No : TA/TK/2026

PRA RANCANGAN PABRIK ACETYLENE DARI GAS ALAM DENGAN OKSIDASI PARSIAL DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh:

Nama : Anissatul Uyun
No. Mahasiswa : 22521061

Nama : Dwi Dahlia
No. Mahasiswa : 22521023

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK ACETYLENE DARI GAS ALAM DENGAN OKSIDASI PARSIAL KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	**: Dwi Dahlia**	**Nama**	**: Anissatul Uyun**
NIM	**: 22521023**	**NIM**	**: 22521061**

Yogyakarta, 4 Agustus 2026

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



Dwi Dahlia



Anissatul Uyun

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ACETYLENE DARI GAS ALAM DENGAN OKSIDASI PARSIAL DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Anissatul Uyun
No. Mahasiswa : 22521061

Nama : Dwi Dahlia
No. Mahasiswa : 22521023

Yogyakarta, 4 Agustus 2026

Pembimbing,

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK. 175210102

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ACETYLENE DARI GAS ALAM DENGAN OKSIDASI PARSIAL DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Anissatul Uyun **Nama : Dwi Dahlia**
NIM : 22521061 **NIM : 22521023**

Telah Dipertahankan Di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 10 September 2026

Tim Penguji,

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.
Ketua Penguji

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
Penguji 1

Dr Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.
Penguji 2

11 September 2026

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

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIK. 155210506

PRAKARTA



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala anugrah dan berkahnya, sehingga proses penyusunan Tugas Akhir yang berjudul "Prarancangan Pabrik Asetilena dari Gas Alam Dengan Oksidasi Parsial Kapasitas 5.000 Ton/Tahun" dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta salam juga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas rahmat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan dukungan baik berupa materi, semangat, dan doa yang diberikan kepada kami, sehingga dapat menyelesaika penyusunan Laporan Akhir ini.
3. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T selaku dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan kemudahan pelayanan administrasi.

4. Ibu Ifa Puspasari S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Teman-teman sesama Program Studi Teknik Kimia UII 2022 yang telah memberikan dukungan.

Penyusun memahami bahwa dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat beberapa aspek yang perlu diperbaiki. Dengan demikian, penyusun mengaharapkan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan pengetahuan, baik bagi penyusun maupun pihak lain yang membutuhkan. Akhir kata kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 4 Agustus 2026

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, nikmat, serta karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini. Proses penyusunan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari berbagai tantangan, hambatan, dan pembelajaran yang berharga. Berkat izin Allah SWT serta doa, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, seluruh rangkaian penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya ini saya persembahkan khusus sebagai ungkapan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta, Ayah H. Edi Wahdi, S.E, dan Bunda Hj Sami Trisami Latief, S.Tr.Keb, yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, motivasi, serta pengorbanan yang begitu besar. Setiap langkah yang saya tempuh hingga mencapai tahap ini tidak lepas dari kepercayaan dan dukungan yang senantiasa mereka berikan. Semoga segala kebaikan yang telah dicurahkan menjadi amal ibadah dan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.

Saya juga mempersembahkan karya ini kepada adik-adik tercinta, Muhammad Hafizh Dermawan dan Alzena Qothunnadaa, atas doa, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan dengan tulus. Terima kasih atas kebersamaan, perhatian, dan kehadiran kalian yang senantiasa mengingatkan saya bahwa setiap perjuangan tidak

pernah dijalani seorang diri. Kehadiran kalian menjadi penyemangat sekaligus bagian penting yang membuat setiap proses terasa lebih ringan hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Meski dalam sehari-hari saya terkesan sering marah-marah tetapi mungkin itu salah satu bentuk perhatian saya kepada kalian yang saya tidak ingin hal tidak baik yang saya alami akan terjadi kepada kalian. Mungkin perjalanan yang saya alami tidak sempurna seperti yang diinginkan dan diharapkan, tetapi semoga pengalaman yang saya alami dapat dijadikan pembelajaran untuk kalian.

Kepada diri sendiri, terimakasih telah mampu bertahan melewati berbagai hal yang dialami selama proses perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini. Tidak sedikit rasa lelah, keraguan, maupun kegagalan yang harus dihadapi, namun semuanya menjadi bagian dari proses pendewasaan. Terima kasih karena telah memilih untuk terus berjuang, belajar dari setiap kesalahan, dan menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Bapak Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing, atas arahan, bimbingan, masukan, serta ilmu yang sangat berarti selama penyusunan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan civitas akademika yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan serta pengalaman selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia.

Rasa terima kasih juga saya sampaikan kepada partner saya Dwi Dahlia, yang telah menjadi rekan dalam perjalanan akademik sejak pelaksanaan Penelitian, hingga

penyusunan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini. Berbagai diskusi, kerja sama, serta saling mendukung selama kurang lebih satu tahun terakhir telah menjadi pengalaman yang sangat berharga. Saya juga memohon maaf apabila selama proses tersebut terdapat perkataan maupun sikap yang kurang berkenan. Semoga segala usaha dan cita-cita yang diperjuangkan bersama dapat tercapai dengan hasil yang terbaik.

Kepada seluruh teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2022, khususnya keluarga Agak Laen (Jinan, Najwa, Niken, Zidan) dan Wadonngalur. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan, serta berbagai pengalaman yang telah dibagikan selama menempuh pendidikan. Semoga tali silaturahmi yang telah terjalin dapat terus terjaga di masa mendatang.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada teman-teman terdekat saya Citra, Azhar, Nur Octavia, Inas, Thohar, Rifky yang selalu menemani dalam berbagai suka dan duka selama masa perkuliahan. Kehadiran kalian yang selalu bersedia mendengarkan cerita, memberikan semangat, serta menghadirkan tawa di tengah kesibukan menjadi kenangan yang tidak akan terlupakan.

Anissatul Uyun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahi Rabbil ‘Alamin ucapan syukur tiada henti saya panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan saya nikmat-nikmat berupa kesehatan, waktu luang dan kemudahan selama penyusunan tugas akhir ini sehingga saya dapat menyelesaikannya sebagai tanda berakhirnya perjuangan saya selama masa perkuliahan sekaligun menjadi lembaran baru untuk memasuki fase kehidupan selanjutnya.

Perjalanan saya hingga mencapai titik ini jelas bukan dilakukan sendirian. Atas dukungan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak dapat memberikan semangat dalam setiap langkah yang saya jalani. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi, mendukung, serta arti yang besar dala perjalanan pendidikan saya, yang secara khusus diungkapkan dalam lembar persembahan ini.

1. Untuk diri sendiri, terima kasih karena telah berjuang dari awal hingga akhir. Perjuangan ini terasa berat dan tidak mudah, tetapi tetap bisa bertahan walaupun banyak air mata yang keluar, banyak keluh kesah yang dipendam sendiri, sakit dan kurang tidur sudah menjadi hal biasa, Kamu hebat, kamu sudah menjadi pribadi yang mandiri dan doa untuk kedepannya semoga kamu bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi, tetap semangat dan selalu bersyukur atas apa yang kamu hadapi dan dapatkan.

2. Untuk kedua orang tuaku tersayang, Bapak Mulyana dan Ibu Maryanti. Terima kasih karena tidak pernah lelah dalam memberikan dukungan baik secara finansial, semangat, serta doa yang tak pernah putus. Terima kasih karena kalian telah memerikan kepercayaan penuh terhadap anak bungsumu ini untuk pergi merantau jauh dari rumah. Memberikan kebebasan dalam memilih dan mencoba hal baru. Kepercayaan kalian lah yang telah membuat aku menjadi anak yang mandiri. Kalian adalah alasan aku untuk tetap semangat dan dapat bertahan hingga detik ini.
3. Kakak perempuanku, Septiana Eka Syaputri, terima kasih karena selalu mendukung, membantu, serta memberikan motivasi dalam setiap proses yang dilalui. Meski sering bertengkar tapi tetap selalu ada ketika penulis butuh bantuan dan memberikan uang jajan tambahan sebagai penyemangat.
4. Kepada Bapak Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D. Ucapan terima kasih saya kepada Bapak karena telah menjadi pembimbing akademik yang baik dengan segala bimbingan, ilmu, dan arahan yang telah diberikan selama masa Penelitian dan Tugas Akhir ini. Bapak telah meluangkan waktu untuk melakukan bimbingan ditengah kesibukan yang dijalani. Semoga ilmu yang telah diberikan bisa menjadi amal jariyah dan Bapak senantiasa diberikan kesehatan serta kebahagiaan.
5. Kepada Anissatul Uyun, yang merupakan teman seperjuangan dari semasa Penelitian hingga TA. Terima kasih karena berjuang bersama dalam menyelesaikan Penelitian dan Tugas Akhir. Banyak suka duka yang telah kita lalui, permintaan maaf dari saya jika suka mengeluh, merepotkan

selama menjalani proses ini dan belum bisa menjadi partner yang baik. Doa untuk kita berdua, semoga kita bisa sukses dengan jalannya masing-masing dan bisa mendapatkan segala hal yang diinginkan ya.

6. Kepada Astri, Erlativa, dan Anastasya. Teman-teman seperjuangan dari awal perkuliahan hingga saat ini. Kalian adalah teman pertama saat awal masuk perkuliahan. Buat kalian, maaf kalau saya selalu merepotkan kalian, yang selalu memberikan tumpangan ketika pergi kemanapun. Banyak momen bahagia yang kita lalui saat kita berkumpul. Semoga kita menjadi anak yang sukses dan bisa bertemu lagi di lain waktu.
7. Teman-teman "Wadongngalur" semoga kita selalu diberi kesehatan dan tetap solid dalam menjalani kehidupan perantauan ini. Doa untuk kalian, semoga kita semua bisa sukses dengan jalan masing-masing dan selalu memberikan dukungan satu sama lain.
8. Terakhir, untuk semua teman-teman saya dan semua pihak yang membantu dalam penyelesaian laporan ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Semoga segala kebaikan kalian akan dibalas oleh Allah SWT.

Dwi Dahlia

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iii
PRAKARTA iii
LEMBAR PERSEMBAHAN vi
LEMBAR PERSEMBAHAN ix
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN xviii
ABSTRAK xx
ABSTRACT xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik 3
1.2.1 Impor di Indonesia 3
1.2.2 Ekspor di Indonesia 4
1.2.3 Pabrik yang telah berdiri 6
1.2.4 Konsumsi di Indonesia 6
1.2.5 Penentuan Kapasitas Pabrik 7
1.3 Tinjauan Pustaka 9
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika 10
1.4.1 Tinjauan Termodinamika 10
1.4.2 Tinjauan Kinetika 13
BAB II PERANCANGAN PRODUK 15
2.1 Spesifikasi Bahan Baku 15
2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung 15
2.3 Spesifikasi Produk 15
2.4 Pengendalian Kualitas 16
BAB III PERANCANGAN PROSES 18

3.1 Diagram Alir Proses dan Material 18
3.2 Uraian Proses 20
3.3 Spesifikasi Alat 21
3.4 Neraca Massa 37
3.5 Neraca Panas 40
BAB IV PERANCANGAN PABRIK 44
4.1 Lokasi Pabrik 44
4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku 45
4.1.2 Faktor Transportasi dan Pemasaran 45
4.1.3 Ketersediaan Utilitas 46
4.1.4 Ketersediaan Tenaga Kerja 46
4.1.5 Kondisi Geografis dan Sosial 47
4.2 Tata Letak Pabrik 48
4.3 Tata Letak Alat Proses 50
4.4 Organisasi Perusahaan 52
4.4.1 Bentuk Perusahaan 52
4.4.2 Struktur Organisasi 53
4.4.3 Status Karyawan 56
4.4.4 Pengaturan Jam Kerja Karyawan 57
4.4.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Pekerja, Gaji dan Hak Karyawan 59
4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan 60
BAB V UTILITAS 63
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment Sistem*) 63
5.1.1 Kebutuhan Air 64
5.1.2 Unit Pengolahan Air 67
5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation Sistem*) 70
5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant Sistem*) 70
5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air Sistem*) 72
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar 72
5.6 Unit Pengolahan Limbah 72
5.1.1 Limbah Cair 73
5.1.2 Limbah Gas 73

5.1.3 Limbah Padat 73
BAB VI EVALUASI EKONOMI 74
6.1 Harga Alat 75
6.2 Dasar Perhitungan 77
6.3 Perkiraan Harga Alat 78
6.4 Perhitungan Biaya 80
6.4.1 Modal (*Capital Invesment*) 80
6.4.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*) 82
6.4.3 *General Expenses* (GE) 84
6.5 Analisa Keuntungan 84
6.6 Analisa Kelayakan 85
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 87
7.1 Kesimpulan 87
7.2 Saran 88
DAFTAR PUSTAKA 90
LAMPIRAN A 92
LAMPIRAN B 99
LAMPIRAN C 100

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Asetilena di Indonesia 4
Tabel 1. 2 Data Ekspor Asetilena di Indonesia 5
Tabel 1. 3 Data Produksi Asetilena di Indonesia..... 6
Tabel 1. 4 Data Produksi Asetilena di Jerman..... 6
Tabel 1. 5 Data Produksi Gas Alam di Indonesia..... 8
Tabel 1. 6 Data Entalpi, Energi Bebas Gibbs, dan Entropi 11
Tabel 1. 7 Kinetika Reaksi 14
Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku..... 15
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Pendukung 15
Tabel 2. 3 Spesifikasi Produk..... 16
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor..... 22
Tabel 3. 2 Spesifikasi Absorber..... 23
Tabel 3. 3 Spesifikasi Stripper 24
Tabel 3. 4 Spesifikasi *Filter Bag*..... 24
Tabel 3. 5 Spesifikasi Separator 25
Tabel 3. 6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan..... 26
Tabel 3. 7 Spesifikasi *Screw Conveyor* 27
Tabel 3. 8 Spesifikasi Blower..... 27
Tabel 3. 9 Spesifikasi Expansion Valve 28
Tabel 3. 10 Spesifikasi Kompresor 28
Tabel 3. 11 Spesifikasi Pompa 29
Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan) 30
Tabel 3. 13 Spesifikasi *Heat Exchanger* 31
Tabel 3. 14 Spesifikasi *Cooler* 32
Tabel 3. 15 Spesifikasi *Cooler* (Lanjutan) 33
Tabel 3. 16 Spesifikasi *Cooler* (Lanjutan) 34
Tabel 3. 17 Spesifikasi Vaporizer..... 35
Tabel 3. 18 Spesifikasi Reboiler..... 36
Tabel 3. 19 Neraca Massa Alat Total..... 37
Tabel 3. 20 Neraca Massa Alat Reaktor 37
Tabel 3. 21 Neraca Massa Alat *Filter Bag* 38
Tabel 3. 22 Neraca Massa Alat Absorber 39
Tabel 3. 23 Neraca Massa Alat Stripper..... 39
Tabel 3. 24 Neraca Massa Alat Separator 40
Tabel 3. 25 Neraca Panas Alat Total 40
Tabel 3. 26 Neraca Panas Alat Reaktor..... 41
Tabel 3. 27 Neraca Panas Alat Absorber..... 41
Tabel 3. 28 Neraca Panas Alat Stripper..... 41
Tabel 3. 29 Neraca Panas Alat Separator 41
Tabel 3. 30 Neraca Panas Alat *Heat Exchanger* 1 41

Tabel 3. 31 Neraca Panas Alat *Heat Exchanger* 2 42
Tabel 3. 32 Neraca Panas Alat Vaporizer 42
Tabel 3. 33 Neraca Panas Alat *Cooler* 1 42
Tabel 3. 34 Neraca Panas Alat *Cooler* 2 42
Tabel 3. 35 Neraca Panas Alat *Cooler* 3 42
Tabel 3. 36 Neraca Panas Alat *Cooler* 4 43
Tabel 3. 37 Neraca Panas Alat *Cooler* 5 43
Tabel 3. 38 Neraca Panas Alat *Cooler* 6 43
Tabel 3. 39 Neraca Panas Alat *Cooler* 7 43
Tabel 3. 40 Neraca Panas Alat Reboiler 43
Tabel 4. 1 Jadwal Pembagian Kelompok Shift 58
Tabel 4. 2 Gaji Karyawan 59
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Sanitasi 64
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin 65
Tabel 5. 3 Kebutuhan Boiler 66
Tabel 5. 4 Kebutuhan Steam 70
Tabel 5. 5 Daya Alat Proses 71
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Pabrik 71
Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1980-2023 76
Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses 79
Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Proses Utilitas 79
Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost* (PPC) 80
Tabel 6. 5 *Direct Plant Cost* (DPC) 81
Tabel 6. 6 *Fixed Capital Investment* (FCI) 81
Tabel 6. 7 *Working Capital Investment* (FCI) 82
Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost* (DMC) 82
Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC) 83
Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost* (FMC) 83
Tabel 6. 11 *Total Manufacturing Cost* 84
Tabel 6. 12 *General Expenses* (GE) 84
Tabel 6. 13 *Total Production Cost* (TPC) 84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Asetilena di Indonesia 4
Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Asetilena di Indonesia 5
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif 18
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif 19
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik..... 44
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik..... 50
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses 51
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan 53
Gambar 6. 1 Grafik Indeks vs Harga Alat..... 77
Gambar 7. 1 Grafik Analisa Kelayakan 86

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T : *Temperature*, °C

D : Diameter, m

H : Tinggi, m

P : Tekanan, psia

μ : Viskositas, cP

ρ : Densitas, kg/m^3

QS : Kebutuhan *Steam*, kg

Ms : Massa *Steam*, kg

A : Luas bidang penampang, ft^2

Vt : Volume tangki, m^3

Qf : Kecepatan/laju air *volumentric*, m^3/jam

t : Waktu, jam

m : Massa, kg

FV : Laju alir, m^3/jam

π : Jari – jari, in

P : Power motor, Hp

Sg : *Spesific gravity*

Dopt : Diameter optimal, m^3

ID : *Inside* diameter, in

OD : *Outside* diameter, in

Re : Bilangan Reynold

x : Konversi, %

TC : Titik kritis, ˚C

TB : Titik didh, ˚C

HV : Panas penguapan, joule/mol

Vs : Volume *shell*, m^3

Vh : Volume *head*, m^3

Vt : Volume total, m^3

F : *Normal heating value*, Btu/lb

E : Efisiensi pengelasan

f : *Allowable stress*, psia

icr : Jari – jari sudut dalam, in

B : Lebar *baffle*, m

N : Kecepatan putaran, rpm

Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam/ft^2/°F

Ud : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam/ft^2/°F

Rd : Faktor pengotor

η : Efisiensi

Wf : Total *head*, in

P : Panjang, m

l : Lebar, m

ts : Tebal *shell*, in

th : Tebal *head*, in

k : Konduktivitas termal, Btu/jam $ft^{2\circ}$°F

c : Panas spesifik, Btu/jam $ft^{2\circ}$°F

jH : *Heat transfer faktor*

hi : *Inside film coefficien*, Btu/jam $ft^{2\circ}$°F

ho : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft^{2}°F

LMTD : *Long mean temperatur different*, °F

K : Konstanta kinetika reaksi, /menit

Nt : Jumlah *tube*

BS : *Baffle spacing*, in

PT : *Tube pitch*, in

ABSTRAK

Pembangunan pabrik asetilena dari gas alam dengan proses oksidasi parsial bertujuan untuk menghasilkan asetilena dengan kapasitas 5.000 ton/tahun. Asetilena merupakan produk penting dalam industri kimia, digunakan sebagai bahan baku untuk vinil klorida, asetaldeida, akrilonitril, butanediol, dan pengelasan logam. Proses oksidasi parsial (POX) yang dikembangkan oleh BASF menjadi metode utama produksi asetilena saat ini, juga menghasilkan *syngas* (CO dan H_2) yang cocok untuk produksi methanol. Lokasi pabrik direncanakan di Kabupaten Gresik, Jawa Timur, dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku (gas alam dan oksigen), akses transportasi yang baik untuk ekspor, ketersediaan utilitas industri yang lengkap dan tenaga kerja yang memadai. Umpan sebesar 1,7 ton CH_4 dapat menghasilkan 1 ton C_2H_2. Proses produksi melibatkan pemanasan metana dan oksigen, pencampuran, reaksi di reaktor alir pipa pada suhu tinggi (1500°C) untuk perengkahan termal, pendinginan cepat, dan pemisahan partikel karbon menggunakan *Bag Filter*. Selanjutnya, asetilena diabsorpsi mengguanakan campuran air dan aseton, kemudian dipisahkan dari pelarut di Stripper. Kebutuhan utilitas meliputi *steam* sebesar 2,835 ton/ton produk, air pendingin sebesar 142,65 m^3/ton produk, daya listrik sebesar 30,7588 kWh/ton produk, udara tekan sebesar 74,03 m^3/ton produk dan bahan bakar sebesar 1,142 ton/ton produk. Pabrik direncanakan mulai kontruksi tahun 2030 dan beroperasi pada tahun 2032 dengan umur pabrik 10 tahun. Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan harga jual produk sebesar Rp28.941,36/kg, harga beli methane sebesar Rp11.362.629,60/ton, biaya produksi sebesar Rp260.990.456.405,51/ton, dan modal tetap pabrik sebesar Rp237.750.151.511,74, maka analisa kelayakan menunjukkan bahwa ROI sebelum pajak -113% dan setelah pajak -90,28%, POT sebelum pajak tahun sebesar -1 tahun dan setelah pajak -1 tahun, BEP -4,62%, SDP 6,13%, dan DCFR -179,33%. Berdasarkan evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini belum memenuhi kelayakan untuk pembangunan.

