

PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METANOL DAN UDARA MELALUI PROSES OKSIDASI MENGGUNAKAN KATALIS *IRON MOLYBDENUM OXIDE* DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Ajidannor^{1*}, Hairullah¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jalan A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: ajidanmurjani@gmail.com

Abstrak

Formaldehid merupakan senyawa yang memiliki banyak kegunaan antara lain sebagai bahan baku pembuatan fenol formaldehid, melamin formaldehid, urea formaldehid dan tryoxane. Untuk memenuhi kebutuhan formaldehid di Indonesia, maka dilakukan prarancangan pabrik formaldehid dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun dari bahan baku metanol dan udara melalui proses oksidasi. Pabrik formaldehid ini direncanakan dibangun di daerah Bontang, Kalimantan Timur dengan luas total area pabrik 29.790 m².

Reaktor fixed bed multitube adalah reaktor yang digunakan beroperasi dengan temperatur 264°C dan tekanan 1,3 atm. Keluaran dari reaktor didinginkan untuk diumpankan ke absorber bertujuan memisahkan produk dalam fase cair dengan komponen lainnya dalam fase gas. Produk formaldehid kemudian diumpankan ke mixing tank untuk memperoleh produk dengan kadar 37% kemudian disimpan di tangki penyimpanan. Perusahaan yang direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas dengan struktur organisasi staff dan line. Jumlah karyawan yang dibutuhkan sebanyak 203 orang. Operasi pabrik ini direncanakan selama 1 tahun dalam 330 hari kerja dimulai pada tahun 2023. Kebutuhan listrik untuk operasional pabrik sebesar 138,293 kW sedangkan kebutuhan air untuk utilitas diambil dari sungai Nyerakat, Bontang sebanyak 13.266,1 m³/hari.

Evaluasi ekonomi terhadap prarancangan pabrik formaldehid diperoleh nilai Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 3,88 tahun, Return on Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 15,78%, sedangkan nilai Break Even Point (BEP) adalah 54,81% dan Shut Down Point (SDP) adalah 35,43%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa layak untuk dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Kata kunci: absorber, formaldehid, metanol, reaktor fixed bed multitube, udara

1. Pendahuluan

Pertumbuhan industri kimia di Indonesia sangat pesat seiring dengan meningkatnya perkembangan IPTEK di Indonesia. Peningkatan jumlah perusahaan yang bergerak di industri bahan kimia dari 858 perusahaan pada tahun 2010 menjadi 923 perusahaan pada tahun 2013. Indonesia juga berupaya melakukan pembangunan yang bertujuan mewujudkan masyarakat adil dan makmur dalam skala nasional. Sehingga pemerintah berkomitmen untuk mengembangkan industri bahan kimia dikarenakan berdampak positif serta memberikan nilai tambah bagi perekonomian nasional. Hal ini dikarenakan sektor ekonomi produktif seperti sandang dan pangan berkaitan erat dengan industri kimia. Industri kimia memiliki prospek yang

cerah karena merupakan salah satu penggerak pembangunan negara (Sanjaya, 2015). Salah satu industri kimia yang berperan penting bagi perekonomian nasional adalah industri pembuatan formaldehid.

Formaldehid merupakan senyawa yang termasuk kedalam golongan aldehida dengan rumus kimia CH₂O yang ditemukan oleh Butlerov pada tahun 1859. Formaldehid sendiri merupakan senyawa yang banyak digunakan untuk memproduksi senyawa kimia lainnya yang memiliki banyak kegunaan yang diterapkan pada industri kayu, plastik dan *coating*. Sedangkan senyawa-senyawa kimia yang diproduksi menggunakan



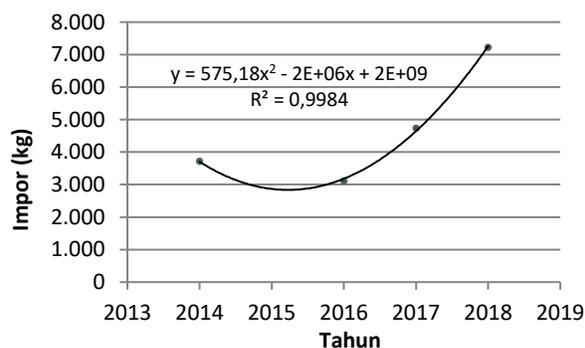
formaldehid antara lain urea formaldehid resin, fenol formaldehid resin, melamin formaldehid resin dan masih banyak lagi (Gerberich, 2000).

Besarnya penggunaan formaldehid dalam memproduksi berbagai senyawa kimia lainnya menyebabkan kebutuhan akan formaldehid sebagai bahan baku dalam memproduksi senyawa-senyawa juga meningkat. Berdasarkan data BPS (2018) pada tahun 2013 sampai 2017, impor formaldehid di Indonesia mengalami fluktuatif tetapi cenderung naik. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya impor formaldehid di Indonesia dari 0,02 ton pada tahun 2015 menjadi 4,74 ton pada tahun 2017 sehingga memungkinkan untuk mendirikan pabrik formaldehid di Indonesia.

Tabel 1 Impor Formaldehid di Indonesia (BPS, 2018)

No.	Tahun	Jumlah (kg)
1	2013	44.485
2	2014	3.716
3	2016	3.110
4	2017	4.740
5	2018	7.224

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa impor formaldehid di Indonesia mengalami fluktuatif tetapi cenderung naik. Sehingga berdasarkan data tersebut dapat dibuat perkiraan kebutuhan impor formaldehid di Indonesia pada tahun 2023 menggunakan metode linier dengan pendekatan polinomial orde 2 sebagai berikut.



Gambar 1. Kebutuhan Impor Formaldehid di Indonesia

Berdasarkan grafik kebutuhan formaldehid maka ditetapkan pemilihan kapasitas pabrik yang mau didirikan sebesar 50.000 ton/tahun guna memenuhi 16,24% dari jumlah impor formaldehid Indonesia.

Pabrik formaldehid direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas dibangun di lokasi Kabupaten Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi ini dipilih berdasarkan kedekatan dengan sumber bahan baku maupun pasar serta kesediaan lahan yang cukup juga area transportasi yang lancar. Jumlah karyawan perusahaan direncanakan sebanyak 203 orang.

2. Deskripsi Proses

Jenis-jenis proses pembuatan formaldehid dalam kategori proses oksidasi metanol langsung terdiri atas 2 proses berdasarkan jenis katalis yang digunakan yaitu proses dehidrogenasi oksidasi dan proses oksidasi yang menggunakan katalis *iron molybdenum oxide*.

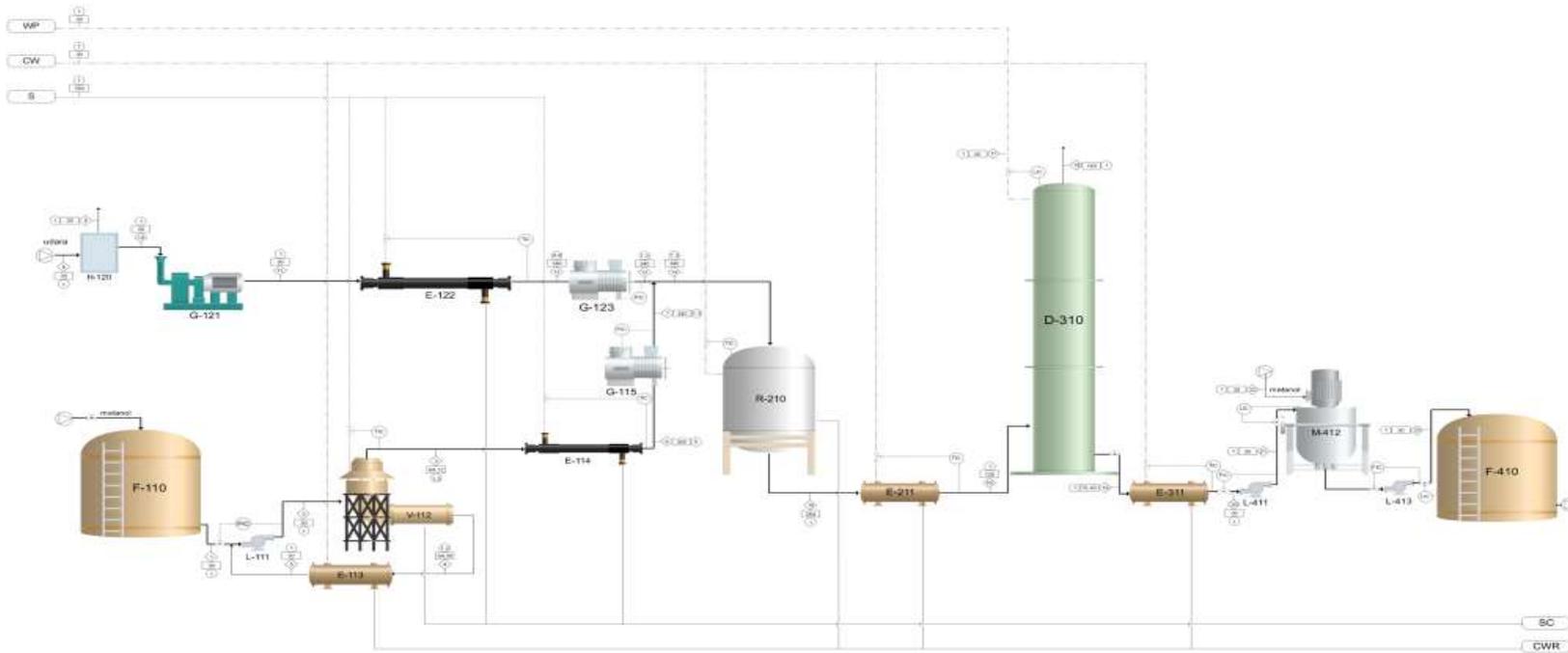
Tabel 2. Seleksi Proses Pembuatan Formaldehid

Variabel	Proses Oksidasi Dehidrogenasi	Proses Oksidasi
Konversi	85-95%	98%
Temperatur Operasi	600-700°C	250-400°C
Selektivitas	90%	98%
Life time	3-8 bulan	15-18 bulan
Ekonomi	Memerlukan menara <i>recovery</i> metanol	Tidak memerlukan menara <i>recovery</i> metanol

Berdasarkan perbandingan yang telah ditinjau dari kondisi operasi dan data konversi yang diketahui maka dipilih proses oksidasi dengan pertimbangan suhu operasi lebih rendah, aman dan proses lebih sederhana (Misran, 2001).



PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METANOL DAN UDARA MELALUI PROSES OKSIDASI
MENGUNAKAN KATALIS IRON MOLYBDENUM OXIDE KAPASITAS 50.000 TONTAHUN



Etwasangan			
Aliran Proses		Aliran Proses	
CW	Cooling Water	\diamond	Nomor Aliran
S	Steam	\square	Temperatur (°C)
SC	Steam Condensate	\circ	Tekanan (atm)
CWR	Cooling water return	$\circ \rightarrow$	Produk
WP	Water process	$\circ \rightarrow$	Bahan Baku
PIC	Flow indicator control	U	Level indicator
TIC	Temperatur indicator control	LIC	Level indicator control
		PIC	Pressure indicator control
18	F-410	Tangki Formaldehid	1
17	L-413	Pompa Formaldehid	1
16	M-412	Mixing Tank	1
15	L-411	Pompa Mixing Tank	1
14	E-311	Cooler 3	1
13	D-310	Absorber	1
12	E-211	Cooler 2	1
11	R-210	Reaktor	1
10	G-123	Expander	1
9	E-122	Heater Udara	1
8	G-121	Blower	1
7	H-120	Filter Udara	1
6	G-115	Expander	1
5	E-114	Heater	1
4	E-113	Cooler 1	1
3	V-112	Vaporizer	1
2	L-111	Pompa Metanol	1
1	F-110	Tangki Metanol	1
No	Kode	Nama Alat	Jumlah
Digambar oleh : AJIDANNOR (H1D14003) HAIRULLAH (H1D14029) Diperiksa oleh : Dr. AGUS MIRWAN, S.T., M.T. (19760819 200312 1 001)			
FLOWSHEET PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METANOL DAN UDARA MELALUI PROSES METAL OXIDE CATALYST MENGGUNAKAN KATALIS IRON MOLYBDENUM OXIDE KAPASITAS 50.000 TONTAHUN			
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARBARU 2018			

No	Komponen	Neraca Massa (kg/jam)																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	CH ₃ OH	2620,7476	3275,6946	2620,7476	655,13691	655,13691	2620,748	2620,748	-	-	-	-	-	-	2620,7476	363,9642	363,9642	-	3,639642	365,27456	365,27456	365,27456	2432,777	2798,05
2	H ₂ O	3,9367265	4,9209082	3,9367265	0,9841816	0,9841816	3,936727	3,936727	-	-	-	-	-	-	3,9367265	1179,35	1179,35	3,1376883	-	1182,4826	1182,4826	1182,4826	-	1182,48
3	O ₂	-	-	-	-	-	-	-	687,943	-	687,94296	687,94296	687,943	687,94296	2446,4189	2446,4189	-	-	2446,4189	-	-	-	-	-
4	N ₂	-	-	-	-	-	-	-	2591,68	-	2591,6783	2591,6783	2591,6783	2591,68	53233,07	53233,07	-	-	53233,073	-	-	-	-	-
5	CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,447795	26,447795	-	-	26,447795	2335,8808	2335,8808	2335,8808	-	-
6	HCHO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2359,4756	2359,4756	-	-	23,594726	-	-	-	-
7	Pamular	-	-	-	-	-	-	-	0,98418	0,984182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	2624,4844	3280,6055	2624,4844	656,12109	656,12109	2624,484	2624,484	3280,61	0,984182	3279,6213	3279,6213	3279,6213	3279,621	5904,1056	59613,726	59613,726	3,1376883	55733,224	3883,6379	3883,6379	3883,6379	2432,777	6316,42

Gambar 2. Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik Formaldehid dari Metanol dan Udara Melalui Proses Oksidasi Menggunakan Katalis Iron Molybdenum Oxide dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

Proses pembuatan formaldehid dilakukan melalui beberapa tahap yaitu :

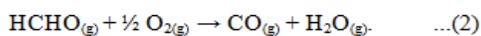
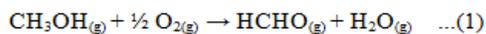
a. Persiapan Bahan Baku

Umpan pertama yaitu udara dari lingkungan dengan temperatur 30°C pada tekanan 1 atm dilewatkan melalui filter udara kemudian diumpankan menggunakan *blower* menuju *heater* udara sehingga temperturnya naik menjadi 340°C kemudian tekanannya diturunkan menggunakan *expander* sehingga sesuai dengan tekanan operasi reaktor yaitu 1,3 atm.

Umpan kedua yaitu metanol dari tangki penyimpanan diumpankan menggunakan pompa menuju *vaporizer* untuk diubah fasenya dari cair menjadi fase gas pada suhu 64,7°C. Sedangkan kondensatnya diumpankan menuju *cooler* untuk diturunkan suhunya menjadi 30°C untuk diumpankan kembali menuju *mixing point* metanol. Kemudian metanol fase gas diumpankan menuju *heater* untuk dinaikkan suhunya menjadi 340°C kemudian diturunkan tekanannya menggunakan *expander* sebelum dicampur dengan udara untuk diumpankan menuju reaktor *fixed bed multitube*.

b. Pembentukan Produk

Metanol mengalami reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehid didalam reaktor yang berlangsung pada temperatur 250-400°C dengan tekanan \pm 1,3 atm. Reaksi ini bersifat karena melepas sejumlah panas selama reaksi berlangsung sehingga meningkatkan temperatur reaktor. Sehingga untuk mencegah kenaikan temperatur diperlukan media pendingin untuk menyerap panas selama proses berlangsung. Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



c. Pemurnian Produk

Tahap pemurnian produk bertujuan untuk memisahkan larutan formaldehid dari gas CO, N₂, O₂, sedikit HCHO dan CH₃OH untuk diambil sebagai produk. Keluaran dari reaktor kemudian diturunkan temperturnya menggunakan *cooler* untuk diumpankan menuju absorber. Absorber bekerja berdasarkan sifat kelarutan dimana metanol dan

formaldehid larut dalam air. Keluaran absorber kemudian diturunkan temperturnya menjadi 30°C untuk diumpankan menggunakan pompa menuju tangki pencampuran untuk dihasilkan formaldehid kadar 37% yang kemudian disimpan di tangki penyimpanan.

Reaksi pembentukan formaldehid jika ditinjau berdasarkan tinjauan termodinamika, maka dapat disimpulkan suatu reaksi bersifat endotermis atau eksotermis dengan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 3. Data ΔH_f° pada temperatur 298 K (Coulson, 2005)

Komponen	ΔH_f° (kJ/kmol)
CH ₃ OH	-201,3
H ₂ O	-242
O ₂	0
N ₂	0
CO	-110,62
HCHO	-115,97

Perhitungan entalpi pada temperatur 298 K

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -28728,62 - (-16155,18)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -12573,437 \text{ kJ/kmol}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa reaksi pembentukan formaldehid bersifat eksotermis ditandai dengan nilai ΔH_f yang negatif.

Reaksi pembentukan formaldehid merupakan reaksi yang memiliki orde 1 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$(-dC_A/dt) = kC_A$$

$$(-dC_A/C_A) = kdt ; \text{ diintegrasikan menjadi}$$

$$\ln C_{A0} - \ln C_A = kt$$

$$k = (\ln C_{A0} - \ln C_A)/t$$

$$k = (\ln (0,00013) - \ln (0,00013(1-0,98)))/13,928$$

$$k = 0,281 \text{ s}^{-1}; \text{ maka}$$

$$-r_A = kC_A$$

$$-r_A = 0,281C_A$$

Sehingga laju reaksi pembentukan formaldehid adalah 0,281C_A. Berdasarkan perhitungan *mass balance* reaktor, komposisi masuk dan keluar reaktor dapat dilihat sebagai berikut.



Tabel 4. Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Masuk	Keluar
	Arus 14 (kg/jam)	Arus 15 (kg/jam)
CH ₃ OH	2620,54764	368,9641979
H ₂ O	3,93672655	1179,346869
O ₂	3756,168587	2446,419
N ₂	53233,07253	53233,07
CO	0	26,44779517
HCHO	0	2359,475581
Total	59614	59614

3. Utilitas

Sumber air untuk pabrik formaldehid diperoleh dari sungai Nyerakat dengan debit air 4.725 m³/detik. Pembangkit listrik utama menggunakan generator memanfaatkan bahan bakar *diesel oil* diperoleh dari PT. Pertamina dan sebagian kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang diperlukan dalam operasi pabrik formaldehid dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. Kebutuhan Utilitas Pabrik Formaldehid

Kebutuhan	Jumlah
Steam	8313,241 kg/jam
Air	13.266,1 m ³ /hari
Listrik	138,293 kW
Bahan Bakar	3,28 liter/jam

4. Analisis Ekonomi

Data harga bahan baku dan produk pada pabrik formaldehid dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 6. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/kg)
Metanol	6.887
Iron Molybdenum Oxide	213.810
Formaldehid	35.000

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik formaldehid dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 7. Total Biaya Pabrik Formaldehid

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	206.523.512.556
WC	114.409.253.186
TCI	336.819.189.784
TPC	636.979.086.399

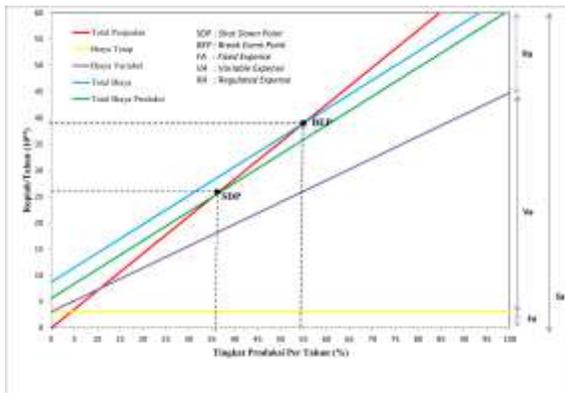
Pabrik dapat dikategorikan potensial untuk didirikan atau tidak dapat diketahui dengan berbagai macam analisa. Beberapa analisa tersebut adalah *Percent Profit on Sales (POS)*, *Percent Return On Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Net Present Value (NPV)*, *Interest Rate of Return (IRR)*, *Break Even Point (BEP)*, dan *Shut Down Point (SDP)*. Hasil analisa ekonomi pabrik formaldehid dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 8. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	15,78%	Min. 11%	Layak
POT	3,88 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	54,81%	40-60%	Layak
SDP	35,43%	20-40%	Layak

Return on investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan suatu perusahaan berdasarkan tingkat investasi yang telah diinvestasikan. *Pay out time (POT)* adalah waktu pengembalian modal yang telah dikeluarkan berdasarkan keuntungan yang dicapai oleh perusahaan. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Event Point (BEP)* adalah titik impas (suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung atau tidak rugi). *Shut down point* adalah titik dimana saat penentuan suatu kegiatan produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense (Fa)* dibandingkan harus produksi. Penyebabnya banyak berbagai faktor antara lain karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit) atau bisa juga karena *variable cost* yang terlalu tinggi (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik formaldehid dapat dilihat pada gambar berikut.





Gambar 2. BEP dan SDP Pabrik Formaldehid Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Hasil analisa perhitungan pada Prarancangan Pabrik Formaldehid dari Metanol dan Udara melalui Proses Oksidasi Menggunakan Katalis *Iron Molybdenum Oxide* diperoleh kesimpulan kapasitas rancangan pabrik direncanakan 50.000 ton/tahun. Perusahaan yang direncanakan adalah berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Bentuk organisasi yang direncanakan adalah *line* dan staf dengan jumlah karyawan yang dibutuhkan 203 orang. Pabrik terletak di Kabupaten Bontang, Provinsi Kalimantan Timur dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 29.790 m². Kelayakan pendirian pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor hasil perhitungan analisis ekonomi, yaitu didapatkan nilai ROI 15,78%, POT 3,88 tahun, BEP 54,81% dan SDP 35,43%. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa pabrik formaldehid ini layak dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik

Daftar Pustaka

- Aries, R.S and Newton, R.D. (1995). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York : Mc. Graw Hill Book Company Inc.
- BPS. (2018). *Ekspor dan Impor Formaldehid*. <http://www.bps.go.id/> [Accessed 17 Agustus 2018]
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., (2005). *Chemical Engineering, Vol 6*, Pergamon Internasional Library, New York.
- Gerberich, H. R., & Seaman, G. C. (2000). *Formaldehyde*. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 1-22.
- Hartoto, D.I. (2010). *Chronotone and Abiotic Ecological Connectivity in Lake Loa Kang Floodplain, East Kalimantan*. Bogor : Research Centre for Limnology, Indonesian Institute of Science.
- Misran, E. (2001). *Simulasi Dua Dimensi Reaksi Oksidasi Metanol Menjadi Formaldehid Pada Reaktor Unggun Tetap*.
- Sanjaya, S. W. (2015). *Analisis Strategi Bersaing CV Haninda Eka Muda*. Agora, 3(2), 600-604.
- UNComtrade. (2017). *Formaldehyde : Export Import*. <http://comtrade.un.org/> [Accessed 3 Agustus 2018]



