

**PRARANCANGAN PABRIK METIL ESTER
DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METANOL
KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**



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

Oleh :

ATI'AH PRATIWI

D 500 120 015

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

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK METIL ESTER
DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METANOL
KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

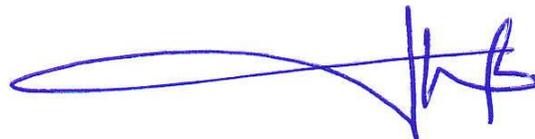
Oleh :

ATI'AH PRATIWI

D 500 120 015

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, consisting of a long horizontal stroke followed by a vertical stroke and a loop.

Tri Widayatno, ST., M.Sc., Ph.D.

NIK. 960

HALAMAN PENGESAHAN

**PRARANCANGAN PABRIK METIL ESTER
DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METANOL
KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN**

Oleh :

ATI'AH PRATIWI

D 500 120 015

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jum'at, 21 Oktober 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Eni Budiyati, S.T., M.Eng

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah 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 ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 31 Oktober 2016

Penulis,



ATI'AH PRATIWI

D 500 120 015

**PRARANCANGAN PABRIK METIL ESTER DARI MINYAK JARAK
PAGAR DAN METANOL KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

ABSTRAK

Pabrik Metil Ester dengan bahan baku Minyak Jarak Pagar dan Metanol yang memiliki kapasitas sebesar 65.000 ton per tahun direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun. Pabrik metil ester dari minyak jarak pagar ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar dari energi alternatif mengingat semakin menipisnya bahan bakar minyak dari fosil, sehingga dapat mengurangi jumlah impor solar. Pabrik rencananya akan didirikan di kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 20.000 m² dan jumlah karyawan sebanyak 154 orang.

Proses pembuatan Metil Ester dilakukan dengan proses transesterifikasi yang dilakukan dalam reaktorberpengaduk CSTR yaitu dengan mereaksikan minyak jarak pagar dan metanol. Dalam proses ini digunakan NaOH sebagai katalisnya. Proses ini berlangsung di dalam reaktor selama 60 menit dengan fase cair-cair dengan perbandingan mol minyak jarak pagar dengan metanol 1 : 6 secara *reversible*, eksotermisdengan kondisi isothermal, non-adiabatis pada suhu 60°C dan pada tekanan 1 atm. Pabrik ini digolongkan beresiko rendah karena kondisi operasi pada tekanan atmosferis. Kebutuhan bahan baku minyak jarak pagar sebesar 8.247,86 kg per jam dan metanol sebesar 1.775,56 kg per jam. Bahan baku penunjang yaitu NaOH sebesar 247,44 kg per jam. Produk berupa Metil Estersebesar8.207,07 kg perjam.

Pabrik Metil Ester yang didirikanmemerlukan modal tetap sebesar Rp 414.009.351.098,31dan modal kerja sebesar Rp 150.164.569.486. Dari analisis ekonomi menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 119.527.403.866 per tahun setelah dipotong pajak sebesar 30% keuntungan mencapai Rp 83.669.182.706 per tahun. *Percent Return On Investment (ROI)*sebelum pajak 28,87% dan setelah pajak 20,27%. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 2,6 tahun dan setelah pajak 3,3 tahun. *Break Even Time (BEP)* sebesar 52,27%, dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 27,79%. *Discounted CashFlow (DCF)* terhitung sebesar 39,35%. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata Kunci : CSTR/RATB, jarak pagar, metil ester, transesterifikasi

ABSTRACT

Methyl Ester factory with rawmaterial of Jatropha Oil and Methanol which has a capacity of 65,000 tons per year is planned to operate for 330 days

per year. Factory methyl ester of castor oil was established to meet the fuel needs of alternative energy in view of the depletion of fossil fuels, thus reducing the amount of imported diesel. The factory is planned to be established in Gresik, East Java, with a land area of 20,000 m² and the number of employees 154 people.

