

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI  
AKRILONITRIL KAPASITAS PRODUKSI  
20.000 TON/TAHUN  
(Skripsi)**

**Oleh**

**FADHILLA SORAYA ISFAHANI**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2019**

## ABSTRACT

### PREDESIGN OF ACRYLAMIDE PLANT FROM ACRYLONITRIL PRODUCTION CAPACITY 20,000 TONS/YEAR (Distillation Column Design (MD-301))

by

**FADHILLA SORAYA ISFAHANI**

Acrylamide is an intermediate material that is mostly used for the manufacture of polyacrylamide. Polyacrylamide is used in flocculants to separate solids from solutions in wastewater treatment and water purification, additives in acidification processes, additives in textile and also pulp and paper industries.

An acrylamide plant with materials acrylonitrile and water is planned to be established in the Cilegon Industrial Zone, Banten Province. The establishment of this plant is based on consideration of the availability of raw materials, marketing of products, adequate transportation facilities and infrastructure, the availability of labors, and environmental conditions. The plant is planned to produce acrylamide as much as 20,000 tons/year. The supply of plant utility needs consists of water supply system, steam supply system, air instrument supply system, and power station.

The bussines entity form is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structures with 204 labors.

From economic analysis, it is obtained that:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 543.322.488.638
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 95.880.439.171
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 639.202.927.810
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 39,83%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sup>a</sup>	= 2,60 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sup>a</sup>	= 24,21%

Considering the summary above, it is proper to study the establishment of acrylamide plant further, because the plant is profitable and has good prospects.

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI AKRILONITRIL KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN (Perancangan Menara Distilasi (MD-301))

Oleh

**FADHILLA SORAYA ISFAHANI**

Akrilamida merupakan bahan *intermediate* yang sebagian besar digunakan untuk pembuatan *polyacrylamide*. *Polyacrylamide* digunakan dalam flokulan untuk memisahkan padatan dari larutan pada pengolahan air limbah dan pemurnian air, bahan tambahan pada proses pengasaman, bahan aditif pada industri tekstil dan *pulp and paper*.

Pabrik akrilamida berbahan baku akrilonitril dan air direncanakan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten. Pendirian pabrik berdasarkan atas pertimbangan ketersediaan bahan baku, pemasaran produk, sarana dan prasarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan, dan kondisi lingkungan. Pabrik direncanakan memproduksi akrilamida sebanyak 20.000 ton/tahun. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengadaan air, pembangkit *steam*, pengadaan udara *instrument*, dan unit penyedia listrik.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 204 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 543.322.488.638
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 95.880.439.171
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 639.202.927.810
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 39,83%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sup>a</sup>	= 2,60 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sup>a</sup>	= 24,21%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik akrilamida ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI  
AKRILONITRIL KAPASITAS PRODUKSI  
20.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi 301 (MD - 301))**

Oleh  
**FADHILLA SORAYA ISFAHANI**

**(Skripsi)**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
Sarjana Teknik

Pada  
Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA  
DARI AKRILONITRIL KAPASITAS PRODUKSI  
20.000 TON/TAHUN TON/TAHUN  
(Prarancangan Menara Distilasi (MD-301))**

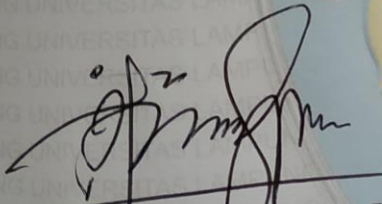
Nama Mahasiswa : **Fadhilla Soraya Isfahani**

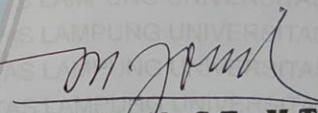
No. Pokok Mahasiswa : 1315041022

Program Studi : Teknik Kimia


Fakultas : Teknik



  
**Dr. Joni Austlian, S.T., M.Sc.**  
NIP 19690807 1998 021001

  
**Muhammad Hanif., S.T., M.T.**  
NIP 19810402 2009 122002

**2. Ketua Jurusan Teknik Kimia**

  
**Ir. Azhar, M.T.**  
NIP. 19660401 1995011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.

Sekretaris

: Muhammad Hanif, S.T., M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing

: Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. ....

Panca Nugrahini F., S.T., M.T. ....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Dr. Suharso, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 03 Mei 2019



## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

**Bandar Lampung, 20 Juni 2019**



**Fadhilla Soraya Isfahani**  
**NPM. 1315041022**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pringsewu, pada tanggal 15 Juni 1995, sebagai putri pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Bambang Sigit Santoso. dan Ibu Nani Widiastuti.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Baitussalam, Pringsewu, pada tahun 2000. Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Pringsewu, pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas di SMA 1 Pringsewu pada tahun 2013.

Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Ujian SBMPTN.

Pada tahun 2017, penulis melakukan Kerja Praktik di PT Pertamina (Persero) RU III Plaju, Palembang, Sumatra Selatan dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja Reaktor (D-2201) pada Unit Polimerisasi Kilang *Polypropylene* PT. Pertamina (Persero) RU III”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Proses Adsorpsi Logam Kromium Dalam Limbah Industri Tekstil Batik Lampung Menggunakan Adsorben dari *Activated Sludge* Industri Karet Termodifikasi Zeolit Alam Lampung (Klipnotilolit)”, dimana penelitian tersebut dipublikasikan pada tahun 2017 di Balai Riset dan Teknologi (Baristan), Bandar Lampung. Dari



penelitian tersebut dihasilkan juga dua jurnal Nasional serta dua jurnal internasional. Pada tahun 2017, penulis pernah menjadi asisten laboratorium OTK untuk modul Aliran Fluida.

