

PRARANCANGAN PABRIK MONOBASIK KALIUM PHOSPHATE DARI ASAM FOSFAT DAN KALIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 4.500 TON/TAHUN

Muhammad Hasan Albanna*, Rian Nugraha Putra

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

*Corresponding Author: hasanalbana13@gmail.com

Abstrak

Prarancangan Pabrik Monobasik Kalium Phosphate (MKP) dari Asam Fosfat dan Kalium Hidroksida dengan kapasitas 4.500 ton/tahun direncanakan untuk didirikan di Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 53.000 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari/tahun dengan jumlah karyawan 125 orang.

Proses reaksi pembentukan MKP dalam pabrik ini berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan konversi 99% pada kondisi operasi temperatur 80°C dan tekanan 1 atm selama 1 jam. Proses pemurnian produk menggunakan alat evaporator dan Spray Dryer. Utilitas terdiri dari kebutuhan air, steam, listrik, bahan bakar, dan pengolahan limbah. Dimana kebutuhan air diperoleh dari Sungai Kalimas yang terdapat di wilayah sekitar pabrik, sedangkan listrik bersumber dari PLN daerah setempat dengan satu buah cadangan generator berkapasitas 6000 kW dan membutuhkan bahan bakar solar sebanyak 600,922 liter/jam.

Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa bahwa Percent Return On Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 21% dan ROI sesudah pajak sebesar 13%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 3,27 tahun dan POT sesudah pajak adalah 4,27 tahun. Nilai Break Even Point (BEP) sebesar 49,97% kapasitas dan Shut Down Point (SDP) sebesar 25,95% kapasitas. Berdasarkan data-data analisa di atas dapat disimpulkan, bahwa Pabrik Monobasik Kalium Phosphate dari Asam Fosfat dan Kalium Hidroksida dengan kapasitas 4.500 ton/tahun ini layak dikaji ulang untuk didirikan.

Kata kunci : Monobasik Kalium Phosphate (MKP), asam fosfat, kalium hidroksida, RATB, Spray dryer.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan industri di Indonesia khususnya industri kimia, cenderung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Salah satu bahan baku yang diperlukan adalah Monobasik Kalium Phosphate (MKP). Senyawa MKP dapat digunakan sebagai pupuk untuk memenuhi kebutuhan nutrisi siklus pertumbuhan. Kelebihan senyawa ini diantaranya memiliki kadar Fosfor dan Kalium yang tinggi sehingga dapat disuplai untuk tanaman lebih banyak, disamping itu kemudahannya mengurai dalam air lebih besar sehingga distribusinya sebagai makanan tanaman lebih baik

Dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat semakin mudah dalam mendapatkan produk MKP, memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meningkatkan ekspor, sehingga mampu menambah devisa negara. Disamping itu, berdirinya pabrik ini diharapkan dapat mengurangi jumlah impor sehingga meringankan biaya produksi yang berakibat langsung pada penurunan harga produk. Selain itu

juga dapat membuka lapangan kerja baru dan dapat mendorong lebih berkembangnya industri kimia di Indonesia.

Bahan baku yang digunakan pada pabrik ini adalah asam fosfat dan kalium hidroksida. Bahan baku asam fosfat dapat didatangkan dari PT.Petrokimia Gresik yang memiliki kapasitas 200.000 ton/tahun, sedangkan bahan baku kalium hidroksida dapat diperoleh dari PT. Aneka Kimia Inti Surabaya, Jawa Timur

Tabel 1 Kebutuhan Impor MKP di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2010	2.936,128	0
2	2011	3.454,876	0,1501
3	2012	4.124,325	0,1623
4	2013	4.076,48	-0,0117
5	2014	6.055,107	0,3268
6	2015	6.184,425	0,0209
7	2016	4.981,927	-0,2414
Pertumbuhan Rata-rata			0,0581





Pabrik ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2020. Perkiraan konsumsi dalam negeri pada tahun 2020 (m_5) dapat dihitung dengan metode perhitungan *discounted*:

$$m_5 = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad \dots(1.2)$$

Jadi perkiraan kebutuhan Indonesia akan MKP pada tahun 2020 adalah sekitar 5.000 ton/tahun. Adapun prarancang pabrik ini akan dibangun sebesar 90% dari kebutuhan MKP di Indonesia pada tahun 2020, yaitu sebesar 4.500 Ton/tahun. Pabrik ini merupakan pabrik MKP pertama di Indonesia sehingga diharapkan kapasitas tersebut dapat memenuhi konsumsi kebutuhan MKP dalam negeri.

