

# PRAPERANCANGAN PABRIK METIL ESTER DARI CPO (*CRUDE PALM OIL*) DENGAN DISAIN ALAT UTAMA REAKTOR TRANSESTERIFIKASI

Tiffany Frimacia<sup>1)</sup>, Idral Amri<sup>2)</sup>

1) Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, 2) Dosen Teknik Kimia  
Laboratorium Teknologi Produk 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  
E-mail : [tiffany.frimacia5998@student.unri.ac.id](mailto:tiffany.frimacia5998@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Along with the development of the era, the need for fuel oil is increasing. The development of research and the use of diesel motors in industry will not stop just because of the depletion of fossil fuels. The search for alternative fuels as a substitute for diesel continues to be carried out in addition to dealing with the problems of the global energy and environmental crisis as well as helping to develop automotive technology as a work of human culture. Methyl ester is a biofuel that can be used to power diesel engines. The availability of fuel oil derived from petroleum is running low and the price is increasing so that alternative fuel sources are needed. One of the substitutes for conventional fuels from petroleum is vegetable oil. Methyl ester is produced using a transesterification reaction by changing the triglycerides which are reacted with one of the alcohol compounds, namely methanol to become methyl ester, and a production capacity of 250,000 tons / year is obtained. The main design tool is the CSTR (Continuous Flow Stirred-Tank Reactor) reactor which is used as a place for the transesterification reaction between triglycerides and methanol to produce methyl ester (main product) and glycerol (by-product). The operating temperature used is 333.15K. Based on the calculation results, the reactor volume is 57.28 m<sup>3</sup>, the reactor diameter (OD) is 168 in m with torispherical flanged and dished head and skirt support.*

**Keywords:** *Methyl ester, reactor, transesterification, triglycerides.*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil minyak sawit terbesar di dunia. Pada tahun 2014-2018, tercatat luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus mengalami peningkatan dengan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 7,89% (Badan Pusat Statistik, 2018). Riau terletak di Pulau Sumatera yang merupakan provinsi dengan area luas perkebunan sawit terluas di Indonesia dengan total luas lahan mencapai 25% dari seluruh luas lahan perkebunan sawit di Indonesia. Riau merupakan provinsi dengan area luas perkebunan sawit mencapai 2,26 juta

hektar (Badan Pusat Statistik, 2017). Dari luas lahan sawit tersebut dipastikan bahwa produksi sawit akan terus meningkat.

Peningkatan jumlah penduduk disertai dengan peningkatan aktivitas industri dapat menyebabkan terjadinya kenaikan jumlah kebutuhan energi. Salah satu sumber energi yang sering digunakan adalah bahan bakar minyak bumi yang berasal dari energi fosil yang sifatnya tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, perlunya suatu inovasi untuk mengembangkan teknologi yang dapat menggantikan ketersediaan minyak bumi yang salah satunya adalah kelapa sawit

yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku yang tersedia untuk pembuatan metil ester sebagai energi alternatif yang terbarukan dan sangat ramah lingkungan. Metil ester (biodiesel) adalah bahan bakar yang tergolong dapat diperbaharui karena berasal dari bahan bakunya berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan.

Metil ester diproduksi dengan menggunakan reaksi transesterifikasi dengan mengubah trigliserida yang direaksikan dengan salah satu senyawa alkohol yaitu metanol menjadi metil ester dan gliserol. Molekul trigliserida akan melepaskan tiga asam lemak menggantikan gugus alkohol dari ester dengan gugus alkohol lain. Dalam proses ini menggunakan basa sebagai katalisnya. Pada pabrik ini digunakan katalis basa yaitu KOH (*Pottasium Hydroxide*). Hal ini bertujuan untuk menurunkan viskositas dan meningkatkan daya pembakaran minyak, sehingga dapat memenuhi syarat sebagai bahan bakar alternatif (Susilo, 2006).

