

**PRARANCANGAN PABRIK METANOL
DARI BATUBARA DENGAN PROSES GASIFIKASI
KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN**



TUGAS AKHIR

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Disusun Oleh :

**ANGGIE FATIMAH ASOKAWATI
D500 12 2003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA**

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK METANOL DARI BATUBARA DENGAN PROSES
GASIFIKASI KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

ANGGIE FATIMAH ASOKAWATI
D 500 122 003

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen
Pembimbing



Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D.

NIK. 683

HALAMAN PENGESAHAN

PRARANCANGAN PABRIK METANOL DARI BATUBARA DENGAN PROSES
GASIFIKASI KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN

Oleh :

ANGGIE FATIMAH ASOKAWATI
D 500 122 003

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu....., 22 October..... 2016.

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D. (.....*gmys*.....)
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D. (.....*herry*.....)
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Haryanto AR, M.S. (.....*haryanto*.....)
(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono M.T., Ph.D
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang telah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Sragen, 3 November 2016

Penulis



ANGGIE FATIMAH ASOKAWATI

D 500 122 003

PRARANCANGAN PABRIK METANOL DARI BATUBARA DENGAN PROSES GASIFIKASI KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Abstrak

Pabrik metanol dengan bahan baku sintesis gas dari batubara kapasitas 100.000 ton/tahun direncanakan beroperasi 330 hari per tahun. Proses pembuatan metanol dilakukan dalam reaktor *fixed bed*. Reaksi berlangsung pada fase gas dan eksotermis dengan kondisi operasi non adiabatik pada suhu 200⁰C dan pada tekanan 48 atm. Pabrik ini digolongkan beresiko tinggi karena kondisi operasi di atas tekanan atmosferis.

Kebutuhan batubara sebesar 12.626,262 kg/jam. Produk berupa metanol sebesar 9.097,242 kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air diperoleh dari sungai Kapuas, Kalimantan Barat, penyediaan *steam* dari boiler dengan bahan bakar solar, kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan 1 buah generator set 500 kW sebagai cadangan yang berbahan bakar solar. Pabrik ini didirikan di Rasau, Kalimantan Barat, Indonesia, pada tahun 2025 dengan luas 28.575 m² dan jumlah karyawan 159 orang.

Hasil analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik metanol diperoleh *fixed capital investment* (FCI) sebesar Rp 149.619.846.137 dan *working capital* (WC) sebesar Rp 88.799.730.394. Dari analisa kelayakan diperoleh hasil *return on investment* (ROI) sebelum dan setelah pajak 44,82% dan 31,37%. *Pay Out Time* (POT) sebelum dan setelah pajak 1,82 dan 2,42 tahun. *Break Even Point* (BEP) 42,05%, *Shut Down Point* (SDP) 22,65% dan *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 30,28%. Hasil analisa ekonomi menyimpulkan bahwa pabrik metanol dari batubara dengan proses gasifikasi kapasitas 100.000 ton/tahun **layak** untuk didirikan.

Kata kunci: metanol, batubara, proses gasifikasi

Abstract

Methanol plant with raw material from gas synthesis of coal capacity 100.000 ton/years operated 330 days per years. Methanol manufactured process using fixed bed reactor. Reaction on fixed bed reactor occur gas phase, and

exothermic, with operation condition non adiabatic at temperatur 200⁰C and pressure 48 atm. This industry include kind of high risk because operate above atmospheric pressure.

Coal demand as much as 12.626,262 kg/hours. The product is methanol as much as 9.097,242 kg/hours. Utility process include water supply from river (Kapuas, West Kalimantan), steam supply from boiler with diesel fuel, electricity needs supplied by PLN and 1 generator set 500 kW as stand-by with diesel fuel. This plant is established in Rasau, West Kalimantan, Indonesia, on 2025, with land area 28.575 m² and employees 159 people.

The results of the economic analysis of the obtained methanol plant pradesign fixed capital investment (FCI) of Rp 149.619.846.137 and working capital (WC) Rp 88.799.730.394. Feasibility analysis results obtained from the return on investment (ROI) before tax after tax 44,82% and 31,37%. Pay Out Time (POT) before and after- tax 1,82 and 2,42 of years. Break Even Point (BEP) 42,05%, Shut Down Point (SDP) of 22,65% and a Discounted Cash Flow (DCF) of 30,28%. The results of the economic analysis concluded that the methanol plant from coal with gasification process capacity of 100.000 ton/year is feasible to set.

