

KARAKTERISTIK REAKTOR HIDROGENASI MINYAK BIJI KAPUK UNTUK PEMBUATAN *GREEN DIESEL*

Siti Salamah, Martomo Setyawan
Program Studi Teknik Kimia
Universitas Ahmad Dahlan
Kampus III UAD Jl. Dr. Soepomo Janturan Yogyakarta
salamah1995@yahoo.com

Abstrak

Green diesel merupakan salah satu solusi mengatasi kebutuhan bahan bakar diesel yang semakin meningkat, *green diesel* merupakan minyak diesel yang berasal dari hidrogenasi minyak nabati yang memiliki kualitas lebih baik dibandingkan biodiesel dan ramah lingkungan. Proses hidrogenasi minyak nabati menjadi *green diesel* dirancang di reaktor yang beroperasi pada suhu 250°C dan tekanan 10 atm, untuk beroperasi pada suhu dan tekanan tersebut maka perlu diketahui karakter reaktor juga suhu pemanasnya. Penelitian ini dilakukan dengan merancang reaktor hidrogenasi dan merancang pemanas reaktor juga uji temperatur pemanas. Pemanas listrik disambungkan dengan regulator tegangan, termokopel dipasang pada batu penahan panas tepat di atas elemen pemanas. Regulator diputar pada tegangan 100 volt, perubahan suhu dicatat tiap 5 menit, percobaan dihentikan apabila suhu sudah konstan, percobaan diulangi untuk tegangan 125, 150, 175, 200 dan 225 volt. Percobaan diulang untuk mempelajari karakter perpindahan panas ke reaktor. Hasil dari penelitian ini adalah reaktor hidrogenasi dirancang dari bahan stainless steel, beroperasi pada temperatur 250°C dengan tekanan 10 atm, Spesifikasi reaktor sebagai berikut : volume cairan 2 liter, tinggi reaktor 31 cm, diameter luar 15 cm dan diameter dalam 10 cm. Reaktor tabung ini dilihat dari persyaratan suhu dan kebutuhan panas dapat digunakan sebagai reaktor untuk hidrogenasi minyak biji kapuk. Pemanasan di reaktor dapat mencapai suhu 240°C dengan menggunakan tegangan 175 Volt.

Kata kunci : Karakteristik , Reaktor hidrogenasi , *Green diesel*

I. PENDAHULUAN

Semakin berkurangnya sumber energi minyak bumi dan semakin meningkatnya kebutuhan energi merupakan permasalahan energi yang harus diselesaikan. *Green diesel* adalah salah satu alternatif solusi pemecahan masalah kebutuhan energi tersebut, yaitu dengan mengganti diesel dari minyak bumi dengan minyak yang setara dengan diesel yang diolah dari minyak nabati seperti minyak biji kapuk, minyak jarak dan lain-lain. Proses yang dapat dilakukan untuk mengubah minyak nabati menjadi minyak yang setara dengan bahan bakar diesel adalah dengan hidrogenasi minyak nabati akan dihasilkan alkana setara minyak diesel, propana, air dan karbondioksida. Alkana hasil reaksi yang setara dengan minyak diesel disebut dengan *green diesel* atau biodiesel generasi 2 (G2) dengan kualitas yang lebih baik dibanding biodiesel G1 hasil transesterifikasi [1]. Kelebihan *green diesel* atau biodiesel G2 ini mampu mencapai bilangan *cetane* 55 - 90 jauh lebih tinggi dari capaian biodiesel G1 yang hanya 40-45, sehingga minyak yang dihasilkan dapat langsung dipakai sebagai bahan bakar mesin diesel tanpa harus ditambahkan dengan solar bahkan tanpa harus melakukan modifikasi mesin [2].

Pembuatan *green diesel* yang tidak menghasilkan limbah sangat efisien secara proses, semua produk dari reaksi antara minyak nabati dan hidrogen merupakan produk yang dapat langsung digunakan. Pembuatan *green diesel* selama ini digunakan reaktor *batch*, tekanan 20-30 atm dan suhu antara $200\text{-}300^{\circ}\text{C}$. Proses hidrogenasi adalah proses yang menggunakan gas hidrogen dan berlangsung dengan tekanan operasi 10 atm dan suhu 250°C [3]. Bahan yang

