 3.6.17. | Pompa 7..... | 54 |
| 3.6.18. | <i>Anion Exchanger</i> | 54 |
| 3.6.19. | Tangki Larutan NaOH..... | 55 |
| 3.6.20. | Tangki Kaporit [Ca(Ocl) ₂ .4H ₂ O] | 55 |
| 3.6.21. | Pompa 8..... | 56 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 3.6.22. | Deaerator | 56 |
| 3.6.23. | Pompa 9..... | 57 |
| 3.6.24. | Tangki Air Umpan Boiler | 58 |
| 3.6.25. | Tangki Bahan Bakar..... | 59 |
| 3.6.26. | <i>Cooling Tower</i> | 59 |
| 3.6.27. | Tangki kondensat | 60 |
| 3.6.28. | Tangki Hidrazine..... | 60 |
| 3.6.29. | Tangki Larutan NAH_2PO_4 | 61 |
| 3.6.30. | Generator..... | 61 |
| 3.7. | Perencanaan Produksi..... | 62 |
| 3.7.1. | Analisis Kebutuhan Bahan Baku | 62 |
| 3.7.2. | Analisis Kebutuhan Peralatan Proses..... | 62 |
| BAB IV PERANCANGAN PABRIK | | 65 |
| 4.1. | Lokasi Pabrik..... | 65 |
| 4.1.1. | Tersedia Penyediaan Bahan Baku | 66 |
| 4.1.2. | Tersedia Pemasaran Produk | 66 |
| 4.1.3. | Tersedia Fasilitas Transportasi..... | 66 |
| 4.1.4. | Tersedia Utilitas | 66 |
| 4.1.5. | Tersedia Tenaga Kerja | 67 |
| 4.1.6. | Tersedia Kemungkinan Perluasan Pabrik | 67 |
| 4.1.7. | Karakteristik Daerah dan Masyarakat..... | 67 |
| 4.1.8. | Tersedia Kebijakan Pemerintah | 68 |
| 4.2. | Tata Letak Pabrik | 68 |
| 4.3. | Tata Letak Alat Proses..... | 71 |
| 4.3.1. | Aliran Bahan Baku dan Produk..... | 71 |
| 4.3.2. | Aliran Udara..... | 72 |
| 4.3.3. | Pencahayaan..... | 72 |
| 4.3.4. | Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan..... | 72 |
| 4.3.5. | Pertimbangan Ekonomi..... | 72 |
| 4.3.6. | Jarak Antar Alat Proses..... | 72 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.4. | Alir Proses dan Material..... | 73 |
| 4.4.1. | Neraca Massa | 73 |
| 4.4.2. | Neraca Panas | 76 |
| 4.4.3. | Diagram Alir Kuantitatif..... | 78 |
| 4.4.4. | Diagram Alir Kualitatif..... | 79 |
| 4.5. | Pelayanan Teknik (Utilitas)..... | 80 |
| 4.5.1. | Unit Penyediaan dan Pengolahan Air | 80 |
| 4.5.2. | Unit Air Pendingin | 84 |
| 4.5.3. | Unit Pengadaan <i>Steam</i> | 85 |
| 4.5.4. | Unit Penyediaan Listrik..... | 85 |
| 4.5.5. | Unit Penyediaan Udara Tekan | 86 |
| 4.5.6. | Unit Pengadaan Bahan Bakar..... | 86 |
| 4.6. | Organisasi Perusahaan..... | 88 |
| 4.6.1. | Bentuk Perusahaan | 88 |
| 4.6.2. | Struktur Organisasi..... | 88 |
| 4.6.3. | Diagram struktur organisasi | 90 |
| 4.6.4. | Tugas dan Wewenang | 91 |
| 4.6.5. | Pembagian Jam Kerja Karyawan | 95 |
| 4.6.6. | Status Karyawan, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan 97 | |
| 4.6.7. | Kesejahteraan Sosial Karyawan..... | 100 |
| 4.7. | Evaluasi Ekonomi..... | 101 |
| 4.7.1. | <i>Capital Investment</i> | 102 |
| 4.7.2. | <i>Manufacturing Cost</i> | 103 |
| 4.7.3. | <i>General Expense</i> | 103 |
| 4.7.4. | Analisa Kelayakan | 103 |
| 4.7.5. | Penaksiran Harga Peralatan..... | 105 |
| 4.7.6. | Dasar perhitungan dan Hasil perhitungan..... | 108 |
| 4.7.7. | Analisa Keuntungan | 112 |
| 4.7.8. | Hasil Kelayakan Ekonomi..... | 113 |

| | |
|----------------------|-----|
| BAB V PENUTUP..... | 114 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 114 |
| 5.2. Saran..... | 115 |
| DAFTAR PUSTAKA | 117 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1.1 Data Impor <i>acrylonitrile</i> | 2 |
| Tabel 1.2. Data kapasitas global untuk produksi <i>acrylonitrile</i> tahun 2012 | 3 |
| Tabel 1.3. Data kapasitas Pabrik di dunia tahun 2013 | 3 |
| Tabel 1.4 Kebutuhan <i>Acrylonitrile</i> Indonesia 5 tahun yang akan datang | 5 |
| Tabel 1.5 Kebutuhan acrylonitrile di beberapa negara Asia | 5 |
| Tabel 1.6. Perbandingan Proses <i>Dehidrasi</i> Ethylene Cyanohydrin, Proses Amoksidasi Propilen, dan Proses Acetylene dan Hydrogen Cyanide..... | 10 |
| Tabel 3.1 Komponen energi entalpi dan energi Gibbs | 22 |
| Tabel 3.2. Tebal <i>shell</i> tangki-01..... | 25 |
| Tabel 3.3. Tebal <i>shell</i> tangki-02..... | 26 |
| Tabel 3.4 Kebutuhan bahan baku..... | 62 |
| Tabel 4.1. Rincian area bangunan pabrik dengan luas 28560 m ² | 69 |
| Tabel 4.2 Neraca massa total | 73 |
| Tabel 4.3 Neraca massa di reaktor | 74 |
| Tabel 4.4 Neraca massa di menara distilasi 1 | 74 |
| Tabel 4.5 Neraca massa di menara distilasi 2 | 74 |
| Tabel 4.6 Neraca massa mixing point | 75 |
| Tabel 4.7 Neraca massa vaporizer (VP-01) | 75 |
| Tabel 4.8 Neraca massa Separator (SP-01)..... | 75 |
| Tabel 4.9 Neraca Panas Mix Point..... | 76 |
| Tabel 4.10 Neraca Panas Vaporizer | 76 |
| Tabel 4.11 Neraca Panas Heater-01 | 76 |
| Tabel 4.12 Neraca Panas Reaktor | 77 |
| Tabel 4.13 Neraca Panas Cooler-01 | 77 |
| Tabel 4.14 Neraca Panas MD-01 | 77 |
| Tabel 4.15 Neraca Panas MD-02 | 77 |
| Tabel 4.16 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu..... | 96 |
| Tabel 4.17 Penggolongan Karyawan | 97 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4.18 Perincian Jumlah Karyawan..... | 98 |
| Tabel 4.19 Perincian golongan dan gaji karyawan | 99 |
| Tabel 4.20 Cost Indext tahun 1991 – 2016 | 106 |
| Tabel 4.21 Index harga tahun 2017-2022 | 107 |
| Tabel 4.22 <i>Fixed Capital Investment</i> | 109 |
| Tabel 4.23 <i>Working Capital Investment</i> | 109 |
| Tabel 4.24 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> | 110 |
| Tabel 4.25 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> | 110 |
| Tabel 4.26 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> | 110 |
| Tabel 4.27 <i>Total Manufacturing Cost</i> | 111 |
| Tabel 4.28 <i>General Expanses</i> | 111 |
| Tabel 4.29 Total Biaya Produksi..... | 111 |
| Tabel 4.30 <i>Fixed Cost (Fa)</i> | 111 |
| Tabel 4.31 Variable Cost (Va) | 112 |
| Tabel 4.32 Regulated Cost (Ra)..... | 112 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan impor Indonesia tahun 2013-2017..... | 4 |
| Gambar 1.2 Kebutuhan Acrylonitrile negara Jepang dan Malaysia tahun 2013-2018..... | 5 |
| | 5 |
| Gambar 4.1 Peta Lokasi Pabrik Acrylonitrile | 65 |
| Gambar 4.2 Lay out pabrik skala 1 : 1000 | 71 |
| Gambar 4.3 Tata letak alat proses pabrik acrylonitrile | 73 |
| Gambar 4.4 Diagram Alir Kuantitatif | 78 |
| Gambar 4.5 Diagram Alir Kualitatif | 79 |
| Gambar 4.6 Flow Diagram Utilitas..... | 87 |
| Gambar 4.7 Struktur Organisasi..... | 90 |
| Gambar 4.9 Grafik Analisa Ekonomi..... | 115 |

ABSTRAK

Acrylonitrile (C_3H_3N) adalah bahan kimia antara dalam pembuatan polimer seperti *acrylic fibre*, termoplastik, *Acrylonitrile Butadiene Styrene*, dan *Styrene Acrylonitrile*, karet sintetik, dan juga *adiponitrile*. Pabrik *acrylonitrile* direncanakan didirikan di Cilegon, Banten, pada tahun 2022 dengan kapasitas 40.000 ton/tahun. Bahan baku berupa *ethylene cyanohydrin* 99% (1% H_2O), produk yang dihasilkan yaitu *acrylonitrile* 99% dalam fase cair. Dari pertimbangan kondisi operasi tertinggi $280^\circ C$ dan tekanan proses 1,3 atm.

Pembuatan *acrylonitrile* dilakukan melalui proses *dehidrasi ethylene cyanohydrin* dengan melalui 3 tahapan yaitu tahap persiapan bahan baku, pembentukan produk, dan pemurnian produk. Pada tahap persiapan bahan baku, *ethylene cyanohydrin* diuapkan di vaporizer untuk diuapkan dan dipanaskan. Uapan yang dihasilkan dialirkan ke separator untuk dipisahkan antara kandungan uap dan cairan. Suhu uapan dari separator disesuaikan dengan kondisi operasi pada reaktor di heater terlebih dahulu. Pada tahap pembentukan produk uapan dimasukkan ke dalam reaktor fixed bed, *non isothermal*, *adiabatic* dengan kondisi operasi $250^\circ C$ - $350^\circ C$ dan tekanan 1,3 atm. Reaksi berlangsung dalam fasa gas dengan menggunakan katalis alumina. Pada tahap pemurnian produk, larutan *acrylonitrile* yang terbentuk dimurnikan dengan menara destilasi untuk memperoleh larutan *acrylonitrile* 99%. Utilitas yang dibutuhkan meliputi air pendingin sebanyak 37.043 kg/jam, kebutuhan *steam* sebanyak 20.927 kg/jam, kebutuhan air untuk sanitasi dan konsumsi umum sebanyak 3.244 kg/jam, kebutuhan listrik sebesar 29 kW dari PLN dan 50 kW dari generator, kebutuhan bakar jenis solar 7.037 gal/tahun sedangkan jenis *fuel oil* 983 kg/jam.

Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi didapatkan *Rate of Return (ROI)* sebesar 9% setelah pajak dan 18% sebelum pajak. *Pay Out Time (POT)* didapatkan sebesar 5,2 tahun setelah pajak dan 3,5 tahun sebelum pajak. *Break Even Point (BEP)* sebesar 52,74%, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 19,96%, dan *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebesar 19%. Ditinjau dari hasil perhitungan secara teknis maupun hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik *acrylonitrile* layak didirikan.

Kata kunci: *acrylonitrile*, *dehidrasi*, *ethylene cyanohydrin*, utilitas.

ABSTRACT

Acrylonitrile (C₃H₃N) is an intermediate chemical in the manufacture of polymers such as acrylic fiber, thermoplastic, Acrylonitrile Butadiene Styrene, and Styrene Acrylonitrile, synthetic rubber, and also adiponitrile. The acrylonitrile plant is planned to be established in Cilegon, Banten, in 2022 with a capacity of 40,000 tons / year. The raw material is ethylene cyanohydrin 99% (1% H₂O), the product is 99% acrylonitrile in the liquid phase. From the consideration of the highest operating conditions 280°C and a process pressure of 1.3 atm.

The manufacture of acrylonitrile is carried out through the dehydration process of ethylene cyanohydrin through three stages it is preparation stage of raw materials, product formation, and product purification. During the raw material preparation, ethylene cyanohydrin was evaporated and heated in a vaporizer. The feed result is flowed to the separator to be separated between of steam and liquid. The temperature of the feed from the separator flowed into heater to be adjusted to the operating conditions on the reactor. At the formation stage of the feed product is inserted into a fixed bed reactor, non isothermal, adiabatic with operating conditions of 250°C-350°C and pressure of 1.3 atm. The reaction takes place in the gas phase by using an alumina catalyst. In the product purification stage, the formed acrylonitrile solution is purified with a distillation column to obtain 99% acrylonitrile solution. Utilities needed include cooling water as much as 37.043 kg / hour, steam requirements as much as 20,927 kg /hour, water needs for sanitation and general consumption as much as 3.244 kg / hour, electricity needs of 29 kW from PLN and 50 kW from generator, diesel fuel needs 7,037 gal / year while fuel oil type 983 kg / hour.

From the results of the calculation of economic evaluation, the Rate of Return (ROI) is 9% after tax and 18% before tax. Pay Out Time (POT) is obtained for 5,2 years after tax and 3,5 years before tax. Break Even Point (BEP) of 52,74%, Shut Down Point (SDP) of 19,96%, and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 19%. Judging from the results of technical calculations and economic analysis results can be concluded that the acrylonitrile plant is feasible to be established.

Keywords : acrylonitrile, dehydration, ethylene cyanohydrin, utility.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang Pendirian Pabrik

Acrylonitrile merupakan cairan jernih yang memiliki dengan rumus C_3H_3N . *Acrylonitrile* juga sering disebut sebagai *acrylic acid nitrile*, *vinyl cyanide*, *propylen nitrile*, dan *propenoic acid nitrile* (Nexant, Inc., 2006). *Acrylonitrile* mempunyai fungsi penting dalam industri *Synthetic Fibers, Rubber, Plastics* dan lain sebagainya.

Berdasarkan data impor, kebutuhan *acrylonitrile* di Indonesia menunjukkan tergolong tinggi dan dapat diperoleh dengan cara impor dari beberapa negara, yaitu India, Cina, Amerika Serikat, dan Singapura. Oleh karena itu pendirian pabrik *acrylonitrile* layak didirikan di Indonesia. Selain dari itu beberapa pertimbangan perlunya pendirian pabrik *acrylonitrile* yaitu :

1. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.
2. Dapat menambah devisa negara dengan pengekspor *acrylonitrile* ke luar negeri.
3. Memperluas lapangan kerja.
4. Tumbuhnya industri-industri baru dalam skala kecil untuk pemasaran *acrylonitrile*.

1.2.1. Penentuan Kapasitas Perancangan

Acrylonitrile banyak digunakan sebagai bahan dasar dari industri yang berkembang di Indonesia. Banyaknya kebutuhan *acrylonitrile* di Indonesia mempengaruhi penentuan kapasitas. Kapasitas memiliki peran penting dalam perancangan pabrik, diantaranya penentuan kapasitas dapat mempengaruhi dalam perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pendiriannya.

Data impor *acrylonitrile* di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor *acrylonitrile*

| X | Tahun | Data Impor (ton) |
|----|-------|------------------|
| 1. | 2013 | 7188 |
| 2. | 2014 | 6776 |
| 3. | 2015 | 6055 |
| 4. | 2016 | 4905 |
| 5. | 2017 | 5241 |

(UN Comtrade, 2018)

Penentuan kapasitas pabrik harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Menurut *Encyclopedia of chemical processing and Design* Mc. Ketta 1954, kapasitas pabrik *acrylonitrile* akan memberikan keuntungan jika kapasitas minimum sebanyak 5.000 ton/tahun. Perkembangan jumlah produksi *acrylonitrile* global tahun 2012 dan perkembangan kapasitas pabrik *acrylonitrile* tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 1.2 dan Tabel 1.3.

Tabel 1.2. Data kapasitas global untuk produksi *acrylonitrile* tahun 2012

| No | Negara | Tahun 2012 (ton/tahun) |
|----|--------------------------------|------------------------|
| 1. | Amerika Utara | 1.658.388 |
| 2. | Amerika Selatan | 86.610 |
| 3. | Eropa Barat | 940.901 |
| 4. | Eropa Timur | 324.788 |
| 5. | Middle East And Africa | 208.652 |
| 6. | Asia Selatan dan Asia Tenggara | 39.368 |
| 7. | Asia Timur | 2.239.070 |
| 6. | Jepang | 763.744 |

(fibre2fashion,2016)

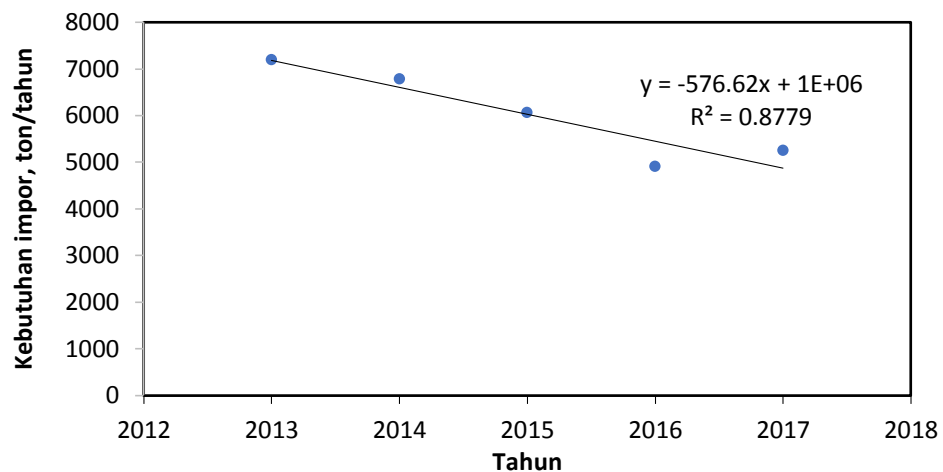
Tabel 1.3. Data kapasitas Pabrik di dunia tahun 2013

| Nama pabrik | Lokasi | Kapasitas (ton/tahun) |
|--|------------------------------|-----------------------|
| Acrilonitrila do Nordeste | Camacari, Brazil | 90.000 |
| Anqing Petrochemical | Anqing, China | 130.000 |
| Asahi Kasei | Kawasaki+Mizushima, Japan | 250.000 |
| Cytec Industries | Fortier, Louisiana, US | 227.000 |
| Daqing Refining & Chemical | Daqing, China | 80.000 |
| Dia-NitriX | Mizushima+Otake, Japan | 205.000 |
| Qilu Petrochemical | Zibo, China | 40.000 |
| DuPont | Beaumont, Texas, US | 185.000 |
| Formosa Plastics | Mailiao, Taiwan | 280.000 |
| Tong suh Petrochemical | South korea | 245.000 |
| INEOS | Cologne, Germany | 300.000 |
| | Green Lake, Texas, US | 460.000 |
| | Lima, Ohio, US | 200.000 |
| | Seal Sands, UK | 280.000 |
| | Tianjin, China | 260.000 |
| Sinopec Shanghai Gaoqiao Petrochemical | Pudong, China | 8.000 |
| Lukoil Neftochim | Burgas, Bulgaria | 28.000 |
| Shanghai Secco Petrochemical | Caojing, China | 260.000 |

(ICIS,2016)

Dari tabel 1.3 dapat diketahui bahwa kapasitas produksi minimum sebesar 8.000 ton per tahun dan maksimal 460.000 ton/tahun. Berkaitan dengan itu maka kapasitas pabrik yang akan didirikan dapat diperkirakan berdasarkan kebutuhan pemakaian, kapasitas produksi yang sudah berjalan, dan keingan jumlah yang diekspor. Untuk kapasitas pabrik yang akan dirancang diperkirakan :

Data *acrylonitrile* jika diproyeksikan dalam bentuk grafik, dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan impor Indonesia tahun 2013-2017

Dari Gambar 1.1 kebutuhan impor diatas diperoleh persamaan $y = -576,6157x + 1167913,542$. Maka dengan memproyeksikan x sebagai 5 tahun yang akan mendatang maka dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Kebutuhan *Acrylonitrile* Indonesia 5 tahun yang akan datang

| X | Tahun | Pprediksi Kebutuhan Impor <i>Acrylonitrile</i> (Ton/Tahun) |
|---|-------|--|
| 1 | 2018 | 4304 |
| 2 | 2019 | 3727 |
| 3 | 2020 | 3150 |
| 4 | 2021 | 2574 |
| 5 | 2022 | 1997 |
| 6 | 2023 | 1420 |

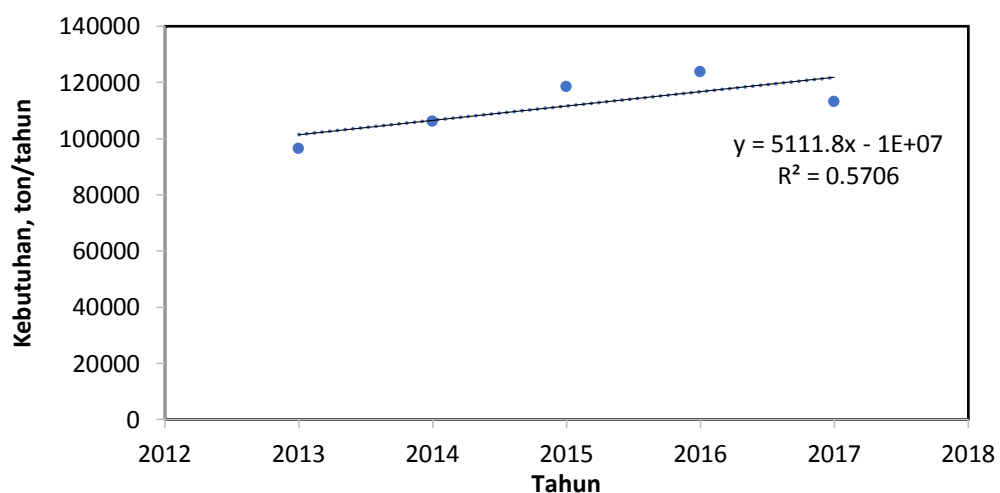
Dari Tabel 1.4 kebutuhan acrylonitrile Indonesia pada tahun 2023 sebesar 1419,9809 ton/tahun.

Tabel 1.5 Kebutuhan acrylonitrile di beberapa negara Asia

| Negara | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Malaysia | 87999 | 96885 | 99820 | 98509 | 95930 |
| Jepang | 8464 | 9280 | 18706 | 25287 | 17278 |
| Total | 96464 | 106165 | 118526 | 123795 | 113208 |

(UN Comtrade, 2018)

Jika data kebutuhan negara Jepang dan Malaysia diproyeksikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2.

Gambar 1.2 Kebutuhan *Acrylonitrile* negara Jepang dan Malaysia tahun 2013-

2018.

Dari grafik diatas diperoleh persamaan $y = 5111,8172x - 10188680,1$. Untuk tahun 2023 kebutuhan *acrylonitrile* dari kedua negara tersebut dapat diperkirakan sebesar

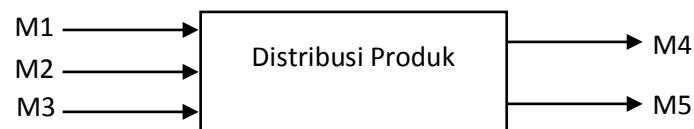
$$Y = 5111,8172 X - 10188680,1$$

$$Y = (5111,8172 X 2023) - 10188680,1$$

$$Y = 152526,1056 \text{ ton/tahun}$$

Dengan perkiraan tersebut jumlah impor di Malaysia dan Jepang pada tahun 2023 akan mencapai 152526,1056 ton/tahun.

Maka untuk memenuhi kebutuhan Indonesia dan beberapa negara Asia dapat dihitung :



M1 = Kebutuhan impor di indonesia

M2 = Kapasitas produksi di indonesia

M3 = Kapasitas pabrik yang akan di bangun

M4 = Kebutuhan ekspor negara lain

M5 = Konsumsi dalam negeri

$$M3 = M4 + M5 - M1 - M2$$

$$M3 = ((25\% \cdot 152526,1056) + 1419,9809 - 0 - 0) \text{ ton/tahun}$$

$$M3 = 39.551,5073 \text{ ton/tahun}$$

Untuk memenuhi kebutuhan Indonesia dan 25% kebutuhan negara di Asia diperoleh kapasitas pabrik yang akan dibuat adalah 40.000 ton/tahun. Kapasitas dapat diharapkan memenuhi kebutuhan dalam negeri dan diekspor ke luar negeri.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. *Acrylonitrile*

Acrylonitrile adalah sebuah senyawa organik dengan rumus kimia C_3H_3N . Senyawa ini adalah cairan tidak berwarna yang mudah menguap, meskipun sampel komersial dapat menjadi kuning karena kotoran. Selain itu, *acrylonitrile* dari segi struktur molekul terdiri dari gugus vinil yang terikat dengan sebuah nitril. *Acrylonitrile* dapat larut dengan sebagian pelarut organik, termasuk *acetone*, *benzena*, *eter*, *etanol*, *etil asetat*, *sianohidrin etilen*, *metanol*, *toluene*, dan beberapa *kerosene*. Penggunaan *acrylonitrile* sebagai bahan utama dalam serat akrilik yang digunakan untuk membuat pakaian, casing mobil dan makanan serta peralatan olahraga ini dikembangkan pada tahun 1950 oleh ilmuwan dan insinyur di *Standard Oil of Ohio* (Sohio).