Methyl Ester-making process is done by a transesterification process is carried out in a stirred reactor CSTR is by reacting castor oil and methanol. In the process used NaOH as a catalyst. This process takes place in the reactor for 60 minutes with a liquid-liquid phase mole ratio of castor oil with methanol 1: 6 are reversible, exothermic with isothermal conditions, non-adiabatic at 60 ° C and at a pressure of 1 atm. This plant is classified as a low risk operating at atmospheric pressure conditions. Raw material needs of castor oil at 8247.86 kg per hour and methanol amounted to 1775.56 kg per hour. Supporting materials that NaOH at 247.44 kg per hour. Methyl Ester product in the form of 8207.07 kg per hour.

The factory was established Methyl Ester require Rp 414,009,351,098.31 fixed capital and working capital of Rp 150 164 569 486. From the economic analysis shows a profit before tax of Rp 119 527 403 866 per year after taxes amounted to 30% profit reached Rp 83,669,182,706 per year. Percent Return On Investment (ROI) before tax after tax 28.87% and 20.27%. Pay Out Time (POT) before tax for 2.6 years and 3.3 years after tax. Break Even Time (BEP) amounted to 52.27%, and Shut Down Point (SDP) amounted to 27.79%. Discounted Cashflow (DCF) accounted for 39.35%. From the data above feasibility analysis concluded that the plant is profitable and feasible to set.

Keywords: CSTR / RATB, Jatropha curcas, methyl ester, transesterification

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan energi semakin meningkat dan tidak dapat dihindari dari kehidupan masyarakat. Peningkatan ini akan terus terjadi seiring dengan meningkatnya populasi manusia, aktivitas industri, dan kemajuan teknologi transportasi. Salah satu sumber energi yang sering kita gunakan adalah minyak bumi yang berasal dari fosil. Cadangan bahan bakar minyak di Indonesia semakin menipis dan diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 10-15 tahun lagi. Bahkan saat ini, di beberapa wilayah di Indonesia sering terjadi kelangkaan bahan bakar.

Biodiesel merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah energi. Biodiesel mempunyai bilangan asap yang lebih tinggi yaitu 62 sehingga memiliki

sifat yang ramah lingkungan, memiliki kerapatan yang lebih tinggi, dapat mengurangi emisi dan efek rumah kaca, dapat diperbarui, dapat terurai, dan biaya produksinya lebih murah.

Mengingat semakin meningkatkannya kebutuhan energidan semakin menipisnya cadangan energi maka peranan biodiesel dari minyak jarak pagar sebagai energi alternatif menjadi sangat penting di Indonesia.Dengan adanya biodiesel maka dapat mengurangi jumlah impor solar sehingga akan menghemat devisa negara, memicu tumbuhnya industri lain, menguntungkan para petani jarak pagar, membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar sehingga mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

1.2 Kapasitas Pabrik

Proyeksi kebutuhan bahan bakar altertif semakin meningkat karena semakin menipisnya minyak bumi.Biodiesel dari minyak jarak pagar merupakan salah satu solusi untuk mengatasi krisis BBM.Biodiesel ini juga memberi keuntungan pada masyarakat, petani jarak pagar. Berikut ini data perkembangan kebutuhan solar di Indonesia:

Tabel 1.1. Perkembangan Kebutuhan Bahan Bakar Solar di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Ton/Tahun)
2011	2.223,633
2012	2.044,947
2013	1.211,517
2014	2.753,021
2015	2.389,842

(Badan Pusat Statistik, 2015)

Di Indonesia telah ada beberapa pabrik biodiesel dari minyak nabarti yang telah berdiri. Salah satunya adalah PT Rajawali Nusantara Indonesia dengan kapasitas produksi 1,5 ton/hari (Susilo,2006). Pada umumnya, pabrik biodiesel

menggunakan minyak sawit sebagai bahan baku. Berikut pabrik biodiesel dari minyak jarak :