Metil ester adalah salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi. Metil ester sangat efektif jika dibandingkan dengan energi lain. Metil ester memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi, dapat bersifat sebagai pelumas terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering, mampu mengurangi emisi karbondioksida dan efek rumah kaca, memiliki karakter pembakaran relatif bersih, lebih mudah ditransportasikan, biaya produksi rendah, dapat diperbarui (*renewable*), serta dapat terurai (*biodegradable*). Disamping itu, emisi gas buang dari biodiesel ini bebas dari sulfur, tidak beracun (*non toxic*), dan terbakar sempurna dengan bilangan asap (*smoke number*) yang lebih tinggi yaitu 62

sehingga biodiesel memiliki sifat ramah lingkungan.

## **2. DESKRIPSI PROSES**

### **2.1 *Physical Refining CPO (Crude Palm Oil)***

**2.1.1 *Acid Degumming dan Bleaching CPO (Crude Palm Oil)*** dialirkan dengan menggunakan pompa menuju *heater* untuk dipanaskan sampai suhu 88°C. Tujuan pemanasan CPO adalah untuk mengendalikan viskositas dan memudahkan langkah pencampuran berikutnya. Asam sitrat dipompa menuju *mixer*. Asam sitrat digunakan untuk mengendapkan *fospatida* yang tidak terhidrasi dan sebagai *chelating agent* yang dapat mengendapkan zat metal seperti calsium dan magnesium dan lain-lain. Konsentrasi asam sitrat encer adalah 3,5% dari berat campuran air dan asam sitrat. Pencampuran air dan asam sitrat dilakukan dalam unit *mixer*. Asam sitrat dipompa menuju HE (*Heat Exchanger*) untuk dipanaskan sampai suhu 88°C.

Campuran *acid-oil* dipompa menuju separator *decanter*. Hasil separator adalah campuran impuritis yang terhidasi dan RPO (*Refined palm oil*). Sementara RBPO (*Refined Bleached palm oil*) dipompa ke unit *cooler* untuk menurunkan suhu sebesar 71°C. RPO dipompa menuju *oil dryer/Notator Thin Film Dryer* untuk menguapkan air sisa residu dengan suhu 71°C dan tekanan vakum 628 mbar (0,621 atm).

### **2.1.2 *Deodorization***

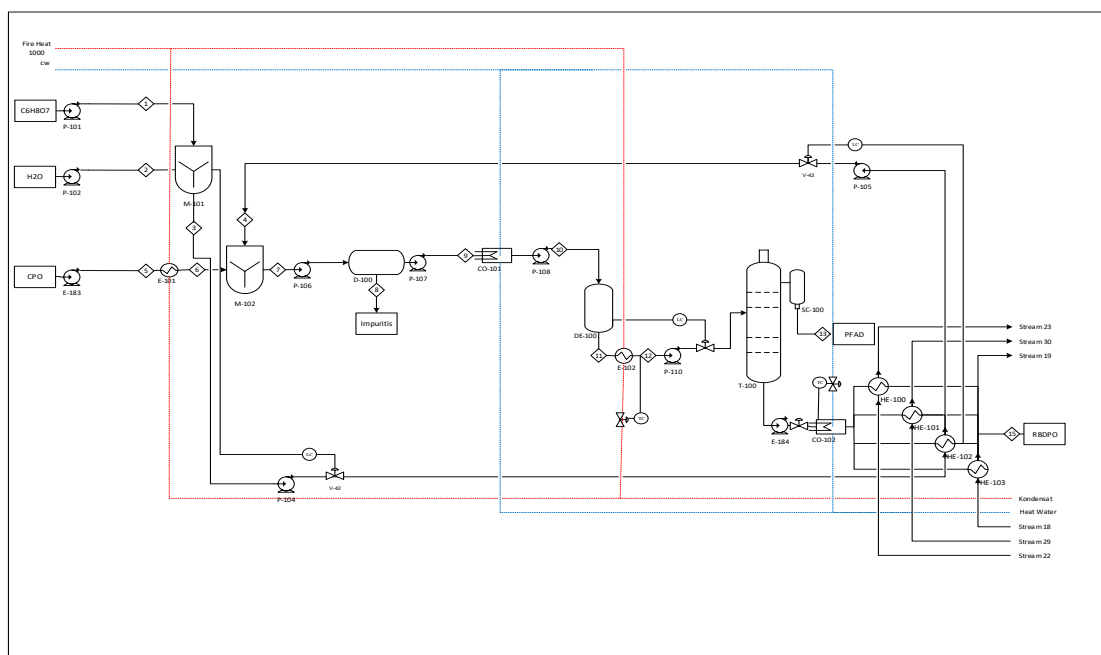
Deodorisasi merupakan proses untuk memisahkan aroma dan bau dari minyak. Perancangan alat proses deodorisasi diatur dalam kondisi vakum untuk mengurangi titik didih minyak sehingga alat bisa beroperasi pada suhu yang tidak terlalu tinggi sehingga mutu hasil (produk) yang dimurnikan akan lebih