direaksikan salah satunya adalah gas hidrogen merupakan bahan yang berbahaya karena sangat mudah terbakar (*flammable*) dan dapat terbakar sendiri pada suhu di atas 571 °C sehingga dalam pembuatan reaktor aspek keselamatan perlu menjadi perhatian untuk itu karakter dari reaktor hidrogenasi harus dipelajari. Keberadaan limbah industri kapuk berupa biji kapuk yang belum dimanfaatkan dengan baik yang selama ini limbah industri kapuk hanya digunakan sebagai makanan ternak. Limbah biji kapuk memiliki kandungan minyak yang dapat diolah menjadi biodiesel sehingga dapat mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi dan dapat mengatasi salah satu masalah kebutuhan bahan bakar di Indonesia [4], sehingga minyak biji kapuk dapat digunakan untuk pembuatan *green diesel*.

II. LANDASAN TEORI

A. *Green diesel*

Biodiesel yang dikenal sebagai bahan campuran biosolar di SPBU yang ada di Pulau Jawa dan Bali adalah minyak diesel dari reaksi antara minyak dan metanol dengan katalis tertentu dengan reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan reaksi pemindahan alkohol dari suatu ester oleh alkohol lain yang meliputi rangkaian tiga reaksi reversibel yang berurutan. Pertama adalah konversi trigliserida menjadi digliserida, diikuti dengan konversi digliserida menjadi monogliserida dan yang terakhir monogliserida menjadi gliserin. Tiap tahap menghasilkan satu molekul ester. Senyawa ester, pada tingkat (*grade*) tertentu inilah yang menjadi biodiesel [5].

Biodiesel dari proses ini dikenal dengan biodiesel generasi 1 (G1). Untuk menyempurnakan kelemahan dari biodiesel G1 seperti kompatibilitas pada mesin dan juga emisi gas, maka perlu dikembangkan biodiesel generasi 2 (G2). *Green diesel* atau biodiesel G2 adalah senyawa alkana hasil pengolahan minyak nabati dengan cara hidrogenasi yang memiliki sifat-sifat mirip bahan bakar diesel, disebut *green diesel* karena proses pengolahannya ramah lingkungan karena tidak dihasilkan limbah dan emisi hasil pembakaran juga memberikan limbah yang kecil dibanding minyak diesel yang lain. Perbandingan antara diesel petroleum, biodiesel dan *green diesel* dapat dilihat sebagaimana tabel 1 berikut [2]:

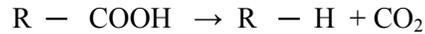
Tabel 1. Perbandingan Petroleum Diesel, Biodiesel dan *Green diesel*

Parameter	Petroleum diesel	Biodiesel (FAME)	Green Diesel
Prosentase Oksigen	0	11	0
<i>Spesific Gravity</i>	0.84	0.88	0.78
Kandungan Belerang	<10	<1	<1
Nilai Kalor, MJ/kg	43	38	44
<i>Cloud Point</i>	-5	-5 sd 15	-10 sd 20
Distilasi	200 – 350	340 - 355	265 - 320
<i>Cetane</i>	40	50-65	70-90
Stabilitas	Baik	Kurang baik	Baik

B. Pembuatan *Green Diesel*

Reaksi pembuatan *green diesel* dengan hidrogenasi minyak nabati telah diteliti oleh banyak peneliti, antara lain [3] percobaan hidrogenasi minyak nabati menghasilkan alkana, rantai gliserol dari trigliserida dihidrogenasi menghasilkan propane dan tidak terbentuk gliserol, minyak setara minyak diesel yang dihasilkan bukan berupa oksigenat seperti hasil transesterifikasi tapi berwarna jernih dan memiliki angka *cetane* yang tinggi antara 85 sampai 99 dengan reaksi fase cair berupa:

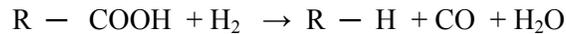
1. Dekarboksilasi



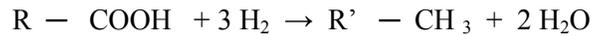
2. Dekarbonilasi



3. Hidrodekarbonilasi



4. Hidrogenasi



Gambar 1. Skema reaksi hidrogenasi

Pembuatan *green diesel* selama ini digunakan reaktor *batch*, tekanan 20-30 atm dan suhu antara 200 – 300 ° C .