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

No.	Nama Pabrik	Kapasitas
1.	BBKK Departemen Perindustrian, Jakarta	300 liter/hari
2.	PLN Mataram, NTB	1 ton/hari
3.	PTPN IV. Tebing Tinggi, Sumut	5 ton/hari
4.	Pemda Riau, Pekanbaru	8 ton/hari
5.	PT. Multikimia Inti Pelangi, Cibitung	20 ton/hari
6.	PT. Surya Agung, Bogor	600 liter/hari

(PT. Kreatif Energi Indonesia, www.indofuel.com)

Berdasarkan beberapa pertimbangan maka dapat diputuskan bahwa pabrik biodiesel yang akan didirikan dirancang dengan kapasitas 65.000 ton/tahun.

1.3 Lokasi Pabrik

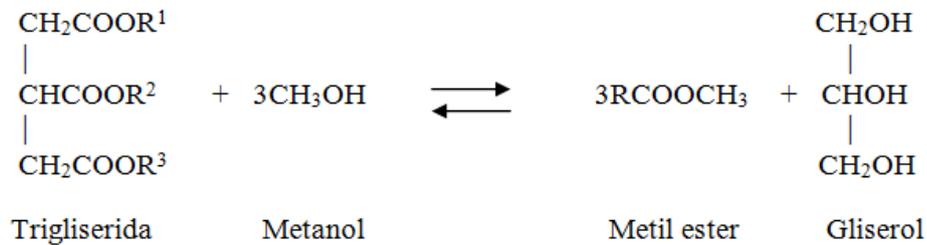
Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi suatu pabrik adalah sumber bahan baku, transportasi, sumber energi, utilitas, lapangan kerja, fasilitas, luas lahan yang dibutuhkan, serta pengaruh politik-ekonomi. Berdasarkan beberapa pertimbangan, pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar ini akan didirikan di wilayah Gresik, Jawa Timur.

1.4 Tinjauan Pustaka

Minyak Jarak pagar diperoleh dari biji dengan metode pengepresan atau ekstraksi menggunakan pelarut. Berdasarkan hasil penelitian biji jarak mengandung minyak sebesar 46% (Julianti, 2005). Minyak jarak pagar memiliki kadar sulfur yang lebih rendah dengan nilai *cetane* yang lebih tinggi sehingga ramah lingkungan.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terbuat dari sumberdaya hayati yang berupa minyak lemak nabati atau hewani yang mengandung trigliserida. Proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati disebut transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan perubahan bentuk dari ester menjadi bentuk ester lain

(Syah, 2006). Reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel merupakan reaksi alkoholis dengan menggunakan alcohol (metano). Berikut adalah reaksi yang terjadi pada proses pembuatan metil ester dari minyak jarak pagar:



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi

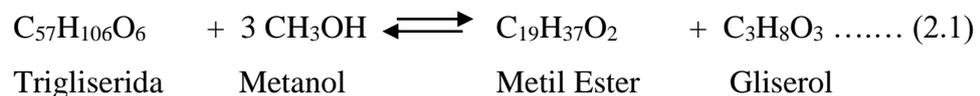
1.5 Kegunaan Produk

Kebutuhan manusia tak lepas dari energi terutama untuk kebutuhan BBM yang terus mengalami peningkatan. Bahan bakar minyak banyak digunakan untuk kegiatan transportasi, aktivitas rumah tangga, PLTD, aktivitas industri. Sedangkan bahan baku BBM yaitu minyak bumi semakin menipis. Selain itu produk samping yang dihasilkan yaitu gliserol juga dapat digunakan sebagai bahan baku plastik, kosmetik, pemanis, bahan tambahan tinta. Manfaat lain dapat membuka lowongan pekerjaan dan menambah nilai ekonomi bagi masyarakat.