Selama kuliah penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan diantaranya, Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila pada periode 2013/2014 sebagai Anggota Staff Magang Departemen Edukasi, periode 2014/2015 sebagai Staff Departemen Edukasi, periode 2015/2016 sebagai Ketua Departemen Edukasi. Pada periode 2016/2017 sebagai Staff khusus dinas Eksternal Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) Unila. Pada periode 2016/2017 sebagai anggota Komunitas Empowomen. Pada periode 2017/2019 sebagai Formatur dan staff bidang manajemen proyek Komunitas Ruang Sosial (Rusos).

## MOTTO

“Dan apabila hamba-hamba-Ku bertanya tentang Aku kepadamu (Muhammad), maka sesungguhnya Aku dekat. Aku kabulkan permintaan orang-orang yang berdoa apabila dia berdoa kepada-Ku.”

**(Q.S. Ali-Baqarah : 186)**

”Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan) tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain.”

**(Qs. Al-Insyirah : 6-7)**

“Yakinlah, ada sesuatu yang menanti selepas banyak kesabaran yang dijalani, hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit.”

**-Ali bin Abi Thalib-**

“Khoirunnas anfa'uhum linnas, sebaik-baik manusia adalah yang paling orang yang paling bermanfaat bagi orang lain.”

**-HR. Bukhari dan Muslim-**

“Bukan karena kita yang hebat, tapi karena Allah yang mempermudah urusan kita.”

**-Anonim-**

“Bebanmu akan berat. Jiwamu harus kuat. Tetapi aku percaya langkahmu akan jaya. Kuatkan pribadimu!”

**-Hamka-**

“Allah tidak pernah menjanjikan hari-hari kita berlalu tanpa rasa sakit maupun berselimut senang tanpa kesulitan, Tetapi Allah selalu menjanjikan kekuatan serta penyertaan dalam setiap tantangan dan rasa sakit itu.”

**-Fadhilla Soraya Isfahani-**

“Sukses bukan tentang siapa yang lebih cepat sampai. Di puncak gunung, kau mungkin hanya beroleh batu. Hanya batu. Itu pun kau injak-injak. Sesekali lihatlah ke lembah. Betapa hebat perjalananmu. Betapa jauh jarak yang sudah kau tempuh; Jadi pemimpin. Jadi relawan. Jadi pelopor!”

“Jalan terbentang luas untukmu. Nikmati proses. Jangan terburu-buru. Telat lulus memang bukan maumu. Tapi bisa jadi ini maunya Sang Penguasa Alam. Allah mau kau punya jalan yang lebih panjang untuk memetik lebih banyak pelajaran...hingga kau matang.”

**-Kartini Fastuti-**

## *Sebuah Karya*

*Kupersembahkan dengan sepenuh hati untuk:*

*Allah SWT, berkat Rahmat dan Ridho-Nya aku dapat menyelesaikan  
karyaku ini*

*Kedua Orang Tuaku, terima kasih atas do'a, kasih sayang, perjuangan,  
dan pengorbanan selama ini. Semoga aku bisa membahagiakan bapak  
dan mama di dunia dan akhirat*

*Adik dan Keluargaku, terima kasih atas do'a, bantuan, kasih sayang,  
dan dukungannya*

*Sahabat-Sahabatku, terima kasih telah menjadi bagian hidupku.  
Semoga persahabatan kita kekal hingga surga-Nya*

*Civitas Akademik Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung,  
terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan, semoga berkah  
dan menjadi amal jariyah*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Akrilamida dari Akrilonitril Kapasitas Produksi 20.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Azhar, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, yang telah memberikan banyak ilmu, , motivasi, bimbingan, kritik, dan saran untuk kelancaran proses belajar selama di kampus serta membantu mengasah kemampuan saya dalam *critical thinking* . Semoga menjadi amal jariyah bapak.
2. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan pengarahan dan saran yang membantu. Semoga menjadi amal jariyah ibu.
3. Bapak Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I, yang tidak kenal lelah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, nasehat, kritik,

dan saran selama penyelesaian tugas akhir saya. Semoga menjadi amal jariyah bapak.

4. Bapak Muhammad Hanif, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, yang tidak kenal lelah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, nasehat, kritik, dan saran selama penyelesaian tugas akhir saya. Semoga menjadi amal jariyah bapak.
5. Bapak Darmansyah ST., M.T. selaku dosen Pembimbing Penelitian saya yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, nasehat, inspirasi, kritik dan saran sehingga baik penelitian maupun pribadi saya menjadi lebih baik lagi. Semoga menjadi amal jariyah bapak.
6. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji penelitian serta penguji I dalam Seminar Tugas akhir saya, terimakasih ibu sudah seperti sahabat juga sebagai orangtua saya di kampus, terimakasih telah memberikan banyak ilmu, motivasi, nasehat, inspirasi, kritik dan saran terhadap penelitian serta tugas akhir saya sehingga menjadi lebih baik lagi. Semoga menjadi amal jariyah ibu.
7. Seluruh Dosen dan Staff Teknik Kimia yang telah memberikan banyak ilmu dan bekal masa depan yang sangat bermanfaat.
8. Ayahku bamse dan Ibuku kiyowo yan paling mba hani sayangi, terimakasih atas segala dukungan, pengorbanan, do'a, cinta, ketulusan, keikhlasan, dan kasih sayang yang tak ada habisnyaa yang selalu mengiringi di setiap langkahku. Adikku Irfan, tante pinah, serta keluarga besarku atas do'a, dukungan, bantuan dan kasih sayangnya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan, bimbingan, hidayah dan karunia-Nya kepada kita.