Kata Kunci: Asetilena, Oksidasi Parsial, Gas Alam, BASF, Evaluasi Ekonomi

ABSTRACT

The construction of an acetylene plant using natural gas via the partial oxidation process aims to produce acetylene at a capacity of 5.000 *metric tons per year. Acetylene is a key product in the chemical industry, used as a feedstock for vinyl chloride, acetaldehyde, acrylonitrile, butanediol, and metal welding. The partial oxidation (POX) process developed by BASF is currently the primary method for acetylene production, while also producing syngas (CO and H_2) suitable for methanol production. The plant is planned to be located in Gresik Regency, East Java, taking into account the availability of raw materials (natural gas and oxygen), good transportation access for exports, the availability of comprehensive industrial utilities, and an adequate workforce. A feed of 1,7 metric tons of CH_4 can produce 1 metric ton of C_2H_2. The production process involves heating methane and oxygen, mixing them, and reacting the mixture in a high-temperature (1500°C) tubular reactor for thermal cracking, followed by rapid cooling and separation of carbon particles using bag filter. Next, the acetylene is absorbed using a mixture of water and acetone, then separated from the solvent in a stripper. Utility requirements include 2.835 metric tons of steam per metric ton of product, 142.65 m^3 of cooling water per metric ton of product, 30.7588 kWh of electricity per metric ton of product, 74.03 m^3 of compressed air per metric ton of product, and 1.142 metric tons of fuel per metric ton of product. Construction of the plant is scheduled to begin in 2030, with operations commencing in 2032 and a plant lifespan of 10 years. A feasibility parameter for establishing the plant uses an economic analysis with a product selling price of Rp28,941.36/kg, a methane purchase price of Rp11,362,629.60/metric ton, production costs of Rp260,990,456,405.51/metric ton, and plant fixed capital of Rp237,750, 151,511.74. The feasibility analysis shows that the pre-tax ROI is -113% and the post-tax ROI is -90.28%; the pre-tax payback period is -1 year and the post-tax payback period is -1 year; the BEP is -4.62%; the SDP is 6.13%; and the DCFR is -179.33%. Based on the economic evaluation, this plant does not yet meet the feasibility criteria for construction.*

Keywords: Acetylene, Partial Oxidation, Natural Gas, BASF, Economic Evaluatio

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Asetilena merupakan salah satu produk penting dari gas alam kimia dalam industri. Gas alam dapat digunakan sebagai bahan baku yang ekonomis untuk memproduksi vinil klorida, asetaldehida, akrilonitril, butanadiol, dan produk lainnya. Asetilena diproduksi melalui perengakahan termal spesies hidrokarbon (misalnya, nafta), penggabungan oksidatif atau non-oksidatif hidrokarbon ringan, hidrasi kalsium karbida, dan proses lainnya. Saat ini, oksidasi parsial gas alam (POX) yang dikembangkan oleh BASF adalah proses utama untuk produksi asetilena. Karena proses ini dapat menghasilkan *syngas* (CO dan H_2), juga sangat cocok untuk produksi metanol. Oleh karena itu, POX telah menarik perhatian dan minat yang besar dalam beberapa tahun terakhir.

Asetilena merupakan senyawa hidrokarbon yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri kimia, khususnya pada proses-proses kimia asetilenaik, serta digunakan secara luas dalam proses pengelasan dan pemotongan logam. Simbol kimia asetilena adalah C_2H_2. Asetilena adalah hidrokarbon yang terdiri dari dua atom hidrogen dan dua atom karbon. Secara kimia, asetilena adalah gas yang sangat mudah terbakar, tidak berwarna, memiliki bau yang kuat, memiliki suhu penyalaan sekitar 299°C, dengan densitas uap sebesar 0,9. Selain itu, asetilena bersifat tidak stabil, dimana pada pada tekanan sekitar 15 psi tanpa kehadiran udara dapat mengalami dekomposisi menjadi hidrogen dan karbon, yang berpotensi

menimbulkan ledakan apabila terjadi penyalaan. Gas ini menjadi sangat eksplosif ketika dikompresi, dipanaskan, atau dicampur dengan udara.

Asetilena diproduksi melalui proses kimia sederhana antara kalsium karbida dan air. Proses ini memerlukan peralatan sederhana dan reaksi terjadi secara alami. Saat ini, generator asetilena terutama digunakan untuk memproduksi asetilena. Asetilena adalah hidrokarbon gas yang tidak stabil dan sangat mudah terbakar. Ketika dicampur dengan oksigen, gas ini dapat menghasilkan suhu api yang sangat tinggi, antara 3000°C dan 5400°C. Asetilena telah umum digunakan untuk penerangan di area pertambangan oleh pedagang kaki lima, selain berbagai penggunaan industri lainnya, seperti bahan bakar mesin atau sumber cahaya. Baru-baru ini, asetilena digunakan sebagai bahan bakar dalam *torch oksi*-asetilena untuk pengelasan atau aplikasi pengelasan terkait. Ketersediaannya, keterjangkauan, dan efektivitasnya sebagai bahan bakar dengan nilai kalor yang lebih tinggi dan kecepatan api yang efisien telah mendorong penelitian dan eksperimen pada mesin berbahan bakar asetilena.

Dalam era globalisasi ini, asetilena di Indonesia menunjukkan potensi pertumbuhan yang cukup signifikan seiring dengan meningkatnya aktivitas industri. Pertumbuhan ini didorong oleh pemanfaatan asetilena yang luas pada berbagai sektor industri, antara lain industri petrokimia, agrokimia, farmasi, serta industri lainnya. Asetilena berperan penting sebagai gas bahan bakar utama dalam proses pengelasan dan pemotongan logam, sehingga pertumbuhan sektor

manufaktur dan konstruksi secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan kebutuhan asetilena.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas perancangan pabrik adalah salah satu bagian penting dalam proses pra rancangan pabrik. Kapasitas produksi merujuk pada jumlah maksimum produk yang dapat dihasilkan oleh pabrik dalam jangka waktu tertentu. Hal ini penting karena mempengaruhi kinerja ekonomi pabrik, sehingga perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan keuntungan maksimum dengan biaya minimum. Beberapa faktor yang mempengaruhi penentuan kapasitas yaitu sebagai berikut:

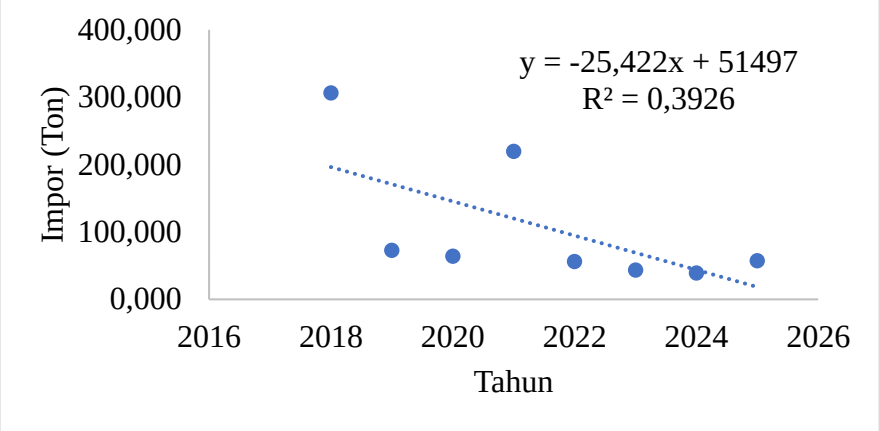
1.2.1 Impor di Indonesia

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, nilai impor asetilena di Indonesia tergolong relatif rendah, hal ini dapat ditinjau dari data perkembangan impor asetilena di Indonesia pada tahun 2018-2025. Pada Tabel tersebut terlihat bahwa kebutuhan impor asetilena berkisar 39,327-306,197 ton/tahun. Perkembangan impor asetilena di Indonesia cenderung menurun dari 2018 hingga 2020, kemudian pada tahun 2021 mengalami kenaikan namun kembali menurun hingga tahun 2025.

Tabel 1. 1 Data Impor Asetilena di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/ Tahun)
2018	306,197
2019	72,674
2020	64,079
2021	219,807
2022	56,011
2023	43,360
2024	39,327
2025	57,237

Berdasarkan data pada tahun 2018-2025, dapat diperkirakan besarnya impor asetilena pada tahun 2030 sebagai berikut :



Gambar 1. 1 Grafik Impor Asetilena di Indonesia

Persamaan yang didapat adalah : y = -25,422x + 51497

Dengan menggunakan persamaan tersebut, dapat diperkirakan bahwa impor asetilena pada tahun 2030 (tahun ke 13) sebagai berikut:

-25,422 (13) + 51497 = 51.167 ton/ tahun

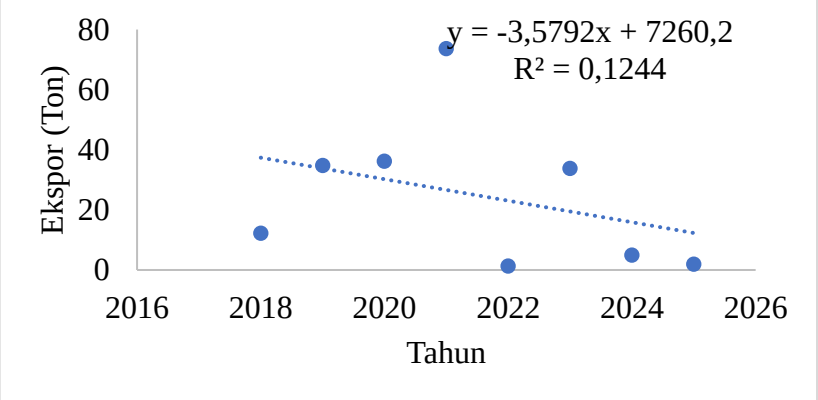
1.2.2 Ekspor di Indonesia

Berdasarkan dari data Badan Pusat Statistik, nilai ekspor asetilena di Indonesia tergolong relatif rendah, hal ini dapat ditinjau pada perkembangan ekspor asetilena di Indonesia pada tahun 2018-2025. Pada tabel tersebut terlihat bahwa ekspor asetilena berkisar 1,313-73,666 ton/ tahun. Perkembangan ekspor asetilena cenderung meningkat pada tahun 2018 hingga 2021, namun terjadi penurunan pada tahun 2022 kemudian kembali meningkat pada tahun 2023 dan menurun kembali pada tahun 2025.

Tabel 1. 2 Data Ekspor Asetilena di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/ Tahun)
2018	12,185
2019	34,771
2020	36,205
2021	73,666
2022	1,31332
2023	33,757
2024	4,923
2025	1,94

Berdasarkan data pada tahun 2018-2025, dapat diperkirakan besarnya ekspor asetilena pada tahun 2030 sebagai berikut:



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Asetilena di Indonesia

Persamaan yang didapat adalah : y = -2,0966x + 4265,4

Dengan menggunakan persamaan tersebut, dapat diperkirakan bahwa ekspor asetilena pada tahun 2030 (tahun ke 13) sebagai berikut :

1.2.3 Pabrik yang telah berdiri

Berdasarkan data Kemenperin, beberapa perusahaan dalam negeri yang memproduksi asetilena dapat dilihat pada Tabel 1.3. Sementara data pabrik asetilena yang telah berdiri di dunia dapat dilihat dari Tabel 1.4.

Tabel 1. 3 Data Produksi Asetilena di Indonesia

Industri	Kapasitas (Ton/ Tahun)
PT Surya Biru Murni	217
PT Samator Indo Gas Tbk	1.280
PT Intergas Mandiri	600
Total	**2.097**

Pabrik asetilena yang menggunakan gas alam sebagai bahan baku umumnya berkembang di negara dengan ketersediaan gas alam yang memadai, seperti Jerman.

Tabel 1. 4 Data Produksi Asetilena di Jerman

Industri	Kapasitas (Ton/ Tahun)
BASF Jerman	90.000
Total	**90.000**

1.2.4 Konsumsi di Indonesia

Di Indonesia, pemanfaatan Asetilena didominasi oleh industri sebagai proses pengelasan dan pemotongan logam, terutama pada industri fabrikasi baja, pertambangan, kontruksi, serta perawatan dan perbaikan peralatan industri. Selain

itu asetilena juga dimanfaatkan sebagai gas bahan bakar dan sebagai bahan baku dalam beberapa proses industri kimia. Kapasitas produksi yang menggunakan asetilena di Indonesia ditunjukkan pada tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Data Pabrik Konsumsi Asetilena

Industri Konsumsi Asetilena	Kapasitas (Ton/ Tahun)
PT Kaltim Prima Coal	70.000.000
PT Freeport	1.700.000
PT Krakatau Steel	3.150.000
Total	**74.850.000**

1.2.5 Penentuan Kapasitas Pabrik

Peluang = *Demand* - *Supply*

= (Ekspor + Konsumsi) - (Impor + Produksi)

= (7. 213 + 97.002) ton/tahun - (51.167 + 2.097) ton/tahun

= 50.953 ton/tahun

Berdasarkan hasil proyeksi, kebutuhan asetilena di Indonesia pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 50.953 ton/tahun. Besarnya kebutuhan tersebut menunjukkan adanya peluang pasar yang cukup besar bagi pengembangan industri asetilena di dalam negeri. Kondisi ini menjadi salah satu pertimbangan industri dalam perancangan pabrik asetilena, khususnya dalam upaya memenuhi sebagian kebutuhan domestik dan mengurangi ketergantungan terhadap produk yang berasal dari luar negeri. Dengan adanya produksi dalam negeri, ketersediaan asetilena diharapkan dapat lebih terjamin dalam menunjang kebutuhan berbagai sektor

industri yang menggunakan asetilena sebagai bahan baku maupun bahan pendukung proses.

Dalam menentukan kapasitas produksi, tidak seluruh peluang pasar sebesar 50.953 ton/tahun digunakan sebagai kapasitas pabrik. Hal tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi pasar, keberadaan produsen asetilena yang telah beroperasi, serta risiko terjadinya kelebihan kapasitas apabila seluruh peluang pasar dijadikan dasar produksi. Kapasitas sebesar 100% dari peluang pasar berpotensi menyebabkan *overcapacity* apabila realisasi permintaan tidak mencapai nilai yang diproyeksikan Oleh karena itu, kapasitas ditetapkan 10% dari peluang kapasitas yang diproyeksikan, yaitu sebesar 5.000 ton/tahun. Penetapan kapasitas tersebut didasarkan pada pertimbangan kemampuan Kapasitas 5.000 ton/tahun dipilih sebagai target produksi yang cukup signifikan untuk memenuhi sebagian kebutuhan pasar domestic, tetapi tetap mempertimbangkan kemampuan penyerapan produk dan persaingan dengan produsen yang telah ada. Dengan demikian, kapasitas 5.000 ton/tahun diharapkan dapat memberikan peluang pemasaran yang baik sekaligus mendukung kelayakan teknik dan ekonomis dari pabrik yang dirancang. Data produksi LNG dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Data Produksi Gas Alam di Indonesia

Industri	**Kapasitas (Ton/ Tahun)**
PT Badak (Bontang)	21.640.000
PT BP (Tangguh)	11.400.000
PT Donggi Senoro LNG (Luwuk)	2.000.000
PT Kayan LNG Nusantara (Kalimantan Utara)	180.000
PT Lestari Nasional Gas (Jawa Timur)	30.000
Total	**35.250.000**

Dari analisis ekonomi potensial awal didapatkan hasil bahwa konversi asetilena sebesar 56%, membutuhkan bahan baku CH_4 diperkirakan sebesar 6153,8462 ton/tahun, sedangkan kebutuhan C_3H_6O. sebesar 9,6886 ton/tahun. Berdasarkan harga bahan baku, diperoleh total biaya pembelian bahan baku sebesar Rp70.044.046.198,56/tahun. Sementara harga jual sebesar Rp28.941,36/kg, didapatkan penjualan sebesar Rp 81.035.808.000,00/tahun. Dengan demikian, secara perkiraan awal diperoleh keuntungan sebesar Rp10.991.761.801,44/tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa prarancangan pabrik asetilena secara ekonomi potensial mengalami keuntungan.

1.3 Tinjauan Pustaka

Asetilena merupakan gas yang sangat eksotermik dan reaktif yang memiliki rumus kimia C_2H_2. Asetilena murni adalah gas yang sangat tidak stabil dan tidak berbau, serta berwarna bening. Asetilena dapat dihasilkan melalui dua proses yaitu dengan proses reaksi kimia dan proses perengkahan termal (Bachtler et al., 1998).

Asetilena umumnya diproduksi melalui proses reaksi kimia. Dalam metode ini menghasilkan kalsium karbida dengan mereaksikan metena dengan udara atau oksigen. Proses lainnya menggunakan kalsium karbida sebagai bahan baku utama untuk menghasilkan gas asetilena. Ketika kalsium karbida bercampur dengan air, gas asetilena terbentuk sebagai produk samping. Reaksi kimia :

$$C_aC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_{2(g)} + C_a(OH)_{2(l)} \qquad (1.1)$$

Dalam metode perengkahan termal, gas asetilena dihasilkan dengan meningkatkan suhu berbagai hidrokarbon hingga titik di mana ikatan atom asetilena

terputus. Setelah terputus, ikatan tersebut kembali terbentuk menjadi bahan baku yang berbeda dari aslinya.

Proses oksidasi parsial dilakukan dengan memanaskan reaktan gas alam oksigen secara terpisah hingga sekitar 700 °C, kemudian dicampur dan dialirkan ke ruang pembakaran untuk bereaksi dalam nyala api yang distabilkan oleh blok pembakar. Tahap pemanasan dan pencampuran awal ini bertujuan untuk meningkatkan perolehan yield asetilena. Reaksi berlangsung pada suhu tinggi, yaitu sekitar 1500-2000°C, dengan tekanan rendah dan waktu tinggal yang sangat singkat (milidetik), sehingga konversi reaktan menjadi gas sintesis tidak berlangsung sempurna dan memungkinkan terbentuknya asetilena (Sherathiya et al., 2020).

Untuk menjaga kestabilan asetilena yang terbentuk, gas hasil reaksi segera didinginkan secara cepat dengan menyemprotkan air hingga suhu sekitar 90°C. Proses pendinginan cepat ini bertujuan untuk menjaga kestabilan asetilena yang terbentuk agar tidak terurai menjadi karbon dan hidrogen, serta mencegah reaksi antara asetilena dan air proses yang dapat menghasilkan karbon monoksida dan hidrogen. Secara umum, proses oksidasi parsial ini dioperasikan pada tekanan atmosfer atau sedikit diatasnya. Reaksi kimia :

$$CH_4 + 0.5O_2 \rightarrow CO + 2H_2 \quad (1.2)$$

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \quad (1.3)$$

$$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2 \quad (1.4)$$

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui karakteristik reaksi bersifat endotermis / eksotermis dan reaksi berlangsung secara spontan atau tidak spontan, serta arah reaksi *reversible* / *irreversible*. Persamaan reaksi yang terjadi :

$$CH_4 + 0.5O_2 \rightarrow CO + 2H_2 \quad (1.5)$$

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \quad (1.6)$$

$$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2 \quad (1.7)$$

$$2CH_4 \rightarrow C_2H_6 + H_2 \quad (1.8)$$

$$2CO + 4H_2 \rightarrow C_2H_4 + 2H_2O \quad (1.9)$$

$$C_2H_4 \rightarrow C_2H_2 + H_2 \quad (1.10)$$

$$CH_4 \rightarrow C + 2H_2 \quad (1.11)$$

Data entalpi, energi bebas Gibbs, dan entropi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. 7 Data Entalpi, Energi Bebas Gibbs, dan Entropi

Senyawa	$\Delta H°_{298}$ (kJ mol^{-1})	$\Delta G°_{298}$ (kJ mol^{-1})	$\Delta S°_{298}$ (JK^{-1} mol^{-1})
CH_4	-74,52	-50,49	186,27
O_2	0	0	205,04
CO	-110,53	-137,15	197,56
H_2	0	0	130,57
CO_2	-393,51	-394,37	213,68
H_2O	-241,814	-228,59	188,72
C_2H_4	52,51	68,44	219,2
C_2H_2	228,2	210,68	200,81

a. Panas Pembentukan Standar ($\Delta Hf°$)

Penentuan sifat reaksi eksotermis atau endotermis dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar ($\Delta Hf°$).

