

**NASKAH PUBLIKASI**  
**Prarancangan Pabrik Biodiesel**  
**dari Minyak Jarak Pagar dan Metanol**  
**Kapasitas 30.000 Ton/Tahun**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh**  
**Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik**  
**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Oleh:**

**Joko Purnomo**

**D500 080 012**

**Dosen Pembimbing:**

**Dr. Ir.A.M.Fuadi, M.T.**

**Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2015**

## SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ir.A.M.Fuadi, M.T.

NIK : 618

Telah membaca dan mencermati naskah publikasi karya ilmiah, yang merupakan ringkasan skripsi/tugas akhir dari:

Nama : Joko Purnomo

NIM : D 500 080 012

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

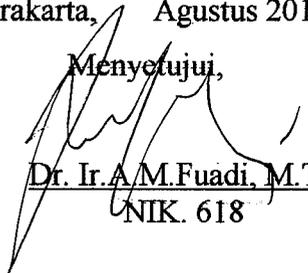
Judul Skripsi : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dan Metanol Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

Naskah publikasi karya ilmiah tersebut layak dan disetujui untuk dipublikasikan.

Demikian persetujuan ini dibuat, agar digunakan seperlunya.

Surakarta, Agustus 2015

Menyetujui,

  
Dr. Ir. A.M.Fuadi, M.T.  
NIK. 618

## INTISARI

Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Laju konsumsi BBM tersebut diikuti dengan semakin menurunnya produksi minyak bumi dalam negeri. Pada tahun 2005 fakta menyatakan bahwa Indonesia telah menjadi importir minyak. Kenaikan harga minyak mentah dunia memberikan dampak yang besar bagi perekonomian nasional. Solusi untuk menanggulangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan mendirikan pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol dengan kapasitas 30.000 ton per tahun yang direncanakan akan beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol, dilakukan melalui proses transesterifikasi didalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Pada reaktor ini reaksi berlangsung pada fase cair-cair pada suhu umpan 60°C, tekanan 1 atm dan menghasilkan konversi sebesar 98%. Dari kondisi tersebut pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah karena kondisi operasi pada tekanan atmosferis.

Proses pembentukan minyak jarak pagar menjadi metil ester mula – mula minyak jarak pagar bereaksi dengan metanol dan akan menghasilkan digliserida dan metil ester, kemudian hasil digliserida bereaksi dengan molekul alkohol yang lain dan akan menghasilkan monogliserida dan metil ester dan hasil monogliserida bereaksi dengan alkohol yang ketiga akan menghasilkan gliserol dan metil ester. Kebutuhan minyak jarak pada pabrik ini sebanyak 3.787,88 kg per jam dan untuk kebutuhan methanol sebanyak 1.575,71 kg per jam. Dan produk berupa metil ester sebanyak 7.290,86 kg per hari.

Pabrik ini menggunakan modal tetap sebesar Rp.162.377.089.498,81 dan modal kerja sebesar Rp.150.297.112.764,45. Dari analisis ekonomi pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp.138.219.456.945,20 per tahun setelah dipotong pajak 30% keuntungan mencapai Rp.96.753.619.861,64 per tahun. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 85,12% dan setelah pajak 59,59%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 1,1 tahun dan setelah pajak 1,4 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 56,95%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30,79%, *Discounted Cash Flow* (DCF) terhitung sebesar 32,25%. Dari analisis kelayakan di atas dapat disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata kunci : biodiesel, minyak jarak pagar, RATB

## **A. PENDAHULUAN**

Belakangan ini kebutuhan energi BBM di Indonesia semakin meningkat, tetapi kebutuhan yang meningkat tidak diimbangi dengan adanya peningkatan dari segi energi. Karena masyarakat Indonesia hanya menggantungkan kebutuhan energi BBM yang bersumber dari fosil. Padahal, cadangan energi fosil di Indonesia dan dunia semakin hari semakin berkurang. Diperkirakan minyak bumi di Indonesia dengan tingkat konsumsi yang tinggi akan habis dalam waktu 10 – 15 tahun lagi. Fakta lain menyebutkan, bahwa Indonesia sudah menjadi importer minyak (solar) dari tahun 2005 (Susilo, 2006).