Pabrik MKP direncanakan berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi berdasarkan letak yang dekat dengan sumber bahan baku, ketersediaan lahan yang cukup, dan fasilitas transportasi yang mendukung. Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas dengan total karyawan sebanyak 125 orang.

2. Deskripsi Proses

Proses produksi MKP dapat dilakukan dengan dua macam berdasarkan bahan baku yang digunakan, yaitu diproduksi dari H_3PO_4 dan KOH serta H_3PO_4 dan KCl. Perbandingan proses produksi MKP:

Tabel 2 Perbandingan Proses Produksi MKP

Parameter	Proses	
Bahan baku	$H_3PO_4 + KOH$	$H_3PO_4 + KCl$
Temperatur	80 °C	265 °C
Tekanan	1 atm	1 atm
Konversi	99%	60%
Produk samping	H_2O	HCl
Aspek lingkungan	Tidak menghasilkan limbah, karena produk samping berupa H_2O sehingga dapat dimanfaatkan kembali -	• Suhu yang tinggi mampu menghasilkan asap serta limbah produk samping HCl yang terbuang mampu mencemari lingkungan

Dari kedua aspek tersebut, maka dipilih proses pembuatan dari H_3PO_4 dan KOH.

MKP diproduksi dalam tiga tahap, yaitu :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses pembuatan MKP dilakukan dengan mencampurkan antara asam fosfat dengan kalium hidroksida, dimana kalium hidroksida padat yang ditampung oleh *solid storage* dimasukkan ke dalam *dissolution tank* untuk diencerkan hingga konsentrasi 45 % dan dipanaskan menggunakan *heater* hingga suhu 80 °C. Sementara itu asam fosfat yang memiliki konsentrasi 90 % dari *storage tank* juga diumpangkan menggunakan pompa ke dalam *heater* untuk dipanaskan hingga suhu 80 °C. Kemudian kedua larutan tersebut dimasukkan ke dalam reaktor.

2. Tahap Pembentukan Produk

Reaksi antara kalium hidroksida dan asam fosfat merupakan reaksi eksotermis, reaksi yang terjadi pada reaktor sebagai berikut:



Kondisi operasi pada reaktor tersebut memiliki temperatur sebesar 80 °C dengan tekanan 1 atm dan konversi 99%. Pengontrolan reaksi dilakukan dengan waktu tinggal dalam reaktor selama 1 jam agar hasil produk optimal.

3. Tahap Pemurnian dan pengepakan

Produk keluaran reaktor yang berupa KH_2PO_4 dan H_2O serta bahan baku KOH dan H_3PO_4 yang tidak bereaksi akan mengalir melalui bagian bawah reaktor, yang selanjutnya akan masuk ke *homogenizer*. Pada *homogenizer* produk akan diaduk agar MKP mendekati jenuh dan untuk menyamakan ukuran partikel keluaran dari reaktor. Kemudian *feed* diumpangkan ke dalam evaporator lalu diumpangkan ke dalam *spray dryer* menggunakan pompa, *spray dryer* berfungsi untuk menguapkan air dan mengeringkan *slurry* sampai kering.

Zat padat kering yang keluar dari *spray dryer* digabungkan dengan partikel-partikel yang keluar dari *cyclone separator* menuju *ball mill*, sedangkan gas akan naik ke bagian atas *cyclone separator* dilepaskan untuk di saring menggunakan *bag filter* yang kemudian dibuang ke udara. Zat padat yang keluar dari *spray dryer* dan *cyclone separator* akan jatuh menuju *ball mill* dan digiling hingga berukuran 600 *mesh* sehingga lolos ayak pada *screening*. Padatan yang tidak lolos *screen* akan *direct cycle* kembali menuju *ball mill* menggunakan *bucket*



elevator, sedangkan padatan yang lolos screen kemudian dialirkan menggunakan *pneumatic conveyor* menuju ke *solid storage*.

