

## PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA DARI METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES FORMOX KAPASITAS 90.000 TON/TAHUN

*(Preliminary Design Of A Formaldehyde Plant From Methanol And Air Using The Formox Process With A Capacity Of 90,000 Tons/Year)*

**Mudzakkir\*, Dian Lutfiah Triutari, Takdir Syarif, Mustafiah**

<sup>1</sup>*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

### Inti Sari

Pabrik formaldehida dirancang dengan kapasitas 90.000 ton/tahun, menggunakan bahan baku metanol yang diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri dan udara. Berdasarkan aspek ketersediaan bahan baku dan utilitas, lokasi pabrik didirikan di daerah Bontang, Kalimantan Timur dengan luas tanah 8.100 m<sup>2</sup>. Pabrik beroperasi selama 330 hari efektif setiap tahun dan 24 jam/hari dengan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 150 orang. Gas metanol dan udara di umpangkan ke dalam Reaktor (R-01). Reaktor beroperasi secara non isotermal dan non adiabatik pada suhu 340°C dan tekanan 1,3 atm. Reaksi bersifat eksoterm sehingga digunakan air sebagai media pendingin untuk mempertahankan suhu keluar reaktor. Produk hasil reaktor diumpangkan ke absorber untuk memisahkan formaldehida dari impurities gas. Produk hasil absorber diumpangkan ke unit *deionizer* untuk mengurangi kandungan asam formiat. Produk keluaran dari deionizer merupakan produk formaldehida kemudian dipompakan menuju tangki penyimpanan produk. Utilitas yang diperlukan berupa air sebanyak 83,9468 m<sup>3</sup>/jam yang diambil dari unit pengolahan air. Kebutuhan utilitas yang meliputi air pendingin sebanyak 81,9576 m<sup>3</sup>/jam dan air sanitasi dan keamanan sebanyak 1,7250 m<sup>3</sup>/jam. Daya listrik sebesar 65 kW disuplai dari PLN dengan cadangan 1 buah generator berkekuatan 250 kW. Bahan bakar solar yang dibutuhkan sebanyak 2143,9 lb/jam. Pabrik ini membutuhkan *Fixed Capital Investment* Rp 77, 71 miliar dan *Working Capital* Rp 184,16 miliar. Analisis ekonomi pabrik formaldehida ini menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 57,43% dan ROI sesudah pajak sebesar 43,1%. Nilai POT sesudah pajak adalah 2,9 tahun. BEP sebesar 40,58% kapasitas produksi dan SDP sebesar 30,8% kapasitas produksi. Berdasarkan data-data analisa di atas dapat disimpulkan, Pabrik Formaldehida dari Metanol dan Udara Kapasitas 90.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci:** Formaldehida, Metanol, Udara, Reaktor, Deionizer

**Key Words :** Formaldehida, Methanol, Air, Reactor, Deionizer

### Abstract

*The formaldehyde plant is designed with a capacity of 90,000 tons/year, using methanol*

### Published by

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

### Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

### Email :

[jmpe@umi.ac.id](mailto:jmpe@umi.ac.id)

### \*Corresponding Author

[mudzakkir28072@gmail.com](mailto:mudzakkir28072@gmail.com)



### Journal History

Paper received : 05 April 2024  
Received in revised : 8 Mei 2024  
Accepted : 21 Juni 2024

as raw material obtained from PT. East Kalimantan Industrial Methanol and air. Based on aspects of availability of raw materials and utilities, the factory location was established in the Bontang area, East Kalimantan with a land area of 8,100 m<sup>2</sup>. The factory operates for 330 effective days each year and 24 hours/day with a workforce of 150 people. Methanol gas and air are fed into the Reactor (R-01). The reactor operates non-isothermally and non-adiabatically at a temperature of 340°C and a pressure of 1.3 atm. The reaction is exothermic so water is used as a cooling medium to maintain the reactor exit temperature. The product from the reactor is fed to an absorber to separate formaldehyde from impurities gas. The absorber product is fed to the deionizer unit to reduce the formic acid content. The output product from the deionizer is a formaldehyde product which is then pumped to the product storage tank. The utilities required are 83.9468 m<sup>3</sup>/hour of water taken from the water treatment unit. Utility needs include cooling water of 81.9576 m<sup>3</sup>/hour and sanitation and security water of 1.7250 m<sup>3</sup>/hour. Electric power of 65 kW is supplied from PLN with a backup of 1 generator with a power of 250 kW. The diesel fuel required is 2143.9 lb/hour. This factory requires Fixed Capital Investment of IDR 77.71 billion and Working Capital of IDR 184.16 billion. The economic analysis of this formaldehyde factory shows that the ROI before tax is 57.43% and the ROI after tax is 43.1%. The POT value after tax is 2.9 years. BEP is 40.58% of production capacity and SDP is 30.8% of production capacity. Based on the analysis data above, it can be concluded that the Formaldehyde from Methanol and Air Factory with a capacity of 90,000 tonnes/year is feasible to be established.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki sumber daya alam maupun sumber daya manusia berlimpah, dapat dikatakan bahwa Indonesia adalah negara berkembang yang berpotensi untuk mengembangkan berbagai jenis industri. Pada era globalisasi seperti sekarang ini, sektor industri dipilih sebagai jalur alternatif yang turut serta berperan dalam pertumbuhan ekonomi. Salah satunya adalah industri kimia, yang diharapkan dapat berkontribusi dalam menjamin kehidupan warga negara, mengurangi ketergantungan impor, serta menciptakan lapangan kerja yang dapat mengurangi angka pengangguran. Karena pada umumnya industri kimia akan mengalami pertumbuhan seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Jadi sangat pantas apabila sektor ini mendapatkan perhatian serius. Salah satu industri kimia yang penting keberadaannya adalah industri formaldehida. [1]

Formaldehida sangat dekat kaitannya dengan pengawetan pada zaman dahulu dan sepertinya masih sama sampai sekarang. Formaldehida telah digunakan sejak awal 1899 untuk pengawetan mayat yang sebagian besar ada di era Wild West. Formaldehida dapat digunakan secara langsung, akan tetapi dalam jumlah kecil digunakan sebagai bahan pengawet, bahan penelitian dan desinfektan pada rumah sakit. Dilihat dari fungsi dan kegunaannya yang beragam, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan formaldehida akan semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Jika melihat dari segi banyaknya penggunaan formaldehida sebagai bahan utama atau bahan pembantu produksi dalam industri, maka keberadaan pabrik kimia formaldehida bisa membantu pertumbuhan perekonomian Indonesia.[2]

Proses Pembuatan Formaldehida dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Perbandingan proses pembuatan Formaldehida [3]

Parameter	Proses Katalis Perak ( <i>Silver Catalyst</i> )		Proses Formox ( <i>Mixed Catalyst Oxide</i> )
	<i>Complete Recovery</i>	<i>Incomplete Recovery</i>	
Suhu operasi	680-720°C	600-650°C	340°C
Tekanan operasi	Di atas atmosfer (>1 atm)	Di atas atmosfer (>1 atm)	Di atas atmosfer (>1 atm)
Konversi metanol	97-98%	77-78%	95-99%
<i>Yield</i>	89,5-90,5%	91-92%	94.4%
Umur katalis	3-8 bulan	3-8 bulan	12-18 bulan
Alat utama	Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>	Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>	Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>

Parameter	Proses Katalis Perak ( <i>Silver Catalyst</i> )		Proses Formox ( <i>Mixed Catalyst Oxide</i> )
	<i>Complete Recovery</i>	<i>Incomplete Recovery</i>	
Absorber		Absorber	Absorber
Tanpa Destilator		Dengan Destilator	Tanpa Destilator

Tabel 1 di atas disimpulkan bahwa proses pembuatan Formaldehida dipilih formox yang akan lebih menguntungkan dalam memproduksi formaldehida. Hal ini dikarenakan suhu operasi pada proses formox lebih rendah dibanding suhu operasi proses katalis perak sehingga pemanas yang dibutuhkan lebih sedikit. Hal ini berimbas pada kurangnya biaya utilitas pabrik yang digunakan. Konversi dan *yield* metanol pada proses formox lebih tinggi sehingga konsumsi metanol sebagai bahan baku lebih sedikit pula.

Kapasitas produksi pabrik berpengaruh pada perhitungan teknis maupun ekonomis, akan tetapi terdapat faktor yang menentukan produksi seperti data pertumbuhan ekspor, impor, produksi, konsumsi Formaldehida. Data pertumbuhan ekspor, impor, produksi, konsumsi Formaldehida dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut:

**Tabel 2.** Data Pertumbuhan Ekspor dan Impor Formaldehida di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Pertumbuhan Impor (%)	Ekspor (ton)	Pertumbuhan Ekspor (%)
2018	3883	-	2170,00	-
2019	1854	-52%	1550,00	-29%
2020	4751	156%	3100,00	100%
2021	3781	-20%	3316,00	7%
2022	2893	-23%	1550,00	-53%
<b>Jumlah</b>	<b>17162</b>	<b>60%</b>	<b>11686</b>	<b>25%</b>
<b>Rata-rata (i)</b>		<b>15%</b>		<b>6%</b>

Tabel 2 di atas menyatakan bahwa pertumbuhan impor Formaldehida di Indonesia rata-rata 15%, sedangkan pertumbuhan ekspor Formaldehida di Indonesia rata-rata 6%. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan Impor Formaldehida di Indonesia sangat tinggi sehingga pendirian pabrik Formaldehida di Indonesia akan memenuhi kebutuhan dalam negeri.

**Tabel 3.** Data Perkembangan Produksi dan Konsumsi Formaldehida di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton)	Pertumbuhan Konsumsi (%)	Produksi (ton)	Pertumbuhan Produksi (%)
2018	22.246,37	-	22.324,74	-
2019	16.701,65	-25%	17.146,72	-23%
2020	87.981,25	427%	88.210,48	414%
2021	74.181,05	-16%	74.246,71	-16%
2022	44.903,65	-39%	44.946,97	-39%
<b>Jumlah</b>	<b>246.013,97</b>	<b>87%</b>	<b>246.875,62</b>	<b>84%</b>
<b>Rata-rata (i)</b>	<b>22.246,37</b>	<b>21,75%</b>	<b>22.324,74</b>	<b>21%</b>

Tabel 3 di atas menyatakan bahwa pertumbuhan konsumsi Formaldehida di Indonesia rata-rata 21,75%, sedangkan pertumbuhan produksi Formaldehida di Indonesia rata-rata 21%. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan produksi Formaldehida di Indonesia tinggi dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan impor.

Perhitungan kapasitas pabrik menggunakan persamaan yaitu  $m_{\text{tahun yang dicari}} = m_{\text{tahun terakhir dari data}} \times (1+i)^a$  dimana  $i = \frac{\sum \%P}{n}$ . Keterangan: a adalah Selisih tahun, i adalah Pertumbuhan rata-rata per tahun, %P adalah Persen pertumbuhan per tahun dan n adalah Jumlah data %P. [4]

Kebutuhan Formaldehida pada tahun 2028 adalah 152.153 ton/tahun. Kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan adalah 90.000 ton/tahun, sehingga dapat memnuhi kebutuhan impor sebesar 60%.

## PROSES PEMBUATAN FORMALDEHIDA

Proses pembuatan Formaldehida dibagi menjadi tiga tahapan proses yaitu:

a. Tahap penyiapan bahan baku

Bahan baku udara dari lingkungan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm diblower sehingga tekanan meningkat menjadi 1,3 atm. Udara ini selanjutnya dilewatkan ke *furnace 01* untuk menaikkan suhunya menjadi 340°C. Bahan baku metanol cair dari tangki penyimpanan metanol dipompa sehingga tekanan menjadi 1,3 atm dan dialirkan menuju *furnace* untuk menaikkan suhunya menjadi 340°C. Gas metanol selanjutnya diumpankan ke reaktor. [5]

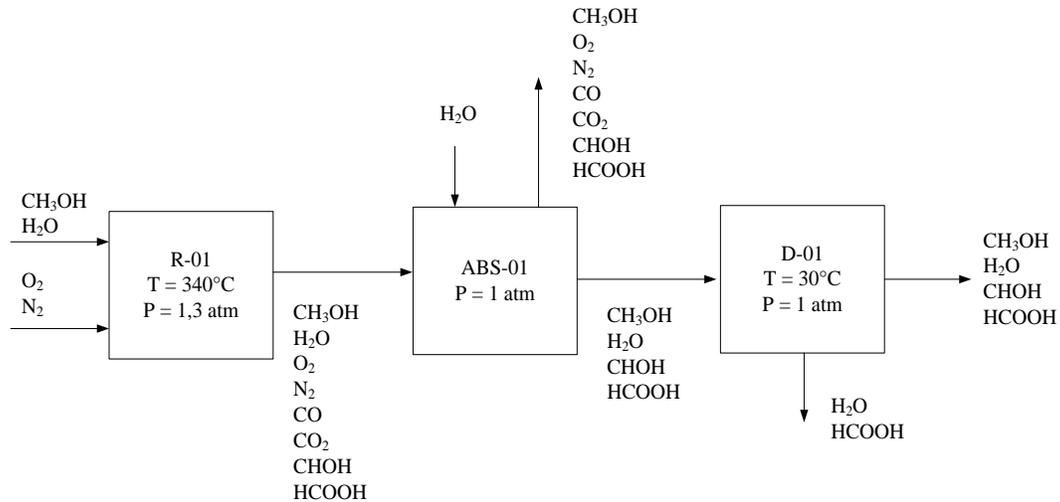
b. Tahap reaksi pembentukan Produk

Gas metanol dan udara pada suhu 340°C dan tekanan 1,3 atm diumpankan pada reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi non isothermal dan non adiabatik.[6] Reaksi terjadi pada fase gas dengan katalis padat Fe dan Mo. Pada temperatur 340°C dan tekanan 1,3 atm metanol teroksidasi membentuk formaldehida dan besarnya konversi metanol dapat mencapai 95-99%, tetapi pada kondisi ini juga terjadi reaksi samping, yaitu pembentukan asam formiat, gas CO, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.[7] Di dalam reaktor akan terjadi kenaikan temperatur akibat dari reaksi yang bersifat eksotermis, sehingga untuk mempertahankan suhu reaksi diperlukan pendingin yang mengalir di jaket pendingin reaktor. Pendingin yang digunakan adalah air bersuhu 30°C.[8]

c. Tahap pemurnian Formaldehida

Pemurnian produk dilakukan untuk memisahkan larutan formaldehida dari hasil samping yang tidak diinginkan seperti CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan N<sub>2</sub>. Produk gas keluar reaktor terdiri dari CHOH, CH<sub>3</sub>OH, HCOOH, H<sub>2</sub>O, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada suhu 340°C dan tekanan 1,3 atm selanjutnya dilewatkan ke *cooler 01* dan *cooler 02* untuk menurunkan suhu produk menjadi 55°C. Produk yang keluar dari *cooler* kemudian dilewatkan ke bagian bawah kolom *absorber*. Di dalam *absorber* akan terjadi proses perpindahan massa yang akan diikuti dengan perpindahan panas. *Absorber* yang digunakan berupa menara isian dengan pelarut air karena formaldehida larut dalam air. Produk atas *absorber* berupa gas akan dibuang (*purge*) sebagai *off gas*. Produk formaldehida yang keluar dari bagian bawah kolom *absorber* diumpankan ke unit *deionizer* untuk mengurangi kandungan asam formiat. Produk keluaran dari deionizer merupakan produk formaldehida dengan kadar 37% yang kemudian dipompakan menuju tangki penyimpanan produk.[9]

Diagram alir pembuatan Formaldehida dengan proses formox dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan Formaldehida

## ANALISA EKONOMI

Rencana pendirian sebuah pabrik harus ditinjau dari faktor-faktor ekonomi untuk menentukan kelayakannya. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam analisis keuntungan dan kerugian pendirian pabrik Formaldehida adalah sebagai berikut:[10]

Faktor-faktor utama yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah :

a. Laju Pengembalian Modal ( *Internal Rate of Return / IRR* )

Hasil perhitungan ekonomi, didapatkan nilai  $i = 37,43\%$ , yang lebih tinggi dari bunga pinjaman 15% per tahun. Ini menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan dengan tingkat bunga tersebut [11]

b. Waktu Pengembalian Modal ( *Pay Out Time / POT* )

Hasil perhitungan menunjukkan waktu pengembalian modal minimum adalah 2,9 tahun. Nilai POT ini lebih pendek dari perkiraan usia pabrik yaitu 9 tahun, sehingga pabrik ini layak untuk didirikan.[12]

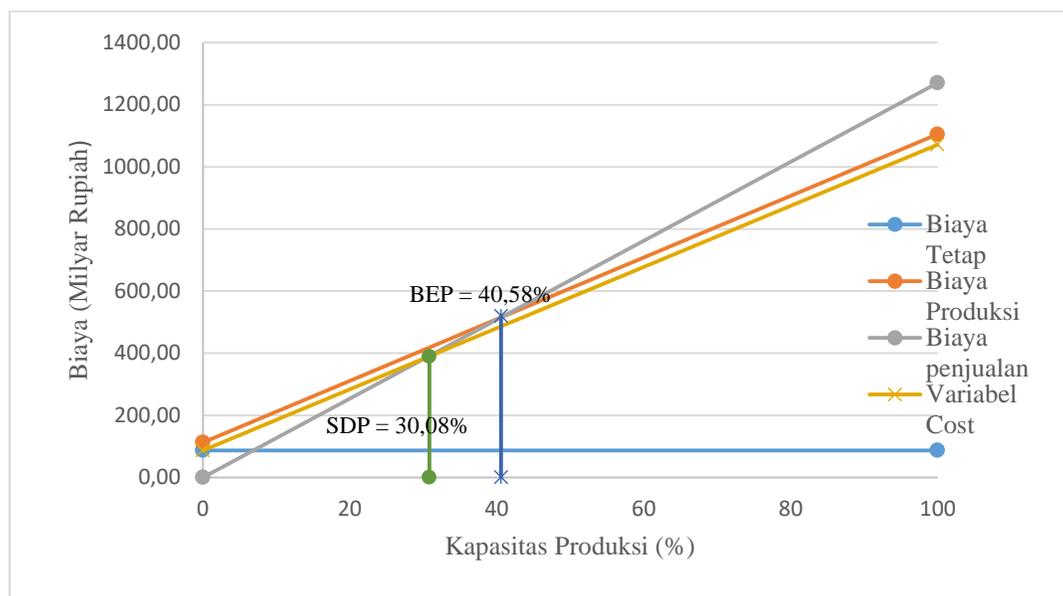
c. Titik Impas ( *Break Even Point / BEP* )

Analisis BEP digunakan untuk mengetahui kapasitas produksi di mana biaya produksi total sama dengan pendapatan penjualan. Nilai BEP yang tercantum dalam Lampiran Ekonomi adalah 40,58%. [13]

d. *Shut Down Point* (SDP)

SDP adalah titik di mana aktivitas produksi dihentikan karena biaya variabel yang terlalu tinggi atau keputusan manajemen karena tidak ekonomisnya produksi. Nilai SDP dalam lampiran ekonomi adalah 30,8%. [14]

Grafik penentuan titik BEP dan SDP pabrik Formaldehida dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2 Grafik Break Event Point (BEP)

## KESIMPULAN

Kapasitas produksi pabrik Formaldehida yang akan didirikan yaitu 90.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 150 orang dan luas tanah yang dibutuhkan adalah 8.100 m<sup>2</sup>. Utilitas yang diperlukan terdiri dari air 83,9468 m<sup>3</sup>/jam, daya listrik 65 Kw/jam disupply dari PLN dengan cadangan generator, dan bahan bakar 2143,9 lb/jam. Hasil analisa ekonomi diperoleh total modal investasi sebesar Rp 77,1 miliar, pay out time sebesar 2,9 tahun, return of investment sebesar 43,1%, break even point sebesar 40,58%, shut down point sebesar 30,8% dan internal rate of return sebesar 37,43%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi tersebut, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Pabrik Formaldehida menggunakan bahan metanol dan udara layak untuk didirikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana dalam penyusunan prarancangan pabrik kimia. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penyusunan prarancangan pabrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bedino, J.H. 2004. Formaldehyde Exposure Hazards and Health Effect: Comprehensive Review for Embalmers. Jurnal Research and Education Departement. (658): 2633-2649
- [2] Cheng, W.H. 1994. Methanol Production and Use. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [3] Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- [4] Geankopolis, C.J. 1983. Transport Processes and Unit Operations. 2<sup>nd</sup> ed. Boston: Allyn and Bacon, Inc
- [5] Djoko, P. 2003. Komunikasi Bisnis. Edisi 2. Jakarta: Erlangga. Gunawan, W. 2003. Tanggung Jawab Direksi atas Kepailitan Perseroan. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- [6] Habibah, Natijatul dan Rahmawati, Umi. 2017. Pabrik Formaldehyde dari Metanol dan Udara dengan Proses Haldor Topsoe (Mixed Oxide Catalyst). Surabaya: Teknik Kimia, Insitut Teknologi Bandung,.
- [7] Kern, D.Q. 1950. Process Heat Transfer. Singapura: McGraw Hill Companies, Inc
- [8] Kirk, R.E. dan Othmer, V.R. 1995. Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 11. New York: Wiley.

- [9] Mc Ketta, J.J. dan Cunningham, D.F. 1983. Encyclopedia of Chemical Processing and Design. Vol.11. New York: Executive Editor.
- [10] M. Peters and K. Timmerhaus, *Plant desing and Economics for Chemical Engineers*, vol. 2, no. 4. 1994.
- [11] Perry, R.H. dan Grees, D.W. 2008. Chemical Engineers' Handbook. 8<sup>th</sup> ed. Tokyo: McGraw Hill Companies, Inc.
- [12] Ullmann, F. 1987. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol. 15. New York: VCH
- [13] M. T. Ipm and M. T. Ipm, *Dr. Ir. La Ifa, S.T., M.T. IPM, ASEAN Eng. Dr. Ir. Nurdjannah, S.T., M.T. IPM, ASEAN Eng.*
- [14] Smith, J.M., 1981, Chemical Engineering Kinetics. 3rd ed. Tokyo: McGraw Hill Companies, Inc.