

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

Oleh

LAILA KURNIA PURWATI



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

ABSTRACT

PREDESIGN OF ACRYLAMIDE PLANT FROM ACRYLONITRIL PRODUCTION CAPACITY 20,000 TONS/YEAR (Design of Reactor (RE-201))

by

LAILA KURNIA PURWATI

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) ^a	= 2,60 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) ^a	= 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 Reaktor (RE-201))

Oleh

LAILA KURNIA PURWATI

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) ^a	= 2,60 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) ^a	= 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 Reaktor 201 (RE - 201))**

Oleh
LAILA KURNIA PURWATI

(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**

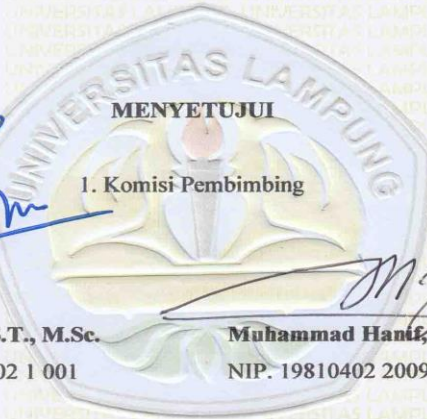
Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA
DARI AKRILONITRIL KAPASITAS
PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor 201 (R-201))**

Nama Mahasiswa : **Laila Kurnia Purwati**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1315041030**

Jurusan : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**



1. Komisi Pembimbing

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

NIP. 19690807 199802 1 001

Muhammad Hant, S.T., M.T.

NIP. 19810402 200912 2 002

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

Ir. Azhar, M.T.

NIP. 19660401 199501 1 001

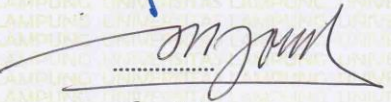
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

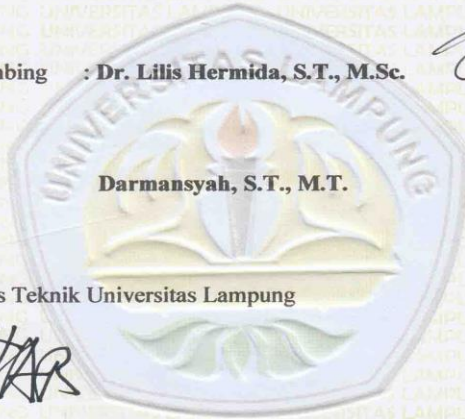
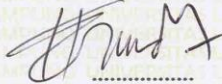
Ketua : Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.



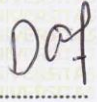
Sekretaris : Muhammad Hanif, S.T., M.T.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.



Darmansyah, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph. D.
NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 Februari 2019

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 Februari 2019



Laila Kurnia Purwati

NPM.1315041030

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sidomulyo, pada tanggal 29 Juni 1995, sebagai putri pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Fitri Nurhidayat, S.Pd. dan Ibu Masdaryati.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Al-Qur'an, Sidomulyo pada tahun 2000. Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Sidodadi, Lampung Selatan pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Sidomulyo pada tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas di MAN 1 Bandarlampung 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 VI Balongan, Indramayu, Jawa Barat dengan Tugas Khusus "Evaluasi Kinerja *Hot Preheater* 11-E-110-111 pada *Crude Distillation Unit (CDU)*". Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul "Inkorporasi Oksida Timah (SnO_2) ke Dalam Silika Berpori dari Kaolin Alam Lampung dan Kajian Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Fotodegradasi Rhodamin B", dimana penelitian tersebut dipublikasikan pada tahun 2017 di Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Indonesia, Bandung. Pada tahun 2017, penulis pernah menjadi asisten

laboratorium OTK untuk modul *Drying* dan asisten mata kuliah Perancangan Alat Penukar Panas (PAPP).