C. Reaktor Kimia

Perancangan pabrik kimia amat membutuhkan pengetahuan tentang perancangan reaktor kimia. Reaktor merupakan yang penting dalam suatu pabrik kimia karena pada alat tersebut terjadi perubahan bahan baku menjadi hasil [6]

Pemilihan reaktor yang tepat dengan tujuan :

1. Mendapatkan keuntungan yang besar
2. Biaya produksi rendah
3. Modal kecil/ volume reaktor minimum
4. Operasinya sederhana dan murah
5. Keselamatan kerja terjamin
6. Polusi terhadap sekelilingnya dijaga sekecil-kecilnya.

Dalam penelitian ini reaktor hidrogenasi minyak biji kapuk menjadi *green diesel* dirancang beroperasi pada suhu 250 ° C dan tekanan 10 atm, untuk beroperasi pada suhu dan tekanan tersebut maka perlu diketahui karakter reaktor tangki berpengaduk yang dibuat [7] . Pemahaman ini mutlak diperlukan untuk menjamin keamanan proses, terlebih lagi salah satu reaktan adalah gas hidrogen yang sangat mudah terbakar, sehingga reaktor tidak boleh bocor dan gas hidrogen tidak boleh berkontak dengan benda dengan suhu diatas

500°C.

Dalam penelitian ini reaktor yang digunakan berbahan *stainless steel* berbentuk tabung silinder tegak dengan tutup setengah bola dan bagian bawahnya rata. Reaktor ini dilapisi dindingnya dengan jaket pemanas dengan fluida panasnya berupa minyak pelumas. Reaktor ini menggunakan pemanas yang terletak menempel di bagian bawah reaktor. Pemanas tersebut terdiri dari elemen pemanas, alasnya beserta tempatnya yang terkait oleh baut. Pipa pengeluaran bahan reaktor berada di samping bawah reaktor yang dilengkapi oleh kran.

D. Minyak Biji kapuk

Salah satu bahan pembentuk biodiesel yang potensial adalah minyak biji kapuk. Minyak biji kapuk sendiri berasal dari biji kapuk dan terdapat di dalam buah kapuk yang menghasilkan serat seperti kapas yang digunakan sebagai bahan baku *home industry* pembuatan isi bantal dan guling. Biji kapuk sebagai hasil samping jarang digunakan atau hanya dibuang sebagai limbah dan terkadang diberikan sebagai pakan kepada hewan ternak. Biji kapuk dipres untuk diambil minyaknya. Pemanfaatan biji kapuk merupakan sesuatu yang potensial untuk dikembangkan menjadi biodiesel yang lebih memiliki nilai ekonomi [4]. Biji kapuk ini hampir sama dengan biji kapas, sehingga jika diolah dapat menghasilkan minyak yang merupakan minyak nabati yang mempunyai potensi untuk dijadikan bahan bakar yang *renewable* [7].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan

Oli

B. Alat :

Termometer , Reaktor Hidrogenasi dan Pemanas reaktor , Termokopel merk Hanna instruments dengan range suhu – 50 °C sampai 1350 °C , Voltmeter, Regulator Matsushima dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. TDGC2-1,5 Voltage Regulator
2. *Capacity* = 1,5 KVA
3. *Phase* = 1
4. *Input Voltage* = 220 V (A-X)
5. *Output Voltage* = 0 - 250 V (a-x)
6. *Max. out. cur.* = 6 A
7. *Namter* = 0038
8. *Frequepoy* = 50 - 60 Hz

C. Cara kerja Penelitian

1. Merancang reaktor

Spesifikasi reaktor Hidrogenasi yang di rancang sebagai berikut :

1. Volume : 2 liter
2. Bahan : *Stainless Steel*
3. Tekanan Operasi : 10 atm

- 4. Suhu operasi : 250 °C
- 5. Daya Pemanas : 1000 watt
- 6. Pengaduk : Pengadukan dari luar dengan menggoyang reaktor

2. **Merancang pemanas reaktor**

Pemanas dirancang tidak kontak langsung antara element pemanas dengan hidrogen karena dikhawatirkan akan tercapai suhu “*Auto Ignition*” sehingga pemanas menggunakan media pemanas oli yang memiliki titik didih diatas 250 °C. Untuk sumber panas digunakan listrik dengan element pemanas 1000 watt.