2. DESKRIPSI PROSES

2.1 Dasar Reaksi

Proses pembuatan metil ester ini menggunakan reaksi transesterifikasi dengan mereaksikan trgliserida dan metanol. Berikut adalah reaksi yang terjadi pada pembentukan metil ester:



2.2 Kondisi Operasi

Berdasarkan jurnal penelitian oleh Said (2009), reaksi pembuatan metil ester merupakan reaksi orde satu yang berjalan pada suhu 60 °C, tekanan 1 atm dengan menggunakan katalis NaOH (natrium hidroksida). Reaksi ini berjalan di

dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) selama 60 menit dengan perbandingan mol reaktan 1:6 (trigliserida : metanol) menghasilkan konversi 98%.

2.3 Tinjauan Termodinamika

Dalam menentukan sifat reaksi dari proses pembuatan biodiesel maka harus dilakukan penentuan menggunakan panas reaksi (ΔH°_f).

Diketahui ΔH°_f komponen produk dari reaktan :

Tabel 2.1. Data Panas Reaksi

Komponen	ΔH°_f , kJ/mol
$C_{57}H_{104}O_6$	-672,091
CH_3OH	-201,194
$C_{19}H_{36}O_2$	-626,311
$C_3H_8O_3$	-582,922

Dimana reaksi,

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f \text{ reaksi} &= \sum \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \sum \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= [\Delta H^{\circ}_f C_3H_8O_3 + (3 \times \Delta H^{\circ}_f C_{19}H_{36}O_2)] - [\Delta H^{\circ}_f C_{57}H_{104}O_6 + (3 \times \Delta H^{\circ}_f CH_3OH)] \\ &= -1186,183 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Diperoleh ΔH°_f sebesar -1186,183 kJ/mol dan bernilai negatif sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan metil ester ini merupakan reaksi eksotermis. Untuk menentukan reaksi pembentukan metil ester termasuk reaksi *reversible* atau *irreversible*, maka harus dihitung harga dari tetapan kesetimbangan (K).

Tabel 2.2. Harga ΔG°_f untuk Beberapa Komponen

Komponen	ΔG°_f , kJ/mol
$C_{57}H_{104}O_6$	-190,8463
CH_3OH	-162,6575
$C_{19}H_{36}O_2$	-118,2250
$C_3H_8O_3$	-448,7931

(Yaws, 1999)

Menghitung besarnya nilai ΔG_f° total dengan menggunakan persamaan *Van't Hoff*.

$$\begin{aligned} \Delta G_f^{\circ \text{total}} &= \sum \Delta G_f^{\circ \text{produk}} - \sum \Delta G_f^{\circ \text{reaktan}} \\ &= [\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + (3 \times \Delta H_f^\circ \text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2)] - [\Delta H_f^\circ \text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + \\ &\quad (3 \times \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH})] \\ &= [(-448,7931) + (3 \times -118,2250)] - [-190,8463 + (3 \times - \\ &\quad 162,6575)] \text{ kJ/mol} \\ &= -124,6493 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Mencari nilai konstanta kesetimbangan (K) pada suhu 298,15 K dengan persamaan:

$$\Delta G_f^\circ = -RT \cdot \ln K \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan,

$$R = -8,314 \text{ kJ/kmol } ^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned} K_{298,15} &= \exp \frac{-\Delta G}{RT} \\ &= \exp \frac{-124,6493}{-8,314 \times 298,15} \\ &= \exp (0,0503) \\ &= 1,0516 \end{aligned}$$

Menghitung nilai K suhu operasi yaitu 333,15 K (60 °C)

$$d(\ln K) = \frac{-\Delta H_f}{RT^2} dT \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\begin{aligned} \ln \frac{K_{T_{\text{operasi}}}}{K_{298,15}} &= \frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298,15}} \right] \\ &= \frac{-1186,1827}{8,314} \left[\frac{1}{333,15} - \frac{1}{298,15} \right] \end{aligned}$$

$$\ln \frac{K_{T_{\text{operasi}}}}{1,0516} = 0,0025$$

$$K_{T_{\text{operasi}}} = 1,0025$$

Dari perhitungan diperoleh nilai K = 1,0025, sehingga reaksi yang terjadi merupakan reaksi *reversible* (bolak-balik).

