

**LAPORAN SKRIPSI**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT**  
**DARI SIKLOHEKSENA DAN HIDROGEN PEROKSIDA**  
**KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan**  
**Pendidikan Strata Satu Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik**  
**Universitas Setia Budi Surakarta**

**Oleh :**

**Teguh Gustiansyah**

**21150283D**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SETIA BUDI**

**SURAKARTA**

**2021**

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**LAPORAN SKRIPSI**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT DARI**  
**SIKLOHEKSENA DAN HIDROGEN PEROKSIDA**  
**KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN**

Oleh :

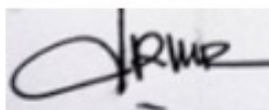
**Teguh Gustiansyah**

**21150283D**

Telah Disetujui Oleh Pembimbing

Pada Tanggal \_\_\_\_\_


Pembimbing I



Ir. Argoto Mahayana, ST., MT

NIS.01199906201069

Pembimbing II



Gregorius Prima Indra Budiando, S.T., M.Eng.

NIS. 01201407261183

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia



Gregorius Prima Indra Budiando, S.T., M.Eng.

NIS. 01201407261183

---

---

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN SKRIPSI**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT**  
**DARI SIKLOHEKSENA DAN HIDROGEN PEROKSIDA**  
**KAPASITAS 8.000 TON/TAHUN**


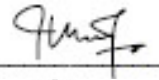

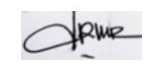
Oleh :

**Teguh Gustiansyah**

**21150283D**

Telah Dipertahankan Depan Tim Penguji

Pada Tanggal \_\_\_\_\_

Nama	Tanda Tangan
Penguji 1 : Petrus Darmawan, S.T., M.T.	 _____
Penguji 2 : Ir. Sumardiyono, MT	 _____
Penguji 3 : Gregorius Prima Indra Budiarto, S.T., M.Eng.	 _____
Penguji 4 : Ir. Argoto Mahayana, S. T., M.T.	 _____

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Kimia


Dr. Drs. Suseno, M.Si.

NIS. 01199603011054



Gregorius Prima Indra Budiarto, S.T., M.Eng.

NIS. 01201407261183

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- ✚ Bersyukur, bersyukur, dan bersyukur
  - ✚ Tidak ada kata GAGAL, gagal adalah KETIKA kita berhenti berusaha
  - ✚ Usaha tanpa doa adalah sombong. Doa tanpa usaha adalah sia-sia. Maka padukanlah keduanya yaitu usaha dan diiringi doa
  - ✚ “Barang siapa yang menyulitkan (orang lain) maka Allah akan mempersulitnya pada hari kiamat” – HR.Al-Bukhari no 7152
  - ✚ “Jangan tuntutan Tuhanmu karena tertundanya keinginanmu, tapi tuntutan dirimu karena menunda adabmu kepada Allah” – Ibnu Atha’illah As-Sakandari
  - ✚ “Apa yang benar-benar diperhitungkan adalah akhir yang baik, bukan awal yang buruk” – Ibnu Taimiyah
- ❖ **Terimah kasihku untuk.....**
- **Allah Subhanahu wata’ala** segala puji syukur kupanjatkan hanya kepada-Mu  
(... Atas segala tuntunannya dan bersyukur aku menjadi hamba-Mu... semoga kami selalu terjaga dalam keberkahan-Mu...)

- **Mamah dan Papah...** (terima kasih untuk seluruh doa dan curahan kasih sayang kalian yang membuat bertahan dengan skripsi ini, kalian semangat dan segalanya)
- **Pak Argoto dan Pak Indra,.....**(terima kasih atas bimbingannya selama ini dan kuat menghadapi mahasiswa yang cukup memberikan beban ini)
- **Pak Petrus, Pak Dion, Pak Supriyono, Bu Happy, Bu Endah dan semua Dosen Tekkim USB...**( terima kasih atas masukan-masukannya, atas ilmu yang kalian berikan selama kuliah, atas kesediaan waktu untuk selalu mendengarkan keluh kesah kami )
- **Untuk Renzi Cupita Devi**, terimakasih karena selalu menyemangati dan selalu mendukung di waktu-waktu yang sulit, dan juga mensupport untuk memiliki istri lebih dari satu
- **Untuk teman-teman kos**, terimakasih untuk ajaran sesatnya yang membuang-buang waktu dengan cara bermain game dari pagi sampai pagi, kalian terhebat!

- *Untuk partner skripsi Amanda deby, terimah kasih kita telah berada di titik yang kita inginkan yaitu lulus, walaupun kamu susah move on, kamu tetap teman yang berguna. Semoga sukses dan cepat move on*
  
- *Untuk bonar dan irul teman seperjuangan, tetap semangat menghadapi kerasnya kehidupan skripsi, masih ada hari esok untuk menyelesaikan skripsi.*
  
- *Semua Teman-teman seperjuangan TEKKIM USB 2015 dan semua pihak yang telah membantu, terima kasih atas bantuannya...maafkan tidak dapat disebutkan satu per satu....*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuknya-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik.

Judul Tugas Akhir ini adalah Prarancangan Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksena dan Hidrogen Peroksida Kapasitas 8.000 Ton/Tahun. Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Dr. Suseno, M.Si., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Ir. Argoto Mahayana, S.T.,M.T selaku pembimbing I yang dengan kesabarannya telah memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis sehingga dapat terselesainya tugas akhir ini.
4. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta.
6. Ir. Petrus Darmawan, S.T.,M.T., dan Ir. Sumardiyono, MT selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selama kuliah.

8. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 2021

Penulis



---

---

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan .....	2
1.2.1 Kebutuhan Asam Adipat di Indonesia .....	2
1.2.2 Kapasitas Komersial .....	3
1.3 Lokasi Pabrik.....	4
1.3.1 Faktor primer .....	5
1.3.2 Faktor sekunder.....	8
1.4 Proses yang dipilih .....	9
1.5 Manfaat Asam Adipat .....	12
1.6 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku, Produk dan Bahan Pembantu.....	13
1.6.1 Bahan baku dan Bahan Pembantu .....	13

---

1.6.2 Produk.....	16
1.7 Tinjauan Proses Yang Dipilih .....	17
1.7.1 Dasar Reaksi .....	17
1.7.2 Kondisi Operasi .....	18
1.7.3 Mekanisme Reaksi.....	18
<b>BAB II SPESIFIKASI BAHAN</b>	
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	23
2.2 Spesifikasi Produk.....	25
<b>BAB III DESKRIPSI PROSES</b>	
3.1 Langkah Proses.....	26
3.1.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku .....	26
3.1.2 Tahap Pembentukan Produk .....	27
3.1.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian produk.....	27
3.1.4 Tahap Penyimpanan Produk .....	28
3.2 Diagram Alir Proses .....	29
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b>	
4.1 Neraca Massa .....	31
4.2 Neraca Panas .....	39
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT</b>	
5.1 Tangki Hidrogen Peroksida.....	48
5.2 Tangki Asam Posphat.....	48
5.3 Tangki Asam Sulfat.....	49
5.4 Tangki Sikloheksena .....	50
5.5 Mixer .....	51
5.6 Heater-01 .....	52

---

5.7 Heater-02 .....	52
5.8 Heater-03 .....	53
5.9 Reaktor .....	54
5.10 Evaporator .....	55
5.11 Cooler .....	56
5.12 Crystallizer .....	56
5.13 Centrifuge .....	57
5.14 Rotary Dryer-01 .....	57
5.15 Rotary Dryer-02 .....	58
5.16 Cooling Conveyor .....	59
5.17 Ball Mill .....	59
5.18 Screening .....	60
5.19 Silo-01 .....	60
5.20 Silo-02 .....	61
5.21 Silo-03 .....	62
5.22 Belt Conveyor-01 .....	62
5.23 Belt Conveyor-02 .....	63
5.24 Belt Conveyor-03 .....	64
5.25 Belt Conveyor-04 .....	64
5.26 Belt Conveyor-05 .....	65
5.27 Belt Conveyor-06 .....	66
5.28 Bucket Elevator-01 .....	66
5.29 Bucket Elevator-02 .....	67
5.30 Bucket Elevator-03 .....	68
5.31 Bucket Elevator-04 .....	69

---

5.32 Pompa-01.....	69
5.33 Pompa-02.....	70
5.34 Pompa-03.....	71
5.35 Pompa-04.....	71
5.36 Pompa-05.....	72
5.37 Pompa-06.....	73
5.38 Pompa-07.....	73
5.39 Pompa-08.....	74
5.40 Pompa-09.....	75
5.41 Pompa-10.....	76
5.42 Pompa-11.....	76
5.43 Pompa-12.....	77
5.44 Pompa-13.....	78
5.45 Pompa-14.....	78
5.46 Filter .....	79
5.47 Cyclone.....	80
5.48 Screw Conveyor .....	80

## **BAB VI UTILITAS**

6.1 Unit Pendukung Proses (Utilitas).....	82
6.1.1 Unit Pengadaan dan pengolahan Air .....	83
6.1.2 Unit Pengadaan Steam.....	86
6.2 Unit Pengadaan Listrik.....	88
6.3 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	91
6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	92
6.5 Unit Pengolahan Limbah.....	92

---

6.6 Laboratorium .....	92
6.7 Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	94
6.8 Alat-alat Utilitas .....	95
6.8.1 Bak Penampungan Sementara .....	95
6.8.2 Kation Exchanger .....	96
6.8.3 Anion Exchanger .....	96
6.8.4 Tangki Umpan Boiler .....	96
6.8.5 Daerator .....	97
6.8.6 Boiler .....	97
6.8.7 Tangki Penyimpanan $N_2H_4$ .....	98
6.8.8 Tangki Air Bersih .....	98
6.8.9 Tangki Larutan HCl.....	98
6.8.10 Tangki Larutan NaOH .....	99
6.8.11 Tangki Air Pendingin 1.....	99
6.8.12 Tangki Air Pendingin 2.....	100
6.8.13 Cooling Tower .....	100
6.8.14 Pompa Utilitas 1.....	100
6.8.15 Pompa Utilitas 2.....	101
6.8.16 Pompa Utilitas 3.....	101
6.8.17 Pompa Utilitas 4.....	101
6.8.18 Pompa Utilitas 5.....	101
6.8.19 Pompa Utilitas 6.....	102
6.8.20 Pompa Utilitas 7.....	102
6.8.21 Pompa Utilitas 8.....	103
6.8.22 Pompa Utilitas 9.....	103

---

6.8.23 Pompa Utilitas 10.....	103
6.8.24 Pompa Utilitas 11.....	104
6.8.25 Pompa Utilitas 12.....	104

## **BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK**

7.1 Bentuk Perusahaan .....	106
7.2 Struktur Organisasi.....	107
7.2.1 Pemegang Saham.....	108
7.2.2 Dewan Komisaris.....	108
7.2.3 Direktur.....	108
7.2.4 Staf Ahli dan Litbang.....	109
7.2.5 Kepala Bagian.....	109
7.2.6 Karyawan.....	110
7.3 Struktur Organisasi.....	111
7.3.1 Sistem Kepegawaian.....	111
7.3.2 Sistem Gaji.....	112
7.3.3 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	115
7.4 Kesejahteraan Karyawan.....	117
7.5 Manajemen Produksi.....	120
7.5.1 Perencanaan Produksi.....	120
7.5.2 Pengendalian Proses .....	121
7.6 Tata Letak (Lay out) Pabrik .....	122
7.7 Tata Letak Peralatan.....	126

## **BAB VIII EVALUASI EKONOMI**

8.1 Perhitungan Biaya .....	132
8.2 Total Fixed Capital Investment .....	135

8.3 Working Capital .....	135
8.4 Manufacturing Cost .....	136
8.5 General Expenses .....	136
8.6 Analisis Ekonomi .....	137
8.6.1 Return On Investment (ROI) .....	137
8.6.2 Pay Out Time (POT).....	138
8.6.3 Break Even Point (BEP) .....	138
8.6.4 Shut Down Point (SDP).....	139
8.6.5 Discounted Cash Flow (DCF).....	140
<b>BAB IX KESIMPULAN</b>	
9.1 Kesimpulan.....	139
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>140</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Grafik Kebutuhan Impor Asam Adipat .....	3
<b>Gambar 2.</b> Peta lokasi Cilegon, Banten.....	5
<b>Gambar 3.</b> Peta lokasi kawasan industri Cilegon, Banten .....	5
<b>Gambar 4.</b> Diagram Alir Kuantitatif.....	29
<b>Gambar 5.</b> Diagram Alir Kualitatif.....	30
<b>Gambar 6.</b> Pengolahan air utilitas.....	105
<b>Gambar 7.</b> Struktur organisasi industri.....	119
<b>Gambar 8.</b> Tata letak pabrik .....	125
<b>Gambar 9.</b> Tata Letak Peralatan Pabrik.....	129
<b>Gambar 10.</b> Grafik hubungan tahun dengan cost index .....	132
<b>Gambar 11.</b> Grafik BEP dan SDP .....	140