9. Laila Kurnia (13-30) selaku *partner* perjuangan Tugas Akhir, sahabat, mentor, dan motivator ku. You're such a paket kompli le. Terimakasih banyak untuk kerja kerasnya, motivasi dan selalu menjadi pendengar dan pemberi saran yang baik. Ga ada kata yang bisa mewakili betapa aku berterimakasih dan menyayangi kamu selal in uhibbuki fillah lela, till jannah ya lela.
10. Sahabat sholehah ku Adis, ubun yan selalu ada, like a S.O.S, ga pernah perhitung an, banyak bagnet ubung aku belajar manajemen emosi dari kamu. You are awesome bung, semoga Allah balas kamu dengan banyak kebaikan.
11. Sahabat Selalu Sholehah ku, Laila KP (13-30), Nurhasanah (11-39), Anggi Pratiwi (13-09), Indah Lestari (13-28), Nita Pita Sari (13-37), Wanda Gusti Utami (13-50), Ani Lailia (13-12), Rantiana Sera (13-43) yang selalu ada di setiap momen perjuanganku selama di Teknik Kimia, tanpa kalian hari-hari ku akan terasa berat, sangat berat. Terimakasih telah mau berproses, belajar, dan berjuang bersama. Kalian adalah hadiah paling berharga yang Allah titipkan kepadaku. *Till* Jannah ya gaes, Insya Allah.
12. Teman-teman seperjuangan angkatan 2013 dari NPM awal sampai akhir: Achmad Fachry Zimam (13-01), Ade Febriana Syahfitri (13-02), Agus Sudarno (13-04), Alib Yuli Setiawan (13-05), Amalia Sasmita Yusuf (13-06), Ancastami (13-07), Andri Sanjaya (13-08), Anggita Pradana (13-10), Anggun Lestari (13-11), Annisa Mufida (13-13), Atika Maharani Np (13-16), Cindy Rizka Aulia (13-17), Della Inestia (13-18), Eka Nanda Putriani (13-21), Firstiando Yuda Putra (13-24), Gracelia Irmalinda (13-25), Hermawan (13-26), Heru (13-27), Kiki Fatmala Dewi (13-29), M Rouf Suprayogi (13-32), Meiliza Anggraini (13-35), Pia Sabrina Murtadho (13-41), Rendy Parningotan



Pasaribu (13-44), Rini Martina (13-46), Rohmat (13-47), Siti Apriani (13-48), Fransiska Pratiwi Siburian (1345-01), Guntur Wahyu Hariaji Widodo (1345-02), Hilda Lestari (1345-03), dan Yeni Yulia (1345-05). Terima kasih banyak ya gaes atas segala cerita, hiburan, dan bantuannya dalam segi apapun itu. *Thanks for being such a perfect second family for me.*

13. Kakak-kakak tingkat (Kak Elliza, Kak Tari, Mba Reni Kak Erfina, Mba Ade) dan kakak-kakak lainnya yang belum disebutkan disini, yang selalu ikhlas meladeni dan direpotkan dengan segala pertanyaan ku selama kuliah di Teknik Kimia serta canda tawanya. *See you when I see you kak.*

14. Adik-adik tingkat di Jurusan Teknik Kimia Nana, Vera, Rica, Devi, Lulu dan adik-adik yang lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu karena sangking banyaknya, terimakasih untuk seala kebaikan dan cerita-cerita kalian ya. Semangat mengejar S.T ya adikadikku sayang! Kalian juga insyaAllah pasti bisa!

15. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga karya penulis dapat bermanfaat dan berguna di kemudian hari. Aamiin.

Bandar Lampung, 22 Februari 2019

Penulis,

Fadhilla Soraya Isfahani

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>COVER</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>COVER DALAM</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>PERNYATAAN</b> .....	vii
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	viii
<b>MOTTO</b> .....	x
<b>SEBUAH KARYA</b> .....	xii
<b>SANWACANA</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xx
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xxiii
 <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Kegunaan Produk .....	3
1.3. Kapasitas Perancangan .....	3
1.4. Lokasi Pabrik .....	10

## **BAB II. URAIAN PROSES**

2.1. Jenis Proses Pembuatan Akrilamida.....	15
2.2. Tinjauan Proses .....	20
2.3. Pemilihan Proses .....	35
2.4. Uraian Proses .....	36

## **BAB III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK**

3.1. Bahan Baku .....	38
3.2. Produk .....	41

## **BAB IV. NERACA MASSA DAN ENERGI**

4.1. Neraca Massa .....	43
4.2. Neraca Panas .....	45

## **BAB V. SPESIFIKASI ALAT**

5.1. Alat Proses .....	52
5.2. Alat Utilitas .....	65

## **BAB VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

6.1. Unit Pendukung Proses .....	86
6.2. Unit Pengolahan Limbah .....	108
6.3. Laboratorium .....	109
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	113

## **BAB VII. TATA LETAK PABRIK**

7.1. Lokasi Pabrik .....	116
7.2. Tata Letak Pabrik .....	122

## **BAB VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN**

8.1. Bentuk Perusahaan .....	129
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan .....	132
8.3. Tugas dan Wewenang .....	136
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	146

8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	147
8.6. Jumlah Tenaga Kerja .....	150
8.7. Kesejahteraan Karyawan .....	153
8.8. Manajemen Produksi .....	156

## **BAB IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

9.1. Investasi .....	159
9.2. Evaluasi Ekonomi .....	163
9.3. Anggaran Peminjaman .....	164
9.4. Discounted Cash Flow .....	165