baik dan tidak mudah. Pengolahan (pemurnian) minyak nabati sebagai bahan baku RBPO (*Refined Bleached Palm Oil*) yang akan dideodorisasi yaitu dengan mengalirkan uap panas ke dalam RBPO (*Refined Bleached Palm Oil*) dalam keadaan vakum sehingga akan menurunkan bilangan asam lemak bebasnya (FFA). Penerapan pompa vakum dan tangki pengolahan. Semakin tinggi suhu proses cenderung memucatkan minyak yang kandungan karoten yang menurun. Suhu yang lebih tinggi juga menurunkan kadar air kandungan asam lemak.

RBPO (*Refined Bleached Palm Oil*) dialirkan dengan pompa menuju *heater* untuk dipanaskan hingga suhu  $260^{\circ}\text{C}$  dan selanjutnya dialirkan menuju *deodorizer stripping tower* dengan tekanan kurang dari 13 mbar (10 mmHg) yang beroperasi pada suhu sekitar  $260^{\circ}\text{C}$  (500 F), Alat yang digunakan *stripper* dengan jenis *packed bed* dimana umpan masuk terdiri dari 2 yaitu *steam* dan keluaran dari *oil dryer* antara lain trigliserida, ALB dan

tocopherol. *Steam* digunakan untuk menguapkan ALB. *Stripper* dipilih untuk mengontakkan bahan yang ingin diuapkan menggunakan *steam*.

Suatu pemancaran cairan, uap (*steam*) keluar dari *nozzle* dengan kecepatan tinggi sehingga dihasilkan tekanan rendah di titik *nozzle*. Dengan demikian gas yang harus diangkut terhisap dan mengalami percepatan. *Steam ejector* berfungsi untuk mengeluarkan gas/uap pada kolom *stripper* sehingga kolom *stripper* mengalami kevakuman. Pada unit *scrubber* berfungsi untuk mengumpulkan keluaran dari *steam steam ejector* dan kolom *stripper* sehingga dihasilkan PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) merupakan hasil samping pemurnian CPO dan keluaran bawah dihasilkan RBPO yang tidak berbau atau RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*). RBDPO dialirkan menuju *storage tank* RBDPO.