---

---

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Data Impor Asam Adipat .....	2
<b>Tabel 2.</b> Daftar Produksi Industri Asam Adipat di Dunia .....	3
<b>Tabel 3.</b> Kelemahan dan Kelebihan Pembuatan Asam Adipat.....	11
<b>Tabel 4.</b> Daftar Harga Panas Pembentukan dari Reaksi.....	18
<b>Tabel 5.</b> Daftar Harga Cp dari Reaksi .....	19
<b>Tabel 6.</b> Daftar Harga $\Delta G_f$ Komponen Reaksi.....	20
<b>Tabel 7.</b> Neraca Massa di sekitar mixer .....	32
<b>Tabel 8.</b> Neraca massa di sekitar reaktor .....	32
<b>Tabel 9.</b> Neraca massa di sekitar Filter .....	33
<b>Tabel 10.</b> Neraca massa di sekitar evaporator .....	34
<b>Tabel 11.</b> Neraca Massa di sekitar crystallizer .....	34
<b>Tabel 12.</b> Neraca massa di sekitar centrifuge.....	35
<b>Tabel 13.</b> Neraca massa di sekitar rotary dryer .....	36
<b>Tabel 14.</b> Neraca massa di sekitar Cyclone.....	36
<b>Tabel 15.</b> Neraca Massa di sekitar cooling conveyer.....	37
<b>Tabel 16.</b> Neraca massa di sekitar ballmill.....	37
<b>Tabel 17.</b> Neraca massa di sekitar screening.....	38
<b>Tabel 18.</b> Neraca massa di sekitar Rotary Dryer-02.....	38
<b>Tabel 19.</b> Kapasitas Panas Cairan .....	40
<b>Tabel 20.</b> Neraca panas di sekitar mixer .....	40
<b>Tabel 21.</b> Neraca panas di sekitar heater .....	41
<b>Tabel 22.</b> Neraca panas di sekitar heater-02.....	42
<b>Tabel 23.</b> Neraca panas di sekitar reaktor .....	42
<b>Tabel 24.</b> Neraca panas di sekitar filter .....	43
<b>Tabel 25.</b> Neraca panas di sekitar evaporator.....	44
<b>Tabel 26.</b> Neraca panas di sekitar Cooler.....	44
<b>Tabel 27.</b> Neraca panas di sekitar Crystallizer .....	45

---

<b>Tabel 28.</b> Neraca panas di sekitar Rotary Dryer.....	45
<b>Tabel 29.</b> Neraca panas di sekitar coolig conveyor.....	46
<b>Tabel 30.</b> Neraca panas di sekitar Rotary Dryer-02 .....	46
<b>Tabel 31.</b> Kebutuhan air proses .....	83
<b>Tabel 32.</b> Kebutuhan air pendingin 30°C.....	84
<b>Tabel 33.</b> Kebutuhan air sanitasi .....	85
<b>Tabel 34.</b> Kebutuhan air untuk steam.....	86
<b>Tabel 35.</b> Kebutuhan air make up .....	86
<b>Tabel 36.</b> Konsumsi listrik untuk keperluan proses .....	88
<b>Tabel 37.</b> Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas.....	90
<b>Tabel 38.</b> Gaji Pegawai.....	112
<b>Tabel 39.</b> Pembagian shift karyawan .....	117
<b>Tabel 40.</b> Luas bangunan pabrik .....	124
<b>Tabel 41.</b> Cost index chemical plant .....	131
<b>Tabel 42.</b> Total fixed capital investment .....	135
<b>Tabel 43.</b> Working capital .....	135
<b>Tabel 44.</b> Manufacturing cost.....	136
<b>Tabel 45.</b> General expenses.....	136
<b>Tabel 46.</b> Fixed cost .....	138
<b>Tabel 47.</b> Variable cost.....	138
<b>Tabel 48.</b> Regulated cost .....	139
<b>Tabel 49.</b> Analisis kelayakan ekonomi.....	142

## INTISARI

Prarancangan pabrik Asam Adipat dari sikloheksena dan hidrogen peroksida mempunyai peluang besar yang sangat bagus dalam dunia perindustrian mengingat belum adanya pabrik yang memproduksi di Indonesia. Pabrik tersebut direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun yang akan didirikan pada tahun 2024, lokasi pabrik berada di Kawasan Industri Cilegon Banten yang berdekatan dengan PT. Degusa Peroxide Indonesia sebagai penyedia  $H_2O_2$  yang merupakan bahan baku utama dengan produksi 48.000 ton/tahun.

Proses pembuatan Asam Adipat berlangsung pada fase cair dengan mereaksikan sikloheksena dan hidrogen peroksida 30% dengan bantuan katalis asam sulfat, asam fosfat, dan asam tungstat dengan kapasitas 8.000 ton/tahun. Reaksi pembentukan asam adipat berlangsung secara eksotermis pada suhu  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm dalam reaktor tangki berpengaduk (RTB).

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi asam adipat adalah sikloheksena dengan kemurnian 99% sebanyak 623,9832 kg/jam, hidrogen peroksida 30% sebanyak 2736,7943 kg/jam, asam fosfat sebanyak 8,0602 kg/jam, asam sulfat sebanyak 15,3538 kg/jam, dan asam tungstat sebanyak 37,8808 kg/jam. Kebutuhan utilitas meliputi air *startu up* sebanyak 15314,7984 kg/jam dan air *make up* sebanyak 1531,5 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan genenrator set sebesar 500 kW sebagai cadangan, bahan bakar solar total sebanyak  $0,2046\text{ m}^3/\text{jam}$  dan udara tekan sebanyak  $57,8\text{ m}^3/\text{jam}$ .

Dari analisis ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) 101.673.423.725,40 dan modal kerja Rp13.761.531.242,07. Keuntungan sebelum pajak Rp24.390.755.953,74 pertahun, setelah dipotong 30% pajak keuntungan mencapai Rp17.073.529.167,62 pertahun. *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 23,99 % dan sesudah pajak 16,79 %, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,942 tahun dan setelah pajak 3,732 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 44,82 %, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23,79% dan *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 7,875 %. Dari data analisis kelayakan diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak didirikan.

Kata kunci : Asam Adipat, sikloheksena, hidrogen peroksida, asam sulfat, asam fosfat, asam tungstate, RTB.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang, dimana sektor pembangunan di bidang industri, khususnya industri kimia merupakan salah satu aspek penting untuk dapat bersaing dengan negara-negara di dunia. Perkembangan industri kimia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dengan meningkatnya industri kimia, maka kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang juga akan semakin meningkat.