1.2.2. *Ethylene Cyanohydrin*

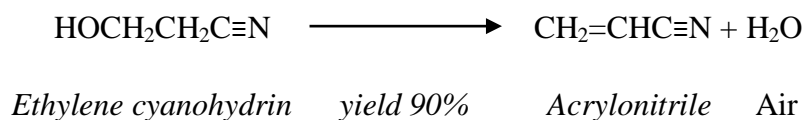
Pembuatan *ethylene cyanohydrin* dapat dibuat dengan memanaskan campuran *ethylene oxide* (C_2H_4O) dan *hydrogen cyanide* (HCN) pada suhu 50-60°C. *Ethylene cyanohydrin* sebagai bahan baku dari pembuatan *acrylonitrile* dapat diperoleh dari Kanto Chemical co., inc yang berada di Taiwan dengan kapasitas produksi sebesar 120.000 ton/tahun.

1.2.3. Macam-macam Proses Pembuatan *Acrylonitrile*

Pada tahun 1893 *acrylonitrile* pertama kali disintesis oleh Charles Moureu, dan *acrylonitrile* dikomersialkan oleh Sohio pada akhir tahun 1950. Dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan pembuatan *acrylonitrile* dapat dilakukan dengan berbagai macam proses, yaitu *dehidrasi ethylene cyanohydrin*, *amoxidation propylene*, *acetylene* dan *hydroen cyanide*, *propylene* dan *nitric oxide*.

1.2.4.1. *Dehidrasi Ethylene Cyanohydrin*

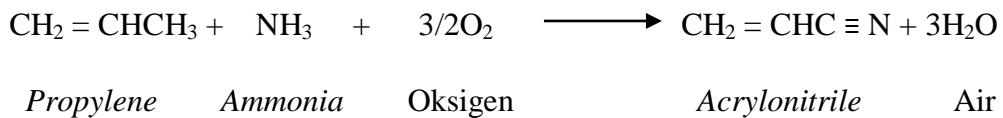
Pada proses *dehidrasi ethylene cyanohydrin* dapat terjadi reaksi sebagai berikut :



Proses pembuatan ini dapat dilakukan dengan beberapa fase, yaitu fase cair dengan katalis cair, fase cair dengan katalis padat, fase gas dengan katalis padat. Kondisi operasi proses *dehidrasi ethylene cyanohydrin* dapat dilakukan pada tekanan atmosferis dengan suhu 250-350°C. Katalis yang digunakan berupa alumina yang berfungsi untuk mempercepat reaksi yang berlangsung. Produk keluaran berupa *acrylonitrile* dan air serta *ethylene cyanohydrin* yang tidak bereaksi. Pemurnian *acrylonitrile* diperlukan untuk mendapatkan hasil kemurnian sebesar 99% dan 1% air.

1.2.4.2. Amoksidasi Propilen

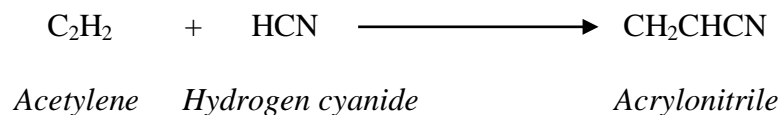
Metode amoksidasi propilen merupakan salah satu metode yang dikenal juga dengan nama SOHIO proses. Reaksi utama yang terjadi pada metode ini adalah :



Bahan baku yang digunakan untuk proses ini berupa propena, amoniak, dan udara. Reaksi dapat berlangsung dalam reaktor fluidized-bed pada suhu 400 - 500°C dan tekanan 5-30 psig dengan bantuan katalis *bismuth-molybdenum oxide*. Pada proses ini diperoleh konversi reaksi 63%, namun menghasilkan banyak reaksi samping sehingga diperlukan unit pemisah yang lebih banyak dan kompleks.

1.2.4.3. Acetylene dan Hydrogen Cyanide

Pada proses ini reaksi akan terbentuk ketika terjadi penambahan langsung *hydrogen cyanide* ke dalam reaktor yang sudah berisi *acetylene* dengan katalis CuCl₂. Dengan menggunakan kondisi operasi pada suhu 70°C dan tekanan atmosferis akan diperoleh reaksi sebagai berikut :



Perbandingan mol bahan baku antara *acetylene* dan *hydrogen cyanide* sebesar 10:1 sehingga diperoleh yield 80%. Produk keluaran dari reaktor mengandung *acrylonitrile*, *acetylene* yang tidak bereaksi, HCN, dan sejumlah kecil produk lainnya seperti *vinyl acetylene*, *divinyl chloride*, *acetaldehyde*.

Tabel 1.6. Perbandingan Proses *Dehidrasi Ethylene Cyanohydrin*, Proses Amoksidasi Propilen, dan Proses Acetylene dan Hydrogen Cyanide.

| Pembanding | Proses <i>Dehidrasi Ethylen Cyanohydrin</i> | Proses Amoksidasi Propilen | Proses <i>Acetylene dan Hydrogen Cyanide</i> |
|------------------------|---|--|---|
| Kebutuhan bahan baku | <i>Ethylene cyanohydrin</i> : impor | <i>Ammonia</i> : mudah diperoleh di pasar domestik Propilen : mudah diperoleh di pasar domestik namun harga relatif naik tiap tahun | <i>Acetylene</i> : mudah diperoleh di pasar domestik <i>Hydrogen cyanide</i> : impor |
| Katalis | Alumina | <i>bismuth-molybdenum oxide</i> | <i>Cuprous chloride</i> (CuCl ₂) |
| Kondisi Operasi | Suhu = 250 - 350°C Tekanan = atmosferis | Suhu = 400-500°C Tekanan = 5-30 psig | Suhu = 70°C Tekanan= atmosferis |
| Yield | 90% | 80% | 77% |
| Penyimpanan bahan baku | Tidak perlu penanganan khusus | Perlu serangkaian sistem refrigerasi | Perlu penanganan khusus |
| Produk samping | - | <i>Acetonitrile, acroleine, HCN, Succinic Nitrile,</i> dan uap air | <i>Vinyl acetylene, divinyl acetylene, acetaldehyde,</i> dan lain-lain |
| Proses pemurnian | Sederhana | Lebih banyak dan rumit karena banyaknya produk samping | Lebih banyak dan rumit karena banyaknya produk samping |

Berdasarkan pertimbangan dari aspek kerumitan proses, kemudahan bahan baku, dan kondisi operasi, maka untuk perancangan pabrik dipilih dengan metode *dehidrasi ethylene cyanohydrin* dengan menggunakan katalisator alumina.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk

2.2.1. Spesifikasi Bahan Baku

Ethylene Cyanohydrin

a. Sifat Fisis

- Rumus Kimia : C_3H_5NO
- Berat Molekul : 71,08 g/gmol
- Titik didih normal : 228°C
- Titik beku, 1 atm : -46,2°C
- Berat jenis, 20°C : 1,059 kg/L
- Kelarutan : dapat larut dalam air, *acetone, etil etil keton, etanol*, dan tidak larut dalam *benzene, carbon disulfite, dan carbon tetra chloride*
- Viskositas, 25°C : 0,56 cP
- Kelarutan dalam air, 20°C : 10 g/100 mL
- Temperatur kritis (Tc) : 417°C
- Tekanan kritis (Pc) : 48,9 bar
- Specific gravity : 1,04
- Kemurnian : min 99,9% berat

- Impuritas : max 0,1% berat H₂O
- ΔH^{°f} : -98.300 J/mol
- ΔG^{°f} : -34.400 J/mol

(Perry, 1997 ; Kirk dan Othmer, 1991)

b. Sifat Kimia

Hidrolisis *Ethylene Cyanohidrin* membentuk asam akrilat. *Ethylene Cyanohidrin* bukan merupakan senyawa korosif akan tetapi merupakan senyawa yang dapat menimbulkan bahaya berupa iritasi pada mata dan kulit apabila berkontak secara langsung atau disebut bersifat karsinogenik.

Ethylene Cyanohidrin dapat larut dalam air, aseton, etil metil ketone, etanol, dan benzene tidak dapat larut dalam karbon disulfide, dan karbon tetraklorida. *Ethylene Cyanohidrin* dapat juga dihasilkan oleh reaksi *ethylene cyanohidrin* dan sianida alkali dengan katalis asam sulfat mengandung air.



(Kirk dan Othmer, 1991 ; Material Safety Data Sheet, 2012)

2.2.2. Spesifikasi Bahan Pembantu

Aluminium Oksida (Alumina)

a. Sifat Fisis

- Rumus Kimia : Al_2O_3
- Bentuk fisis : Zat padat putih sangat higroskopik
- Berat Molekul : 101,96 g/gmol
- Densitas bulk : 1200-1500 kg/m^3
- Specific gravity : 3,99
- Ukuran (diameter) : $\frac{1}{4}$. $\frac{3}{8}$. $\frac{1}{2}$. $\frac{3}{4}$. in
- Titik didih : 2277 °C
- Titik leleh : 2040 °C
- Temperatur kritis (Tc) : 5062 °C
- Tekanan kritis (Pc) : 1953 bar
- Berat jenis : 3,95-4,1 gr/cm^3
- Umu katalis : 1,5 tahun

(Perry, 1997 ; Kirk dan Othmer, 1991)

b. Sifat-sifat Kimia

Aluminium oksida (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen dengan rumus kimia Al_2O_3 merupakan isolator listrik tetapi memiliki konduktivitas termal yang relatif tinggi untuk bahan keramik. Mempunyai tatanan terkemas rapat ion-ion oksida tetapi berbeda dalam tatanan kation-kationnya

Alumina berfungsi sebagai pendukung katalis untuk katalis industri, seperti yang digunakan dalam hidrodessulfurisasi dan beberapa polimerisasi Ziegler-Natta. Zeolit dihasilkan dari alumina. Menjadi cukup inert secara kimia dan putih, alumina sebagai pengisi yang lebih disukai untuk plastik.

Alasan pemilihan alumina sebagai katalis didasarkan beberapa hal :

1. Berumur panjang.
2. Harganya murah.
3. Mudah diregenerasi.
4. Tahan terhadap racun.
5. Memiliki tahanan fisik yang besar.

2.2.3. Spesifikasi Bahan Produk

Acrylonitrile

a. Sifat Fisis

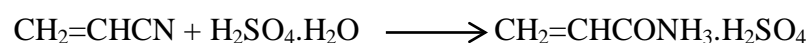
- Rumus Kimia : C_3H_3N
- Berat Molekul : 53,06 g/gmol
- Bentuk fisis : Cairan jernih berbau menyengat
- Titik didih 1 atm : 77,3 °C
- Titik Beku : -83,5 °C
- Kelarutan dalam air, 20 °C : 7,3 wt %
- Berat Jenis, 20 °C : 0,801 gr/cm³
- Densitas uap, dalam air : 1,8
- Volatilitas, 78 °C : 99%

- Tekanan uap : 11,5 kPa
- Viskositas : 0,34cp
- Temperatur kritis : 246 °C
- Tekanan kritis : 3,54 Mpa
- Volume kritis : 3,798 cm³/g
- ΔH^{°f} : 180.600 J/mol
- ΔG^{°f} : 191.100 J/mol

(Kirk dan Othmer, 1991 ; Yaws, 1999)

b. Sifat-sifat Kimia

Acrylonitrile merupakan senyawa tidak jenuh yang mempunyai ikatan rangkap karbon-karbon dengan golongan *nitrile* yang mana merupakan bahan kimia pembuatan polimer dan merupakan molekul polar karena adanya nitrogen heteroatom. *Acrylonitrile* juga sering disebut sebagai *acrylic acid nitrile*, *vinyl cyanide* dan *propionic acid nitrile*. *Acrylonitrile* mempunyai fungsi yang sangat penting dalam dunia industri diantaranya sebagai bahan kimia dalam pembuatan polimer seperti *acrylic fibers*, *thermoplastics*, *adiponitrile* maupun karet sintetik. Salah satu penggunaan yang paling besar adalah untuk produksi *nitrile rubbers* *Acrylonitrile* dapat bereaksi dengan asam sulfat encer untuk membentuk acrylonitrile sulfat.



(Kirk & Othmer, 1983).

Air

a. Sifat Fisis :

- Rumus Kimia : H_2O
- Berat Molekul : 18,02 g/gmol
- Bentuk fisis : Cairan jernih tak berwarna
- Titik didih 1 atm : 100 °C
- Titik Beku : 0 °C
- Berat Jenis : 0,999 kg/liter
- Densitas (dalam 20°C) : 0,998 g/ml
- Viskositas (dalam 25°C) : 894,9 cp
- Tekanan uap :
 - 20°C : 17,54 mmHg
 - 30°C : 31,82 mmHg
 - 50°C : 92,51 mmHg
 - 90°C : 525,80 mmHg
- Temperatur kritis (T_c) : 374,15°C
- Tekanan kritis (P_c) : 281,4 atm
- $\Delta H^{\circ}f$: -241.800 J/mol
- $\Delta G^{\circ}f$: -228.600 J/mol

b. Sifat-sifat Kimia

Air adalah zat kimia yang terdiri dari dua atom hidrogen dan satu oksigen. Atom-atom hidrogen tertarik pada satu sisi atom oksigen, menghasilkan molekul air yang mempunyai muatan positif pada atom hidrogen dan muatan negatif pada atom oksigen. Karena muatan yang berlawanan tersebut di dalam molekul air saling tarik menarik dan membuatnya menjadi lengket. Sisi positif dari suatu molekul air tertarik pada sisi negatif dari molekul yang lain. Air bersifat polar karena adanya perbedaan muatan, sebagai pelarut yang baik karena kepolarannya dan memiliki pH netral ($\text{pH} = 7$).

2.2. Pengendalian Kualitas

Pengendalian Kualitas (*Quality control*) pada pabrik *acrylonitrile* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku perlu dilakukan supaya spesifikasi bahan baku yang diperoleh sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang sudah ditentukan dalam proses produksi. Maka dari itu, sebelum bahan baku digunakan dalam proses produksi, bahan baku terlebih dahulu diambil sampelnya untuk di uji kebaian laboratorium. Bahan baku yang dapat digunakan dalam proses produksi adalah bahan baku yang sudah lolos dalam pengujian kelayakan di laboratorium.

Pengendalian kualitas pada bahan baku *ethylene cyanohydrin* ada pada kadar impuritasnya, dimana menurut data Kanto Chemical co.Inc pabrik penghasil

ethylene cyanohydrin, komposisi *ethylene cyanohydrin* yang diproduksi meliputi 97% *ethylene cyanohydrin* dan 3% H₂O.

2.2.2. Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas pada proses bertujuan agar aliran produk setiap alat proses dapat sesuai dengan nilai yang sudah ditentukan sehingga terbentuk produk yang diinginkan. Pengendalian kualitas proses produksi dilakukan menggunakan alat pengendali didalam *control room* dimana terdapat *controller* yang tersambung dengan sensor tertentu yang terpasang pada tiap alat proses sehingga memudahkan dalam pengendalian sistem setiap tahapan proses produksi. Adapun pengendalian kualitas dalam proses meliputi macam alat dan aliran sistem kontrol sebagai berikut :

1. Level control pada tangki umpan setinggi 24 ft, yang memiliki fungsi menjaga ketinggian fluida dalam tangki agar ketersediaan fluida tidak terlalu sedikit atau terlalu penuh.
2. Temperatur control pada vaporizer, heater, reboiler, dan menara distilasi 2 sebanyak 291,2833°C. Suhu steam yang masuk harus dijaga karena untuk mempercepat perpindahan panas, jika tidak adanya temperatur control bisa menyebabkan ketentuan suhu produk tidak tercapai.
3. Temperature control pada cooler satu dan cooler dua untuk suhu pendingin masuk sebesar 30°C dan keluar sebesar 50°C. Suhu air pendingin harus di control agar suhu air pendingin sesuai dengan kriteria serta mempercepat pendinginan pada aliran produk.

4. Pressure control pada reaktor sebanyak 1,3 atm. Tekanan pada reaktor harus dijaga untuk mempercepat reaksi yang berlangsung pada reaktor, jika tidak terdapat pressure control maka dapat menyebabkan kemurnian produk tidak tercapai.

2.2.3. Pengendalian Kualitas Produk

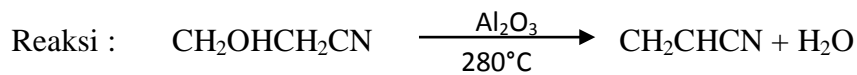
Pengendalian kualitas produk dilakukan untuk memperoleh mutu produk yang sesuai standar MSDS (*Material Safety Data Sheet*). Pengujian mutu terdiri dari uji spesifikasi yang meliputi : kemurnian, kadar impuritas air 0,2-0,5 wt%, viskositas, densitas, *specific gravity* dan sebagainya. Pengujian dilakukan setiap 1 jam sekali dengan menggunakan metode sampel.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Dasar Reaksi

Proses pembuatan *acrylonitrile* dari *ethylene cyanohydrin* secara komersial dibuat dengan *dehidrasi* fasa gas dengan bantuan katalis padat Aluminium Oksida (Alumina). Adapun reaksi :



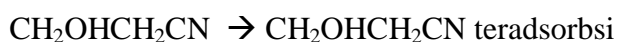
Reaksi *dehidrasi* berlangsung pada temperatur 250 – 320°C dan tekanan 1,3 atm dalam reaktor *fixed bed*, reaksi ini merupakan reaksi endotermis dengan kondisi operasi *non isothermal* dan *adiabatic*.

Ethylene Cyanohydrin diuapkan dan direaksikan dengan bantuan katalis Alumina (Al₂O₃) pada tekanan atmosfer dan temperature 280°C pada suhu tersebut kondisi reaktan adalah fasa gas, maka digunakan reaktor *fixed bed*. Pada reaksi ini digunakan bahan baku *Ethylene Cyanohydrin* dengan kadar min 99% yang diproduksi dari pabrik-pabrik yang terdapat di Indonesia.

3.2. Mekanisme Reaksi

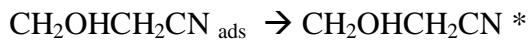
Mekanisme reaksi dapat diterangkan dengan persamaan sebagai berikut :

3.2.1. Penyerapan fluida oleh padatan



Pada tahap ini dibutuhkan tekanan yang tinggi dan temperatur yang rendah

3.2.2. Aktivitas zat teradsorpsi



Pada tahap ini diperlukan suhu yang tinggi

3.2.3. Reaksi pada katalis



Pada tahap ini diperlukan temperatur yang tinggi

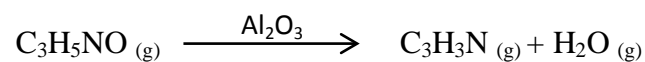
3.2.4. Desorpsi dari zat hasil



Pada tahap ini diperlukan temperatur yang tinggi dan tekanan yang rendah.

3.3. Kondisi Operasi

Pada prarancangan pabrik pembuatan *acrylonitrile*, dipilih pembuatan secara komersial dengan proses *dehidrasi ethylene cyanohydrin* dalam fase gas. Bahan baku yang sebelumnya telah diberikan perlakuan awal dan disesuaikan kondisi operasinya dialirkan ke dalam reaktor. Reaksi yang terjadi adalah



Reaksi *dehidrasi* ini berlangsung pada suhu 250 – 350°C dan tekanan 1,3 atm dengan bantuan katalis alumina. Pada suhu tersebut kondisi reaktan adalah fasa gas maka digunakan reaktor jenis *fixed bed*.

3.3.1. Tinjauan Kinetika

Menurut National Institute of Standards and Technology (NIST), reaksi *dehidrasi* ethylene cyanohydrin termasuk reaksi orde 1. Dari segi kinetika, kecepatan reaksi *dehidrasi* ethylene cyanohydrin akan bertambah cepat dengan naiknya temperatur. Berdasarkan persamaan :

$$(-r_A) = k (P_A)$$

(Leidler, 1980)

Dimana :

k = konstanta kinetika reaksi pembentukan Acrylonitrile

P_A = tekanan keluar C_3H_5ON reaktor

Harga konstanta kecepatan reaksi (k)

$$\log k = 14,29 - \frac{234,9}{2,303 RT}$$

(*Journal of physical organic chemistry*, 1999)

R = konstanta gas ($0,08206 \text{ atm.m}^3/\text{kmol K}$)

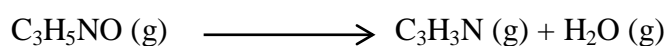
T = temperatur operasi (K) = $250^\circ\text{C} - 350^\circ\text{C}$

Kecepatan reaksi tidak hanya dipengaruhi oleh suhu, besarnya energi aktivasi juga berpengaruh, adanya katalis dapat menurunkan energi aktivasi yang dibutuhkan dalam reaksi. Dengan turunnya energi aktivasi, maka dapat menaikkan kecepatan

3.3.2. Tinjauan Thermodinamika

Reaksi pembuatan *acrylonitrile* merupakan reaksi endotermis, hal ini dapat ditinjau dari ΔH reaksi (298,15 K) di bawah ini :

Reaksi yang terjadi :



Tabel 3.1 Komponen energi entalpi dan energi Gibbs

| Komponen | ΔH°_f (Joule/mol) |
|------------|----------------------------------|
| C_3H_5NO | -98.300 |
| C_3H_3N | 180.600 |
| H_2O | -241.800 |

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_r &= \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\
 &= (180.600 + (-241.800)) - (-98.300) \text{ Joule/mol} \\
 &= -61.200 - (-98.300) \text{ Joule/mol} \\
 &= 37.100 \text{ Joule/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, terlihat bahwa ΔH°_r bernilai 37.100 Joule/mol sehingga reaksi pembuatan *acrylonitrile* bersifat endotermis.

3.4. Langkah Proses

Proses *dehidrasi ethylene cyanohydrin* menjadi *acrylonitrile* terdiri atas tiga tahap, yaitu:

- 1) Tahap Pemurnian Umpan
- 2) Seksi *Dehidrasi*
- 3) Seksi Pemurnian Hasil

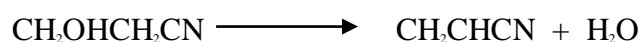
3.4.1. Tahap Pemurnian Umpan

Pada tahap ini, *ethylene cyanohydrin* sebagai bahan baku tersedia dalam bentuk cair dan mempunyai kemurnian 99% dengan H_2O sebagai impurities. Umpan *ethylene cyanohydrin* dari Tangki Penyimpanan (T-01) dipompa dengan menggunakan Pompa (P-02) menuju ke Vaporizer (VP-01). Sebelum masuk vaporizer, umpan segar dicampur dengan *ethylene cyanohydrin* recycle yang berasal dari Separator (SP-01).

Didalam Vaporizer (V-01), *ethylene cyanohydrin* dipanaskan dan diuapkan setelah itu dipanaskan kembali dengan Heat Exchanger (HE-01) sampai suhu dididih cairnya 280°C dengan menggunakan steam. Campuran uap dan cairan hasil dari Vaporizer (VP-01) masuk ke Separator direcycle ke Vaporizer (VP-01) dan uap dari Separator masuk kedalam Reaktor (R-01).

3.4.2. Tahap *Dehidrasi*

Ethylene cyanohydrin dalam fase uap pada suhu 280°C dialirkan ke Reaktor (R-01) dimana *ethylene cyanohydrin* akan mengalami reaksi *dehidrasi* menjadi *acrylonitrile* dan air melalui persamaan reaksi:



Hasil reaksi yang berupa *acrylonitrile*, air dan impurities lain kemudian dimasukan kedalam kondensor (CD-01) untuk diembunkan sebelum dimasukan kedalam Menara Distilasi (MD-01).

3.4.3. Tahap Pemurnian Hasil

Produk *acrylonitrile* yang sudah diembunkan dalam Kondensor (CD-01) dimasukan kedalam Menara Distilasi (MD-01) untuk dipisahkan berdasarkan titik didihnya sehingga diperoleh produk yang diinginkan. Hasil atas Menara Distilasi (MD-01) yang berupa *acrylonitrile*, air, dan *ethylene cyanohydrine* kemudian diembunkan dalam Condenser (CD-02) lalu produk dipompa dengan menggunakan Pompa (P-03) sebagian dimasukan ke puncak menara sebagai recycle dan sebagian dimasukan ke Cooler (CL-01).

Produk *acrylonitrile* yang masuk Cooler (CL-01), kemudian didinginkan dengan air pendingin sampai suhu ruangan. Dari pendingin (CL-01) produk yang

sudah mempunyai kemurnian 99% disimpan dalam tangki penyimpanan produk (T-02) dan siap untuk dipasarkan.