## **BAB X. KESIMPULAN DAN SARAN**

10.1. Kesimpulan .....	166
10.2. Saran .....	166

## **DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**

**LAMPIRAN E**

**LAMPIRAN F**

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
Tabel 1.1. Harga Bahan Baku dan Produk.....	4
Tabel 1.2. Data Impor Akrilamida di Indonesia .....	4
Tabel 1.3. Industri Pengolahan Limbah dan Pemurnian Air.....	6
Tabel 1.4. Industri <i>Pulp and Paper</i> .....	7
Tabel 1.5. Industri Tekstil .....	7
Tabel 1.6. Industri Akrilamida di Berbagai Negara.....	9
Tabel 2.1. Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Komponen pada Kondisi Standar .....	21
Tabel 2.2. Nilai $C_p$ untuk Komponen Proses Asam Sulfat pada 293 K .....	23
Tabel 2.3. Nilai $C_p$ untuk Komponen Proses Asam Sulfat pada 373 K .....	23
Tabel 2.4. Nilai Konstanta A, B, C, D Komponen .....	26
Tabel 2.5. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses Hidrolisis Katalitik .....	27
Tabel 2.6. Total Pengeluaran Pada Proses Hidrolisis Katalitik .....	30
Tabel 2.7. Total Pemasukan Pada Proses Hidrolisis Katalitik.....	30
Tabel 2.8. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses Asam Sulfat .....	31
Tabel 2.9. Total Pengeluaran Pada Proses Asam Sulfat .....	34
Tabel 2.10. Total Pemasukan Pada Proses Asam Sulfat.....	34
Tabel 2.11. Perbandingan Proses Pembuatan Akrilamida .....	35

Tabel 4.1. Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-101) .....	43
Tabel 4.2. Neraca Massa <i>Reactor</i> (R-201) .....	44
Tabel 4.3. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301) .....	44
Tabel 4.4. Data Konstanta A, B, C, D untuk Cp Cair (J/mol.K).....	46
Tabel 4.5. Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Komponen pada Kondisi Standar (298 K) ..	47
Tabel 4.6. Neraca Panas Total <i>Storage Tank</i> -101 (ST-101) .....	47
Tabel 4.7. Neraca Panas Total <i>Storage Tank</i> -102 (ST-102) .....	47
Tabel 4.8. Neraca Panas Total pada <i>Mixer</i> (M-101) .....	47
Tabel 4.9. Neraca Panas Total pada CO-101 .....	48
Tabel 4.10. Neraca Panas Total pada Reaktor RE-201 .....	48
Tabel 4.11. Neraca Panas Total <i>Expansion Valve</i> (EV-201) .....	48
Tabel 4.12. Neraca Panas Total Pada H-201 .....	49
Tabel 4.13. Neraca Panas Total pada Menara Distilasi (MD-301).....	49
Tabel 4.14. Neraca Panas Total <i>Acrylonitrile Holding Tank</i> (HT-301).....	49
Tabel 4.15. Neraca Panas Total Pada <i>Cooler</i> CO-301 .....	49
Tabel 4.16. Neraca Panas Total Tangki Penyimpanan-103 (ST-103) .....	50
Tabel 6.1.1.1. Total Kebutuhan Air .....	87
Tabel 6.1.1.2. Kebutuhan Air Untuk Air Pendingin .....	89
Tabel 6.1.1.3. Kebutuhan air umpan boiler .....	93
Tabel 6.1.1.4. Kebutuhan Air Untuk Air Proses .....	95
Tabel 6.1.1.5. Kebutuhan Air Pabrik .....	96
Tabel 6.4.1. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian .....	113
Tabel 6.4.2. Pengendalian Variabel Utama Proses .....	114
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Akrilamida .....	125

Tabel 8.1 Jadwal Kerja Regu <i>Shift</i> .....	148
Tabel 8.2. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat .....	149
Tabel 8.3. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	151
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i> .....	159
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i> .....	160
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i> .....	161
Tabel 9.4. Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi .....	164



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
Gambar 1.1. Kurva Kenaikan Impor Akrilamida Setiap Tahun Di Indonesia.	5
Gambar 1.2. Peta Kota Cilegon (Sumber: <i>Google Maps</i> , 2018).....	11
Gambar 2.1. Diagram Blok Proses Pembuatan Akrilamid dengan Proses Sulfat .....	17
Gambar 2.2. Diagram Blok Proses Pembuatan Akrilamid dengan Proses Hidrolisis Katalitik.....	19
Gambar 6.1.1.1. <i>Cooling Tower</i> .....	91
Gambar 6.1.1.2 <i>Diagram Cooling Water System</i> .....	92
Gambar 6.1.1.3. <i>Dearator</i> .....	94
Gambar 6.1.1.4. Diagram Alir Pengolahan Air .....	97
Gambar 7.1. Peta Kota Cilegon (Sumber: <i>Google Maps</i> , 2018).....	120
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik .....	124
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses .....	127
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	133
Gambar 9.1. Grafik BEP Pabrik Akrilamida .....	163
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> terhadap Umur Pabrik.....	164

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang**

Memasuki era globalisasi pemerintah terus berupaya untuk menciptakan iklim segar bagi pertumbuhan industri, khususnya industri kimia. Pembangunan industri kimia ini ditekankan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pemanfaatan sumber daya alam yang ada, menciptakan lapangan kerja, dan mendorong perkembangan industri lain.

Sebagai negara berkembang Indonesia banyak melakukan pembangunan disegala bidang, salah satunya adalah pembangunan industri. Menurut Kementrian Perindustrian Republik Indonesia, pertumbuhan pembangunan industri kimia di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 5,16%, namun Indonesia masih mengalami ketergantungan impor produk dari luar negeri. Akibat adanya ketergantungan impor dari luar negeri menyebabkan devisa Negara semakin berkurang sehingga diperlukan suatu usaha untuk mengatasi ketergantungan tersebut. Salah satu usaha untuk mengatasi ketergantungan tersebut adalah dengan mendirikan industri.