Asam adipat ( $C_6H_{10}O_4$ ) dengan nama IUPAC *hexanedionic acid* atau dengan nama lain *1,4-butane dicarboxylic acid* adalah kristal padat berwarna putih yang sebagian besar digunakan sebagai monomer untuk memproduksi *nylon*. Berdasarkan data konsumsi asam adipat secara global pada tahun 2016 sebanyak 57%, produksi asam adipat digunakan untuk bahan baku *nylon*. Sisanya, 5-10% digunakan untuk *food stuffs*, 8-12% digunakan untuk polyuretan, 5-8% digunakan untuk *plasticizers*, dan 10-12% lainnya dapat digunakan untuk berbagai industri seperti kosmetik, bahan cetak poliester, pelumas, dan zat kimia intermediet lain (IHS Chemical, 2017).

Pada tahun 2016 pasar asam adipat global terbesar berada di Asia dengan 45-55% kapasitas, produksi, dan konsumsi global. Total konsumsi regional diperkirakan akan meningkat rata-rata 4,7% per tahun pada tahun 2016 (IHS Chemical, 2017).

Data dari Badan Pusat Statistik Indonesia menunjukkan bahwa Indonesia masih *net importir* asam adipat. Pada tahun 2018 sebanyak 7784,906 ton/Tahun asam adipat diimpor dari beberapa Negara diantaranya yaitu Jepang, Korea, China, Singapura, Jerman (BPS, 2014). Kebutuhan asam adipat di Indonesia relatif mengalami peningkatan setiap tahunnya dan di

perkirakan pada tahun 2024 Indonesia masih akan mengimpor asam adipat sebesar 13.173 ton per tahun.

Oleh karena itu tujuan dari prarancangan pabrik asam adipat ini agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat menurunkan nilai impor dan menambah devisa negara dan membuka lapangan kerja baru pada penduduk di sekitar wilayah industri yang akan didirikan.

## 1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimum *output* yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan kapasitas pabrik asam adipat, antara lain :

### 1.2.1 Kebutuhan Asam Adipat di Indonesia

Kebutuhan asam adipat dalam negeri terus meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan akan asam adipat sampai saat ini harus melalui impor dari luar negeri.

Kapasitas impor kebutuhan asam adipat dalam negeri dapat di lihat pada tabel berikut :

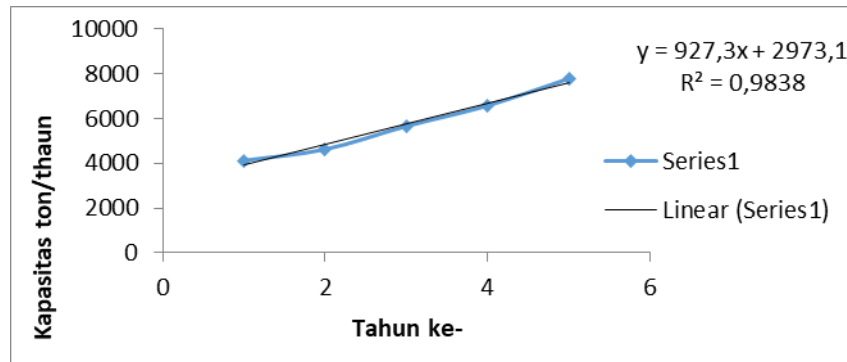
**Tabel 1.** Data Impor Asam Adipat

No	Tahun	Impor (Ton/tahun)
1	2014	4124,708
2	2015	4625,618
3	2016	5661,491
4	2017	6578,235
5	2018	7784,906

(Badan Pusat Statistik., 2018)

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa kebutuhan asam adipat setiap tahunnya mengalami kenaikan. Maka dari itu, kebutuhan impor asam adipat di Indonesia pada tahun 2024 dapat dinyatakan pada gambar di

bawah ini menggunakan cara regresi linier menggunakan data pada tabel 1, berikut regresi linier untuk data impor :



**Gambar 1.** Grafik Kebutuhan Impor Asam Adipat

Dari gambar 1 diperoleh persamaan  $y = 927,3x + 2973,1$ , sehingga untuk tahun 2024 diperkirakan kebutuhan asam adipat adalah 13.173,4 Ton/tahun.

### 1.2.2 Kapasitas Komersial

Untuk mencukupi kebutuhan asam adipat di dalam negeri, maka Indonesia memerlukan impor dari luar negeri. berikut ini beberapa daftar industri produksi asam adipat di dunia yang sudah beroperasi :

**Tabel 2.** Daftar Produksi Industri Asam Adipat di Dunia

Perusahaan	Lokasi Pabrik	Kapasitas ton/tahun
Shandong Haili Chemical	Jiangsu, China	225000
China Henan Shenma	Henan, China	150000
Chongqing Huafon	Chongqing, China	160000
Shandong Hualu	Shandong, China	160000
Shandong Hongye Chemical	Shandong, China	140000
Liaoyang Petchem	Liaoning, China	140000
Rhodia Polyamide	Kyungsangnam, South Korea	140000
Asahi Kasei	Miyazaki Pref, Japan	120000

---

---

Dushanzi Tianli High Technology	Xinjiang, China	75000
Shanxi Yangmei Fengxi	Shanxi, China	70000
Sumitomo Chemical	Ehime Pref, Japan	5000

---

(ICIS Chemical Business, 2013)

Berdasarkan tabel 2, data industri produksi asam adipat yang telah ada dan data impor dari badan pusat statistik, maka kapasitas prarancangan pabrik asam adipat dari sikloheksena dan hidrogen peroksida adalah 8.000 ton/tahun dan akan didirikan pada tahun 2024, dengan harapan adanya pembangunan pabrik ini dapat mengurangi impor asam adipat di Indonesia.

Kapasitas pabrik asam adipat didunia berkisar 5.000-225.000 ton/tahun, sehingga kapasitas minimum perancangan pabrik asam adipat yang masih layak didirikan di Indonesia adalah 20.000 ton/tahun.

Prarancangan pabrik asam adipat direncanakan berdiri pada tahun 2024 dengan kapasitas 8.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Prediksi kebutuhan di Indonesia ( data impor asam adipat) pada tahun 2024 adalah sebesar 13.173,4 ton/tahun.
- b. Kebutuhan asam adipat didunia semakin besar sehingga perlu didirikan *plant* baru

### 1.3 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan segala aspek baik dalam segi teknis maupun ekonomis yang lebih menguntungkan. Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksena ( $C_6H_{10}$ ) dan Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten. Lokasi tersebut dipilih atas dasar penyediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, danketersediaan sarana pendukung yang lain. Kebijakan pemerintah setempat akan sangat mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih.