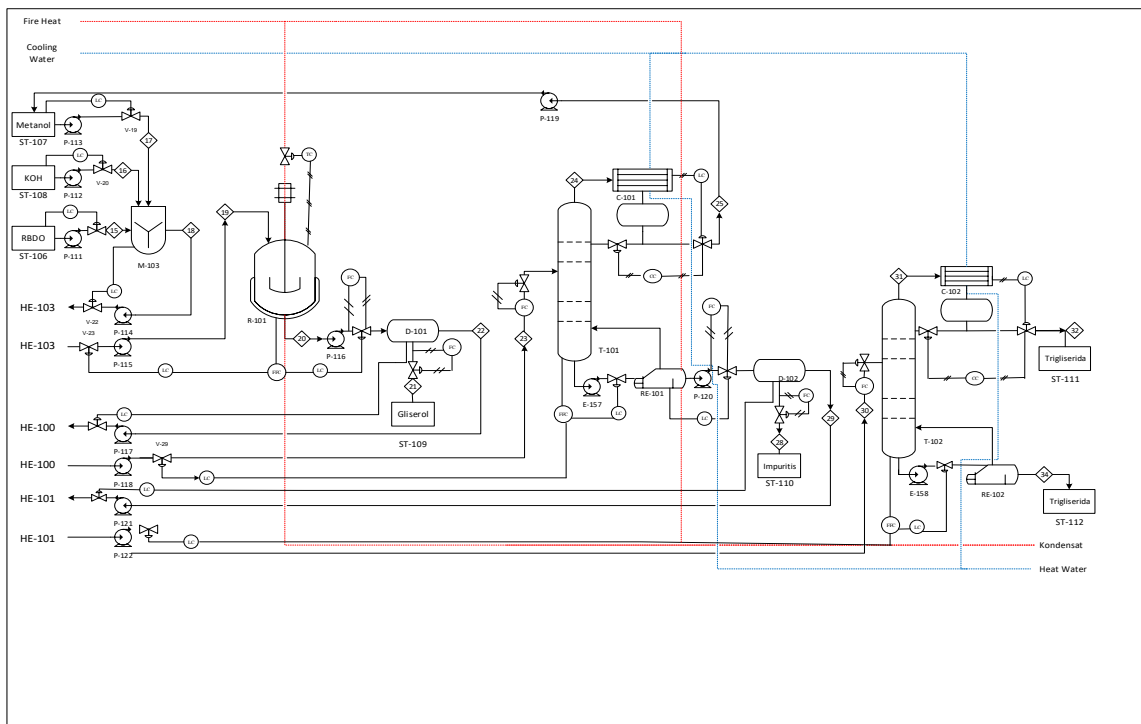


**Gambar 1.** *Physical Refining CPO (Crude Palm Oil)*

## 2.2 Proses Transesterifikasi

Bahan baku metanol konsentrasi 98% disimpan dalam *storage tank* dengan suhu 30°C dipompa menuju *mixer*. Katalis yang digunakan adalah KOH dialirkan menuju *Mixer*. RBDPO disimpan dalam *storage tank* dengan suhu 30°C dipompa menuju *Mixer*. Campuran metanol, KOH dan RBDPO dipompa menuju HE untuk dipanaskan hingga suhu 60°C. Bahan selanjutnya dipompa menuju reaktor transesterifikasi. Produk yang dihasilkan yaitu metil ester dan produk sampingnya gliserol kemudian dialirkan menuju separator *decanter* untuk memisahkan gliserol dari metil ester dan campuran lainnya. Gliserol yang terpisah sebanyak 98%. Gliserol kemudian disimpan didalam *storage tank* dengan suhu penyimpanan 30°C. *Top Product* dari *decanter* berupa metanol, metil ester serta impuritis dialirkan menuju HE untuk dipanaskan hingga suhu 70°C.

*Top product* dari HE dimasukkan ke unit kolom distilasi untuk memisahkan metanol dari campuran. Dari unit destilasi diperoleh *top product* berupa methanol 98% dan air 2% dari umpan dan *bottom product* metil ester, gliserol, katalis KOH dan trigliserida sisa, air dan FFA. *Top product* kemudian dipompa menuju *storage tank*. *Bottom Product* dipompa menuju *decanter* untuk memisahkan sisa gliserol, metanol sisa, katalis KOH dan air dari campuran. Metil ester, trigliserida sisa dan FFA yang terpisah kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa menuju unit HE dan dipanaskan hingga suhu 170°C dan dialirkan menuju kolom distilasi untuk memisahkan metil ester dari trigliserida dan FFA. Kemudian *top product* berupa metil ester sudah murni kemudian dialirkan dan disimpan menuju *storage tank* dengan suhu penyimpanan 30°C.