Hasil bawah Menara Distilasi (MD-01) yang berupa *acrylonitrile*, air, dan *ethylene cyanohydrine* dimasukan kedalam Reboiler (RB-01), uap yang keluar dari reboiler direcycle kembali ke Menara Distilasi (MD-01) sedangkan cairannya dipompa dengan Pompa (P-05) sebagai umpan Menara Distilasi (MD-02). Hasil atas Menara Distilasi (MD-02) yang berupa *acrylonitrile*, air, dan *ethylene cyanohydrine* kemudian diembunkan dalam Condenser (CD-03) sebelum dibuang sebagai limbah cair.

Hasil bawah Menara Distilasi ke-2 (MD-02) berupa cairan dipompa dengan pompa (P-07) untuk dicampur dengan umpan segar ethylene cyanohydrin dari (TP-01) untuk dipanaskan dalam Vaporizer (VP-01) kembali.

3.5. Peralatan Proses

3.5.1. Tangki Penyimpanan *Ethylene Cyanohydrin*

- Fungsi : Menyimpan bahan baku *ethylne cyanohydrin* dengan volume cairan sebesar 2585,4256 m³
- Kode : TP-01
- Kondisi Operasi : T = 30 °C ; P = 1 atm
- Bahan : *Carbon Stell SA-283 Grade C*
- Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas datar (*flat bottom*) dengan atap berbentuk *torispherical*

- Waktu penyimpanan : 15 hari
- Volume tangki : 2585,4256 m³
- Dimensi tangki :
 - Diameter : 21,3360 m
 - Tinggi : 7,3152 m
 - Jumlah plate : 4
- Tebal *Shell* :

Tabel 3.2. Tebal *shell* tangki-01

| Tinggi, ft | Tebal <i>shell</i> hitung | Tebal <i>shell</i> standar |
|------------|---------------------------|----------------------------|
| 18-24 | 0,5539 | 1/2 |
| 12-18 | 0,4420 | 1/2 |
| 6-12 | 0,3301 | 1/4 |
| 0-6 | 0,2182 | 3/16 |

- Tinggi atap : 3,7379 m
- Harga : \$ 390.800

3.5.2. Tangki Penyimpanan Acrylonitrile

- Fungsi : Untuk menyimpan produk *acrylonitrile* cair yang keluar dari hasil atas Menara Destilasi-01
- Kode : TP-02
- Kondisi : T = 30 °C ; P = 1 atm
- Bahan : *Stainless Steel ASI 304*
- Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas datar (*flat bottom*) dengan atap berbentuk *torispherical*
- Waktu penyimpanan : 15 hari

- Volume tangki : 1936,4383 m³
- Dimensi tangki :
 - Diameter : 21,336 m
 - Tinggi : 5,4864 m
 - Jumlah *course* : 3 buah
- Tebal Shell :

Tabel 3.3. Tebal *shell* tangki-02

| Tinggi, ft | Tebal <i>shell</i> hitung | Tebal <i>shell</i> standar |
|------------|---------------------------|----------------------------|
| 12-18 | 0,4170 | 3/16 |
| 6-12 | 0,3051 | 1/4 |
| 0-6 | 0,1932 | 3/8 |

- Tinggi atap : 3,7373 m
- Harga : \$ 604.738,82

3.5.3. Heater

- Fungsi : Memanaskan bahan baku *ethylene cyanohydrin* sebelum masuk reaktor
- Kode : HE-01
- Luas transfer panas : 294,4963 ft²
- Tipe : *Shell and Tube exchanger*
- Spesifikasi *Tube* :
 - Fluida : Acrylonitrile (cold fluid)
 - OD : 3/4 in
 - ID Tube : 0.532 in

- BWG : 12
- Susunan : Triangular Pitch, 15/16 in
- Jumlah Tube : 98 Tube
- Passes : 2
- Panjang Tube : 16 ft
- Surface per lin ft : 0,1963 ft²
- Pressure Drop : 0,0080 psia
- Spesifikasi *Shell* :
 - Fluida : *Steam (hot fluid)*
 - IDs* : 12 in
 - Baffle Spacing* : 9 in
 - Passes* : 1
 - Pressure Drop* : 0,0003 psia
- Harga : \$ 21.586,15

3.5.4. Vaporizer

- Fungsi : Menguapkan *ethylene cyanohydrin* sebagai umpan reaktor.
- Kode : VP-01
- Luas transfer panas : 755,1651 ft²
- Tipe : *Shell and Tube condensor*
- Spesifikasi *Tube* :
 - Fluida : *Ethylene Cyanohydrin (cold)*
 - OD : 3/4 in

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| ID Tube | : 0,62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Triangular Pitch</i> , 1 in |
| Jumlah Tube | : 241 tube |
| Passes | : 2 |
| Panjang Tube | : 16 ft |
| Surface per lin ft | : 0,1963 ft ² |
| Pressure drop | : 0,0026 psia |
| • Spesifikasi Shell | : |
| Fluida | : <i>Steam (hot fluid)</i> |
| IDs | : 23 1/4 in |
| BaffleSpacing | : 17,4375 in |
| Passes | : 1 |
| Pressure Drop | : 0,0317 psia |
| Rd min | : 0,001 jam.ft ² .°F/Btu |
| Rd available | : 0,0325 jam.ft ² .°F/Btu |
| • Harga | : \$ 39.700 |

3.5.5. Separator

- Fungsi : Memisahkan uap berupa *campuran ethylene cyanohydrin* sebelum masuk reaktor
- Kode : SP-01
- Kondisi operasi : P = 1,3 atm ; T = 230,714 °C
- Bentuk : *Vertikal Separator Single Stage*

- Bahan : *Carbon Steel SA 285 Grade C*
- Volume separator : 0,2240 m³
- Diameter separator : 0,4572 m
- Tinggi separator : 1,8040 m
- Tebal *Shell* : 3/16 in
- Harga : \$ 18.522,42

3.5.6. Reaktor

- Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi dehidrasi *ethylene cyanohydrin* menjadi *acrylonitrile* dan air dalam fase gas dengan bantuan katalisator padat (Alumina).
- Kode : R-01
- Proses : Endotermis
- Konversi : 90%
- Kondisi operasi : adiabatik – nonisothermal
- Suhu reaksi
 - Gas masuk : 280 °C
 - Gas keluar : 270,0276°C
- Tekanan
 - Gas masuk : 1,3 atm
 - Gas keluar : 1,3004 atm
- Spesifikasi :
 - Jenis reaktor : *Fixedbed Single Tube*

- Bahan : *Stainless steel SA 283 Grade C*
- Tinggi Reaktor : 6,5268 m
- Volume Reaktor : 6,2257 m³
- Dimensi *shell* :
 - Bentuk : *Torisherical shell*
 - Tebal *shell* : 3/16 in
 - Tinggi *shell* : 1,1615 m
 - *Shell Tube*
 - Tebal Dinding *shell* : 1/14 in
 - Diameter : 1,1488 m
 - Tebal *shell* : 3/16 in
 - Tebal dinding *tube* : 3/16 cm
 - Tinggi reaktor : 6,5268 m
 - Harga : \$ 117.300

3.5.7. Kondensor-01

- Fungsi : Mengembunkan gas yang keluar dari Reaktor sebelum masuk ke Menara Distilasi-01
- Kode : CD-01
- Luas transfer panas : 703,5392 ft²
- Tipe : *Shell and Tube exchanger*
- Spesifikasi *Tube* :
- Fluida : *Acrylonitrile (hot fluid)*

- OD : 1 in
- ID *tube* : 0,62 in
- BWG : 16
- Susunan : *Triangular Pitch*, 1 in
- Jumlah *Tube* : 86 *Tube*
- Passes* : 2
- Panjang Tube* : 12 ft
- Surface per lin ft* : 0,2618 ft²
- Pressure Drop* : 0,0093 psia
- Spesifikasi *Shell* :
 - Fluida : Air (*cold fluid*)
 - IDs* : 15 1/4 in
 - BaffleSpacing* : 15 1/4 in
 - Passes* : 2
 - Pressure Drop* : 0,4424 psi
- Rd min : 0,0005 jam.ft².°F/Btu
- Rd available : 0,0114 jam.ft².°F/Btu
- Harga : \$ 55.073,84

3.5.8. Cooler-01

- Fungsi : Mendinginkan produk keluaran Menara Distilasi-01
- Kode : CL-01
- Luas transfer panas : 702,0828 ft²

- Tipe : *Shell and Tube exchanger*
- Spesifikasi *Tube* :
 - Fluida : *Acrylonitrile (hot fluid)*
 - OD : 1 in
 - ID *tube* : 0,87 in
 - BWG : 16
 - Susunan : *Triangular Pitch, 1 in*
 - Jumlah *Tube* : 188 *Tube*
 - Passes* : 2
 - Panjang Tube* : 16 ft
 - Surface per lin ft* : 0,2618 ft²
 - Pressure Drop* : 0,0243 psia
- Spesifikasi *Shell* :
 - Fluida : *Air (cold fluid)*
 - IDs* : 21 1/4 in
 - Baffle Spacing* : 21 1/4 in
 - Passes* : 2
 - Pressure Drop* : 0,0009 psi
 - Rd min : 0,0005 jam.ft².°F/Btu
 - Rd available : 0,0052 jam.ft².°F/Btu
- Harga : \$ 55.073,84

3.5.9. Menara Distilasi-01

- Fungsi : Memisahkan *acrylonitrile* dari *ethylene cyanohydrin* dan air
- Kode : MD-01
- Jenis Menara : *Plate tower* dengan *sieve tray*
- Kondisi Umpan : $T = 118,864^{\circ}\text{C}$; $P = 2,355 \text{ atm}$
- Puncak Menara : $T = 105,35^{\circ}\text{C}$; $P = 2,18 \text{ atm}$
- Dasar Menara : $T = 131,41^{\circ}\text{C}$; $P = 2,52 \text{ atm}$
- Dimensi Menara :
 - Diameter Menara :
 - *enriching* : 9,9955 m
 - *stripping* : 7,9102 m
- Tinggi Menara : 14,5449 m
- Tebal *Shell* :
 - *enriching* : 0,0098 m
 - *stripping* : 0,0084 m
- Tebal *head* : 0,0154 m
- Jumlah Plate : 26 *plate*
- Harga : \$ 113.298,10

3.5.10. Menara Distilasi 2

- Fungsi : Memisahkan *acrylonitrile* dari *ethylene cyanohydrin* dan air

- Kode : MD-02
- Jenis Menara : *Plate tower* dengan *sieve tray*
- Kondisi Umpan : $T = 127,895^{\circ}\text{C}$; $P = 2,274$ atm
- Puncak Menara : $T = 123,3^{\circ}\text{C}$; $P = 2,18$ atm
- Dasar Menara : $T = 215,69^{\circ}\text{C}$; $P = 2,52$ atm
- Dimensi Menara :
- Diameter Menara :
 - *enriching* : 0,2315 m
 - *stripping* : 0,4044 m
- Tinggi Menara : 6,9360 m
- Tebal *Shell* :
 - *enriching* : 0,0035 m
 - *stripping* : 0,0037 m
- Tebal *Shell* : 0,0039 m
- Jumlah Plate : 14 *plate*
- Harga : \$ 31.854,15

3.5.11. Kondensor-02

- Fungsi : Mengembunkan uap yang keluar dari Menara Distilasi-01.
- Kode : CD-02
- Luas transfer panas : 427,1488 ft²
- Tipe : *Shell and Tube condensor*
- Spesifikasi *tube* :
 - Fluida : *Acrylonitrile (hot fluid)*
 - OD : 1 1/4 in
 - ID *Tube* : 0,62 in
 - BWG : 16
 - Susunan : *Triangular Pitch, 1 in*
 - Jumlah *Tube* : 305 *Tube*
 - Passes* : 2
 - Panjang *Tube* : 16 ft
 - Surface per lin ft* : 0,1963 ft²
 - Pressure Drop : 0,0167 psia
- Spesifikasi *Shell* :
 - Fluida : *Air (hot fluid)*
 - IDs : 33 in
 - BaffleSpacing* : 24 3/4 in
 - Passes* : 1
 - Pressure Drop : 0,1172 psia

- Rd min : 0,0005 jam.ft².°F/Btu
- Rd available : 0,0021jam.ft² .°F/Btu
- Harga : \$ 56.123,98

3.5.12. Kondensor-03

- Fungsi : Mengembunkan uap hasil atas dari Menara Distilasi-02.
- Kode : CD-03
- Luas transfer panas : 332,9248 ft²
- Tipe : *Shell and Tube condensor*
- Spesifikasi *tube* :
 - Fluida : *Acrylonitrile (hot fluid)*
 - OD : 3/4 in
 - ID *Tube* : 0,62 in
 - BWG : 16
 - Susunan : *Triangular Pitch, 1 in*
 - Jumlah *Tube* : 138 *Tube*
 - Passes* : 2
 - Panjang *Tube* : 16 ft
 - Surface per lin ft* : 0,1963 ft²
 - Pressure Drop : 0,0084 psia
- Spesifikasi *Shell* :
 - Fluida : *Air (cold fluid)*
 - IDs : 15 1/4 in

| | |
|----------------------|--------------------------------------|
| <i>BaffleSpacing</i> | : 11 4/9 in |
| <i>Passes</i> | : 1 |
| Pressure Drop | : 0,1898 psia |
| • Rd min | : 0,0005 jam.ft ² .°F/Btu |
| • Rd available | : 0,0116 jam.ft ² .°F/Btu |
| • Harga | : \$ 28.937,10 |

3.5.13. Reboiler 1

| | |
|---------------------------|--|
| • Fungsi | : Menguapkan cairan yang keluar dari Menara Distilasi-01 sebagai hasil bawah |
| • Kode | : RB – 01 |
| • Luas transfer panas | : 785,2 ft ² |
| • Tipe | : <i>Kettle Reboiler</i> |
| • Spesifikasi <i>Tube</i> | : |
| Fluida | : <i>Steam (hot fluid)</i> |
| OD | : 0,75 in |
| ID <i>Tube</i> | : 0,62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Triangular, 1 in</i> |
| Jumlah <i>Tube</i> | : 250 <i>Tube</i> |
| <i>Passes</i> | : 2 |
| Panjang <i>Tube</i> | : 16 ft |
| <i>Surface per lin ft</i> | : 0,1963 ft ² |

- Pressure Drop* : 0,0080 psia
- Spesifikasi *Shell* :
 - Fluida : *Acrylonitrile (cold fluid)*
 - IDs : 19 1/4 in
 - BaffleSpacing* : 14 4/9
 - Passes* : 1
 - Pressure Drop* : 0,0020 psia
- Rd min : 0,0005 jam.ft².°F/Btu
- Rd available : 0,0546 jam.ft².°F/Btu
- Harga : \$ 138.034

3.5.14. Reboiler 2

- Fungsi : Menguapkan cairan yang keluar dari Menara Distilasi-02 sebagai hasil bawah
- Kode : RB-02
- Luas transfer panas : 590,4704 ft²
- Tipe : *Kettle Reboiler*
- Spesifikasi *Tube* :
 - Fluida : *Acrylonitrile (cold fluid)*
 - OD : 0,75 in
 - ID *Tube* : 0,62 in
 - BWG : 16
 - Susunan : *Triangular, 1 in*
 - Jumlah *Tube* : 188 *Tube*

- Passes* : 2
- Panjang *Tube* : 16 ft
- Surface per lin ft* : 0,1963 ft²
- Pressure Drop* : 0,0080 psia
- Spesifikasi *Shell* :
- Fluida : *Acrylonitrile (cold fluid)*
- IDs : 21 1/4 in
- Baffle Spacing* : 16
- Passes* : 1
- Pressure Drop* : 0,0001 psia
- Rd min : 0,0005 jam.ft².°F/Btu
- Rd available : 0,0369 jam.ft².°F/Btu
- Harga : \$ 40.100

3.5.15. Pompa 1

- Fungsi : Mengalirkan bahan baku dari pembelian ke Tangi Penyimpanan-01
- Kode : P-01
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas Pompa : 28,6290 gpm
- *Shell* Pompa : 6,7661 ft
- Power Pompa : 0,3721 hp
- Power Motor : 0,6517 hp
- Ukuran Pipa :

NPS : 2 in
 Sch : 40
 ID : 2,067 in
 OD : 2,375 in

Flow Area per Pipe (at) : 3,356 in²

- Harga : \$ 16.728,75

3.5.16. Pompa 2

- Fungsi : Mengalirkan cairan umpan dari mixer ke Vaporizer
- Kode : P-02
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas Pompa : 31,8582 gpm
- *Shell* Pompa : 6,3514 ft
- Power Pompa : 0,3497 hp
- Power Motor : 0,3801 hp
- Ukuran Pipa :

NPS : 2 1/2 in

Sch : 40

ID : 2,469 in

OD : 2,88 in

Flow Area per Pipe (at) : 4,79 in²

- Harga : \$ 16.728,75

3.5.17. Pompa 3

- Fungsi : Mengalirkan cairan dari hasil atas MD ke TangkiPenyimpanan Produk
- Kode : P-03
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas Pompa : 28,0569 gpm
- *Shell* Pompa : 6,9231ft
- Power Pompa : 0,2563 hp
- Power Motor : 0,2786 hp
- Ukuran Pipa :
 - NPS : 2 in
 - Sch : 40
 - ID : 2,067 in
 - OD : 2,375 in
 - Flow Area per Pipe* (at) : 3,356 in²
- Harga : \$ 30.384,87

3.5.18. Pompa 4

- Fungsi : Mengalirkan produk acrylonitrile ke mobil tangki
- Kode : P-04
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas Pompa : 28,0569 gpm
- *Shell* Pompa : 6,4537 ft
- Power Pompa : 0,2414 hp
- Power Motor : 0,2623 hp
- Ukuran Pipa :
 - NPS : 2 in
 - Sch : 40
 - ID : 2,375 in
 - OD : 2,067 in
- Flow Area per Pipe* (at) : 3,356 in²
- Harga : \$ 30.384,87

3.5.19. Pompa 5

- Fungsi : Mengalirkan hasil bawah MD-01 ke MD-02
- Kode : P-05
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas Pompa : 11,0865 gpm
- *Shell* Pompa : 6,1333 ft

- Power Pompa : 0,1254 hp
- Power Motor : 0,1393 hp
- Ukuran Pipa :
 - NPS : 1,5 in
 - Sch : 40
 - ID : 1,61 in
 - OD : 1,9 in

Flow Area per Pipe (at): 2,039 in²
- Harga : \$ 19.801,38

3.5.20. Pompa 6

- Fungsi : Mengalirkan hasil atas Menara Distilasi-02 ke UPL
- Kode : P-06
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas Pompa : 7,7710 gpm
- *Shell* Pompa : 6,0870 ft
- Power Pompa : 0,4118 hp
- Power Motor : 0,4428 hp
- Ukuran Pipa :
 - NPS : 1,25 in
 - Sch : 40
 - ID : 1,38 in
 - OD : 1,66 in

Flow Area per Pipe (at) : 1,495 in²

- Harga : \$ 19.801,36

3.5.21. Pompa 7

- Fungsi : Mengalirkan hasil bawah Menara Distilas-02 sebagai recycle dengan Fresh Feed
- Kode : P-07
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas Pompa : 7,6075 gpm
- *Shell* Pompa : 6,2301 ft
- Power Pompa : 0,4118 hp
- Power Motor : 0,4476 hp
- Ukuran Pipa :
 - NPS : 1,25 in
 - Sch : 40
 - ID : 1,38 in
 - OD : 1,66 in

Flow Area per Pipe (at) : 2,039 in²

- Harga : \$ 19.801,38

3.6. Peralatan Utilitas

3.6.1. Pompa 1

- Fungsi : Mengalirkan air dari sungai menuju bak pengendap awal.
- Kode : PU-01
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 71,8541 gpm
- Power Pompa : 0,1856 hp
- Power Motor : 0,5 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPS : 3 in
 - Sch : 40
 - ID : 3,068 in
 - Flow Area per Pipe (at)* : 7,393 in²
- Harga : \$ 7.234,18

3.6.2. Bak Pengendap Awal (BU-01)

- Fungsi : Mengendapkan kotoran kasar dalam air. Pengendapan terjadi karena gravitasi dengan waktu tinggal 4 jam.
- Kode : BU-01
- Tipe : Bak berbentuk empat persegi panjang
- Kapsitas : 65285,2064 kg/jam
- Volume Bak : 78,3422 m³

- Panjang Bak : 7,2269 m
- Lebar : 3,6135 m
- Tinggi : 3 m
- Waktu Tinggal : 4 jam
- Harga : Rp. 5.741.416,64

3.6.3. Pompa 2

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap awal (BU-01) menuju tangki flokulator (TF-01)
- Kode : PU-02
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 71,8542 gpm
- Power Pompa : 0,0039 hp
- Power Motor : 0,5 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPS : 3 in
 - Sch : 40
 - ID : 3,068 in
 - Flow Area per Pipe (at) : 7,393 in²*
- Harga : \$ 7.234,18

3.6.4. Tangki Flokulator

- Fungsi : Melarutkan dan membuat campuran yang akan diumpankan ke dalam clarifier
- Kode : TFU-01
- Tipe : Tangki *Silinder Vertical*
- Waktu Tinggal : 1/4 jam
- Volume Tangki : 4,7909 m³
- Diameter Tangki : 1,4504 m
- Tinggi Tangki : 2,9009 m
- Harga : \$ 77.546,88

3.6.5. Pompa 3

- Fungsi : Mengalirkan air dari tangki flokulator (TF-01) menuju clarifier (CL-01)
- Kode : PU-03
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 216.1211 gpm
- Power Pompa : 1,2141 hp
- Power Motor : 1,5 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPS1 : 3 in
 - Sch : 40
 - ID : 3,068 in

Flow Area per Pipe (at) : 7,393 in²

- Harga : \$ 7.234,18

3.6.6. Clarifier

- Fungsi : Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang berasal dari bak penampung awal (BU-01)
- Kode : CLU-01
- Tipe : Tangki *Silinder Vertical*
- Waktu Tinggal : 8 jam
- Volume Tangki : 130,5704 m³
- Diameter Tangki : 6,5819 m
- Kedalaman Tangki : 3,2910 m
- Tinggi Cone : 1,6455 m
- Harga : \$ 60.514,53

3.6.7. Tangki Tawas

- Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 1 minggu operasi
- Kode : TU-01
- Tipe : Tangki *Silinder Vertical*
- Volume Tangki : 1,9742 m³
- Diameter Tangki : 1,0794 m
- Lebari Tangki : 2,1587 m

- Harga : \$ 8.382,47

3.6.8. Tangki Larutan Soda Abu [Na₂CO₃]

- Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan soda abu 5% untuk 1 minggu operasi
- Kode : TU-02
- Tipe : Tangki *Silinder Vertical*
- Volume Tangki : 1,9742 m³
- Diameter Tangki : 1,0794 m
- Lebar Tangki : 2,1587 m
- Harga : \$ 8.382,47

3.6.9. Saringan Pasir

- Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang belum terendapkan
- Kode : SPU-01
- Tipe : Bak berbentuk persegi panjang
- Kapasitas : 71,8683 gpm
- Luas Penampang Saringan : 2,8747 ft²
- Diameter Tangki : 1,9137 m
- Tinggi Tangki :
Tumpukan Pasir : 0.508 m
Tumpukan Pasir : 1.020 m
- Harga : \$ 7.923,15

3.6.10. Bak Penampung Air Bersih

- Fungsi : Menampung air bersih berasal dari saringan pasir (SPU-01) dgn waktu tinggal 12 jam.
- Kode : BU-02
- Tipe : Bak Berbentuk Empat Persegi Panjang
- Volume Bak : 235,0267 m³
- Panjang Bak : 12,5174 m
- Lebar Bak : 6,2587 m
- Kedalaman Bak : 3 m
- Waktu Tinggal : 12 jam
- Harga : Rp. 14.927.683,27

3.6.11. Pompa 4

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung bersih (BU-02) menuju proses pemanasan dan pendinginan dan untuk kebutuhan kantor dan rumah
- Kode : PU-04
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 71,8541 gpm
- Power Pompa : 1,2303 hp
- Power Motor : 1,5 hp
- Pemilihan Pipa :
NPS : 3 in

- Sch : 40
- ID : 3,068 in
- Flow Area per Pipe* (at) : 7,393 in²
- Harga : \$ 7.234,18

3.6.12. Tangki Air Rumah Tangga dan Kantor

- Fungsi : Menampung air kebutuhan rumah tangga dan kantor dari bak penampung air bersih (BU-02) dengan waktu tinggal 24 jam.
- Kode : TU-03
- Tipe : Tangki Silinder Vertical
- Kapasitas : 3,2438 m³/jam
- Volume Tangki : 93,2335 m³
- Diameter Tangki : 4,6257 m
- Tinggi Tangki : 4,6257 m
- Harga : \$ 56.495,54

3.6.13. Pompa 5

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak cooling tower (CT-01) menuju system pendinginan proses kecepatan 5.052,61 kg/jam.
- Kode : PU-05
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 32,6161 gpm