$\Delta H^{\circ}_{298} = \sum \Delta H_{produk} - \sum \Delta H_{reaktan}$

ΔH°_{298} = (-1050,12 kJ/mol) – (-692,65 kJ/mol)

ΔH°_{298} = -357,47 kJ/mol

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai ΔH°_{298} yang negatif, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat eksotermis (melepaskan panas).

b. Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°)

Perhitungan energi bebas gibbs (ΔG_f°) digunakan untuk memprediksi reaksi kimia berlangsung secara spontan atau tidak. ΔG_f° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar yang cukup besar. Sedangkan ΔG_f° bernilai (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi.

$\Delta G^{\circ}_{298} = \sum \Delta G_{produk} - \sum \Delta G_{reaktan}$

ΔG°_{298} = (-992,41 kJ/mol) – (-562,16 kJ/mol)

ΔG°_{298} = -430,25 kJ/mol

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai ΔG_f° yang dihasilkan bernilai negatif maka reaksi tersebut berlangsung secara spontan.

c. Konstanta Kesetimbangan Reaksi

Harga konstanta kesetimbangan pada keadaan standar :

$$K = \exp\left(\frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}\right)$$

$$\ln K = \frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}$$

ΔG°_{298} = - RT ln $K_{(298\ K)}$

$$-430{,}25\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -8{,}314 \times 10^{-3}\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol. K}} \times 298\ \text{K} \times \ln \text{K}_{(298)}$$

$$\text{K}_{(298)} = \exp\left(\frac{-430{,}25\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{-8{,}314 \times 10^{-3}\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol. K}} \times 298\ \text{K}}\right)$$

$$\text{K} = 2{,}403 \times 10^{75}$$

Pada suhu T= 1700K, menggunakan persamaan Van't Hoff dapat dihitung:

$$\ln\frac{\text{K1}}{\text{K2}} = \frac{-\Delta\text{Hr}}{\text{R}}\left(\frac{1}{\text{T2}} - \frac{1}{\text{T1}}\right)$$

$$\ln\frac{2{,}403 \times 10^{75}}{\text{K2}} = \frac{-3{,}57{,}47\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8{,}314 \times 10^{-3}\,\frac{\text{kJ}}{\text{mol. K}}}\left(\frac{1}{1773} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\text{K2} = 1{,}915 \times 10^{23}$$

Nilai konstanta kesetimbangan yang diperoleh bernilai positif, sehingga merupakan reaksi *irreversible* (satu arah).

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Data kinetika reaksi :

Tabel 1. 8 Kinetika Reaksi

Orde reaksi	Reaksi orde 1	
Rasio mol reaktan, $\alpha = \frac{[O_2]}{[CH_4]}$	0,2	
Konstanta laju reaksi (mol/L.s)		
$CH_4 + 0.5O_2 \rightarrow CO + 2H_2$	Ea = 125,52	k = 2,06 x 10^8 (Wei et al., 2021)
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	Ea = 185,476	k = 21001,64 (Li et al., 2019)
$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$	Ea = 188,636	k = 255,84 (Holmerp et al., 1995)
$2CH_4 \rightarrow C_2H_6 + H_2$	Ea = 380,74	k = 11474,2 (Holmen et al., 1976)
$2CO + 4H_2 \rightarrow C_2H_4 + 2H_2O$	Ea = 111,04	k = 4587,24 (Wang et al., n.d.)
$C_2H_4 \rightarrow C_2H_2 + H_2$	Ea = 167,36	k = 15656,73 (Holmen et al., 1976)
$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$	Ea = 153,33	k = 1,23 x 10^5 (Bachtler et al., 1998)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku

Spesifikasi Bahan Baku		
Spesifikasi	**Bahan Baku**	
	Metana	**Oksigen**
Wujud	Gas	Gas
Rumus Molekul	CH_4	O_2
Berat Molekul, g/mol	16,04	32
Densitas, kg/cm^3	0,6657	1,3079
Titik Didih, ˚C	-161,5	-183
Titik Leleh, ˚C	-182,6	-218,4
Temperature Kritis, ˚C	-82	-118,6

2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Pendukung

Spesifikasi Bahan Pendukung		
Spesifikasi	**Bahan Pendukung**	
	Air	**Aseton**
Wujud	Cair	Cair
Rumus Molekul	H_2O	C_3H_6O
Berat Molekul, g/mol	18,02	58,08
Densitas, kg/cm^3	994,695	923,539
Titik Didih, ˚C	100	56,1
Titik Leleh, ˚C	0	-94,6
Suhu Kritis, ˚C	374	235

2.3 Spesifikasi Produk

Tabel 2. 3 Spesifikasi Produk

Spesifikasi Produk					
Spesifikasi	**Produk**				
	Asetilena (Produk Utama)	**Karbon Monoksida (Produk Samping)**	**Hidrogen (Produk Samping)**	**Carbon (Produk Samping)**	**Nitrogen (Produk Samping)**
Wujud	Gas	Gas	Gas	Padat	Gas
Rumus Molekul	C_2H_2	CO	H_2	C	N_2
Berat Molekul, g/mol	26,04	28,01	2,02	12,01	28,01
Densitas, kg,cm^3	1,0643	1,1449	0,0823	2250	1,1450
Titik Didih, ˚C	-84	-191,5	-252,8	-	-195,806
Titik Leleh, ˚C	-81,5	-207	-259,1	-	-210
Suhu Kritis, ˚C	35	-140	-240	6536,85	-146,95

2.4 Pengendalian Kualitas

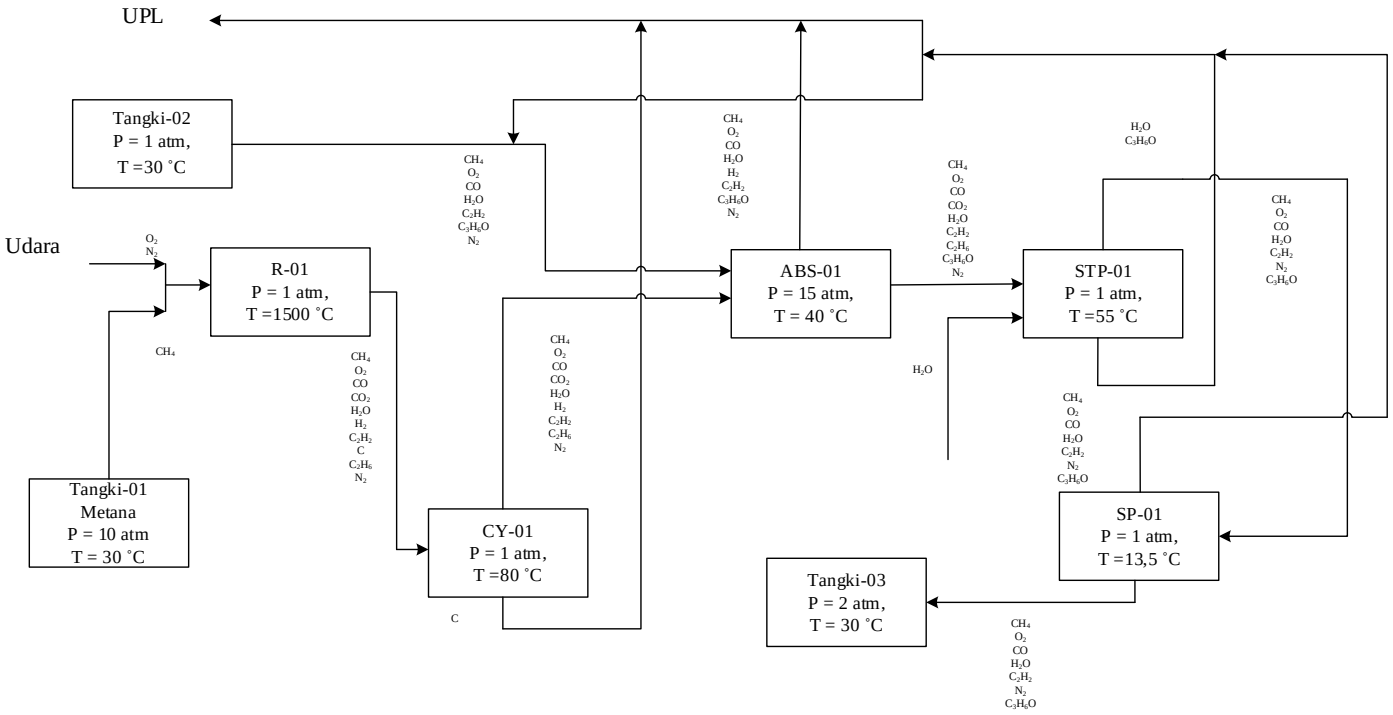
Pengendalian kualitas dan pengendalian proses produksi asetilena dari gas alam dengan proses oksidasi parsial disusun untuk mengatur dan mengendalikan kestabilan proses hingga pencapaian spesifikasi kemurnian produk. Pada proses ini pengendalian bahan baku digunakan untuk menjaga kondisi bahan baku sebelum operasi, karena kualitas produk sangat dipengaruhi oleh kestabilan kondisi operasi, serta variabel proses seperti temperatur, tekanan, laju alir, dan ketinggian cairan. Untuk menjaga variabel proses tetap berada pada kondisi yang diinginkan, diperlukan sistem instrumentasi yang berfungsi sebagai alat pemantau (*indicator*) dan pengendali (*controller*). Variabel proses utama yang dikendalikan meliputi

konsentrasi (C), laju alir (F), tekanan (P), dan temperatur (T), diamana variabel *input* mempengaruhi jalannya proses dan variabel *output* menunjukkan kinerja serta kualitas produk yang dihasilkan.

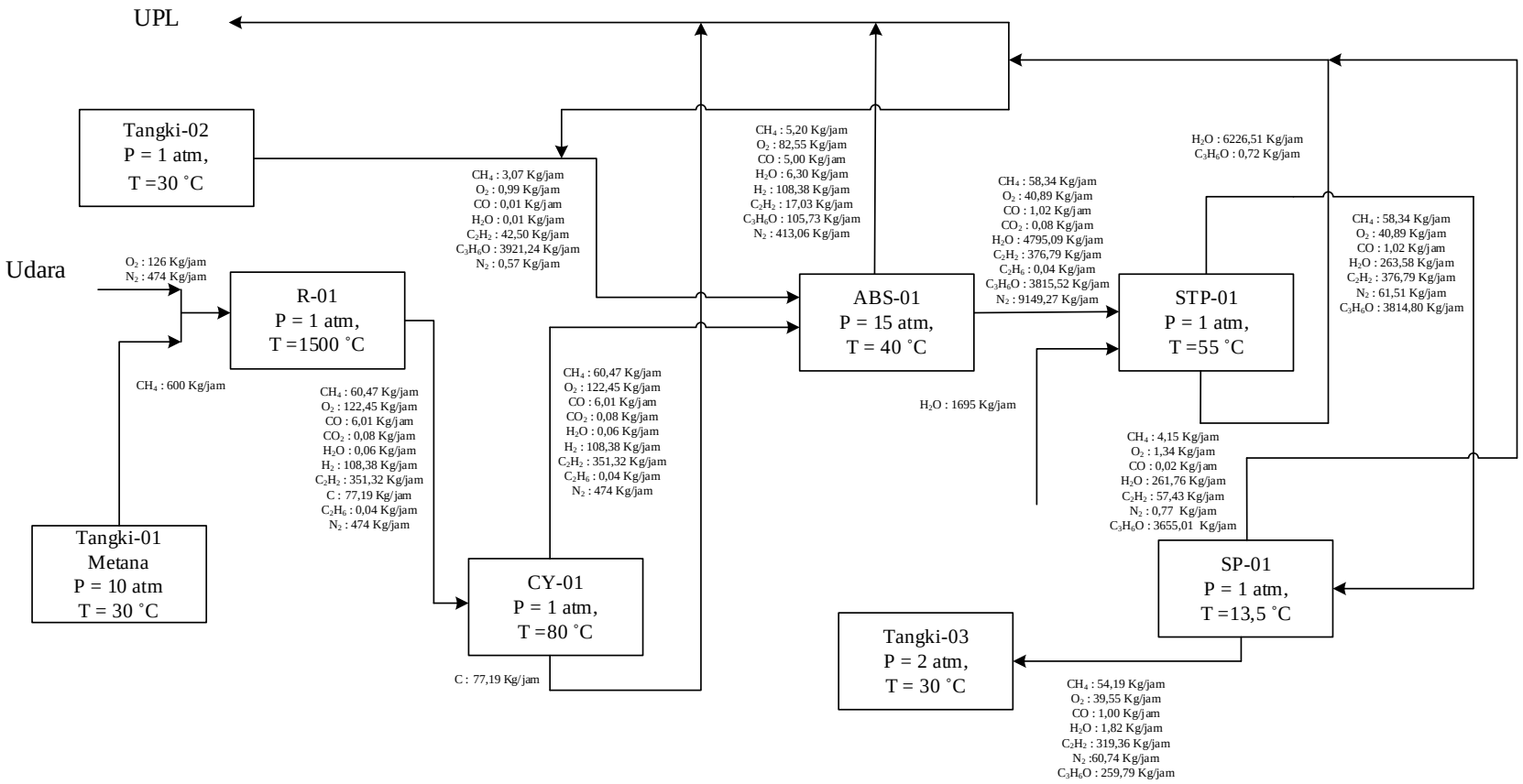
Pada proses produksi asetilena pengendalian difokuskan pada unit reaktor suhu tinggi, sistem pendinginan *water quench*, serta unit pemurnian menggunakan pelarut aseton. Laju alir air *quench* dikontrol untuk menurunkan temperatur gas secara cepat sehingga mencegah dekomposisi asetilena. Pada unit absorber, laju sirkulasi aseton, tekanan, dan temperatur dijaga untuk meningkatkan efisiensi penyerapan. Instrument yang digunakan meliputi *Flow Controller* (FC) untuk mengatur aliran bahan dan utilitas, *Temperature Controller* (TC/TIC) untuk menjaga temperatur operasi, *Pressure Controller* (PC) untuk menstabilkan tekanan sistem, serta *Level Controller* (LC) untuk mengontrol ketinggian cairan dalam unit proses. Penerapan sistem pengendalian ini bertujuan untuk menjaga kestabilan operasi, meningkatkan keselamatan, serta menjamin mutu produk asetilena.

BAB III
PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembentukan asetilena dengan oksidasi parsial dan gas alam menggunakan metana (CH_4) dan oksigen (O_2) sebagai bahan baku. Metana dan oksigen dialirkan secara terpisah ke dalam *heat exchanger* (HE-01 & HE-02) untuk menaikkan suhu umpan hingga mencapai suhu 600 °C. Pemanasan awal dilakukan untuk menyediakan energi aktivasi dan meningkatkan reaktivitas oksigen sehingga reaksi dapat mencapai suhu pembakaran yang diperlukan.

Kedua aliran gas menuju *mixer* (M-01) untuk dicampur dengan tekanan 1 atm. Pencampuran dilakukan untuk mencegah terjadinya titik panas yang tidak merata, sekaligus menjaga kecepatan tetap tinggi agar tidak terjadi *flashback*. Gas campuran dialirkan menuju *burner block* dan masuk ke reaktor (R-01), menghasilkan nyala turbulen dengan temperatur mencapai 1500°C. Pada suhu ekstrem inilah terjadi perengkahan termal (*thermal cracking*) terhadap sisa metana menjadi asetilena dan hidrogren:

$$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$$

Asetilena tidak stabil pada suhu tinggi dan terurai menjadi jelaga *carbon* dan hidrogen:

$$C_2H_2 \rightarrow 2C + H_2$$

Gas hasil reaksi memasuki tahap pendinginan secara cepat pada unit *heat exchanger* (HE-03) Menyebabkan suhu turun hingga mencapai 80°C dan menghentikan reaksi lanjutan. Campuran gas dan partikel padat masuk menuju unit *Bag Filter* (BF-01) untuk memisahkan partikel karbon yang terbentuk selama reaksi

dari aliran gas menggunakan gaya sentrifugal. Kemudian dilanjutkan ke *cooler* (CL-01) untuk menurunkan suhu dari 80°C menjadi 40°C. setelah itu gas dikompresi hingga tekanan 10 atm sebelum memasuki kolom absorber (ABS-01). Pada unit absorber (ABS-01) menggunakan suhu yang rendah, asetilena dilarutkan dengan pelarut campuran air dengan aseton (C_3H_6O) pada suhu 40°C, sedangkan gas yang tidak terabsorpsi dialirkan ke *flare*.

Campuran asetilena dengan aseton dan air memasuki tahap penguapan pada unit *stripper* (STP-01), disini pelarut dipanaskan secara bertahap menggunakan uap (*steam*) hingga 120°C untuk memastikan asetilena terlepas dari pelarut. Asetilena yang telah terpisah dan keluar sebagai produk atas, sedangkan pelarut yang kehilangan asetilena (*lean solvent*) keluar dari bagian bawah *Lean solvent* dipompa (P-01) kembali ke absorber untuk kembali dalam siklus absorpsi, sehingga meningkatkan efisiensi. Asetilena bagian atas *stripper* (STP-01) dikondisikan suhunya menjadi 30°C (HE-04), kemudian dialirkan menuju tangki penyimpanan (T-01). Aliran limbah cair yang dihasilkan proses dialirkan UPL (Unit Pengolahan Limbah) untuk diolah sebelum dibuang ke lingkungan.

3.3 Spesifikasi Alat

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi Umum	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan Metana dan Oksigen dengan Oksidasi Parsial
Jenis/Tipe	Reaktor Alir Pipa (RAP)
Mode Operasi	Kontinyu
Bahan	*Stainless Steel 240 Grade M type 316*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu (˚C)	1500
Tekanan (atm)	1
Kondisi Proses	Eksotermis
Mechanical Design	
Tebal *shell* (in)	0,4375
Panjang *shell* (m)	6
Diameter dalam *shell* (m)	1,3
Diameter luar *shell* (m)	1,322
Tinggi *Head* (m)	0,286
Tebal *Head* (in)	0,625
Tinggi Total (m)	6,5729
Volume reaktor (m^3)	4,8912
Insulasi	
Bahan	*High Alumina Bricks*
Konduktivitas Panas (W/m.K)	1,2
Tebal isolasi (in)	5,906

Tabel 3. 2 Spesifikasi Absorber

Spesifikasi Umum	
Kode Alat	**ABS-01**
Fungsi	Untuk mengabsorb asetilena dari campuran gas hasil reaksi menggunakan aseton
Jenis	*Packed Tower*
Bahan Kontruksi	*Stainlees Steel SA-240 Type 304*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	15
Suhu (°C)	45
Spesifikasi	
ID (in)	14,256
OD (in)	16
Tinggi *Shell* (m)	7,011
Tebal *Shell* (in)	0,313
Tinggi *Head* (m)	0,126
Tebal *Head* (in)	0,313
Jenis	*Pall Rings Metal*
Tinggi *Packing* (m)	75,617
Harga ($)	**41.500**

Tabel 3. 3 Spesifikasi Stripper

Spesifikasi Umum	
Kode Alat	**STP-01**
Fungsi	Untuk memisahkan solut (C_2H_2) dari cairan dan mengontakkan dengan uap air dan diumpankan kembali ke ABS-01
Jenis	*Packed Tower*
Bahan Kontruksi	*Stainlees Steel SA-240 Type 304*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	30
Spesifikasi	
ID (in)	21,286
OD (in)	22
Tinggi *Shell* (m)	2,103
Tebal *Shell* (in)	0,188
Tinggi *Head* (m)	0,143
Tebal *Head* (in)	0,188
Jenis	*Pall Rings Metal*
Tinggi *Packing* (m)	0,067
Harga ($)	**13.400**

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Bag Filter*

Spesifikasi Umum	
Kode Alat	**BF-01**
Fungsi	Memisahkan padatan carbon dengan gas keluaran R-01
Jenis	*Bag Filter*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	80
Spesifikasi	
Diameter (m)	9,144
Panjang (m)	0,305
Jumlah alat	1
Harga ($)	**12.200**

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Cyclone*

Spesifikasi Umum	
Kode Alat	**CY-01**
Fungsi	Memisahkan padatan carbon dengan gas keluaran R-01
Tipe	*Stairmand High Efficiency*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	80
Spesifikasi	
Diameter Cyclone (m)	9,257
Tinggi (m)	1,029
OD Gas (m)	0,129
ID Gas (m)	0,007
OD Padatan (m)	0,096
Pressure Drop (atm)	0,218
Harga ($)	**5.400**

Tabel 3. 6 Spesifikasi Separator

Spesifikasi Umum	
Kode Alat	**SP-01**
Fungsi	Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari STP-01
Jenis	*Silinder Vertical Torispherical Head*
Bahan Kontruksi	*Stainlees Steel SA-240 Type 304*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	10
Spesifikasi	
OD (in)	18
Tebal *Shell* (in)	0,188
Tinggi *Head* (m)	0,005
Tebal *Head* (in)	5,040
Total Tinggi (m)	0,457
Harga ($)	**7.000**