**Gambar 2.** Proses Pembuatan Metil Ester

### 3.1 METODOLOGI

Adapun langkah-langkah dalam mendesain reaktor transesterifikasi ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan serta data-data untuk desain reaktor. (Bart, dkk, 2010) (Kulich, 2003), (Yaws, 1999).
2. Perhitungan neraca massa dan energi pada reaktor transesterifikasi (Reklaitis, 1983).
3. Perhitungan jaringan alat penukar panas dan massa (Seider, dkk, 2009).
4. Analisa dan desain reaktor transesterifikasi dan aksesoris pendukung (Brownel and Young, 1959), (Coulson and Richardson, 2005), (Fogler, 1999), Kern, 1965), (Megyesy, 1972), (Nur, dkk, 2015), (Peters & Timmerhaus, 2003), (Rase, 1977), (Sinnot, 2005), (Smith, 1970), (Wallas, 1990).

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Disain Alat Utama Reaktor Transesterifikasi

Tempat terjadinya reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol untuk menghasilkan metil ester (produk utama) dan gliserol (produk samping). Perancangan reaktor transesterifikasi dilakukan atas beberapa tahapan yakni :

1. Menentukan volume reaktor
2. Menentukan dimensi reaktor
3. Menentukan jenis *head* dan perancangan *head* reaktor
4. Menentukan pengaduk dan perancangan pengaduk
5. Perancangan koil pendingin
6. Perancangan *flange* pada sambungan *head* dan *shell*

7. Merancang sistem perpipaan dan *nozzle*
8. Perancangan *manhole*
9. Menentukan penyangga reaktor
10. Perancangan pondasi
11. Menentukan spesifikasi alat yang digunakan

Adapun hasil perancangan reaktor transesterifikasi dihitung berdasarkan beberapa persamaan yang ada pada buku Brownell and Young (1959) sehingga didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

**Tabel 4.1** Data Desain Alat Utama Reaktor Transesterifikasi

SPESIFIKASI REAKTOR		
Reaktor	Kode	R-101
	Jenis Reaktor	<i>Continuous Flow Stirred-Tank Reactor (CSTR)</i>
	Fungsi	Tempat terjadinya reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol untuk menghasilkan metil ester (produk utama) dan gliserol (produk samping)
<i>Operating Data</i>		
Temperatur	60°C	333,15 K
Volume	57,2821 m <sup>3</sup>	2022,2821 ft <sup>3</sup>
Waktu Tinggal	1 jam	60 menit
Faktor Keamanan	10%	
Jenis	Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>Torispherical Head</i>	
Material	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>	
Tegangan diizinkan, (f)	12.650 psi	
Effisiensi Sambungan (E)	0,8	
Faktor Korosi (C)	0,125 in/10 tahun	
Diameter Dalam (ID)	164,5121 in	13,7038 ft
Diameter Luar (OD)	168 in	13,9944 ft
Tinggi (H)	164,5121 in	16 ft
Tebal <i>Shell</i> (ts)	0,3125 in	0,026 ft
Tekanan <i>Design</i>	17,6518 psi	1,2162 bar
Jenis <i>Head</i>	<i>Torispherical Head</i>	
Tebal <i>Head</i>	0,25 in	0,0208 ft