3. **Mempelajari Karakter perpindahan panas dari Elemen pemanas ke reaktor**

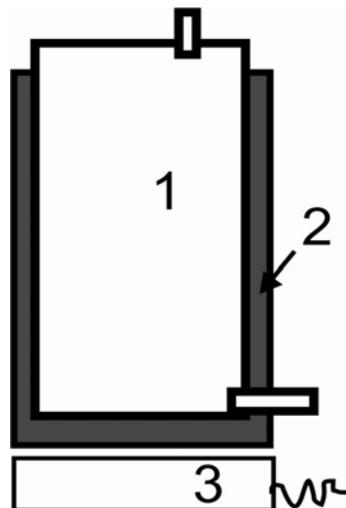
Alat dipasang sesuai rancangan percobaan. Regulator dihidupkan untuk tegangan 100 volt, kemudian suhu elemen pemanas listrik , suhu pada oli pemanas dan Suhu di dalam reaktor dicatat. Pengukuran suhu tersebut dilakukan tiap 5 menit, jika kondisi sudah ajeg/konstan pengukuran dihentikan . Percobaan diulangi untuk tegangan 125, 150,175,200 dan 225 volt, tiap percobaan dimulai dalam keadaan elemen pemanas dingin

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Reaktor Kimia

Pada penelitian ini digunakan seperangkat reaktor hidrogenasi dengan bahan *stainless steel*, berbentuk tabung dirancang beroperasi pada suhu 250 °C dan tekanan 10 atm, untuk beroperasi pada suhu dan tekanan tersebut maka perlu diketahui karakter reaktor tangki berpengaduk yang dibuat. Pemahaman ini mutlak diperlukan untuk menjamin keamanan proses, karena salah satu reaktan adalah gas hidrogen yang sangat mudah terbakar, sehingga reaktor tidak boleh bocor dan gas hidrogen tidak boleh berkontak dengan benda dengan suhu diatas 500 °C.

Untuk itu maka reaktor dirancang sebagai berikut:



Keterangan

- 1. Tempat reaksi (reaktor)
- 2. Jaket Pemanas berisi oli
- 3. Pemanas Listrik

Gambar 2. Skema reaktor dan pemanasnya

Dengan skema pemanas reaktor seperti gambar 2 maka dirancang panas dari pemanas listrik tidak langsung memanaskan reaktan, akan tetapi panas dari pemanas listrik dipindahkan ke jaket pemanas yang berisi oli. Hal ini diharapkan dapat dihindari kontak hidrogen dengan suhu diatas 500°C .

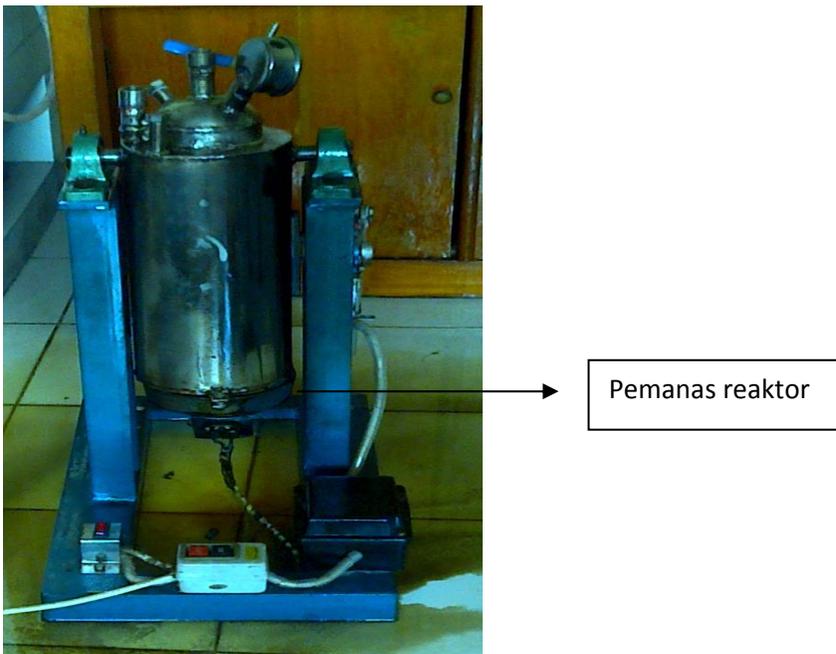
Berikut gambar reaktor dan pemanasnya terdapat pada gambar 3 ,4 dan 5 berikut :