**Gambar 2.** Peta lokasi Cilegon, Banten  
(Sumber : <https://www.google.com/maps/place/Cilegon>)



**Gambar 3.** Peta lokasi kawasan industri Cilegon, Banten  
([www.google.com/earth/](http://www.google.com/earth/))

Adapun pemilihan lokasi tersebut berdasarkan faktor – faktor berikut :

### 1.3.1 Faktor primer

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung akan mempengaruhi tujuan utama suatu pabrik yang meliputi proses produksi dan distribusi. Faktor-faktor tersebut antara lain :

#### a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pabrik Asam Adipat yang akan kami bangun adalah Sikloheksena ( $C_6H_{10}$ ) yang diimport dari Shandong



China. Sikloheksena dalam bentuk cairan disimpan di dalam tangki dengan waktu tinggal selama satu bulan. Sedangkan untuk Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) dapat dibeli dari pabrik Hidrogen Peroksida yang letaknya dekat dengan Cilegon, yakni PT. Degusa Peroxide Indonesia dengan kapasitas produksi 48.000 ton/tahun yang berlokasi di Jl. Jababeka V Blok I-1 Kawasan Industri I Cikarang Utara, Bekasi 17530, Jawa Barat. Sehingga ongkos untuk pengiriman bahan baku cenderung murah.

Kebutuhan bahan bakar minyak dapat dibeli dari PT. Pertamina RU VI Balongan, Jawa Barat. Sedangkan untuk kebutuhan listrik dapat disuplai dari PT. PLN (Persero) setempat dan pada saat keadaan *emergency* listrik dapat diperoleh dari genset.

#### **b. Pemasaran produk**

Produk Asam Adipat akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik *nylon* dan berikut pabrik yang menggunakan bahan baku asam adipat antara lain : PT. Brata Mulia di Tangerang, Banten sebagai produsen serat nilon dengan kapasitas 20.000 ton per tahun, PT. Susila Indah Fiber Industries di Tangerang, Banten sebagai produsen serat nilon dengan kapasitas 72.600 ton/tahun, PT. Indonesia Toray Synthetic di Tangerang, Banten sebagai produsen serat nilon dengan kapasitas 16.200 ton/tahun ([www.fiber-indonesia.com](http://www.fiber-indonesia.com)).

Pabrik plastik yang sebagian besar berada di wilayah Provinsi Banten dan ada juga beberapa di daerah lain di Indonesia, kemudian sisanya akan diekspor ke negara-negara di Asia Tenggara sehingga diharapkan agar selain untuk memenuhi kebutuhan asam adipat dalam negeri, produk asam adipat yang diekspor dapat menghasilkan devisa bagi negara.

Pemasaran produk asam adipat dari pabrik ini akan dipasarkan dalam bentuk karungan, sehingga pengirimannya menggunakan

kontainer. Pengiriman untuk wilayah Jawa dapat digunakan jalur darat seperti truk, sedangkan pengiriman luar Pulau Jawa dan ekspor dapat digunakan jalur laut seperti kapal melalui Pelabuhan Merak Cilegon.

#### **c. Ketersediaan Air dan Energi**

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik, baik untuk proses, pendingin, ataupun kebutuhan lainnya. Kawasan Industri Cilegon terletak dekat dengan sungai yang cukup besar sehingga kebutuhan air diambil dan diolah dari sumber air sungai tersebut. Kebutuhan air dalam pabrik dipenuhi dengan memanfaatkan air dari PDAM yang mengolah air dari Sungai Cindana yang terletak dekat dengan kawasan industri Cilegon. Sedangkan iklim di Pulau Jawa merupakan tropis basah sehingga rata-rata curah hujan dalam satu tahun sebanyak 100 hari.

Energi merupakan faktor utama dalam operasional suatu pabrik, tenaga listrik sebagian diperoleh dari PT. PLN (Persero) Gidet Cilegon Baru untuk memenuhi kebutuhan operasional perusahaan, sedangkan untuk kebutuhan proses digunakan generator listrik dengan bahan bakar solar dan sebagai cadangan pada saat keadaan *emergency* dapat digunakan listrik yang dihasilkan dari genset. Kebutuhan bahan bakar minyak untuk genset dan pembangkit listrik proses diperoleh dari PT. Pertamina RU-VI Balongan, Jawa Barat.

#### **d. Tenaga Kerja**

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi. Di daerah Jawa merupakan salah satu provinsi yang sudah cukup maju tingkat pendidikannya sehingga tenaga kerja dari daerah Jawa cukup memenuhi kriteria yang diharapkan oleh suatu pabrik agar pabrik dapat berjalan maksimal.

#### **e. Kondisi Geografis dan Sosial**

Lokasi pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam (banjir, gempa bumi, dan lain-lain). Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik. Pemerintah Cilegon memiliki kebijakan untuk mendukung berdirinya pabrik. Pabrik direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten.

#### **1.3.2 Faktor sekunder**

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan (berdampak langsung) dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik tersebut. Adapun faktor-faktor sekunder yang dimaksud :

##### **a. Perluasan Areal Unit**

Suatu pabrik perlu mempertimbangkan tentang adanya pengembangan. Oleh karena itu diperlukan tanah yang cukup luas untuk perluasan areal pabrik namun tidak mengganggu pemukiman penduduk.

##### **b. Perizinan**

Pendirian pabrik dengan mempertimbangkan lokasi pabrik pada daerah khusus kawasan industri dapat mempermudah perizinan pendirian pabrik. Selain itu perlu dipertimbangkan tata letak pabrik sedemikian rupa agar memudahkan para pelaku industri maupun proses dari pabrik tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik antara lain :

- a). Segi keamanan kerja terpenuhi
- b). Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

- c). Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin
- d). Transportasi yang baik dan efisien

#### **c. Prasarana dan fasilitas Sosial**

Suatu pabrik sebaiknya dekat dengan prasarana dan fasilitas sosial agar memudahkan pelaku industri dalam meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup. Prasarana dan fasilitas sosial yang perlu diperhatikan adalah jalan dan transportasi, tempat ibadah, bank, sarana pendidikan, perumahan serta hiburan.