- Power Pompa : 0,7611 hp
- Power Motor : 1 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPS : 2,5 in
 - Sch : 40
 - ID : 2,469 in
 - Flow Area per Pipe (at)* : 4,788 in²
- Harga : \$ 5.626,59

3.6.14. Pompa 6

- Fungsi : Mengalirkan air dari alat proses menuju bak cooling tower (CT-01)
- Kode : PU-06
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 32,6161 gpm
- Power Pompa : 0,3766 hp
- Power Motor : 0.4707 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPS : 2,5 in
 - Sch : 40
 - ID : 2,469 in
 - Flow Area per Pipe (at)* : 4,788 in²
- Harga : \$ 3.674,51

3.6.15. Kation Exchanger

- Fungsi : Mengikat ion-ion positif yang ada dalam air
- Tipe : Tangki silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion.
- Kode : KE-01
- Jenis Resin : C-300 dengan notasi RH2
- Kebutuhan H₂SO₄ : 351,9089 kg/tahun
- Volume Resin : 1,2210 gallon
- Diameter Bed Resin : 2,7973 m
- Tinggi Bed Resin : 0.0008 m
- Luas Penampang : 6,1425 ft²
- Harga : \$ 1.492.77

3.6.16. Tangki Larutan H₂SO₄

- Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan H₂SO₄ untuk regenerasi *ion exchanger*
- Kode : TU-05
- Tipe : Tangki Silinder Vertical
- Volume Tangki : 0.0196 m³
- Diameter Tangki : 0,2320 m
- Tinggi Tangki : 0,4641 m
- Harga : \$ 2.526,22

3.6.17. Pompa 7

- Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger (KE-01) menuju *anion exchanger* (AN-01)
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kode : PU-07
- Kapasitas : 18,4252 gpm
- Power Pompa : 0,4134 hp
- Power Motor : 0,5 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPSI : 1,25 in
 - Sch : 40
 - ID : 1,38 in
 - Flow Area per Pipe* (at) : 1,495 in²
- Harga : \$ 3.674,51

3.6.18. *Anion Exchanger*

- Fungsi : Mengikat ion-ion negatif yang ada dalam air
- Kode : AN-01
- Tipe : Tangki silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion.
- Jenis Resin : C-500 dengan notasi R(OH)₂
- Kebutuhan NaOH : 287,2725 kg/tahun
- Volume Resin : 13,1372 gallon

- Diameter Bed Resin : 0,7329 m
- Tinggi Bed Resin : 1,27 m
- Luas Penampang : 0,4216 ft²
- Harga : \$ 1.377,94

3.6.19. Tangki Larutan NaOH

- Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan NaOH untuk regenerasi *ion exchanger*
- Kode : TU-06
- Tipe : Tangki *Silinder Vertical*
- Volume Tangki : 0.0135 m³
- Diameter Tangki : 0.2048 m
- Tinggi Tangki : 0.4096 m
- Harga : \$ 2.526,22

3.6.20. Tangki Kaporit [Ca(Ocl)₂.4H₂O]

- Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan kaporit 5% untuk persediaan 1 minggu
- Kode : TU-04
- Tipe : Tangki Silinder Vertical
- Volume Tangki : 0,5982 m³
- Diameter Tangki : 0,7250 m
- Tinggi Tangki : 1,4500 m
- Harga : \$ 4.593,13

3.6.21. Pompa 8

- Fungsi : Mengalirkan air dari *anion exchanger* (AE-01) menuju daerator
- Kode : PU-08
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 18,4252 gpm
- Power Pompa : 0,5247 hp
- Power Motor : 0,5 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPSI : 1,25 in
 - Sch : 40
 - ID : 1,38 in
 - Flow Area per Pipe* (at) : 1,495 in²
- Harga : \$ 3.674,51

3.6.22. Deaerator

- Fungsi : Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air seperti O₂, CO₂ dan lain-lain.
- Kode : DU-01
- Tipe : Tangki silinder tegak yang berisi bahan isian, dimana air disemprotkan dari atas dan udara panas dialirkan dari bawah secara *counter current*.
- Tipe Bahan Isian : *Rascing Ring*

- Jenis Bahan Isian : *Stone Ware*
- Ukuran Bahan Isian : 0,25 in
- Volume Bahan Isian : 2.657,0452 gallon
- Diameter Tangki : 0,8532 m
- Tinggi Tangki : 17,6004 m
- Luas Penampang : 0,5715 m²
- Harga : \$ 9.071,44

3.6.23. Pompa 9

- Fungsi : Mengalirkan air dari daerator menuju
- Kode : PU-09
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Kapasitas : 18,4252 gpm
- Power Pompa : 0,4124 hp
- Power Motor : 0,5 hp
- Pemilihan Pipa :
 - NPS1 : 1,25 in
 - Sch : 40
 - ID : 1,38 in
 - Flow Area per Pipe (at) : 1,495 in²*
- Harga : \$ 7.349,01

3.6.24. Tangki Air Umpan Boiler

- Fungsi : Menampung air umpan boiler sebagai air pembuat steam di dalam boiler dengan waktu tinggal 24 jam.
- Kode : TU-07
- Tipe : Tangki silinder tegak, dengan penambahan zat hidrazin (N_2H_2) dan NaH_2PO_4 .
- Hidrazin :
 Fungsi : Untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga terjadi korosi.
 Kadar : 5 ppm
 Kebutuhan : 165,7342 kg/tahun
- NaH_2PO_4 :
 Fungsi : Untuk mencegah timbulnya kerak di boiler.
 Kadar : 12-17 ppm, diambil 15 ppm
 Kebutuhan : 497,2025 kg/tahun
- Volume Tangki : 120,2934 m³
- Diameter Tangki : 5,2513 m
- Tinggi Tangki : 5,2513 m
- Harga : \$ 10.908,69

3.6.25. Tangki Bahan Bakar

- Fungsi : Menyimpan bahan bakar untuk persediaan 1 bulan sebagai bahan bakar boiler.
- Kode : TU-10
- Tipe : Tangki Silinder Vertikal
- Waktu Tinggal : 720 jam
- Kebutuhan : 2.051,6529 lb/jam
- Volume Tangki : 846,3690 m³
- Diameter Tangki : 10,2540 m
- Tinggi Tangki : 10,2540 m
- Harga : \$ 30.531,08

3.6.26. Cooling Tower

- Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin yang digunakan untuk disirkulasi kembali.
- Kode : CTU-01
- Tipe : *Deck Tower*
- Kapasitas : 32,6161 gpm
- Area Tower : 23,2972 ft²
- Tinggi Tower : 8 m
- Power untuk Fan : 1,5 hp
- Pump hp : 0,3913 hp
- Harga : \$ 18.198,73

3.6.27. Tangki kondensat

- Fungsi : Menampung air hasil recycle pada proses pemanasan air dari daerator.
- Kode : TU-11
- Tipe : Tangki *Silinder Vertikal*
- Waktu Tinggal : 1 jam
- Volume Tangki : 4,7711 m³
- Diameter Tangki : 1,8259 m
- Tinggi Tangki : 1,8259 m
- Harga : \$ 13.090,43

3.6.28. Tangki Hidrazine

- Fungsi : Untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama O₂ sehingga tidak terjadi korosi.
- Kode : TU-11
- Tipe : Tangki Silinder Vertrial
- Waktu Tinggal : 1 jam
- Volume Tangki : 0,94 m³
- Diameter Tangki : 0,84 m
- Tinggi Tangki : 1,68 m
- Harga : \$ 6.660,04

3.6.29. Tangki Larutan NAH_2PO_4

- Fungsi : Untuk mencegah timbulnya kerak di boiler dengan kadar 12-17 ppm.
- Tipe : Tangki Silinder Vertikal
- Waktu Tinggal : 24 jam
- Volume Tangki : 0,4933 m³
- Diameter Tangki : 0,6798 m
- Tinggi Tangki : 1,3596 m
- Harga : \$ 9,875,24

3.6.30. Generator

- Fungsi : Menyediakan energi listrik sebagai cadangan apabila listrik PLN padam.
- Tipe : AC Generator
- Kapasitas : 50 Kw
- Kebutuhan Bahan Bakar : 7036,6481 gallon/tahun
- Tegangan : 220/360 volt
- Efisiensi : 80%
- Jumlah Generator : 1 buah
- Bahan Bakar : Solar
- Harga : \$ 31.327,34

3.7. Perencanaan Produksi

3.7.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku diperlukan agar dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik dapat terpenuhi dalam perancangan produk. Bahan baku *ethylene cyanohydrin* yang dibutuhkan dalam proses pembuatan *acrylonitrile* diperoleh dari Kanto Chemical co., Inc yang berada di Taiwan dengan kapasitas produksi sebesar 120.000 ton/tahun sehingga kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi.

Tabel. 3.4 Kebutuhan bahan baku

| Komponen | Kebutuhan bahan baku (ton/tahun) | Ketersediaan bahan baku (ton/tahun) |
|--|-------------------------------------|--|
| <i>Ethylene Cyanohydrin</i> Kebutuhan = 6773,2524 kg/jam | 53.644,1560 | 120.000 |

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku *ethylene cyanohydrin* dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.7.2. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang menentukan keberlangsungan hidup suatu pabrik, oleh karena itu diperlukan perhitungan yang matang sehingga menguntungkan perusahaan baik dari segi teknik maupun segi ekonominya. Lokasi yang dipilih untuk rencana pendirian pabrik *acrylonitrile* ini adalah Cilegon, Banten.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Pabrik *Acrylonitrile*

Faktor-faktor dasar pertimbangan pemilihan lokasi adalah sebagai berikut :

4.1.1. Tersedia Penyediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Bahan baku utama ethylene cyanohydrin diperoleh dari Kanto Chemical co., Inc yang berada di Taiwan, sehingga dipilih lokasi yang dekat dengan pelabuhan untuk mempermudah penyediaannya dan penekanan biaya penyediaan bahan baku.

4.1.2. Tersedia Pemasaran Produk

Cilegon merupakan daerah yang tepat untuk pemasaran produk, karena di daerah Cilegon terdapat banyak pabrik kimia yang menggunakan *acrylonitrile* sebagai bahan baku seperti PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk yang memproduksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), PT. Arbe Styrimdo Indonesia yang memproduksi *Styrene Acrylonitrile* (SAN) dan PT. ABS Industri Indonesia yang memproduksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS).

4.1.3. Tersedia Fasilitas Transportasi

Dengan adanya jalan raya dipesisir laut serta adanya pelabuhan yang memiliki sarana transportasi laut di daerah Cilegon diharapkan transportasi pengadaan bahan baku serta kegiatan ekspor produk dapat berjalan secara lancar. Fasilitas transportasi yang memadai dapat mempermudah kegiatan produksi dan distribusi.

4.1.4. Tersedia Utilitas

Utilitas yang diperlukan untuk pabrik diantaranya yaitu penyediaan air, listrik dan bahan bakar. Untuk kebutuhan air proses dapat diperoleh dari sungai Cidanau

yang memiliki letak terdekat dengan kawasan industri di Cilegon. Sedangkan untuk kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator set sebagai cadangan.

4.1.5. Tersedia Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja meliputi tenaga kerja terdidik, pendidikan menengah, dan tenaga kasar. Potensi tenaga kerja di sekitar lokasi memiliki potensial yang tinggi karena pabrik akan didirikan di daerah industri, sehingga kebutuhan tenaga pendidikan menengah dapat diperoleh dari sekitar. Sedangkan untuk tenaga kerja terdidik dapat diperoleh dari perguruan tinggi yang ada di Indonesia.

4.1.6. Tersedia Kemungkinan Perluasan Pabrik

Di daerah kawasan industri Cilegon masih tersedia lahan yang cukup luas untuk dilakukan perluasan pabrik, sehingga pabrik dapat terus berkembang dalam jangka panjang.

4.1.7. Karakteristik Daerah dan Masyarakat

Karakteristik daerah Cilegon memiliki iklim yang stabil dengan temperatur udara yang berkisar 20-35°C. Bencana alam seperti banjir, longsor, dan gempa jarang terjadi di kawasan industri. Selain itu, masyarakat di daerah Cilegon merupakan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri, sehingga pendirian pabrik di Cilegon dinilai tepat.

4.1.8. Tersedia Kebijakan Pemerintah

Pemerintah telah merencanakan untuk menjadikan daerah Cilegon sebagai salah satu pusat pengembangan produksi industri.

4.2. Tata Letak Pabrik

Untuk mencapai efisiensi, kelancaran proses dan keselamatan para pekerja diperlukan tata letak pabrik yang baik. Tata letak (*Lay Out*) pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan, dan sarana lain.

Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam tata letak (*Lay Out*) pabrik adalah :

1. Tanah yang tersedia.
2. Tipe dan kualitas produk.
3. Kemungkinan pengembangan pabrik di masa mendatang.
4. Distribusi bahan baku, bahan jadi, air, listrik, dan lain-lain.
5. Keadaan lingkungan, cuaca dan sosial.
6. Keamanan terhadap kebakaran, gas beracun dan bentuk bangunan.
7. Pengaturan terhadap penggunaan lantai peruangan dan elevasi.

Tata letak pabrik secara garis besar dapat dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah administrasi/perkantoran dan laboratorium

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengendalian

kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan yang dijual.

2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Daerah penempatan alat-alat proses dan proses yang berlangsung. Sedangkan ruang kontrol merupakan pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

4. Daerah Utilitas dan *Power Station*

Daerah yang menyediakan air proses dan tenaga listrik di pusatkan.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1. Rincian area bangunan pabrik dengan luas 28560 m²

| No. | Nama Bangunan | Luas (m ²) |
|-----|-------------------------------------|------------------------|
| 1. | Pos penjagaan | 60 |
| 2. | Kantor keamanan | 50 |
| 3. | Kantin | 100 |
| 4. | Koperasi karyawan dan serikat kerja | 100 |
| 5. | Poliklinik | 150 |
| 6. | Kantor Pusat | 800 |
| 7. | Area parkir | 600 |
| 8. | Taman | 3434 |
| 9. | Sarana ibadah | 240 |
| 10. | sarana olahraga | 600 |
| 11. | Laboratorium dan pengendalian mutu | 300 |
| 12. | Kantor teknik dan produksi | 320 |
| 13. | Loker room karyawan | 168 |

Lanjutan Tabel 4.1.

| | | |
|-------|------------------------|-------|
| 14. | Gudang bahan kimia | 260 |
| 15. | Gudang alat | 400 |
| 16. | Pemadam kebakaran | 360 |
| 17. | Area utilitas | 400 |
| 18. | Area pengolahan air | 500 |
| 19. | Area proses | 2500 |
| 20. | Ruang kontrol | 350 |
| 21. | Area penyimpanan bahan | 600 |
| 22. | Bengkel | 240 |
| 23. | Perumahan | 4040 |
| 24. | Area perluasan pabrik | 4740 |
| 25. | Jalan dalam pabrik | 6075 |
| Total | | 27387 |



Gambar 4.2 Lay out pabrik skala 1 : 1000

4.3. Tata Letak Alat Proses

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak peralatan proses, yaitu :

4.3.1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Salah satu faktor yang mempengaruhi kelancaran dan keamanan produksi yaitu jalannya aliran bahan baku dan produk. Untuk mendapatkan keuntungan ekonomis yang besar perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi.

4.3.2. Aliran Udara

Stagnasi udara atau penumpukan bahan kimia pada suatu tempat dapat membahayakan keselamatan pekerja, oleh karena itu aliran udara harus diperhatikan. Selain stagnasi faktor lain yang perlu diperhatikan yaitu kecepatan dan arah hembusan angin.

4.3.3. Pencahayaan

Penerangan pabrik harus memadai untuk meminimalisir resiko bahaya yang terjadi. Pada tempat-tempat proses perlu ada penambahan penerangan.

4.3.4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

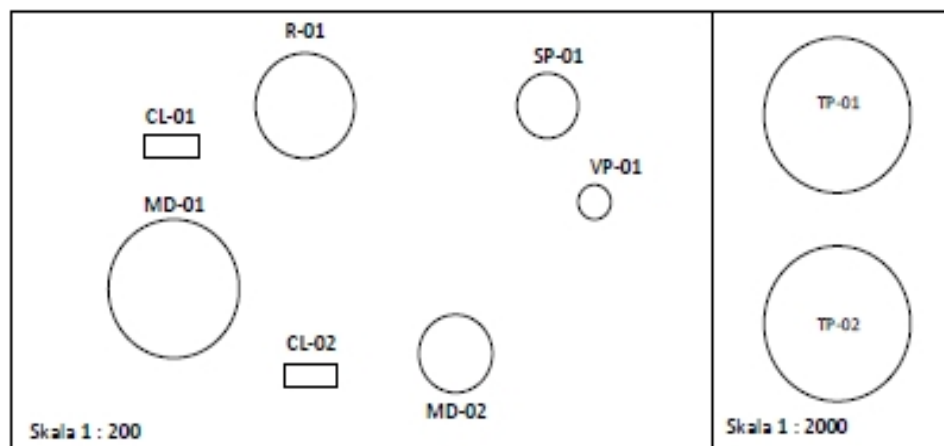
Pada tata letak peralatan perlu pertimbangan kemudahan dicapai dengan cepat, hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam memperbaiki peralatan ketika terjadi gangguan dan untuk mempermudah pekerja dalam menjalankan tugasnya.

4.3.5. Pertimbangan Ekonomi

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

4.3.6. Jarak Antar Alat Proses

Dengan mempertimbangkan jarak antar alat proses dapat meminimalisir kerusakan jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat proses yang memiliki suhu operasi dan tekanan tinggi.



Keterangan :

M : Mixer
 MD : Menara Destilasi
 CL : Cooler
 SP : Separator
 TP-01 : Tangki Ethylene Cyanohydrine
 TP-02 : Tangki Acrylonitrile
 R : Reaktor
 VP : Vaporizer

Gambar 4.3 Tata letak alat proses pabrik acrylonitrile

4.4. Alir Proses dan Material

4.4.1. Neraca Massa

4.4.1.1. Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca massa total

| Komponen | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) | |
|----------------------------------|----------------|-----------------|-----------|
| | Fresh Feed | Produk | UPL |
| C ₃ H ₅ ON | 0,0000 | 5000,0000 | 50,5000 |
| H ₂ O | 1,8885 | 17,3255 | 1699,7929 |
| C ₃ H ₃ N | 6765,8177 | 0,0075 | 0,0752 |
| Jumlah | 6767,7062 | 5017,3331 | 1750,3681 |
| | | 6767,7011 | |

4.5.6.1. Neraca Massa per Alat

a. Reaktor

Tabel 4.3 Neraca massa di reaktor

| Komponen | Masuk | | Keluar | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Kgmol/jam | Kg/jam | Kgmol/jam | Kg/jam |
| C ₃ H ₃ N | 0,0000 | 0,0000 | 95,1848 | 5050,5051 |
| H ₂ O | 1,0576 | 19,0581 | 96,2424 | 1734,2881 |
| C ₃ H ₅ ON | 105,7609 | 7517,4833 | 10,5761 | 751,7483 |
| Jumlah | 106,8185 | 7536,5414 | 202,0033 | 7536,5414 |

b. Menara Distilasi I (MD-01)

Tabel 4.4 Neraca massa di menara distilasi 1

| | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) | |
|----------------------------------|----------------|-----------------|-----------|
| | | Atas | Bawah |
| C ₃ H ₃ N | 5050,5051 | 5000,0000 | 50,5051 |
| H ₂ O | 1734,2881 | 17,3255 | 1716,9625 |
| C ₃ H ₅ ON | 751,7483 | 0,0075 | 751,7408 |
| Jumlah | 7536,5414 | 5017,3331 | 2519,2084 |
| | | 7536,5414 | |

c. Menara Distilasi II (MD-02)

Tabel 4.5 Neraca massa di menara distilasi 2

| Komponen | Masuk (kg/jam) | Keluar (kg/jam) | |
|----------------------------------|----------------|-----------------|----------|
| | | Atas | Bawah |
| C ₃ H ₃ N | 50,5000 | 50,5000 | 0,0051 |
| H ₂ O | 1716,9625 | 1699,7929 | 17,1696 |
| C ₃ H ₅ ON | 751,7408 | 0,0752 | 751,6656 |
| Jumlah | 2519,2033 | 1750,3681 | 768,8403 |
| | | 2519,2084 | |

d. Mixing Point

Tabel 4.6 Neraca massa mixing point

| Komponen | Masuk (kg/jam) | | Keluar (kg/jam) |
|----------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| | Recycle MD-02 | Fresh Feed | |
| C ₃ H ₃ N | 0,0051 | 0,0000 | 0,0000 |
| H ₂ O | 17,1696 | 1,8885 | 19,0581 |
| C ₃ H ₅ ON | 751,6656 | 6765,8177 | 7517,4833 |
| Jumlah | 768,8403 | 6767,7011 | 7536,5414 |
| | 7536,5414 | | |

e. Vaporizer (VP-01)

Tabel 4.7 Neraca massa vaporizer (VP-01)

| Komponen | Masuk (kg/jam) | | Keluar (kg/jam) |
|----------------------------------|----------------|------------|-----------------|
| | Recycle MD-02 | Fresh Feed | |
| C ₃ H ₃ N | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| H ₂ O | 19,0581 | 4,7645 | 23,8226 |
| C ₃ H ₅ ON | 7517,4833 | 1879,3708 | 9396,8542 |
| Jumlah | 7536,5414 | 1884,1354 | 9420,6768 |
| | 9420,6768 | | |

f. Separator (SP-01)

Tabel 4.8 Neraca massa Separator (SP-01)

| Komponen | Masuk (kg/jam) Dari VP-01 | Keluar (kg/jam) | |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------|
| | | Ke VP-01 | Ke R-01 |
| C ₃ H ₃ N | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| H ₂ O | 23,8226 | 23,5867 | 0,2359 |
| C ₃ H ₅ ON | 9396,8542 | 93,0680 | 9303,7861 |
| Jumlah | 9420,6768 | 116,6547 | 9304,0221 |
| | | 9420,6768 | |

