

**PRARANCANGAN PABRIK *GLYPHOSATE* DARI  
*NEOPHOSPHONOMETHYL IMINODIACETIC ACID*  
(N-PMIDA) DAN *HYDROGEN PEROXIDE* (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)  
MENGUNAKAN KATALIS Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DENGAN KAPASITAS  
45.000 TON/TAHUN**

**(Prancangan *Distillation Column* (DC-301))**

**(Tugas Akhir)**

**Oleh:**

**Fika Merliana**

**1715041050**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**PRARANCANGAN PABRIK *GLYPHOSATE* DARI  
*NEOPHOSPHONOMETHYL IMINODIACETIC ACID*  
(N-PMIDA) DAN *HYDROGEN PEROXIDE* (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)  
MENGUNAKAN KATALIS Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DENGAN KAPASITAS  
45.000 TON/TAHUN  
(Prancangan *Distillation Column* (DC-301))**

Oleh  
**FIKA MERLIANA**  
1715041050

**Tugas Akhir**

**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  
2023**



## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK *GLYPHOSATE* DARI *NEOPHOSPHONOMETHYL IMINODIACETIC ACID* (N-PMIDA) DAN HIDROGEN PEROKSIDA ( $H_2O_2$ ) MENGGUNAKAN KATALIS PD/ $Al_2O_3$ DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN (PERANCANGAN MENARA DISTILASI (DC-301))

Oleh

FIKA MERLIANA

*Glyphosate* merupakan bahan campuran pembuatan herbisida yang digunakan untuk memasmi gulma. Bahan baku yang digunakan adalah *Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid* dan Hidrogen Peroksida. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit penyediaan air, penyediaan *steam*, penyediaan udara *instrument*, dan pengolahan limbah.

Kapasitas produksi pabrik *Glyphosate* direncanakan sebesar 45.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Bentuk perusahaan adalah badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line* dan *staff* dan jumlah karyawan sebanyak 158 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh sebagai berikut:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp1.864.924.190.975,-
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp438.805.691.994,-
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp1.952.807.836.189,-
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 48,74%
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) <sup>a</sup>	= 2,42 tahun
<i>Return on Investment before Taxes</i> (ROI) <sup>b</sup>	= 33%
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) <sup>a</sup>	= 27%
<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	= 31,8%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 27,32%

Berdasarkan pertimbangan diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik *Glphosate* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci: *Glyphosate*, N-PMIDA, Hidrogen peroksida, Ekonomi.

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF *GLYPHOSATE* FROM *NEOPHOSPHONOMETHYL IMINODIACETIC ACID* (N-PMIDA) AND HYDROGEN PEROXIDE (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) USED CATALYST Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> WITH CAPACITY 45.000 TONS/YEAR (DESIGN OF DISTILLATION COLUMN (DC-301))

By

**FIKA MERLIANA**

*Glyphosate* is an admixture of herbicides that used to kill weeds. The raw material used are *Neophosphonomethyl Iminodiacetic acid* and Hydrogen Peroxide. Provision of utility plants needs a treatment system and water supply, steam system, supply air instrument system, and waste treatment system.

The factory's production capacity is planned at 45.000 tons/year with 330 working days in 1 year and will be established in Gresik, East Java. The form of the company is a Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 158 labors.

From the economic analysis is obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp1.864.924.190.975,-
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp438.805.691.994,-
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp1.952.807.836.189,-
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 48,74%
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) <sup>a</sup>	= 2,42 tahun
<i>Return on Investment before Taxes</i> (ROD) <sup>b</sup>	= 33%
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) <sup>a</sup>	= 27%
<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	= 31,8%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 27,32%

Based on the above considerations, the establishment of the *Glyphosate* factory should be studied further, because it is a profitable factory and has a good prospect.

Key words: *Glyphosate*, N-PMIDA, Hydrogen Peroxide, Economics.

Judul Skripsi : PRARANCANGAN PABRIK *GLYPHOSATE* DARI  
*NEOPHOSPHONOMETHYL IMINODIACETIC ACID*  
(*N-PMIDA*) DAN *HYDROGEN PEROXIDE* ( $H_2O_2$ )  
MENGUNAKAN KATALIS  $Pd/Al_2O_3$   
DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN  
(Prancangan *Distillation Column* (DC-301))

Nama Mahasiswa : Fika Merliana

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715041050

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Simparmin Br. Ginting. S.T., M.T.  
NIP. 196611111994022001



Muhammad Haviz S.T., M.T.  
NIP. 199001282019031015

2. Ketua Jurusan



Yuli Darni. S.T., M.T.  
NIP. 197407122000032001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Muhammad Haviz, S.T., M.T.**

Penguji

Bukan pembimbing I : **Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.**

Bukan Pembimbing II : **Panca Nugrahini F, S.T., M.T.**

### 2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

NIP. 19750928/200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juli 2023

## 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, 24 Juli 2023



Fika Merliana

NPM. 1715041050

## RIWAYAT HIDUP



**Fika Merliana**, penulis dilahirkan di Palembang, 19 Maret 1999, dilahirkan sebagai anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Yudi Antoni, S.T. dan Ibu Surothin.

Pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis diantaranya, menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Islam Darussalam Palembang pada tahun 2004. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Jagabaya 1 Bandar Lampung pada tahun 2010. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah di MTs Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di MAN 2 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2016. Perjalanan pendidikan penulis dilanjutkan dengan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan antara lain, Staff Departemen Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kima Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) periode 2018, Staff Badan Usaha Mandiri (BUM) Forum Silaturahmi Mahasiswa Fakultas Teknik (FOSSI-FT) pada tahun 2018, Staff Bidang Pendidikan dan Keprofesian Badan Koordinator Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia (BKKMTKI) Daerah I pada tahun 2018, Sekretaris Departemen Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kima Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) periode 2019.

Pada tahun 2020 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rantau Fajar, Kec. Raman Utara, Lampung Timur. Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Buma Cima Nusantara Pabrik Gula Bungamayang, Kotabumi, Lampung dengan tugas khusus “Evaluasi Kinerja Evaporator pada Stasiun Penguapan”. Penulis melakukan penelitian dengan judul “Sintesis Absorben dari *Coconut Shell* Limbah Padat Kelapa Dimodifikasi Zeolit Alam Lampung Untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit” di Laboratorium Kimia Terapan, Teknik Kimia, Universitas Lampung

## *Motto dan Persembahan*

“Allah Tidak Membebani Seseorang Melainkan Sesuai  
Dengan Kesanggupannya”  
(QS. Al-Baqarah: 286)

“Keberhasilan Bukan Milik Orang Pintar. Keberhasilan Milik  
Mereka Yang Terus Berusaha”  
(B.J. Habibie)

“As You Grow Older, You Will Discover That You Have Two  
Hands, One For Helping Yourself, The Other For Helping  
Others”  
(Audrey Hepburn)



*Sebuah Karya...*

*Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

***Allah SWT***

*Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh.  
Atas berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya kecil ini.  
Atas karunia dan anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.*

***Ayah Yudi Antoni dan Ibu Surothin,***

*Terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, keikhlasan,  
pengorbanan dan kerja kerasnya sehingga aku bisa berada dititik ini.  
Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan  
pengorbanan dan kasih sayang kalian selama ini. Terimakasih telah  
selalu ada untukku dan menjadi orangtua sempurna untukku.*

***Adik Inga, Adik Cyeo dan Adik Zigi***

*Terimakasih atas dukungan, doa dan keceriaannya selama ini. Semoga  
kelak kita dapat menjadi anak yang membanggakan kedua orangtua,  
karena kitalah yang akan meneruskan perjuangan keluarga*

***Teman – Teman Jurusan Teknik Kimia 2017***

*Terimakasih atas bantuan dan dukungan kalian selama ini.*

***Para pengajar sebagai tanda hormatku***

*Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa  
ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat  
berguna dan bermanfaat.*

***Almamaterku Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik  
Kimia***

*Tempat bernaung mengemban semua ilmu untuk menjadi bekal hidup*

## SANWACANA

Segala Puji bagi Allah, atas limpahan nikmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga tugas akhir berjudul “Prarancangan Pabrik *Glyphosate* Dari *Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid* (N-Pmida) Dan *Hydrogen Peroxide* ( $H_2O_2$ ) Menggunakan Katalis Pd/ $Al_2O_3$  Dengan Kapasitas 45.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik universitas lampung. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memiliki peran besar dalam penyusunan skripsi ini, yaitu :

1. Kedua orangtua ayah Yudi dan ibu Surothin yang selalu memberikan doa, kepercayaan, ketulusan, motivasi, semangat, serta bantuan, cinta dan kasih sayang yang begitu melimpah dan tidak akan pernah bisa terhitung nilainya.
2. Ingga, Cio, dan Zigi. Adikku yang selalu memberikan dukungan sehingga penulis terus semangat untuk memotivasi diri menjadi contoh kakak yang terus lebih baik.
3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

4. Ibu Simparmin Br Ginting, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I atas kesediannya dan kesabarannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan arahan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir.
5. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Bapak Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran serta masukan kepada penulisan tugas akhir ini.
7. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran serta masukan kepada penulis untuk penulisan tugas akhir ini.
8. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama penulis belajar dibangku kuliah.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan hidup selama penulis menjadi mahasiswa.
10. Staff Administrasi Jurusan Teknik Kimia yang selama ini selalu membantu penulis dalam hal pemberkasan dan informasi selama perkuliahan
11. Tiara Muliannie, teman seperjuangan per-tekim-an selama enam tahun, teman *healing*, teman berbagi cerita dll. Terimakasih banyak atas kerjasama dan kerja kerasnya yang luar biasa mulai dari penelitian, kerja praktek hingga pada tugas akhir ini, terimakasih sudah banyak membantu dan terus berjuang sampai kita bisa meraih gelar S.T. ini, semoga kedepannya kita bisa menjadi orang yang sukses dijalannya masing-masing dan bermanfaat bagi keluarga serta banyak orang. *Thankyou, Sorry, and see you on top.*

12. Teman-teman Teknik Kimia 2017 yang telah menemani setiap tahap perjalanan penulis selama 6 tahun berada di tekim serta telah memberi warna dalam kehidupan perkuliahan penulis.
13. Rochmat Ali, S.Kom. Terimakasih telah memberikan banyak sekali dukungan, kritikan, serta bantuan kepada penulis dalam segala hal.
14. Adik-adik tingkat, yang telah banyak membantu penulis dalam memberikan informasi seputar pertekiman.
15. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, akan tetapi semoga skripsi ini dapat membawa manfaat dan keberkahan bagi perkembangan ilmu pengetahuan terutama bagi semua civitis Ilmu Komputer Universitas Lampung.