Pabrik Biodiesel di Indonesia dapat berdiri karena menguntungkan, antara lain:

- Dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil.
- Dapat membuka lapangan pekerjaan baru karena menyerap tenaga kerja sekitar.

## **B. PERANCANGAN KAPASITAS**

Penentuan kapasitas produksi Biodiesel berdasarkan beberapa pertimbangan antara lain:

- Ketersediaan bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama dalam pendirian pabrik. Penyediaan bahan baku relatif mudah karena bahan baku yang akan digunakan yaitu minyak jarak dan tidak perlu mengimpor, dapat diperoleh dari dalam negeri. Dalam pendirian pabrik ini akan bekerja sama dengan masyarakat di daerah Boyolali, Kecamatan Klego, Andong, Kemusu, Juwangi, Wonosegoro dan Nogosari Jawa Tengah. Karena, didaerah tersebut sedang di rancang sebagai desa mandiri energi. Kebun jarak pagar yang akan ditanami mencapai 10.409 ha.

- Kebutuhan Biodiesel dalam negeri

Beberapa pabrik pengolahan biodiesel dari minyak nabati telah berdiri di Indonesia. Misalnya saja, pabrik milik PT. Rajawali Nusantara Indonesia dengan kapasitas 1,5 ton/hari, di kawasan Puspitek Serpong telah beroperasi pabrik biodiesel dengan kapasitas 1,5 ton/hari, kemudian pabrik milik BPPT beroperasi dengan kapasitas 3 ton/hari, dan lain – lain (Susilo, 2006).

Tabel 1.2. Data pabrik biodiesel dari minyak jarak di Indonesia.

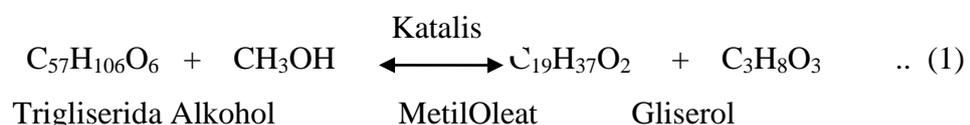
No.	Nama Pabrik	Kapasitas
1.	BBKK Departemen Perindustrian, Jakarta	300 liter/hari
2.	Pondok Pesantren Uswatun Hasanah Kayeli, Pulau Buru, Ambon	300 liter/hari
4.	PLN Mataram, NTB	1 ton/hari
5.	POLITEKNIK Lampung	300 liter/hari
6.	PT PN IV Tebing Tinggi, Sumut	5 ton/hari
7.	Penda Riau, Pekanbaru	8 ton/hari
8.	PT. Multikimia Intipelangi, Cibitung	20 ton/hari
9.	PT. Surya Agung, Bogor	600 liter/hari

(PT. Kreatif Energi Indonesia, [www.indobiofuel.com](http://www.indobiofuel.com))

### C. PROSES PEMBUATAN

Proses pembuatan biodiesel menggunakan proses transesterifikasi, pada dasarnya transesterifikasi adalah tahap mengkonversi minyak nabati (trigliserida) menjadi metil ester atau biodiesel, yang terjadi melalui reaksi alkohol dan akan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak – balik (*reversible*). Dalam reaksi ini menggunakan katalis, karena tanpa adanya katalis akan berjalan dengan lambat.

Reaksi transesterifikasi dapat dilihat sebagai berikut:



#### **D. TINJAUAN KINETIKA**

Menurut jurnal penelitian Said (2009), reaksi pembentukan metil ester dari metil ester menggunakan metanol berlebih dengan waktu tinggal 60 menit, suhu 60°C, tekanan 1 atm, diperoleh harga kecepatan reaksi:

$$k = 0,1051/\text{menit}$$

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi searah, dan orde ke 1 karena metanol yang direaksikan dalam jumlah berlebih.