4.4.2. Neraca Panas

Suhu referensi = 25°C

a. Mix Point

Tabel 4.9 Neraca Panas Mix Point

| Komponen | Q Masuk (kkal/jam) | Q Keluar (kkal/jam) |
|---------------|--------------------|---------------------|
| Fresh Feed | 23.714 | 0 |
| Recycle MD-02 | 24.858 | 0 |
| Panas Keluar | 0 | 48.573 |
| Total | 48.573 | 48.573 |

b. Vaporizer

Tabel 4.10 Neraca Panas Vaporizer

| Komponen | Q Masuk (kkal/jam) | Q Keluar (kkal/jam) |
|---------------------|--------------------|---------------------|
| Panas Masuk | 48.573 | 0 |
| Panas Keluar | 0 | 626.738 |
| Panas yang Diterima | 3.446.993 | 0 |
| (Qs+Qv) | 0 | 2.868.828 |
| Total | 3.495.566 | 3.495.566 |

c. Heater-01

Tabel 4.11 Neraca Panas Heater-01

| Komponen | Q Masuk (kkal/jam) | Q Keluar (kkal/jam) |
|---------------------|--------------------|---------------------|
| Panas Masuk | 626.738 | 0 |
| Panas Keluar | 0 | 821.184 |
| Panas yang Diterima | 194.447 | 0 |
| Total | 821.184 | 821.184 |

d. Reaktor

Tabel 4.12 Neraca Panas Reaktor

| Komponen | Q Masuk (kkal/jam) | Q Keluar (kkal/jam) |
|--------------|--------------------|---------------------|
| Panas Masuk | 821.184 | 0 |
| Panas Keluar | 128.240 | 0 |
| Panas Reaksi | 0 | 948.378 |
| Beban Panas | 0 | 0 |
| Total | 949.425 | 948.378 |

e. Kondensor-01

Tabel 4.13 Neraca Panas Kondensor-01

| Komponen | Q Masuk (kkal/jam) | Q Keluar (kkal/jam) |
|--------------------|--------------------|---------------------|
| Panas Masuk | 948.378 | 0 |
| Panas Keluar | 0 | 185.223 |
| Panas yang Dilepas | 0 | 7.631.556.616 |
| Total | 948.378 | 948.378 |

f. Menara Distilasi-01

Tabel 4.14 Neraca Panas MD-01

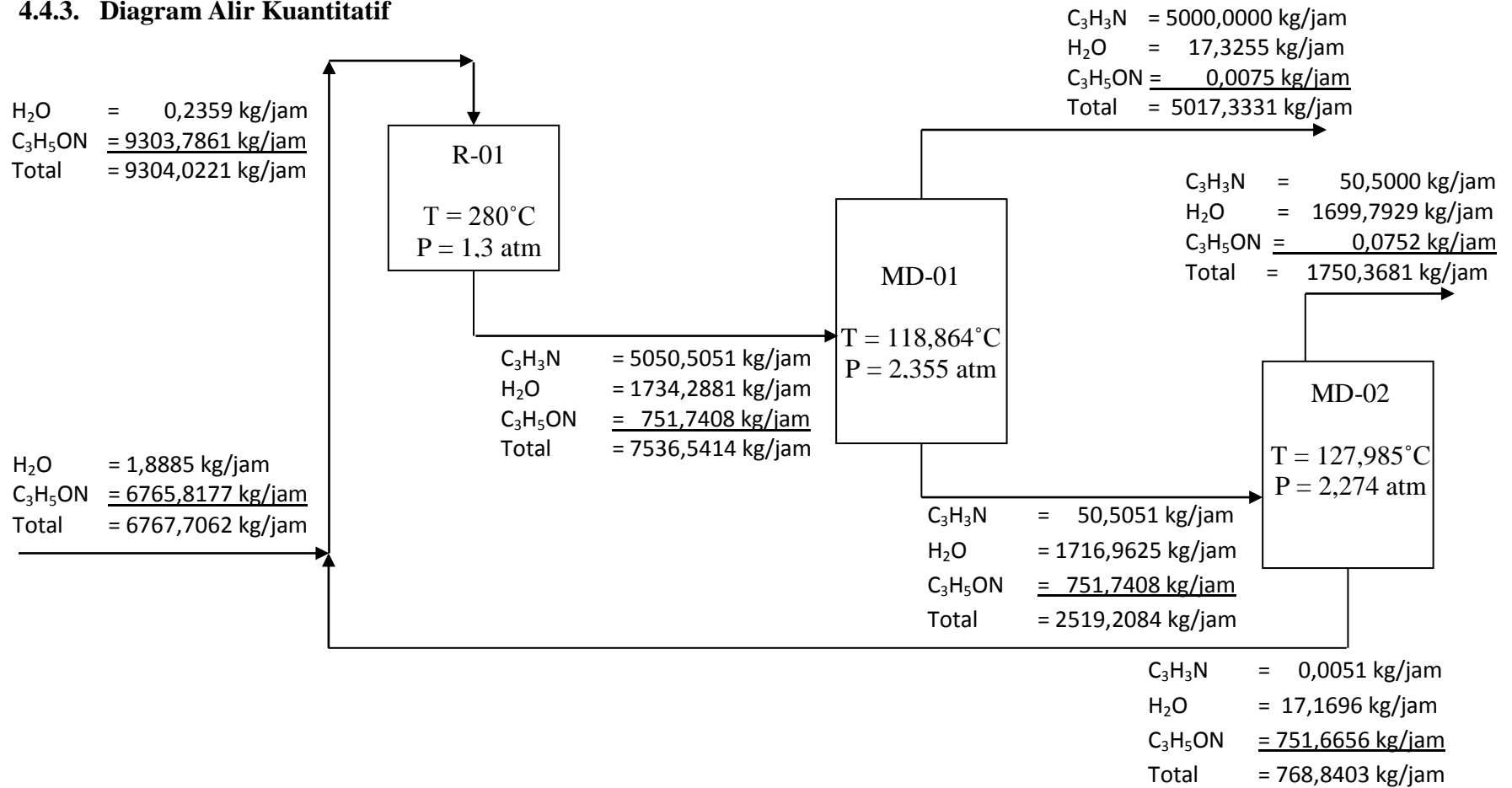
| Komponen | Q Masuk (kkal/jam) | Q Keluar (kkal/jam) |
|-----------------|--------------------|---------------------|
| Panas Masuk | 185.223 | 0 |
| Panas Keluar | 0 | 566.134 |
| Beban Kondensor | 0 | 232.162 |
| Beban Reboiler | 613.073 | 0 |
| Total | 798.296 | 798.296 |

g. Menara Distilasi-02

Tabel 4.15 Neraca Panas MD-02

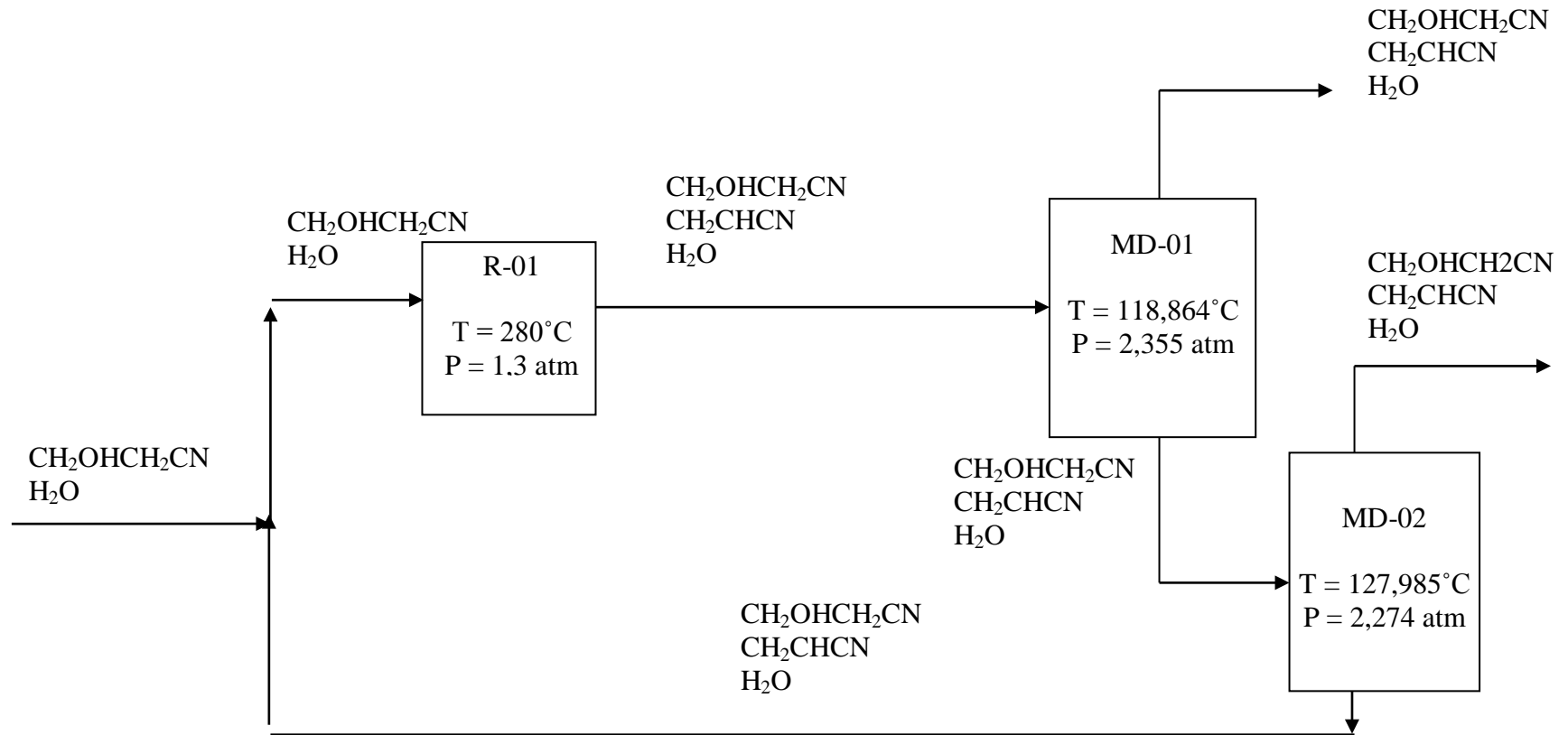
| Komponen | Q Masuk (kkal/jam) | Q Keluar (kkal/jam) |
|-----------------|--------------------|---------------------|
| Panas Masuk | 231.155,96 | 0 |
| Panas Distilat | 0 | 515.158,82 |
| Beban Kondensor | 0 | 19.989,66 |
| Beban Reboiler | 303.992,51 | 0 |
| Total | 535.148,4784 | 535.148,4784 |

4.4.3. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.4 Diagram Alir Kuantitatif

4.4.4. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.5 Diagram Alir Kualitatif

4.5. Pelayanan Teknik (Utilitas)

Perlu adanya sarana penunjang yang mendukung untuk kelancaran jalannya proses produksi. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pengadaan *Steam*
3. Unit Penyediaan Listrik
4. Unit Penyediaan Udara Tekan
5. Unit Pengadaan Bahan Bakar

4.5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

4.5.1.1. Penyediaan Air

Kebutuhan air pada pabrik Acrylonitrile ini adalah untuk keperluan-keperluan berikut :

- a. Air pendingin

Air digunakan sebagai media pendingin untuk alat-alat perpindahan panas dalam hal ini kondensor dan cooler.

Pemilihan air sebagai media pendingin berdasarkan pertimbangan :

- Dapat diperoleh dalam jumlah yang berlimpah
- Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya
- Kemampuan menyerap panas per satuan volume cukup tinggi
- Tidak terdekomposisi

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada penggunaan air sebagai media pendingin antara lain :

- Kesadahan (*hardness*) yang dapat menyebabkan kerak.
- Korosi.

a. Air Umpan Boiler

Boiler sebagai penghasil *steam* membutuhkan air dengan persyaratan tertentu sebagai umpannya. Persyaratan untuk Boiler *Feed Water* (*BFW*) adalah :

- Tidak menimbulkan kerak pada kondisi *steam* yang dikehendaki maupun pada tube heat exchanger, jika *steam* digunakan sebagai pemanas. Hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.
- Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O₂ dan CO₂.

b. Air sanitasi

Air domestik digunakan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor dan perumahan.

Syarat air domestik meliputi :

- Jernih, tidak berasa, dan tidak berbau
- Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm
- pH sekitar 7
- Tidak mengandung bakteri terutama jenis bakteri patogen
- *Turbidity* (kekeruhan) sekitar 10 ppm

4.5.1.2. Pengadaan Air

Sumber air diperoleh dari sungai cidanau. Pengolahan air baku dilakukan untuk memenuhi persyaratan kualitas air yang dibutuhkan. Hal ini dilakukan dengan mengurangi kontaminan hingga derajat yang diinginkan serta penambahan zat-zat kimia untuk mengimbangi efek buruk dari sisa-sisa kontaminan. Urutan pengolahan ditentukan oleh jenis dan konsentrasi kontaminan pada air baku serta kualitas air yang diinginkan.

Mengingat kebutuhan air yang berbeda-beda maka dipersiapkan dua buah tangki penampungan :

- *Filtered Water Storage Tank*, berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk keperluan make up air pendingin, air hidran, dan air umpan boiler.
- *Portable Water Storage Tank*, berfungsi menampung air yang digunakan untuk keperluan domestik (sanitasi).

1. Unit Demineralisasi Air (*Kation-Anion Exchanger*)

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{4-} , Cl^- dan lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan ketel (*Boiler Feed Water*).

Air dari *filtered water storage* diumpankan ke karbon filter yang berfungsi untuk menghilangkan gas klorin, warna, bau dan zat-zat organik lainnya. Air yang keluar dari *Carbon Filter* diharapkan mempunyai pH sekitar 7,0 – 7,5. Selanjutnya air tersebut diumpankan ke dalam *cation exchanger* untuk

menghilangkan kation-kation mineralnya. Kemungkinan jenis kation yang ditemui adalah Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} .

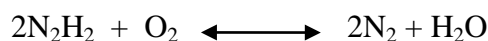
Air yang keluar dari *cation exchanger* kemudian diumpankan ke anion exchanger untuk menghilangkan anion-anionnya. Kemungkinan arus anion yang ditemui adalah HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , NO_3^- , dan SiO_3^{2-} . Air yang keluar dari unit ini diharapkan mempunyai pH sekitar 8,6-8,9 dan selanjutnya dikirim ke unit demineralizer water storage sebagai penyimpanan sementara sebelum diproses lebih lanjut sebagai BFW.

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

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen dan karbondioksida. Gas-gas tersebut dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator.

Pada *deaerator* diinjeksikan bahan-bahan kimia berikut :

- *Hidrazin* yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut :



Nitrogen sebagai hasil reaksi bersama-sama dengan gas lain dihilangkan melalui *stripping* dengan uap bertekanan rendah.

- Larutan *ammonia* yang berfungsi mengatur pH

Air yang keluar dari *deaerator* pHnya sekitar 8,5-9,5.

Keluar dari *deaerator*, kedalam air umpan ketel kemudian diinjeksikan larutan *fosfat* ($Na_3PO_4H_2O$) untuk mencegah terbentuknya kerak *silica*

dan kalsium pada *steam drum* dan *boiler tube*. Sebelum diumpankan ke boiler air terlebih dahulu diberi dispersan.

4.5.2. Unit Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa tetesan oleh udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower* diganti dengan air (*make up water*) yang disediakan oleh *Filtered Water Storage*.

Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal diatas, maka ke dalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

- a. *Phospate*, berguna untuk mencegah timbulnya kerak,
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersan, untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan *phospate*)

4.4.7.1. Kebutuhan Air

- a. Kebutuhan air pembangkit *steam*

Total kebutuhan air untuk *steam* = 20.927 kg/jam

Diperkirakan air yang hilang 20%

Kebutuhan *make-up* air untuk *steam* = 4.186 kg/jam

b. Kebutuhan air untuk pendingin

Total kebutuhan air untuk pendingin = 37.043 kg/jam

Diperkirakann air yang hilang 20%

Kebutuhan *make-up* air pendingin = 7.409 kg/jam

c. Kebutuhan air untuk sanitasi dan keperluan umum

Total kebutuhan air untuk sanitasi dan keperluan umum = 3.244 kg/jam

Total air yang disuplai dari tangki air = 14.838 kg/jam

10% untuk keamanan, sehingga :

Air yang disuplai dari tangki = 16.322 kg/jam

4.5.3. Unit Pengadaan *Steam*

Pada perancangan ini *steam* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas pada alat penukar panas dan reaktor. *Steam* yang dibutuhkan dihasilkan oleh boiler dengan menggunakan *boiler feed water* sebagai umpannya.

4.5.4. Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik dapat diperoleh dari :

- Suplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN)
- Pembangkit tenaga listrik sendiri (*Generator Set*)

Pada perancangan pabrik *asetaldehid* ini kebutuhan akan tenaga listrik dipenuhi dari pembangkit listrik PLN dan generator sebagai cadangan. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik (AC) dengan pertimbangan :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.

- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.

Generator AC yang digunakan jenis generator AC 3 *phase* yang mempunyai keuntungan :

- Tegangan listrik stabil
- Daya kerja lebih stabil
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit

Motor 3 *phase* harganya relatif murah dan sederhana

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi :

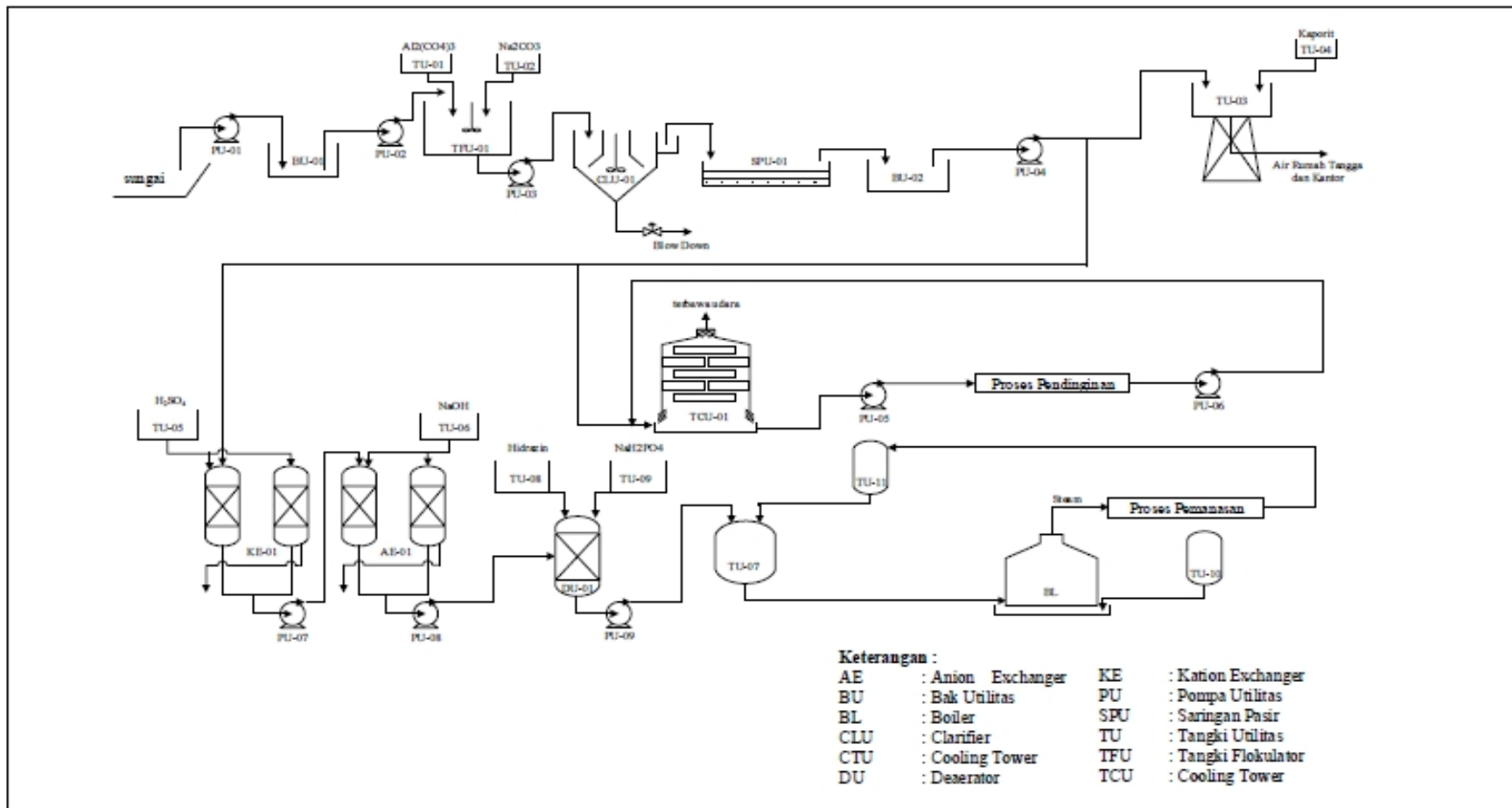
1. Listrik untuk keperluan alat proses
= 2,984 KW
2. Listrik untuk keperluan alat Utilitas
= 12,8685 KW
3. Listrik untuk penerangan dan AC
= 4,36 KW

4.5.5. Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control total*.

4.5.6. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada, *boiler* dan generator. Pada perancangan ini digunakan bahan bakar jenis solar untuk generator sebanyak 7.036,6482 gal/tahun, sedangkan untuk *boiler* digunakan bahan bakar jenis *fuel oil* sebesar 982,3712 kg/jam.



Gambar 4.6 Flow Diagram Utilitas

4.6. Organisasi Perusahaan

4.6.1. Bentuk Perusahaan

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

4.6.2. Struktur Organisasi

Dengan adanya struktur organisasi dapat menunjang kemajuan perusahaan. Sebab hal ini berhubungan dengan adanya komunikasi yang terjadi didalam perusahaan. Selain itu diperlukan manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Bentuk suatu struktur organisasi perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan kebutuhannya. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

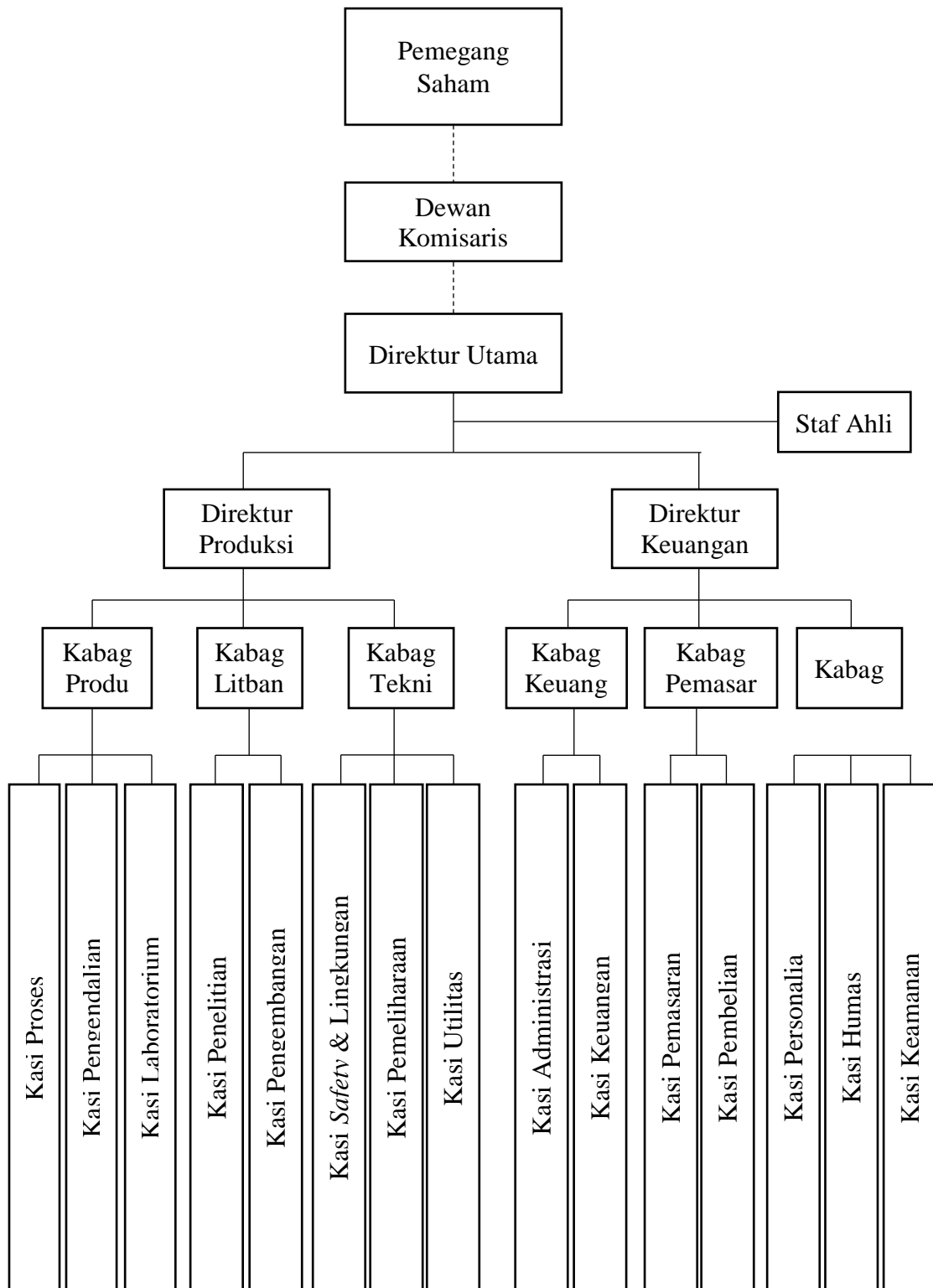
- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur utama
- d. Direktur produksi
- e. Kepala bagian

f. Kepala seksi

g. Karyawan dan Operator

Puncak pimpinan tertinggi dipegang oleh dewan komisaris, sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.