Indonesia telah memiliki banyak industri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun ada beberapa kebutuhan yang hingga saat ini masih impor dengan jumlah yang besar. Salah satu produk impor tersebut adalah akrilamida. Akrilamida dengan rumus molekul  $C_3H_5NO$  merupakan turunan dari asam karboksilat dan menjadi senyawa yang paling penting dalam kelompok akrilat dan metakrilat amid. Akrilamida merupakan senyawa kimia berwarna bening, tidak berbau, dan larut dalam air. Akrilamida dalam larutan bersifat stabil pada suhu kamar dan tidak berpolimerisasi secara spontan.

Menurut Badan Pusat Statistik (2017), kebutuhan impor akrilamida mengalami fluktuasi namun cenderung mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Sementara itu, di Indonesia pabrik akrilamida yang sudah berdiri, yaitu: PT Mitsui Eterindo Chemical memproduksi akrilamida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dan PT Tridomain Chemicals memproduksi akrilamida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun. Meskipun telah berdiri dua pabrik akrilamida di Indonesia, kebutuhan akrilamida dalam negeri masih mengimpor dari negara-negara seperti China, Amerika Serikat, Jepang, dan Korea. Hal ini menjadi kesempatan yang cukup berpotensi untuk mendirikan pabrik akrilamida di Indonesia agar dapat mengurangi kebutuhan impor. Karena alasan-alasan tersebut, maka perlu dilakukan pengkajian kelayakan teknis/ekonomis mengenai pendirian pabrik yang akan memproduksi akrilamida. Dengan demikian dapat diketahui peluang pembangunan pabrik akrilamida di Indonesia.

## 1.2. Kegunaan Produk

Akrilamida merupakan bahan *intermediate* yang sebagian besar digunakan untuk pembuatan *polyacrylamide*. *Polyacrylamide* digunakan dalam flokulan untuk memisahkan padatan dari larutan pada pengolahan air limbah dan pemurnian air, serta bahan aditif pada industri tekstil dan *pulp and paper* (Kirk Othmer, 1991).

## 1.3. Kapasitas Perancangan

### a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama dan bahan baku penunjang yang akan digunakan dalam pembuatan akrilamida adalah sebagai berikut:

#### 1. Akrilonitril ( $C_3H_3N$ )

Akrilonitril diimpor dari Thailand PTT Acrylonitrile dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun

#### 2. Katalis *Raney Copper*

Katalis *raney copper* diimpor dari Zhejiang Bainianyin Industry & Trade Co., Ltd. dari China dengan kapasitas produksi 120 ton/tahun.

#### 3. Air

Kebutuhan air dari sungai Cidanau.

### b. Harga Bahan Baku dan Produk

Harga bahan baku dan produk merupakan salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam mendirikan suatu pabrik. Agar diperoleh keuntungan dari suatu harga produk yang telah ditetapkan, perlu dilakukan

penyesuaian dengan biaya yang dibutuhkan untuk membeli bahan baku. Harga bahan baku pembuatan Akrilamida ditampilkan pada **Tabel 1.1.** berikut ini:

**Tabel 1.1.** Harga Bahan Baku dan Produk

No	Bahan Kimia	Harga(\$)/ Ton
1.	Bahan Baku :	
	Akronitril*	1.080
	Katalis Raney Copper**	1.000
2.	Produk :	
	Akrilamida*	2.550

Sumber : \*www.icis.com diakses tanggal 9 Februari 2018 pukul 14.11 WIB ;  
 \*\*www.alibaba.com\_ diakses tanggal 9 Februari 2018 pukul 14.50 WIB ;  
 1 USD = Rp 13.648; kursdollar.net diakses tanggal 9 Februari 2018 pukul 15.11 WIB

c. Data Impor Akrilamida di Indonesia

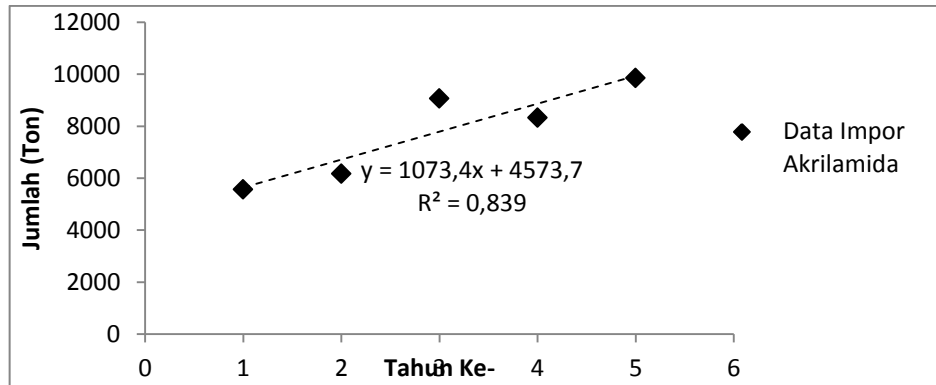
Berikut merupakan data impor akrilamida Indonesia:

**Tabel 1.2.** Data Impor Akrilamida di Indonesia Tahun 2011 – 2015

Tahun	Impor (Ton/tahun)
2011	5.562,75
2012	6.169,59
2013	9.058,69
2014	8.327,09
2015	9.850,83

Sumber: BPS, 2011 sampai 2015

Dari Tabel 1.2. dapat dibuat kurva sebagai berikut:



Gambar 1.1. Kurva Kenaikan Impor Akrilamida Setiap Tahun Di Indonesia

Dari data di atas terlihat bahwa besar impor akrilamida dari tahun 2011 sampai tahun 2015 mengalami fluktuasi namun cenderung mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data tersebut, maka dapat dibuat suatu prediksi besarnya kebutuhan akrilamida di Indonesia hingga tahun 2023 dengan menggunakan pendekatan regresi linear. Sehingga pada tahun 2023 kebutuhan import akrilamida sebesar:

$$\begin{aligned} (y) &= 1.073,4 x + 4.573,7 \\ &= 20.674,70 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### d. Kebutuhan Akrilamida di Indonesia

Di Indonesia, Akrilamida paling banyak dikonsumsi oleh industri Pengolahan Limbah dan Pemurnian Air, industri *Pulp and Paper*, dan industri Tekstil.

##### 1. Industri Pengolahan Limbah dan Pemurnian Air

Menurut WHO tahun 1985, Sekitar 65% Akrilamida digunakan sebagai bahan baku di Industri Pengolahan Limbah dan Pemurnian Air

sebagai flokulan. Data Industri Pengolahan Limbah dan Pemurnian Air di Indonesia diwakilkan pada **Tabel 1.3** sebagai berikut

**Tabel 1.3.** Industri Pengolahan Limbah dan Pemurnian Air

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
PT Prasadha Pamunah Limbah Industri *	Bogor	25.000
PT Tenang Jaya Sejahtera**	Karawang	20.000
PT Triata Mulya Indonesia***	Surabaya	25.000
<b>Total</b>		<b>70.000</b>
Sumber : *www.republika.com ; **www.alamatkudetik.com; ***www.triata.co.id		

Dari tabel di atas, diketahui total produksi pengolahan limbah dan pemurnian air sebesar 70.000 ton/tahun, kebutuhan akrilamida dalam pengolahan limbah dan pemurnian air adalah 0,1% (Nicnas, 2002), sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan} &= 0,1\% \times 70.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 70 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

## 2. Industri *Pulp and Paper*

Selain digunakan di industri pengolahan limbah dan pemurnian air, sekitar 15% Akrilamida digunakan sebagai aditif pada industri *pulp and paper* (WHO,1985). Data Industri *Pulp and Paper* di Indonesia diwakilkan pada **Tabel 1.4** sebagai berikut:



**Tabel 1.4.** Industri *Pulp and Paper*

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
PT Tjiwi Kimia Tbk.*	Jawa Timur	1.200.000
PT Pindo Delli Pulp and Paper **	Karawang	913.000
PT Indah Kiat Pulp and Paper***	Tangerang	106.000
<b>Total</b>		<b>2.219.000</b>

Sumber : \*www.merdeka.com; \*\*www.tuf.com ; \*\*\*www.datacon.co.id

Dari tabel di atas, diketahui total produksi *pulp and paper* sebesar 2.219.000 ton/tahun, kebutuhan akrilamida dalam *pulp and paper* adalah 2% (Nicnas, 2002), sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan} &= 2\% \times 2.219.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 44.380 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

### 3. Industri Tekstil

Menurut WHO tahun 1985, Sekitar 20% Akrilamida digunakan sebagai bahan baku di Industri Tekstil sebagai aditif. Data Industri Tekstil di Indonesia diwakilkan pada **Tabel 1.5** sebagai berikut:

**Tabel 1.5.** Industri Tekstil

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
PT Pollyfin Canggih*	Bandung	43.000
PT Segoroc Ecomulyo Textile**	Surabaya	21.000
PT Bandung Syntetic Mills*	Bandung	20.000
<b>Total</b>		<b>84.000</b>

Sumber : \* www.alamatkantorindonesia.com; \*\* www.trade.com; \*\*\*  
[www.daftarperusahaan.com](http://www.daftarperusahaan.com)

Dari tabel di atas, diketahui total produksi tekstil sebesar 84.000 ton/tahun, kebutuhan akrilamida dalam industri tekstil adalah 2% (Nicnas, 2002), sehingga::

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan} &= 2\% \times 84.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 1.680 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

e. Kebutuhan Akrilamida Negara-negara Tetangga

Dalam menentukan kapasitas produksi, tidak hanya melihat data kebutuhan dalam negeri, namun juga melihat kebutuhan produk pada di luar negeri, khususnya di negara-negara tetangga. Hal ini bermanfaat sebagai data acuan apabila pabrik akan melakukan ekspor. Kapasitas global untuk akrilamida mencapai 1,16 juta ton / tahun pada 2013, 53,7% di Asia Pasifik, 16,9% di AS, 15,6% di Eropa Barat, dan 9,3% di Jepang. China adalah produsen terbesar di dunia dengan kapasitas 594.000 ton/tahun. Cina juga merupakan konsumen akrilamida terbesar 440.000 ton / tahun, diikuti oleh 175.000 ton / tahun di Eropa Barat, 162.000 ton / tahun di AS, 43.000 ton / tahun di Jepang dan 26.000 ton / tahun di Asia / Timur Tengah (Aligoli Amir Nazmi Afshar, TranTech Consultants, Inc., August 2014)

f. Kapasitas Pabrik Minimum dan Maksimum di Luar Negeri

Untuk mengetahui kapasitas dari pabrik akrilamida yang sudah berdiri di dunia dapat dilihat pada **Tabel 1.6** berikut:

**Tabel 1.6** Industri Akrilamida di Berbagai Negara

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
BASF, Inggris	60.000
Kemira, Belanda	40.500
Ondeo Nalco, Garyville, LA, USA	15.890
Dia-Nitrix, Jepang	65.000
S.N.F, India	18.000
Beijing Hengju Oilfield, Cina	85.000
S.N.F, China	150.000
Yongsam-Mitsui-Tomen JV, Korea	12.000
S.N.F, Prancis	60.000
Mitsui Chemical, Jepang	43.000
Jiangxi Agriculture Academy, Cina	20.000
Ashland, Rusia	15.000
<b>Total</b>	<b>584.390</b>
Sumber: TranTech Consultants, Inc., 2014	

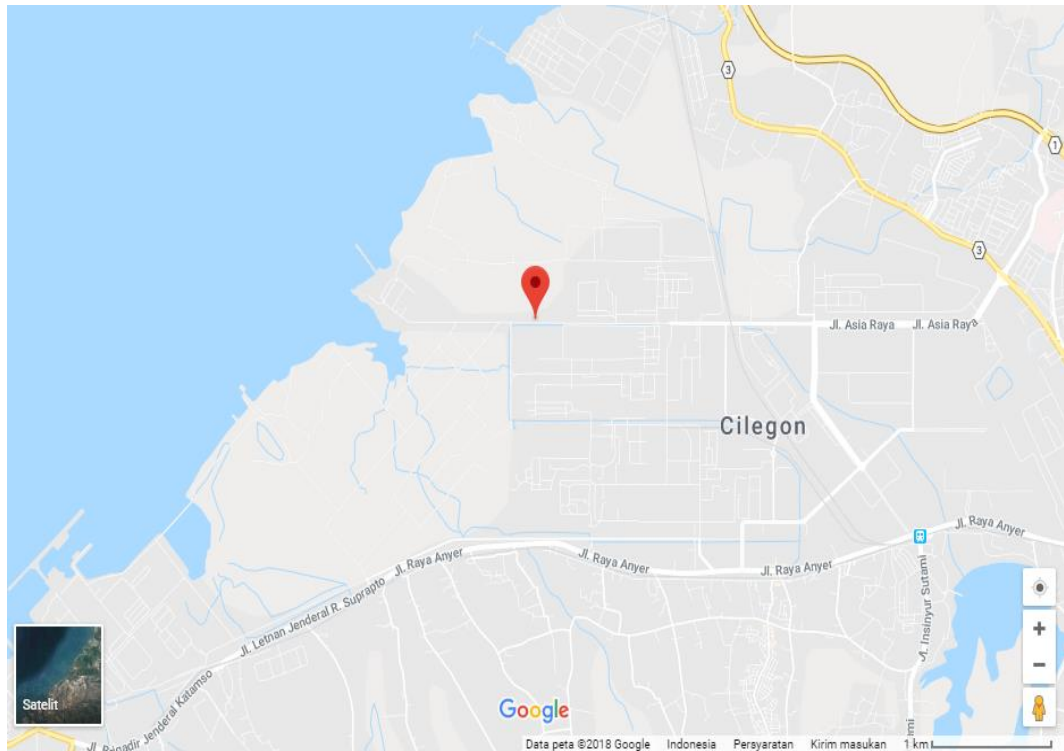
Dari **Tabel 1.6** dapat dilihat bahwa kapasitas produksi minimal di dunia sebesar 12.000 ton/tahun, sedangkan prediksi kebutuhan impor Akrilamida dari hasil regresi linier sebesar 20.674,70 ton/tahun. Maka dapat disimpulkan bahwa dengan membuat kapasitas produksi pabrik Akrilamida sebesar 20.000 ton/ tahun tidaklah terlalu kecil dan sesuai dengan kebutuhan dalam negeri. Pembangunan pabrik akrilamida diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan Akrilamida dalam negeri.
2. Dapat menghemat devisa Negara, dengan adanya pabrik akrilamida di dalam negeri maka impor akrilamida dapat dikurangi.
3. Pabrik dapat dijalankan karena kapasitas rancangan berada di atas kapasitas terkecil pabrik yang ada di dunia.

4. Membuka lapangan kerja baru.
5. Dapat mendorong pertumbuhan dan perkembangan berdirinya industri-industri lain yang menggunakan bahan baku Akrilamida.

#### **1.4 Lokasi pabrik**

Lokasi pabrik merupakan hal yang penting dalam menunjang keberhasilan suatu industri. Kesalahan pemilihan lokasi pabrik dapat menyebabkan biaya produksi menjadi mahal sehingga tidak ekonomis. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan dengan cermat agar didapat keuntungan yang maksimal bagi perusahaan. Secara geografis penentuan letak lokasi suatu pabrik sangat menentukan kemajuan pabrik tersebut saat produksi maupun di masa yang akan datang. Sehingga pemilihan lokasi yang tepat dari pabrik akan menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin. Penentuan lokasi pabrik yang tepat dapat menekan biaya produksi dan dapat memberikan keuntungan-keuntungan lain. Pabrik Akrilamida ini direncanakan akan dibangun di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten. Peta Kota Cilegon dapat dijelaskan melalui Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Peta Kota Cilegon (Sumber: *Google Maps*, 2018)

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang dirancang agar secara teknis dan ekonomis menguntungkan. Adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik, antara lain:

#### 1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku, untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan akrilamida adalah akrilonitril. Akrilonitril di dapatkan melalui impor dari Thailand, PTT Acrylonitrile dan katalis *raney copper* di dapatkan melalui impor dari China, Zhejiang Bainianyin Industry & Trade Co., Ltd. Pemilihan Cilegon sebagai lokasi merupakan tempat yang tepat, karena

dekat dengan pelabuhan warnasari yang merupakan pelabuhan ekspor impor sehingga dapat meminimalkan biaya transport.