#### **E. LANGKAH PROSES**

Secara keseluruhan proses pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol dengan proses kontinyu dilaksanakan melalui empat tahap, yaitu:

- Tahap penyiapan bahan baku
- Tahap pembentukan produk
- Tahap pemisahan dan pemurnian produk
- Daur ulang metanol

##### **1. Proses Penyiapan Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel di pabrik ini adalah minyak jarak pagar dengan kadar 99% dan metanol dengan kadar 99,85%. Reaksi ini terjadi di dalam reaktor (R-01) dengan kondisi operasi pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm, dengan waktu tinggal 1 jam. Dan perbandingan mol antara trigliserida dengan metanol adalah 1 : 6. Untuk mempercepat reaksi ditambahkan katalis basa yaitu NaOH.

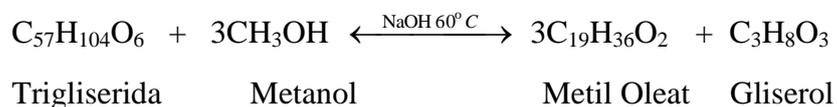
Trigliserida dialirkan menggunakan pompa (P-03) dari truk pengangkut, selanjutnya disimpan dalam tangki penyimpanan (T-1.2) pada tekanan atmosferik dan suhu 30°C, untuk memenuhi kebutuhan selama 14 hari. Trigliserida dipompa menggunakan pompa P-04 menuju reaktor (R-01) yang mempunyai suhu 60°C.

Metanol dengan kadar 99,85% disimpan di dalam tangki penyimpanan (T-1.1) kemudian dialirkan ke dalam mixer (M-01) dengan menggunakan pompa (P-01). Di dalam mixer, metanol dari T-1.1 dicampur dengan metanol hasil daur ulang dari menara destilasi (D-2.1). Didalam mixer pencampuran dilakukan dengan bantuan pengaduk, sehingga NaOH akan melarut dan terbentuk larutan *sodium methoxide* serta panas pencampuran. Panas pencampuran terjadi antara metanol dengan NaOH menghasilkan panas pencampuran sekitar 48,12°C, setelah dari mixer campuran ini perlu dipanaskan lagi di *heater* 2 (E-1.2) agar suhunya menjadi 60°C. Selanjutnya dialirkan ke dalam reaktor menggunakan pompa (P-05).

## 2. Tahap Pembentukan Produk

Proses pembentukan biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol berlangsung melalui reaksi transesterifikasi di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Fungsi pengaduk adalah untuk mencampurkan metanol dan trigliserida dengan NaOH.

Bahan baku yang masuk ke dalam reaktor kondisinya sudah disesuaikan dengan kondisi operasi. Sehingga pada saat masuk ke dalam reaktor bahan baku sudah langsung bereaksi. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah :



Reaksi yang terjadi termasuk reaksi eksotermis. Sehingga dalam perancangan reaktor digunakan pendingin koil, dan suhu operasi di dalam reaktor tetap dalam kondisi yang diinginkan sekitar 60°C. Reaksi berlangsung dengan waktu tinggal 1 jam dan dihasilkan konversi dari trigliserida sebesar 72 %.

Kemudian dialirkan menuju reaktor kedua (R-02) dengan menggunakan pompa P-06 bertujuan menaikkan konversi trigliserida menjadi 90%, dan dialirkan kembali menggunakan pompa P-07 menuju reaktor ketiga (R-03) dan akan dinaikkan kembali konversinya menjadi 98 %.

### **3. Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk**

Produk yang keluar reaktor (R-01) terdiri dari metanol, air, trigliserida, NaOH, metil ester (biodiesel) dan gliserol dialirkan menuju dekanter (H-1.1) menggunakan pompa (P-08). Dekanter berfungsi untuk memisahkan metil ester, air, NaOH, trigliserida dan produk samping gliserol. Waktu tinggal yang diperlukan untuk membentuk lapisan sekitar 2 – 3 jam. Hasil yang berupa gliserol akan ditampung di tangki (T-1.5) selama 15 hari. Kemudian komponen yang lainnya akan dialirkan menggunakan pompa (P-09) menuju *flash drum* (D-1.1).