### **1.4 Proses yang dipilih**

#### Macam-Macam Proses Pembuatan Asam Adipat

##### 1. Metode oksidasi sikloheksana dengan asam nitrat

Pada awal tahun 1940, perusahaan *Du Pont* memperkenalkan proses pembuatan asam adipat dengan metode oksidasi sikloheksana dengan asam nitrat (metode ini memiliki selektivitas yang lemah). Pada proses ini melibatkan hidrogenasi benzena ke sikloheksana dan oksidasi pada sikloheksana menghasilkan sikloheksanon (keton) dan sikloheksanol (alkohol). Gabungan sikloheksanon (keton) dan sikloheksanol (alkohol) yang biasa disebut KA dioksidasikan dengan menggunakan asam nitrat 40-60% berat dan katalis *copper* serta vanadium. Hasil samping dari proses ini yaitu salah satu gas rumah kaca seperti  $N_2O$  yang dapat menyebabkan menipisnya lapisan ozon sehingga dapat mengakibatkan global warming.

(Sumber: Kirk and Othmer, 1998 )

##### 2. Metode oksidasi sikloheksana dengan katalis cobalt

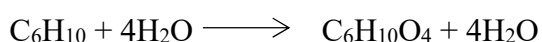
Oksidasi sikloheksan menggunakan katalis Cobalt adalah proses konvensional yang paling banyak digunakan, tidak hanya oleh produsen asam adipat akan tetapi juga oleh produsen Caprolactam. Bentuk proses komersial menggunakan udara yang tidak diencerkan pada suhu  $150^{\circ}C - 160^{\circ}C$  dan tekanan 8 – 10 atm dengan konsentrasi katalis 0,3 – 3 ppm. Konversi sikloheksan biasanya dipertahankan berkisar 4 – 6 % mol dan

langkah oksidasi dilakukan beberapa tahap guna meminimalkan oksidasi lanjut terhadap KA yang dihasilkan. Oksidasi dilakukan dalam beberapa buah reaktor gelembung atau multistage kolom kontaktor. Karena konveksi sikloheksan tiap reaktor cukup kecil, sikloheksan keluar reaktor bersama produk hasil reaksi dipisahkan dari senyawa lain kemudian di recycle (Kirk dan Othmer, 1991).

### 3. Metode Oksidasi sikloheksena dan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat yang ramah lingkungan sehingga metode ini hanya menghasilkan produk samping berupa air yang tidak membahayakan lingkungan. Pada metode ini dilakukan proses oksidasi sikloheksena menggunakan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dengan bantuan katalis asam tungstat (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>), asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), dan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> merupakan oksidator ideal apabila konsentrasinya kurang dari 60%, dimana saat ini sedang dikembangkan proses produksi asam adipat yang ramah lingkungan dengan menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%. Penggunaan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi lebih dari 60% akan mengakibatkan kegunaan, tempat penyimpanan, dan pengangkutan yang tidak diinginkan karena faktor keamanan. Sedangkan katalis tersebut dipilih karena harganya lebih murah, ramah lingkungan, dapat menghasilkan yield yang cukup tinggi yaitu hingga 90%, dan dapat menghambat proses dekomposisi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Dengan mempertimbangkan hasil samping pada masing-masing proses maka kami memilih untuk menggunakan proses yang kedua karena lebih ramah lingkungan.

Reaksi oksidasi sikloheksena dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah sebagai berikut:



Proses oksidasi sikloheksena dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dilakukan pada fase cair. Pada kadar 30% berat, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tidak begitu volatile namun sangat rentan terdekomposisi pada suhu 70-90 °C. Pada keadaan ini, katalis berfungsi untuk menahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> agar tidak terdekomposisi.

Reaksi oksidasi sikloheksena dijalankan di reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu sekitar 75-90 °C dengan kecepatan pengadukan 125 rpm dan tekanan 1 atm. Reaktor ini dilengkapi dengan pendingin karena reaksi bersifat eksotermis. Produk asam adipat kemudian dimurnikan dan dikristalisasi untuk memperoleh produk berupa padatan. Konversi yang dicapai dengan proses ini yaitu sekitar 90%. Pada akhir proses masih terdapat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> namun telah terdekomposisi total menjadi H<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub>.

**Tabel 3.** Kelemahan dan Kelebihan Pembuatan Asam Adipat

NO	Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Oksidasi sikloheksena dengan asam nitrat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya produksi lebih murah dibandingkan dengan oksidasi dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> <li>• Tidak perlu menggunakan steam yang tinggi seperti pada proses oksidasi sikloheksena dengan katalis cobalt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghasilkan konversi 85%</li> <li>• Tidak ramah lingkungan karena hasil samping menghasilkan gas rumah kaca yang dapat memicu global warming.</li> <li>• Kondisi tekanan dalam reaktor 3,5 atm.</li> </ul>
2	Oksidasi sikloheksena dengan katalis cobalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya produksi lebih murah dibandingkan dengan oksidasi dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> <li>• Lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan oksidasi sikloheksena dengan asam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghasilkan konversi 80%-87%</li> <li>• Perlu menggunakan steam yang tinggi (150°C-160°C)</li> <li>• Kondisi tekanan dalam reaktor 8-10 atm.</li> </ul>

		nitrat	atm
3	Oksidasi sikloheksena dengan Hidrogen peroksida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konversi yang didapat 90%</li> <li>• Lebih ramah lingkungan karena dengan hasil samping air</li> <li>• Kondisi tekanan dalam reaktor 1 atm</li> <li>• Tidak perlu menggunakan steam yang tinggi seperti pada proses oksidasi sikloheksana dengan katalis cobalt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya produksi lebih mahal dari oksidasi sikloheksa dengan asam nitrat dan oksidasi sikloheksana dengan katalis cobalt.</li> </ul>

### 1.5 Manfaat Asam Adipat

Produk asam adipat digunakan hampir semua untuk produksi nylon. Sisanya, banyak dikonversi menjadi ester untuk penggunaan dalam plastik, pelumas, dan berbagai resin polyurethane yang digunakan secara khusus untuk foam, vernis, adhesive, pelapis permukaan, spandex untuk pakaian. Asam adipat adalah bahan tambahan untuk gelatin dan selai dan makanan lainnya sebagai agen penetralisasi. (Ullmaans,2007)

Lebih dari 90% asam adipat digunakan dalam pembuatan nylon, sisanya rata-rata sesuai permintaan, seperti menjadi:

- Komponen plastik, khususnya untuk polivinil klorida
- Komponen polyurethane sebagai polyester glikol kemudian bereaksi dengan isosianat.