Tabel 3. 7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Spesifikasi Tangki Penyimpanan			
Kode Alat	**T-01**	**T-02**	**T-03**
Fungsi	Menyimpan CH_4 untuk kebutuhan proses produksi	Menyimpan Aceton untuk kebutuhan proses produksi	Menyimpan produk gas C_2H_2
Lama Penyimpanan	6 Jam	2 Hari	1 Hari
Fase	Gas	Cair	Gas
Jumlah Tangki	10	1	2
Tipe	*Spherical Tank*	*Cylinder Vertical with flat bottom & Torispherical Roof*	*Spherical Tank*
Kondisi Operasi			
Tekanan (atm)	10	1	2
Suhu (°C)	30	30	30
Spesifikasi			
Bahan Konstruksi	*Carbon steel SA-516 Grade 70*	*Carbon steel SA-516 Grade 70*	*Stainlees steel SA-240 Type 304*
Volume Tangki (m^3)	45,175	94,695	3375.631
Diameter (m)	4,419	10,668	18,615
Tinggi (m)	-	5,438	-
Jumlah *Course*	-	3	-
Tebal *Shell* (in)	0,625	0,438	2
Head & Bottom			
Tebal *Head* (in)	-	1	-
Tinggi *Head* (m)	-	1,871	-
Tebal *Bottom* (in)	-	0,438	-
Tinggi Total Tangki (m)	-	7,357	-
Harga ($)	**470.000**	**50.700**	**242.000**

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Spesifikasi Umum	
Kode Alat	**SC-01**
Fungsi	Mengangkut *soot carbon* dari filter menuju UPL
Tipe	*Horizontal Screw Conveyor*
Bahan Kontruksi	*Carbon Steel*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	80
Spesifikasi	
Diameter *Shaft* (in)	2
Kecepatan Putaran (rpm)	40
Diameter Umpan (in)	6
Panjang (m)	4,6
Power Motor (HP)	0,43

Tabel 3. 9 Spesifikasi Blower

Spesifikasi Umum	
Kode Alat	**BL-01**
Fungsi	Menghisap udara untuk diumpankan ke HE-02
Jenis	*Centrifugal Blower*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	30
Spesifikasi	
Kapasitas (ft^3/min)	576,2476
Efisiensi	80%
Power (HP)	1

Tabel 3. 10 Spesifikasi Expansion Valve

Spesifikasi Umum		
Kode Alat	**EV-01**	**EV-02**
Fungsi	Mengalirkan dan menurunkan tekanan keluaran Tangki CH_4 10 atm menjadi 1 atm menuju HE-01	Mengalirkan dan menurunkan tekanan keluaran ABS-01 15 atm menjadi 1 atm menuju STP-01
Tipe	*Gate Valve Fully Open*	*Globe Valve Open*
Material	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Kondisi Operasi		
Tekanan Masuk (atm)	10	15
Tekanan Keluar (atm)	1	1
Suhu Masuk (°C)	30	30
Suhu Keluar (°C)	26,067	32,767
Spesifikasi		
Kapasitas (kg/jam)	600	9149,273
OD (in)	2,38	1,66
ID (in)	2,067	1,38
Flow Rate (in^2)	3,35	1,5
Equivalent Length (ft)	1,5	40

Tabel 3. 11 Spesifikasi Kompresor

Spesifikasi Umum		
Kode Alat	**K-01**	**K-02**
Fungsi	Menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 15 atm	Menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 2 atm
Bahan Kontruksi	*Carbon Steel*	Carbon Steel
Jenis	*Centrifugal*	*Centrifugal*
Kondisi Operasi		
Tekanan Masuk (atm)	1	1
Tekanan Keluar (atm)	15	2
Suhu Masuk (°C)	80	13.5
Suhu Keluar (°C)	159,291	118,168
Spesifikasi		
Laju Volumetrik (m^3/jam)	1459,9516	443,4201
Jumlah *Stage*	2	1
Power Motor (HP)	18,408	1,1619

Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi Umum		
Kode Alat	**P-01**	**P-02**
Fungsi	Mengalirkan larutan aseton menuju ABS-01	Mengalirkan larutan keluaran SP-01 menuju UPL
Jenis Pompa	*Single Stage Centrifugal Pump*	*Single Stage Centrifugal Pump*
Impeller	*Radial flow impellers*	*Mixed flow impellers*
Kondisi Operasi		
Tekanan Masuk (atm)	1	1
Tekanan Keluar (atm)	15	15
Suhu (°C)	30	55
Dimensi Pipa		
Bahan Konstruksi	*Carbon steel SA-516 Grade 70*	*Stainlees Steel SA-240 type 316*
Kapasitas (/jam)	1,871	16,591
Kecepatan aliran (ft/s)	1,763	3,178
IPS (in)	1,25	3
OD (in)	1,66	3,5
ID (in)	1,38	3,068
Flow Area (in^2)	1,5	7,38
Friction Head (ft)	0,02	0,016
Daya Motor (HP)	0,17	0,5
Efisiensi Pompa	40%	50%
Harga ($)	**4.500**	**12.700**

Tabel 3. 13 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Kode Alat	**P-03**
Fungsi	Mengalirkan larutan dari Splitter menuju UPL
Jenis Pompa	*Single Stage Centrifugal Pump*
Impeller	*Mixed flow impellers*
Kondisi Operasi	
Tekanan Masuk (atm)	1
Tekanan Keluar (atm)	1
Suhu (°C)	64
Dimensi Pipa	
Bahan Konstruksi	*Stainlees Steel SA-240 type 316*
Kapasitas (/jam)	3,411
Kecepatan aliran (ft/s)	1,439
IPS (in)	2
OD (in)	2,38
ID (in)	2,067
Flow Area (in^2)	3,35
Friction Head (ft)	0,027
Daya Motor (HP)	0,13
Efisiensi Pompa	40%
Harga ($)	**9.900**

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heat Exchanger*

Spesifikasi Umum		
Kode	**HE-01**	**HE-02**
Fungsi	Menaikan Temperatur Umpan CH_4 dari 30˚C menjadi 600˚C dari Tangki menuju Reaktor (R-01)	Menaikan Temperatur Umpan O_2 dari 30˚C menjadi 600˚C dari Tangki menuju Reaktor (R-01)
Jenis	*Double Pipe Heat Exchanger*	*Double Pipe Heat Exchanger*
Kondisi Operasi		
Annulus		
Suhu masuk (˚C)	26	1500
Suhu keluar (˚C)	600	1000
Tube		
Suhu masuk (˚C)	1000	30
Suhu keluar (˚C)	700	600
Mechanical Design		
Annulus		
IPS (in)	2	2
OD (in)	2,38	2,38
ID (in)	2,067	2,067
Surface Area (sqft/ft)	0,622	0,622
Hairpin	8	5
Panjang (ft)	15	15
Pressure Drop (psi)	1,3967	2,0094
Rd	0,0143	0,0053
Tube		
IPS (in)	1,25	1,25
OD (in)	1,66	1,66
ID (in)	1,38	1,38
Surface Area (sqft/ft)	0,435	0,435
Panjang (ft)	15	15
A (ft^2)	74,64	46,65

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Cooler*

Spesifikasi Umum		
Kode	**CL-01**	**CL-07**
Fungsi	Menurunkan Temperatur Gas hasil R-01 dari 1500 ˚C menjadi 800 ˚C menuju CL-02	Menurunkan Temperatur Gas hasil C-02 dari 55,75˚C menjadi 13,5 ˚C menuju T-03
Jenis	*Double Pipe Heat Exchanger*	*Double Pipe Heat Exchanger*
Kondisi Operasi		
Annulus		
Suhu masuk (˚C)	700	25
Suhu keluar (˚C)	390	60
Tube		
Suhu masuk (˚C)	30	68,8
Suhu keluar (˚C)	80	30
Mechanical Design		
Annulus		
IPS (in)	3	2
OD (in)	3,5	2,38
ID (in)	3,068	2,067
Surface Area (sqft/ft)	0,917	0,622
Hairpin	5	7
Panjang (ft)	15	15
Pressure Drop (psi)	7,3516	448,8520
Rd	0,0023	0,0518
Tube		
IPS (in)	2	1,25
OD (in)	2,38	1,9
ID (in)	2,067	1,61
Surface Area (sqft/ft)	0,622	0,498
Panjang (ft)	15	15
A (ft^2)	46,65	65,31

Tabel 3. 16 Spesifikasi *Cooler* (Lanjutan)

Spesifikasi Umum			
Kode	**CL-02**	**CL-03**	**CL-04**
Fungsi	Mendinginkan Gas dari CL-01 menuju *Filter Bag* (FB-01)	Mendinginkan Gas dari Kompresor (K-01) menuju Absorber (ABS-01)	Mendinginkan Aseton dari Pompa (P-01) menuju Absorber (ABS-01)
Jenis	*Shell and Tube*	*Shell and Tube*	*Shell and Tube*
Kondisi Operasi			
Shell			
Aliran Fluida	*Hot Fluid*	*Hot Fluid*	*Hot Fluid*
Suhu masuk (˚C)	390	579	74,6
Suhu keluar (˚C)	80	45	45
Tekanan (atm)	1	10	15
Tube			
Aliran Fluida	*Cold Fluid*	*Cold Fluid*	*Cold Fluid*
Suhu masuk (˚C)	30	30	30
Suhu keluar (˚C)	80	60	40
Mechanical Design			
Shell			
ID (in)	21,25	21,25	21,25
Baffle Spacing (in)	5	5	5
Passes	1	1	1
ΔPs (Psi)	0,0154	0,0065	0,3648
Tube			
Nt	170	170	170
Panjang (ft)	16	16	16
OD (in)	1	1	1
BWG	13	13	13
A" (ft)	0,2618	0,2618	0,2618
ΔPt (Psi)	0,1735	5,3660	1,3316
Rd	0,0991	0,0308	0,0024

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Cooler* (Lanjutan)

Spesifikasi Umum		
Kode	**CL-05**	**CL-06**
Fungsi	Mendinginkan Fluida hasil dari Absorber (ABS-01) menuju Stripper (STP-01)	Mendinginkan Gas dari Blower (BL-02) menuju Separator (SP-01)
Jenis	*Shell and Tube*	*Shell and Tube*
Kondisi Operasi		
Shell		
Aliran Fluida	*Cold Fluid*	*Hot Fluid*
Suhu masuk (˚C)	25	55,75
Suhu keluar (˚C)	30	10
Tekanan (atm)	1	1
Tube		
Aliran Fluida	*Hot Fluid*	*Cold Fluid*
Suhu masuk (˚C)	34	10
Suhu keluar (˚C)	30	20
Mechanical Design		
Shell		
ID (in)	21,25	21,25
Baffle Spacing (in)	5	5
Passes	1	1
ΔPs (Psi)	0,4852	0,0874
Tube		
Nt	170	170
Panjang (ft)	16	16
OD (in)	1	1
BWG	13	13
A" (ft)	0,2618	0,2618
ΔPt (Psi)	0,0789	0,3350
Rd	0,04519	0,0032

Tabel 3. 18 Spesifikasi Vaporizer

Spesifikasi Umum	
Kode	**VP-01**
Fungsi	Menaikan Temperatur H_2O dari 30˚C menjadi 110˚C menuju Stripper (STP-01)
Jenis	*Double Pipe Heat Exchanger*
Kondisi Operasi	
Annulus	
Suhu masuk (˚C)	152
Suhu keluar (˚C)	100
Tube	
Suhu masuk (˚C)	26
Suhu keluar (˚C)	110
Mechanical Design	
Annulus	
IPS (in)	2
OD (in)	2,38
ID (in)	2,067
Surface Area (sqft/ft)	0,622
Hairpin	20
Panjang (ft)	15
Pressure Drop (psi)	0,902
Rd	0,004
Tube	
IPS (in)	1,25
OD (in)	1,66
ID (in)	1,38
Surface Area (sqft/ft)	0,435
Panjang (ft)	15
A (ft^2)	122,96

Tabel 3. 19 Spesifikasi Reboiler

Spesifikasi Umum	
Kode	**RB-01**
Fungsi	Menguapkan gas C_2H_2 yang terlarut dalam C_3H_6O
Jenis	*Shell and Tube*
Tipe	*Kettle Reboiler*
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (˚C)	30
Mechanical Design	
a" (in^2)	0,268
Pt	15/16 Tringular
A (ft^2)	478,844
Uc (Btu/hr.ft.ºF)	101,146
Ud (Btu/hr.ft.ºF)	90,769
Rd perhitungan	0,001
Rd min	0,001
Cold Fluid : Shell	
ID (m)	0,438
Pass	2
Bafflle spaces (m)	0,219
ΔP perhitungan (psi)	0,143
ΔP diizinkan (psi)	10
Hot Fluid : Tube	
ID (m)	0,015
OD (m)	0,019
Pass	2
Nt	224
L	12
ΔP perhitungan (psi)	0,992
ΔP diizinkan (psi)	10
Harga ($)	**82.300**

3.4 Neraca Massa

Tabel 3. 20 Neraca Massa Alat Total

Komponen	*Input*	*Output*
	kg/jam	kg/jam
CH_4	600	60,4720
O_2	126	122,4541
CO		6,0074
CO_2		0,0787
H_2O	1695	1695,0635
H_2		108,3756
C_2H_2		351,3242
C_2H_4		0,0002
C_2H_6		0,0379
C		77,1852
C_3H_6O	1216	1216,0021
N_2	474	474
Total	**4111**	**4111**

Tabel 3. 21 Neraca Massa Alat Reaktor

Komponen	*Input*	*Output*
	kg/jam	kg/jam
CH_4	600	60,4719
O_2	126	122,4541
CO		6,0074
CO_2		0,0787
H_2O		0,0645
H_2		108,3756
C_2H_2		351,3227
C_2H_4		
C		77,1851
C_2H_6O		
N_2	474	474
Total	**1200**	**1200**

Tabel 3. 22 Neraca Massa Alat *Cyclone*

Komponen	*Input* kg/jam	*Output* 1 kg/jam	*Output* 2 kg/jam
CH_4	60,4719		60,4719
O_2	122,4541		122,4541
CO	6,0074		6,0074
CO_2	0,0787		0,0787
H_2O	0,0645		0,0645
H_2	108,3756		108,3756
C_2H_2	351,3227		351,3227
C_2H_4			
C_2H_6	0,0398		0,0398
C	77,1851	55,5733	21,6119
N_2	474		474
Total	**1200**	**55,5733**	**1144,4267**
Total Keseluruhan	**1200**	**1200**	

Tabel 3. 23 Neraca Massa Alat *Bag Filter*

Komponen	*Input*	*Output* 1	*Output* 2
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH_4	60,4719		60,4719
O_2	122,4541		122,4541
CO	6,0074		6,0074
CO_2	0,0787		0,0787
H_2O	0,0645		0,0645
H_2	108,3756		108,3756
C_2H_2	351,3227		351,3227
C_2H_4			
C_2H_6	0,0398		0,0398
C	21,6119	21,6118	
N_2	474		474
Total	**1144,4267**	**21,6118**	**1122,8148**
Total Keseluruhan	**1144,4267**	**1144,4267**	

Tabel 3. 24 Neraca Massa Alat Absorber

Komponen	*Input* 1	*Input* 2	*Output* 1	*Output* 2
	kg/jam	kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH_4	60,4719	3,0724	5,1993	58,3449
O_2	122,4541	0,9891	82,5542	40,8890
CO	6,0074	0,0127	5,0038	1,0163
CO_2	0,0787	0,0075	0.,0040	0,0822
H_2O	0,0645	4801,3185	6,2959	4795,0871
H_2	108,3756		108,3756	
C_2H_2	351,3227	42,4964	17,0329	376,7867
C_2H_4				
C_2H_6	0,0399		0,0018	0.04377
C_2H_6O		3921,2415	105,7255	3815,5160
N_2	474	0,5682	413	61,5077
Total	**1122,8128**	**8769,7062**	**743,2534**	**9149,2732**
Total Keseluruhan	**9892,5267**		**9892,5267**	

Tabel 3. 25 Neraca Massa Alat Stripper

Komponen	*Input* 1	*Input* 2	*Output* 1	*Output* 2
	kg/jam	kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH_4	58,3449			58,3449
O_2	40,8890			40,8889
CO	1,0163			1,0163
CO_2	0,0822			0,0822
H_2O	4795,0871	1695	622,5062	263,5808
H_2				
C_2H_2	376,7867			376,7861
C_2H_4				
C_2H_6	0.04377			0,0438
C_2H_6O	3815,5160		0,7171	3814,7989
N_2	61,5077			61,5077
Total	**9149,2732**	**1695**	**6227,2234**	**4617,0499**
Total Keseluruhan	**10844,2732**		**10844,2732**	

Tabel 3. 26 Neraca Massa Alat Separator

Komponen	*Input*	*Output* 1	*Output* 2
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
CH_4	58,3449	4,1518	54,1932
O_2	40,8889	1,3366	39,5524
CO	1,0163	0,0171	0,9992
CO_2	0,0822	0,0101	0,0721
H_2O	263,5808	261,7629	1,8179
H_2			
C_2H_2	376,7861	57,4259	319,3602
C_2H_4			
C_2H_6	0,0438	0,0077	0,0361
C_2H_6O	3814,7989	3655,0125	159,7864
N_2	61,5077	0,7678	60,7399
Total	**4617,0499**	**3980,4924**	**636,5575**
Total Keseluruhan	**4617,0499**	**4617,0499**	

3.5 Neraca Panas

Tabel 3. 27 Neraca Panas Alat Total

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Reaktor	8657177,261	8657177,261
Absorber	613185,6786	613185,6786
Stripper	1139445,115	1139445,115
Separator	-124500,3143	-124500,3143
Heat Exchanger 01	2954764,194	2954764,194
Heat Exchanger 02	1662994,011	1662994,011
Vaporizer	432088,2262	432088,2262
Cooler 01	8006515,874	8006515,874
Cooler 02	540225,5157	540225,5157
Cooler 03	137516,5829	137516,5829
Cooler 04	366480,6086	366480,6086
Cooler 05	136542,6117	136542,6117
Cooler 06	-124500,4506	-124500,4506
Cooler 07	4827,9989	4827,9989
Reboiler	774563,8757	774563,8757
Total	**25177326,7878**	**25177326,7878**

Tabel 3. 28 Neraca Panas Alat Reaktor

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	2809919945,25	
Output		8881008939
Q	6071088993,75	
Total	**8881008939**	**8881008939**

Tabel 3. 29 Neraca Panas Alat Absorber

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	280900,1158	
Output		259135,0605
Q	-21765,0552	
Total	**259135,0605**	**259135,0605**

Tabel 3. 30 Neraca Panas Alat Stripper

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	345084,3981	
Output		693809,6295
Q	348725,2314	
Total	**693809,6295**	**693809,6295**

Tabel 3. 31 Neraca Panas Alat Separator

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	-93513,7524	
Output		-93513,7524
Total	**-93513,7524**	**-93513,7524**

Tabel 3. 32 Neraca Panas Alat *Heat Exchanger* 1

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	1359,7119	
Output		1105081,8085
Pemanas	1103722,0967	
Total	**1106081,8085**	**1105081,8085**

Tabel 3. 33 Neraca Panas Alat *Heat Exchanger* 2

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	3040,0626	
Output		363727,6819
Pemanas	360687,6194	
Total	**363727,6819**	**363727,6819**

Tabel 3. 34 Neraca Panas Alat Vaporizer

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	3165,1487	
Output		271025,3160
Steam	367860,1673	
Total	**271025,3160**	**271025,3160**

Tabel 3. 35 Neraca Panas Alat *Cooler* 1

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	2251365,4665	
Output		1148979,2203
Pendingin	-1102386,2461	
Total	**1148979,2203**	**1148979,2203**

Tabel 3. 36 Neraca Panas Alat *Cooler* 2

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	1172786,1476	
Output		168296,6972
Pendingin	-1004389,4504	
Total	**168296,6972**	**168296,6972**

Tabel 3. 37 Neraca Panas Alat *Cooler* 3

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	1748287,5363	
Output		36179,0843
Pendingin	-1712108,4520	
Total	**36179,0843**	**36179,0843**

Tabel 3. 38 Neraca Panas Alat *Cooler* 4

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	797999,9967	
Output		232684,9583
Pendingin	-565315,0385	
Total	**232684,9583**	**232684,9583**

Tabel 3. 39 Neraca Panas Alat *Cooler* 5

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	133532,2333	
Output		74059,0821
Pendingin	-59473,1512	
Total	**74059,0821**	**74059,0821**

Tabel 3. 40 Neraca Panas Alat *Cooler* 6

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	197942,5240	
Output		-71919,2938
Pendingin	-269861,8178	
Total	**-71919,2938**	**-71919,2938**

Tabel 3. 41 Neraca Panas Alat *Cooler* 7

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	44133,1936	
Output		4914,6792
Pendingin	-39218,5144	
Total	**4914,6792**	**4914,6792**

Tabel 3. 42 Neraca Panas Alat Reboiler

Komponen	Panas Masuk (Kj/jam)	Panas Keluar (Kj/jam)
Input	74059,0821	
Output		774563,8757
Pemanas	774563,7937	
Total	**774563,8757**	**774563,8757**

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

Berdasarkan kondisi geografis, penentuan lokasi pendirian pabrik perlu mempertimbangkan aspek produksi dan distribusi karena kedua aspek tersebut berperan penting dalam menunjang keberlangsungan operasional pabrik. Pemilihan lokasi pabrik akan memengaruhi keberlangsungan jangka panjang perusahaan, biaya produksi, kemudahan distribusi produk, dan efisiensi operasional. Oleh karena itu, memilih lokasi yang tepat sangat penting bagi kinerja operasional industri kimia. Lokasi pabrik yang tepat akan mendukung ketersediaan bahan baku, distribusi produk, peningkatan kapasitas produksi, serta efisiensi biaya operasional.

