

Prarancangan Pabrik Dimetil Eter dari Tandan Kosong Sawit (TKS) menggunakan Proses *Indirect Synthesis* dengan Disain Alat Utama Reaktor DME

Ruth E. M. Sinaga¹⁾, Panca Setia Utama²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293
Email : ruth.e5964@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The need for renewable energy increases with the number of business and process that require biogas and dimethyl ether as the raw material in the manufacturing process. Dimethyl ether is widely used as refrigerant, propellant in aerosol products, solvent, and extraction agent. The main raw materials used in manufacture of dimethyl ether by indirect synthesis process is palm empty fruit bunch. This plant is planned to operate for 330 days per year and work continuously for 24 hours/day with capacity of 50,000 ton/year which will be established in Dumai, Riau. The remaining time for 1 year of the operation process is used for shutdown, plant maintenance, maintenance and repair of equipment. The design of the main equipment in this plant is Dimethyl Ether fixed bed reactor which functions to generate dimethyl ether by methanol dehydration process. Reactor is operated at a pressure of 5 Bar and a temperature of 250 °C. The economic analysis on the design of this plant shows that the dimethyl ether plant from palm empty fruit bunch is feasible to be established with the profits that the plant gets after tax is Rp. 1,807,080,722/year and the plant's Payback Period (PBP) is 2.29 years.

Keywords: Dimethyl Ether, Economic Analysis, Empty Fruit Bunch, Plant Design

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar minyak di Indonesia sudah tidak seimbang dengan ketersediaan minyak bumi. Cadangan minyak bumi di Indonesia pada Januari 2018 adalah sebesar 7.51 milyar barel. Cadangan tersebut mengalami penurunan sebesar 0.02 milyar barel (0.29%) dibandingkan dengan cadangan minyak bumi pada Januari 2017 yang bernilai sebesar 7.53 milyar barel. Hal ini membuktikan bahwa minyak bumi masih menjadi kebutuhan yang utama di Indonesia. Selain ketersediaan minyak yang menurun, produksi LPG dari kilang gas dan minyak juga tidak mengalami kenaikan, sedangkan penjualannya terus mengalami peningkatan. Menurut data ESDM (2019), produksi LPG pada kilang minyak PT. Pertamina Dumai tahun 2019

mencapai 1156 Juta Ton Per Tahun (MTPA). Kapasitas ini tidak mengalami peningkatan sejak tahun 2015 yang disebabkan belum selesainya proyek pengembangan kilang minyak yang direncanakan sebelumnya.

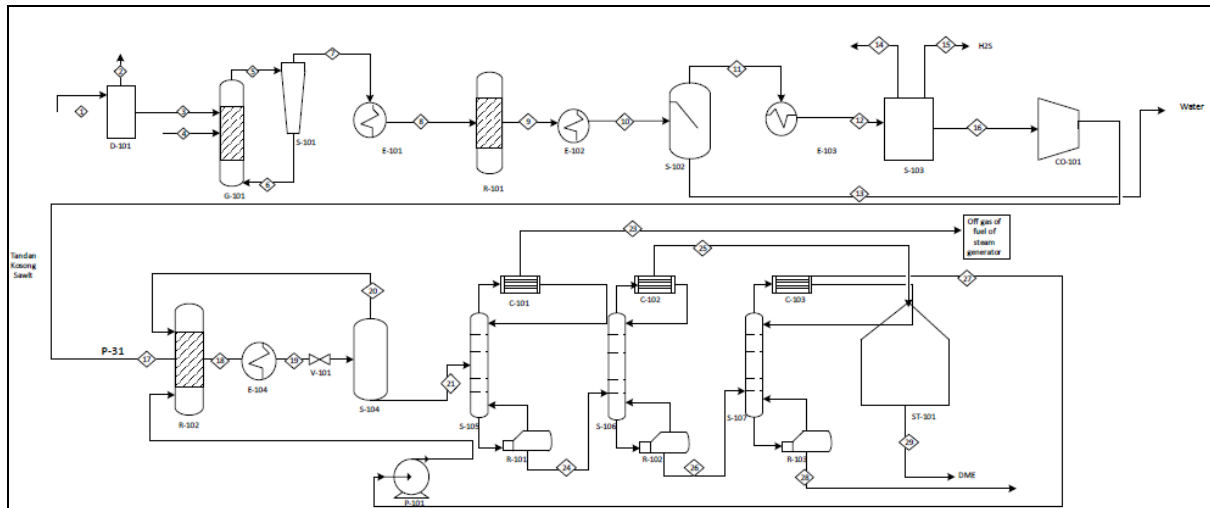
Untuk mencukupi kebutuhan minyak yang terus meningkat, pemanfaatan energi alternatif seperti biogas, biodiesel, dan biomassa terus dikembangkan, baik untuk pembangkit tenaga listrik, sebagai bahan bakar minyak, maupun sebagai pengganti LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Salah satu sumber energi alternatif yang potensial yaitu Dimetil Eter (DME). DME dapat dijadikan sebagai substitut LPG karena DME memiliki sifat-sifat dasar yang mirip dengan LPG (Wang *et al*, 2011).