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 Media Informasi, periode 2014/2015 sebagai Staff Departemen Kaderisasi, periode 2015/2016 sebagai Sekertaris Departemen Kaderisasi, dan pada periode 2016/2017 sebagai Dewan Pembina Himatemia FT Unila. Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas (BEM U) Unila pada periode 2013/2014 sebagai Korps Muda BEM U Unila dan periode 2015/2016 sebagai Staff Kementrian Pergerakan dan Pemberdayaan Wanita. Panitia Khusus Universitas (Pansus U) Unila pada periode 2015 sebagai Anggota Pansus U. Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) FT Unila periode 2016/2017 sebagai Wakil Ketua I. Komunitas Ruang Sosial (Rusos) periode 2017/2019 sebagai *Co-Founder* dan Koordinator Bidang Sosial Masyarakat.

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*

MOTTO

“Cukuplah Allah menjadi Penolong bagi kami dan Dia sebaik-baik Pelindung.”

(Q.S. Ali-Imran : 173)

”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-

“Tidak ada yang sulit ketika Allah menghendakinya menjadi mudah. Bismillah. Lillah. Alhamdulillah. Laa hawla wa laa quwwata illaa billaah.”

-Laila Kurnia Purwati-

“Sukses bukan tentang siapa yang lebih cepat sampai. Di puncak gunung, kau mungkin hanya peroleh 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-

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. Semoga menjadi amal jariyah bapak.
2. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan sekaligus sebagai Penguji Kerja Praktek saya, yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, kritik, dan saran serta

memberikan kesempatan untuk belajar menjadi asisten dosen serta asisten praktikum selama di kampus. Semoga menjadi amal jariyah bapak.

3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I dan sekaligus sebagai Pembimbing Penelitian saya yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, nasehat, inspirasi, kritik dan saran terhadap tugas akhir saya sehingga tugas akhir saya menjadi lebih baik lagi. Semoga menjadi amal jariyah ibu.
7. Bapak Darmansyah, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, nasehat, inspirasi, kritik dan saran terhadap tugas akhir saya sehingga tugas akhir saya menjadi lebih baik lagi. Semoga menjadi amal jariyah bapak.
8. Seluruh Dosen dan Staff Teknik Kimia yang telah memberikan banyak ilmu dan bekal masa depan yang sangat bermanfaat.

9. Bapak dan Mama Tersayang, Fitri Nurhidayat dan Masdaryati atas segala dukungan, pengorbanan, do'a, cinta, ketulusan, keikhlasan, dan kasih sayang yang selalu mengiringi di setiap langkahku. Anggun dan Raihan adik-adikku serta keluarga besarku atas do'a, dukungan, bantuan dan kasih sayangnya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan, bimbingan, hidayah dan karunia-Nya kepada kita.
10. Fadhillah Soraya Isfahani (13-22) selaku *partner* perjuangan Tugas Akhir yang sangat butuh kegigihan, kerja keras, dan perhatian yang serius. Akhirnya ya soer kita bisa menyelesaikan ini semua, bersama Allah semua akan baik-baik saja. Tetap semangat ya soer dimanapun berada, ku kan selalu menjadi sahabatmu yang bersedia mendengarkan cerita-ceritamu. Harus selalu *positive think* dan *positive feeling* yaaaa. *You are awesome!*
11. Sahabat sholehahku yang udah bersedia menunda agendanya demi bisa hadir dan foto bareng di momen yang udah ditunggu-tunggu sejak lama, Adis Zaimasuri (ga pake spasi). Jazakillah khair ya ubung selalu ada di segala kondisi. *I heart you, till Jannah ya InsyaAllah.*
12. Sahabat sholehahku *my support system* Astry Pratiwi yang selalu menenangkan dikala gundah, menguatkan dikala rapuh, merindukan dikala jauh. *I heart you mbe, till Jannah ya InsyaAllah.*
13. Sahabat Selalu Sholehahku, Fadhillah Soraya Isfahani (13-22), 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-hariku 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, InsyaAllah.*

14. 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.*

15. Kakak-kakak tingkat (Kak Elliza, Kak Tari, Kak Ajel, 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.*

16. Adik-adik tingkat di Jurusan Teknik Kimia yang tidak bisa disebutkan satu persatu karena sangking banyaknya yang berarti, memberikan cerita, pembelajaran, dan pengalaman warna-warni selama berada di kampus.