Pada *flash drum* (D-1.1) akan dimurnikan dengan memisahkan antara methanol, air dan biodiesel beserta komponen yang lainnya. Metil ester dan yang lainnya akan dialirkan dengan pompa (P-11) menuju netraliser (A-1.1) untuk menetralkan NaOH yang terikut biodiesel menggunakan HCl agar menjadi garam. Hasil netralisasi didinginkan menggunakan *cooler* 1 (E-2.1) menjadi suhu 42°C dan dimasukkan ke dalam tangki pencucian (H-2.1) menggunakan pompa (P-13) untuk memisahkan garam dan metil ester (biodiesel) dengan menambahkan air dengan jumlah 10% dari metil ester. Dibutuhkan waktu sekitar 2 - 3 jam untuk mengendapkan garam dan metil ester.

Produk tangki pencucian (H-2.1) dengan pompa (P-16) menuju dekanter untuk dilakukan pemisahan antara metil ester (biodiesel) dengan garam. Metil ester (biodiesel) dialirkan menggunakan pompa (P-17) menuju tangki penyimpanan (T-04) dan garamnya dialirkan begitu saja.

#### 4. Daur Ulang Metanol

Tujuan dari metanoldaur ulangadalah untuk mengambil metanol yang masih tersisa dari proses untuk didaur ulangsehingga akan menghemat pemakaian bahan baku metanol (*fresh*).

Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan menara destilasi (D-2.1), tipe *plat sieve tray*. Campuran dari T-1.3 dialirkan menggunakan pompa (P-14) menuju menara distilasi(D-2.1) untuk dipisahkan metanolnya. Pemisahan didalam D-2.1 akan menghasilkan daur ulang metanoldengan kemurnian 99,85%.

Hasil atas dari menara destilasi (D-2.1) berupa campuran uap air dan uap metanol yang kemudian dikondensasikan oleh kondenser 2 (E-3.2) hingga terbentuk air, kemudian dialirkan dengan pompa (P-15) ke menuju mixer (M-01). Sedangkan hasil bawah yang berupa air dialirkan menuju sungai bengawan solo.

#### F. SPESIFIKASI ALAT UTAMA PROSES

Dalam menjalankan proses suatu pabrik, diperlukan berbagai peralatan utama dan peralatan pendukung. Spesifikasi peralatan yang dipergunakan dalam pabrik ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Mixer

- a. Kode : M-01
- b. Fungsi : Mencampur metanol dengan NaOH padat
- c. Kapasitas : 1,6357 m<sup>3</sup>
- d. Jenis alat : Tangki berpengaduk
- e. Kondisi operasi
  - Suhu : 30°C
  - Tekanan : 1 atm
- f. Dimensi
  - Diameter : 1,1695 m
  - Tinggi total : 2,0067 m

- Tebal *shell* : 0,1875 in (0,0048 m)
  - Tebal *head* : 0,1875 in (0,0048 m)
- g. Pengaduk
- Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 *blade disk* standar
  - Kecepatan putaran : 96 rpm
  - Diameter : 1,1695 m
  - Daya motor : 170 Hp
  - Jarak dengan dasar : 0,3898 m
  - Tinggi : 0,0780 m
  - Lebar : 0,0975 m
  - Lebar *baffle* : 0,0975 m
- h. Bahan : *Carbon steel*
- i. Jumlah : 1 buah
- j. Harga : US\$ 9.574,59
- 2. Reaktor**
- a. Kode : R-01,R-02,R-03
- b. Fungsi : Mereaksikan trigliserida dengan metanol agar menjadi metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis NaOH
- c. Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
- d. Kapasitas : 18,3170 m<sup>3</sup>
- e. Konversi : 98.78%
- f. Kondisi operasi
- Suhu : 60°C
  - Tekanan : 1 atm
- g. Dimensi
- Diameter : 2,6499 m
  - Tinggi total : 3,7266 m
  - Tebal *shell* : 0,25 in (0,00635 m)
  - Tebal *head* : 0,1875 in (0,0048 m)