Keywords : methanol, coal, gasification process

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Dewasa ini, semua sektor industri diarahkan pada penggunaan teknologi yang minim polusi dan hemat biaya operasional. Di Indonesia, perkembangan industri kimia berkembang cukup pesat. Seiring perkembangan industri kimia di Indonesia, mengakibatkan kebutuhan metanol (CH₃) yang merupakan bahan baku serta bahan penunjang industri kimia mengalami peningkatan. Namun Indonesia masih mengimpor bahan baku atau produk industri kimia dari negara lain.

Metanol merupakan bahan kimia yang diperlukan baik dalam negeri maupun luar negeri, di Indonesia sendiri konsumsi kebutuhan metanol cukup banyak, berikut tabel jumlah kebutuhan metanol di Indonesia :

Tabel 1.1.1 Data Kebutuhan Metanol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan metanol (kg)
2009	580.874.058
2010	760.436.057
2011	798.109.815
2012	822.124.029
2013	996.766.181

(BPS, 2013)

Berdasarkan data kebutuhan metanol diatas, mengakibatkan kebutuhan akan impor metanol akan mengalami kenaikan tiap tahunnya. Bahan baku yang dapat dijadikan metanol adalah gas alam dan batubara. Untuk Indonesia, persediaan akan gas alam memiliki cadangan 170 TSCF dimana cadangan ini diperkirakan akan dapat memenuhi kebutuhan sampai 59 tahun kedepan (www.datacon.co.id). Melihat kasus seperti itu, pemerintah membatasi kegiatan exploitasi dan penggunaan gas alam, supaya tidak cepat habis.

Batubara di Indonesia sangat melimpah, ketersediaan batubara di Indonesia mencapai 120.338 juta ton dan cadangan sebesar 28.017 juta ton (Kementrian ESDM, 2013). Jumlah tersebut tersebar di wilayah Indonesia, yaitu Sumatera dan Kalimantan, merupakan 2 wilayah yang memiliki sumber dan cadangan batubara terbesar diantara daerah lainnya. Secara total, sumber daya dan cadangan di daerah Sumatera dan Kalimantan, masing – masing mencapai 72.879 juta ton dan 49.526 juta ton (prokum.esdm.go.id). Dari jumlah sumber daya batubara tersebut, sebanyak 1% adalah batubara yang memiliki kalori yang sangat tinggi, 10% batubara yang berjenis kalori tinggi, 67% batubara berjenis kalori sedang, 22% batubara berjenis kalori rendah (Sukandarrumidi, 2005). Batubara yang ada di Indonesia dikatakan termasuk golongan bersih karena memiliki kandungan sulfur yang rendah (<1%) dan kandungan abu <5% (prokum.esdm.go.ig), sehingga tidak terlalu mencemari lingkungan.

Pemanfaatan batubara secara umum saat ini cenderung kurang maksimal, karena batubara hanya digunakan sebagai sumber energi pembakaran. Dan dilihat dari harga batubara jenis kualitas rendah tersendiri cenderung murah, USD 0.015 pada bulan Agustus 2016 (www.tambang.com), dan harga metanol USD 0,40 pada bulan Agustus 2016 (www.methanex.com).

1.2 Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas produksi metanol, didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan produk metanol di Indonesia.
2. Ketersediaan bahan baku.
3. Kapasitas pabrik metanol yang sudah ada

1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Metanol di Dalam Negeri

Dilihat dari data impor (Tabel 1.2.1), ternyata untuk jumlah volume metanol yang diimpor mengalami kenaikan tiap tahunnya. Jumlah metanol diperkirakan akan terus bertambah, dikarenakan kebutuhan akan metanol oleh pabrik – pabrik lain yang memproduksi senyawa turunannya.