Semangat mengejar S.T ya adikadikku sayang! Kalian juga insyaAllah pasti bisa!

17. 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,

Laila Kurnia Purwati

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
ABSTRACT	ii
ABSTRAK	iii
COVER DALAM	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN	x
MOTTO	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR	xxiii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	3
1.3. Kapasitas Perancangan	3
1.4. Lokasi Pabrik	9

II. PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES	
2.1. Jenis Proses Pembuatan Akrilamida.....	20
2.2. Tinjauan Proses	19
2.3. Pemilihan Proses	25
2.4. Uraian Proses	26
III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1. Bahan Baku	28
3.2. Produk	31
IV. NERACA MASSA DAN PANAS	
4.1. Neraca Massa	33
4.2. Neraca Panas	36
V. SPESIFIKASI ALAT	
5.1. Alat Proses	44
5.2. Alat Utilitas	63
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	112
VII. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	
7.1. Lokasi Pabrik	115
7.2. Tata Letak Pabrik	121
VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	
8.1. Bentuk Perusahaan	128
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan	131
8.3. Tugas dan Wewenang	134
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	144

8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	145
8.6. Jumlah Tenaga Kerja	148
8.7. Kesejahteraan Karyawan	152
8.8. Manajemen Produksi	155

IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi	158
9.2. Evaluasi Ekonomi	162

X. SIMPULAN 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	8
Tabel 1.6. Industri Akrilamida di Berbagai Negara.....	8
Tabel 2.1. Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° Komponen pada Kondisi Standar	20
Tabel 2.2. Nilai C_p untuk Komponen Proses Asam Sulfat pada 293 K	22
Tabel 2.3. Nilai C_p untuk Komponen Proses Asam Sulfat pada 373 K	22
Tabel 2.4. Nilai Konstanta A, B, C, D Komponen	24
Tabel 2.5. Perbandingan Proses Pembuatan Akrilamida	25
Tabel 4.1. Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-101).....	34
Tabel 4.2. Neraca Massa <i>Reactor</i> (R-201).....	35
Tabel 4.3. Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-301).....	35
Tabel 4.4. Neraca Massa Evaporator (EV-401).....	35
Tabel 4.5. Neraca Massa Evaporator (EV-402).....	36
Tabel 4.6. Data Konstanta A, B, C, D untuk C_p Cair (J/mol.K).....	38

Tabel 4.7. Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° Komponen pada Kondisi Standar (298 K) ..	38
Tabel 4.8. Neraca Panas Total <i>Storage Tank</i> -101 (ST-101)	39
Tabel 4.9. Neraca Panas Total <i>Storage Tank</i> -102 (ST-102)	39
Tabel 4.10. Neraca Panas Total pada <i>Mixer</i> (M-101)	39
Tabel 4.11. Neraca Panas Total pada H-101	39
Tabel 4.12. Neraca Panas Total pada Reaktor RE-201	40
Tabel 4.13. Neraca Panas Total <i>Expansion Valve</i> (EV-201)	40
Tabel 4.14. Neraca Panas Total Pada H-201	40
Tabel 4.15. Neraca Panas Total pada <i>Flash Drum</i> (FD-301)	41
Tabel 4.16. Neraca Panas Total pada <i>Condenser</i> (CD-301)	41
Tabel 4.17. Neraca Panas Total <i>Acrylonitrile Holding Tank</i> (HT-301)	41
Tabel 4.18. Neraca Panas Total <i>Acrylamide Holding Tank</i> (HT-401)	41
Tabel 4.19. Neraca Panas Total <i>Evaporator</i> (EV-401)	42
Tabel 4.20. Neraca Panas Total <i>Evaporator</i> (EV-402)	42
Tabel 4.21. Neraca panas total <i>Barometric Condenser</i> (BC-401)	42
Tabel 4.22. Neraca panas total <i>Barometric Condenser</i> (BC-402)	42
Tabel 4.23. Neraca Panas Total pada <i>Mix Point</i> (MP-401)	43
Tabel 4.24. Neraca Panas Total Pada <i>Cooler</i> CO-301	43
Tabel 4.25. . Neraca Panas Total Tangki Penyimpanan-103 (ST-103)	43
Tabel 6.1.1.2. Kebutuhan Air Untuk Air Pendingin	89
Tabel 6.1.1.3. Kebutuhan air umpan boiler	92
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	113
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Akrilamida	124
Tabel 8.1 Jadwal Kerja Regu <i>Shift</i>	147
Tabel 8.2. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat	148
Tabel 8.3. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	149
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	159
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	161
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	162
Tabel 9.4. Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	165