- Deterjen sebagai garam alkali. (Mc. Ketta, 1997)

## 1.6 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku, Produk dan Bahan Pembantu

### 1.6.1 Bahan baku dan Bahan Pembantu

#### 1. Sikloheksena

- **Sifat Fisika**

Rumus Kimia	: $C_6H_{10}$
Berat Molekul	: 84 g/mol
Kemurnian	: 99 %, (1% air)
Fase	: cairan tidak berwarna
Titik Didih	: 83 °C
Titik Lebur	: - 47 °C
Densitas	: 0,779 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas	: 2,2 Cp
Kelarutan	: tidak larut dalam air tetapi larut dalam alkohol
Sifat	: beracun

(Shandong Look Chemical Co.,Ltd China)

- **Sifat Kimia**

- Mudah bereaksi dengan asam organik membentuk halida-halida yang sesuai dengan dehydrating agent.
- Merupakan tipe reaksi dari alkohol sekunder.

#### 2. Hidrogen Peroksida

- **Sifat Fisika**

Rumus kimia	: $H_2O_2$
Berat molekul	: 34,016 gram/mol
Bentuk	: Cair



Warna	: tanpa warna
Titik didih	: 150 °C
Titik lebur	: - 33 °C
Densitas	: 1,2 g/cm <sup>3</sup>

- **Sifat Kimia**

- Ikatan hidrogen dengan air membentuk molekul H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> akan lebih stabil berada di dalam air.
- Sangat kuat sebagai zat pengoksidasi di dalam larutan air.

(PT. Evonik Degusa Peroxide Indonesia)

### 3. Asam Sulfat

- **Sifat Fisika**

Rumus kimia	: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Wujud	: cairan
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	: 327 °C
Titik lebur	: 3.0 °C
Titik beku	: -1.1 °C
<i>Specific gravity</i>	: 1.825 g/cm <sup>3</sup>
Kelarutan	: Larut dalam air dingin/panas

- **Sifat Kimia :**

- Reaksi eksotermik dengan air
- Korosif
- Tidak mudah terbakar

(PT. Smelting Gresik Smelter and Refinery)

### 4. Asam Fosfat

---

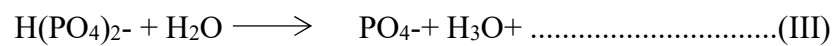
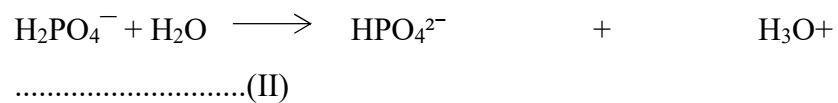
- **Sifat Fisika**

Rumus kimia	: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Berat molekul	: 97,9951 g/mol
Wujud	: cairan tidak berwarna
Densitas	: 1,885 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	: 42°C
Titik didih	: 213°C
Kelarutan	: larut dalam ethanol dan air

(PT. Petrokimia Gresik,2012)

- **Sifat Kimia**

Merupakan asam tribasa, pelepasan ion hidrogen yang pertama adalah ionisasi yang paling cepat. Ionisasi kedua adalah sedang dan yang ketiga sudah lambat. Hal ini bisa dilihat dari ketetapan penguraian ionisasi:



Asam fosfat lebih kuat daripada asam asetat, asam oksalat dan asam borak, tetapi lebih lemah dibandingkan asam nitrat, asam sulfat dan asam klorida.

### 5. Asam Tungstat

- **Sifat Fisika**

Rumus kimia	: H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>
Warna	: kuning

---

---

Berat molekul	: 249,94 gram/mol
Densitas	: 5,5 g/cm <sup>3</sup>
Fase	: Padatan
Kelarutan	: Tidak larut dalam air dan air panas

- **Sifat Kimia**

Berupa padatan basah yang pada suhu diatas 400°C dapat mudah teroksidasi. Pada suhu diatas 800°C tersublimasi dan reaksi oksidasi bersifat merusak.

(Kirk and Othmer, 1998)

## 6. Air

- **Sifat Fisika**

Rumus Molekul	: H <sub>2</sub> O
Berat molekul (g/gmol)	: 18
Kenampakan	: cair
Densitas	: 1 g/cm <sup>3</sup>
Titik didih	: 100°C

(Perry's, 2008)

## 1.6.2 Produk

### 1. Asam Adipat

- **Sifat Fisika**

Rumus kimia	: C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>
Berat Molekul	: 146 g/mol
Kemurnian	: 99,7%,
Fase	: padat
Titik Didih	: 337 °C
Titik Lebur	: 152,1 °C
Densitas	: 1,36 g/cm <sup>3</sup>
Kelarutan	: 1,4 g/100 mL (10 °C), 2,4 g/100 mL (25 °C), 120 g/ 100 mL (80 °C), 160 g/ 100 mL (100 °C)

Sifat : beracun

(PT.Maju Anugerah Mandiri)

- **Sifat Kimia**

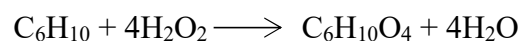
- Asam adipat pada titik didihnya selama 4 menit menjadi polimer adipic anhidrid 7%.
- Asam adipat stabil terhadap oksidasi metode untuk memurnikannya adalah dengan rekristalisasi dari asam nitrat. Pada kondisi tersebut kemungkinan terjadinya oksidasi oleh udara terhadap asam sangat kecil. Meskipun dipanaskan sampai 275°C pada tekanan tinggi.
- Pada kondisi lain, asam adipat teroksidasi oleh asam kromat membentuk karbon dioksida, air dan asam suksinat sebagai satu-satunya hasil yang dapat diambil.
- Oksidasi agent yang lain seperti Potassium permanganate, menyerang asam pada suhu kamar walaupun reaksinya sangat lambat. Hasil oksidasi pada reaksi ini adalah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

(Kirk-Othmer, 3 rd ed, 1992)

## 1.7 Tinjauan Proses Yang Dipilih

### 1.7.1 Dasar Reaksi

Reaksi oksidasi sikloheksena dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah sebagai berikut:



Proses oksidasi sikloheksena dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dilakukan pada fase cair. Pada kadar 30% berat, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tidak begitu volatile namun sangat rentan terdekomposisi pada suhu 70-90 °C. Pada keadaan ini, katalis berfungsi untuk menahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> agar tidak terdekomposisi.