Dimetil Eter diproduksi melalui proses sintesis dan dehidrasi metanol dari gas alam. Gas alam merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, sehingga muncul alternatif bahan baku lain yang bersifat *renewable*, salah satunya adalah biomassa. Pada tugas perancangan

pabrik ini biomassa yang digunakan adalah tandan kosong sawit (TKS).

2. DESKRIPSI PROSES

Pabrik Dimetil Eter dari tandan kosong sawit dirancang menggunakan proses *Indirect Synthesis*. *Flowsheet* proses pembuatan Dimetil Eter ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Flowsheet* Proses Pembuatan Dimetil Eter dengan Proses *Indirect Synthesis*

Sebelum proses gasifikasi, bahan baku biomassa harus di *pre-treatment* terlebih dahulu. Pada pabrik yang akan didirikan, digunakan unit proses berupa rotary drier yang bertujuan untuk mengurangi kadar air tandan kosong sawit. *Rotary drier* yang digunakan berbahan Carbon Steel (SA 285, Grade C) dengan diameter dalam 1,31 m dan tinggi 8,02 m. Proses *pre-treatment* bertujuan untuk mengatur ukuran EFB sehingga bahan memiliki ukuran yang sesuai sehingga dapat mengurangi kebutuhan energi di *gasifier* (Heryadi dkk., 2018). Setelah dikeringkan dan dicacah, tandan kosong sawit diproses pada unit *gasifier*.

Proses gasifikasi dilakukan di *gasifier Circulating Fluidized Bed* (CFB). *Gasifier* menggunakan *Steam*–Udara sebagai oksidan. Komposisi syngas sebagai hasil gasifikasi dihitung berdasarkan reaksi kesetimbangan. Proses diasumsikan isothermal selama reaksi gasifikasi. Dari CFB *gasifier*, *outlet syngas* didinginkan hingga 400°C, sebelum

memasuki reaktor *Water Gas Shift* (WGS) untuk menyesuaikan rasio H_2 / CO sama dengan 1 untuk persyaratan sintesis metanol.

Reaktor utama tempat terjadinya reaksi pembentukan Dimetil Eter adalah reaktor DME R-101 berjenis *fixed-bed multitube*. Kondisi operasi reaktor adalah suhu 250°C dan tekanan 5 bar, dengan reaktor setinggi 9,6 meter. Reaktor *fixed-bed* berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk *torispherical flanged dished head* berbahan dasar *Carbon steel SA-167 Grade 11 Type 316*.