Reaksi pembentukan MKP merupakan reaksi orde 2 dengan perhitungan sebagai berikut (Fogler):

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$$

$$k \cdot C_{A0}^2 (1 - X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)$$

$$\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_{A0}^2 (1 - X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)$$

$$C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k \cdot C_{A0}^2 (1 - X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)$$

$$\frac{dX_A}{dt} = k \cdot C_{A0} (1 - X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)$$

diintegrasikan menjadi :

$$t = \frac{1}{k \cdot C_{A0} (1 - X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)} dX_A$$

$$k = \frac{1}{t \cdot C_{A0}} \ln \frac{1}{C_{A0} (1 - X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)}$$

$$= 0.2389 \ln \frac{1}{0.0326}$$

$$= 0,8180 \text{ L/mol jam}$$

$$= 818,0052 \text{ L/Kmol jam}$$

maka,

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

$$= 818,0052 \times 0,00004 \times 0,010$$

$$= 0,0003 \text{ kmol/L.jam}$$

sehingga, laju reaksi pembentukan MKP adalah sebesar 0,0003 kmol/L.jam.

Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk dan keluar reaktor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Komposisi Masuk dan Keluar Reaktor

Komponen	Aliran Masuk (kg/jam)	Aliran Masuk (kg/jam)	Aliran Keluar (kg/jam)
KOH	434,198	-	201,709
H ₃ PO ₄	-	410,076	4,101
KH ₂ PO ₄	-	-	563,839
H ₂ O	530,493	72,3664	677,483
K ₂ CO ₃	9,648	-	9,648
Subtotal	973,341	482,442	1.456,783
TOTAL		1.456,783	1.456,783

Daftar harga bahan baku dan produk dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (per kilogram)
KOH	Rp 1.778
H ₃ PO ₄	Rp 606
KH ₂ PO ₄	Rp 2.626

Sumber : sigmaldrich.com

3. Utilitas

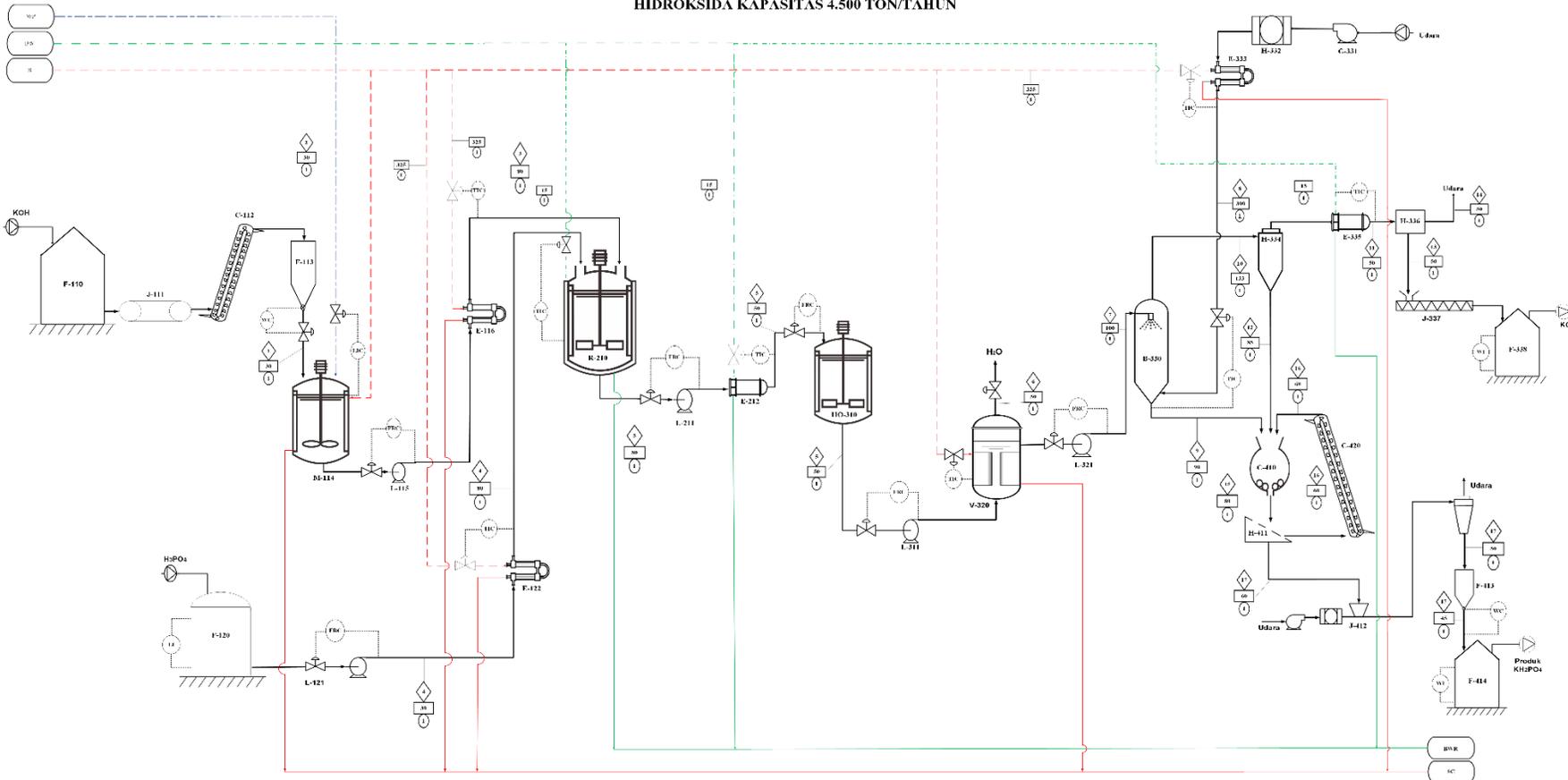
Utilitas merupakan penunjang unit utama untuk memperlancar jalannya proses produksi pada suatu pabrik untuk menyediakan kebutuhan steam dan brine water, listrik serta air. Sumber air untuk pabrik MKP diperoleh dari sungai Kalimas dengan kapasitas 226,763 m³/hari dan luas sungai sekitar 11.800 km². Kebutuhan rutin yang diperlukan dalam kegiatan operasi pabrik MKP dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Kebutuhan Utilitas Pabrik MKP