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).....	10
Gambar 2.1. Diagram Blok Proses Pembuatan Akrilamid dengan Proses Sulfat	16
Gambar 2.2. Diagram Blok Proses Pembuatan Akrilamid dengan Proses Hidrolisis Katalitik.....	18
Gambar 6.1.1.2. <i>Cooling Tower</i>	91
Gambar 7.1. Peta Kota Cilegon (Sumber: <i>Google Maps</i> , 2018).....	119
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik	123
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	126
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	132
Gambar 9.1. Grafik BEP Pabrik Akrilamida	164
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> terhadap Umur Pabrik.....	165

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 untuk memenuhi kebutuhan

dalam negeri.

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, bahan tambahan pada proses pengasaman, 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

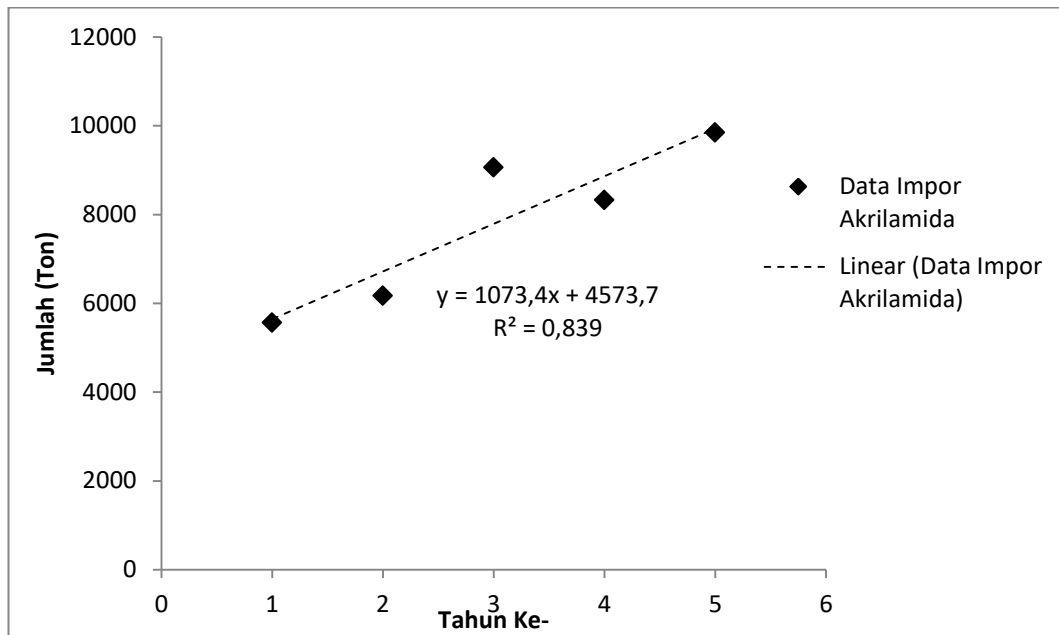
Berikut merupakan data impor akrilamida Indonesia:

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

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Prasadha Pamunah Limbah Industri *	Bogor	25.000
PT Tenang Jaya Sejahtera**	Karawang	20.000
PT Triata Mulya Indonesia***	Surabaya	25.000
Total		70.000