Gambar 3 : Pemanas reaktor



Gambar 4 : Reaktor Hidrogenasi

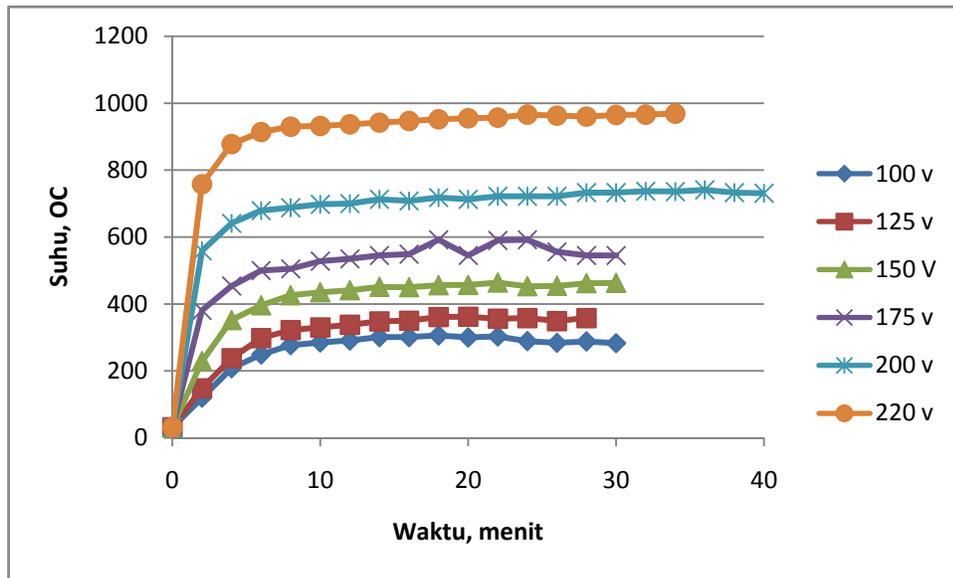


Gambar 5. Reaktor Hidrogenasi dan pemanas

Reaktor ini menggunakan pemanas yang terletak menempel di bagian bawah reaktor. Pemanas tersebut terdiri dari elemen pemanas, alasnya beserta tempatnya yang terkait oleh baut. Pipa pengeluaran bahan reaktor berada di samping bawah reaktor yang dilengkapi oleh kran. Reaktor ini juga dilengkapi indikator tekanan dan indikator suhu yang terletak di atas reaktor serta indikator suhu untuk jaket pemanas. Pada bagian atas reaktor ini juga terdapat pipa pemasukan bahan yang berjumlah dua buah serta pipa pemasukan fluida pemanas yang berjumlah satu buah. Reaktor ini juga dilengkapi motor penggerak yang berguna untuk mengayunkan reaktor agar fluida yang ada di dalam reaktor dapat teraduk dengan baik..

B. Karakter pemanas Listrik

Pemanas listrik yang digunakan adalah kawat nikelin dengan daya 1000 watt, panas dari pemanas listrik dapat diatur dengan mengatur tegangan listriknya. Hasil pengukuran suhu pemanas fungsi tegangan listrik terlihat dalam gambar 6 berikut :



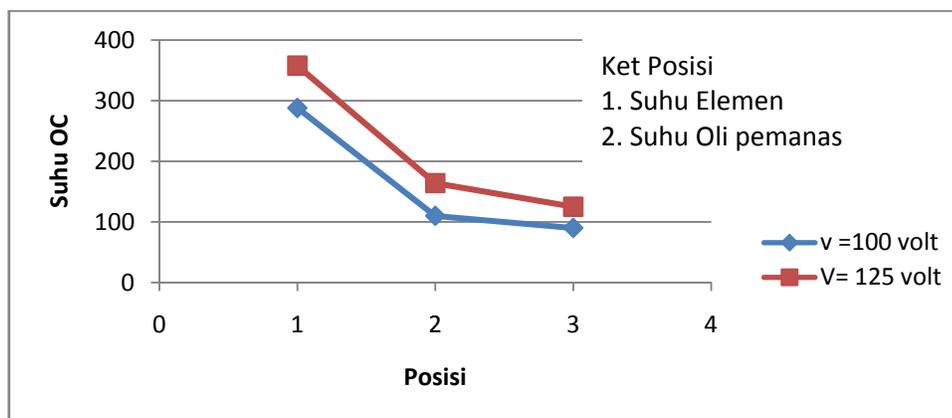
Gambar 6 : Grafik pemanas listrik fungsi waktu dan tegangan listrik

Dari gambar di atas terlihat bahwa secara umum setelah 10 menit dihidupkan suhu pemanas relatif konstan untuk berbagai tegangan .