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Steam	109,1172
Cooling water	590,2782
Brine water	3.982,3031
Bahan bakar	528,8117



FLOW DIAGRAM PROCESS
PRARANCANGAN PABRIK MONOBASIK KALSIUM PHOSPHATE DARI ASAM FOSFAT DAN KALSIUM
HIDROKSIDA KAPASITAS 4.500 TON/TAHUN



Komponen	Neraca massa(kg/jam)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
KH₂PO₄	-	-	-	410,0762	563,8399	-	563,8399	-	33,8304	33,8304	0,0338	33,7966	0,0338	-	575,0822	11,2761	563,8061
H₂PO₄	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0870	-	-	-	-	-	-	-	-
KOH	434,1984	-	434,1984	-	201,7097	-	201,7097	-	4,0342	197,6755	197,6103	0,0652	-	-	-	-	-
H₂O	38,5054	491,8985	530,4939	72,3664	677,4837	670,7089	6,7748	-	6,7748	-	-	-	-	6,7748	-	-	-
K₂O	9,6489	-	9,6489	-	9,6489	-	9,6489	-	0,1930	9,4559	9,4528	-	-	-	-	-	-
UDARA	-	-	-	-	-	-	-	-	574,6734	574,6734	574,6734	-	-	-	574,6734	-	-
TOTAL	482,4426	491,8985	974,3411	482,4426	1486,7838	670,7089	786,0749	524,6224	38,1396	281,7562	742,8123	33,8662	211,1151	531,3972	579,5465	11,3636	568,1818

LEGENDA	
Simbol Proses	Simbol Proses
Pompa	Kontrol Suhu
Katup	Temperatur %
Silo	Silo (Sedimentasi)
Filter	Silo (Sedimentasi)
Blower	Silo (Sedimentasi)
Conveyor	Silo (Sedimentasi)
Silo	Silo (Sedimentasi)
Kontrol Suhu	Silo (Sedimentasi)