Bandarlampung, 27 Juli 2023

Fika Merliana  
NPM. 1715041050

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>COVER .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACK .....</b>	<b>iii</b>
<b>COVER DALAM .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk.....	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku .....	3
1.4. Analisis Pasar.....	3
1.5. Lokasi Pabrik .....	6
<b>BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES .....</b>	<b>9</b>
2.1. Jenis-jenis Proses .....	9
2.2. Pemilihan Proses .....	11
2.3. Kelayakan Teknis.....	15

2.4. Uraian Proses .....	23
<b>BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK.....</b>	<b>26</b>
3.1. Bahan Baku .....	26
3.2. Produk .....	31
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....</b>	<b>34</b>
4.1. Neraca Massa.....	34
4.2. Neraca Panas .....	37
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT.....</b>	<b>42</b>
5.1. Spesifikasi Alat Proses.....	42
5.2. Peralatan Utilitas .....	69
<b>BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....</b>	<b>106</b>
6.1. Unit Penyedia Air.....	106
6.2. Unit Penyedia Panas.....	117
6.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	117
6.4. Penyediaan Bahan Bakar .....	118
6.5. Unit Penyediaan Udara Instrumentasi.....	118
6.6. Unit Pengolahan Limbah .....	118
6.7. Laboratorium.....	120
6.8. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	123
<b>BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK.....</b>	<b>126</b>
7.1. Lokasi Pabrik .....	126
7.2. Tata Letak Pabrik .....	131
7.3. Tata Letak Peralatan.....	134
7.4. Plant Road .....	139
<b>BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN ...</b>	<b>140</b>
8.1. <i>Project Master Schedule</i> .....	140

8.2. Bentuk Perusahaan.....	143
8.3. Struktur Organisasi Perusahaan .....	145
8.4. Tugas dan Wewenang .....	150
8.5. Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	159
8.6. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	160
8.7. Jumlah Tenaga Kerja .....	163
8.8. Kesejahteraan Karyawan.....	165
8.9. Manajemen Produksi.....	169
<b>BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....</b>	<b>173</b>
9.1. Investasi.....	173
9.2. Evaluasi Ekonomi.....	177
9.3. Angsuran Pinjaman .....	180
9.4. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF).....	180
<b>BAB X KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>182</b>
10.1. Kesimpulan .....	182
10.2. Saran.....	183
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>184</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN C</b>	
<b>LAMPIRAN D</b>	
<b>LAMPIRAN E</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Impor Kebutuhan Impor <i>Glyphosate</i> di Indonesia .....	3
Tabel 1. 2. Data Konsumsi <i>Glyphosate</i> di Indonesia .....	4
Tabel 2. 1. Harga Senyawa Bahan Baku dan Produk .....	12
Tabel 2. 2. Kontribusi Gugus Fungsi pada N-PMIDA ( $C_5H_{10}NO_7P$ ) .....	16
Tabel 2. 3. Kontribusi Gugus Fungsi pada <i>Glyphosate</i> ( $C_3H_8NO_7P$ ) .....	16
Tabel 2. 4. Nilai $\Delta H_f^\circ$ dan $\Delta G^\circ$ pada Senyawa Lain .....	16
Tabel 2. 5. Perbandingan Proses Pembuatan <i>Glyphosate</i> .....	20
Tabel 4. 1. Total Neraca Massa di <i>Dissolving Tank</i> (DT-101) .....	35
Tabel 4. 2. Neraca Massa di Reaktor (RE-201) .....	35
Tabel 4. 3. Neraca Massa Distilasi (DC-301) .....	35
Tabel 4. 4. Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-301).....	36
Tabel 4. 5. Neraca massa <i>Crystalizer</i> (CR-401) .....	36
Tabel 4. 6. Neraca Massa Absorber (AB-301).....	36
Tabel 4. 7. Neraca massa Stripper (SP-301) .....	37
Tabel 4. 8. Neraca Energi di <i>Dissolving Tank</i> (DT-101).....	37
Tabel 4. 9. Neraca panas <i>Heat Exchanger</i> (E-101).....	37
Tabel 4. 10. Neraca Panas Reaktor (RE-101) .....	38
Tabel 4. 11. Neraca panas <i>Heat Exchanger</i> (E-102).....	38



Tabel 4. 12. Neraca panas Menara Distilasi (DC – 301) .....	38
Tabel 4. 13. Neraca panas E-301 .....	39
Tabel 4. 14. Neraca Energi di <i>Crystallizer</i> .....	39
Tabel 4. 15. Neraca panas di <i>absorber</i> (AB-301).....	39
Tabel 4. 16. Neraca panas <i>Stripper</i> (SR-301) .....	39
Tabel 4. 17. Neraca panas pada <i>Heat Exchanger</i> (E-302).....	40
Tabel 4. 18. Neraca panas pada <i>Heat Exchanger-401</i> (E-401).....	40
Tabel 4. 19. Neraca panas pada <i>Heat Exchanger-402</i> (E-402).....	41
Tabel 5. 1. Spesifikasi Gudang Bahan Baku N-PMIDA (GB – 101 ) .....	42
Tabel 5. 2. Spesifikasi Gudang Katalis Pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (GB – 102 ).....	42
Tabel 5. 3. Spesifikasi Alat <i>Silo Storage</i> (SS-101).....	43
Tabel 5. 4. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101).....	44
Tabel 5. 5. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101) .....	44
Tabel 5. 6. Spesifikasi Dissolving Tank (DT-101).....	45
Tabel 5. 7. Spesifikasi <i>Storage</i> Tangki H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ST-301).....	46
Tabel 5. 8. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-101) .....	47
Tabel 5. 9. Spesifikasi Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i> (RE–201).....	48
Tabel 5. 10. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-201) .....	49
Tabel 5. 11. Spesifikasi <i>Distillation Coloumn</i> (DC-301).....	49
Tabel 5. 12. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	50
Tabel 5. 13. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	51
Tabel 5. 14. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-301) .....	52
Tabel 5. 15. Spesifikasi Alat <i>Decanter</i> (DC-301).....	52

Tabel 5. 16. Spesifikasi Alat <i>Crystallizer</i> (CR-401).....	53
Tabel 5. 17. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-401).....	54
Tabel 5. 18. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-401).....	55
Tabel 5. 19. Spesifikasi Silo Storage (SS-401).....	56
Tabel 5. 20. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-402).....	56
Tabel 5. 21. Spesifikasi Gudang Produk <i>Glyphosate</i> .....	57
Tabel 5. 22. Spesifikasi <i>Absorber</i> (AB-301).....	58
Tabel 5. 23. Spesifikasi <i>Stripper</i> (SP-301).....	58
Tabel 5. 24. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-302).....	59
Tabel 5. 25. Spesifikasi Tangki Larutan Benvyl (ST-301).....	60
Tabel 5. 26. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-301).....	60
Tabel 5. 28. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-401).....	61
Tabel 5. 29. Spesifikasi <i>Spheres Tank</i> (SP-301).....	61
Tabel 5. 30. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-402).....	62
Tabel 5. 31. Spesifikasi <i>Spheres H<sub>2</sub></i> .....	63
Tabel 5. 32. Pompa Proses (PP-101).....	63
Tabel 5. 33. Pompa Proses (PP-102).....	64
Tabel 5. 34. Pompa Proses (PP-103).....	65
Tabel 5. 35. Pompa Proses (PP-104).....	65
Tabel 5. 36. Pompa Proses (PP-105).....	66
Tabel 5. 37. Pompa Proses (PP-106).....	67
Tabel 5. 38. Pompa Proses (PP-107).....	67
Tabel 5. 39. Pompa Proses (PP-108).....	68
Tabel 5. 40. Pompa Proses (PP-109).....	69

Tabel 5. 41. Pompa Proses (PP-109).....	70
Tabel 5. 42. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB – 401).....	70
Tabel 5. 43. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 401).....	71
Tabel 5. 44. Spesifikasi Tangki Alum (ST–401) .....	71
Tabel 5. 45. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST–402).....	72
Tabel 5. 46. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST– 403).....	73
Tabel 5. 47. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST–404) .....	74
Tabel 5. 48. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST–405) .....	75
Tabel 5. 49. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST–406) .....	76
Tabel 5. 50. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST–407) .....	76
Tabel 5. 51. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST–408) .....	77
Tabel 5. 52. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST–409) .....	78
Tabel 5. 53. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST–410) .....	79
Tabel 5. 54. Spesifikasi Klarifier (CF–401).....	80
Tabel 5. 55. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF–401).....	81
Tabel 5. 56. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT–401).....	82
Tabel 5. 57. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE–401).....	82
Tabel 5. 58. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE – 501).....	83
Tabel 5. 59. Spesifikasi <i>Daerator</i> (DA – 501).....	84
Tabel 5. 60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 501) .....	85
Tabel 5. 61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502).....	86
Tabel 5. 62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503).....	86
Tabel 5. 63. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-504).....	87
Tabel 5. 64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-505).....	88

Tabel 5. 65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-506).....	89
Tabel 5. 66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-507).....	89
Tabel 5. 67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-508).....	90
Tabel 5. 68. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-509).....	91
Tabel 5. 69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-510).....	91
Tabel 5. 70. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-511).....	92
Tabel 5. 71. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-512).....	93
Tabel 5. 72. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-513).....	94
Tabel 5. 73. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-514).....	94
Tabel 5. 74. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-515).....	95
Tabel 5. 75. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-516).....	96
Tabel 5. 76. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-517).....	96
Tabel 5. 77. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-518).....	97
Tabel 5. 78. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-519).....	98
Tabel 5. 79. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-520).....	99
Tabel 5. 80. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-521).....	99
Tabel 5. 81. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU 522) .....	100
Tabel 5. 82. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-523).....	101
Tabel 5. 83. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501) .....	102
Tabel 5. 84. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-501).....	102
Tabel 5. 85. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-501).....	103
Tabel 5. 86. Spesifikasi <i>Generator set</i> (GS-501).....	103
Tabel 5. 87. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-511).....	103
Tabel 6. 1. Kebutuhan Air Umum.....	107

Tabel 6. 2. Kebutuhan Air Proses .....	108
Tabel 6. 3. Kebutuhan Air Pendingin .....	113
Tabel 6. 4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian. ....	124
Tabel 6. 5. Pengendalian Variabel Utama Proses. ....	125
Tabel 7. 1. Perincian Luas Area Pabrik <i>Glyphosate</i> .....	135
Tabel 8. 1. <i>Project Master Schedule of Glyphosate Plant</i> .....	142
Tabel 8. 2. Jadwal kerja regu <i>shift</i> .....	162
Tabel 8. 3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	163
Tabel 8. 4. Penggolongan Tenaga Kerja .....	164
Tabel 9. 1. <i>Fixed Capital Investment</i> .....	174
Tabel 9. 2. <i>Manufacturing Cost</i> .....	175
Tabel 9. 3. <i>General Expenses</i> .....	176
Tabel 9. 4. Biaya Administratif.....	176
Tabel 9. 5. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i> .....	178
Tabel 9. 6. <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik.....	178
Tabel 9. 7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....	181

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. 1. Grafik Data Impor <i>Glyphosate</i> di Indonesia .....	4
Gambar 1. 2. Grafik Data Konsumsi <i>Glyphosate</i> Per Tahun di Indonesia .....	5
Gambar 2. 1. Diagram Alir Proses Pembuatan <i>Glyphosate</i> .....	25
Gambar 6. 1. Diagram Alir Pengolahan Limbah.....	108
Gambar 6. 2. Cooling Tower .....	115
Gambar 6. 3. Diagram Cooling Water System .....	115
Gambar 7. 1. Peta Jawa Timur.....	130
Gambar 7. 2. Lokasi Pabrik .....	130
Gambar 7. 3. Tata Letak Pabrik. ....	134
Gambar 7. 4. Tata Letak Alat Proses .....	139
Gambar 9. 1. Grafik Analisa Ekonomi.....	179
Gambar 9. 2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> .....	180

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dimana sebagian besar masyarakatnya bermatapencaharian sebagai petani. Petani banyak menggunakan peran herbisida untuk mengurangi jumlah populasi gulma yang mengganggu tanaman utama.

Penggunaan herbisida dalam aktivitas pertanian dunia masih dominan yaitu 49,6% dibandingkan dengan jumlah pestisida lainnya. Tiga bahan aktif herbisida paling luas digunakan adalah *glyphosate (N-phosnomethyl glycine)*, *paraquat (paraquat dichloride)*, dan *2,4-D (dichloro phenoxyacetic acid)*. Dari ketiga herbisida tersebut yang paling sering digunakan dunia adalah *glyphosate*.

*Glyphosate* pertama ditemukan pada tahun 1970 oleh John E. Franz yang bekerja untuk Monsanto. *Glyphosate* sudah populer sejak dipasarkan pertama kali pada tahun 1974 (Cox, 2004). *Glyphosate* bekerja menghambat metabolisme tanaman dan beberapa hari setelah penyemprotan tumbuhan menjadi layu, kuning, dan mati. *Glyphosate* juga mengandung bahan kimia yang membuat herbisida menempel pada daun *glyphosate* dapat bergerak dari permukaan tumbuhan ke dalam sel tumbuhan (Lang, 2005). *Glyphosate* membunuh gulma dengan menghambat aktivitas dari enzim 5-asam *enolpyruvylshikimic-3- synthasefosfat*

(EPSPS), yaitu penting bagi sintesa dari asam amino yaitu *tyrosine*, *tryptopan*, dan *phenylalanine*.

Di Indonesia belum ada pendirian industri yang memproduksi *glyphosate* baik sebagai produk utama maupun produk *intermediet* atau produk samping.

Selama ini, Indonesia hanya memformulasikan *glyphosate* yang didapat dari China. Senyawa *glyphosate* diformulasikan oleh PT. Nurfarm dan PT. Petrosid dengan cara proses pengenceran *glyphosate* teknis menjadi konsentrasi tertentu yang siap dijual dan dipakai. Untuk itu, berdasarkan program pemerintah yang dimulai pada tahun 2015 guna menyelesaikan masalah kemiskinan dengan memposisikan pertanian sebagai kunci utama pembangunan, maka pabrik bahan baku herbisida ini perlu didirikan. Pendirian pabrik *glyphosate* memiliki beberapa alasan yaitu untuk mengurangi impor karena peningkatan penggunaan herbisida, mencukupi kebutuhan dalam negeri, mendorong industri lain memanfaatkan *glyphosate*, selain itu juga dapat membuka lapangan pekerjaan baru untuk lulusan tingkat SMA, kejuruan maupun S1 yang sesuai dengan bidangnya.

## **1.2. Kegunaan Produk**

*Glyphosate* dibentuk dari *Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid* (NPMIDA) dan Hidrogen Peroksida. *Glyphosate* ini digunakan sebagai bahan campuran pembuatan herbisida. Herbisida ini nantinya akan digunakan petani untuk membasmi gulma agar tidak mengganggu tanaman utama (Woodburn, 2000).



### 1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku yang digunakan untuk memproduksi *glyphosate* adalah *Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid* (N-PMIDA) dan Hidrogen Peroksida.

N-PMIDA diperoleh dengan mengimpor dari China karena belum ada pabrik di Indonesia yang memproduksi bahan tersebut. Sedangkan Hidrogen Peroksida diperoleh dari PT. Samator Inti Peroksida yang berada di Gresik, Jawa Timur.

### 1.4. Analisis Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar meliputi data impor, data produksi, dan data konsumsi *glyphosate* di Indonesia.

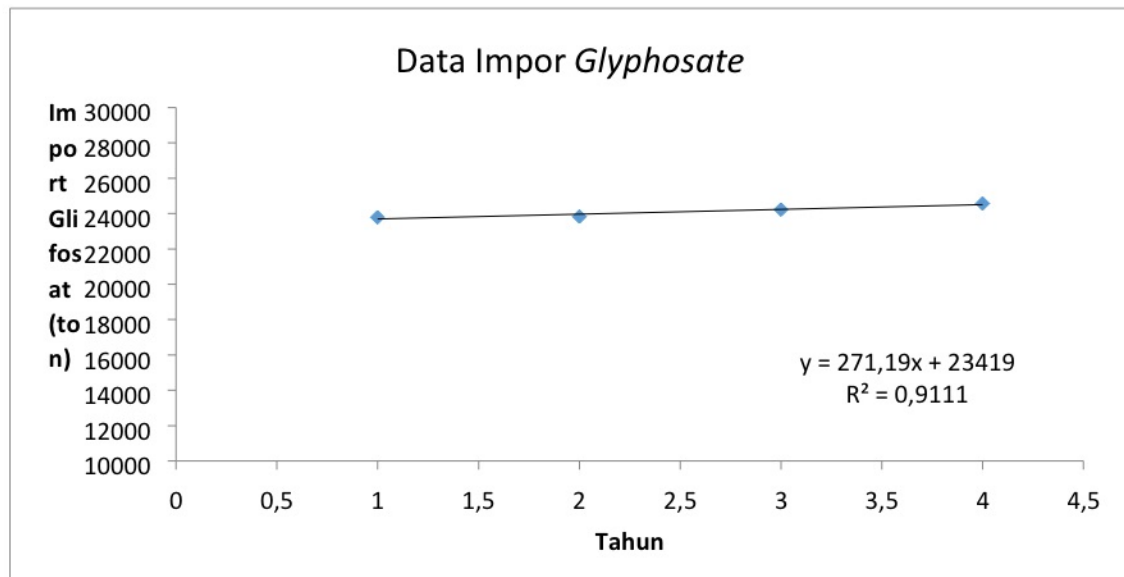
#### A. Data Impor

*Glyphosate* yang dipakai di Indonesia selama ini berasal dari China yang diperkirakan akan selalu meningkat penggunaannya. Berikut adalah tabel 1.1 adalah data impor *glyphosate* di Indonesia yang berasal dari Badan Pusat Statistik.

Tabel 1. 1. Data Impor Kebutuhan Impor *Glyphosate* di Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Jumlah Data Impor Indonesia (ton)
2017	1	23.719,99
2018	2	23.811,29
2019	3	24.225,23
2020	4	24.577,98

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020.



Gambar 1. 1. Grafik Data Impor *Glyphosate* di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.1 di atas didapatkan persamaan Y yang memiliki nilai R tertinggi dengan metode linier karena data yang diperoleh nilainya saling berdekatan, sehingga diperkirakan pada tahun 2026 impor *glyphosate* ke Indonesia sebesar 28.568 ton.

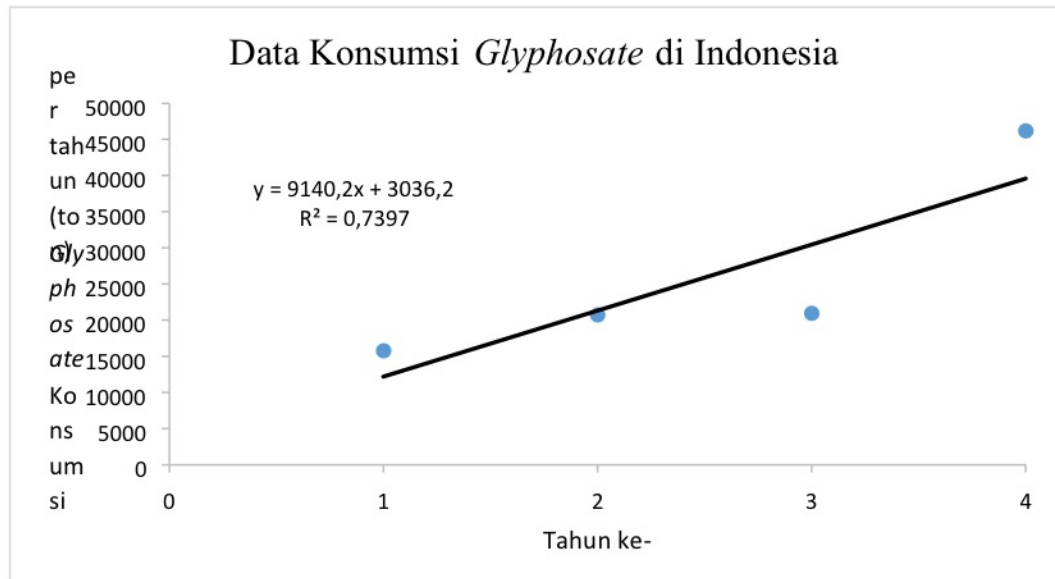
## B. Data Konsumsi

*Glyphosate* di Indonesia dimanfaatkan sebagai bahan baku oleh dua pabrik pupuk yaitu PT. Nurfarm dan PT. Petrosid. Berikut adalah data konsumsi kedua pabrik tersebut beberapa tahun belakangan pada tabel 1.2. dibawah ini.

Tabel 1. 2. Data Konsumsi *Glyphosate* di Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Jumlah Konsumsi <i>Glyphosate</i> di Indonesia (ton)
2017	1	15.761,52
2018	2	20.702,76
2019	3	20.928,88
2020	4	46.153,46

Sumber: *Annual Report Industry*, 2015.



Gambar 1. 2. Grafik Data Konsumsi *Glyphosate* Per Tahun di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.2 di atas yang didapatkan persamaan Y yang memiliki nilai R tertinggi dengan metode linier karena data yang diperoleh memiliki nilai yang berdekatan, diperkirakan pada tahun 2026 konsumsi *glyphosate* di Indonesia sebesar 103.578,3 ton/tahun. Konsumen *glyphosate* di Indonesia pada sektor pertanian yaitu pada PT. Nurfarm dengan kapasitas pabrik 9.610.440 liter/tahun dan PT. Petrosida dengan kapasitas 500.000 ton/tahun .

### C. Data Produksi

Di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi *glyphosate*, sehingga data produksi pabrik tersebut di Indonesia tidak ada.

### D. Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumsi produk di dalam negeri, data impor, dan data produksi produk dalam negeri pada tahun yang ada.

Adapun persamaan yang untuk menghitung jumlah kebutuhan yang belum terpenuhi tersebut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan yang belum terpenuhi di Indonesia} &= \text{Data kebutuhan tahun 2026} - \\ &\text{Data impor pada tahun 2026} - \text{Data produksi tahun 2026} \\ &= 103.578,3 \text{ ton} - 28.568 \text{ ton} - 0 \\ &= 75.010 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga didapat jumlah kebutuhan *glyphosate* yang belum terpenuhi di Indonesia adalah 75.010 ton pada tahun 2026. Jumlah kebutuhan yang belum terpenuhi tersebut juga disesuaikan dengan ketersediaan bahan baku. Jadi, kapasitas produksi pabrik yang akan berdiri adalah sebesar 60% dari kebutuhan yang belum terpenuhi tersebut yaitu 45.000 ton/tahun. Adapun tujuan didirikannya pabrik *glyphosate* di Indonesia dengan kapasitas produksi 45.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga mengurangi impor dari negara lain.
2. Memicu berdirinya industri lain yang memiliki bahan baku *glyphosate*.
3. Membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran.

### **1.5. Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pabrik sangat penting pada suatu perancangan karena akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan hidup pabrik. Secara singkat dapat dikatakan bahwa orientasi perusahaan dalam menentukan lokasi pabrik yaitu mendapatkan keuntungan teknis dan ekonomis yang seoptimal mungkin.

Selain itu juga, lokasi pabrik ini dapat memberikan kemungkinan-kemungkinan perluasan pabrik dan memberikan keuntungan untuk jangka panjang. Berdasarkan faktor-faktor di bawah ini maka pabrik yang akan didirikan berlokasi di Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

#### 1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah N-PMIDA yang diimpor dari China melalui Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sedangkan kebutuhan Hidrogen Peroksida diperoleh dari PT. Samator Inti Peroksida yang berada di Gresik, Jawa Timur.

#### 2. Transportasi

Sebagai salah satu pusat industri, pemerintah kabupaten Gresik sangat memperhatikan kemudahan transportasi bagi pengangkutan bahan baku maupun produk industri. Antara Gresik dan Surabaya dihubungkan oleh sebuah Jalan Tol Surabaya-Manyar, yang terhubung dengan Jalan Tol Surabaya-Gempol. Selain itu, Kabupaten Gresik terletak tidak jauh dari Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dan direncanakan akan dibangun pelabuhan oleh PT. Pelabuhan Indonesia III (Pelindo III) di sekitar Kecamatan Manyar dan Kecamatan Ujang Pangkah. Karena kemudahan dalam akses transportasi darat dan laut itulah yang menjadi pertimbangan lain dalam memilih lokasi pabrik di Gresik.

#### 3. Penyediaan Utilitas

Pada proses produksi dibutuhkan sarana dan prasarana seperti penyediaan air dan listrik. Air sangat diperlukan untuk kebutuhan proses reaksi, pendingin, dan lain sebagainya. Pentingnya peranan air dalam kelangsungan proses pada pabrik

## **BAB II**

### **PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES**

Proses produksi dalam pabrik kimia membutuhkan berbagai macam sistem proses dan sistem proses tersebut dirangkai dalam satu skala besar sistem proses yang disebut teknologi proses.

#### **2.1. Jenis-jenis Proses**

Beberapa macam proses pembuatan *glyphosate (N-phosphonomethylglycine)* adalah sebagai berikut :

- a. Pembuatan *glyphosate (N-phosphonomethylglycine)* dari N-PMIDA

*(N-phosphonomethyl iminodiacetic acid)* dengan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ).

Proses pembuatan *glyphosate (N-phosphonomethylglycine)* dengan bahan dasar N-PMIDA dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) menggunakan katalis asam (*US Patent No.3954848, 3950402*). Katalisator asam yang digunakan dapat berupa asam organik maupun anorganik antara lain : asam sulfat, formiat, hidroflorat, fosfat, florosulfat, nitrat, asetat, propionat, para-toluen sulfonat, benzene sulfonat, Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan lain-lain.

juga digunakan sebagai pertimbangan memilih lokasi di Gresik di Kabupaten Gresik terdapat sumber air yang dapat digunakan, yaitu dari sungai Bengawan Solo.

Kebutuhan bahan bakar dapat dipenuhi dengan adanya PT. Pertamina yang ada di kawasan industri yang berada di Gresik sedangkan kebutuhan listrik dari PT. PLN area pelayanan dan jaringan Gresik.

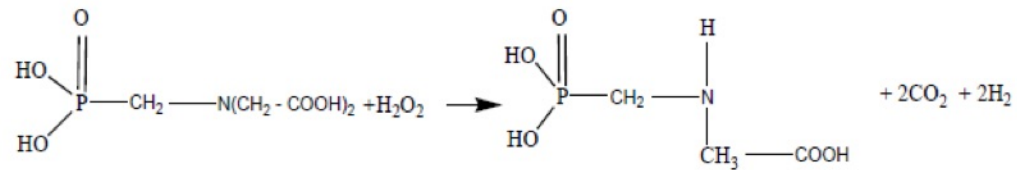
#### 4. Kondisi Geografis, Iklim, dan Gempa.

Lokasi Kabupaten Gresik terletak di sebelah barat laut Kota Surabaya, ibukota Provinsi Jawa Timur. Pusat pemerintahan Kabupaten Gresik yaitu Kecamatan Gresik berada 20 km sebelah utara Kota Surabaya. Secara geografis, wilayah Kabupaten Gresik terletak antara 112° sampai 113° Bujur Timur dan 7° sampai 8° Lintang Selatan dan merupakan dataran rendah dengan ketinggian 2 sampai 12 meter di atas permukaan air laut, kecuali Kecamatan Panceng yang mempunyai ketinggian 25 meter di atas permukaan laut. Topografi daerah Gresik cenderung landai dan secara umum daerah ini termasuk dalam zona gempa 3 (dari skala 1 sampai 3).

#### 5. Tenaga Kerja

Gresik dikenal sebagai salah satu kawasan industri utama di Jawa Timur. Beberapa industri di Gresik antara lain Semen Gresik, Petrokimia Gresik, *Nippon Paint*, BHS-*Tex*, Industri perkayuan/*Plywood*, dan Maspion. Penyediaan *engineer* di wilayah Jawa cukup mudah didapat dan jenjang pendidikan tenaga kerja yang direkrut juga bervariasi, sesuai dengan kebutuhan pabrik. Tenaga kerja yang dibutuhkan dapat diperoleh dari Gresik.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



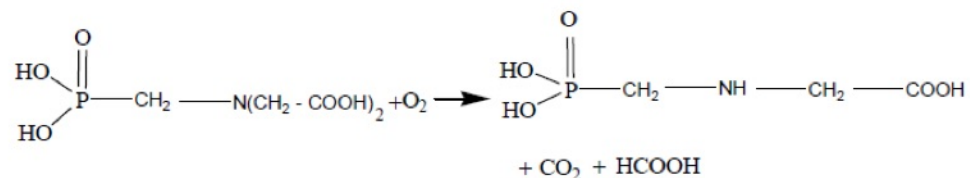
Suhu reaksi yang digunakan adalah 60-100°C dan tekanan atmosferis atau lebih tinggi. Sedangkan dengan menggunakan reaksi ini *yield* produk terbaik pada temperatur sekitar 90°C. Perbandingan reaktan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/ N-PMIDA yang digunakan 4,2-4,5 mol/mol dan jumlah katalisator asam adalah 0,2-0,3 mol per mol produk yang dihasilkan.

b. Pembuatan *glyphosate* (*N-phosphonomethylglycine*) dari N-PMIDA

(*Nphosphonomethyl iminodiacetic acid*) dengan Oksigen (O<sub>2</sub>)

Pembuatan *glyphosate* (*N-phosphonomethylglycine*) dengan bahan dasar NPMIDA dan oksigen (O<sub>2</sub>) menggunakan katalis karbon aktif (*US patent No. 5942643*).

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Kondisi operasi yang digunakan sebaiknya pada suhu 25-90°C dan yang paling baik yakni pada suhu 80°C. Produksi *glyphosate* dengan katalis karbon aktif lebih baik digunakan untuk standar komersial.





Produk samping yang diperoleh yaitu hidrogen (H<sub>2</sub>) dan CO<sub>2</sub>, maka :

- Mol H<sub>2</sub> = mol *glyphosate*  
= 0,00592 Kmol  
Massa H<sub>2</sub> = 0,00592 Kmol x 2 Kg/Kmol  
= 0,01184 Kg  
Volume H<sub>2</sub> =  $\frac{m}{\rho}$   
=  $\frac{11,84 \text{ gr}}{0,807 \text{ gr/ml}} = 14,671 \text{ ml} = 0,0147 \text{ L}$
- Mol CO<sub>2</sub> = mol *glyphosate*  
= 0,00592 Kmol  
Massa CO<sub>2</sub> = 0,00592 Kmol x 2 Kg/Kmol  
= 0,01184 Kg

Tabel 2. 1. Harga Senyawa Bahan Baku dan Produk

Senyawa	Harga (Rp)
<i>Glyphosate</i>	1.927.000/Kg
N-PMIDA	721.400/Kg
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	20.000/Kg
O <sub>2</sub>	3.383/L
H <sub>2</sub>	28.000/L
CO <sub>2</sub>	28.000/Kg
Pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.338.000/Kg

Sumber : Anonimous A, 2015 dan PT. Aneka Gas, 2017.

<http://www.sciencelab.com> 2022

<http://phyedumedia.com> 2022

\* Kurs 1 USD = Rp. 15.374,00 (Anonimous B, 2023).

Jadi, untuk menghasilkan 1 Kg *glyphosate* dibutuhkan biaya bahan baku sebesar :

$$\text{N-PMIDA} = 1,3438 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 721.400/\text{Kg}$$

$$= \text{Rp. } 969.417$$

$$\text{H}_2\text{O}_2 = 0,2013 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 20.000/\text{Kg}$$

$$= \text{Rp. } 4.026$$

Katalis yang digunakan adalah Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 1% berat dari N-PMIDA

(*US Patent No. 5043475*), maka:

$$\text{Massa Katalis} = 1\% \times 1,3438 \text{ Kg}$$

$$= 0,0134 \text{ Kg}$$

$$\text{Katalis} = 0,0134 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 1.338.000$$

$$= \text{Rp. } 17.929$$

Sedangkan untuk produk samping berupa H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan:

$$\text{Harga H}_2 = 0,01184 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 28.000 / \text{Kg}$$

$$= \text{Rp. } 331$$

$$\text{Harga CO}_2 = 0,01184 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 28.000/\text{Kg}$$

$$= \text{Rp. } 331$$

$$\text{Selisih harga} = \text{Harga produk} - \text{harga bahan baku}$$

$$= (\text{Harga produk utama} + \text{Harga produk samping}) - (\text{Harga N-PIMDA} + \text{H}_2\text{O}_2$$

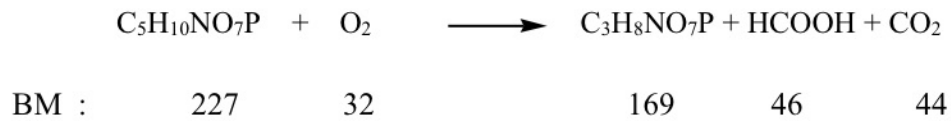
$$+ \text{Katalis})$$

$$= (\text{Rp. } 1.927.000 + \text{Rp. } 331 + \text{Rp. } 331) - (\text{Rp. } 969.417 + \text{Rp. } 4.026 +$$

$$\text{Rp. } 17.929)$$

$$= \text{Rp. } 936.290,-$$

- b. Proses menggunakan N-PMIDA (*N-phosphonomethyl iminodiacetic acid*) dan Oksigen (O<sub>2</sub>)



Produk yang terbentuk pada reaksi diatas adalah *glyphosate* (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>NO<sub>7</sub>P)

Jika pada reaksi tersebut *glyphosate* yang terbentuk sebanyak 1 Kg, maka:

- Mol *glyphosate* yang terbentuk  $= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$   
 $= \frac{1 \text{ Kg}}{169 \text{ Kg/Kmol}}$   
 $= 0,00592 \text{ Kmol}$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka :

- Mol N-PMIDA (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>NO<sub>7</sub>P) bereaksi = mol *glyphosate* yang terbentuk  
 $= 0,00592 \text{ Kmol}$   
 Massa N-PMIDA yang bereaksi  $= \text{Mol} \times \text{BM}$   
 $= 0,00592 \text{ Kmol} \times 227 \text{ Kg/Kmol}$   
 $= 1,3438 \text{ Kg}$
- Mol O<sub>2</sub> yang bereaksi  $= \text{mol } \text{glyphosate} = 0,00592 \text{ Kmol}$   
 Massa O<sub>2</sub> yang bereaksi  $= \text{Mol } \text{H}_2\text{O}_2 \times \text{BM}$   
 Massa O<sub>2</sub> yang bereaksi  $= 0,01184 \text{ Kmol} \times 32 \text{ Kg/Kmol}$   
 $= 0,1894 \text{ Kg}$
- Volume O<sub>2</sub>  $= \frac{\text{massa}}{\text{densitas}}$   
 $= \frac{189,4 \text{ gr}}{1,3 \text{ gr/L}} = 145,6 \text{ Liter}$

Jadi berdasarkan tabel 2.1 untuk menghasilkan 1 Kg *glyphosate* dibutuhkan biaya bahan baku sebesar:

$$\begin{aligned} \text{N-PMIDA} &= 1,3438 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 721.400 / \text{Kg} \\ &= \text{Rp. } 1.766.962 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{O}_2 &= 145,6 \text{ Liter} \times \text{Rp. } 3.383 / \text{Liter} \\ &= \text{Rp. } 492.877 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Katalis} &= 0,0838 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 12.000 \\ &= \text{Rp. } 1.006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih harga} &= \text{Harga produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= \text{Harga produk} - (\text{Harga N-PIMDA} + \text{O}_2 + \text{Katalis}) \\ &= \text{Rp. } 1.927.000 - (\text{Rp. } 969.417 + \text{Rp. } 492.877 + \text{Rp. } 1.006) \\ &= \text{Rp. } 463.700,- \end{aligned}$$

### 2.3. Kelayakan Teknis

#### A. Tinjauan Termodinamika

Jika proses ditinjau dari panas reaksinya, yaitu dengan cara memperhitungkan nilai energi bebas gibs (kondisi reaksi) ( $\Delta G_R$ ) dan panas reaksi pembentukan (kondisi reaksi) ( $\Delta H_R$ ).

$$\Delta H_R = \Delta H_f + \int_{T_0}^T \Delta C_p \cdot dT$$

$$\Delta G_R = \Delta H_f - \frac{T}{T_0} (\Delta H_f - \Delta G_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T}$$

Bahan baku utama dan produk yang dihasilkan memiliki rumus molekul panjang dan memiliki beberapa gugus fungsi, sehingga untuk menghitung nilai energi bebas

gibs standar ( $\Delta G^\circ$ ) dan panas reaksi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) digunakan pendekatan rumus molekul yaitu dengan kontribusi gugus fungsi. Metode Joback pada Reid, 1987 dapat digunakan untuk estimasi nilai  $\Delta G^\circ$  dan  $\Delta H_f^\circ$ . Kontribusi gugus fungsi yang terdapat pada reaksi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 2. Kontribusi Gugus Fungsi pada N-PMIDA ( $C_5H_{10}NO_7P$ )

Gugus	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ$ (kJ/mol)	Jumlah ( $n_i$ )
-CH <sub>2</sub> -	-26,8	-3,68	3
-COOH	-426,72	-387,87	2
-OH	-208,04	-189,20	2
-N<	110,74	-190,14	1
LI >P-	552,28	690,36	1

(Sumber : Reid, C., Ed.4<sup>th</sup>, 1987, hal. 155, Tabel 6.1)

Tabel 2. 3. Kontribusi Gugus Fungsi pada *Glyphosate* ( $C_3H_8NO_7P$ )

Gugus	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ$ (kJ/mol)	Jumlah ( $n_i$ )
-CH <sub>2</sub> -	-26,8	-3,68	3
-COOH	-426,72	-387,87	2
-OH	-208,04	-189,20	2
-N<	110,74	-190,14	1
LI >P-	552,28	690,36	1

(Sumber : Reid, C., Ed.4<sup>th</sup>, 1987, hal. 155, Tabel 6.1)

Tabel 2. 4. Nilai  $\Delta H_f^\circ$  dan  $\Delta G^\circ$  pada Senyawa Lain

Gugus	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ$ (kJ/mol)
H <sub>2</sub> O(l)	-241,80	-228,60
CO <sub>2</sub>	-339,50	-394,40
HCOOH	-378,61	-351
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-136,30	-105,6
O <sub>2</sub>	0	0
H <sub>2</sub>	0	0

(Sumber : Yaws, 1999).

$\Delta H$  menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecil nilai  $\Delta H$  tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan.  $\Delta H$  bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar  $\Delta H$  maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan  $\Delta H$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi.

Menghitung nilai  $\Delta H^\circ_f$  untuk N-PMIDA dan *glyphosate*:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_f \text{N-PMIDA} &= (68.29 + \sum \Delta H^\circ_f \text{ikatan}) \text{ kJ/mol} \\ &= [68.28 + (3 \times (-3,68)) + (2 \times (-387,87)) + (2 \times (-189,20)) + \\ &\quad (110,74) + (552,29)] \\ &= -618,62 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_f \text{glyphosate} &= (68.29 + \sum \Delta H^\circ_f \text{ikatan}) \text{ kJ/mol} \\ &= [68.28 + (2 \times (-26,8)) + (-426,72) + (2 \times (-208,04)) + (110,74) \\ &\quad + (552,29)] \\ &= -469,96 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Sedangkan  $\Delta G^\circ$  menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia.  $\Delta G^\circ$  bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan  $\Delta G^\circ$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu semakin kecil atau negatif  $\Delta G^\circ$  maka reaksi tersebut akan semakin baik karena untuk berlangsung spontan energi yang dibutuhkan semakin kecil.

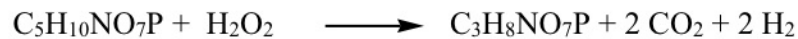
Menghitung nilai  $\Delta G^\circ$  untuk N-PMIDA dan *glyphosate*:

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ \text{ N-PMIDA} &= (53,88 + \sum \Delta G^\circ \text{ ikatan}) \text{ kJ/mol} \\ &= [53,88 + (3 \times (-3,68)) + (2 \times (-387,87)) + (2 \times (-189,20)) \\ &\quad + (-190,14) + (690,36)] \\ &= -611,08 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ \text{ Glyphosate} &= (53,88 + \sum \Delta H^\circ_f \text{ ikatan}) \text{ kJ/mol} \\ &= [53,88 + (2 \times (-3,68)) + (-387,87) + (2 \times (-189,20)) + (- \\ &\quad 190,14) + (690,36)] \\ &= -190,83 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

**a. Proses menggunakan N-PMIDA (*N-phosphonomethyl iminodiacetic acid*) dan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )**

Reaksi yang terjadi:



Menghitung nilai  $\Delta H_{\text{Reaksi}}$  pada suhu reaksi ( $90^\circ\text{C}$ ):

$$\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_f \text{ Produk} - \Delta H^\circ_f \text{ Reaktan (Suhu Referensi)}$$

$$\Delta H_f = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\Delta T = \text{suhu reaksi} - \text{suhu referensi} = 90^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{Reaksi}} &= \Delta H_r \text{ Reaktan} + \Delta H^\circ_r + \Delta H_r \text{ Produk} \\ &= -255.159,4 + 148,66 + (-388.348,48) \\ &= -643.359,22 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai  $\Delta G_{\text{reaksi}}$  sebagai berikut:

Menghitung nilai  $\Delta G_{\text{Reaksi}}$  pada suhu reaksi ( $90^\circ\text{C}$ ):

$$\Delta G^\circ_r = \Delta G^\circ_f \text{ Produk} - \Delta G^\circ_f \text{ Reaktan (Suhu Referensi)}$$



$$\begin{aligned}
 \Delta G_{\text{Reaksi}} &= \Delta G_{\text{Produk}} + \Delta G^{\circ}_r + \Delta G_{\text{Reaktan}} \\
 &= -1.313,04 + 420,25 + (-528,66) \\
 &= -1.421,45 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

**b. Proses menggunakan N-PMIDA (*N-phosphonomethyl iminodiacetic acid*) dan Oksigen (O<sub>2</sub>)**

Reaksi yang terjadi:



Menghitung nilai  $\Delta H_{\text{Reaksi}}$  pada suhu reaksi (80°C) :

$$\Delta H^{\circ}_r = \Delta H^{\circ}_f \text{Produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{Reaktan (Suhu Referensi)}$$

$$\Delta H_r = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\Delta T = \text{suhu reaksi} - \text{suhu referensi} = 80^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{Reaksi}} &= \Delta H_r \text{ Reaktan} + \Delta H^{\circ}_r + \Delta H_r \text{ Produk} \\
 &= -202.904 + 148,66 + (-154.461,14) \\
 &= -357.216,48 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai  $\Delta G_{\text{reaksi}}$  sebagai berikut:

Menghitung nilai  $\Delta G_{\text{Reaksi}}$  pada suhu reaksi (80°C) :

$$\Delta G^{\circ}_r = \Delta G^{\circ}_f \text{Produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{Reaktan (Suhu Referensi)}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{\text{Reaksi}} &= \Delta G_{\text{Produk}} + \Delta G^{\circ}_r + \Delta G_{\text{Reaktan}} \\
 &= -1.242,35 + 420,25 + (-664,96) \\
 &= -1.487,06 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. 5. Perbandingan Proses Pembuatan *Glyphosate*

No.	Keterangan	Proses	
		N-PMIDA+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	N-PMIDA+O <sub>2</sub>
1.	Suhu Operasi	90°C	80°C
2.	Konversi	96,5%	55,9%
3.	Keuntungan	Rp. 936.290	Rp. 463.700
4.	Alat yang digunakan	Reaktor <i>Fixed Bed</i> , <i>Distillation Colum</i> , <i>Decanter</i> , Kristalizer.	Reaktor <i>Bubble</i> , Kristalizer, <i>Centifuge</i>
5.	Katalis	Pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Karbon Aktif
6.	$\Delta G_{\text{Reaksi}}$	-1.421,45 kJ/mol	-1.487,06 kJ/mol
7.	$\Delta H_{\text{Reaksi}}$	-643.359,22 kJ/mol	-357.216,48 kJ/mol

Berdasarkan data dari tabel 2.5. dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses dengan menggunakan bahan baku N-PMIDA dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> menghasilkan konversi yang besar.
2. Kedua proses mempunyai nilai  $\Delta G_{\text{Reaksi}} < 0$ , menunjukkan bahwa reaksi pembentukan *glyphosate* dapat berlangsung spontan dengan konsumsi energi kecil.
3.  $\Delta H_{\text{Reaksi}}$  dengan bahan baku N-PMIDA dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kecil sehingga konsumsi energi yang dibutuhkanpun akan sedikit dan bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas).

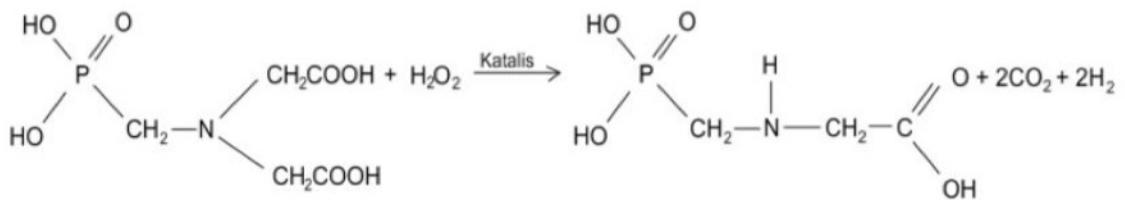
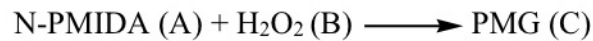
Berdasarkan kesimpulan diatas maka proses yang dipilih untuk menghasilkan *glyphosate* adalah proses 1 dengan bahan baku N-PMIDA dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

## B. Tinjauan Kinetika

Berdasarkan Jurnal Rekayasa Proses diperoleh kinetika reaksi pada pembuatan *glyphosate* dari N-PMIDA dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebagai berikut :

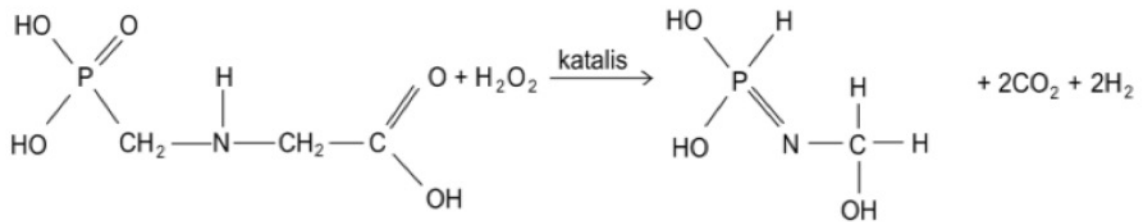
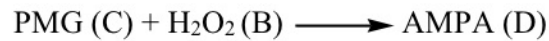
$$k_1 = 2,3428 \times 10^8 \exp\left(\frac{-70.711,85}{RT}\right), \text{ L/mol.menit}$$

Reaksi :

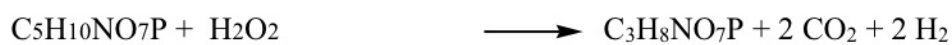


$$k_2 = 8,2667 \times 10^{11} \exp\left(\frac{-91.467,01}{RT}\right), \text{ L/mol.menit}$$

Reaksi :



## Hubungan Konsentrasi dengan Waktu



	N-PMIDA (A)	+	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (B)	→	PMG (C)
Awal :	N <sub>A0</sub>		N <sub>B0</sub>		
Reaksi :	(-N <sub>B0</sub> X <sub>B</sub> )		(-N <sub>B0</sub> X <sub>B</sub> )		(+N <sub>B0</sub> X <sub>B</sub> )
Sisa :	N <sub>A0</sub> -N <sub>B0</sub> X <sub>B</sub>		N <sub>B0</sub> -N <sub>B0</sub> X <sub>B</sub>		N <sub>B0</sub> X <sub>B</sub>

Pada waktu tertentu diperoleh  $N_C = N_{B0} X_B$

Konsentrasi :  $N_B = N_{B0} (1 - X_B)$

$$C_B = \frac{N_B}{V}$$

$$C_B = \frac{N_{B0}(1 - X_B)}{V}$$

$$C_C = \frac{N_C}{V}$$

$$C_C = \frac{N_C}{V} = \frac{N_{B0} X_B}{V}$$

Neraca massa *glyphosate*:

*Rate of Input* – *Rate of Output* + *Rate of Reaction* = *Rate of Accumulation*

$$0 - 0 + (k_1 C_A C_B - k_2 C_C C_B) V = \frac{dC_C V}{dt}$$

$$\frac{dC_C}{dt} = k_1 C_A C_B - k_2 C_C C_B \quad \dots(3)$$

Substitusi persamaan (1) dan (2) ke persamaan (3), sehingga

$$\frac{dC_C}{dt} = k_1 C_A \left( \frac{N_{B0}}{V} - \frac{N_{B0} X_B}{V} \right) - k_2 C_C \left( \frac{N_{B0}}{V} - \frac{N_{B0} X_B}{V} \right)$$

$$\frac{dC_C}{dt} = k_1 C_A (C_{B0} - C_C) - k_2 C_C (C_{B0} - C_C) \quad \dots(4)$$

Saat *glyphosate* belum terbentuk, dapat dianggap reaksi lanjut belum terjadi.

Maka kecepatan reaksi pembentukan *glyphosate* dapat dinyatakan:

$$\frac{dC_C}{dt} = k_1 C_A C_B \quad \dots(5)$$

Karena nilai  $C_A$  dianggap tetap, maka diperoleh hasil persamaan akhir:

$$C_{C_{t+1}} = C_{B0} - \frac{(C_{B0} - C_C)}{\exp(k_1 C_A \Delta t)} \quad \dots(6)$$

## 2.4. Uraian Proses

Proses pembuatan *glyphosate* dari bahan baku N-PMIDA dan hidrogen peroksida terbagi menjadi 3 tahap yaitu:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Proses
3. Tahap Pemurnian
4. Tahap Pengemasan Produk

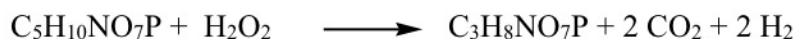
### 1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan Baku yang digunakan untuk memproduksi *glyphosate* adalah *Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid* (N-PMIDA) dan Hidrogen Peroksida. N-PMIDA yang diperoleh dengan mengimpor dari China yang memiliki konsentrasi 98% w/w dalam kemasan karung disimpan dalam gudang bahan baku (GB-101) terlebih dahulu. Setelah itu, N-PMIDA dialirkan menuju tangki penampungan sementara berupa *silo storage* (SS-101) kemudian diumpankan ke *dissolving tank* (DT-101) yang dilengkapi dengan pengaduk untuk melarutkannya dengan air. Sedangkan Hidrogen Peroksida diperoleh dari PT. Samator Inti Peroksida yang berada di Gresik, Jawa Timur disimpan dalam tangki dalam fasa cair (ST-101)

dengan konsentrasi 30% dipanaskan di dalam *Heat Exchanger* (E-101) sampai suhu 90°C. Kedua bahan baku tersebut dialirkan ke reaktor untuk direaksikan yang dipercepat reaksinya menggunakan katalis Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## 2. Tahap Proses

Campuran antara *Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid* (N-PMIDA), hidrogen peroksida yang selanjutnya dialirkan ke reaktor (RE-201) untuk direaksikan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Hasil reaksi berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> akan keluar melalui pipa pembuangan ke unit pengolahan H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Produk utama yang dihasilkan dari reaktor berupa *glyphosate* (*N-phosnomethyl glycine*).

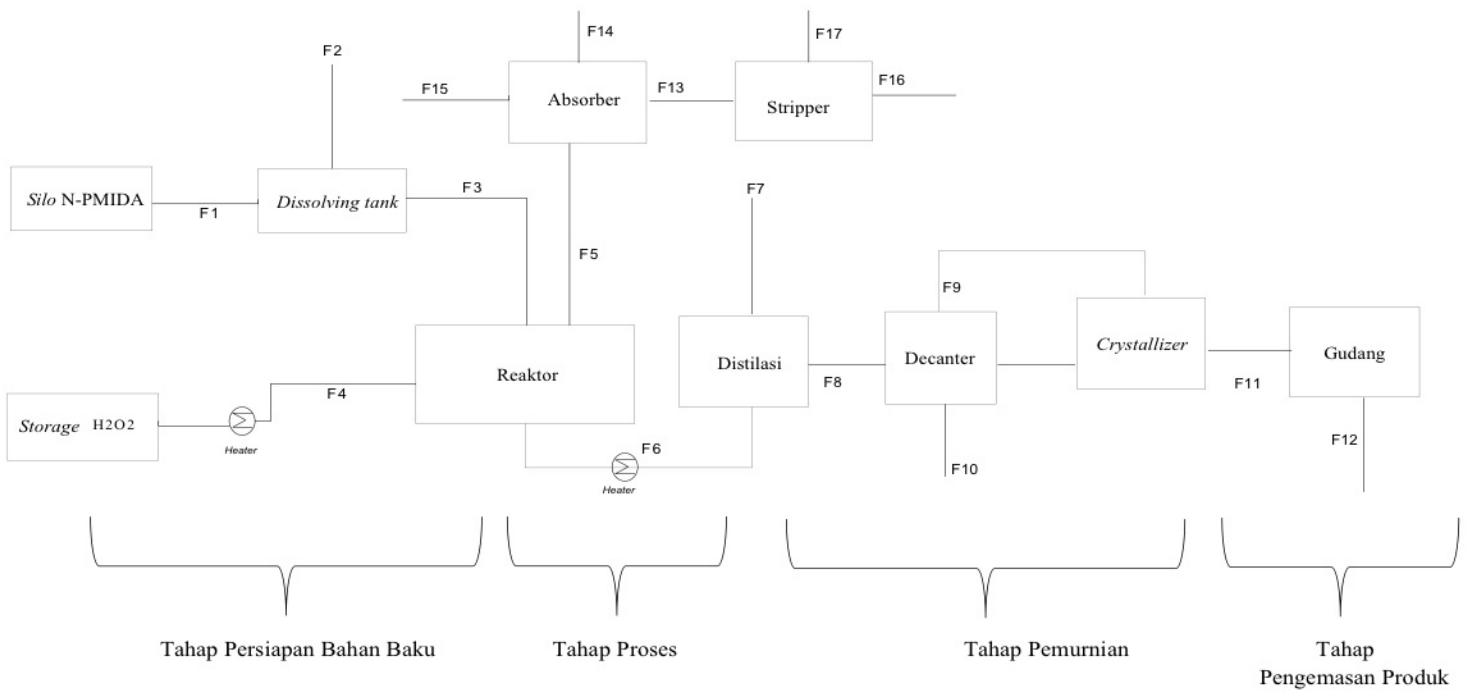
## 3. Tahap Pemurnian

Larutan yang keluar dari reaktor kemudian masuk Distillation Coloumn (DC-301) dan Decanter (DN-301) untuk dipisahkan produk dengan reaktan sisa. Cairan produk yang telah terbentuk akan dikristalkan dengan *crystallizer* (CR-401). Keluaran dari *crystallizer* berupa kristal *glyphosate* dialirkan menuju *screw conveyor* (SC-401) untuk ditampung ke penampungan sementara. Gas buang hasil reaktor yang merupakan produk samping diolah untuk dijual, yaitu dengan cara memisahkan H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dengan *Absorber* (AB-301) yang ditekan gas campuran menggunakan *Compressor* (CO-301) lalu menggunakan pelarut Benvyl untuk menyerap gas CO<sub>2</sub>. Setelah itu, untuk memisahkan pelarut dengan gas CO<sub>2</sub> digunakan Stripper (SR-301). Lalu didinginkan dengan *Heat Exchanger* (E-401)

dan disimpan di tangki penyimpanan *Spheres Tank* (SP-401). Untuk gas  $H_2$  disimpan di tangki penyimpanan *Spheres Tank* (SP-402).

#### 4. Tahap Pengemasan Produk

Produk *glyphosate* dari *silo storage* (SS-401) dialirkan ke unit pengantongan lalu dikemas dalam plastik *woven* dengan berat 25 Kg dan disimpan dalam gudang produk (GP-401), sedangkan untuk  $CO_2$  hasil *liquifier* disimpan dalam *spheres* (SP-401) dan siap untuk dipasarkan.



Gambar 2. 1. Diagram Alir Proses Pembuatan *Glyphosate*

### BAB III

#### SPEKIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

Adapun spesifikasi bahan baku dalam pembuatan *glyphosate* adalah sebagai berikut.

#### 3.1. Bahan Baku

##### A. Bahan baku utama

- a. N-PMIDA (*Neophosphonomethyl Iminodiacetic acid*)

Rumus Molekul :  $C_5H_{10}NO_7P$

Wujud pada 25°C : Serbuk padatan



Berat Molekul : 227 Kg/Kmol

Titik Nyala : 308,2°C

Titik leleh : 210°C



Titik Didih : 589,9°C pada 780 mmHg

Densitas : 1,792 g/cm<sup>3</sup>

*Bulk Density* : 650 Kg/m<sup>3</sup>

Viskositas : 19.150 cP

Kemurnian : 98% N-PMIDA, 2% air

MSDS :



Sifat : Tidak mudah terbakar, berbahaya jika terhirup atau tertelan, menyebabkan iritasi jika terkena kulit, dan korosif terhadap logam karena merupakan jenis asam.

Penyimpanan : Harus disimpan di tempat yang kering dan sejuk.

#### b. Hidrogen Peroksida

Rumus Molekul : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Wujud : *Liquid (Aquos)*

Berat Molekul		: 34 gr/grmol
<i>Melting Point</i>		: -33°C
Titik didih		: 108°C
Tekanan Uap	: 5 mmHg	
Densitas	: 1,4425 gr/mL	
<i>Specific Gravity</i>	: 1,1	
Viskositas	: 3754 cP	
Kemurnian	: 30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 70% air	
Kapasitas Panas (Cp)	: 36,181 + 8,2657E-03T + 6,6420E-5 T <sup>2</sup>	

$$- 6,9944E-08T^3 + 2,0951 E-11T^4 \text{ J/mol.K}$$

MSDS :



Sifat

: Tidak mudah terbakar, sangat korodif dan eksplosif, merupakan bahan beracun, menyebabkan iritasi jika terkena kulit, dan oksidator kuat.

Penyimpanan : Tidak boleh disimpan pada suhu dibawah 8°C

c. Air

Rumus molekul : H<sub>2</sub>O

Wujud : *Liquid*



Berat Molekul : 18 Kg/Kmol

Densitas : 0,966 gr/liter

Titik Lebur : -

Titik Didih : 100°C

Temperatur Kritis : 373,3°C

Tekanan Kritis : 2,2120 kPa

Viskositas : 0,505 cP

Kapasitas Panas :  $33,933 - 8,4186E-03T + 2,9906E-05T^2$

(Cp)

$- 1,7825E-08T^3 + 3,6934E-12T^4$  (J/mol.K)

*Antoine Vapor Pressure:*  $\ln P = 18,3036 - \frac{3816,44}{T-46,13}$  kPa

**B. Bahan baku penunjang***a. Palladium Catalist*

Rumus Molekul : Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Wujud : Pelet padat



Berat molekul : 208 Kg/Kmol

*Specific gravity range* : 3 - 3,5

*Bulk density* : > 0,8

Titik leleh : 870°C

Kemurnian : 99% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1% Pd

Warna : Hitam

Fungsi : Sebagai penyerap O<sub>2</sub> dan membentuk reaksi hidrogenasi (reaksi pembentukan H<sub>2</sub>). Biasanya digunakan untuk pemurnian gas.

Sedangkan berikut adalah spesifikasi produk yang dihasilkan dari proses pembuatan *glyphosate*.

### 3.2. Produk

#### A. Produk utama

a. *Glyphosate (N-Phosphonomethyl Glycine)*

Rumus Molekul	: $C_3H_8NO_5P$
Wujud	: Serbuk Padatan
Berat Molekul	: 169 Kg/Kmol
Densitas	: 1,1592 gr/mL
Titik Didih	: 187°C
Viskositas	: 14.300 cP
pH	: 4,6

MSDS



Sifat : Tidak mudah terbakar, berbahaya untuk dihirup, merupakan zat beracun, bersifat korosif karena merupakan jenis asam, dapat bereaksi dengan logam seperti baja ringan yang menghasilkan gas hidrogen, dan berpotensi membentuk campuran gas yang sangat mudah terbakar.

Penyimpanan : Sebaiknya disimpan pada suhu di atas  $-12^{\circ}\text{C}$  untuk kristal

## B. Produk Samping

### a. Karbon Dioksida

Rumus Molekul :  $\text{CO}_2$

Wujud : Gas



Berat Molekul : 44 gr/gmol

Densitas : 600,296  $\text{Kg/m}^3$

Titik Didih :  $-78,5^{\circ}\text{C}$  pada 1 atm

Titik lebur :  $-57^{\circ}\text{C}$  pada 216 K

Tekanan Kritis : 73,8 bar

Temperatur Kritis : 304,18 K

Viskositas : 0,00178398 cP

$$\text{Kapabilitas Panas (Cp)} : 27,437 + 4,2315\text{E-}02\text{T} - 1,9555\text{E-}05 \text{T}^2 + 3,9968\text{E-}09\text{T}^3 - 2,9872\text{E-}13\text{T}^4 \text{ J/mol.K}$$

MSDS

:



Sifat

: Merupakan gas tidak berwarna dan tidak berbau pada konsentrasi rendah, jika konsentrasi tinggi berbau asam. Pada konsentrasi rendah gas ini dapat menyebabkan pusing, mual, dan peningkatan tekanan darah sedangkan pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan sesak napas dan kematian.

(Sumber : Carl Yaws, 1999. Reid, C., Ed.4<sup>th</sup>, 1987, Perry's. Ed.7<sup>th</sup>, dan Perry's. Ed.8<sup>th</sup>)

## **BAB X**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Glyphosate dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses yang baik digunakan untuk prarancangan pabrik *glyphosate* ini adalah proses N-PMIDA dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Hal tersebut ditinjau dari konversi yang dihasilkan, lama reaksi dalam reaktor, dan  $\Delta G^\circ$  Reaksi dengan nilai minus yang menandakan proses tersebut menggunakan energi yang kecil sehingga lebih menguntungkan.
2. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 70% dan sesudah pajak sebesar 56%.
3. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 1,25 tahun.
4. *Break Even Point* (BEP) sebesar 43,76% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28,31%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.



5. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 31,8%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini yaitu 15% 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 Glyphosate dengan kapasitas 45.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annual Report Industry*, 2015. [www.nurfarm.com](http://www.nurfarm.com). Diakses pada tanggal 20 Oktober 2022 pukul 15.10 WIB.
- Anonimous A, 2016. <http://www.sciencelab.com>. Diakses pada tanggal 25 Februari 2023 pukul: 15:36 WIB.
- Anonimous B, 2016. <http://www.bi.go.id/id/moneter/informasi-kurs/transaksibi/default.aspx>. Diakses pada tanggal 23 Februari 2023 pukul: 14.00 WIB.
- Anonimous C, 2016. *Thermal Oil*. <http://www.cv-ao.com/id/toh.htm>. Diakses pada 02 Desember 2022
- Anonimous D, 2016. *Thermal Oil Heater/ Steam Boiler*. <http://steamboilerindonesia.blogspot.co.id/2015/12/thermal-oilheater.html>,2016. Diakses pada 02 Desember 2023 pukul 13.10 WIB.
- Anonimous E, 2016. [www.jatimprov.go.id](http://www.jatimprov.go.id). Diakses pada tanggal 26 Oktober 2022 pukul 14:52 WIB.

Anonimous F, 2016. [www.watsonmcdaniel.com](http://www.watsonmcdaniel.com). Diakses pada tanggal 26 Oktober 2022 pukul 17.50 WIB.

Anonimous G, 2016. [www.matches.com](http://www.matches.com). Diakses pada tanggal 14 Desember 2022 pukul 14.37 WIB.

Badan Pusat Statistik, 2022. *Statistic Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Indonesia. Diakses 9 Agustus 2022 pukul: 15:39.

Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. Mc-Graw Hill. New York.

Brown G.George., 1950. *Unit Operation 6ed*. Wiley & Sons. USA. Brownell Lloyd E. and Young Edwin H., 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Cheremisinoff, 2002. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann. USA.

Considine, Douglas M., 1974. *Instruments and Controls Handbook 2nd Edition*. Mc-Graw Hill. USA.

Couper, J.R. and Penney W.R., 2005. *Chemical Process Equipment Selection and Design 2nd Edition*. Elsevier Inc. USA.

Coulson J.M., and Richardson J.F., 1983. *Chemical Engineering Volume 2 5th Edition Particle Technology and Separation Process*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Coulson J.M., and Richardson J.F., 1999. *Chemical Engineering Volume 1 6th edition Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Cox, C., 2004. *Glyphosate*. *Journal of Pesticide Reform/ Winter 2004*. 24, No. 4.

Farmer, Richard W. et al, 1999. *Method For The Manufacture of Nphosphonomethyl Glycine From N-Phosphonomethyliminodiacetic Catalytic Carbon*. *United State Patent No. 5942643*.

Fields, Donald L., 1991. *Peroxide Process For Producing N-Phosphonomethyl Glycine*. *United States Patent No. 5043475*.

Fogler, H. Scott, 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th Edition*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Geankoplis, Christie.J., 1993. *Transport Processes and unit Operation 3th Edition*. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.

Google Map, 2016. [www.gogle.co.id/maps/place/jawatimur](http://www.gogle.co.id/maps/place/jawatimur). Diakses pada tanggal 26 Oktober 2022 pukul 15.35 WIB.

Himmeblau, David., 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th Edition*. Prentice Hall Inc. New Jersey.

IMF World Economic Outlook (WEO), 2016. Diakses pada tanggal 27 Desember 2022 pukul 19.00 WIB.

- Joshi, M.V., 1981. *Process Equipment Design*. Mc. Millan India Limited. New Delhi, Bombay.
- Kern, Donald Q., 1950. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.
- Kern, Donald Q., 1983. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.
- Krvegel et al, 1976. *Process For Producing N-Phosphonomethyl Glycine*. United States Patent No.3954848.
- Lang, C., 2005. *Glyphosate Herbicide, The Poison From The Skies*. World Rainforest Movement. Maldonado Montevideo. Uruguay.
- McCabe W.L. and Smith J.C., 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Mullin J.W., 2001. *Crystallization 4th Edition*. Reed Educational and Professional Publishing Ltd. Oxford, London.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition*. McGraw Hill. New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition*. McGraw Hill. New York.
- Powell, S., 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.
- Ramon, Martin, 1991. *Preparation of N-Phosphonomethyl Glycine by Oxidation of N-Phosphonomethyl Iminodiacetic Acid*. European Patent Specification

Rase H.F. and Holmes J.R., 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques*. John Wiley and Sons. New York.

Reid, C. Robert, 1987. *The Properties of Gases and Liquids 4th Edition*. Mc-Graw Hill, Inc. New York.

Santosa, Galih. 2013. *Hydrant Water*. GalihSantosa.adhiatma.blog. Diakses pada 26 November 2022 pukul 13.30 WIB.

Severn, W.H., 1959. *Steam, air, and Gas Power 5th Edition*. John Willey and Sons, Inc. New York.

Sinaga, Irmawati, Edia R., dan I Made B., 2009. Kinetika Reaksi Pembuatan Glifosat dari N-PMIDA (*Neophosphonomethyl Iminodiacetic Acid*) dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan Katalisator Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Rekayasa Proses* Vol. 3, No.2. UGM, Yogyakarta.

Sinnot, R.K., 2005. *Chemical Engineering Design Vol. 6 4th Edition*. Elsevier. UK.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Designan Economic for Chemical Engineering 3th edition*. Mc-Graw Hill Book Company. 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.

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

Vilbrant, 1959. *Chemical Engineering Plant Design 4<sup>th</sup> edition*. Mc-Graw Hill. New York.

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

Wazer, Van, 1976. Process For Producing N-Phosphonomethyl Glycine. United States Patent No. 3950402.

Woodburn, Allan, 2000. *Glyphosate: Production, Pricing, and Useworld Wide*. *Pest Management Science* 56: 309-312.

Yaws, Carl L., 1999. *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*. Gulf Publishing Company. Huston, Texas.