2.4 Langkah Proses

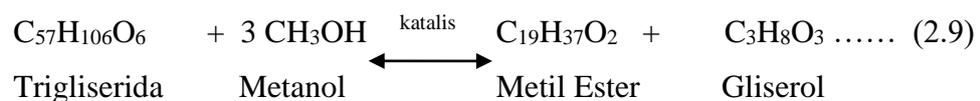
Dalam proses pembuatan biodiesel dari trigliserida minyak jarak pagar dengan metanol dibagi dalam 4 tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku

Pada proses pembuatan biodiesel ini bahan baku yang digunakan adalah trigliserida dari minyak jarak pagar dengan kadar 99% dan metanol 99,85%. Bahan pembantu yang digunakan adalah natrium hidroksida dan asam klorida 32%. Bahan baku disimpan dalam tangki penyimpanan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Dari tangki penyimpanan, metanol dan NaOH dialirkan ke mixer (M-01) sedangkan trigliserida dialirkan ke reaktor (R-01) menggunakan pompa.

2. Tahap pembentukan produk

Dalam proses pembentukan biodiesel berlangsung melalui reaksi transesterifikasi yang terjadi di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 60 °C dan tekanan 1 atm. Pengaduk dalam reaktor berfungsi untuk mencampur kedua reaktan (trigliserida dan metanol) dengan NaOH. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah :



Reaksi terjadi yang merupakan reaksi eksotermis, sehingga dalam perancangan reaktor ditambahkan pendingin koil, dan suhu di dalam reaktor dijaga sekitar 60°C. Reaksi yang terjadi berlangsung selama 1 jam dengan konversi 98%.

3. Tahap pemurnian dan pemisahan produk

Produk dari reaktor (R-01) terdiri dari metanol, air, trigliserida, NaOH, metil ester, dan gliserol dialirkan menuju dekanter (H-1.1) menggunakan pompa. Dekanter berfungsi untuk memisahkan metil ester, air, NaOH, trigliserida dan produk samping gliserol. Lapisan bawah dari dekanter berupa fraksi berat yaitu gliserol, air, NaOH, dan trigliserida dialirkan ke netralizer, sedangkan lapisan atas yaitu metil ester, air, metanol akan dialirkan ke dalam tangki pencuci (H-2.1). Setelah itu akan dialirkan menuju dekanter (H-1.2) untuk dipisahkan dari metanol dan air. Produk utama metil ester akan dialirkan ke tangki penyimpanan.

Hasil bawah dari dekanter-01 akan dialirkan ke netralizer dan ditambahkan asam klorida. Dari netralizer akan dialirkan ke evaporator menggunakan pompa.

Didalam evaporator gliserol akan dipekatkan kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan.

4. Tahap *recovery* metanol

Recovery metanol bertujuan untuk mengambil metanol yang masih tersisa dari proses untuk di *recycle*. Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan menara destilasi. Hasil atas dari evaporator akan dialirkan ke menara destilasi untuk memisahkan metanol dan air. Hasil atas dari menara distilasi berupa campuran uap air dan uap metanol yang kemudian dikondensasikan dan dialirkan menuju mixer (M-01).