(th)		
Sf	1,5 in	0,125 ft
Icr	10,125 in	0,8483 ft
Tinggi head (OA)	32,9686 in	2,7462 ft
Tipe Impeller	<i>Six Blade Turbine With Disk</i>	
Diameter Pengaduk (d)	54,9373 in	4,5762 ft
Lebar Pengaduk (W)	9,3223 in	0,7765 ft
Panjang Daun Pengaduk (L)	13,7093 in	1,1419 ft
Tinggi Dasar Tangki ke Pengaduk (C)	54,9373 in	4,5762 ft
Lebar Baffle (J)	9,3223 in	0,7765 ft
Kecepatan Pengadukan	44,5379 rpm	0,7421 rps
Power Motor	11,9127 hP	8.883,3003 watt
Jumlah Impeller	2 buah	
Tinggi Total Tangki (Ht)	230,4483 in	19,1963 ft
Jenis Pendingin	Koil Pendingin	
Bentuk Koil	Spiral	
Laju Alir Pendingin	798,8292 m <sup>3</sup> /jam	

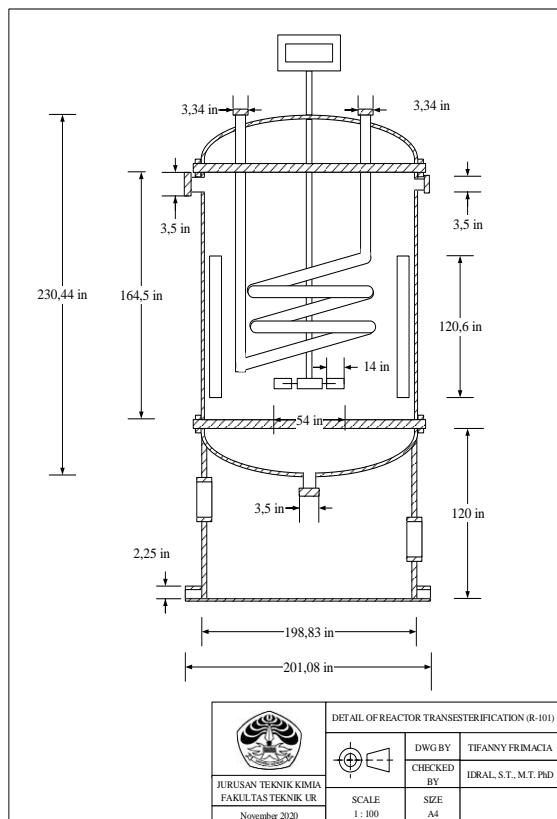
Spesifikasi dari alat pendukung reaktor transesterifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

**Tabel 4.2** Spesifikasi Alat Pendukung

SPESIFIKASI REAKTOR		
<i>Flange Pada Sambungan Head Dengan Shell</i>		
Jenis Flange	<i>Slip-on Flanges</i>	
Material Flange	SA 283 Grade C	
Tegangan dari Material Flange	20.000 psi	
Diameter Luar Flange (A)	174,7933 in	14,5602 ft
Diameter Dalam Flange (B)	168 in	13,9944 ft
Tebal Flange	0,2476 in	0,0206 ft
Material Gasket	<i>Soft Steel</i>	
Lebar Gasket	0,026 in	0,0021 ft
Diameter Gasket	169 in	14,0777 ft
Material Baut	SA 193 Grade B7	
Tegangan dari Material Baut	18.750 psi	
Ukuran Baut	3 in	0,25 ft

Jumlah Baut	36 buah	
Ukuran Pipa dan Nozzle		
Saluran Masuk Umpan	3 in	
Saluran Keluaran Produk	3 in	
Saluran Air Pendingin	12 in	
Pengaduk	8 in	
Manhole		
Ukuran Manhole	20 in	1,67 ft
Tebal Shell	0,3125 in	0,026 ft
Tebal Flange	1,5 in	0,125 ft
Panjang Sisi	42,5 in	3,54167 ft
Lebar Reinforcement (W)	49 in	4,083 ft
Diameter Manhole (ID)	20 in	1,67 ft
Diameter Lubang (Dp)	27 in	2,25 ft
Diameter Plat Penutup	28,75 in	2,3958 ft
Diameter Bolt Circle (DB)	26,25 in	2,1875 ft
Jumlah	1 buah	
Penyangga Reaktor		
Jenis Penyangga Reaktor	<i>Skirt</i>	
Diameter Luar Skirt (OD)	167,988 in	
Tebal Skirt	1,07 in	
Ukuran Baut	1 in	
Lebar Base Ring	0,9853 in	
Ketebalan Base Ring	0,78 in	
Pondasi		
Tinggi Pondasi	30 in	
Volume Pondasi	1.837.750 in <sup>3</sup>	