NO	KODE	NAMA ALAT	JMLAH
32	F-414	GDANG PRODUK MKP	1
31	F-413	BUK	1
30	J-412	PENJAMATU CONVEYOR	1
29	C-420	BUCKET ELEVATOR	1
28	H-411	SCREENING	1
27	C-410	BALI MILI	1
26	F-338	GDANG PRODUK KOH	1
25	F-337	SCREW CONVEYOR	1
24	H-336	BAG FILTER	1
23	F-335	COOLER CYCLONE	1
22	H-334	CYCLONE	1
21	L-333	FILTER UDARA	1
20	H-332	FILTER UDARA	1
19	G-331	BLOWER UDARA	1
18	B-330	SPRAY DRYER	1
17	L-321	POMPA EVAPORATOR	1
16	B-320	EVAPORATOR	1
15	I-311	POMPA HOMOGENIZER	1
14	H0-310	HOMOGENIZER	1
13	E-212	COOL FR REAKTOR	1
12	L-211	POMPA REAKTOR	1
11	R-210	REAKTOR	1
10	F-122	HEATER ASAM FOSFAT	1
9	L-121	POMPA ASAM FOSFAT	1
8	F-120	TANGKI ASAM FOSFAT	1
7	E-116	HEATER KOH	1
6	L-115	POMPA KOH	1
5	M-114	DISSOLUTION TANK/MIXER	1
4	F-113	HOPPER KOH	1
3	C-112	BUCKET ELEVATOR	1
2	J-111	BELT CONVEYOR KOH	1
1	F-110	GDANG KOH	1
NO	KODE	NAMA ALAT	JMLAH

Dikerjakan Oleh :

Muhammad Hasan Alhamza (1111413029)

Rian Nugraha Putra (111113205)

Dosen Pembimbing :

MUTHIA ELMA, S.T., M.Sc., Ph.D
 NIP. 19740512 200212 2 003

PRARANCANGAN PABRIK MONOBASIK KALSIUM PHOSPHATE DARI ASAM FOSFAT DAN KALSIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 4.500 TON/TAHUN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS KAMBING BANGKALAY
 BANGKALAY
 2017

Gambar 1 Flow Diagram Process Prarancangan Pabrik Monobasik Kalium Phosphate Dari Asam Fosfat Dan Kalium Hidroksida Kapasitas 4.500 Ton/Tahun

4. Analisis Ekonomi

Pabrik MKP memerlukan modal dengan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8 Jumlah Biaya Pendirian Pabrik MKP

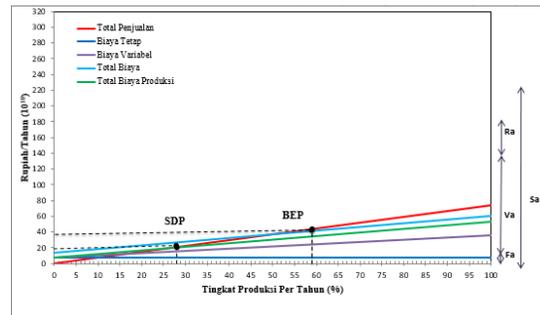
Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	453.789.891.549
TPC	602.416.427.242
TCI	586.539.230.097
WC	101.453.483.959

Layak atau tidaknya perancangan pabrik untuk dibangun dapat diketahui melalui analisa ekonomi. Dikatakannya sehat suatu pabrik jika dapat memberikan keuntungan yang layak bagi perusahaan. Beberapa faktor yang harus ditinjau dalam menganalisa kelayakan pendirian pabrik antara lain *percent return on investment (ROI)*, *pay out time (POT)*, *interest rate of return (IRR)*, *break event point (BEP)* dan *shut down point (SDP)*.

Tabel 9 Analisis Ekonomi

Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Ket
ROI	13%	Minimal 11%	Layak
POT	4,27 th	Maksimal 5 th	Layak
IRR	13,33%	> 12%	Layak
BEP	49,97%	40% - 60%	Layak
SDP	25,95%	20%-40%	Layak

ROI merupakan tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan (Alimah, 2013). Jika semakin besar nilai persentasenya, maka keadaan suatu perusahaan semakin baik (Simamora, 2002). POT adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai (Alimah, 2013). IRR adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh pengeluaran modal. Pabrik dikatakan layak jika nilai IRR lebih besar dari bunga bank (Haryadi, 2012). SDP adalah suatu titik penentuan aktivitas produksi dihentikan karena tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (Sari, 2016). Grafik kelayakan analisis ekonomi pabrik MKP dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik SDP dan BEP Pabrik MKP Kapasitas 4.500 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan prarancangan pabrik monobasik dari asam fosfat dan kalium hidroksida kapasitas 4.500 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa pabrik layak untuk dibangun. Kelayakan pembangunan pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor hasil perhitungan analisis ekonomi, yaitu didapatkan nilai ROI 13%, POT 4,27 tahun, IRR 13,33%, BEP 49,97% dan SDP 25,95%.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. New York: Mc.Graw Hill Book Company Inc.

Badan Pusat Statistik. 2017. www.bps.go.id

Binur Muharis, 0715041029 (2014) Pra Rancangan Pabrik Kalium Hidroksida Dari KCl Dan Air Dengan Proses Elektrolisis Kapasitas 20.000 Ton/Tahun (Perancangan Double Effect Evaporator (EV-301/2)). Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Bird, R.B., dkk. 1960. Transport Phenomena. New York: McGraw-Hill, Inc.

Brown, G. G et all. 1950. Unit Operations. New York : John Wiley & Sons, Inc.

Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design", John Willey and Sons Inc., New York.

Considine, Douglas M. 1985. Instruments and Controls Handbook 3rd Edition. USA: Mc.Graw-Hill, Inc.

Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. Chemical Engineering Design Volume 6. Department of Chemical Engineering: Butterworth-Heinemann.

Evans, F.L., 1980. Equipment Desig Handbook, Volume 2. Gulf Publishing Company. London.





- Fogler, H. S. 1999. Elements of Chemical Reaction Engineering, 3rd ed., Prentice Hall. India.
- Geankoplis, Christie John. 2003. Transport Processes and Unit Operation Third Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Glover, William B. 2004. Selecting Evaporators for Process Applications. AIChE.
- Gordon, M, Fair, 1968, Water and Waste Water Engineering vol 2, John Wiley & Sons Inc, New York.
- Hesse, H.C. 1945. Process Equipment Design. New Jersey: D. Van Nostrand Company, Inc.
- Himmeblau, David M and James B.Riggs. 2004. Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Seventh Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Hugot, E. 1986. Handbook Of Cane Sugar Engineering, 3rd Edition. Elsevier Science. New York.
- Joshi, M.V. 1976. Process Equipment Design. New Delhi: Mc Millan Company.
- Kern, D.Q., 1965, "Process Heat Transfer", McGraw Hill Book Company Inc., New York.
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1981. Encyclopedia of Chemical Engineering Technology. New York: John Wiley and Sons Inc.
- McCabe, W.L., dkk. 1993. Unit Operations of Chemical Engineering, 5th ed Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database: CID=1004, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1004> (diakses 6 Februari 2017).
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database: CID=14797, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14797> (diakses 6 Februari 2017).
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=516951, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/516951> (diakses 6 Februari 2017).
- Perry, Robert H and Don W Green. 1997. Perry's Chemical Engineering Handbook. New York: McGraw-Hill.
- Rase, H.F. 1961. Chemical Reactor Design for Process Plant, 1thed. U.S.A: John Wiley and Sons, Inc.
- Smith, J.M, H.C Van Ness and M.M Abbott. 2005. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition. New York: Mc Graw Hill.
- Speight, J. G. 2002. Chemical and process design handbook. New York: McGraw-Hill.
- Sutarto. 2002. Dasar-dasar Organisasi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Timmerhaus, Klaus D and Max S.P. 1991. Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition. Singapore: Mc Graw Hill.
- Treyball, R.E., 1981, "Mass Transfer Operation", 3rd edition, McGraw Hill Book Company, Tokyo.
- Ullmann. 2003. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 6th Edition. Wiley-VCH : New York.
- Ullman's, Barbara Elvers. 1992. Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A19. German: VCH.
- Ulrich, G.D. 1984. A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. New York: John Wiley and Sons.
- Walas, Stanley M., 1990. "Chemical Process Equipment Selection and Design. Butterworth-Heinemann, New York.