3. DISAIN REAKTOR DME

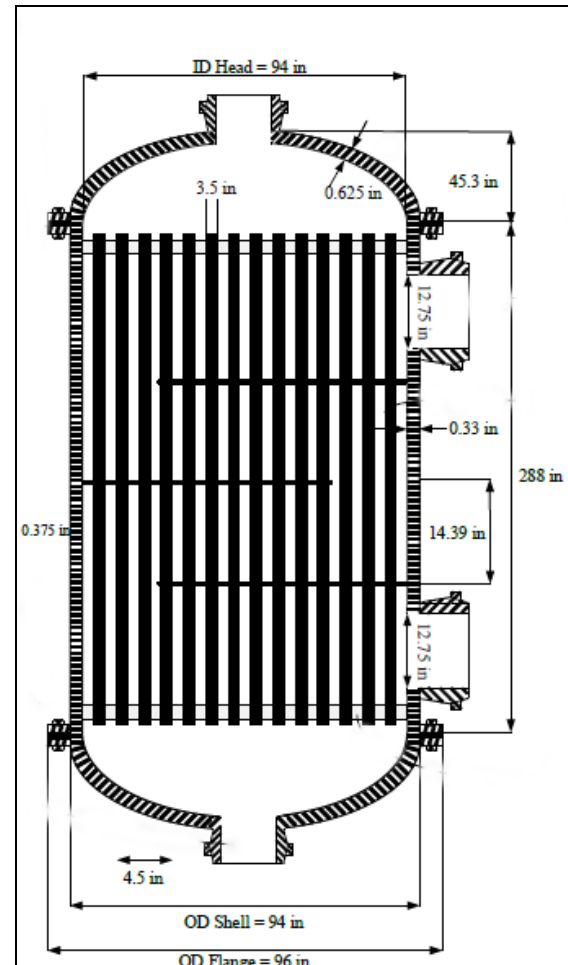
Reaktor DME didisain untuk mendehidrasi metanol menjadi produk utama yaitu Dimetil Eter. Jenis reaktor yang dirancang yaitu reaktor *fixed bed* silinder tegak dengan tutup atas bawah berbentuk *torispherical flanged dished head* berbahan dasar *Carbon steel SA-167 Grade 11 Type 316*. Adapun spesifikasi hasil perancangan Reaktor DME (R-102)

ditampilkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Reaktor DME

LEMBAR SPESIFIKASI			
Nama Alat	Reaktor DME	Kode Alat	R-102
Fungsi	Mendehidrasi Metanol menjadi Dimetil Eter		
Jenis	Fixed Bed		
KONDISI OPERASI			
Tekanan Operasi (Bar)			5
Temperatur Operasi (°C)			250
Laju Alir Umpan (Kg/jam)			3750
MATERIAL AND DESIGN			
Bahan			Carbon Steel SA-167 Grade 11
Tegangan diizinkan (f)			18750 psi
Efisiensei sambungan (E)			0,8
Faktor Korosi (C)			0,25 in
Diameter Dalam Shell ID (in)			94
Diameter Luar Shell OD (in)			96
Tinggi Shell (in)			288
MATERIAL AND DESIGN HEAD AND TUBE REACTOR			
Bahan			Carbon Steel SA-167 Grade 11
Jenis Head			Torispherical flanged dished head
Tebal Head (in)			0,5
Sf (in)			3,5
Icr (in)			3,25
Tinggi Head (in)			45,3
Susunan Tube			Triangular Pitch
Nominal Pipe Size (NPS)			1 in
Tinggi Tube (in)			287
Diameter Dalam Tube (IDt)			0,8
Jarak Pusat Tube (PT)			1.65 in

Adapun gambar design Reaktor DME (R-102) dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Design Reaktor DME

Spesifikasi disain mekanis Reaktor DME dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi Disain Mekanis Reaktor DME

MATERIAL AND DESIGN FLANGE, GASKET DAN BOLT	
Bahan Material Gasket	Soft Steel
Bahan Material Flange	Carbon Steel SA-240 Grade C
Bahan Material Bolt	Carbon Steel SA-193 Grade B6
Diameter Gasket (in)	95
Tebal Flange (in)	4,9
Outside Diameter Flange, OD (in)	90
Bolt size (in)	0,6