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% (Nicias, 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*

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
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
Total		2.219.000
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

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

Sumber : * www.alamatkantorindonesia.com; ** www.trade.com; ***
www.daftarperusahaan.com

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

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

e. 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

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
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
Total	584.390

Sumber: TranTech Consultants, Inc., 2014

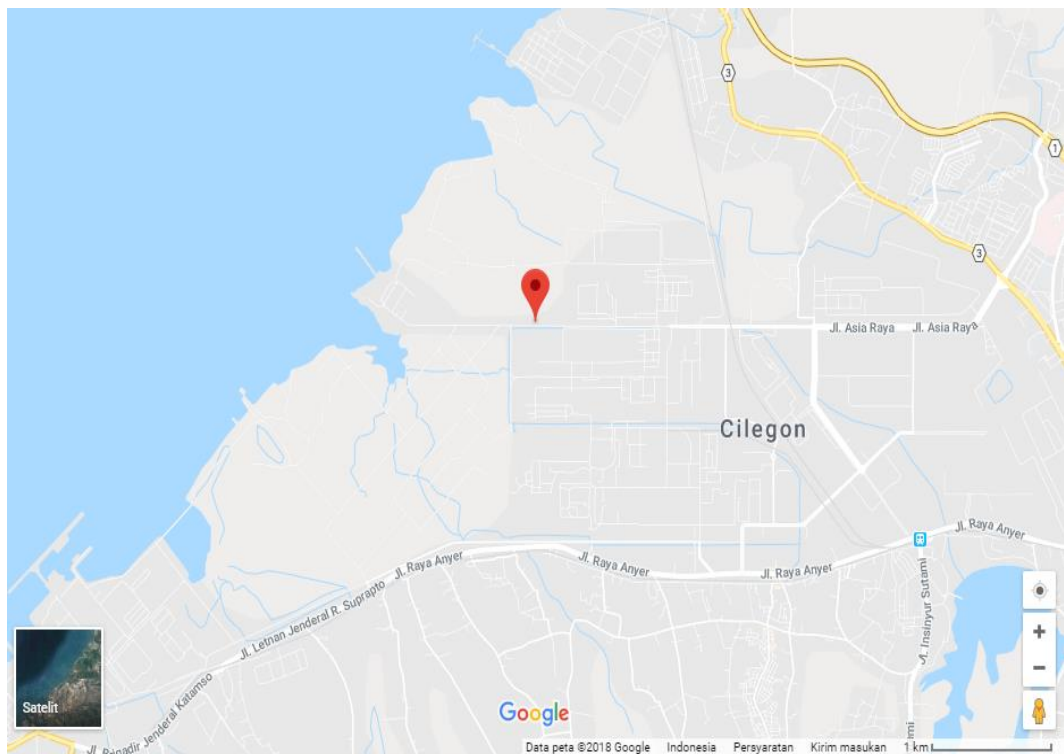
Dari **Tabel 1.6** dapat dilihat bahwa kapasitas produksi minimal di dunia sebesar 12.000 ton/tahun, sedangkan kebutuhan impor Akrilamida di dalam negeri sebesar 20.674,70 ton/tahun. Maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas pabrik Akrilamida sebesar 20.000 ton/tahun, sehingga diharapkan:

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 dekat dengan lokasi sumber bahan baku 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. 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. pada 16 Januari 2019.
- Brown, G. George. 1950. *Unit Operation 6th Edition*. USA : Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, L. E. and Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design 3rd Edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Chemical Engineering Plant Cost Index*. 2017. Diakses melalui www.chemengonline.com/pci. pada 27 November 2018.
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis, Christie. J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3rd 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*”, 4th edition, vol. 17. John Wiley and Sons Inc. New York.

Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.

Ludwig, E. Ernest. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 3rd edition*. Houston : Gulf Publishing Company

Matches, 2016. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*. 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 8th edition*. McGraw Hill : New York.

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

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

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

Treyball, R. E. 1983. *Mass Transfer Operation 3rd 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