- h. Pengaduk :
  - Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 *blade disk* standar
  - Kecepatan putaran : 73 rpm
  - Diameter : 0,8833m
  - Daya motor : 140 Hp
  - Jarak dengan dasar : 0,8833 m
  - Tinggi : 0,1767 m
  - Lebar : 0,2208 m
  - Lebar *baffle* : 0,2208 m
- i. Selubung reaktor
  - Pendingin : Koil
  - Diameter : 2,5 in
  - Tinggi : 1,37838 m
  - Jumlah lilitan : 14 lilitan
  - Volume : 13,7079 m<sup>3</sup>
- j. Bahan : *Carbon steel*
- k. Jumlah : 3 buah
- l. Harga : US \$ 299.029,54

### 3. Dekanter

- a. Kode : H-1.1
- b. Fungsi : Memisahkan fraksi ringan (metil ester) dengan fraksi berat (gliserol, NaOH, metanol, air dan trigliserida)
- c. Jenis : Silinder horisontal
- d. Kapasitas : 109,685 m<sup>3</sup>
- e. Kondisi operasi
  - Suhu : 60°C
  - Tekanan : 1 atm
- f. Dimensi
  - Diameter : 4,2182 m

- Panjang : 12,6546m
  - Tebal *shell* : 0,1875 in (0,0048 m)
  - Tebal *head* : 0,25in (0,00635 m)
- g. Bahan konstruksi : *Carbon steel*
- h. Jumlah : 1 buah
- i. Harga : US\$ 10.582,44

#### 4. Dekanter 2

- a. Kode : H-1.2
- b. Fungsi : Meisahkan Produk Biodiesel dengan bahan yang lainnya
- c. Jenis : Silinder horisontal
- d. Kapasitas : 201,412 m<sup>3</sup>
- e. Kondisi Operasi
- Suhu : 40 °C
  - Tekanan : 1 atm
- f. Dimensi : 40 °C
- Diameter : 5,1078m<sup>3</sup>
  - Panjang : 15,2486 m
  - Tebal *shell* : 0,1875 in (0,0048 m)
  - Tebal *head* : 0,25in (0,00635 m)
- g. Jumlah : 1
- h. Bahan konstruksi : *Carbon steel*
- i. Harga : US \$ 10.582,44

#### 5. Tangki Pencuci

- a. Kode : H-2.1
- b. Fungsi : Menghilangkan fraksi berat yang masih terikut pada fraksi ringan dengan pencucian.
- c. Kapasitas : 17,4910 m<sup>3</sup>

- d. Jenis alat : Tangki berpengaduk
- e. Kondisi operasi
  - Suhu : 60°C
  - Tekanan : 1 atm
- f. Dimensi
  - Diameter : 2,8139 m
  - Tinggi total : 3,8256 m
  - Tebal *shell* : 0,25in (0,00635 m)
  - Tebal *head* : 0,375in (0,00953 m)
- g. Pengaduk
  - Jenis pengaduk : Turbin dengan 6 *blade disk* standar
  - Kecepatan putaran : 70 rpm
  - Diameter : 0,9380 m
  - Daya motor : 112Hp
  - Jenis motor : *Fixed speed belt*
  - Jarak dengan dasar : 0,9380 m
  - Tinggi : 0,1876 m
  - Lebar : 0,1876 m
  - Lebar *baffle* : 0,1595 m
- h. Bahan : *Carbon steel*
- i. Jumlah : 1 buah
- j. Harga : US \$ 10.078,51

## 6. *Flash Drum*

- a. Kode : D-1.1
- b. Tugas : Memisahkan metanol dengan air dan sisa bahan yang lain
- c. Jenis alat : *Single stage distillation*
- d. Kondisi operasi
  - Suhu : 86°C
  - Tekanan : 1 atm