C. Karakter perpindahan panas dari Elemen pemanas ke reaktor

Untuk suhu reaktor dirancang 250 °C sehingga tegangan yang digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah 100 Volt dan 125 Volt.

Perpindahan panas dari elemen pemanas listrik menuju reaktor berjalan secara simultan dari perpindahan panas elemen ke oli pemanas selanjutnya dari oli pemanas ke dalam reaktor, Dalam desain reaktor dihindari suhu oli pemanas melebihi 500 °C. Data percobaan menggunakan tegangan listrik 100 dan 125 volt diperoleh data suhu sebagai berikut:



Gambar 7. Profil Suhu Pada Tiap Posisi

Dari gambar 7 terlihat bahwa perbedaan suhu antara elemen pemanas dan oli pemanas cukup besar yaitu 178⁰ C untuk tegangan 100 V dan 194 untuk 125 V , apabila diasumsi perbedaan suhu ini linier terhadap tegangan maka dapat dibuat persamaan :

$$DT_1 = 0,64 V + 114$$

Sedangkan perbedaan suhu antara oli pemanas dengan suhu dalam reaktor sebagai berikut Untuk tegangan 100 V perbedaan suhu sebesar 20⁰ C dan 125 volt sebesar 39⁰ C, dengan asumsi hubungan DT dan voltase mengikuti persamaan linier maka diperoleh persamaan

$$DT_2 = 0,76 V - 56$$

Sehingga apabila diambil data suhu pemanas dan tegangan seperti data tergambar pada gambar 6 maka dapat dibuat tabulasi sebagai berikut

Tabel 2. Perkiraan Suhu dalam posisi fungsi Tegangan Listrik

Voltase (Volt)	Suhu, ⁰ C		
	Elemen	Pemanas	Reaktor
100	288	110	90
125	358	164	125
150	462	252	194
175	545	319	242
200	733	491	395
220	960	705.2	594

Dari tabel 2 di atas maka pada tegangan listrik 175 volt reaktor ini memenuhi persyaratan pembatasan suhu dan kebutuhan panas untuk menjalankan reaksi hidrogenasi minyak biji kapuk menjadi *green diesel*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- A. Reaktor Hidrogenasi minyak biji kapuk dirancang untuk volume minyak 2 liter dengan pemanas dari luar dengan medium fluida dalam jaket pemanas .
- B. Reaktor tabung ini dilihat dari persyaratan suhu dan kebutuhan panas dapat digunakan sebagai reaktor untuk hidrogenasi minyak biji kapuk .
- C. Pemanasan di reaktor dapat mencapai suhu 240⁰ C dengan menggunakan tegangan 175 Volt.

B. Saran :

Untuk efisiensi panas maka dapat diperluas luas perpindahan panas antara elemen pemanas dengan oli pemanas

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalnes, T., Marker, T., and Shonnard, D.R., 2007, *Green Diesel : A Second Generation Biofuel*, International Journal of Chemical Reactor Engineering
- [2] Homgren, J., Gosling, G., Marinangle R., Marker T., 2007, "*A New Development in Renewable Fuels : green Diesel*", UOP.LLC. Des Palines, Illionis, U.S.A
- [3] Snare, M., Arvela, P.M., Simakova, I.L., Myllyoja, J., and Murzin, D.Y., 2009, *Overview of Catalytic Methods for Production of Next Generation biodiesel from Natural Oil and Fats*, Russian Journal of Physical Chemistry, vol 3 no 7, pp 1035-1043
- [4] Salamah, S.2010 , "Pemanfaatan Biji kapuk yang merupakan limbah Industri kapuk untuk Pembuatan Bahan Bakar Alternatif Biodiesel ", Proseding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, IST AKPRIND Yogyakarta
- [5] Prakoso, Tirto dan Nuzulis, Achmad, "*Potensi Biodiesel Indonesia*", Departemen Teknik Kimia ITB dan Komunitas Migas Indonesia (KMI), Jawa Barat.
- [6] Warniati, S.1985 , Reaktor Kimia, Fakultas Teknik , Universitas gajdah mada Yogyakarta .
- [7] Levenspiel, O., 1999, "*Chemical Reaction Engineering*", 2nd ed., John Willey and Sons Inc., Singapore
- [8] Demirbas, A., 2008, "*Studies on Cottonseed oil Biodiesel prepare ini non catalytic SCF Condition*", *Bioresource Technology*, volume 99. Issue5, page 1125-1130