### 1.7.2 Kondisi Operasi

Reaksi oksidasi sikloheksena dijalankan di reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu sekitar 80°C dengan kecepatan pengadukan 125

rpm dan tekanan 1 atm. Reaktor ini dilengkapi dengan pendingin karena reaksi bersifat eksotermis. Produk asam adipat kemudian dimurnikan dan dikristalisasi untuk memperoleh produk berupa padatan. Konversi yang dicapai dengan proses ini yaitu sekitar 90% dengan waktu tinggal 3 jam. Pada akhir proses masih terdapat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> namun telah terdekomposisi total menjadi H<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub>.

### 1.7.3 Mekanisme Reaksi

#### a) Tinjauan thermodinamika

Mekanisme reaksi yang terjadi pada reaktor adalah :



Harga panas pembentukan ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada suhu 298,15 K (25°C) dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut :

**Tabel 4.** Daftar Harga Panas Pembentukan dari Reaksi

Komponen	$\Delta H_f$ (kJ/mol), 25 °C (298,15 K)
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	-38,83
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-187,778
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	-985,37
H <sub>2</sub> O	-285,83

(Sumber : Perry dan Yaws 1999)

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ \text{ 298 K} &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4 + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{ C}_6\text{H}_{10} + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}_2) \\ &= ((-985,37) + (-285,83)) - ((-38,84) + (-187,778)) \\ &= (-1271,2) - (-226,608) \\ &= -1044,592 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Menghitung harga panas pembentukan ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada suhu 353,15 K (80°C) adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.** Daftar Harga Cp dari Reaksi

Komponen	Cp (kJ/mol), 80 °C (353,15 K)
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	142,31
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	85,55
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	264,80
H <sub>2</sub> O	75,55

(Sumber : Perry dan Yaws 1999)

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan } 353,15 \text{ K}} &= \sum C_p \times \Delta T \\ &= (142,31 \times (353,15 - 298,15)) + (85,55 \times \\ &\quad (353,15 - 298,15)) \\ &= (7827,05) + (4705,25) \\ &= 20,35935 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{produk } 353,15 \text{ K}} &= \sum C_p \times \Delta T \\ &= (264,80 \times (353,15 - 298,15)) + (75,55 \times \\ &\quad (353,15 - 298,15)) \\ &= (22874,5) + (4155,25) \\ &= 22,8745 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r^\circ \text{ 353,15 K} &= \Delta H_{\text{produk } 353,15} + \Delta H_f^\circ \text{ 298,15 K} - \Delta H_{\text{reaktan } 353,15} \\ &= 22,8745 + 1245,96 - 20,35935 \text{ kJ/mol} \\ &= -1202,73 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan  $\Delta H_r^\circ \text{ 353,15 K}$  maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan secara eksotermis karena harga  $\Delta H_r^\circ \text{ 353,15 K}$  yang diperoleh negatif.

Harga  $\Delta G_f$  untuk masing – masing komponen suhu 25 °C (298,15 K) adalah sebagai berikut :

**Tabel 6.** Daftar Harga  $\Delta G_f$  Komponen Reaksi

Komponen	$\Delta G_f$ (kJ/mol), 25 °C (298,15 K)
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	-90,75
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-105,6
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	-686,47
H <sub>2</sub> O	-228,6

(Sumber : Perry dan Yaws 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta G_r &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= (\Delta G_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4} + \Delta G_{\text{H}_2\text{O}}) - (\Delta G_{\text{C}_6\text{H}_{10}} + \Delta G_{\text{H}_2\text{O}_2}) \\
 &= ((-686,47) + (-228,60)) - ((-90,75) + (-105,60)) \\
 &= (-915,07) - (-14,85) \\
 &= -929,92 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas akan didapatkan, di reaktor :

$$\Delta H_{f, 298,15 \text{ K}} \quad (\text{Enthalpi pembentukan}) \quad = -1246,01 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{r, 353,15 \text{ K}} \quad (\text{Enthalpi reaktan}) \quad = -1202,73 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G \quad (\text{Energi bebas}) \quad = -929,92 \text{ kJ/mol}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 25 °C (298,15 K) sebagai berikut :

$$\Delta G = -RT \ln K_{298,15 \text{ K}}$$

$$\begin{aligned}
 \ln K_{298,15 \text{ K}} &= \frac{\Delta G}{-RT} \\
 &= \frac{-929,92}{-8,314 \times 298,15}
 \end{aligned}$$

$$= 0,3751$$

$$K_{298,15 \text{ K}} = 1,4551$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 80 °C (353,15 K) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \ln \left( \frac{K_{353,15}}{K_{298,15}} \right) &= \frac{-\Delta H_f^{298 K}}{R} \times \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \\ \ln \left( \frac{K_{353,15}}{1,4551} \right) &= \frac{-1246,01}{8,314} \times \left( \frac{1}{353,15} - \frac{1}{298,15} \right) \\ \left( \frac{K_{353,15}}{1,4551} \right) &= \exp (0,0782) \\ \left( \frac{K_{353,15}}{1,4551} \right) &= 1,0813 \\ K_{358,15} &= 1,57 \end{aligned}$$

Karena nilai  $K_{363,15} > 0$  , maka reaksi yang terjadi adalah reaksi searah.

#### b) Tinjauan kinetika

Data kinetika :  $X_a = 90\% = 0,90$

Waktu = 180 menit

(S. Vayssie and H. Elias, 1997)

Sikloheksena = 99%

Berat molekul = 84,6  $\frac{\text{gram}}{\text{mol}}$

$$\begin{aligned} Ca_0 &= 99 \frac{\text{gram}}{100 \text{ ml}} : 84,6 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} \\ &= 99 \frac{\text{gram}}{100 \text{ ml}} : 84,6 \frac{\text{mol}}{\text{gram}} \times 1000 \frac{\text{ml}}{\text{L}} \\ &= 11,7633 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ca &= Ca_0 (1 - X_a) \\ &= 11,7633 (1 - 0,90) \\ &= 0,7058 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

➤ Orde 1 (Roland F.B dan Irwin W.S 1951)

$$(-r_a) = k.CA^n$$

$$\frac{-dCA}{dt} = k.CA$$

$$\frac{-dCA}{CA} = k.dt$$

$$-\int_{CA_0}^{CA} \frac{dCA}{CA} = k \int_0^t dt$$



$$-\ln CA + \ln CA_0 = k (t - 0)$$

$$\ln \frac{CA_0}{CA} = k \cdot t$$

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{CA_0}{CA}$$

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{CA_0}{CA(1-X_A)}$$

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{1}{1-X_A}$$

$$k = \frac{1}{180} \ln \frac{1}{1-0,9}$$

$$k = 0,01279$$