- e. Dimensi
- Diameter kolom : 2,1084 m
  - Tinggi menara : 6,0284 m
  - Tebal *shell* : 0,1875 in (0,0048 m)
  - Tebal *head* : 0,1875 in (0,0048 m)
- f. Bahan : *Carbon steel*
- g. Jumlah : 1 buah
- h. Harga : US \$ 18.947,61

### 7. *Netralizer*

- a. Kode : A-101
- b. Fungsi : Menetralkan
- c. Jenis alat : Tangki silinder tegak berpengaduk
- d. Kondisi operasi
- Suhu : 86°C
  - Tekanan : 1 atm
- e. Dimensi
- Diameter kolom : 1,9079 m<sup>3</sup>
  - Tinggi : 2,5309 m
  - Tebal *shell* : 0.1875 in (0,0048 m)
  - Tebal *head* : 0.1875 in (0,0048 m)
- f. Jenis Pengaduk : Turbin dengan 6 *blade disk* standar
- g. Diameter : 0,7521 m
- h. Kecepatan : 96,0667 rpm
- i. Daya : 5 Hp
- j. Jumlah pengaduk : 1 buah
- k. Bahan konstruksi : *Carbon steel*
- l. Jumlah : 1
- m. Harga : US \$ 28.522,20

## 8. Menara Distilasi

- a. Kode : D-2.1
- b. Fungsi : Memisahkan Metanol dan Air yang akan didaur ulang ke Mixer
- c. Jenis : *Shive Plate Tray*
- d. Kondisi operasi
  - Tekanan *top* : 1 atm
  - Tekanan umpan : 1 atm
  - Tekanan *bottom* : 1 atm
  - Suhu *top/distilat* : 64,5759°C
  - Suhu umpan : 86°C
  - Suhu *bottom* : 92,5342°C
- e. Dimensi
  - Diameter menara : 2,1084 m
  - Tinggi menara : 6,1502 m
  - Tebal *shell* : 0,1875 in ( 0,0048 m)
  - Tebal *head* : 0,1875 in (0,0048 m)
  - *Tray spacing* : 0,35 m
- f. Jumlah *plate aktual* : 14 *stage*
- g. Jumlah : 1
- h. Bahan konstruksi : *Carbon Steel*
- i. Harga : US \$ 60.500,00

## G. ANALISIS EKONOMI

Analisa ekonomi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik ini menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak jika didirikan. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan 134 orang, dengan modal tetap sebesar Rp.162.377.089.498,81 pertahun. Modal kerja sebesar Rp.150.297.112.764,45 pertahun. Dari analisis ekonomi pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp.138.219.456.945,20 pertahun. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 42,56% dan sesudah pajak sebesar 29,79%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 2,1 tahun dan setelah pajak 2,9 tahun *Break Even Point* (BEP) sebesar 56,95 %, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30,79 %, *Discounted Cash Flow* (DCF) terhitung sebesar 32,25 %.

## H. KESIMPULAN

Pabrik Biodiesel ini digolongkan sebagai pabrik yang beresiko rendah. Karena pada pabrik ini menggunakan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan temperatur 60°C, dan bahan baku yang didatangkan dari dalam negeri sendiri.

Kemudian dari data hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

## I. DAFTAR PUSTAKA

- Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi BPPT, 2003, "*Laporan Kegiatan Pengembangan Biodiesel Sebagai Energi Alternatif*", BPPT, Jakarta
- Brown, G.G., 1950, "*Unit Operations*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, "*Process Equipment Design*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, "*Chemical Engineering*", Vol. 6, Pergamon Press, Oxford
- Hidayat, Wahyu, 2009, "*Tugas Akhir; Unit Pemurnian Metil Ester hasil Transesterifikasi Menjadi Biodiesel Sawit*", Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
- Hikmah, M.N. dan Zuliyana, 2010, "*Tugas Akhir; Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*", Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
- Kern, D.Q., 1950, "*Process Heat Transfer*", McGraw-Hill International Book Company Inc., New York
- McCabe, W.I. and Smith, J.C., 1985., "*Unit Operation of Chemical Engineering*", 4<sup>th</sup> edition, McGraw Hill Book Company, Singapore
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1984, "*Perry's Chemical Engineer's Handbook*", 6<sup>th</sup> edition. McGraw Hill Book Company. Singapore