## 2. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik yang dipilih harus dapat mempermudah transportasi dan pendistribusian barang sampai dengan tujuannya yang dapat memberikan efek terhadap waktu dan uang. Pemasaran hasil produksi untuk kebutuhan lokal tidak akan mengalami hambatan karena tersedianya sarana transportasi darat melalui jalan raya, transportasi udara melalui bandara sedangkan untuk transportasi laut biasanya melalui pelabuhan. Daerah Cilegon merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan Jakarta sebagai pusat perdagangan Indonesia. Pemilihan Cilegon sebagai lokasi pabrik juga akan memudahkan dalam proses pendistribusian produk karena perusahaan pengguna akrilamida sebagian besar berada di pulau Jawa.

## 3. Penyediaan Utilitas

Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya air, listrik, dan sarana lainnya sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Air merupakan kebutuhan yang dibutuhkan dalam jumlah banyak. Apabila ketersediaan air tidak mencukupi, maka keberlangsungan proses akan terganggu. Penyediaan air disuplai dari air sungai yang terlebih dahulu diproses di unit pengolahan air agar layak pakai. Air sungai tersebut digunakan sebagai air proses, air pendingin, dan air sanitasi. Penentuan

lokasi pabrik di kota Cilegon, Banten berdekatan dengan beberapa sumber air. Sumber air yang dapat digunakan untuk keperluan air pabrik yaitu Sungai Cidanau. Sungai Cidanau memiliki  $5.282 \text{ m}^3/\text{s}$  (Irsyad, 2011). Penyediaan kebutuhan listrik direncanakan akan disuplai secara internal menggunakan pembangkit listrik dan juga secara eksternal dari PT. PLN Suralaya.

#### 4. Sarana dan Prasarana Transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Cilegon merupakan kawasan industri yang berdekatan dengan kawasan industri Jabodetabek, yang merupakan pusat pengembangan industri nasional. Cilegon juga berdekatan dengan pelabuhan warnasari serta lokasi pabrik juga akan direncanakan dekat dengan jalan raya. Hal ini memudahkan dalam proses distribusi bahan baku maupun produk. Dengan adanya sarana dan prasarana transportasi yang memadai, maka pemilihan lokasi di Cilegon, Provinsi Banten sangat tepat.

#### 5. Letak Geografis

Lokasi yang dipilih memiliki kondisi geografis yang cukup baik berupa dataran rendah dan rata. Struktur tanah yang cukup baik sehingga memungkinkan tidak adanya faktor gangguan cuaca maupun bencana alam seperti gempa bumi dan banjir.

## 6. Tenaga Kerja

Tenaga kerja termasuk hal yang sangat menunjang dalam operasional pabrik, tenaga kerja untuk pabrik ini dapat direkrut dari :

- a. Masyarakat sekitar pabrik.
- b. Tenaga ahli yang berasal dari daerah sekitar pabrik dan luar daerah.

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja ini merupakan tenaga kerja yang produktif dari berbagai tingkatan baik yang terdidik maupun yang belum terdidik.

## 7. Sosial Masyarakat

Pembangunan pabrik ini tidak akan mengganggu kehidupan masyarakat lingkungan sekitar, karena daerah yang dipilih merupakan daerah kawasan industri.

## 8. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah kawasan Cilegon, Provinsi Banten khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.



## **BAB X**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap prarancangan pabrik akrilamida dari akrilonitril menggunakan katalis *raney copper* dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 24,21%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,60 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 39,83% yakni titik yang menunjukkan jumlah biaya produksi sama dengan jumlah pendapatan.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 24,67%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini daripada ke bank.

#### **10.2. Saran**

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa prarancangan pabrik pabrik akrilamida dari akrilonitril menggunakan katalis *raney copper* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). pada 12 Juni 2018.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.
- Bank Indonesia. 2019. *Nilai Kurs*. Diakses melalui [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id). pada 16 Januari 2019.
- Brown, G. George. 1950. *Unit Operation 6<sup>th</sup> Edition*. USA : Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, L. E. and Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design 3<sup>rd</sup> Edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Chemical Engineering Plant Cost Index*. 2017. Diakses melalui [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci). pada 27 November 2018.
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition*. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4<sup>th</sup> edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.

- Geankoplis, Christie. J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3<sup>rd</sup> edition*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Himmelblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Irsyad, Fadli. 2011. *Analisis Debit Sungai Cidanau dengan Aplikasi SWAT*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F. 2006. “*Encyclopedia of Chemical Technologi*”, 4<sup>th</sup> edition, vol. 17. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering 2<sup>nd</sup> edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Ludwig, E. Ernest. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 3<sup>rd</sup> edition*. Houston : Gulf Publishing Company
- Matches, 2016. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*. [www.matche.com](http://www.matche.com). Diakses pada 27 November 2018.
- McCabe, W. L. and Smith, J. C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga, Jakarta.
- Nicnas.2002.*Acrylamide Priority Existing Chemichal Assessment Report No.23*. Australia.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Sinnott, R.K.. 2005. *Chemical Engineering Design 4<sup>th</sup> Edition Vol. 6*. Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann

Smith, J. M., H.C. Van Ness, and M. M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5<sup>th</sup> edition*. McGraw-Hill : New York.

Treyball, R. E. 1983. *Mass Transfer Operation 3<sup>rd</sup> edition*. McGraw-Hill Book Company, New York.

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

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann: Washington.

Welty, J.R.,R.E. Wilson, and C.E. Wick. 1976. *Fundamentals of Momentum heat and Mass Transfer*.

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co., NewYork