Selain itu, berbagai aspek teknis, ekonomis, sosial, dan lingkungan juga perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik. kawasan industri Kabupaten Gresik, Jawa Timur, adalah lokasi yang direncanakan untuk

pembangunan pabrik asetilena dari gas alam dengan proses oksidasi parsial. Lokasi ini dipilih berdasarkan sejumlah faktor yang dianggap mampu mendukung kegiatan produksi pabrik baik dari segi ekonomi maupun teknis.

4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan komponen utama dalam proses produksi, sehingga ketersediaannya menjadi faktor krusial dalam menentukan lokasi pabrik. Pabrik asetilena ini menggunakan gas alam dengan metana (CH_4) sebagai bahan baku utama dan oksigen sebagai bahan pendukung dalam proses oksidasi parsial. Pasokan gas alam dapat diperoleh dari Ladang Gas Kangean di Laut Jawa, Ladang Gas Pagerungan di Kabupate Sumenep, dan jaringan distribusi gas dari Surabaya dan daerah sekitarnya, sedangkan kebutuhan oksigen dapat dipenuhi oleh pemasok gas industri di wilayah Gresik dan Surabaya. Kedekatan lokasi pabrik dengan sumber bahan baku dan dukungan infrastruktur distribusi memberikan keuntungan berupa kelancaran pasokan dan efisiensi biaya transportasi sehingga operasional pabrik dapat berjalan secara berkelanjutan.

4.1.2 Faktor Transportasi dan Pemasaran

Target pemasaran utama produk asetilena dari pabrik ini untuk memenuhi kebutuhan pasar ekspor, khususnya ke Kawasan Asia Tenggara dan Asia. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik dengan akses transportasi yang baik menjadi faktor penting dalam mendukung distribusi produk. Kabupaten Gresik memiliki sarana transportasi yang memadai melalui jalur darat dan laut serta dekat dengan Pelabuhan Gresik dan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku dan distribusi produk ke pasar Internasioal. Selain itu,

akses jalan raya dan jalan tol yang terhubung dengan Kawasan industri di Jawa Timur turut mendukung kelacaran distribusi dan efisiensi biaya logistik.

4.1.3 Ketersediaan Utilitas

Kebutuhan utilitas merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang keberlangsungan operasional pabrik sehingga penentuan lokasi pabrik perlu mempertimbangkan ketersediaan sarana dan sumber daya pendukung produksi. Utilitas yang dibutuhkan meliputi air, listrik, bahan bakar, sistem pengolahan limbah, serta sistem telekomunikasi. Kabupaten Gresik memiliki infrastruktur utilitas industri yang cukup lengkap karena merupakan kawasan industri terpadu. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari jaringan PLN dan pembangkit industri di sekitar kawasan, sedangkan kebutuhan air industri dapat diperoleh dari perusahaan penyedia air industri dan sumber air di wilayah Gresik. Selain itu, fasilitas pengolahan limbah, sarana transportasi, dan fasilitas kesehatan di kawasan tersebut juga telah tersedia dengan baik sehingga dapat mendukung kegiatan operasional pabrik secara berkelanjutan.

4.1.4 Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung proses produksi dan keberhasilan operasional perusahaan. Kabupaten Gresik dan wilayah sekitarnya memiliki ketersediaan tenaga kerja yang cukup memadai, baik tenaga kerja terampil maupun non-terampil. Selain itu, keberadaan berbagai perguruan tinggi dan sekolah kejuruan di Jawa Timur turut mendukung tersedianya sumber daya manusia yang kompeten di bidang teknik dan industri sehingga kebutuhan tenaga kerja operasional maupun tenaga ahli dapat terpenuhi. Dengan didikannya

pabrik ini, diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar serta meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat di wilayah tersebut.

4.1.5 Kondisi Geografis dan Sosial

Keadaan geografis dan sosial merupakan salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik karena dapat mempengaruhi kelancaran operasional, keamanan, serta pengembangan pabrik di massa mendatang. Pemilihan lokasi pabrik di Kabupaten Gresik didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut.

a. Bencana Alam

Kabupaten Gresik memiliki kondisi geografis yang relatif mendukung kegiatan industri dan memiliki resiko bencana alam yang cukup rendah. Kondisi iklim yang relatif stabil serta rendahnya potensi bencana seperti bencana seperti tanah longsor dan gunung meletus menjadi keuntungan dalam mendukung keberlangsungan operasional pabrik secara berkelanjutan.

b. Peraturan Pemerintah

Lokasi pabrik yang berada di kawasan industri memudahkan proses perizinan dan pemenuhan regulasi pemerintah terkait kegiatan industri, keselamatan kerja, dan pengelolaan lingkungan. Selain itu, pemerintah daerah Kabupaten Gresik juga mendukung pengembangan kawasan industri melalui penyediaan infrastruktur dan fasilitas penunjang industri.

c. Peluang Perluasan Pabrik

Kawasan industri di Kabupaten Gresik masih memiliki lahan yang cukup luas untuk pembangunan dan pengembangan kapasitas pabrik di masa mendatang. Ketersediaan lahan tersebut memberikan keuntungan dalam pengaturan tata letak pabrik, pembangunan utilitas, serta kemungkinan ekspansi apabila terjadi peningkatan permintaan produk.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan pengaturan posisi bangunan, unit proses, fasilitas utilitas, area penyimpanan, serta fasilitas penunjang lainnya dalam suatu area pabrik sehingga diperoleh hubungan kerja yang efektif, aman, dan ekonomis. Perancangan tata letak pabrik bertujuan untuk:

1. Mempermudah aliran material proses produksi.
2. Menjamin keselamatan kerja dan keamanan operasional.
3. Mempermudah pengawasan dan *maintenance*.
4. Mengoptimalkan penggunaan lahan.
5. Mempermudah pengembangan pabrik di masa mendatang.

Secara umum area pabrik dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

a. Daerah Produksi

Daerah produksi merupakan area utama yang digunakan untuk proses pembentukan asetilena dari gas alam melalui proses oksidasi parsial. Pada area ini terdapat *reaktor*, *heat exchanger*, separator, pendingin, dan peralatan proses lainnya.

b. Daerah Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas digunakan untuk menyediakan kebutuhan pendukung proses seperti air pendingin, listrik, udara tekan, bahan bakar, dan sistem pengolahan air.

c. Daerah Penyimpanan

Daerah penyimpanan meliputi tangki bahan baku, tangki produk, Gudang bahan kimia, dan Gudang peralatan.

d. Daerah Perkantoran dan Fasilitas Umum

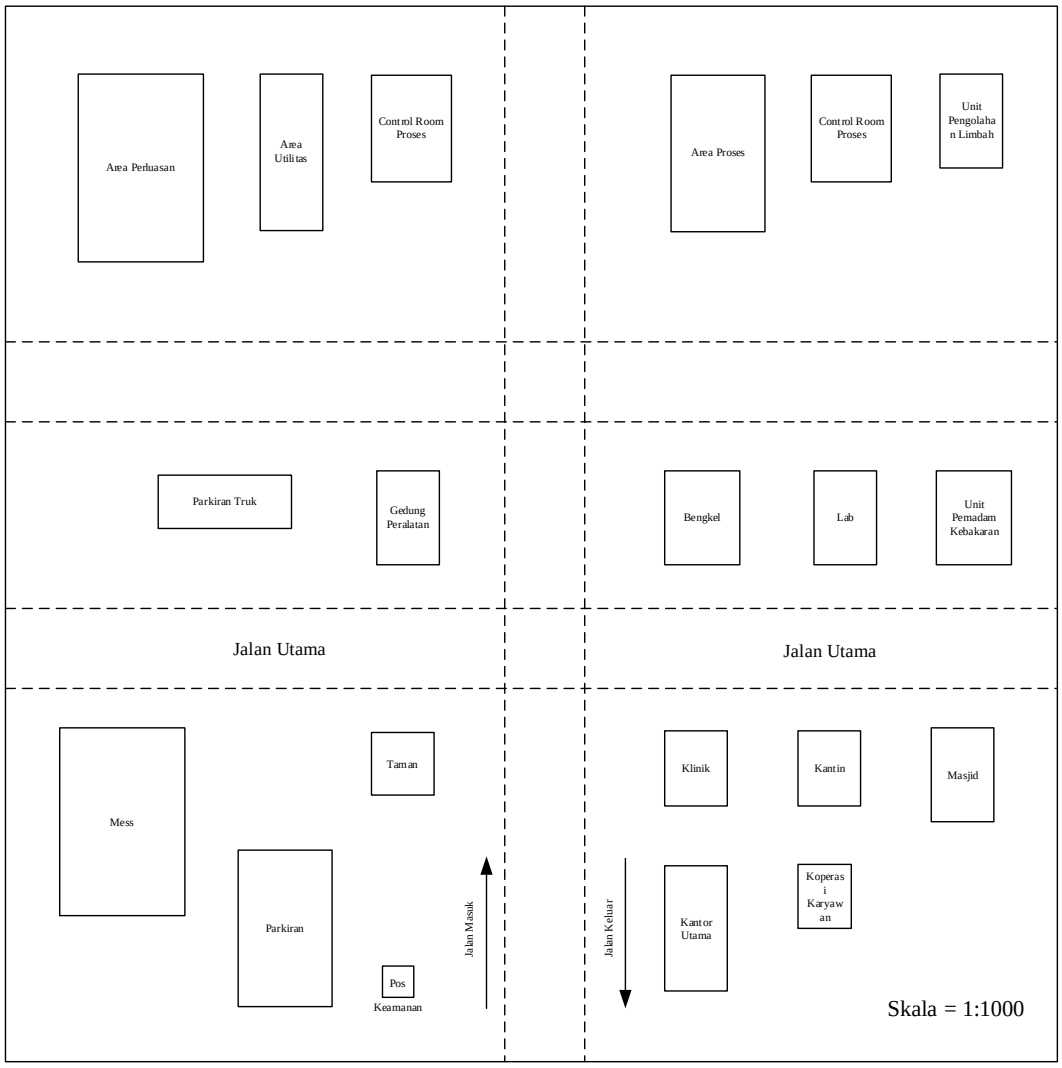
Daerah ini meliputi kantor administrasi, ruang control, laboratorium, ruang operator, kantin, mesjid, klinik, dan fasilitas umum lainnya.

e. Daerah Pengolahan Limbah

Daerah pengolahan limbah digunkan untuk menangani limbah cair, gas, maupun padat sebelum dibuang ke lingkungan sehingga memenuhi standar lingkungan yang berlaku.

f. Area Jalan dan Parkir

Area jalan dan perkir dirancang untuk memudahkan mobilitas kendaraan operasional, kendaraan pengangkut bahan baku, serta kendaraan distribusi produk.



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

4.3 Tata Letak Alat Proses

Pengaturan tata letak peralatan proses dirancang untuk mendukung kelancaran operasional, meningkatkan efisiensi proses, serta menjamin keselamatan kerja. Penempatan setiap peralatan mempertimbangkan hubungan antar proses, kemudahan operasi, dan keamanan area produksi. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam peraturan tata letak peralatan proses adalah sebagai berikut.

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

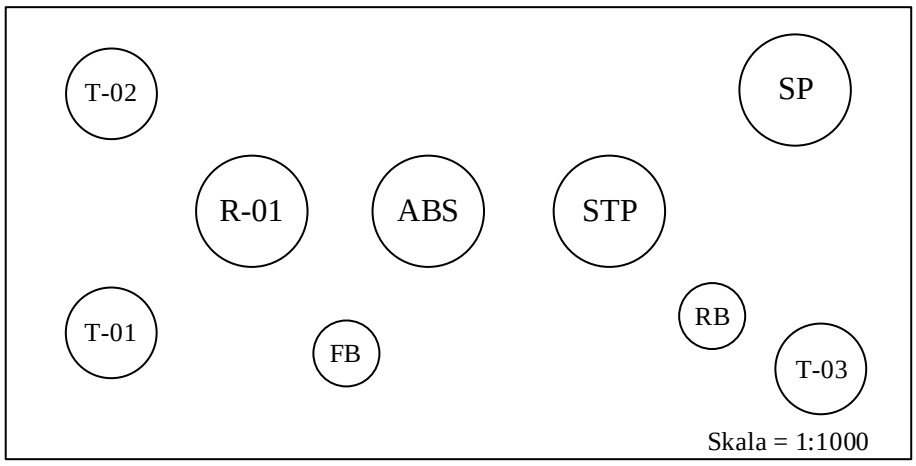
Peralatan proses disusun sesuai urutan proses produksi agar aliran bahan baku dan produk berlangsung secara kontinu dan efisien. Pengaturan aliran material yang baik dapat mempermudah operasional dan meminimalkan risiko kecelakaan kerja.

2. Sirkulasi Udara dan Pencahayaan

Sirkulasi udara yang baik diperlukan untuk mencegah penumpukan gas berbahaya di area proses, sedangkan sistem pencahayaan yang memadai dibutuhkan untuk mendukung kegiatan operasi dan pengawasan pabrik yang berlangsung selama 24 jam.

3. Mobilitas dan keselamatan Kerja

Jarak antar peralatan dirancang cukup aman untuk memudahkan perpindahan operator, kegiatan *maintenance*, dan proses evakuasi darurat. Selain itu, peralatan bertemperatur dan bertekanan tinggi ditempatkan dengan sistem proteksi yang memadai guna meningkatkan keselamatan kerja.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

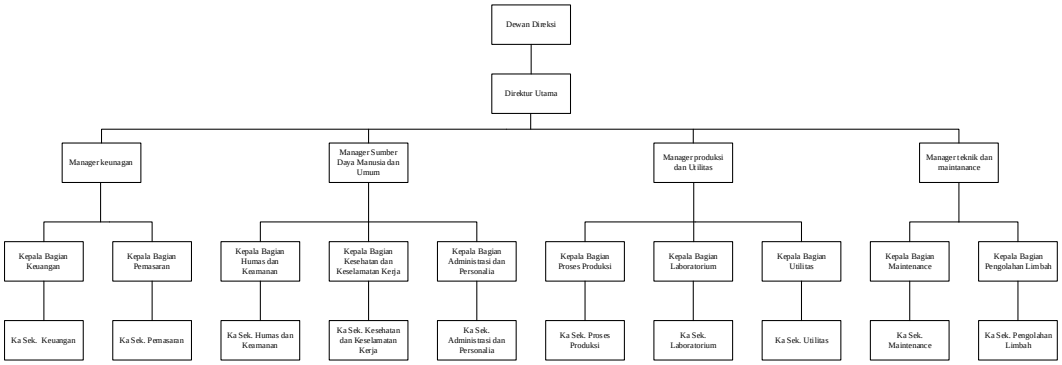
4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada pabrik asetilena adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan badan usaha yang memiliki status hukum resmi dengan modal perusahaan yang berasal dari kepemilikan saham oleh pemegang saham. Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan pada pertimbangan bahwa Perseroan Terbatas memiliki sistem pengelolaan yang lebih terstruktur dan mampu mendukung operasional perusahaan dalam skala besar.

Selain itu, bentuk perusahaan Perseroan Terbatas memberikan kemudahan dalam pengelolaan manajemen karena pemegang saham dapat menunjuk tenaga profesional yang berpengalaman untuk menduduki posisi direksi maupun komisaris. Bentuk perusahaan ini juga memudahkan perusahaan dalam memperoleh sumber pendanaan atau kredit dari Lembaga keuangan untuk mendukung pengembangan dana operasional pabrik. Dengan demikian, bentuk Perseroan Terbatas dinilai sesuai untuk mendukung keberlangsungan operasional dan pengembangan pabrik asetilena.

4.4.2 Struktur Organisasi



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

a. Dewan Direksi

Dewan direksi bertugas menentukan kebijakan umum peusahaan, mengawasi jalannya operasional pabrik, serta melakukan pengambilan keputusan strategis untuk pengembangan perusahaan.

b. Direktrur Utama

Direktur utama bertanggung jawab memimpin dan mengoordinasi seluruh kegiatan perusahaan agar operasinal pabrik berjalan sesuai dengan tujuan perusahaan.

c. Manager Produksi dan Utilitas

Manager produksi dan utilitas bertanggung jawab terhadap kelancaran proses produksi, pengendalian kualitas produk, serta penyediaan utilitas yang dibutuhkan selama operasional pabrik berlangsung.

d. Manager Teknik dan *Maintanance*

Manager Teknik dan *maintenance* bertanggung jawab terhadap kondisi peralatan pabrik, kegiatan perawatan, serta pengelolaan unit pendukung proses.

e. Manager Keuangan

Manager keuangan bertanggung jawab terhadap pengelolaan keuangan perusahaan san kegiatan pemasaran produk.

f. Manager Sumber Daya Manusia dan Umum

Manager sumber daya manusia dan umum bertanggung jawab terhadap pengelolaan tenaga kerja, administrasi perusahaan, serta hubungan dengan masyarakat sekitar.

g. Kepala Bagian

Kepala bagian bertanggung jawab dalam mengoordinasikan, mengawasi, dan mengendalikan seluruh kegiatan pada bagian yang dipimpinnya agar operasional perusahaan dapat berjalan seara efektif dan efisien. Selain itu, kepala bagian juga bertugas Menyusun perencanaan kerja, melakukan evaluasi kinerja bawahan, serta melaporkan hasil kegiatan kepada manager terkait. Kepala bagian terdiri dari:

- Kepala bagian proses produksi

  Bertanggung jawab mengoordinasikan seluruh kegiatan produksi agar oroses berjalan sesuai kapasitas dan kondisi operasi yang telah ditetapkan.

- Kepala bagian utilitas

  Bertanggung jawab mengawasi penyediaan dan pengoperasian utilitas seperti air, listrik, bahan bakar, dan utilitas pendukung lainnya.

- Kepala bagian penelitian dan pengembangan (laboratorium)

Bertanggung jawab mengawasi kegiatan analisi mutu bahan baku dan produk serta mendukung pengembangan proses produksi.

- Kepala bagian *maintenance*

  Bertanggung jawab mengatur kegiatan inspeksi, perawatan, dan perbaikan peralatan agar operasional pabrik berjalan dengan baik.

- Kepala bagian unit pengolahan limbah

  Bertanggung jawab mengawasi pengolahan limbah hasil prosess produksi agar sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku.

- Kepala bagian keuangan

  Bertanggung jawab mengatur administrasi keuangan, penyusunan anggaran, dan pengelolaan transaksi perusahaan.

- Kepala bagian pemasaran

  Bertanggung jawab merencanakan strategi pemasaran serta distribusi produk perusahaan.

- Kepala bagian humas dan keamanan

  Bertanggung jawab menjaga hubungan perusahaan dengan masyarakat serta mengawasi keamanan lingkungan pabrik.

- Kepala bagian Kesehatan dan keselamatan kerja

  Bertanggung jawab mengawasi penerapan keselamatan dan Kesehatan kerja di lingkungan pabrik.

- Kepala bagian administrasi dan personalia

Bertanggung jawab mengelola administrasi perusahaan, pengaturan tenaga kerja, dan kegiatan yang berkaitan dengan sumber daya manusia.

h. Kepala Seksi

Kepala seksi bertanggung jawab atas melaksanakan kegiatan operasional pada seksi yang dipimpinnya sesuai dengan tugas dan target yang telah ditetapkan perusahaan. Kepala seksi juga bertugas mengatur pelaksanaan perkerja bawahan, menjaga kelancaran kegiatan operasional, serta melaporkan hasil pekerjaan kepada kepala bagian atau manager terkait.

4.4.3 Status Karyawan

Pembagian karyawan ini dikelomokkan berdasarkan status kepegawaian, pembagian jam kerja, serta tanggung jawab pekerjaan. pengelompokkan status karyawan bertujuan untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan dan meningkatkan efisiensi kerja. Status karyawan dibedakan menjadi beberapa golongan sebagai berikut.

- Karyawan tetap

  Karyawan tetap merupakan tenaga kerja yang terikat secara langsung dengan perusahaan dan telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan perusahaan. Karyawan tetap memiliki masa kerja yang tidak dibatasi serta memperoleh hak dan fasilitas sesuai dengan peraturan perusahaan.