- Perry, R.H. and Green, D.W., 1997, "*Perry's Chemical Engineers' Handbook*", 7<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, New York
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2004, "*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*", 5<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York 163
- Purba, Januardo, 2007, "*Skripsi; Pembuatan dan Karakteristik Metil Ester Asam Lemak Minyak Jarak Pagar yang digunakan sebagai Biodiesel*", Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan
- Rase, H.F., and Holmes, J. R., 1977, "*Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One : Principles and Techniques*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Said, Muhammad, 2009, "*Jurnal Penelitian, Metanolisis Minyak Jarak Pagar Menghasilkan Biodiesel: Pengaruh Waktu Reaksi, Jumlah Katalis dan Rasio Reaktan terhadap konversi minyak jarak*", Majalah Dinamika Penelitian BIPA, Palembang
- <http://palembang.bpkimi.kemenperin.go.id/publikasi-majalah/51-metanolisis-minyak-jarak-pagar-.html>, Diakses pada tanggal 3 Oktober 2014, Pukul 11.00 WIB
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1987, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 4<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill Book Co., New York
- Sumangat, D. dan Hidayat, T., 2008, "*Jurnal Penelitian; Karakteristik Metil Ester Minyak Jarak Pagar Hasil Proses Transesterifikasi Satu dan Dua Tahap*", Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor

- Susilo, Bambang, 2006, "*Biodiesel; Pemanfaatan Biji Jarak Pagar Sebagai Alternatif Bahan Bakar*", Trubus Agrisarana, Surabaya
- Syah, A., 2006, "*Biodiesel Jarak Pagar; Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan*", Agromedia Pustaka, Jakarta
- PT. Asahimas Chemical, [www.asc.co.id](http://www.asc.co.id), Diakses pada tanggal 6 Februari 2014, Pukul 15.00 WIB
- PT. Kreatif Energi Indonesia, [www.indobiofuel.com](http://www.indobiofuel.com), Diakses pada tanggal 6 Februari 2014, Pukul 16.00 WIB
- PT. Kaltim Metanol, [www.kaltimmethanol.com](http://www.kaltimmethanol.com), Diakses pada tanggal 6 Februari 2014, Pukul 18.30 WIB
- Ulrich, G.D., 1984, "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Walas, S.M., 1988, "*Chemical Process Equipment (Selection and Design)*", 3ed edition, Butterworth, United State of Amerika
- Widyastuti, Lusiana, 2007, "*Tugas Akhir II; Reaksi Metanolisis Minyak Biji Jarak Pagar Menjadi Metil Ester sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel dengan Menggunakan Katalis KOH*", Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Semarang
- Yaws, 1999, "*Thermodynamic and Physical Properties Data*", Mc Graw HillBook Co. Singapore
- Zasa, M.U., 2008, "*Budidaya Jarak Pagar-Biodiesel di Sumba Barat Daya-NTT, lahan 100.000 ha*", jarakpagar.biodiesel.blogspot.com, Diakses 11 april 2015, Pukul 16.06 WIB

<http://matche.com/EquipCost>, "*Harga Alat-alat Proses*", Diakses pada tanggal 13 Februari 2015, Pukul 20.00 WIB

[http://goliath.ecnext.com/coms2/gi\\_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plant-Cost-Index.html](http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plant-Cost-Index.html), "*Harga Index dari tahun 2005-20010*", Diakses pada tanggal 6 Februari 2015, Pukul 13.30 WIB

[www.nist.com](http://www.nist.com), "*Standar Mutu Gliserol*", Diakses pada tanggal 19 Desember 2015, Pukul 13.000 WIB

<http://www.bps.go.id/exim-frame.php>, "*Tabel Ekspor-Import Biodiesel tahun 2005-2010*", Diakses pada tanggal 10 Oktober 2014, Pukul 09.00 WIB