3. SPESIFIKASI ALAT PROSES

3.1 Mixer

Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampur katalis NaOH, metanol <i>fresh</i> , dan metanol (<i>recycle</i> dari MD-01) untuk diumpankan ke reaktor (R-01)
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Kondisi	: 52,57°C, 1 atm
Ukuran	:
a. Diameter	: 1,64 m
b. Tinggi	: 1,86 m
c. Tebal shell	: 0,18 in
d. Tebal head	: 0,18 in
Pengaduk	: Jenis impeller
a. Diameter	: 21,49 in
b. Kecepatan pengadukan	: 269,32 rpm
c. Jumlah Pengaduk	: 1 buah
Jenis	: Silinder vertical
Bahan	: <i>Carbon steel</i>
Motor	: 4 Hp
Jumlah	: 1 buah

3.2 Reaktor

Kode	: R-01 dan R-02
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi antara metanol dan trigliserida menjadi metil ester dan gliserol dengan menggunakan katalis NaOH
Jenis	: <i>Continous Stirred Tank Reactor</i> (CSTR)
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Sistem operasi	: Isotermal adiabatic
a. Kondisi operasi	
1. Suhu	: 60 °C
2. Tekanan	: 1 atm
b. Fase reaksi	: cair-cair
c. Katalis	: NaOH
d. Dimensi reaktor	: 2,15 m
e. waktu tinggal	: 30 menit
f. Volume rector	: 9,89 m ³
g. Tinggi reaktor	: 3,03 m
h. Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
i. Tebal <i>head</i>	: 4/16 in
j. Pendingin	: Koil
k. Diameter koil	: 0,06
l. Panjang	: 5,40 m
m. Jumlah	: 2 buah

3.3 Decanter-01.1

Kode	: H-01.1
Fungsi	: Memisahkan keluaran dari reaktor (R-01) yaitu metil ester dan gliserol untuk dimurnikan di alat berikutnya

Kondisi operasi	: 60 °C, 1 atm
Jenis	: horizontal silinder
Volume	: 6,38m ³
Diameter dalam	: 1,39 m
Panjang	: 4,75 m
Tebal shell	: 0,18 in
Tebal head	: 0,18 in
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Tinggi pipa pemasukan	: 2,33 m
Tinggi pipa pengeluaran atas	: 4,19 m
Tinggi pipa pengeluaran bawah	: 3,66 m

3.4 Netraliser

Kode	: M-02
Tugas	: Menetralkan NaOH dengan penambahan HCl
Jenis	: Tangki Tegak Berpengaduk
Kondisi	: 60°C, 1 atm
Ukuran	
a. Diameter	: 1,68 m
b. Tinggi	: 2,35 m
c. Tebal shell	: 0,19 in
d. Tebal head	: 0,19 in
Pengaduk	: Jenis impeller
a. Diameter	: 0,56 in
b. Kecepatan pengadukan	: 136,60 rpm
c. Jumlah Pengaduk	: 1 buah
Pendingin	: koil
Bahan	: <i>stainless steel</i>
Motor	: 7 Hp
Jumlah	: 1 buah

4. UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

4.1 Unit Pendukung Proses (Utilitas)

Unit pendukung proses atau unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya suatu proses dalam suatu pabrik.

Unit pendukung proses dibutuhkan pada prarancangan ini meliputi enam unit:

a. Unit penyediaan dan pengolahan air

Berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan *boiler* dan air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan.

b. Unit penyediaan *steam*

Digunakan untuk proses pemanasan di *heat exchanger*.

c. Unit penyediaan bahan bakar

Berfungsi menyediakan bahan bakar untuk *boiler* dan generator.

d. Unit penyediaan listrik

Berfungsi sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses maupun penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan *generator set*..

e. Unit pengolahan limbah

Berfungsi untuk mengolah limbah pabrik. Limbah dari pabrik metil ester berupa limbah cair.

f. Unit penyediaan udara tekan

Berfungsi sebagai penyedia udara tekan untuk menggerakkan sistem instrumentasi.

5. ANALISIS EKONOMI

Pabrik metil ester dari minyak jarak pagar dan metanol ini merupakan pabrik dengan resiko rendah karena bekerja pada suhu dan tekanan rendah. Berdasarkan perhitungan analisi ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Modal tetap yang dibutuhkan sebesar Rp. 414.009.351.098
2. Modal kerja yang dibutuhkan sebesar Rp. 150.127.293.977
3. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 119.527.403.866 dan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 83.669.182.707

4. Percent Return on Investment (ROI) sebelum pajak 28,87% dan sesudah pajak 20,21%. ROI untuk pabrik beresiko rendah sebelum pajak minimal 11% (Aries and Newton, 1955).
5. Pay Out Time (POT) sebelum pajak 2,6 tahun dan sesudah pajak 3,3 tahun.
POT pabrik sebelum pajak maksimal 5 tahun (Aries and Newton: 1955).
6. Break Event Point (BEP) sebesar 52,27% dan Shut Down Point sebesar 27,79%.
7. Discounted Cash Flow atau DCF sebesar 39,35%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, B. (2006). SNI 04-7182-2006. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Brown, G.G. (1950). "*Unit Operation*". John Wiley and Sons Inc., New York.
- Brownell, E.L., and Young, E.H., (1959). "*Process Equipment Design*". Wiley Eastern Ltd., New Delhi.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., (1983). "*Chemical Engineering*". 1st ed., Vol. 6, Pergamon Press, New York.
- Freedman, B., Pryde E.H. Mounts T.I. (1984). "*Variable Affecting The Yield of Fatty Ester From Transesterified Vegetable Oil*". J. An. Oil Chem. Soc. 61:1638-1643.
- Hidayat, Wahyu. (2009). "*Tugas Akhir ; Unit Pemurnian Metil Ester Hasil Transesterifikasi Menjadi Biodiesel Sawit*". Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Hikmah, Nurul Maharani dan Zuliyana, 2010, "Skripsi Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi", Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill International Book Company Inc., New York
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., (1980). "*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*". 3rd ed., Vol. 1, 3,4, 5, Marcell Dekker Inc., New York.
- McCabe, W.I. and Smith, J.C. (1985). *Unit Operation of Chemical Engineering*. 4th edition, McGraw Hill Book Company, Singapore
- Panjaitan, F., 2005, "Produksi Biodiesel Sawit Secara Sinambang", Universitas Negeri Sumatera Utara, Medan.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1997, "*Perry's Chemical Engineers' Handbook*", 7th ed., McGraw-Hill Book Company, New York

- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2004, "*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*", 5th ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York
- 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. (2010). "*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. Diakses 1 Mei 2015 Pukul 05:27.
- Said, M. Septiarty, W. Tutiwi Tri. (2010). "*Studi Kinetika Reaksi Pada Metanolisis Minyak Jarak Pagar*". Jurnal Teknik Kimia. No 1 . Vol 17. Januari 2010. Diakses 21 April 2015 Pukul 21:24
- Ulrich, G.D. (1988). "*A Guide Engineering Process Design and Economics*". John Wiley and State of Amerika
- Yaws, 1999, "*Thermodynamic and Physical Properties Data*", Mc Graw Hill Book Co. Singapore
- Yunizurwan, 2007, "Analisis Potensi dan Peluang Ekonomi Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar sebagai Bahan Bakar Alternatif", USU, Sumatera Utara.
- <http://matche.com/EquipCost>. "*Harga Alat-alat Proses*". Diakses tanggal 24 Agustus 2016 pukul 19:25.
- <http://www.alpensteel.com/article/114-101-energi-terbarukan-renewable-energy/2843-minyak-jarak-sebagai-bahan-biodiesel-yang-banyak-digunakan>. Diakses pada tanggal 10 Agustus 2015 pukul 19.45
- <http://www.bps.go.id/all.newtemplate.php>, "Tabel Ekspor-Import Metil Ester tahun 2011-2015", diakses pada tanggal 9 Juni 2015 pukul 20.35
- http://goliath.ecnnext.com/com/com2/gi_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plants-Cost-Index.html "Harga Index dari tahun 2005-2010". Diakses pada tanggal 28 September 2016 pukul 20.45
- www.indofuel.com, "Biodiesel", PT. Kreatif Energi Indonesia, diakses pada tanggal 15 April 2015 pukul 20.36