Tabel 1.2.1 Data Impor Metanol di Indonesia

Tahun	Impor metanol (kg)
2000	59.420.790
2001	57.576.136
2002	48.287.349
2003	57.935.536
2004	81.290.748
2005	46.591.876
2006	29.992.713
2007	63.674.486
2008	63.293.031
2009	63.102.359
2010	192.223.851
2011	275.947.247
2012	242.825.368
2013	418.467.520

(BPS, 2013)

Di Indonesia terdapat dua pabrik metanol yang cukup besar, yaitu :

1. Medco Metanol Bunyu

Kapasitas produksi dari pabrik Medco Metanol Bunyu sendiri yaitu 330.000 ton/tahun. Sedangkan untuk penyediaan dalam negeri 297.000 ton/tahun.

2. Kaltim Metanol Industri

Kapasitas produksi dari pabrik Kaltim Metanol Industri sendiri yaitu 660.000 ton/tahun. Sedangkan penyediaan dalam negeri 260.000 ton/tahun.

Sehingga total produksi dalam negeri sebesar 990.000 ton/tahun.

1.2.2 Kapasitas Pabrik Metanol yang Sudah Ada

Berdasarkan pada pertimbangan – pertimbangan ini, maka ditetapkan kapasitas rancangan pabrik metanol adalah 100.000 ton metanol per tahun yang akan didirikan pada tahun 2025 dengan alasan sebagai berikut :

1. Dapat memberikan keuntungan dari segi ekonomi, karena dapat menambah kapasitas produksi metanol yang telah berdiri
2. Mengantisipasi pabrik yang telah beroperasi meningkatkan kapasitas produksinya

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun kelangsungan hidup pabrik tersebut. Pemilihan lokasi yang tepat dapat memberikan keuntungan yang maksimal. Adapun faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang dibangun, diantaranya faktor primer dan faktor sekunder.

1.4 Tinjauan Pustaka

Batubara merupakan batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen, serta pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama. Sehingga batubara dapat dikatakan sebagai bahan bakar fosil. Unsur utama yang terkandung dalam batubara adalah karbon, hidrogen, dan oksigen. Secara umum, batubara digolongkan menjadi 5 tingkatan (berdasarkan urutan kualitasnya) yaitu antrasit, bituminus, sub-

bituminus, lignit, *peat* (gambut). Sedangkan penggolongan batubara berdasarkan nilai kalorinya dibagi menjadi 3 golongan, yaitu sebagai berikut :

Tabel 1.4.1 Golongan Batubara Berdasarkan Nilai Kalori

Golongan	Nilai Kalor (kkal/kg)	Jenis
Kualitas Tinggi	± 8300	Antrasit
Kualitas Menengah	7000 - 8000	Bituminus
Kualitas Rendah	6000	Sub-Bituminus
	1500-4500	Lignit

(Sukandarrumidi, 2005)

1.4.1 Macam – macam Proses

Ada beberapa proses pembuatan metanol :

1. Proses Pembuatan metanol dengan penyulingan kayu

Dalam pembuatan metanol adalah menggunakan penyulingan kayu (*wood distillation*), dimana proses ini menggunakan panas untuk memproduksi arang dan metanol dari kayu, setelah kayu dipanaskan, perlahan kayu tersebut terbakar dan melepaskan gas metanol. Gas tersebut lalu dikondensasikan untuk didapatkan metanol cair (Mc Ketta, 1983).

2. Oksidasi Hidrokarbon

Proses ini menggunakan senyawa hidrokarbon sebagai bahan baku utama. Dalam proses oksidasi parsial hidrokarbon, didapatkan produk yang mengandung gas parafin adalah metanol, formaldehyde, aseton, asetaldehid, aldehyd, keton, alkohol tingkat tinggi. Proses ini berjalan pada tekanan 20,27–30,4 bar dengan suhu 800⁰C, dengan menggunakan katalis nikel, paladium, tembaga, dan oksidasi dari logam – logam tersebut (Mc Ketta, 1983).

3. Proses Pembuatan Metanol dari Gasifikasi Batubara

Gas sintesis dapat diperoleh dari berbagai bahan baku, seperti batubara, limbah biomassa, limbah perkotaan. Pada pembuatan metanol, terdapat 2 langkah, yaitu :

a. Langkah pertama

Mengkonversi bahan baku menjadi gas sintesis yang terdiri atas CO, CO₂, H₂O, H₂. Biasanya dicapai oleh katalitik reforming gas umpan dan uap.

b. Langkah ke dua

Sintesis katalitik metanol dari gas sintesis.

Keuntungan dari proses ini adalah bahan baku mudah didapat, dan pemanfaatan batubara jenis kualitas rendah lebih optimal (www.metanol.org).

Dari beberapa proses yang tersedia, maka pemilihan proses yang dipandang cocok dari segi ketersediaan bahan baku dalam mencukupi proses jangka panjang adalah proses gasifikasi.

1.4.2 Kegunaan Produk

Metanol dapat disebut sebagai metil alkohol, *wood* alkohol, atau spirtus. Metanol adalah senyawa kimia yang memiliki rumus kimia CH₃OH yang merupakan alkohol yang paling sederhana. Berikut adalah beberapa bidang yang memanfaatkan metanol :

1. Bahan baku pembuatan formalin dan metil ester serta pelarut bahan kimia.
2. Campuran bahan anti beku pada air pendingin dan pembersih.
3. Bahan baku pembuatan MTBE (*Methyl Tertiary Butyl Ether*), yaitu bahan adiktif bahan bakar untuk memperbaiki proses pembakaran.
4. Metanol adalah bahan baku pembuatan dimetil eter, sebagai cairan aerosol dan dijadikan bahan campuran untuk pembuatan LPG.
5. Metanol kini sedang dikembangkan sebagai *fuel cell* untuk laptop, bahkan kendaraan.

2. METODE

2.1 Dasar Reaksi

Pembentukan metanol dengan proses gasifikasi batubara meliputi dua proses utama yaitu gasifikasi batubara dan metanol sintesis.

2.1.1 Gasifikasi Batubara

Proses gasifikasi karbon padat dari batubara maupun biomassa terjadi proses reaksi kimia yang menghasilkan karbon dan gas CO, CO₂, H₂, H₂O dan N₂ sebagai inert yang didapatkan dari reaksi – reaksi berikut :

Reaksi gasifikasi



Reaksi Boudouard



Water gas reaction



(Higman, 2008)

2.1.2 Water gas shift Reactor (WGSR)

Sedangkan pada *water gas shift reactor (WGSR)* reaksi yang terjadi adalah :



(Smith, 2010)

2.1.3 Metanol Sintesis (FBR)

Reaksi utama yang terjadi adalah sebagai berikut :



(Mc Ketta, 1988)

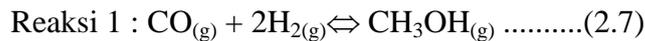
2.2 Kondisi Operasi

Reaksi utama yang menghasilkan produk metanol adalah reaksi fase gas, bersifat eksotermis dan kondisi reaksinya isothermal dan non-adiabatis. Reaksi berlangsung pada suhu 200⁰C dengan konversi pada reaksi ke-1 adalah 92% dan reaksi ke-2 adalah 59%.

2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat dan arah reaksi yaitu ekotermis/endotermis dan reversibel/irreversibel. Berikut adalah data reaksi utama (*FBR*) pembuatan metanol :

2.3.1 Metanol Sintesis (*FBR*)



Harga dari ΔH_f° masing – masing komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.3.1 Harga ΔH_f° dan ΔG_f°

Komponen	$\Delta H_f^\circ(298)$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ(298)$ (kJ/mol)
CO	-110,525	-137,168
H ₂ O	-241,83	-228,59
CO ₂	-393,509	-394,359
H ₂	0	0
CH ₃ OH	-201	-162,5

(Yaws, 1999)

Maka,

Reaksi 1

$$\begin{aligned} \Delta H_{R(298)}^\circ &= \sum \Delta H_{f(\text{produk})}^\circ - \sum \Delta H_{f(\text{reaktan})}^\circ \dots\dots\dots (2.9) \\ &= -90,475 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena harga $\Delta H_{R(298)}^\circ$ bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

Reaksi 2

Dengan persamaan 2.9, didapat nilai $\Delta H_{R(298)}^\circ = -93,321 \text{ kJ/mol}$

Karena harga $\Delta H_{R(298)}^\circ$ bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

Maka,

Reaksi 1

$$\begin{aligned} \Delta G_{R(298)}^\circ &= \sum \Delta G_{f(\text{produk})}^\circ - \sum \Delta G_{f(\text{reaktan})}^\circ \dots\dots\dots (2.10) \\ &= -25,332 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari Van Ness (1997), persamaan (15.14)

$$\begin{aligned}\ln K_{298} &= \left[\frac{-\Delta G^0_f}{TR} \right] \dots\dots (2.11) \\ &= \frac{-(-25,332) \frac{(\text{kJ})}{\text{mol}}}{298\text{K} \times 8,314 \frac{(\text{kJ})}{\text{mol}\cdot\text{K}}}\end{aligned}$$

$$K = 27556,67$$

Dari Van Ness (1997), persamaan (15.17)

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = \frac{-\Delta H^0_r}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref.}} \right) \dots\dots (2.12)$$

Pada suhu 200°C (473K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\ln \frac{K}{K_{298}} &= \frac{-\Delta H^0_r}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref.}} \right) \\ \ln \frac{K}{3.2234 \times 10^{27}} &= \frac{-(-90,475) \frac{(\text{kJ})}{\text{mol}}}{8,314 \frac{(\text{kJ})}{\text{mol}\cdot\text{K}}} \times \left(\frac{1}{473} - \frac{1}{298} \right) \\ K &= 2,7 \times 10^4\end{aligned}$$

Harga konstanta kesetimbangan $2,7 \times 10^4$, maka reaksi berlangsung searah ke kanan (*irreversible*).

Reaksi 2

Dengan persamaan 2.10, didapat nilai $\Delta G^0_{R(298)} = -5,27$ kJ/mol

Dengan persamaan 2.11, didapat nilai $K = 3,76$

Dengan persamaan 2.12, didapat nilai $K = 3,63$

Harga konstanta kesetimbangan 3,63, maka reaksi berlangsung searah ke kanan (*irreversible*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gasifier

Nama alat	:	Gasifier
Kode	:	R-101
Tipe	:	<i>Entrained Flow</i>
Jumlah	:	1
Temperatur (°C)	:	600
Tekanan (atm)	:	50
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA 213</i>
Tinggi (m)	:	4,790
Diameter (m)	:	4,500

Tebal <i>shell</i> (m)	:	0,005
Tebal <i>head</i> (m)	:	0,005
Tinggi <i>head</i> (m)	:	1,125
Volume (m ³)	:	94,031
Bahan isolasi	:	Blok serat mineral
Tebal isolasi (m)	:	0,150
Fungsi	:	Tempat pembentukan <i>syngas</i> dari batubara

3.2 FBR (Reaktor Sintesis Metanol)

Nama alat	:	FBR
Kode	:	R-103
Tipe	:	<i>Fixed Bed Multitube</i>
Jumlah	:	1
Temperatur (°C)	:	200
Tekanan (atm)	:	48
Bahan Konstruksi	:	<i>High allow steel SA 167 grade 3</i>
Tinggi (m)	:	7
Diameter (m)	:	3,5
Tebal <i>shell</i> (m)	:	0,005
Tebal <i>head</i> (m)	:	0,005
Tinggi <i>head</i> (m)	:	0,875
Volume (m ³)	:	75,728
Fungsi	:	Tempat pembentukan metanol mentah

3.3 Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau yang lebih dikenal dengan sebutan utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang proses produksi dalam pabrik. Unit pendukung proses yang terdapat di pabrik metanol meliputi unit penyediaan dan pengolahan air, unit pengadaan uap (*steam*), unit pengadaan udara tekan, unit pembangkit listrik dan unit pengadaan bahan bakar, unit pengolahan limbah.

3.4 Laboratorium

Laboratorium memiliki peranan penting di dalam suatu pabrik untuk memperoleh data – data analisa yang diperlukan. Datatersebut digunakan untuk evaluasi unit-unit yang ada, menentukan tingkat efisiensi, dan pengendalian mutu. Pengendalian mutu di suatu pabrik dilakukan dengan

tujuan mengendalikan mutu produk yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Pengujian yang dikendalikan mulai dari bahan baku, saat proses berlangsung, dan juga pada hasil atau produk. Pemeriksaan secara rutin dilakukan untuk mengetahui suatu proses berjalan normal atau menyimpang. Jika terdapat kendala, maka dengan mudah dapat diketahui dan diatasi.

4. PENUTUP

Analisis ekonomi bertujuan untuk memperkirakan kelayakan pendirian suatu pabrik jika ditinjau dari segi ekonomi. Analisa ini merupakan suatu evaluasi mengenai investasi untuk memperkirakan akan menguntungkan atau tidaknya pembangunan pabrik tersebut. Faktor penting dalam analisa ekonomi yaitu estimasi harga alat-alat proses dan pendukungnya karena akan digunakan sebagai dasar perhitungan.

Dari hasil evaluasi ekonomi yang telah dilakukan terhadap pabrik metanol dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pabrik metanol ini merupakan pabrik beresiko tinggi.
2. *Return of Investment* sebelum pajak (ROI_b) = 44,82 %, nilai ini diatas ROI_b minimum untuk pabrik kimia dengan tingkat resiko tinggi yaitu 44%.
3. *Pay Out Time* sebelum pajak (POT_b) = 1,82 tahun, bernilai dibawah POT_b maksimum untuk pabrik kimia dengan tingkat resiko tinggi yaitu 2 tahun.
4. *Break Even Point* (BEP) = 42,05 %, nilai ini berada pada kisaran BEP untuk industri kimia yaitu 40-60%, dengan *Shut Down Point* (SDP) = 22,65% .
5. *Discounted Cash Flow* (DCF) = 30,28%

Dengan memepertimbangkan hasil perhitungan evaluasi ekonomi diatas maka, Pabrik metanol kapasitas 100.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2014, *Plant Cost Index*, <http://www.chemengonline.com/pci-home>, diakses 22 Agustus 2016.
- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill International Book Company, New York.
- BadanPusatStatistik, 2013, *Ekspor dan Impor*, http://bps.go.id/all_newtemplate.php, diakses 20 Januari 2015.
- Higman, Cristoper & Marteen, 2008, *Gasification : Second Ed.*, Elsevier., UK
- Holman, J.P., 1994, *Perpindahan Kalor*, Ed. 6, Erlangga, Jakarta.
- [Http:// www.datacon.co.id/](Http://www.datacon.co.id/) diakses pukul 13.00 wib pada jumat, 3 April 2015.
- [Http:// www.esdm.go.id/](Http://www.esdm.go.id/) diakses pukul 15.45 wib pada jumat, 3 April 2015.
- <Http://www.metanol.org/> diakses pukul 10.14 wib pada sabtu, 4 April 2015.
- [Http:// prokum.esdm.go.id/](Http://prokum.esdm.go.id/) diakses pukul 15.00 wib pada jumat, 3 April 2015.
- Kaltim Metanol Industri, PT., 2015, *Spesifikasi Produk*, kaltimmethanol.com, diakses 21 Mei 2015.
- Kern, D.Q., 1965, *Process Heat Tranfer*, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1968, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., A Wiley Inter Science Publisher Inc., New York.
- Mc Ketta, J.J., and Cunningham, W.A., 1983, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Mc. Ketta, J.J., “*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*”, Marcell Dekker, New York, 1988.
- Methanol Market Service Asia*, 2015, *Kebutuhan Metanol*, www.methanolmsa.com, diakses 6 Juli 2015.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 2007, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 7th ed., McGraw Hill Book Company, Singapore.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and Westm R.E., 1981, *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Powell, S.T., 1954, *Water Conditioning for Industry*, 1st ed., McGraw-Hill Book Company, New York.

- Said, N.I., 2007, *Disinfeksi untuk Proses Pengolahan Air Minum*, Jakarta, Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Setiyono, 1999, *Sistem Pengelolaan Limbah B-3 di Indonesia*, <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuB3/B3.html>, diakses 19 Januari 2016.
- Smith, J.M., 2010, *Chemical Engineering Kinetic*, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Smith J.M. and Van Ness, H.J., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Sukandarrumidi, 2005, *Bahan Galian Industri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Treybal, R.E., 1981, *Mass Transfer Operations*, 3rd ed, Mc Graw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Ullman, 1989, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 7th ed., Wiley, United States.
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Book Company, New York.