Adapun bentuk dari reaktor CSTR (*Continous Stirred Tank Reactor*) sebagai tempat reaksi transesterifikasi dapat dilihat dari Gambar 3 berikut ini :



**Gambar 3.** Detail Reaktor

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari prarancangan pabrik CPO ini adalah:

1. Reaktor transesterifikasi adalah CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) dengan tinggi reaktor 5,85 m dengan diameter 4,26 m untuk kapasitas 250.000 ton.
2. Reaktor transesterifikasi didesain dengan tutup dan alas *torispherical head* dan juga penyangga berupa *skirt support*.

### 5.2. Saran

Dalam perancangan reaktor transesterifikasi berupa CSTR ini sebaiknya dilakukan dengan aplikasi simulasi seperti aspen hysys, matlab, dan lainnya untuk memprediksi ukuran reaktor dengan akurat pada berbagai kapasitas produksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2018) *BPS Indonesia*. [www.bps.com](http://www.bps.com): Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2017) *BPS Indonesia*. [www.bps.com](http://www.bps.com): Jakarta.
- Bart, J. C. J., Natale, P., Stefano, C. (2010) *Biodiesel Science and Technology: From Soil to Oil*. CRC Press. Washington, DC.
- Brownell, L. E., and Young, E. H. (1959) *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc : USA.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F. (2005) *Chemical Engineering Design 4<sup>th</sup> Edition*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Fogler, H.S. (1999) *Elements of Chemical Reaction Engineering, 4<sup>th</sup> Edition*. Prentice – Hall International, Inc, Amerika.
- Kern, D. Q. (1965) *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Company.
- Kulich, D.M., Gaggar, S.K., Lowry, V. & Stepian, R. (2003) *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. USA: Wiley.
- Megyesy, E. F. (1972) *Pressure Vessel Handbook Twelfth Edition*. Pressure Vessel Publishing Inc: United States of America.
- Nur, A.A., Sularso, A., Ardhining, F.T., Faiz, M.H. (2015) *Makalah Reaktor Fixed Bed Teknik Reaksi Kimia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rase, F.H. (1977) *Chemical Reactor Design for Process Plants*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Reklaitis, G.V. (1983) *Introduction to Material and Energy Balance*. New York : Mc.Graw Hill Book Company.
- Sinnott, R. K. (2005) *Chemical Engineering Design Vol. 6, 4<sup>th</sup> Edition*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

- Smith, J. M. (1970) *Chemical Engineering Kinetics* (2 ed). USA: McGraw-Hill, Inc.
- Seider, W. D., Seader, J. D., & Lewin, D. R. (2009) *Product & Process Design Principles: Synthesis, Analysis And Evaluation*. John Wiley & Sons.
- Susilo, Bambang., (2006) “Biodiesel; Pemanfaatan Biji Jarak Pagar Sebagai Alternatif Bahan Bakar”, Trubus Agrisarana, Surabaya.
- Peter, M.S., Timmerhouse, K.D, And West, R.E. (2003) *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*. New York : Mc Graw Hill Book Co.
- Wallas, S. M. (1990) *Chemical Process Equipment Selection and Design*. United States of America: Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C.L. (1999) *Chemical Properties Handbook*. USA: McGraw-Hill, Inc.