Jumlah Baut	52
Nozzle masuk umpan (in)	4
Nozzle keluar produk (in)	4
MATERIAL AND DESIGN LUG SUPPORT	
Tinggi <i>lug support</i> (in)	267
Tebal <i>plate</i> , t_b (in)	0,75
Panjang <i>plate</i> , b (in)	8
Tebal <i>gusset</i> , t_g (in)	0,75
Jarak antar <i>gusset</i> , x (in)	8
Jumlah <i>gusset</i> , n	2
Tinggi <i>gusset</i> , h (in)	24
Jenis Penyangga Katalisator	Perforated Plate
Luas (in)	9,79
Tebal pemegang pipa	0,5
Tegangan tanah (Ton/ft ²)	5,32

4. ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi terhadap perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik tersebut untuk didirikan. Dalam mendirikan pabrik,

dibutuhkan *plant cost estimation* dan *production cost estimation*. *Plant cost estimation* merupakan perkiraan ekonomi pendirian suatu pabrik hingga pabrik tersebut beroperasi. Biaya ini termasuk *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI). Pada industri kimia perhitungan WCI yaitu 10-20% dari *Total Capital Investment* (Peters et al, 2003). Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4.1, diperoleh FCI sebesar Rp 234.417.188.255, WCI sebesar Rp 41.367.739.104 dan TCI atau *plant cost estimation* sebesar Rp 275.784.927.

Production cost estimation adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan pada pengolahan bahan baku menjadi bahan jadi dan sampai produk berada di pasar. Total biaya produksi terdiri dari *manufacturing cost*, *fixed charge*, dan *plant overhead cost* (Peters et al, 2003). Adapun hasil perhitungan total biaya produksi ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Plant Cost Estimation

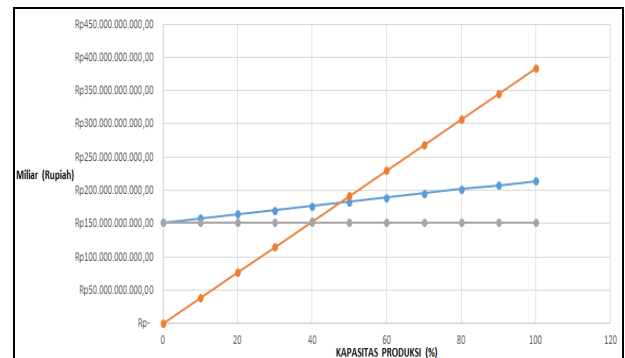
Direct Cost (DC)		
Biaya Peralatan (E)		Rp 62.226.784.899
<i>Instalation equipment and painting</i>	39% E	Rp 24.268.446.111
Instrumentasi dan control	13% E	Rp 8.089.482.037
<i>Piping</i>	31% E	Rp. 19.290.303.319
<i>Electrical system</i>	10% E	Rp 6.222.678.490
<i>Building</i>	29% E	Rp 18.045.767.621
Fasilitas pelayanan	55% E	Rp 34.224.731.694
<i>Yard improvement</i>	10% E	Rp 6.222.678.490
<i>Land</i>	6% E	Rp 3.733.607.094
Total		Rp 182.324.479.754
Indirect Cost (IC)		
Teknisi dan supervise	32% DC	Rp 14.585.958.380
<i>Construction</i>	5% FCI	Rp 11.720.859.413
<i>Legal expenses</i>	1% FCI	Rp 2.344.171.882
Kontigensi	10% FCI	Rp 2.344.171.882
<i>Contractor fee</i>	5% FCI	Rp 11.720.859.413
Total		Rp 516.468.466.771
Fixed Capital Invesment (FCI)	DC + IC	Rp 234.417.188.255
Working Capital Investment (WCI)	15% TCI	Rp 41.367.739.104
Total Capital Invesment (TCI)	FCI + WCI	Rp 275.784.927.359