4.6.3. Diagram struktur organisasi



Gambar 4.7 Struktur Organisasi

4.6.4. Tugas dan Wewenang

4.5.4.1. Pemegang Saham

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

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

4.5.4.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

4.5.4.3. Direktur Utama

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

Tugas Direktur Utama antara lain :

1. Melaksanakan policy perusahaan dan mempertanggung-jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada rapat umum pemegang saham
2. Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan
3. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat umum pemegang saham
4. Mengkoordinir kerja sama dengan Direktur Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum

Tugas Direktur Produksi dan Teknik, antara lain :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik
2. Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya

4.5.4.4. Tugas Direktur Keuangan dan Umum, antara lain :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan, pelayanan umum dan pemasaran.
2. Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.5.4.5. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staff ahli meliputi :

1. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan
2. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan
3. Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

4.5.4.6. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur bersama-sama dengan staff ahli. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

4.5.4.7. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengkoordinir kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

4.5.4.8. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

4.5.4.9. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

4.5.4.10. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

4.5.4.11. Kepala Bagian Administrasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia, dan rumah tangga perusahaan.

4.5.4.12. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

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

4.5.4.13. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.5.4.14. Kepala Seksi

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

4.6.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Acrylonitrile* direncanakan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shut down*. Berdasarkan pembagian jam kerja, karyawan digolongkan menjadi 2 golongan, yaitu :

a. Karyawan non-shift

Karyawan non-shift adalah para karyawan yang tidak mengalami proses produksi secara langsung. Karyawan non-shift antara lain adalah Direktur, Staff ahli, Kepala Bagian, Kepala Seksi bagian administrasi. Karyawan non-shift dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut :

| | | |
|---------------|------------------|-----------------|
| Jam Kerja | : Senin - Jum'at | : 07.00 – 16.00 |
| Jam Istirahat | : Senin – Kamis | : 12.00 – 13.00 |
| | Jum'at | : 11.30 – 12.30 |

b. Karyawan shift

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Karyawan shift antara lain adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, bagian

keamanan, dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Para karyawan shift akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan shift dibagi 3 (tiga shift) dengan pengaturan sebagai berikut :

Shift Pagi : 07.00 – 15.00

Shift Sore : 15.00 – 23.00

Shift Malam : 23.00 – 07.00

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

Tabel 4.16 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu

| Hari/Regu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | P | P | P | L | M | M | M | L | S | S |
| 2 | S | S | L | P | P | P | L | M | M | M |
| 3 | M | L | S | S | S | L | P | P | P | L |
| 4 | L | M | M | M | L | S | S | S | L | P |

Keterangan :

P = Shift Pagi S = Shift Siang

S = Shift Siang L = Libur

4.6.6. Status Karyawan, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan

4.5.6.1. Jabatan dan Keahlian

Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SMP. Perinciannya sebagai berikut :

Tabel 4.17 Penggolongan Karyawan

| No. | Jabatan | Penggolongan karyawan |
|-----|-------------------------|------------------------------------|
| 1. | Direktur Utama | Sarjana Teknik |
| 2. | Staf Ahli | Sarjana Teknik |
| 3. | Direktur Produksi | Sarjana Teknik Kimia |
| 4. | Direktur Keuangan | Sarjana Ekonomi/Akuntansi |
| 5. | Sekretaris | Sarjana atau Akademi sekretaris |
| 6. | Kepala Bagian Produksi | Sarjana Teknik Kimia |
| 7. | Kepala Bagian Litbang | Sarjana Teknik Kimia |
| 8. | Kepala Bagian Teknik | Sarjana Teknik Kimia/Mesin/Elektro |
| 9. | Kepala Bagian Keuangan | Sarjana Ekonomi/Akuntansi |
| 10. | Kepala Bagian Pemasaran | Sarjana Teknik Kimia/Mesin/Elektro |
| 11. | Kepala Bagian Umum | Sarjana Ekonomi/Hukum |
| 12. | Kepala Seksi | Sarjana |
| No. | Non jabatan | Penggolongan karyawan |
| 1. | Operator | SLTA |
| 2. | Dokter | Sarjana Kedokteran |
| 3. | Perawat | Akademi Perawat |
| 4. | Lain-lain | SLTA |

4.5.6.2. Perincian Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat, sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif. Perincian jumlah karyawan dan gaji dapat dilihat pada table 4.17 dan 4.18 berikut :

Tabel 4.18 Perincian Jumlah Karyawan

| No | Jabatan | Jumlah |
|---------------|--------------------------|---------------|
| 1. | Direktur Utama | 1 |
| 2. | Staff ahli | 5 |
| 3. | Direktur Produksi | 1 |
| 4. | Direktur Keuangan | 1 |
| 5. | Sekretaris | 1 |
| 6. | Kepala Bagian Produksi | 1 |
| 7. | Kepala Bagian Litbang | 1 |
| 8. | Kepala Bagian Teknik | 1 |
| 9. | Kepala Bagian Keuangan | 1 |
| 10. | Kepala Bagian Pemasaran | 1 |
| 11. | Kepala Bagian Umum | 1 |
| 12. | Kasi Proses | 1 |
| 13. | Kasi Pengendalian | 1 |
| 14. | Kasi Laboratorium | 1 |
| 15. | Kasi penelitian | 1 |
| 16. | Kasi Pengembangan | 1 |
| 17. | Kasi safety & lingkungan | 1 |
| 18. | Kasi Pemeliharaan | 1 |
| 19. | Kasi utilitas | 1 |
| 20. | Kasi administrasi | 1 |
| 21. | Kasi keuangan | 1 |
| 22. | Kasi Pemasaran | 1 |
| 23. | Kasi Pembelian | 1 |
| 24. | Kasi Personalia | 1 |
| 25. | Kasi humas | 1 |
| 26. | Kasi Keamanan | 1 |
| Jumlah | | 32 |

Lanjutan tabel 4.18

| No. | Non Jabatan | Jumlah |
|---------------|--------------------------------|------------|
| 1. | Karyawan Proses | 33 |
| 2. | Karyawan Pengendalian | 26 |
| 3. | Karyawan Lab | 20 |
| 4. | Karyawan Penjualan | 3 |
| 5. | Karyawan Pembelian | 3 |
| 6. | Karyawan Pemeliharaan | 3 |
| 7. | Karyawan Utilitas | 14 |
| 8. | Karyawan admistrasi | 3 |
| 9. | Karyawan kas | 3 |
| 10. | Karyawan personalia | 3 |
| 11. | Karyawan humas | 3 |
| 12. | Karyawan keamanan | 11 |
| 13. | Karyawan pemasaran | 3 |
| 14. | Karyawan safety dan lingkungan | 4 |
| 15. | Dokter | 3 |
| 16. | Perawat | 9 |
| 17. | Sopir | 10 |
| 18. | Pesuruh | 6 |
| 19. | Operator | 12 |
| Jumlah | | 172 |

Jumlah karyawan keseluruhan = 32 + 172 = 204

Tabel 4.19 Perincian golongan dan gaji karyawan

| Gol. | Jabatan | Gaji/bulan | Kualifikasi |
|------|----------------|-------------------|------------------------|
| I | Direktur Utama | Rp. 30.000.000,00 | S1 pengalaman 10 tahun |
| II | Direktur | Rp. 20.000.000,00 | S1 pengalaman 10 tahun |
| III | Staff ahli | Rp. 7.500.000,00 | S1 pengalaman 5 tahun |
| IV | Kepala bagian | Rp. 7.000.000,00 | S1 pengalaman |
| V | Kepala seksi | Rp. 6.000.000,00 | S1/D3 pengalaman |
| VI | Sekretaris | Rp. 6.000.000,00 | S1 pengalaman |
| No. | Non Jabatan | Gaji/bulan | Kualifikasi |
| 1. | Dokter | Rp. 5.000.000,00 | S1 pengalaman |
| 2. | Perawat | Rp. 4.400.000,00 | D3 pengalaman |
| 3. | Karyawan | Rp. 4.000.000,00 | SLTA |
| 4. | Operator | Rp. 4.400.000,00 | SLTA |
| 5. | Sopir | Rp. 3.200.000,00 | SLTA |
| 6. | Pesuruh | Rp. 3.200.000,00 | SLTA |

4.6.7. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa :

1. Tunjangan
 - a. Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan bersangkutan
 - b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan
 - c. Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja
2. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan pada karyawan sejumlah 3 pasangan/tahun
3. Cuti
 - a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun
 - b. Cuti sakit diberikan pada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter
4. Pengobatan
 - a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku

- b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan
5. Asuransi Keselamatan Kerja (BPJS)
BPJS diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawannya lebih dari 10 orang atau dengan gaji karyawan Rp.1.000.000,00/bulan.

4.7. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu ditinjau dalam analisa ekonomi antara lain :

1. Laju pengembalian modal (*Retrun On Investment*)
2. Waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*)
3. Titik impas (*Break Even Point*)
4. Batas produksi dimana pabrik akan bangkrut (*Shut Down Point*)
5. Perkiraan keuntungan yang diperoleh tiap tahun berdasarkan jumlah investasi tidak kembali tiap tahun selama umur ekonomis pabrik (*Discounted Cash Flow*)

Sebelum dilakukan analisa terhadap faktor-faktor tersebut diatas, perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal meliputi modal total, biaya produksi total dan keuntungan yang diperoleh.

4.7.1. *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik untuk mengoperasikannya yang meliputi :

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik, meliputi :

- a. *Physical Plant Cost (PPC)*
- b. *Engineering and Construction Cost (EC)*
- c. *Contractor's Fee (CF)*
- d. *Contingency Cost/ Biaya Tak terduga*

2. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha/modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu, meliputi :

- a. *Raw Material Inventory (RMI)/Persediaan Bahan Baku*
- b. *In Process Inventory (IPI)/ Persediaan Bahan Baku per Hari*
- c. *Product Inventory (PI)/ Persediaan Produk*
- d. *Extended Credit (EC)*
- e. *Available Cash (AC)*

4.7.2. *Manufacturing Cost*

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

- a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC) : adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk
- b. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC) : adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik
- c. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC) : merupakan harga yang berkenaan dengan fixed capital dan pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak bergantung pada waktu dan tingkat produksi.

4.7.3. *General Expense*

General Expense merupakan pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak terkait dengan *manufacturing* seperti *administration*, *sales promotion*, *research* dan *finance*.

4.7.4. **Analisa Kelayakan**

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak, maka dilakukan analisa/evaluasi kelayakan.

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

1. *Persent Profit On Sales (POS)*

$$POS = \frac{\text{profit(keuntungan)}}{\text{harga jual produk}} \times 100\%$$

2. *Present Return On Investment (ROI)*

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

$$ROI = \frac{\textit{Profit(keuntungan)}}{\textit{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

3. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah waktu pengambilan modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini perlu untuk mengetahui dalam beberapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\textit{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\textit{Keuntungan} + 0,1\textit{FCI}} \times 100\%$$

4. *Break Even Poin (BEP)*

Break Even Point adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan break even point kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan.

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

Dalam hubungan ini :

Fa : *Fixed manufacturing cost*

Ra : *Regulated cost*

Va : *Variabel cost*

Sa : *Penjualan produk*

5. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *fixed expense* (Fa) dibandingkan harus produksi

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

6. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

- Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan “DCFR” dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- Laju bunga maksimal di mana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC + WC) (1+i)^n = \sum_{j=1}^n C_j (1 + i)^{n-1} + (Wc + Sv)$$

4.7.5. Penaksiran Harga Peralatan

Penafsiran harga alat setiap waktu akan selalu berubah, tergantung dari perubahan kondisi ekonomi yang terjadi. Untuk memperkirakan harga suatu peralatan, digunakan suatu metode yang mengkonversikan harga suatu peralatan

pada beberapa waktu yang lalu sehingga diperoleh harga yang ekuivalen pada saat sekarang. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$E_x = E_y * (N_x/N_y)$$

Dimana :

E_x = harga alat pada tahun x

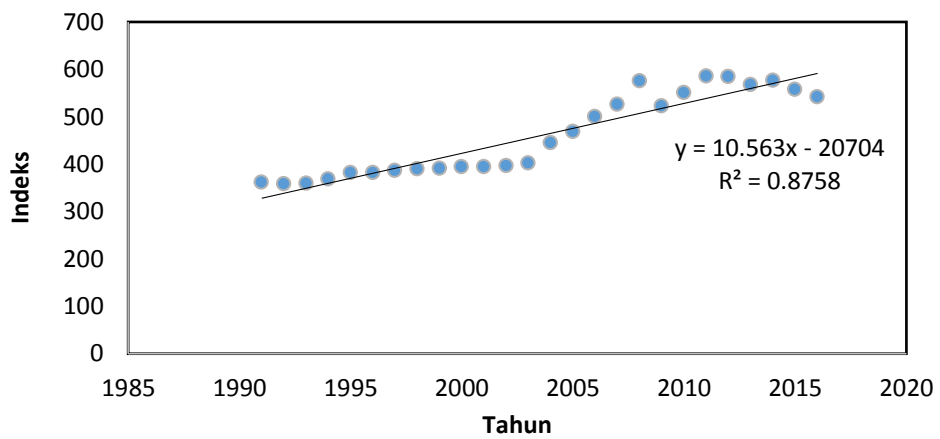
E_y = harga alat pada tahun y

N_x = indeks harga pada tahun x

N_y = indeks harga pada tahun y

Tabel 4.20 Cost Index tahun 1991 – 2016

| Tahun | Index Harga | Tahun | Index Harga |
|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| 1991 | 361,3 | 2004 | 444,2 |
| 1992 | 358,2 | 2005 | 468,2 |
| 1993 | 359,2 | 2006 | 499,6 |
| 1994 | 368,1 | 2007 | 525,4 |
| 1995 | 381,1 | 2008 | 575,4 |
| 1996 | 381,7 | 2009 | 521,9 |
| 1997 | 386,5 | 2010 | 550,8 |
| 1998 | 389,5 | 2011 | 585,7 |
| 1999 | 390,6 | 2012 | 584,6 |
| 2000 | 341,1 | 2013 | 567,3 |
| 2001 | 394,3 | 2014 | 576,1 |
| 2002 | 395,6 | 2015 | 556,8 |
| 2003 | 402 | 2016 | 541,7 |



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara tahun dengan cost index harga alat

Berdasarkan grafik diatas diperoleh persamaan index harga,

$$y = 10,563x - 20704$$

dengan :

$$y = \text{harga indeks}$$

$$x = \text{tahun}$$

sehingga diperoleh index harga untuk tahun berikutnya seperti berikut :

Tabel 4.21 Index harga tahun 2017-2022

| Tahun | Index Harga |
|-------|-------------|
| 2017 | 601,57 |
| 2018 | 612,13 |
| 2019 | 622,70 |
| 2020 | 633,26 |
| 2021 | 643,82 |
| 2022 | 654,39 |

Jadi indeks pada tahun 2022 = 654,39

Harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Jika suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi, maka harga alat diperkirakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Eb = Ea \left(\frac{Cb}{Ca} \right)^{0.6}$$

Dimana :

Ea = harga alat a

Eb = harga alat b

Ca = kapasitas alat a

Cb = kapasitas alat b

4.7.6. Dasar perhitungan dan Hasil perhitungan

Kapasitas Produksi : 40.000 ton/hari

Satu tahun operasi : 330 hari

Nilai Kurs US \$: Rp 14.382,82-

Tahun Operasi : 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun : 2022

Berikut akan di jabarkan perhitungan rencana pendirian pabrik *Acrylonitrile* yang meliputi *Fixed Capital Investment (FCI)*, *Working Capital Investment (WC)*, *Manufacturing Cost (MC)*, Dan *General Expenses (GE)*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.22 *Fixed Capital Investment*

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Purchased equipment cost</i> | 45.183.187.429 |
| 2 | Instalasi alat | 6.208.098.522 |
| 3 | Pemipaan | 23.377.709.745 |
| 4 | Instrumentasi | 12.081.912.888 |
| 5 | Insulasi | 1.669.642.553 |
| 6 | Listrik | 4.937.181.316 |
| 7 | Bangunan | 181.176.000.000 |
| 8 | Tanah & Pembuatan jalan | 314.160.000.000 |
| 9 | Utilitas | 305.568.976.123 |
| 10 | <i>Engineering & Contruction</i> | 178.872.541.715 |
| 11 | <i>Contractor's fee</i> | 42.929.410.012 |
| 12 | <i>Contigency</i> | 107.323.525.029 |
| 13 | <i>Enviromental cost</i> | 6.777.478.114 |
| 14 | <i>Plant start up cost</i> | 2.146.470.501 |
| <i>Fixed Capital Cost</i> | | 1.232.412.133.946 |

Tabel 4.23 *Working Capital Investment* (modal kerja)

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Raw Material inventory</i> | 11.294.290.622 |
| 2 | <i>In Process Inventory</i> | 375.113.874 |
| 3 | <i>Product Inventory</i> | 45.013.664.920 |
| 4 | <i>Extended Credit</i> | 61.726.269.167 |
| 5 | <i>Available Cash</i> | 90.027.329.840 |
| <i>Working Capital Investment</i> | | 208.436.668.423 |

Tabel 4.24 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1 | Harga Bahan Baku | 542.125.949.844 |
| 2 | <i>Labour</i> | 10.854.000.000 |
| 3 | <i>Supervision</i> | 1.628.100.000 |
| 4 | <i>Maintenance</i> | 36.972.364.018 |
| 5 | <i>Plant Supplies</i> | 5.545.854.603 |
| 6 | <i>Royalties dan Patent</i> | 14.814.304.600 |
| 7 | <i>Utility</i> | 59.909.211.763 |
| <i>Direct Manufacturing Cost</i> | | 671.849.784.828 |

Tabel 4.25 *Indirect Manufacturing Cost*

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Pay Roll Overhead</i> | 1.953.720.000 |
| 2 | <i>Laboratorium</i> | 1.628.100.000 |
| 3 | <i>Plant Overhead</i> | 6.512.400.000 |
| 4 | <i>Packaging & Transportation</i> | 148.143.046.000 |
| <i>Indirect Manufacturing Cost</i> | | 158.237.266.000 |

Tabel 4.26 *Fixed Manufacturing Cost*

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | <i>Depresiasi</i> | 123.241.213.395 |
| 2 | <i>Property Taxes</i> | 24.648.242.679 |
| 3 | <i>Insurance</i> | 12.324.121.339 |
| <i>Fixed Manufacturing Cost</i> | | 160.213.577.413 |

Tabel 4.27 *Total Manufacturing Cost*

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Direct Manufacturing Cost</i> | 671.849.784.828 |
| 2 | <i>Indirect Manufacturing Cost</i> | 158.237.266.000 |
| 3 | <i>Fixed Manufacturing Cost</i> | 160.213.577.413 |
| <i>Manufacturing Cost</i> | | 990.300.628.241 |

Tabel 4.28 General Expenses

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|-------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Administrasi | 10.934.000.000 |
| 2 | <i>Sales</i> | 148.545.094.236 |
| 3 | <i>Research</i> | 49.515.031.412 |
| 4 | <i>Finance</i> | 57.633.952.095 |
| <i>General Expenses</i> | | 266.628.077.743 |

Tabel 4.29 Total Biaya Produksi

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|-----------|---------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Manufacturing Cost</i> | 990.300.628.241 |
| 2 | <i>General Expense</i> | 266.628.077.743 |
| Total | | 1.256.928.705.983 |

Tabel 4.30 Fixed Cost (Fa)

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|-----------|---------------------|-------------------|
| 1 | Depresiasi | 123.241.213.395 |
| 2 | <i>Property tax</i> | 24.648.242.679 |
| 3 | Asuransi | 12.324.121.339 |
| Total | | 160.213.577.413 |

Tabel 4.31 Variable Cost (Va)

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|-------|--------------------------------|-----------------|
| 1 | <i>Raw Material</i> | 542.125.949.844 |
| 2 | <i>Packaging and shipping</i> | 148.143.046.000 |
| 3 | <i>Utilitas</i> | 59.909.211.763 |
| 4 | <i>Royalties & patents</i> | 14.814.304.600 |
| Total | | 764.992.512.206 |

Tabel 4.32 Regulated Cost (Ra)

| No | Jenis | Biaya (Rp) |
|-------|-------------------------|-----------------|
| 1 | Gaji karyawan | 10.854.000.000 |
| 2 | <i>General expense</i> | 266.628.077.743 |
| 3 | <i>Payroll overhead</i> | 1.953.720.000 |
| 4 | Supervisi | 1.628.100.000 |
| 5 | Laboratorium | 1.628.100.000 |
| 6 | <i>Maintenance</i> | 36.972.364.018 |
| 7 | <i>Plant supplies</i> | 5.545.854.603 |
| Total | | 325.210.216.364 |

4.7.7. Analisa Keuntungan

Keuntungan sebelum pajak = *sales price – production cost*

= Rp. 224.501.754.017

Keuntungan setelah pajak = PBT x (40-100%)

= PBT x 50%

= Rp. 112.250.877.008

4.7.8. Hasil Kelayakan Ekonomi

4.7.8.1. *Percent Return On Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{\text{profit (keuntungan)}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

$$ROI_a = \frac{\text{Rp. 112.250.877.008}}{\text{Rp. 1.232.412.133.946}} \times 100\%$$

$$= 9 \%$$

$$ROI_b = \frac{\text{Rp. 224.501.754.017}}{\text{Rp. 1.232.412.133.946}} \times 100\%$$

$$= 18 \%$$

4.7.8.2. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan} + 0,1\text{FCI}}$$

$$POT_a = \frac{\text{Rp. 1.232.412.133.946}}{\text{Rp. 112.250.877.008} + \text{Rp. 123.241.213.395}}$$

$$= 5,23 \text{ tahun}$$

$$POT_b = \frac{\text{Rp. 1.232.412.133.946}}{\text{Rp. 224.501.754.017} + \text{Rp. 123.241.213.395}}$$

$$= 3,54 \text{ tahun}$$

4.7.8.3. Break Even Point (BEP)

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

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp. } 160.213.577.413 + 0,3 \times \text{Rp. } 325.210.216.364}{\text{Rp. } 1.481.430.460.000 - \text{Rp. } 764.992.512.206 - 0,7 \times \text{Rp. } 325.210.216.364} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 50,07\%$$

4.7.8.4. Shut Down Point (SDP)

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

$$\text{SDP}$$

$$= \frac{0,3 \times \text{Rp. } 325.210.216.364}{\text{Rp. } 1.481.430.460.000 - \text{Rp. } 764.992.512.206 - 0,7 \times \text{Rp. } 325.210.216.364} \times 100$$

$$\text{SDP} = 19,96\%$$

4.7.8.5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp. 1.232.412.133.946

Working Capital = Rp. 208.436.668.423

Salvage Value (SV) = Rp. 123.241.213.395

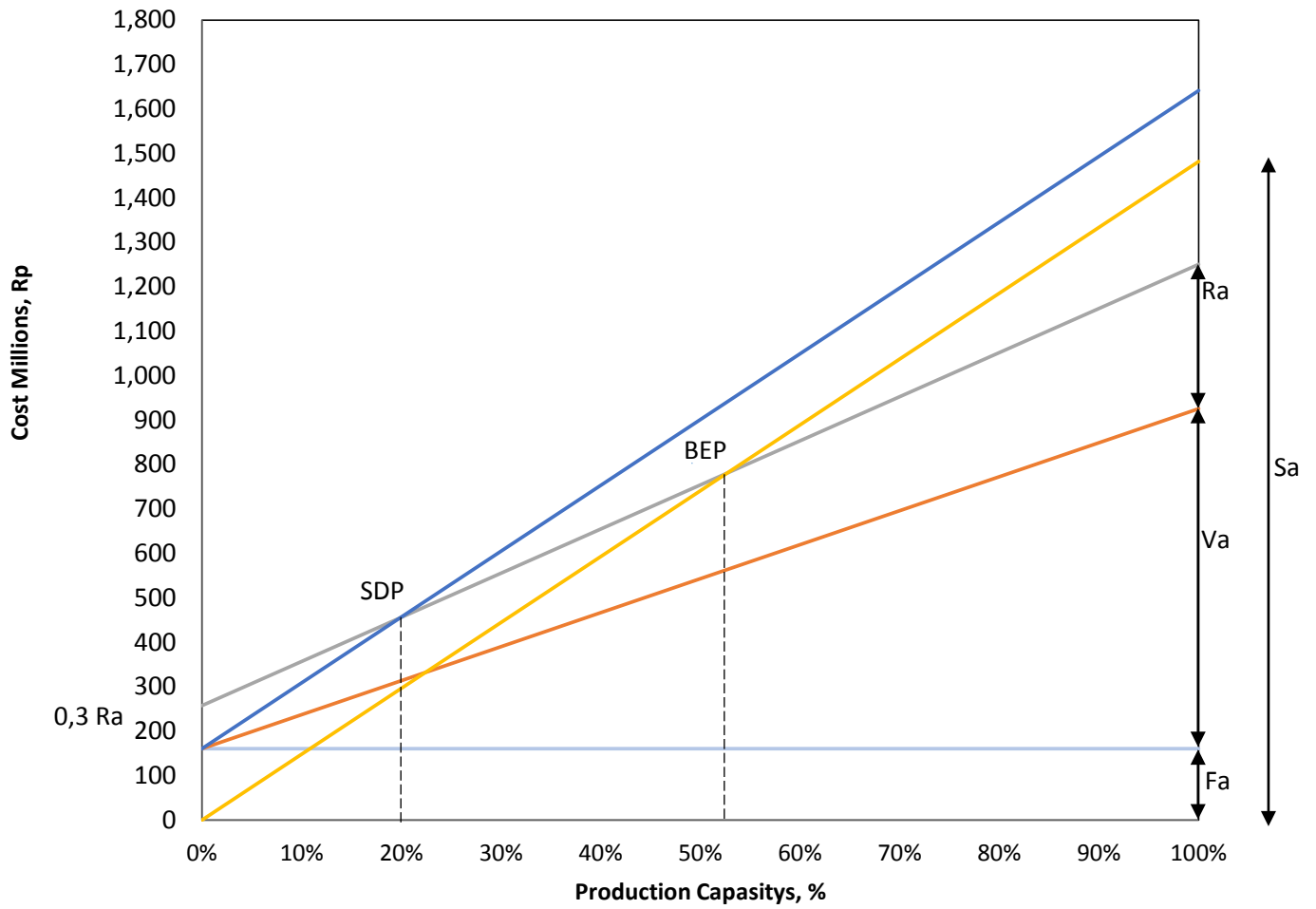
Cash flow (CF) = Rp. 293.126.042.498

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(\text{FC} + \text{WC}) (1+i)^n = \sum_{j=1}^n C_j (1+i)^{n-1} + (\text{Wc} + \text{Sv})$$

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

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 19\%$



Gambar 4.9 Grafik Analisa Ekonomi

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Prarancangan pabrik *acrylonitrile* dari *ethylene cyanohydrin* dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini direncanakan akan di Cilegon, Banten dengan luas area pabrik 28.560 m² dengan jumlah karyawan 204 orang. Dari hasil perhitungan dan evaluasi ekonomi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi tertinggi pada suhu 280°C dan tekanan 1,3 atm, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka pabrik *Acrylonitrile* dari *Ethylene Cyanohydrin* ini tergolong pabrik beresiko rendah.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
 - a. Keuntungan yang diperoleh :
Keuntungan sebelum pajak Rp. 224.501.754.017,00 /tahun dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 134.701.052.410,00 /tahun.
 - b. Return On Investment (ROI) :
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 18%, dan ROI setelah pajak sebesar 9%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah <44% (Aries & Newton, 1955).
 - c. *Pay Out Time* (POT):
POT sebelum pajak selama 3,5 tahun dan POT setelah pajak selama 5,2 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).
 - d. *Break Event Point* (BEP) pada 52,74%, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 19,96%. Diketahui bahwa syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.

- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 19%. Harga DCF yang menarik bagi investor adalah 1,5 – 2,0 kali suku bunga bank. Suku bunga bank rata-rata saat ini adalah 4,75%

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka pabrik *Acrylonitrile* dari *Ethylene Cyanohydrin* dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2. Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk *Acrylonitrile* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
4. Pemenuhan bahan baku didapatkan dari impor dan berasal dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut jadi diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S., and Newton, R.D., 1995, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc. Graw Hill Book Company, New York.

Brown, G.G., 1978, *Unit Operation*, Jonh Wiley and Sons. Inc., New York.

Brownell, L.E., and Young, E.H, 1979, *Process Engineering Design*, 3nd Edition, Willey Eastern Ltd, New Delhi.

Coulson, J.H., and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering Design*, vol.6, Pergason Press, Oxford.

Evans, F.L., 1974, *Equipment Design Hand Book for Refineries and Chemical Plant*, Volume 1 & 2, Gulf Publishing Co., Houston.

Faith, W. L., Keyes, D. 8., and Clarlq R. L., 1957, *Industrial Chemicals*, JohnWiley & Sons New York

Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, Mc. Graw Hill Book Company Inc., New York.

Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1982, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, 3nd Edition, vol. 4, Interscience Publishing Inc., New York.

Leidler, K.J.,1985, *Chemical kinetics and origins of physical chemistry*

Levenspiel, O., 1976, *Chemical Reaction Engineering*, 2nd Edition, Jonh Wiley and Sons Inc., New York.

Ludwig, E.E., 1965, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing Co., Houston.

McAdams, W.H., 1954, *Heat Transmission*, 3rd ed., McGraw-Hill Book Company Inc, Kogakusha, Tokyo.

MC. Ketta and Willian. Acmgam, 1983, *Encyclopedia of Chemical Proceccing and Design, Vol 9, Mc. Graw Hill Book. Co,Tokyo.*

Perry's, R.H., and Green, D., 1999, *Perry's Chemical Engineer's Hand Book*, 7th Edition, Mc. Graw Hill Book Company Inc., New York.

Peters, M.S., and Timmerhause, 1980, *Plant Design and Economy for Chemical Engineer's*, 3nd Edition, Mc Graw Hill Book Company Inc., Singapore.

Rase, H.F., 1987, *Chemical Reactor Design for Process Plant*, vol 1 & 2 , Mc. Graw Hill Book Company Inc., Singapore.

Smith, J.M., 1981, *Chemical Engineering Kinetics*, 3nd Edition, Mc. Graw Hill Book Company Inc., Singapore.

Treyball, R.E., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3nd Edition, Mc. Graw Hill Book Company Inc., Singapore.

Ulrich, G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Vilbrandt, F. C., and Dreyden, C. E., 1959, *Chemical Engineering Plant Design*, Mc. Graw Hill Book Co. Inc., New York.

www.fibre2fashion.com., Accesed Maret 2018

www.icis.com., Accesed Maret 2018

www.matches.com, Accesed Agustus 2018

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw-Hill Companies Inc., New York

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

REAKTOR

Tugas : Tempat berlangsungnya reaksi antara *Ethylene Cyanohydrin* dan Air untuk membentuk *Acrylonitrile*

Bentuk : Reaktor *Fixed Bed*

Fase : Gas

Tekanan : 1,3 atm

Suhu : 250-350°C

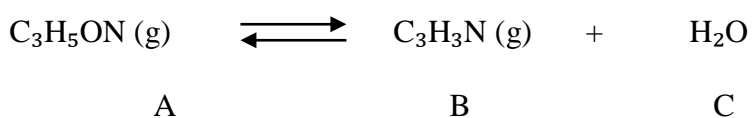
Katalis : Alumina (Al₂O₃)

A. Uraian Proses

Reaksi *Ethylene Cyanohydrin* menjadi *Acrylonitrile* dan air terjadi pada suhu 280°C dengan katalis padat alumina. Reaksi terjadi pada permukaan padatan katalis sedangkan reaktan masuk reaktor pada fase gas. Kondisi operasi reaktor ini adalah *non-isothermal*, *adiabatis*, suhu gas 280°C dan tekanan 1,3 atm. Konversi reaktan menjadi *Acrylonitrile* sebesar 90%.

B. Menyusun Persamaan Reaksi :

Ditinjau reaksi :



Reaksi pembentukan *Acrylonitrile* dirumuskan sebagai :

$$(-r_A) = k (P_A)$$

(Leidler, 1980)

P_A = konsentrasi keluar C_3H_5ON reaktor

K = konstanta kinetika reaksi pembentukan Acrylonitrile

Harga konstanta kecepatan reaksi (k)

$$\log k = 14,29 - \frac{234,9}{2,303 RT}$$

(*Journal of physical organic chemistry, 1999*)

C. Menghitung neraca massa komponen pada reaktor.

Waktu operasi = 330 hari/tahun

Kapasitas = 40.000 ton/tahun

$$= \frac{40000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 5.050,5051 \text{ kg/jam}$$

Perbandingan umpan masuk reaktor adalah

a. Umpan Masuk Reaktor

Tabel A-1. Massa umpan reaktor

| Komponen | Kg/jam | Fr.massa | Kgmol/jam |
|------------|-----------|----------|-----------|
| C_3H_5ON | 7517,4833 | 0,9975 | 105,7609 |
| C_3H_3N | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| H_2O | 19,0581 | 0,0025 | 1,0576 |
| Jumlah | 7536,5414 | 1 | 106,8185 |

b. Reaksi

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi searah dengan konversi 90%. Secara stokiometri :

| | C_3H_5ON | C_3H_3N+ | H_2O | |
|----------|------------|------------|---------|--|
| Mula : | 105,7609 | 0 | 1,0576 | |
| Reaksi : | 95,1848 | 95,1848 | 95,1848 | |
| Sisa : | 10,5761 | 95,1848 | 96,2424 | |

Tabel A-2. Massa gas keluar reaktor

| Komponen | Kg/jam | Fr.massa | Kgmol/jam |
|------------|-----------|----------|-----------|
| C_3H_5ON | 751,7483 | 0,0998 | 10,5761 |
| C_3H_3N | 5050,5051 | 0,6701 | 95,1848 |
| H_2O | 1734,2881 | 0,2301 | 96,2424 |
| Jumlah | 7536,5414 | 1 | 106,8185 |

D. Menentukan Jenis Reaktor

Dipilih reaktor jenis fixed bed single tube dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Reaksi yang berlangsung ada;ah fase gas dengan katalis padat.
2. Menggunakan katalis alumina yang dapat digunakan berulang-ulang.
3. Pressure Drop gas pada fixed bed lebih kecil dibandingkan dengan reaktor fluidized bed.
4. Kehilangan katalis termasuk kecil jika dibandingkan dengan reactor *fluidized bed*.

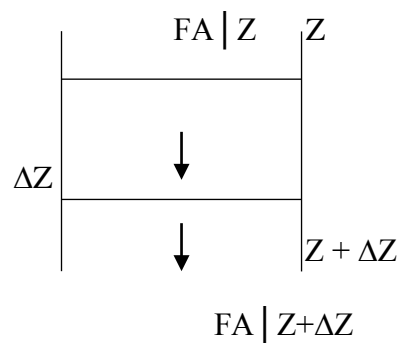
5. Konstruksi reaktor lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor *fluidized bed* sehingga biaya pembuatan, operasional, dan perawatannya relatif murah.

Kondisi operasi reaktor :

- Non isothermal dan adiabatik
- $P = 1,3 \text{ atm}$
- $T = 280^\circ\text{C}$

E. Penyusunan Model Matematis

- Neraca massa pada pipa berisi tumpukan katalisator pada elemen volum



Rate of in – out – reaksi = acc

$$F_A | z - F_A | z + \Delta z - [(-r_A) \cdot \rho_B \cdot \Delta V_R] = 0$$

dimana : $\Delta V_R = A \cdot \Delta z$

$$A = \frac{1}{4} (\pi \cdot D_i^2)$$

$$F_A | z - F_A | z + \Delta z - [(-r_A) \cdot \rho_B \cdot \frac{1}{4} (\pi \cdot D_i^2) \cdot \Delta z] = 0$$

$$\frac{F_A | z + \Delta z - F_A | z}{\Delta z} = -(-r_A) \cdot \rho_B \cdot \frac{1}{4} (\pi \cdot D_i^2)$$

$$\frac{\Delta F_A}{\Delta z} = \frac{-(-r_A) \cdot \rho_B \cdot \pi \cdot D_i^2}{4}$$

Limit $\Delta z \rightarrow 0$ maka

$$\frac{dF_A}{dz} = -(-r_1) \cdot \rho_b \cdot \frac{\pi}{4} Di^2$$

$$-F_{A0} \frac{dx_1}{dz} = -(-r_1) \cdot \rho_b \cdot \frac{\pi}{4} Di^2$$

$$\frac{dx_1}{dz} = \frac{k'_1 \cdot P_A \cdot \rho_b \cdot \pi \cdot Di^2}{4 F_{A0}}$$

$$P_i = y_i \cdot P_t = \frac{F_i}{F_t} \cdot P_t$$

Dengan :

Di = Diameter dalam pipa, m

ρ_b = Densitas bulk katalisator, kgkat/m³

F_{A0} = Kecepatan umpan C_3H_5ON , kmol/jam

X_1 = Konversi C_3H_5ON

P_t = Tekanan sistem, atm

2. Neraca Panas dalam elemen volum :

Neraca panas pereaksi pada elemen volum setebal Δz

Asumsi : entalpi semua unsur pada fasa gas pada suhu T_r (suhu referensi) adalah sama dengan nol

Rate of input – Rate of output = Rate of accumulation

$$(\sum(F_i H_i)|_z) - (\sum(F_i H_i)|_{z + \Delta z}) + \pi \cdot D_i \cdot \Delta z \cdot U_D \cdot (\vec{T} - \vec{T}_p) = 0$$

Dalam hal ini $H_i = \text{entalphi}$ gas tiap kmol dan dipakai juga asumsi keadaan *quasi steady state*, panas reaksi sudah masuk dalam $(\sum F_i H_i)$

$$\frac{\sum(F_i H_i)|_{z+\Delta z} - \sum(F_i H_i)|_z}{\Delta z} = -\pi \cdot D_i \cdot U_D \cdot (\vec{T} - \vec{T}_p)$$

jika diambil limit $\Delta z \rightarrow 0$ maka

$$\frac{d}{dz}(\sum(F_i H_i)) = -\pi \cdot D_i \cdot U_D \cdot (T - T_p)$$

$$\sum\left(F_i \frac{dH_i}{dz}\right) + \sum\left(H_i \frac{dF_i}{dz}\right) = -\pi \cdot D_i \cdot U_D \cdot (T - T_p)$$

$$\sum\left(F_i \frac{dH_i}{dT} \cdot \frac{dT}{dz}\right) + \left(H_A \cdot \frac{dF_A}{dz} + H_B \cdot \frac{dF_B}{dz} + H_C \cdot \frac{dF_C}{dz}\right) = -\pi \cdot D_i \cdot U_D \cdot (T - T_p)$$

Harga $\frac{dH_i}{dT} = C p_i$, $\frac{dF_F}{dz} = 0$ (*inert*) sedangkan perubahan mol gas-gas lain dicari

dari persamaan stoikhiometri, menjadi

$$\frac{dT}{dz} = \frac{F_{B0}(-\Delta H_{R1}) \frac{dx_1}{dz} - \pi \cdot D_i \cdot U_D \cdot (T - T_p)}{\sum(F_i C p_i)}$$

Harga ΔH_R pada suhu T dapat dicari dari ΔH_R^0 (pada suhu T_R) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta H_{R,T} = \Delta H_{R,298}^{\circ} + \int_{298}^T \Delta C_p_i dT$$

Dengan:

$\Delta H_{R1}, \Delta H_{R2}$ = Panas reaksi, kkal/mol

C_p = Kapasitas panas, kkal/kmol.K

UD = Koefisien transfer panas *overall* antara pereaksi dan pemanas

a. Panas Reaksi

Tabel A-3 Data ΔH_f untuk masing masing komponen pada 298 K

| Komponen | ΔH_f (kJ/mol) |
|----------------------------------|-----------------------|
| C ₃ H ₅ ON | -98,3 |
| C ₃ H ₃ N | 184,93 |
| H ₂ O | -241,8 |

panas reaksi pada 25°C (ΔH_R 25°C):

$$\Delta H_R 298 K = \sum \Delta H_f \text{ produk} - \sum \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta H_f \text{ C}_3\text{H}_3\text{N} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}) - \Delta H_f \text{ C}_3\text{H}_5\text{ON}$$

$$= (184,93 + (-241,80)) \text{ kJ/mol} - (-98,3) \text{ kJ/mol}$$

$$= 41,43 \text{ kJ/mol} = 41.430 \text{ kJ/kmol}$$

ΔH_R 298 K bernilai positif sehingga reaksi ini bersifat endotermis

b. Kapasitas Panas gas

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

Tabel A-4. Data kapasitas panas gas Komponen

| Komponen | A | B | C | D | E |
|----------------------------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| C ₃ H ₃ N | 18,425 | 1,8336.10 ⁻¹ | -1,0072.10 ⁻⁴ | 1,8747.10 ⁻⁸ | 9,1114.10 ⁻¹³ |
| H ₂ O | 33,933 | -8,4186.10 ⁻³ | 2,9906.10 ⁻⁵ | -1,7825.10 ⁻⁸ | 3,6934.10 ⁻¹² |
| C ₃ H ₅ ON | 8,904 | 3,1056.10 ⁻¹ | -2,0843.10 ⁻⁴ | 6,3273.10 ⁻⁸ | -6,1415.10 ⁻¹² |

Dari harga masing-masing C_p dan reaksi pembentuk acrylonitrile diatas dapat

persamaan $\Delta H_R = f(T)$:

$$\Delta H_R = 41,43 + 43,454 (T - 298) - 0,0653 (T^2 - 298^2) + 4,5872 \cdot 10^{-5} (T^3 - 298^3) - 1,5588 \cdot 10^{-8} (T^4 - 298^4) + 2,1492 \cdot 10^{-12} (T^5 - 298^5)$$

c. Viskositas gas

Viskositas gas dapat dihitung menggunakan persamaan Thodos (Reid, R.C., 1977).

$$\eta \cdot \xi = 4,610 Tr^{0,618} - 2,04e^{-0,449 Tr} + 1,94e^{-4,058 Tr} + 0,1$$

$$\xi = \frac{T_c^{1/2}}{M^{1/2} \times P_c^{2/3}}$$

$$Tr = \frac{T}{T_c}$$

Keterangan:

η = viskositas, μP

M = berat molekul, kg/kgmol

T = suhu operasi, K

T_c = suhu kritis, K

Tr = suhu tereduksi, K

P_c = tekanan kritis, atm

F. Penentuan Diameter Reaktor

Diameter reaktor di tentukan dari densitas dan flowrate massa gas masuk reaktor.

Campuran gas masuk reaktor diasumsikan sebagai gas ideal sehingga :

$$PV = nRT$$

$$\rho_G = \frac{P \cdot BM_G}{R \cdot T}$$

Dengan : ρ_G = Densitas campuran gas (kg/m³)

P = Tekanan total gas (atm)

BM_G = Berat molekul campuran gas (kg/kmol)

R = 0,08206 (atm.m³/kmol.K)

T = suhu gas (K)

Kecepatan massa superfisial campuran gas (G) ditentukan dari nilai kecepatan gas pada luas penampang reaktor kosong (tanpa bed) dengan kisaran nilai antara

0,005-1 m/s (Ulrich, 1984)

$$G = U_G \times \rho_G$$

Dengan : ρ_G = Densitas campuran gas (kg/m³)

U_G = Kecepatan gas (m/jam)

G = kecepatan massa superfisial campuran gas (kg/jam.m²)

Kemudian luas penampang diperoleh dari persamaan :

$$A = \frac{FM_T}{G}$$

Dengan

A = Luas penampang reaktor (m²)

FMT = Flowrate massa gas total (kg/jam)

Maka diameter reaktor dapat ditentukan :

$$ID = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2}$$

Dengan : ID = Diameter dalam reaktor (m)

A = Luas penampang reaktor (m²)

Pemilihan nilai UG akan mempengaruhi panjang bed (z,m) dan diameter reaktor (ID,m) sehingga sangat menentukan berat katalis yang akan dipakai dalam reaktor. Nilai UG yang dipakai adalah UG yang memberikan berat katalis minimum pada konversi yang di inginkan namun masih dalam batasan fixed bed reactor (Ulrich, 1984).

Tabel A-6. Batasan Umum Fixed Bed untuk Fase Gas

| Komponen | Batasan |
|--|-------------|
| Diameter bed, D (m) | 0,3 – 4 |
| Tinggi bed, L (m) | 0,3 – 30 |
| Porositas | 0,35 – 0,70 |
| Ukuran partikel katalis, dp (m) | <0,1 D |
| Kecepatan superficial fluida, UG (m/s) | 0,005 – 1 |
| Pressure drop (kPa/m) | 0,001 – 1 |
| Suhu maksimum bahan Carbon Steel (°C) | 450 |
| L/D (syarat aliran Plug flow) | ≥4 |

(Ulrich,1984)

G. Penurunan Tekanan di Reaktor

Penurunan tekanan dapat dihitung menggunakan rumus 11.6 (*chapter 11, Rase, 1977, p.492*)

$$\frac{\Delta P}{z} = \frac{G'}{\rho \cdot g \cdot D_p} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \left\{ \frac{150(1 - \varepsilon) \cdot \mu}{D_p} + 1,75 G' \right\}$$

Dengan ,

ΔP = Penurunan tekanan dalam *tube*, lb/ft²

Z = Panjang pipa, ft

G' = Kecepatan aliran massa perluas penampang, lb/jam/ft²

ρ = Densitas fluida, lb/ft³

D_p = Diameter partikel katalis, ft

ε = Porositas partikel katalis

μ = Viskositas fluida, lb/jam/ft

g = Percepatan gravitasi, 4,18.10⁸ ft/jam

H. Porositas Katalisator

Jenis = *alumina oxide*

Bentuk = silinder

Bulk density, $\rho_B = 1280 \text{ kg/m}^3$

Diameter partikel (D_p) adalah diameter partikel katalis yang ekuivalen dengan diameter bola dengan volume yang sama dengan volume katalis (Rase, 1977, p.493)

I. Menghitung Panjang Reaktor

PROGRAM REAKTOR FIXED SINGLE SINGLE TUBULAR BED

(MATLAB)

```
function fixedbedreactor
```

```
clc
```

```
clear all
```

```
global Fao Fbo Fco ya yb yc dp A Fa Fb Fc Ft BMa BMb BMc rhog G por rhob
```

```
% Input Data Umpan (kg/jam)
```

```
% a = Ethylene Cyanohidrin; b = Acrylonitrile; c = Air
```

```
FMao=7517.483331;
```

```
FMbo=0;
```

```
FMco=19.05811;
```

```
FMt=FMao+FMbo+FMco;
```

```
% Trial Ugt, Fluid Superficial Velocity (m/s)
```

```
% (batasan Ulrich = 0.005 - 1 m/s)
```

```
Ugt=1;
```

```
% Konversi Ugt menjadi m/jam:
```

```
Ug=Ugt*3600;
```

```
% BM komponen (kg/kmol)
```

```
BMa=71.08;
```

```
BMb=53.06;
```

BMc=18.02;

% Mol Flowrate (kmol/jam)

Fao=FMao/BMa;

Fbo=FMbo/BMb;

Fco=FMco/BMc;

Fto=Fao+Fbo+Fco;

% Data input:

xa0=0; % Konversi inlet

T0=553.15; % Temperature Inlet

(K) P0=1.3*101.325; % Tekanan inlet (kPa)

BMg=BMa*(Fao/Fto)+BMb*(Fbo/Fto)+BMc*(Fco/Fto); % BM campuran gas

dp=0.00262; % Diameter katalis (m)

R=0.08206; % Gasconstant(atm.m³/kmolK)

rhog=((P0/101.325)*BMg)/(R*T0); % densitas camp gas(kg/m³)

G=Ug*rhog; % kg/jam/m²

A=FMt./G; % LuasPenampang Reaktor(m²)

D=(4*A/3.14)^0.5; % Diameter Reaktor (m)

rhok=1280; % Densitas katalis (kg/m³)

por=0.38+0.073*(1+((D/dp-2)^2)/(D/dp)^2); % porositas

rhob=rhok*(1-por); % rho bulk katalis (kg/m³)


```
Z0= [0 10];
```

```
Y0= [xa0 T0 P0];
```

```
[Z, Y] = ode45(@reactor,Z0,Y0);
```

```
%profil
```

```
profil=[Z Y(:,1) Y(:,2) Y(:,3)];
```

```
figure(1)
```

```
plot(Z,Y(:,1),'b-')
```

```
title('Profil Konversi Ethylene cyanohidrin terhadap Panjang Bed')
```

```
xlabel('Panjang bed, meter')
```

```
ylabel('Konversi ethylene cyanohidrin')
```

```
figure(2)
```

```
plot(Z,Y(:,2),'r-')
```

```
title('Profil Suhu Bed terhadap Panjang Bed')
```

```
xlabel('panjang bed, meter')
```

```
ylabel('Suhu bed, K')
```

```
figure(3)
```

```
plot(Z,Y(:,3),'g-')
```

```
title('Profil Tekanan terhadap Panjang Bed')
```

```
xlabel('panjang bed, meter')
```

```
ylabel('Tekanan, kPa')
```

```
%output
```

```
disp('Fixed Bed Reactor: Single Bed Catalyst')
```

```
disp('Detail:')
```

```
fprintf('Laju massa umpan total      = %6.4f kg/jam\n',FMt)
```

```
fprintf('Fluid Superficial Velocity  = %6.4f m/s\n',Ugt)
```

```
fprintf('Diameter Reaktor                = %6.4f m\n',D)
```

```
fprintf('Porositas                          = %6.4f \n',por)
```

```
fprintf('BM Gas                             = %6.4f kg/kmol\n',BMg)
```

```
fprintf('Rho Gas                             = %6.4f kg/m3\n',rhog)
```

```
fprintf('Rho Bulk                            = %6.4f kg/m3\n\n',rhob)
```

```
disp('Profil')
```

```
    disp('Panjang bed, m Konversi Suhu, K Tekanan, kPa')
```

```
    disp('-----')
```

```
fprintf(' %7.4f %6.4f %6.4f %6.4f\n',profil)
```

```
function dy=reactor(z,y)
```

```
global Fao Fbo Fco ya yb yc dp A Fa Fb Fc Ft BMa BMb BMc rhog G por rhob
```

```
dy=zeros(3,1);
```

```
% Stoikiometri
```

```
Fa=Fao*(1-(y(1)));
```

```
Fb=Fbo+Fao*(y(1));
```

```
Fc=Fco+Fao*(y(1));
```

$$F_t = F_a + F_b + F_c;$$

% Fraksi Mol

$$y_a = F_a / F_t;$$

$$y_b = F_b / F_t;$$

$$y_c = F_c / F_t;$$

% Tekanan Parsial

$$P_a = y_a * (y(3));$$

$$P_b = y_b * (y(3));$$

$$P_c = y_c * (y(3));$$

% kinetika reaksi

$$k_1 = 10^{(14,29 - (-234,9/2,303/y(2)))/8.31447} * 3600; \quad \% \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam} \cdot \text{kPa}$$

$$r_p = k_1 * (F_a / F_t) * ((y(3)) * R * (y(2))); \quad \% \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

% Kapasitas Panas (kJ/kmol.K)

$$C_{pa} = (8.904 + 3.1056e1 * (y(2)) - 2.0843e-4 * (y(2))^2 + 6.3273e-8 * (y(2))^3 - 6.1415e-12 * (y(2))^4) * 1;$$

$$C_{pb} = (18.425 + 1.8336e-1 * (y(2)) - 1.0072e-4 * (y(2))^2 + 1.8747e-8 * (y(2))^3 + 9.1114e-13 * (y(2))^4) * 1;$$

$$C_{pc} = (33.933 - 8.4186e-3 * (y(2)) + 2.9906e-5 * (y(2))^2 - 1.7825e-8 * (y(2))^3 + 3.6934e-12 * (y(2))^4) * 1;$$