- Karyawan tidak tetap

Karyawan tidak tetap merupakan tenaga kerja yang dipekerjakan utuk pekerjaan tertentu sesuai kebutuhan perusahaan dengan masa kerja berdasarkan kontrak atau ketentuan yang berlaku.

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja Karyawan

Pabrik asetilena direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan 24 jam setiap hari. Hari libur resmi dan waktu pemberhentian operasi digunakan untuk kegiatan perawatan, perbaikan, dan *shot down* pabrik. Berdasarkan pembagian jam kerja, karyawan dibedakan menjadi dua golongan sebagai berikut.

- Karyawan shift

  Karyawan shift merupakan tenaga kerja secara langsung menangani kegiatan produksi dan utilitas selama pabrik beroperasi. Sistem kerja shift diterapkan agar proses produksi dapat berlangsung secara kontinu selama 24 jam. Karyawan shift meluputi operator produksi, teknisi, utilitas, keamanan, dan bagian keselamatan kerja. Pembagian jam kerja shift dilakukan sebagai berikut :

  Shift pagi (I): 08.00-15.00

  Shift siang (II): 15.00-23.00

  Shift malam (III): 23.00-08.00

Tabel 4. 1 Jadwal Pembagian Kelompok Shift

Kelompok	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I			II	II	II	II	II		III	III	III	III	I	
B	II	II	II		III	III	III	III	III			III	III	III	I
C	III	III	III	III			I	I	I	I	I			II	II
D		I	I	I	I	I			II	II	II	II	II		III

Kelompok	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A			II	II	II	II			I	I	I	I	I		
B	II	II	I	I	I	I	I	I			III	III	III	III	III
C	I	I			III	III	III	III	III	III			II	II	II
D	III	III	III	III			II	II	II	II	II	II		I	I

- Karyanan non-shift

  Karyawan non-shift merupakan tenaga kerja yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi sehingga bekerja pada jam kerja normal. Karyawan non-shift umumnya terdiri dari bagian administrasi, keuangan, pemasaran, personalia, dan manajemen perusahaan.

4.4.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Pekerja, Gaji dan Hak Karyawan

Tabel 4. 2 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Gaji/bulan/Orang
1	Dewan Direksi	1	S1	Rp40.000.000,00
2	Direktur Utama	1	S1	Rp35.000.000,00
3	Manager Keuangan	1	S1	Rp32.000.000,00
4	Manager Sumber Daya Manusia dan Umum	1	S1	Rp32.000.000,00
5	Manager Produksi dan Utilitas	1	S1	Rp32.000.000,00
6	Manager Teknik dan Maintenance	1	S1	Rp32.000.000,00
7	Kepala Bagian Keuangan	1	S1	Rp20.000.000,00
8	Kepala Bagian Pemansaran	1	S1	Rp20.000.000,00
9	Kepala Bagian Humas dan Keamanan	1	S1	Rp20.000.000,00
10	Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	S1	Rp22.000.000,00
11	Kepala Bagian Administrasi dan Personalia	1	S1	Rp20.000.000,00
12	Kepala Bagian Proses Produksi	1	S1	Rp22.000.000,00
13	Kepala Bagian Laboratorium	1	S1	Rp22.000.000,00
14	Kepala Bagian Utilitas	1	S1	Rp22.000.000,00
15	Kepala Bagian Maintenance	1	S1	Rp22.000.000,00
16	Kepala Bagian Pengolahan Limbah	1	S1	Rp22.000.000,00
17	Kepala Seksi Keuangan	1	S1	Rp16.000.000,00
18	Kepala Seksi Pemasaran	1	S1	Rp16.000.000,00
19	Kepala Seksi Humas dan Keamanan	1	S1	Rp16.000.000,00
20	Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	S1	Rp18.000.000,00
21	Kepala Seksi Administrasi dan Personalia	1	S1	Rp16.000.000,00
22	Kepala Seksi Proses Produksi	1	S1	Rp18.000.000,00
23	Kepala Seksi Laboratorium	1	S1	Rp18.000.000,00
24	Kepala Seksi Utilitas	1	S1	Rp16.000.000,00
25	Kepala Seksi Maintenance	1	S1	Rp16.000.000,00
26	Kepala Seksi Pengolahan Limbah	1	S1	Rp16.000.000,00
27	Staf Keuangan	4	S1/D3	Rp9.000.000,00
28	Staf Pemasaran	4	S1/D3	Rp9.000.000,00
29	Staf Hubungan Masyarakat	4	S1/D3	Rp9.000.000,00
30	Staf Kesehatan dan Keselamatan Kerja	3	S1/D3	Rp12.000.000,00
31	Staf Administrasi	3	S1/D3	Rp9.000.000,00
32	Staf Personalia	3	S1/D3	Rp9.000.000,00
33	Staf Proses Produksi	10	S1/D3	Rp12.000.000,00
34	Staf Laboratorium	3	S1/D3	Rp9.000.000,00
35	Staf Penelitian dan Pengembangan	3	S1/D3	Rp9.000.000,00
36	Staf Utilitas	5	S1/D3	Rp9.000.000,00
37	Staf Maintenance	3	S1/D3	Rp9.000.000,00
38	Staf Pengolahan Limbah	3	S1/D3	Rp9.000.000,00
39	Staf Pemeliharaan Listrik dan Mesin	4	S1/D3	Rp9.000.000,00
40	Staf Keamanan	5	SMA/K	Rp5.200.000,00
41	Operator	15	SMK/D3/S1	Rp7.000.000,00
42	Dokter	2	S2	Rp10.000.000,00
43	Perawat	3	D3/D4/S1	Rp6.500.000,00
44	Supir	2	SMA/K	Rp5.750.000,00
45	Cleaning Service	5	SMA/K	Rp5.200.000,00
	Total	**110**		**Rp743.650.000,00**

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Kesejahteraan karyawan merupakan salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan oleh perusahaan untuk mendukung kenyamanan, keselamatan, dan produktivitas kerja. Dengan adanya fasilitas dan jaminan kesejahteraan yang baik, diharapkan karyawan dapat bekerja secara optimal serta meningkatkan loyalitas terhadap perusahaan. Fasilitas dan hak yang diberikan perusahaan kepada karyawan meliputi beberapa aspek sebagai berikut.

a. Tunjangan

Perusahaan memberikan tunjangan kepada karyawan sebagai bentuk penghargaan dan dukungan terhadap kesejahteraan tenaga kerja. Tunjangan yang diberikan meliputi:

- Gaji pokok sesuai dengan jabatan dan golongan karyawan.
- Tunjangan jabatan berdasarkan posisi dan tanggung jawab pekerjaan.
- Tunjangan lembur bagi karyawan yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditentukan.
- Tunjangan hari raya sesuai dengan ketentuan perusahaan dan peraturan ketenagakerjaan yang berlaku.

b. Cuti

Perusahaan memberikan hak cuti kepada karyawan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Jenis cuti yang diberikan meliputi:

- Cuti tahunan yang diberikan kepada karyawan dalam jangka waktu tertentu setiap tahun.
- Cuti sakit bagi karyawan yang tidak dapat bekerja karena kondisi kesehatan.
- Cuti khusus sesuai dengan kebijakan perusahaan dan ketentuan ketenagakerjaan.

c. Jaminan Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Perusahaan memberikan jaminan kesehatan dan keselamatan kerja untuk melindungi karyawan selama bekerja. Fasilitas yang diberikan meliputi:

- Pelayanan kesehatan dan fasilitas pengobatan bagi karyawan.
- Penyediaan alat pelindung diri (APD) seperti *safety helmet*, *safety shoes*, sarung tangan, masker, dan perlengkapan keselamatan lainnya.
- Pengawasan keselamatan kerja di area produksi untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja.

d. Jaminan Sosial dan Fasilitas Pendukung

Perusahaan memberikan jaminan sosial kepada karyawan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Selain itu, perusahaan juga menyediakan fasilitas pendukung untuk menunjang kegiatan karyawan selama bekerja, antara lain:

- Fasilitas ibadah.

- Kantin dan area istirahat karyawan.
- Area parkir dan sarana transportasi pendukung.
- Klinik kesehatan dan fasilitas pertolongan pertama.

Dengan adanya fasilitas dan hak karyawan tersebut, diharapkan tercipta lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan mendukung peningkatan produktivitas kerja karyawan.

BAB V

UTILITAS

Utilitas adalah bagian penting dalam menunjang kelancaran proses produksi di industri kimia. Untuk memastikan kelancaran operasional pabrik, diperlukan perancangan utilitas yang tepat. Utilitas dibuat untuk menjamin keberlangsungan operasional, meningkatkan efisiensi, serta mematuhi regulasi lingkungan agar proses produksi dapat berjalan sesuai standar. Beberapa unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik meliputi:

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

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

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air merupakan fasilitas yang menyediakan air dengan kualitas dan kuantitas sesuai kebutuhan pabrik. Unit ini dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan, seperti air proses, pendinginan, sanitasi, maupun pengolahan limbah, sehingga kelancaran operasi pabrik dapat terjaga secara optimal. Dalam perancangan pabrik asetilena (C_2H_2), sumber air yang digunakan adalah air dari kawasan industri KIG-JIIPE. Pemilihan sumber air didasarkan dengan pertimbangan berikut:

1. Ketersediaan utilitas terpusat di Kawasan KIG-JIIPE, yang menyediakan fasilitas kebutuhan air industri dalam skala besar. Sehingga memudahkan untuk memenuhi kebutuhan tanpa pengambilan air secara mandiri.
2. Air yang disuplai oleh wilayah tersebut memiliki kontuinitas yang tinggi, sehingga mengurangi potensi kekurangan air.
3. Efisiensi biaya dan lahan, karena tidak membutuhkan pembangunan unit pengolahan air baku secara lengkap dari awal.

5.1.1 Kebutuhan Air

5.1.1.1 Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan non-proses dalam pabrik, seperti untuk minum, fasilitas toilet, *mess*, dan lainnya. *Service water* dimanfaatkan untuk menunjang fasilitas, seperti bengkel, laboratorium, poliklinik, kantin, dan tempat ibadah. Air sanitasi yang digunakan harus memenuhi standar kualitas tertentu, yaitu jernih, tidak berbau maupun berasa, tidak beracun, serta bebas dari kandungan berbahaya. Berikut merupakan air untuk keperluan umum:

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Sanitasi

Kebutuhan	***Flowrate* (kg/jam)**
Kantor	455,0455
Mess	125
Service Water	262,5
Total	**842,5455**

5.1.1.2 Air Pemadam Kebakaran (*Hydrant Water*)

Air yang digunakan sebagai media pemadam kebakaran merupakan hal wajib yang harus ada di pabrik sebagai antisipasi terhadap potensi kebakaran. Sistem penyediaan air pemadam tidak kontinu, tetapi bekerja secara insidental dan hanya aktif dalam situasi darurat, seperti saat kebakaran, melalui sistem *hydrant* yang telah disediakan. Diperkirakan kebutuhan air *hydrant* sebesar 125 kg/jam.

5.1.1.3 Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin berperan sebagai sara utama dalam sistem pendingin untuk mengatur suhu alat proses agar tetap dalam kondisi ideal. Keberadaan sistem pendingin sangat krusial untuk mencegah terjadinya *overheating* pada alat proses, menjaga kestabilan proses produksi, serta meningkatkan efisiensi energi. Pemanfaatan air pendingin juga mendukung perpanjangan masa pakai alat dan memastikan kelancaran proses secara keseluruhan. Dalam penggunaannya, kualitas air pendingin harus dikontrol untuk mencegah terjadinya *fouling*, *scaling*, dan korosi. Kebutuhan air pendingin pada pabrik asetilena yang dibutuhkan sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	***Flowrate* (kg/jam)**
Cooler-01 (CL-01)	11740,0895
Cooler-02 (CL-02)	10696,4524
Cooler-03 (CL-03)	30441,5308
Cooler-04 (CL-04)	30203,5591
Cooler-05 (CL-05)	6362,4792
Cooler-07 (CL-07)	597,9446
Total	**90042,0556**

Untuk keamanan, disediakan air pendingin dengan *overdesign* 20% dari total kebutuhan, sehingga disediakan air untuk kebutuhan sebanyak 108050,4667 kg/jam.

Sistem pendingin terdiri dari *cooling tower*, kolam penampung (*cold basin*) dan jaringan distribusi air pendingin. Saat proses sudah *steady*, pada *cooling tower* berpotensi terjadi *water losses* akibat penguapan, kehilangan air karena terbawa aliran udara (*drift loss*), dan *blowdown*. Maka perlu disiapkan *make up water* sebesar 1836,8579 kg/jam.

5.1.1.4 Air Umpan Boiler

Air yang digunakan sebagai umpan boiler adalah air yang dimasukkan ke dalam boiler untuk menghasilkan uap yang berperan sebagai pemanas dan penunjang keberlangsungan proses produksi. Pengelolaan air umpan boiler yang baik penting untuk memastikan ketersediaan *steam* sesuai kebutuhan ketersediaan steam sesuai kebutuhan proses, menjaga kestabilan operasi, dan mencegah kerusakan sistem. Kebutuhan air umpan boiler pada pabrik asetilena yang dibutuhkan sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Kebutuhan Boiler

Nama Alat	***Flowrate* (kg/jam)**
Reboiler-01 (RB-01)	1344,3280
Vaporizer-01 (VP-01)	445,3877
Total	**1789,7157**

Untuk keamanan, disediakan air tambahan dengan *overdesign* 20% dari total kebutuhan, sehingga disediakan air untuk kebutuhan sebanyak 2147,6589 kg/jam.

Kehilangan air pada proses pembangkitan *steam* dalam boiler dapat mengakibatkan *blowdown*. Maka perlu disiapkan *make up water* pada kondisi *steady state* sebesar 429,5318 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam pra-rancangan pabrik asetilena ini, sumber air yang digunakan berasal dari kawasan KIG-JIIPE. Air tersebut dapat dipakai secara langsung untuk keperluan proses dalam pabrik sehingga sudah memenuhi spesifikasi kualitas yang diperlukan sistem pendingin, kebutuhan *steam*, kebutuhan sanitasi, dan umum lainnya. Berikut tahapan dalam unit utilitas:

1. Pengambilan air bersih

   Air bersih diambil dari awasan KIG-JIIPE.menggunakan pompa yang dialirkan ke dalam bak penampungan air bersih sementara yang nantinya akan digunakan kebutuhan sanitasi, layanan umum, dan lainnya. Air dari bak ini juga akan menjadi bahan baku untuk pengolahan lanjutan, seperti semineralisasi dan *cooling tower*.

2. Tangki Penampungan Air Bersih

   Air yang berasal dari bak penampungan sementara dialirkan menggunakan pompa menuju tangki sebagai cadangan untuk berbagai kebutuhan, seperti sanitasi, pemadam kebakaran, dan layanan umum di pabrik.

3. *Cooling Tower*

   Air dari bak penampung air bersih dialirkan menuju bak penampung air pendingin yang digunakan sebagai media dalam sistem pendingin. Air

didinginkan kembali melalui *cooling tower*, yang dimana panas dibuang ke udara. Air pendingin yang sudah digunakan akan disirkulasi kembali ke bak penampung air pendingin.

4. Unit Demineralisasi

Untuk menghasilkan uap (*steam*) pada boiler, air yang digunakan yaitu air yang sudah tidak mengandung ion-ion mineral yang menyebabkan kerak (*scaling*) dan korosi pada alat. Sehingga air perlu dialirkan terlebih dahuu ke unit demineralisasi, yang terdiri dari 2 tahap sebagai berikut:

a. Kation Exchanger

Kation exchanger digunakan sebagai penukar ion positif dengan resin kation. Ion-ion positif seperti Na^+, Ca^{2+}, dan Mg^{2+} ditukar dengan ion hydrogen (H^+). Reaksi penukaran ion yang terjadi yaitu:

- $Na_2A + MgCl_2 \rightarrow MGZ + 2NaCl$
- $Na_2Z + CaCl_2 \rightarrow CaZ + 2NaCl$
- $3Na_2Z + FeCl_3 \rightarrow Fe_2Z_3 + 3NaCl$

Ketika resin telah jenuh oleh ion-ion kation, dilakukan proses regenerasi menggunakan NaCl. NaCl berfungsi untuk menggantikan kembali ion-ion positif yang tertahan di resin dengan ion H^+, sehingga rsin dapat digunakan kembali untuk proses penukaran ion selanjutnya.

b. Anion Exchanger

Selanjutnya, air dialirkan ke tangki *anion exchanger* digunakan sebagai penukar ion negatif dengan resin anion. Ion-ion negatif seperti

Cl^- dan $SO_4{}^{2-}$, yang digantikan oleh ion OH^-. Reaksi yang terjadi yaitu:

- $RNH_2 + HCl \rightarrow RNH_3Cl$
- $2RHN_3OH + H_2CO_3 \rightarrow (RHN_3)_2CO_3 + H_2O$

Resin yang jenuh oleh ion-ion anion, dilakukan proses regenerasi menggunakan NaOH atau HCl. Fungsinya untuk menggantikan kembali ion-ion negatif yang tertahan di resin dengan ion H^-, sehingga resin dapat digunakan kembali.

5. Dearasi

Dearasi merupakan proses penghilangan gas terlarut seperti O_2 dan CO_2, memisahkan logam seoerti mangan (Mn) dan besi (Fe), serta mengatur pH, menghilangkan bau, rasa, dan warna pada untuk umpan boiler. Adanya O_2 dan CO_2 dalam air menyebabkan korosi pada pipa atau boiler, sedangkan mineral menyebabkan kerak. Dearasi dilakukan secara fisis maupun kimia. Secara fisis dilakukan dengan *steam* dari boiler sebagai *stripping agent* untuk meningkatkan suhu cairan, sedangkan secara kimia dengan menambahkan *hydrazine* (N_2H_4) untuk menghilangkan oksigen dalam air.

6. Boiler

Boiler merupakan alat untuk menghasilkan uap. Uap akan dimanfaatkan sebagai pemanas untuk alat pabrik selama proses produksi. Di dalam boiler, air dikeluarkan dari daerator akan dipanaskan dengan tekanan dan suhu yang ditentukan menggunakan bahan bakar.

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

Unit pembangkit uap berfungsi menghasilkan *steam* sebagai media pemanas pada peralatan proses. *Steam* dihasilkan di dalam boiler menggunakan air umpan yang telah diolah, kemudian didistribusikan ke unit proses sesuai kebutuhan. Setelah digunakan, *steam* dikondensasikan menjadi kondensat dan dikembalikan ke boiler untuk digunakan kembali.

Tabel 5. 4 Kebutuhan *Steam*

Nama Alat	*Flowrate* (kg/jam)
Reboiler-01 (RB-01)	1344,3280
Vaporizer-01 (VP-01)	445,3877
Total	**1789,7157**

5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant Sistem*)

Unit pembangkit listrik adalah salah satu unit utilitas yang bertugas memberikan energi listrik agar semua peralatan proses dan fasilitas pendukung di pabrik bisa beroperasi dengan baik. Di pabrik asetilena, kebutuhan listrik dipenuhi dari jaringan listrik yang disediakan oleh PLN sebagai sumber listrik utama.

Sistem ini digunakan agar pasokan listrik tetap stabil, sehingga proses produksi tidak terganggu dan berjalan lancar. Adapun kebutuhan listrik dipabrik ini meliputi:

a. *Power Plant*
b. Alat Kontrol
c. Penerangan
d. Peralatan Kantor

e. Bengkel dan Laboratorium

f. *Mess*

Untuk mencegah terjadinya gangguan atau pemutusan listrik dari sistem utama, disediakan genset sebagai sumber listrik tambahan yang digunakan saat listrik utama tidak berfungsi. Genset akan bekerja sendiri ketika pasokan listrik utama tidak tersedia, sehingga peralatan penting seperti sistem kontrol, pompa utilitas, kompresor, dan peralatan keselamatan tetap bisa berjalan. Dengan demikian, proses produksi tetap berjalan terus dan kerusakan mesin serta hambatan terhadap keamanan operasi bisa dikurangi.

Tabel 5. 5 Daya Alat Proses

Alat	Kode Alat	Hp	Watt
Blower	BL-01	1	745.7
Kompresor	K-01	18.41	13726.8476
Kompresor	K-02	1.16	866.4015
Screw Conveyor	SC-01	0.43	320.6510
Pompa proses	P-01	0.17	124.2833
Pompa proses	P-02	1	745.7
Pompa proses	P-03	0.13	93.2125
Total		**22,29**	**16622,7960**

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Pabrik

No	Keperluan	Kebutuhan Listrik (kW)
1	*Power Plant*	16.6228
2	Alat Kontrol	4.1557
3	Penerangan	2.4934
4	Peralatan Kantor	2.4934
5	Bengkel dan Laboratorium	2.4934
6	*Mess*	2.5
Total		**30,7588**

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

Unit penyediaan udara tekan digunakan untuk menjalankan dan mengatur instrumen pada proses produksi serta membantu dalam pembersihan alat pabrik. Udara tekan dihasilkan dari *compressor* yang mendapat *feed* dari udara sekitar. Pada unit ini, udara terlebih dahulu mengalami proses pengkondisian, seperti pemisahan kandungan uap air (kondensat) dan pengotor lainnya sebelum dialirkan ke sistem instrumentasi. Hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas udara serta mencegah gangguan pada peralatan. Kebutuhan udara tekan pada pabrik diperkirakan sebesar 46,728 m^3/jam dengan tekanan operasi sekitar 5,92 atm.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedian bahan bakar bertugas menyediakan bahan bakar baik cair maupun gas dengan memperhatikan jumlah energi yang dibutuhkan pada masing-masing penggerak yang digunakan. Unit penyedia bahan bakar ini berfungsi menyediakan energi untuk mendukung operasional utilitas, terutama pada boiler sebagai pembangkit steam dan generator sebagai sumber listrik cadangan. Pada perancangan ini, bahan bakar yang digunakan adalah minyak solar (diesel) untuk pengoperasian generator, dengan kebutuhan sebesar 184,7 kg/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah merupakan unit yang wajib ada pada pabrik sehingga limbah yang dibuang tidak mencemari lingkungan karena sudah diproses terlebih dahulu. Limbah merupakan sisa hasil proses produksi yang sudah tidak dimanfaatkan kembali dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh

karena itu, diperlukan sistem pengolahan limbah untuk memastikan bahwa buangan pabrik tidak membahayakan lingkungan maupun kesehatan makhluk hidup.

5.1.1 Limbah Cair

Limbah cair berfungsi mengolah limbah cair yang berasal dari unit proses, utilitas, dan kegiatan domestik. Limbah cair merupakan buangan proses dalam bentuk cair yang sudah tidak digunakan kembali dan umumnya mengandung senyawa yang sulit terurai secara alami. Oleh karena itu, limbah cair perlu diolah hingga memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang ke badan air.

5.1.2 Limbah Gas

Off-gas yang berasal dari absorber (ABS-01). Gas ini disalurkan menuju unit pembakaran gas atau *recovery sistem* apabila nilai kalor gas cukup signifikan. Tujuannya adalah untuk menghindari emisi langsung ke atmosfer dan mematuhi regulasi lingkungan terkait emisi gas buang.

5.1.3 Limbah Padat

Limbah padat merupakan buangan proses dalam bentuk padat yang sudah tidak digunakan kembali. Limbah ini berasal dari *bag filter*. Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan, limbah padat dipisahkan berdasarkan karakteristiknya, kemudian dikumpulkan dan dikelola sesuai dengan peraturan yang berlaku sebelum dilakukan pembuangan atau pemanfaatan lebih lanjut.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam perancangan suatu pabrik, evaluasi ekonomi merupakan aspek yang sangat penting. Evaluasi ini bertujuan untuk memperkirakan besarnya kebutuhan investasi serta nilai kelayakan pendirian pabrik yang dirancang. Melalui analisis ekonomi untuk memperkirakan atau estimasi terkait kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi suati pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, periode pengembalian modal, titik impas, serta tingkat pengembalian investasi. Kelayakan investasi modal pada sebuah pabrik akan dianalisis meliputi:

1. *Profitability*
2. *Return on Investment* (ROI)
3. *Pay Out Time* (POT)
4. *Break Event Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)
6. *Discounted Cash Flow* (DCF)

Aspek-aspek yang dianalisis dalam evaluasi ekonomi mencakup:

a. Estimasi total modal investasi (*Total Capital Invesment*), yang terdiri atas:
    - Modal tetap (*Fixed Capital Invesment*)
    - Modal Kerja (*Working Capital*)
b. Perhitungan total biaya produksi (*Manufacturing Cost*), yang terdiri atas:
    - Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

- Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
- Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

c. Biaya umum (*General Expenses*)

d. Total pendapatan yang diperoleh dari hasil penjualan produk asetilena (C_2H_2)

6.1 Harga Alat

Penentuan biaya peralatan merupakan salah satu tahapan dalam estimasi investasi awal pabrik, yang mencakup peralatan proses utama maupun fasilitas pendukung produksi lainnya. Estimasi ini mengacu pada proyeksi kondisi ekonomi tahun 2030 sebagai tahun dimulainya pembangunan pabrik, sehingga seluruh harga peralatan dinyatakan pada nilai yang berlaku pada tahun tersebut, meskipun kegiatan operasional baru direncanakan pada tahun 2032.

Harga dasar peralatan diperoleh dari *Matches Equipment Cost Index* dengan basis tahun 2014. Selanjutnya, nilai tersebut disesuaikan ke tahun 2030 menggunakan *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI). Proyeksi indeks biaya tahun 2030 diperoleh menggunakan garis linear berdasarkan Tabel 6.1.

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1980-2023

No	Tahun (x)	Index (y)
1	1980	261,2
2	1981	287
3	1982	314
4	1983	317
5	1984	322,7
6	1985	325,3
7	1986	318,4
8	1987	323,8
9	1988	342,5
10	1989	355,4
11	1990	357,6
12	1991	361,3
13	1992	358,2
14	1993	359,2
15	1994	368,1
16	1995	381,1
17	1996	381,7
18	1997	386,5
19	1998	389,5
20	1999	390,6
21	2000	394,1
22	2001	394,3
23	2002	395,6
24	2003	402
25	2004	444,2
26	2005	468,2
27	2006	499,6
28	2007	525,4
29	2008	575,4
30	2009	521,9
31	2010	550,8
32	2011	585,7
33	2012	584,6
34	2013	567,3
35	2014	576,1
36	2015	556,8
37	2016	541,7
38	2017	567,5
39	2018	603,1
40	2019	607,5
41	2020	596,2
42	2021	708,8
43	2022	816
44	2023	797,9

Berikut rumus penyesuaian harga menggunakan indeks CEPCI:

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

Keterangan:

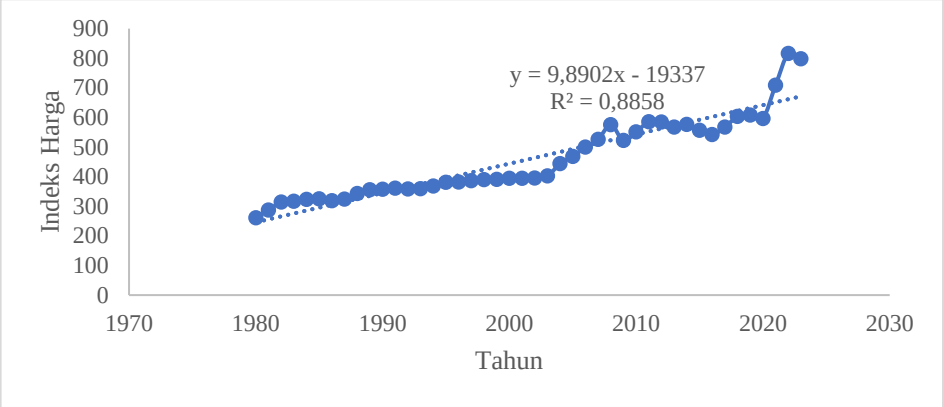
Ex: Harga tahun pembelian

Ey: Harga pembelian alat pada tahun referensi

Nx: Indeks harga pada tahun pembelian

Ny: Indeks harga pada tahun referensi

Dari data diatas, maka persamaan regresi linear yang didapatkan adalah Y = 9,8902x – 19337.



Gambar 6. 1 Grafik Indeks vs Harga Alat

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik asetilena adalah:

1. Kapasitas produksi : 5.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari

3. Pabrik didirikan tahun : 2030
4. Pabrik beroperasi tahun : 2032
5. Nilai kurs mata uang : $1 = Rp. 17.976
6. Umur alat : 10 tahun

6.3 Perkiraan Harga Alat

Perkiraan harga alat dibagi menjadi 2 bagian yaitu harga alat proses dan harga alat utilitas. Berikut harga alat untuk pra rancangan pabrik Asetilena dari Gas Alam dengan Oksidasi Parsial:

Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Harga Alat ($)		Harga Alat (Rp)	
1	Tangki Methane	T-01	$	470.000	Rp	8.448.720.000
2	Heat Exchanger 01	HE-01	$	1.700	Rp	30.559.200
3	Blower 1	BL-01	$	2.600	Rp	46.737.600
4	Heat Exchanger 02	HE-02	$	1.500	Rp	26.964.000
5	Reaktor Alir Pipa	R-01	$	54.805	Rp	985.170.025
6	Cooler 1	CL-01	$	1.500	Rp	26.964.000
7	Cooler 2	CL-02	$	37.700	Rp	677.695.200
8	Filter Bag	FB-01	$	46.200	Rp	830.491.200
9	Screw Conveyor	SC-01	$	2.600	Rp	46.737.600
10	Kompresor 1	K-01	$	56.500	Rp	1.015.644.000
11	Cooler 3	CL-03	$	37.700	Rp	677.695.200
12	Absorber	ABS-01	$	41.500	Rp	746.004.000
13	Tangki Aseton	T-02	$	50.700	Rp	911.383.200
14	Pompa 1	P-01	$	4.500	Rp	80.892.000
15	Cooler 4	CL-04	$	37.700	Rp	677.695.200
16	Expansion Valve	EV-01	$	85	Rp	1.527.960
17	Expansion Valve 2	EV-02	$	82	Rp	1.469.898
18	Cooler 5	CL-05	$	37.700	Rp	677.695.200
19	Stripper	STP-01	$	13.400	Rp	240.878.400
20	Reboiler	RB-01	$	82.300	Rp	1.479.424.800
21	Cooler 7	CL-07	$	1.600	Rp	28.761.600
22	Separator	SP-01	$	7.000	Rp	125.832.000
23	Kompresor 2	K-02	$	2.000	Rp	35.952.000
24	Cooler 6	CL-06	$	37.700	Rp	677.695.200
25	Cyclone	CY-01	$	5.400	Rp	97.070.400
26	Pompa 2	P-03	$	12.700	Rp	228.295.200
27	Tangki produk	T-03	$	242.000	Rp	4.350.192.000
28	Pompa 3	P-04	$	9.900	Rp	177.962.400
29	Vaporizer	VP-01	$	1.800	Rp	32.356.800
	Total		**$**	**1.300.872**	**Rp**	**23.384.466.282**

Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Proses Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	USD ($)		Rupiah (Rp)	
1	*Chiller*	1	$	3.500,00	Rp	62.916.000,00
	Total		**$**	**3.500,00**	**Rp**	**62.916.000,00**

6.4 Perhitungan Biaya

6.4.1 Modal (*Capital Invesment*)

Capital Investment atau modal investasi merupakan sejumlah dana yang harus dipersiapkan sebelum pendirian dan operasional suatu pabrik dimulai. *Capital Investment* terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. *Fixed Capital Invesment* (FCI)

Fixed Capital Investment atau modal tetap merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan infrastruktur fisik seperti gedung, pembelian serta pemasangan peralatan proses, tangki, pipa, dan konstruksi pendukung lainnya. Pengeluaran yang dibutuhkan bersifat jangka panjang dan umumnya dilakukan sekali di awal proses pembangunan pabrik.

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost* (PPC)

No	Jenis		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Purchased Equipment Cost*	Rp	30.320.812.471,09	$	1.686.738,57
2	*Delivered Equipment Cost*	Rp	7.580.230.117,77	$	421.684,64
3	*Instalasi cost*	Rp	13.037.949.362,57	$	725.297,58
4	Pemipaan	Rp	10.95.492.489,59	$	607.225,88
5	Instrumentasi	Rp	5.457.746.244,80	$	303.612,94
6	Insulasi	Rp	5.154.538.120,08	$	286.745,56
7	Listrik	Rp	84.548.121.870,66	$	253.010,78
8	Bangunan	Rp	12.760.000.000,00	$	709.835,34
9	*Land & Yard Improvement*	Rp	6.814.500.000,00	$	379.088,79
	Total	**Rp**	**96.589.363.676,56**	**$**	**5.373.240,08**

Tabel 6. 5 *Direct Plant Cost* (DPC)

No	*Tipe of Capital Investment*		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Engineering Construstion*	Rp	19.317.872.735,31	$	1.074.648,02
	DPC	Rp	115.907.236.411,87	$	6.447.88,10
		Rp	135.225.109.147,18	$	7.522.536,11

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

No	*Fixed Capital*		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Direct Plant Cost*	Rp	135.225.109.147,18	$	7.522.536,11
2	*Contractor's fee*	Rp	5.409.004.365,89	$	300.901,44
3	*Contingency*	Rp	6.761.255.457,36	$	376.126,81
	Total	**Rp**	**237.750.151.511,74**	**$**	**8.199.564,36**

b. *Working Capital Invesment (WCI)*

Working Capital Invesment atau modal kerja merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan operasional pabrik dalam jangka waktu tertentu sebelum pabrik mulai menghasilkan pendapatan. Sumber biaya berasal dari berbagai pihak, seperti pinjaman bank, dana pribadi, ataupun investasi dari pihak lain. Investasi bertujuan untuk meraih keuntungan dari biaya yang telah diinvestasikan.

Tabel 6. 7 *Working Capital Investment* (WCI)

No	*Type of Expenses*		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Raw Material Inventory*	Rp	3.679.227.014,40	$	204.674,40
2	*Inproses Onventory*	Rp	2.459.156.412,74	$	136.802,20
3	*Product Inventory*	Rp	8.604.232.903,80	$	1.172.590,32
4	*Extended Credit*	Rp	21.078.483.537,74	$	478.651,14
5	*Available Cash*	Rp	21.078.483.537,74	$	1.172.590,32
	***Working Capital* (WC)**	**Rp**	**56.899.583.406,42**	**$**	**3.165.308,38**

6.4.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing Cost merupakan seluruh biaya yang dikeluarkan dalam menjalankan proses produksi selama pabrik beroperasi. Secara umum, *Manufacturing Cost* terdiri dari:

a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Direct Manufacturing Cost merupakan pengeluaran yang berkaitan langsung dengan kegiatan pembuatan produk, serta gaji yang terlibat dalam menjalankan unit proses di pabrik.

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	*Type of Expenses*		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Raw Material*	Rp	173.449.273.536,00	$	9.648.836,00
2	*Labor*	Rp	15.552.000.000,00	$	865.153,54
3	*Supervision*	Rp	1.555.200.000,00	$	86.515,35
4	*Maintenance*	Rp	8.843.722.138,23	$	491.973,86
5	*Plant Supplies*	Rp	1.326.558.320,73	$	73.796,08
6	*Royalti and Patents*	Rp	946.465.619,42	$	73.651,63
7	*Utilities*	Rp	699.926,04	$	38,94
	***Direct Manufacturing Cost* (DMC)**	**Rp**	**201.673.919.540,42**	**$**	**11.219.065,39**

b. *Indirect Manufacturing Cost (*IMC)

Indirect Manufacturing Cost merupakan pengeluaran yang tidak berkaitan secara langsung dengan kegiatan pembuatan produk, seperti biaya untuk pemeliharaan dan perbaikan peralatan, biaya kebersihan, serta biaya *overhead* pabrik.

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

No	*Type of Expenses*	Biaya (Rp)		Biaya ($)	
1	*Payroll Overhead*	Rp	2.323.800.000,00	$	129.773,03
2	*Laboratory*	Rp	1.555.200.000,00	$	86.515,35
3	*Plant Overhead*	Rp	7.776.000.000,00	$	432.576,77
4	*Packaging and Shipping*	Rp	3.585.862.477,67	$	210.606,50
***Indirect Manufacturing Cost* (IMC)**		**Rp**	**15.449.862.477,67**	**$**	**859.471,66**

c. *Fixed Manufacturing Cost (*FMC)

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya yang tidak tergantung pada kapasitas produk tetapi tetap harus dikeluarkan oleh pabrik, seperti depresiasi alat, gaji manajemen, biaya sewa, dan pajak tetap. Biaya ini dikeluarkan baik saat beroperasi maupun tidak.

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

No	*Type of Expenses*	Biaya (Rp)		Biaya ($)	
1	*Deoreciation*	Rp	11.791.629.517,63	$	655.965,15
2	*Property taxes*	Rp	1.473.953.689,70	$	81.995,64
3	*Insurance*	Rp	1.473.953.689,70	$	81.995,64
***Fixed Manufacturing Cost* (FMC)**		**Rp**	**14.739,536.897,04**	**$**	**819.956,44**

Tabel 6. 11 *Total Manufacturing Cost*

No	*Type of Expenses*		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Direct Manufacturing Cost* (DMC)	Rp	201.673.919.540,42	$	11.219.065,39
2	*Indirect Manufacturing Cost* (IMC)	Rp	15.449.862.477,67	$	859.471,66
3	*Fixed Manufacturing Cost* (FMC)	Rp	14.739.536.897,04	$	819.956,44
	***Manufacturing Cost* (FMC)**	**Rp**	**231.863.318.915,13**	**$**	**12.898.493,49**

6.4.3 *General Expenses* (GE)

Pengeluaran umum merupakan semua biaya yang berhubungan dengan operasional administratif dan non-teknik. Pengeluaran ini dibutuhkan untu mendukung kelancaran operasional perusahaan secara keseluruhan. Biasanya dihitung sebagai persentase dari total biaya produksi atau biaya tetap dan merupakan beban operasional yang terus berjalan selama pabrik beroperasi.

Tabel 6. 12 *General Expenses* (GE)

No	*Type of Expenses*		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Administration*	Rp	6.955.899.567,45	$	386.954,80
2	*Sales Expense*	Rp	11.593.165.945,76	$	644.924,67
3	*Research*	Rp	6.492.172.929,62	$	361.157,82
4	*Finance*	Rp	4.085.899.047,54	$	227.297,45
	***General Expenses* (GE)**	**Rp**	**29.127.137.490,37**	**$**	**1.620.334,75**

Tabel 6. 13 *Total Production Cost* (TPC)

No	*Type of Expenses*		Biaya (Rp)		Biaya ($)
1	*Maufacturing Cost* (MC)	Rp	231.863.318.915,13	$	12.898.493,49
2	*General Expenses* (GE)	Rp	29.127.137.490,37	$	1.620.334,75
	***Total Production Cost* (TPC)**	**Rp**	**206.990.456.405,51**	**$**	**14.518.828,24**

6.5 Analisa Keuntungan

Analisis keuntungan pada perancangan pabrik ini dilakukan dengan membandingkan nilai total penjualan terhadap total biaya produksi yang dikeluarkan selama satu tahun operasional pabrik.

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp. 94.646.561.941,84

Total biaya produksi : Rp. 260.990.456.405,51

Total keuntungan : -Rp. 166.343.894.463,67

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 20% : -Rp. 33.268.778.892,73

Keuntungan : -Rp. 133.075.115.750,93

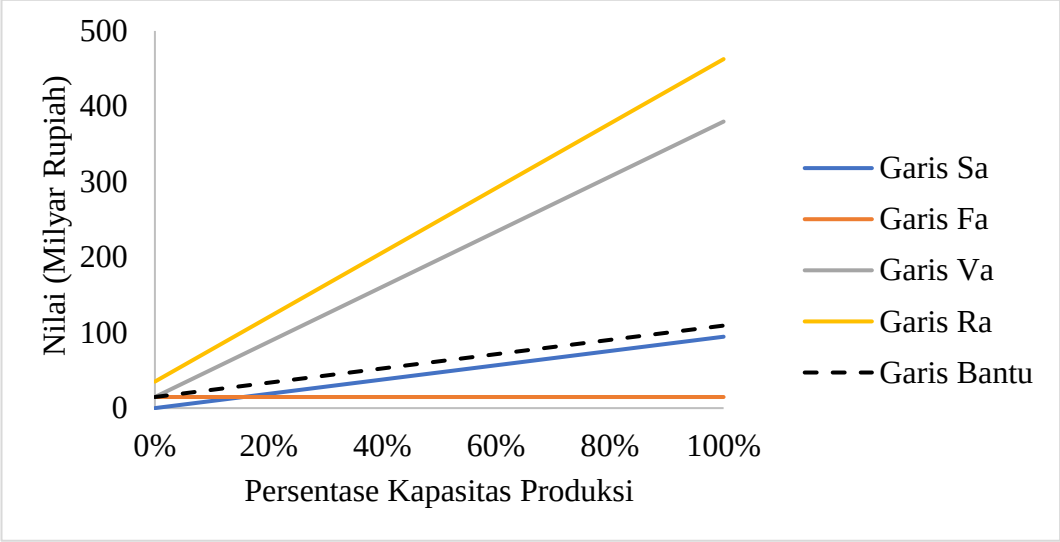
6.6 Analisa Kelayakan

Kelayakan ekonomi suatu pabrik umumnya dievaluasi menggunakan beberapa parameter, antara lain *Return on Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Shut Down Point* (SDP), *Break Even Point* (BEP), dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR). Namun, parameter-parameter tersebut tidak dapat dihitung pada perancangan pabrik ini karena hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik mengalami kerugian.

Kerugian tersebut ditunjukkan oleh nilai keuntungan sebelum maupun sesudah pajak yang bernilai negatif, sebagai akibat total biaya produksi yang melebihi pendapatan dari penjualan produk. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa perancangan pabrik ini belum memenuhi kelayakan untuk direalisasikan dari aspek ekonomi.

Tabel 6. 1 Kesimpulan Analisa Kelayakan Ekonomi

No.	Parameter	Perhitungan	Batasan
	Persen ROI		
1	ROI sebelum pajak	-113%	min. 11%
	ROI setelah pajak	-90,28%	
	POT, tahun		
2	POT sebelum pajak	-1	max. 5 tahun
	POT setelah pajak	-1	
3	*Break even point* (BEP)	-4,62%	40%-60%
4	*Shot down point* (SDP)	-6,13%	20-30%
5	*Discounted cash flow rate* (DCFR)	-179,33%	min. 10%



Gambar 7. 1 Grafik Analisa Kelayakan

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan pabrik asetilena dari gas alam melalui proses oksidasi parsial dengan kapasitas produksi 5.000 ton/tahun, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1.2 Perancangan pabrik ini memanfaatkan gas alam sebagai bahan baku utama untuk menghasilkan asetilena, sehingga diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah sumber daya alam domestik serta mendukung perkembangan industri petrokimia di Indonesia. Keberadaan pabrik juga berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pasokan asetilena dari luar negeri sekaligus memberikan manfaat ekonomi melalui penciptaan lapangan kerja.

2.2 Lokasi pabrik dipilih di Kabupaten Gresik, Jawa Timur, dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, kemudahan akses terhadap utilitas industri, jaringan transportasi yang baik, serta kedekatan dengan Kawasan industri dan Pelabuhan. Bentuk badan usaha yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) karena dinilai sesuai untuk mendukung kegiatan operasional dan pengelolaan investasi pabrik.

3.2 Proses produksi dilakukan melalui reaksi oksidasi persial gas metana dengan oksigen di dalam reaktor alir pipa (*Plug Flow Reaktor*). Proses berlangsung pada teperatur yang sangat tinggi sehingga memerlukan pemilihan material konstruksi yang sesuai serta sistem pengendalian dan

keselamatan proses yang memadai untuk menjamin operasi pabrik berlangsung secara aman.

4.2 Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa perancangan pabrik belum memenuhi kriteria kelayakan investasi. Total biaya produksi yang lebih besar dibandingkan pendapatan penjualan menyebabkan keuntungan sebelum maupun sesudah pajak bernilai negatif. Akibatnya, parameter kelayakan ekonomi seperti *Return on Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Shut Down Point* (SDP), *Break Even Point* (BEP), dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan dan optimasi lebih lanjut, terutama pada aspek kapasitas produksi, efisiensi proses, serta pengurangan biaya bahan baku dan utilitas, agar pabrik memiliki prospek ekonomi yang lebih baik.

7.2 Saran

a. Pengembangan prarancangan pabrik asetilena selanjutnya diharapkan dapat difokuskan pada optimasi kondisi operasi, kapitas produksi, serta pemilihan teknologi proses yang lebih efisien sehingga biaya produksi dapat ditekan dan kelayakan ekonomi pabrik dapat ditingkatkan.

b. Analisis ekonomi sebaiknya diperbarui menggunakan data harga bahan baku, utilitas, peralatan, dan harga jual produk yang lebih aktual sehingga hasil evaluasi dapat menggambarkan kondisi industri secara lebih akurat.

c. Pemilihan teknologi proses dan sistem pengelolaan limbah yang tepat perlu menjadi perhatian pada tahap pengembangan selanjutnya agar proses produksi berlangsung lebih efisien dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical engineering cost estimation*. McGraw-Hill.

Bachtler et al. (1998). United States Patent. In *Chem* (Vol. 154, Number 2).

Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process equipment design* (2nd ed.). John Wiley and Sons.

Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1983). *Chemical engineering (International Student ed.).* McGraw-Hill.

Harga Alat. (n.d.). *Matches: Equipment cost*. Diambil pada 21 Juli 2026 dari https://www.matche.com

Holmen, A., Rokstad, A., & Solbakken, A. (1976). *High-Temperature Pyrolysis of Hydrocarbons. I. Methane to Acetylene*.

Holmerp, A., Olsvikb, O., & Rokstad, O. A. (1995). Pyrolysis of natural gas: chemistry and process concepts. In *Fuel Processing Technology* (Vol. 42). ELSEVIER.

Indeks Harga. (n.d.). *Towering Skills*. Diambil pada 21 Juli 2026 https://toweringskills.com

Kern, D. Q. (1965). *Process heat transfer*. McGraw-Hill.

Li, Z., Li, Y., & Lou, C. (2019). *Kinetic simulation of methane combustion reaction: from mechanism to application*.

Perry, R. H., & Green, D. W. (1984). *Perry's chemical engineers' handbook* (7th 120 ed.). McGraw-Hill.

Sherathiya, T., Hirpara, R., Patel, M., Savaliya, D., Patel, D. D., & Student, B. E. (2020). Production and Kinetic Study of Acetylene Gas. In *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development*| (Vol. 8). www.ijsrd.com

Wang, Y.-N., Ma, W.-P., Lu, Y.-J., Yang, J., Xu, Y.-Y., Xiang, H.-W., Li, Y.-W., Zhao, Y.-L., & Zhang, B.-J. (n.d.). *Kinetics modelling of Fischer-Tropsch synthesis over an industrial Fe-Cu-K catalyst q*. Retrieved www.fuelfirst.com

Wei, Z., Li, M., Li, S., Wang, R., & Wang, C. (2021). Development of Natural Gas Chemical Kinetic Mechanisms and Application in Engines: A Review. In *ACS Omega* (Vol. 6, Number 37, pp. 23643–23653). American Chemical Society. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c03197

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan metana dengan oksigen menggunakan oksidasi parsial

Jenis Reaktor : RAP (Reaktor Alir Pipa)

Kondisi Operasi : Tekanan (P) = 1 atm

Suhu (T) = 1500 ˚C

Bahan Material : *Stainless steel 240 Grade M type 316*

Bahan material Isolator : High Alumina Bricks

Bentuk : Silinder horizotal dengan *dish head (torispherical)*

A. Kinetika Reaksi

Reaksi yang terjadi di reaktor :

Orde reaksi	Reaksi orde 1	
Rasio mol reaktan, $\alpha = \frac{[O_2]}{[CH_4]}$	0,2	
Konstanta laju reaksi (mol/L.s)		
$CH_4 + 0.5O_2 \rightarrow CO + 2H_2$	Ea = 125,52	k = 2,06 x 10^8
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	Ea = 185,476	k = 21001,64
$2CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$	Ea = 188,636	k = 255,84
$2CH_4 \rightarrow C_2H_6 + H_2$	Ea = 380,74	k = 11474,2
$2CO + 4H_2 \rightarrow C_2H_4 + 2H_2O$	Ea = 111,04	k = 4587,24
$C_2H_4 \rightarrow C_2H_2 + H_2$	Ea = 167,36	k = 15656,73
$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$	Ea = 153,33	k = 1,23 x 10^5

B. Perancangan Dimensi Reaktor

Rate of input – rate of output – rate of reaction = rate of accumulation

Karena *steady state*, maka Racc = 0

$$F_A|v - F_A|v + \Delta v - (-r_A)\Delta v = 0$$

$$\lim_{\Delta v \to 0} \frac{F_A|v + \Delta v - F_A|v}{\Delta v} = -(-r_A)$$

$$-\frac{dF_A}{dv} = (-r_A)$$

$$F_{A0}\frac{dx}{dv} = (-r_A)$$

$$\frac{dv}{dx} = \frac{F_{A0}}{(-r_A)}$$

Persamaan kecepatan reaksi : $(-r_A) = k.{C_A}^2$

$$\frac{dv}{dx} = \frac{F_{A0}}{k.{C_A}^2}$$

$$C_A = C_{A0} - C_{A0}.X_A$$

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

$$\frac{dv}{dx} = \frac{F_{A0}}{k.{C_A}^2.(1 - X_A)^2}$$

$$F_{A0} = F_{V0}.C_{A0}$$

$$\frac{dv}{dx} = \frac{F_{V0}.C_{A0}}{k.{C_A}^2.(1 - X_A)^2}$$

$$\frac{dv}{dx} = \frac{F_{V0}}{k.C_{A0}.(1 - X_A)^2}$$

$$dv = \frac{F_{v0}}{k.C_{A0}}.\frac{dx}{(1 - X_A)^2}$$

$$V = \frac{F_{v0}}{k.C_{A0}} . \int_{X_{A0}}^{X_A} \frac{dx}{(1-X_A)^2}$$

1. Neraca Massa Komponen

Komponen	*Input*	*Output*
	kg/jam	**kg/jam**
CH_4	600	60,4719
O_2	126	122,4541
CO		6,0074
CO_2		0,0787
H_2O		0,0645
H_2		108,3756
C_2H_2		351,3227
C_2H_4		
C		77,1851
C_2H_6O		
N_2	474	474
Total	**1200**	**1200**

2. Menghitung waktu tinggal

$$\tau = \frac{V}{Fv}$$

= 1416,16 s

3. Menghitung dimensi reaktor

Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir pipa, dengan spesifikasi diketahui :

Diameter reaktor = 1 m

Panjang reaktor = 6 m

Luas penampang reaktor

$$A = \frac{\pi D \hat{} 2}{4}$$

= 0,785 m2

Dengan menggunakan rumus volume reaktor yaitu :

$$V_{reaktor=} A \times L$$

V = 0,785 m^2x 6 m

V = 4,71 m^3

Untuk menganttisipasi fluktuasi operasi, *fouling*, dan ketidakpastian proses, ditetapkan faktor keamanan sebesar 20% terhadap volume reaktor hasil perhitungan.

V*over design* = 1,2 x 4,71 m^3

V*over design* = 5,652 m^3

4. Menghitung tebal *shell* (ts)

Menghitung ts berdasarkan Brownell & Young (1959) dapat menggunakan rumus :

$$ts = \frac{P.ri}{f.E - 0{,}6P} + C$$

Digunakan bahan *Stainless Steel 240 Grade M type 316* dengan spesifikasi :

Allowable stress (f) = 1500 psi

Sambungan yang dipilih = *Double Welded Vutt Joint*

Efisiensi sambungan (C) = 80%

Jari-jari reaktor (ri) = 19,6850 in

Tekanan (P) = 17,6351 psi

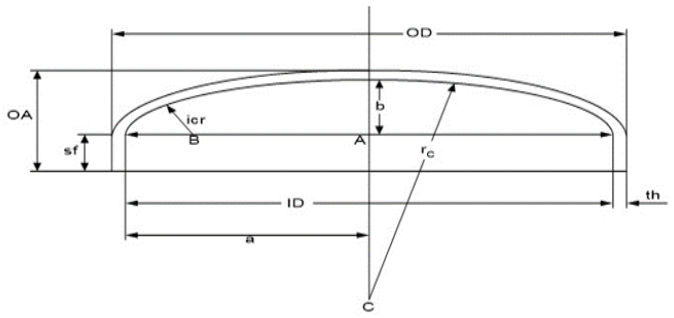
Sehingga tebal *shell* yaitu :

Ts = 0,4169 in

Ts = 0,4375 in

5. Perancangan dimensi *head*

Dimensi perancangan *head* pada reaktor menurut Brownell & Young (1959) sebagai berikut :



Keterangan :

ID : diameter dalam *head*

OD : diameter luar *head*

a : jari-jari dalam *head*

t : tebal *head*

r : jari-jari *head*

icr : jari-jari sudut dalam *head*

b : tinggi *head*

sf : *straight flanged*

OA : tinggi *head* total

rc : *inside spherical or crown radius*

Jenis head : Silinder horizotal dengan *dish head (torispherical)*

- Menghitung tebal *head* (th)

Menurut Brownell & Young (1959), tebal *head* dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$th = \frac{0{,}855.rc.P}{f.E - 0{,}1.P}$$

Sehingga tebal *head* yaitu :

th = 0,5158 in

th = 0,625 in

- Dimensi *head*

Menghitung nilai a

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

a = 19,6850 in

Menghitung nilai AB

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

AB = 18,3725 in

Menghitung BC

BC = r – icr

BC = 28,6875 in

Menghitung nilai AC

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

AC = 22,0323 in

Menghitung b

b = r – AC

b = 7,9677 in

Menghitung OA (tinggi *head*)

$$OA = t\ head + b + sf$$

OA = 11,0927 in = 0,2818 m

- Menghitung tinggi reaktor

Tinggi reaktor = panjang *shell* + 2OA

= 6 + 2 x 0,2818 m

= 6,5635 m

- Menghitung volume reaktor

Volume *head* (Vh)

$$V_{head} = 0{,}000049.ID^3$$

V_{head} = 0,0760 m^3

Volume *shell*

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} ID2.Z$$

V_{shell} = 4,8153 m^3

Volume reaktor

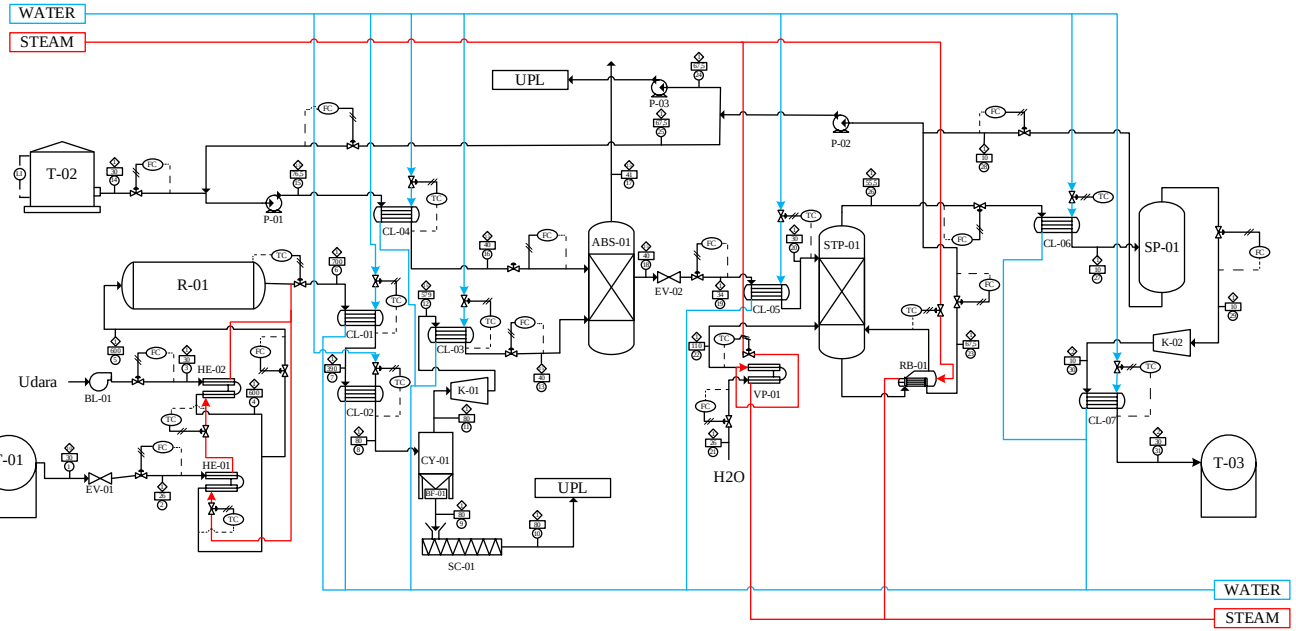
V_R = volume *shell* + volume *head*

V_R = 7,8054 m^3

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK ASETILEN DARI GAS ALAM DENGAN OKSIDASI PARSIAL KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Suhu (°C)	30	26	30	600	600	700	350	80	80	80	80	579	40	30	74,6	40	41	40	34	30	26	110	67,5	67,5	67,5	55,5	10	10	10	68,8	30
Tekanan (atm)	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	15	1	15	15	15	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Komponen	**Nomor Arus (Kg/jam)**																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CH4	600,00	600,00			600,00	60,47	60,47	60,47			60,47	60,47	60,47		3,07	3,07	5,20	58,34	58,34	58,34				1,08	3,07	58,34	58,34	4,15	54,19	54,19	54,19
O2			126,00	126,00	126,00	122,45	122,45	122,45			122,45	122,45	122,45		0,99	0,99	82,55	40,89	40,89	40,89				0,35	0,99	40,89	40,89	1,34	39,55	39,55	39,55
CO						6,01	6,01	6,01			6,01	6,01	6,01		0,01	0,01	5,00	1,02	1,02	1,02					0,01	1,02	1,02	0,02	1,00	1,00	1,00
CO2						0,08	0,08	0,08			0,08	0,08	0,08		0,01	0,01		0,08	0,08	0,08					0,01						
H2O						0,06	0,06	0,06			0,06	0,06	0,06		4801,32	4801,32	6,30	4795,09	4795,09	4795,09	1695,00	1695,00	6226,51	1686,95	4801,32	263,58	263,58	261,76	1,82	1,82	1,82
H2						108,38	108,38	108,38			108,38	108,38	108,38				108,38														
C2H2						351,32	351,32	351,32			351,32	351,32	351,32		42,50	42,50	17,81	376,79	376,79	376,79				14,93	42,50	376,79	376,79	57,43	319,36	319,36	319,36
C2H4																															
C2H6						0,04	0,04	0,04			0,04	0,04	0,04					0,04	0,04	0,04						0,04	0,04	0,01	0,04	0,04	0,04
C						77,19	77,19	77,19	77,19	77,19																					
C3H6O														1216,00	3921,24	3921,24	105,73	3815,52	3815,52	3815,52											
N2			474,00	474,00	474,00	474,00	474,00	474,00			474,00	474,00	474,00		8,57	8,57	413,06	61,51	61,51	61,51				0,20	8,57	61,51	61,51	0,77	60,74	60,74	60,74
Total	600,00	600,00	600,00	600,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	77,19	77,19	1122,81	1122,81	1122,81	1216,00	8769,71	8769,71	743,25	9149,27	9149,27	9149,27	1695,00	1695,00	6227,22	2654,00	7553,71	4616,97	4616,97	3980,48	636,49	636,49	636,49

Keterangan Instrumen	
FC	Flow Controller
LI	Level Indicator
TC	Temperature Controller
T	Temperatur Dalam Area
P	Tekanan Dalam Area

Keterangan Instrumen	
	Nomor Aras
	Temperature (°C)
	Tekanan (atm)
	Control Valve
	Piping
	Sinyal Pneumatic
	Sinyal Elektrik

Keterangan Alat	
ABS	Absorber
BL	Blower
C	Compressor
CL	Cooler
CY	Cyclone
EV	Expansion Valve
BF	Bag Filter
HE	Heat Exchanger
P	Pompa
R	Reactor
RB	Reboiler
SC	Screw Conveyor
SP	Separator
STP	Stripper
T	Tank
VP	Vaporizer

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020
PRA RANCANGAN PABRIK ASETILEN DARI GAS ALAM DENGAN OKSIDASI PARSIAL DENGAN KAPASITAS 1.280 TON/TAHUN
DISUSUN OLEH:
Anissanul Uyun (22521061)
Dwi Dahlia (22521023)
DOSEN PEMBIMBING:
Mufllih Arfiza Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Dwi Dahlia
No. Mahasiswa 1 : 22521023
Nama Mahasiswa 2 : Anissatul Uyun
No. Mahasiswa 2 : 22521061
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik Asetilen dari Gas Alam Dengan Oksidasi Parsial Kapasitas 1.280 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan : 16 September 2026
Selesai Masa Bimbingan : 25 September 2026

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	16 Oktober 2025	Diskusi mengenai data penentuan kapasitas	
2.	3 Desember 2025	Penentuan kapasitas pabrik	
3	4 Februari 2026	Penentuan proses pabrik	
4	13 Februari 2026	Konsultasi simulasi reaktor	
5	20 Februari 2026	Konsultasi perhitungan reaktor	
6	3 Maret 2026	Konsultasi alat alat pemisah	
7	8 April 2026	Konsultasi diagram alir	
8	15 April 2026	Konsultasi perhitungan neraca massa	
9	22 April 2026	Konsultasi alat alat kecil	
10	28 April 2026	Konsultasi perhitungan alat pemisah	
11	6 Mei 2026	Konsultasi perhitungan alat pemisah	
12	13 Mei 2026	Konsultasi penentuan lokasi pabrik	
13	20 Mei 2026	Konsultasi perhitungan neraca panas	
14	3 Juni 2026	Konsultasi pembuatan PEFD	
15	25 Juni 2026	Konsultasi pembuatan PEFD	
16	9 Juli 2026	Konsultasi utilitas dan perhitungan ekonomi	
17	13 Juli 2026	Konsultasi utilitas dan perhitungan ekonomi	
18	29 Juli 2026	Konsultasi utilitas dan perhitungan ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 4 Agustus 2026
Pembimbing,

(Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.)

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