Tabel 4.2 Estimasi Total Biaya Produksi

Direct Production Cost (DPC)		
<i>Raw material</i>		Rp 38.096.248.127
<i>Operating labor (OL)</i>		Rp 5.714.437.219
<i>Direct supervisory</i>	15% OL	Rp 857.165.583
<i>Utilitas</i>	20% TPC	Rp 20.274.964.165
<i>Maintenance & repairs (MR)</i>	2% FCI	Rp 14.065.031.295
<i>Operating supplies</i>	15% MR	Rp 2.109.754.694
<i>Laboratory charges</i>	10% OL	Rp 571.443.722
<i>Patents and royalty</i>	1% TPC	Rp 4.054.992.833
Total		Rp 85.744.037.638
Fixed Charges (FC)		
<i>Depresiasi</i>	10% FCI	Rp 23.441.718.825
<i>Local taxes</i>	4% FCI	Rp 4.688.343.765
<i>Asuransi</i>	1% FCI	Rp 2.344.171.883
<i>Interest</i>	5% FCI	Rp 13.789.246.368
Total		Rp 44.263.480.841
Plant Overhead Cost (POC)	8% TPC	Rp 9.889.734.257
Manufacturing Cost (MC)	DPC + FC + POC	Rp 139.897.252.736
General Expenses (GE)		
<i>Administration cost</i>	20% TPC	Rp 40.549.938.439
<i>Distribution and marketing cost</i>	8% TPC	Rp 16.219.971.332
<i>Research and development cost</i>	3% TPC	Rp 6.082.489.249
Total		Rp 62.852.388.910
Total Production Cost (TPC)	MC + GE	Rp 202.749.641.647

Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari laba yang diperoleh, *payback period* (PBP), *Break Event Point* (BEP) dan *Return On Investment* (ROI). *Payback period* menunjukkan seberapa cepat proyek dapat mengembalikan investasi. *Payback Period* pabrik ini yaitu selama 2,29 tahun. Nilai ini menunjukkan bahwa pabrik dimetil eter layak untuk didirikan karena pengembalian modal kurang dari 5 tahun masa operasi.

Break Event Point (BEP) merupakan titik dimana hasil produksi pabrik tidak memberikan keuntungan dan juga tidak rugi. Biasanya BEP disebut sebagai titik impas antara pendapatan dan biaya produksi yang diperoleh dari kapasitas produksi. Pada pabrik ini nilai BEP yang diperoleh sebesar 38%.

**Gambar 4.1** Grafik Perhitungan BEP

Return On Investment (ROI) merupakan perkiraan tingkat keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Nilai ROI yang diperoleh pada pabrik dimetil eter ini adalah 32%.

5. KESIMPULAN

Reaktor DME didisain untuk mendehidrasi metanol yang telah disintesis dari gas hasil gasifikasi tandan kosong sawit untuk menghasilkan produk utama yaitu dimetil eter. Reaktor yang didisain berjenis *fixed bed* silinder tegak dengan tutup atas bawah berbentuk *torispherical flanged dished head* berbahan dasar Carbon steel SA-167 Grade 11 Type 316. Dimensi utama reaktor yaitu shell dengan tinggi 24 ft (288 in), susunan *tube Triangular Pitch* berjumlah 35 tube.

Evaluasi analisa ekonomi perancangan pabrik ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan keuntungan yang diperoleh pabrik setelah pajak adalah Rp. 1,807,080,722/tahun, *Return On Investment* (ROI) pabrik adalah 32%, *Break Event Point* (BEP) adalah 38%, *Internal Rate of Return* (IRR) adalah 22,73%, dan *Payback Period* (PBP) pabrik selama 2,29 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). *Neraca gas bumi indonesia 2018-2027*. Jakarta: Ditjen Migas..
- Peter, M.S., K.D. Timmerhaus., dan R.E. West. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Heryadi, R., A Uyun, E Yandri, S M Nur, K Abdullah. (2018). *Single stage dimethyl ether plant model based on gasification of palm empty fruit bunch*.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Statistik Minyak dan Gas Bumi*.
- Wang, T, Y. LI, L. MA, dan C. WU. (2011). *Biomass to dimethyl ether by gasification/synthesis Technology—an alternative biofuel production route*. *Front. Energy* 5(3): 330–339.
- Geankoplis, C. J., 1993, *Transport Processes and Unit Operation*, 3rd ed, Pretience-Hall International : New Jersey.