% Perhitungan Neraca Panas

$$C_{pdT} = 33251.2774; \quad \% \text{ kJ/kmol}$$

$$DHR_o = 41430; \quad \% \text{ kJ/kmol}$$

minDHR=-(DHRo+CpdT); % kJ/kmol

FiCpi=Fa*Cpa+Fb*Cpb+Fc*Cpc; % kJ/jam.K

% Profil konversi

dy(1)=rp*A/Fao;

% Profil suhu bed

dy(2)=dy(1)*Fao*minDHR/FiCpi;

% Viskositas (Yaws, micropoise = 1e-6 g/cm.s)

myuA=70.79373;

myuB=83.95222;

myuC=107.05584;

myuG=((ya*myuA*BMa^0.5)+(yb*myuB*BMb^0.5)+(yc*myuC*BMc^0.5))/((ya*BMa^0.5)+(yb*BMb^0.5)+(yc*BMc^0.5));

myuG1=myuG*3600e-7; % mikropoise dikonversi jadi (kg/m.jam)

% Profil tekanan (kPa/m)

gc=127101600; % kg.m/jam².kgf

gcc=9.807e-3; % hasil akhir ergun (kgf/m²/m)dikonversi jadi (kPa/m)

dy(3)=-((G/3600)/(rhog*dp*gc))*((1-por)/(por^3))*(150*(1-por)*myuG1/dp+1.75*G/3600)*gcc;

Hasil Run Matlab pada UG = 1

| Profil | Panjang bed, m | Konversi Suhu, K | Tekanan, kPa |
|--------|----------------|------------------|--------------|
| 0.0000 | 0.0000 | 553.1500 | 131.7225 |
| 0.0000 | 0.0001 | 553.1498 | 131.7225 |
| 0.0000 | 0.0001 | 553.1496 | 131.7225 |
| 0.0000 | 0.0002 | 553.1493 | 131.7225 |
| 0.0000 | 0.0002 | 553.1491 | 131.7225 |
| 0.0001 | 0.0005 | 553.1480 | 131.7225 |
| 0.0001 | 0.0007 | 553.1469 | 131.7225 |
| 0.0002 | 0.0010 | 553.1458 | 131.7225 |
| 0.0002 | 0.0012 | 553.1448 | 131.7225 |
| 0.0005 | 0.0024 | 553.1393 | 131.7225 |
| 0.0007 | 0.0037 | 553.1339 | 131.7225 |
| 0.0009 | 0.0049 | 553.1285 | 131.7225 |
| 0.0012 | 0.0062 | 553.1231 | 131.7225 |
| 0.0024 | 0.0122 | 553.0965 | 131.7225 |
| 0.0036 | 0.0181 | 553.0703 | 131.7225 |
| 0.0048 | 0.0239 | 553.0446 | 131.7225 |
| 0.0059 | 0.0295 | 553.0194 | 131.7225 |
| 0.0119 | 0.0559 | 552.8991 | 131.7225 |
| 0.0179 | 0.0798 | 552.7875 | 131.7225 |
| 0.0238 | 0.1016 | 552.6832 | 131.7225 |

| | | | |
|--------|--------|----------|----------|
| 0.0298 | 0.1215 | 552.5852 | 131.7225 |
| 0.0429 | 0.1606 | 552.3869 | 131.7225 |
| 0.0561 | 0.1942 | 552.2090 | 131.7225 |
| 0.0692 | 0.2236 | 552.0470 | 131.7225 |
| 0.0824 | 0.2497 | 551.8979 | 131.7225 |
| 0.1044 | 0.2877 | 551.6716 | 131.7225 |
| 0.1263 | 0.3201 | 551.4684 | 131.7225 |
| 0.1483 | 0.3484 | 551.2834 | 131.7225 |
| 0.1703 | 0.3734 | 551.1130 | 131.7225 |
| 0.2086 | 0.4109 | 550.8443 | 131.7225 |
| 0.2468 | 0.4425 | 550.6042 | 131.7225 |
| 0.2851 | 0.4696 | 550.3866 | 131.7225 |
| 0.3233 | 0.4934 | 550.1868 | 131.7225 |
| 0.3881 | 0.5279 | 549.8805 | 131.7225 |
| 0.4530 | 0.5566 | 549.6073 | 131.7225 |
| 0.5178 | 0.5811 | 549.3602 | 131.7225 |
| 0.5826 | 0.6024 | 549.1336 | 131.7225 |
| 0.6923 | 0.6329 | 548.7878 | 131.7224 |
| 0.8019 | 0.6580 | 548.4802 | 131.7224 |
| 0.9116 | 0.6792 | 548.2027 | 131.7224 |
| 1.0213 | 0.6974 | 547.9490 | 131.7224 |
| 1.2058 | 0.7232 | 547.5647 | 131.7224 |
| 1.3903 | 0.7442 | 547.2240 | 131.7224 |

| | | | |
|--------|--------|----------|----------|
| 1.5748 | 0.7617 | 546.9176 | 131.7224 |
| 1.7593 | 0.7766 | 546.6384 | 131.7224 |
| 2.0093 | 0.7938 | 546.2948 | 131.7223 |
| 2.2593 | 0.8082 | 545.9847 | 131.7223 |
| 2.5093 | 0.8204 | 545.7020 | 131.7223 |
| 2.7593 | 0.8310 | 545.4418 | 131.7223 |
| 3.0093 | 0.8403 | 545.2007 | 131.7223 |
| 3.2593 | 0.8486 | 544.9761 | 131.7222 |
| 3.5093 | 0.8559 | 544.7658 | 131.7222 |
| 3.7593 | 0.8625 | 544.5681 | 131.7222 |
| 4.0093 | 0.8684 | 544.3816 | 131.7222 |
| 4.2593 | 0.8738 | 544.2050 | 131.7221 |
| 4.5093 | 0.8787 | 544.0373 | 131.7221 |
| 4.7593 | 0.8833 | 543.8777 | 131.7221 |
| 5.0093 | 0.8874 | 543.7253 | 131.7221 |
| 5.2593 | 0.8913 | 543.5797 | 131.7221 |
| 5.5093 | 0.8949 | 543.4402 | 131.7220 |
| 5.7593 | 0.8982 | 543.3063 | 131.7220 |
| 6.0093 | 0.9013 | 543.1776 | 131.7220 |
| 6.2593 | 0.9042 | 543.0537 | 131.7220 |
| 6.5093 | 0.9069 | 542.9343 | 131.7220 |
| 6.7593 | 0.9095 | 542.8190 | 131.7219 |
| 7.0093 | 0.9119 | 542.7077 | 131.7219 |

| | | | |
|---------|--------|----------|----------|
| 7.2593 | 0.9142 | 542.5999 | 131.7219 |
| 7.5093 | 0.9163 | 542.4956 | 131.7219 |
| 7.7593 | 0.9184 | 542.3945 | 131.7218 |
| 8.0093 | 0.9203 | 542.2964 | 131.7218 |
| 8.2593 | 0.9221 | 542.2012 | 131.7218 |
| 8.5093 | 0.9239 | 542.1086 | 131.7218 |
| 8.7593 | 0.9256 | 542.0186 | 131.7218 |
| 9.0093 | 0.9271 | 541.9310 | 131.7217 |
| 9.2593 | 0.9287 | 541.8457 | 131.7217 |
| 9.5093 | 0.9301 | 541.7626 | 131.7217 |
| 9.7593 | 0.9315 | 541.6816 | 131.7217 |
| 9.8195 | 0.9318 | 541.6624 | 131.7217 |
| 9.8796 | 0.9321 | 541.6433 | 131.7217 |
| 9.9398 | 0.9325 | 541.6243 | 131.7217 |
| 10.0000 | 0.9328 | 541.6054 | 131.7216 |

Resume :

Laju massa umpan total = 7536.5414 kg/jam

Fluid Superficial Velocity = 1.0000 m/s

Diameter Reaktor = 1.1488 m

Porositas = 0.5253

BM Gas = 70.5547 kg/kmol

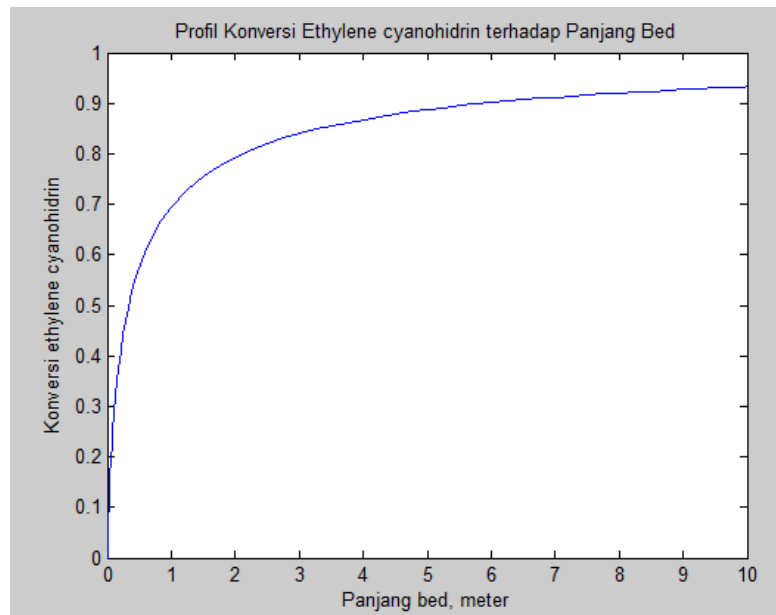
Rho Gas = 2.0207 kg/m³

Rho Bulk = 607.5705 kg/m³

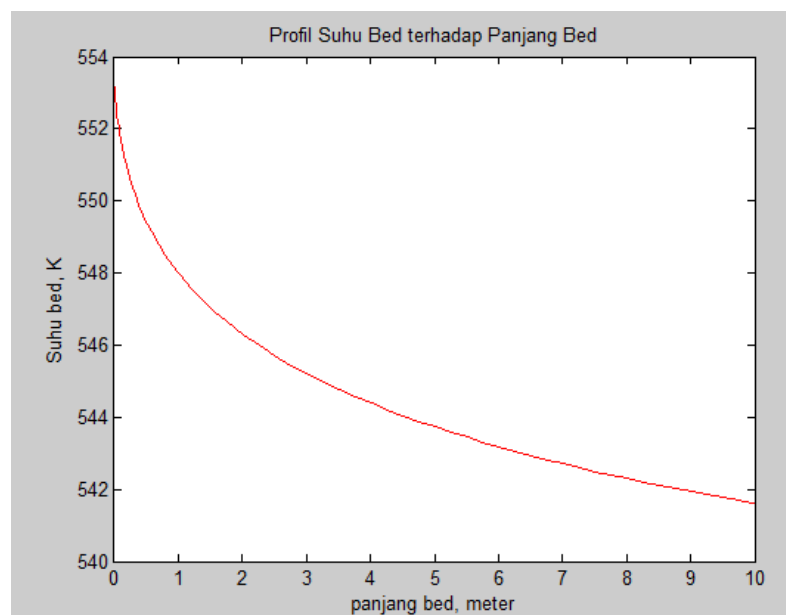
Tout = 270,08°C

Tinggi bed reaktor = 5,9045 m

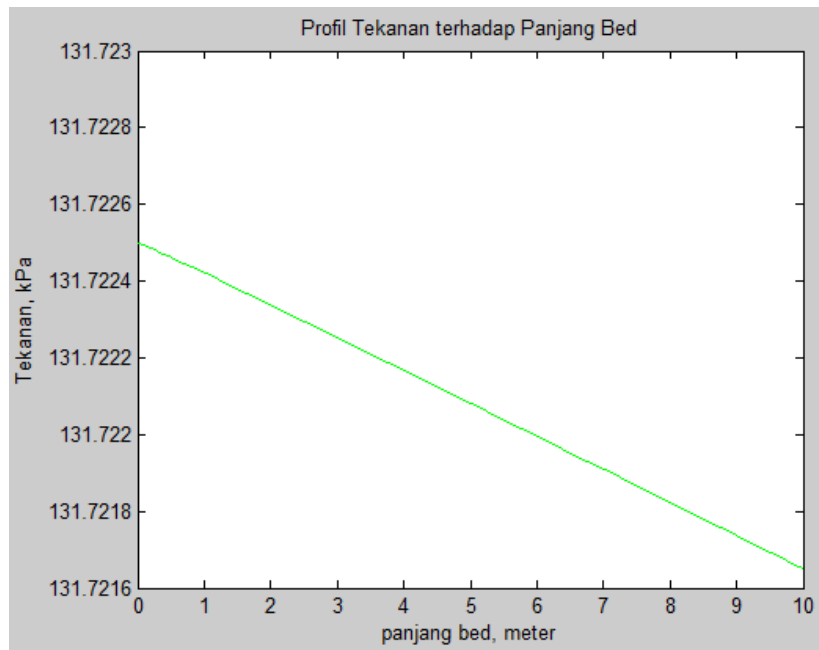
Gambar A-1. Profil konversi sepanjang reaktor



Gambar A-2. Profil Suhu Sepanjang Reaktor



Gambar A-3. Profil Tekanan (kPa) Sepanjang Reaktor



J. Mechanical Design

1. Tebal shell (ts)

Bahan pipa = Stainless Steel SA 283 Grade C

Allowable stress (f) = 12650 psia

Effeciency (E) = 0,8

Faktor Korosi (c) = 0,125 in

Tekanan Operasi = 1,3 atm

Tekanan perancangan = 1,43 atm

Diameter dalam shell = 45,2284 in

Jari-jari dalam shell (ri) = 22,6142 in

Tebal shell (ts)

$$ts = \frac{P \times ri}{f \times E - 0.6 \times P} + C$$

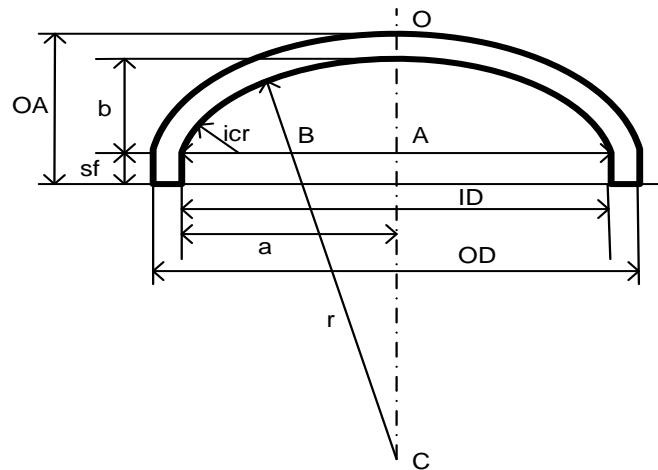
Tebal shell = 0,1974 in

Dipilih tebal shell standar = ¼ in

2. Head

Bentuk head yang di rencanakan = Torispherical Dishead

Bahan = Stel SA 285 Grade C



a. Tebal head (th)

$$th = \frac{0.885 \times P \times r_i}{f \times E - 0.1 \times P} + C$$

Tebal head = 0,1890 in

Digunakan tebal head standar = 3/16 in

b. Tinggi head (Hh)

$$Ods = Ids + 2 Ts$$

$$= 45,7284 \text{ in}$$

Untuk perancangan digunakan OD shell standar yaitu 48 in

Dari tabel 5.7 Brownell diperoleh :

$$Ods = 38 \text{ in}$$

$$T_s = 4/16 \text{ in}$$

Sehingga didapatkan $icr = 3 \text{ in}$

$$r = 48 \text{ in}$$

$$a = ID/2 = 22,6142 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 19,6142 \text{ in}$$

$$BC = (BC^2 - AB^2)^{0,5} = 40,5004 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 7,49958 \text{ in}$$

$$OA = b + sf + th = 9,6871 \text{ in}$$

Diperoleh tinggi head = $9,6871 \text{ in} = 0,24605 \text{ m}$

Dari tabel 5.6 Brownell p.88 dengan $th = 3/16 \text{ in}$ didapatkan $sf = 1,5 - 2,5 \text{ in}$

Dipilih nilai $sf = 2,5 \text{ in}$

$$H_h = th + b + sf$$

$$= 10,1871 \text{ in}$$

$$= 0,2588 \text{ m}$$

c. Tinggi Reaktor

Tinggi total reaktor = Panjang Bed + 2 Tinggi head

$$= 6,5268 \text{ m}$$

d. Volume Reaktor (VR)

$$1. \text{ Volume head (VH)} = 0,000049 \text{ Ids}^3$$

$$= 4,5335 \text{ in}^3$$

$$= 0,0026 \text{ ft}^3$$

$$= 0,0001 \text{ m}^3$$

2. Volume Shell (VS)

$$V_s = \frac{\pi}{4} \cdot ID_s^2 \cdot L_s$$

Dimana L_s = panjang tube

$$L_s = 36,0093 \text{ m}$$

$$V_s = 37911,0713 \text{ in}^3$$

$$= 219,8561 \text{ ft}^3$$

$$= 6,2256 \text{ m}^3$$

Volume Reaktor = volume shell + (2x Volume head)

$$= 6,2258 \text{ m}^3$$

3. Menghitung saluran pada reaktor

a. Diameter saluran gas umpan

$$D_{opt} = 226 W_m^{0.5} \rho^{-0.35} \quad \text{Dimana : } D_{opt} =$$

Diameter optimum

$$W_m = \text{Kecepatan umpan masuk} = 2,887527 \text{ kg/s}$$

ρ = Densitas gas umpan

Umpan masuk reaktor pada kondisi :

$$T = 280^\circ\text{C}$$

$$= 553,15 \text{ K}$$

$$P = 1,3 \text{ atm}$$

$$\text{BM umpan} = 70,28304$$

$$\rho = 2,0131 \text{ kg/m}^3$$

sehingga diperoleh :

$$D_{opt} = 300,6190 \text{ mm}$$

$$= 11,8354 \text{ in}$$

Dari brownell dipilih ukuran standar :

$$\text{ID} = 11,938 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 12,75 \text{ in}$$

b. Diameter saluran gas keluar

BM campuran gas keluar = 37,3066 kg/mol

Umpan keluar reaktor pada kondisi :

$$T = 270,0276^\circ\text{C}$$

$$= 543,1779 \text{ K}$$

$$P = 131,7720 \text{ kPa}$$

$$= 1,3005 \text{ atm}$$

$$D_{\text{opt}} = 226 W_m^{0.5} \rho^{-0.35}$$

Dimana : D_{opt} = Diameter optimum

W_m = Kecepatan umpan keluar

ρ = Densitas gas keluar

$$= 2,20207 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga diperoleh nilai $D_{\text{opt}} = 10,0643 \text{ in}$

Dari brownell dipilih ukuran standar :

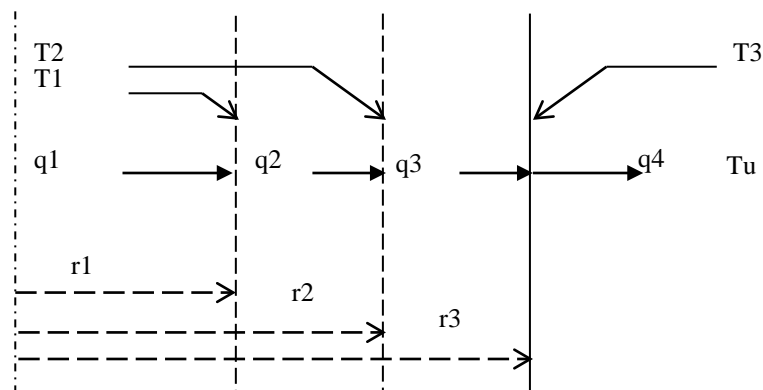
$$\text{ID} = 10,02 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 10,75 \text{ in}$$

Isolator

Asumsi :

1. Keadaan steady state
2. Suhu dalam reaktor sama dengan suhu permukaan dinding dalam shell,
 $T_1 = 280^\circ\text{C}$
3. Suhu udara lingkungan, $T_u = 30^\circ\text{C}$



Gambar A-1. Penampang Isolator

Dimana :

r_1 = Jari-jari dalam shell

r_2 = jari-jari luar shell

r_3 = jari-jari penyekat

q_1 = konveksi dari gas ke shell

q_2 = konduksi melalui shell / dinding reaktor

q_3 = konduksi melalui isolator

q_4 = konveksi dari permukaan luar isolator ke udara

T_1 = suhu dinding dalam reaktor = 280°C

T_2 = suhu dinding luar reaktor

T_3 = Suhu dinding luar isolator

T_u = suhu udara luar

Bahan penyekat yang digunakan adalah asbestos yang memiliki sifat :

$K_a = 0,129 \text{ Btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$

$\rho_a = 36 \text{ lb/ft}^3$

$\epsilon_s = 0,96$

(Kern, 1956)

Dimana : K = konduktivitas panas

ρ = Berat jenis

ϵ_s = Emisivitas

Bahan dinding adalah Steel SA Grade C dengan sifat :

$K_s = 21 \text{ Btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$

$\rho_s = 490 \text{ lb/ft}^3$

$\epsilon_s = 0,81$

Peristiwa perpindahan panas dari dinding dalam shell ke lingkungan meliputi :

1. Transfer panas konduksi pada dinding shell
2. Transfer panas konduksi pada isolator
3. Transfer panas radiasi dari dinding luar isolator ke lingkungan
4. Transfer panas konveksi dari dinding luar isolator ke udara luar

Menghitung panas yang hilang jika tidak menggunakan isolator

$T_s = 280^\circ\text{C}$

$= 553,15 \text{ K}$

$T_u = 30^\circ\text{C}$

$$= 303,15 \text{ K}$$

$$L = 6,0093 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_c &= 0,19 \times \Delta T^{1/3} \\ &= 1,456 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$h_r = \frac{\sigma \cdot E \cdot (T_s^4 - T_u^4)}{T_s - T_u}$$

(Mc. Adam, P.173)

$$H_r = 0,2543 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= (h_c + h_r) \times A \times (T_s - T_u) \\ &= 179,5802 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

(Mc. Adam, P.165)

Panas yang hilang direncanakan 5% = 8,9790 Bru/jam

$$\begin{aligned} Q_{\text{isolasi}} &= Q_{\text{loss}} - \text{panas hilang} \\ &= 170,6011 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Mencari tebal isolasi

$$Q_{\text{isolasi}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (T_s - T_u)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{K_s} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{K_a}}$$

$$Q_{\text{isolasi}} = \frac{2 \times 3,14 \times 0,0197 \times (536 - 86)}{\frac{\ln(\frac{1,9054}{1,8845})}{21} + \frac{\ln(r_3/1,9053)}{0,129}}$$

$$r_3 = 2,3442 \text{ ft}$$

$$\text{Sehingga diperoleh } r_3 = 2,3442 \text{ ft}$$

$$\text{Tebal isolasi yang dibutuhkan} = 5,2666 \text{ in}$$

$$= 0,2194 \text{ m}$$

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

Nama Mahasiswa : Yogi Pratama
 No. MHS : 14521266
 Nama Mahasiswa : Denada Clarasati Putri
 No. MHS : 14521268
 Judul Prarancangan)* :

Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2018
 Batas Akhir Bimbingan : 10 September 2018

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|----|------------|------------------------------|-------------|
| 1. | 13-03-2018 | Pembahasan mengenai judul TA | |
| 2. | 27-04-2018 | Progres perancangan TA | |
| 3. | 8-05-2018 | Progres perancangan TA | |
| 4. | 16-07-2018 | Pembahasan ekonomi | |
| 5. | 12-09-2018 | Pembahasan Naskah | |
| 6. | 19-09-2018 | Perevisian naskah | |
| 7. | 17-09-2018 | Perevisian naskah | |
| 8. | 19-09-2018 | Perevisian naskah | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Disetujui Draft Penulisan:
 Yogyakarta, 19/2/18
 Pembimbing,













Ir. Sukirman, M.M. C.Text. ATI.

-)* Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok
- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
 - Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

Nama Mahasiswa : Yogi Pratama
No. MHS : 14521266
Nama Mahasiswa : Denada Clarasati Putri
No. MHS : 14521268
Judul Prarancangan)* :

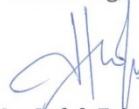
Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2018
Batas Akhir Bimbingan : 10 September 2018

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|-----|------------|---|---|
| 1. | 9-03-2018 | Koordinasi pengenalan tahap-tahap awal |  |
| 2. | 13-03-2018 | Pembahasan mengenai judul usulan TA |  |
| 3. | 15-03-2018 | Penentuan kapasitas dan Analisa telatapan |  |
| 4. | 27-04-2018 | Penentuan WUM, kinetika reaksi |  |
| 5. | 8-05-2018 | Penentuan dasar perancangan reaktor |  |
| 6. | 15-05-2018 | Perancangan reaktor dan separator |  |
| 7. | 16-07-2018 | Perancangan Alat Besar |  |
| 8. | 1-08-2018 | Perancangan Alat Besar |  |
| 9. | 20-08-2018 | Perancangan alat kecil |  |
| 10. | 29-08-2018 | Perancangan alat kecil, evaluasi ekonomi |  |
| 11. | 17-09-2018 | Perbaikan masalah |  |
| 12. | 19-09-2018 | Perbaikan PFD dan masalah |  |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 19 Sept 2018

Pembimbing,



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

)* Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy