

PRARANCANGAN PABRIK UREA FORMALDEHID DENGAN PROSES D.B. WESTERN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Alfian^{1*}, Rahman Hakim¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: alfian.af78@gmail.com

Abstrak

Urea formaldehid adalah senyawa hasil dari proses kondensasi antara urea dan formaldehid serta termasuk ke dalam jenis resin *polymer*. Urea formaldehid merupakan resin yang memiliki sifat tidak mudah larut serta memiliki ketahanan terhadap keasaman dan kebasaan. Perusahaan ataupun konsumen yang memanfaatkan urea formaldehid sebagai *main raw material* dan juga *support raw material* terus meningkat. Urea formaldehid sering dipakai dalam banyak aplikasi seperti bahan perekat (61%), papan memiliki densitas sedang (27%), peningkatan ketahanan kayu (5%) dan *laminat* (7%) pada produk mebel serta jenis produk lainnya.

Proses pembuatan urea formaldehid diawali dengan menguapkan metanol sebagai umpan di reaktor *fixed bed multitube* yang direaksikan dengan udara untuk menghasilkan formaldehid dengan bantuan katalis *iron molybdenum oxide*. Suhu di reaktor sebesar 240 °C dengan tekanan 1,2 atm. Hasil keluaran reaktor kemudian diumpankan menuju absorber agar terjadi proses absorpsi formaldehid dengan menggunakan larutan urea sehingga menghasilkan urea formaldehid. Formaldehid diumpankan ke absorber dimana kondisi operasi dalam absorber tersebut memiliki suhu 77 °C dengan tekanan 10 atm. Urea formaldehid yang terbentuk kemudian disimpan didalam tangki penyimpanan. Kapasitas produksi urea formaldehid sebesar 20.000 ton/tahun dengan 330 hari pabrik beroperasi selama 1 tahun serta mulai beroperasi dari tahun 2024. Direncanakan pendirian pabrik berlokasi pada wilayah Bontang, Kalimantan Timur dengan luas area 35.328,8 m². Pegawai diperlukan sejumlah 120 orang dan bentuk perusahaan merupakan Perseroan Terbatas (PT) yang memiliki bentuk organisasi *line* dan juga staf. Kebutuhan utilitas diambil dari sungai Nyerakat sebanyak 2.544.105 kg/hari. Sedangkan kebutuhan listrik untuk operasional pabrik sebesar 911,842 kW.

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, didapat angka *Return on Investment* (ROI) *after tax* pada pabrik ini sebesar 29,01%, *Pay Out Time* (POT) *after tax* didapat selama 2,44 tahun. Sedangkan angka *Break Even Point* (BEP) didapatkan persentase 42,68% dan *Shut Down Point* (SDP) didapatkan persentase 20,06%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa pabrik ini bisa dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik. Sehingga bisa dinyatakan pendirian pabrik ini layak dari sisi ekonomi.

Kata Kunci: formaldehid, urea, urea formaldehid, *break event point* dan *shut down point*

1. Pendahuluan

Sebagai negara berkembang, Indonesia banyak melakukan pengembangan dan pembangunan di berbagai sektor. Diantaranya adalah sektor industri kimia. Saat ini kebutuhan bahan-bahan kimia di Indonesia masih bergantung dengan impor dari luar negeri. Salah satu bahan kimia yang di impor dari luar negeri adalah urea formaldehid. Nilai impor yang tinggi mengakibatkan berkurangnya devisa negara. Pendirian pabrik urea formaldehid merupakan suatu usaha untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia di Indonesia

khususnya urea formaldehid. Selain dapat mengurangi nilai impor yang berdampak dalam penghematan devisa negara, pendirian pabrik ini juga dapat membuka lapangan pekerjaan. Berdirinya pabrik ini dapat berpotensi untuk didirikannya pabrik lain yang menggunakan produk hasil pabrik ini untuk di proses menjadi produk baru, sehingga perkembangan industri kimia di Indonesia menjadi lebih baik dan membuat kebutuhan bahan kimia di Indonesia dapat terpenuhi tanpa impor dari luar negeri. Selain memenuhi





kebutuhan dalam negeri diharapkan pendirian pabrik ini dapat menambah nilai ekspor Indonesia.

Urea formaldehid adalah resin hasil reaksi formaldehid dan urea. Resin ini merupakan resin *thermosetting* yang mempunyai sifat tidak dapat leleh dan tidak dapat larut, tahan terhadap basa dan asam basa (Pani, 2011). Pemanfaatan urea formaldehid dalam industri biasanya adalah sebagai bahan *adhesif* (61%), papan fiber berdensitas medium (27%), *hardwood polywood* (5%) dan laminasi (7%) pada produk *furniture*, panel dan lain-lain. Produk urea formaldehid dapat disimpan dalam bentuk padat dan dalam bentuk cair. Penyimpanan dalam bentuk padat akan mempermudah dalam transportasi dan pengiriman. Namun jika disimpan dalam bentuk padatan membutuhkan biaya produksi tambahan sehingga harganya akan lebih mahal jika dibandingkan dengan urea formaldehid yang disimpan dalam bentuk cair.

Kebutuhan urea formaldehid di Indonesia akan terus meningkat seiring dengan perkembangan perindustrian di Indonesia dimana banyak konsumen menggunakan bahan baku dari urea formaldehid. Data impor urea formaldehid yang masuk di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1 (BPS, 2014-2018):

Tabel 1. Impor Urea Formaldehid di Indonesia Tahun 2014-2018

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2014	12.322	0
2	2015	12.780	3,58
3	2016	14.572	12,30
4	2017	13.636	-6,86
5	2018	16.734	18,51
Pertumbuhan Rata-rata			5,51

Impor urea formadehid di Indonesia akan terus meningkat seiring perkembangan industri kimia di

Tabel 3. Jenis-Jenis Proses Sintesis Formaldehid

No.	Parameter	Proses			
		Hidrokarbon	ICDRM	CCM	D.B. Western
1	Katalis	H ₃ BO ₃ atau H ₃ PO ₄	Ag	Ag	Fe ₂ Mo ₃ O ₁₂
2	Umur Katalis	-	3 – 8 bulan	3 – 8 bulan	12 – 18 bulan
3	Suhu	430 – 480 °C	590 – 650 oC	600 – 650 oC	240 – 400 oC
4	Tekanan	7 – 20 atm	-	-	1 – 1,5 atm
5	Konversi	34 – 36%	77 – 78%	-	99 %
6	Waktu Tinggal	3,5 detik	0,85 detik	-	0,1 – 0,3 detik

Indonesia. Pabrik urea formaldehid yang beroperasi di Dunia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pabrik Urea Formaldehid di Dunia

No.	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Georgian-Pacific	USA	424.100
2	Dynea	USA	406.000
3	Borden Chemical	USA	338.400
4	La Porte	USA	362.900
5	JSC Metafrax	Rusia	620.000

Berdasarkan data di atas dapat diperkirakan jumlah impor Urea Formaldehid pada tahun 2024 yang dihasilkan dari perhitungan secara *discounted* dengan menggunakan persamaan (Ulrich, 1984):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1)$$

Hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dari data urea formaldehid pada tahun 2014 sampai 2018 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik urea formaldehid yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 20.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan impor.

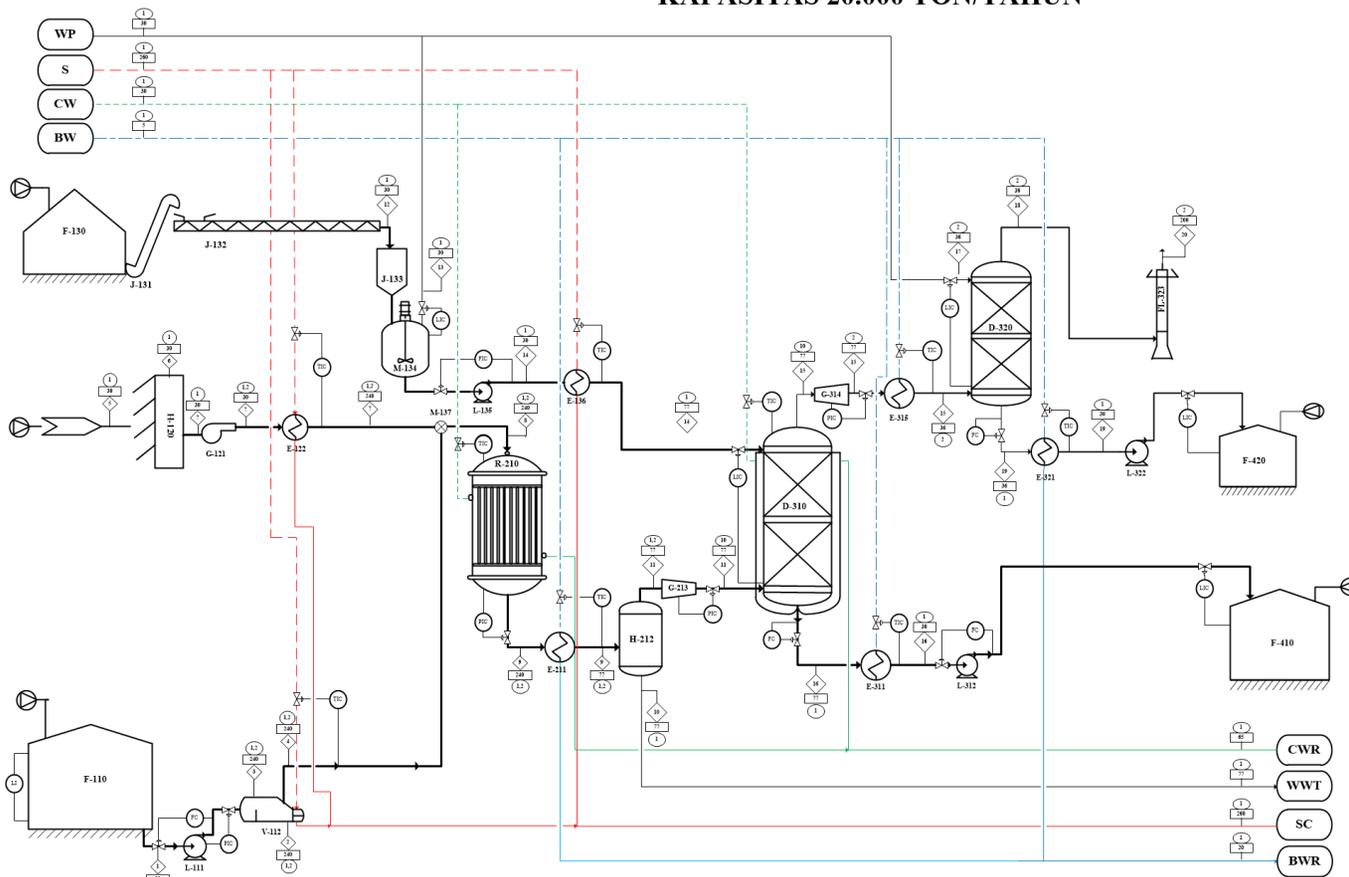
2. Deskripsi Proses

Urea formaldehid disintesis dengan tiga bahan baku utama yaitu urea, metanol dan udara. Proses pembuatan urea formaldehid diawali dengan pembentukan formaldehid fase gas pada reaktor. Kemudian formaldehid tersebut diabsorpsi di absorber menggunakan larutan urea sehingga terbentuk larutan urea formaldehid.

Berikut adalah perbandingan proses pembuatan formaldehid yang bisa dilihat pada Tabel 3.



FLOW DIAGRAM PROCESS PRARANCANGAN PABRIK UREA FORMALDEHID DENGAN PROSES D.B. WESTERN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



Komponen	Neraca Massa (Kg/Jam)																			
	Araus																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CH ₃ OH	1277,954	319,488	1597,442	1277,954	0	0	0	1277,954	12,780	0,000	12,780	0	0	0	10,996	1,784	0	0	10,996	0
H ₂ O	1,920	0,480	2,400	1,920	0	0	0	1,920	756,280	756,280	0	7,953	352,543	360,496	0	360,496	46,104	0	46,104	0
O ₂	0,000	0,000	0,000	0	2811,498	0	2811,498	2811,498	2140,956	0	2140,956	0	0	0	2140,956	0	0	2140,956	0	2103,000
N ₂	0	0	0	0	10591,719	0	10591,719	10591,719	10591,719	0	10591,719	0	0	0	10591,719	0	0	10591,719	0	10591,719
Partikulat	0	0	0	0	4,022	-4,022	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0	0	0	0
CO	0	0	0	0	0	0	0	0	66,422	0	66,422	0	0	0	66,422	0	0	66,422	0	0
HCHO	0	0	0	0	0	0	0	0	1114,935	0	1114,935	0	0	0	33,448	0	0	0	0	33,448
CO(NH ₂) ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1081,487	0	1081,487	0,000	0	0	0	0	0
UFC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	2162,973	0	0	0	0
CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0	0	0	104,377
Total	1279,874	319,968	1599,842	1279,874	13407,239	4,022	13403,217	14683,090	14683,090	756,280	13926,812	1089,440	352,543	1441,983	12843,540	2525,253	46,104	12799,096	90,548	12799,096

KETERANGAN		
Aliran Proses	Aliran Proses	Aliran Proses
Brine Water	Brine Water Return	Nomor Aliran
Cooling Water	Cooling Water Return	Temperature (°C)
Steam	Steam Condensate	Tekanan (atm)
Water Process	Waste Water Treatment	Bahan Baku
Flow Control	Flow Indicator Control	Temperature Indicator Control
Level Indicator	Level Indicator Control	Pressure Indicator Control

No	Code	DESCRIPTION	Unit
19	F-103	TANGKI PENYIMPANAN FORMALDEHID	1
18	F-400	TANGKI PENYIMPANAN UREA FORMALDEHID	1
17	FL-301	FLAZA	1
24	L-302	POIPA FORMALDEHID	1
17	E-315	COOLER I	1
18	D-310	ABSORBER II	1
19	E-314	COOLER III	1
22	G-312	EXPANDER	1
21	L-302	POIPA UREA FORMALDEHID	1
20	E-311	COOLER II	1
19	D-310	ABSORBER I	1
18	G-313	KOMPRESOR	1
17	R-312	SEPARATOR	1
14	E-311	COOLER I	1
15	R-310	REAKTOR	1
14	M-317	MOTOR PUMP	1
13	E-310	PREHEATER	1
12	L-301	POIPA LARUTAN UREA	1
11	M-316	METER	1
10	A-313	ABSORBER	1
9	E-311	HEAT EXCHANGER	1
8	J-310	BUCKET ELEVATOR	1
7	F-100	GUDANG UREA	1
6	E-312	HEATER I	1
5	G-311	BOILER	1
4	R-310	FILTER UDAMA	1
3	V-311	VALVE	1
2	L-311	POIPA METANOL	1
1	F-110	TANGKI PENYIMPANAN METANOL	1
NO	CODE	NAMA ALAT	JUMLAH

Digambar Oleh : (HDI18047)
RAHMAN HAKIM (HDI18043)
Diperiksa Oleh : (19701113200032003)
PROF. IRYANTI FATMASARI NATA, S.T., M.T., Ph.D

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2020

Gambar 1. Process Flow Diagram Pembuatan Urea Formaldehid Proses D. B Western Kapasitas 20.000 Ton/Tahun



Berikut beberapa tahapan dalam proses pembuatan urea formaldehid:

a. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Metanol diuapkan dan dipanaskan sampai suhu 240 °C. Kemudian udara bebas dilewatkan ke filter udara untuk menghilangkan partikulat agar didapatkan udara bersih. Udara bersih kemudian dipanaskan sampai suhu 240 °C. Metanol dan udara kemudian dialirkan bersama menuju reaktor *fix bed multitube*. Urea diangkut menggunakan *bucket elevator* dan *screw conveyor* menuju *hopper*, kemudian diumpkan ke *mixer* untuk dicampurkan dengan air sampai konsentrasi urea 75% berat.

b. Tahap Sintesa Produk

Sintesa formaldehid terjadi dengan meraksikan metanol dan oksigen pada reaktor *fix bed multitube* dengan suhu 240 °C dan pada tekanan 1,2 atm. Metanol mengalami reaksi oksidasi menjadi formaldehid. Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gas keluaran reaktor kemudian didinginkan suhunya menjadi 77 °C. Selanjutnya fase gas yang mencair karena pendinginan dipisahkan melalui separator. Lalu gas dinaikkan tekanannya sampai 10 atm. Kemudian gas diumpkan ke bagian bawah absorber bersamaan dengan larutan urea yang diumpkan melalui bagian atas absorber sehingga terbentuk urea formaldehid. Adapun reaksi yang terjadi pada absorber sebagai berikut:



c. Tahap Penanganan Produk

Larutan urea formaldehid kemudian didinginkan sampai suhu 30 °C kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan produk. Gas formaldehid yang tidak terserap pada absorber 1 kemudian diumpkan ke dalam absorber 2 bersama air sehingga terbentuk larutan formaldehid 37% dan disimpan di dalam tangki penyimpanan dengan suhu 30 °C sebagai produk samping. Gas sisa yang tidak terserap

dialirkan menuju *flare* untuk dibakar menjadi gas karbon dioksida sebelum dilepaskan ke udara.

Reaksi pembentukan formaldehid merupakan reaksi orde 1 dengan nilai $k = 2,0246 \times 10^6 \times e^{-16904,53/RT}$ dengan konversi sebesar 99% (Makertihartha, 2001). Adapun persamaan kecepatan reaksi adalah sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A \quad \dots (5)$$

Berikut merupakan neraca massa reaktor dan absorber 1 berupa komposisi masuk dan keluar, dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Kemudian didinginkan menggunakan *rotary cooler* sampai

Tabel 4. Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Masuk	Keluar
	Arus 8 (kg/jam)	Arus 9 (kg/jam)
CH ₃ OH	1277,954	12,780
H ₂ O	1,920	756,280
O ₂	2811,498	2140,956
N ₂	10591,719	10591,719
CO	0	66,422
HCHO	0	1114,935
Total	14683,090	14683,090

Tabel 5. Neraca Massa Absorber 1 (D-310)

Komponen	Masuk			Keluar
	Arus 11 (kg/jam)	Arus 14 (kg/jam)	Arus 15 (kg/jam)	Arus 16 (kg/jam)
CH ₃ OH	12,780	0	10,996	1,789
H ₂ O	0	360,496	0	360,496
O ₂	2140,956	0	2140,956	0
N ₂	10591,719	0	10591,719	0
CO	66,422	0	66,422	0
HCHO	1114,935	0	33,448	0
CO(NH ₂) ₂	0	1081,487	0	0
UFC	0	0	0	2162,973
Subtotal	13926,810	1441,982	12843,540	2525,253
Total	15368,792		15368,792	

3. Utilitas

Kebutuhan untuk pemenuhan suplai air di pabrik, direncanakan menggunakan air kawasan dari sungai Nyerakat. Suplai listrik utama pada pabrik ini menggunakan generator memanfaatkan bahan bakar *diesel oil*. Kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan pada pabrik urea formaldehid dapat dilihat pada Tabel 6.





Tabel 6. Kebutuhan Utilitas Pabrik Urea Formaldehid

Kebutuhan	Jumlah
Steam	3455,456 kg/jam
Air	106004,400 kg/jam
Listrik	911,842 kW
Bahan Bakar	160,909 kg/jam

4. Analisis Ekonomi

Daftar harga bahan baku dan produk pada prarancangan pabrik urea formaldehid dapat dilihat pada Tabel 7:

Tabel 7. Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Metanol	6.887
Urea	1.584
Fe ₂ Mo ₃ O ₁₂	377.000
Urea Formaldehid	46.000
Formaldehid 37%	30.000

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik urea formaldehid dapat dilihat Tabel 8.

Tabel 8. Total Biaya Pendirian Pabrik Urea Formaldehid

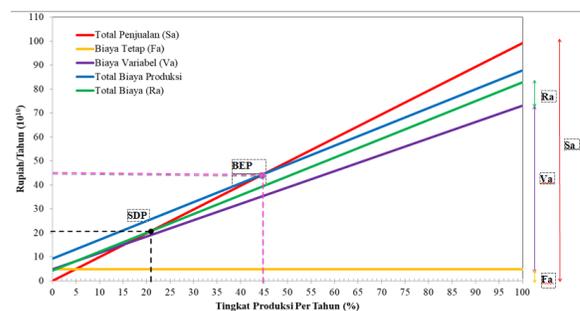
Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	220.454.419.207,42
WC	168.619.721.350,01
TCI	404.820.884.786,53
TPC	818.612.795.716,18

Analisa ekonomi diperlukan untuk mengetahui potensi dan kelayakan suatu pabrik didirikan dan beroperasi. Beberapa cara untuk menganalisa kelayakan sebuah pabrik dari segi ekonomi antara lain adalah dinilai dari persentase keuntungan dalam penjualan atau *Percent Profit On Sales* (POS), persentase investasi kembali atau *Percent Return On Investment* (ROI), waktu pengembalian modal atau *Pay Out Time* (POT), titik biaya produksi dan penghasilan sama atau *Break Even Point* (BEP), dan titik penentuan diberhentikannya produksi atau *Shut Down Point* (SDP). Berikut hasil analisa ekonomi pabrik urea formaldehid setelah pajak dapat dilihat pada Tabel 9:

Tabel 9. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	29,01%	Min. 11%	Layak
POT	2,44 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	42,68%	40-60%	Layak
SDP	20,06%	20-40%	Layak

Percent Return On Investment (ROI) merupakan tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari suatu investasi yang dikeluarkan. Waktu pengembalian modal atau *Pay Out Time* (POT) adalah seberapa lama waktu yang diperlukan agar modal yang dikeluarkan dapat kembali berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Break Even Point* (BEP) merupakan suatu titik yang menunjukkan total biaya yang diperlukan untuk suatu aktivitas produksi mempunyai jumlah yang sama dengan penghasilan yang didapat. Hal ini menunjukkan bahwa suatu pabrik berada pada titik tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point* (SDP) adalah suatu keadaan dimana suatu aktivitas produksi lebih baik dihentikan dikarenakan aktivitas tersebut tidak dapat menghasilkan keuntungan bahkan penghasilan yang didapat tidak mampu menutupi biaya regular yang harus dikeluarkan pada waktu yang telah ditentukan. Hal tersebut dapat disebabkan antara lain karena keputusan manajemen yang kurang tepat yang mengakibatkan tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi sehingga aktivitas tersebut tidak menghasilkan keuntungan (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik urea formladehid dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Urea Formaldehid Kapasitas Produksi 20.000 Ton/Tahun





5. Kesimpulan

Pabrik urea formaldehid yang didirikan direncanakan mempunyai kapasitas produksi sebanyak 20.000 ton/tahun. Pabrik direncanakan didirikan di Kota Bontang, Kalimantan Timur pada tahun 2024. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan bentuk organisasi yaitu *line* dan staf. Jumlah karyawan yang diperlukan yaitu 120 orang. Pabrik didirikan dengan luas tanah sebesar 35.328,8 m². Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sesudah pajak sebesar 29,01%, POT sesudah pajak sebesar 2,44 tahun, BEP sebesar 42,68%% dan SDP sebesar 20,06%. Berdasarkan analisa tersebut bisa disimpulkan bahwa prarancangan pabrik urea formaldehid ini mempunyai kelayakan untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Allyn, C.L, James C.M. and Robert. C.M. 1977. Continous Process For The Productions Of Aqueous Urea-Formaldehyde Solutions.US Patent.
- Aries, R. S and Newton, R. D. 1995. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: Mc Graw Hill.
- BPS. (2019). *Ekspor dan Impor Komoditi Urea Formaldehid*.
<http://www.bps.go.id/>
Diakses tanggal 06 Mei 2019.
- Depkes. 2002. Standar Kualitas Air Bersih.
- Makertihartha, dkk. 2001. *Kinetics of Methanol Oxidation to Formaldehyde Over Fe/Mo/O Catalyst*. Department of Chemical Engineering. Bandung: ITB.
- Pani, Intan. 2011. *Polimer Urea Formaldehid*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

