

Perancangan Alat Reaktor Alir Pipa Vertikal (Plug Flow Reactor) dengan *Baffle* Untuk Pembuatan Biodiesel Secara Kontinyu dengan Perubahan Laju Alir Reaktan

Muhammad Guntur¹, Ayu Chandra Kartika Fitri²

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribuwana Tunggadewi

Email: g604110@gmail.com, Hp: 08118034486

Diterima (Juli, 2020), direvisi (Agustus, 2020), diterbitkan (September, 2020)

Abstrak

Biodiesel merupakan mono alkil ester, Biodiesel terdiri dari asam lemak rantai yang panjang dan didapatkan dari lemak terbarukan, lemak terbarukan seperti minyak nabati dan lemak hewani dengan produk samping gliserol. Pada penelitian yang dilakukan proses produksi menggunakan reaktor kontinyu (*Plug Flow Reactor*) yang telah dirancang dimana proses pencampuran antara biodiesel dengan katalis. Proses pencampuran berlangsung secara terus-menerus dengan selang waktu dan suhu tertentu. Di dalam reaktor yang dirancang terdapat *baffle* atau pengaduk. Pengaduk ini berfungsi untuk memperluas kontak permukaan, mengalirkan fluida melewati shell sehingga turbulensi akan terjadi. Hal ini dapat mencegah terjadinya getaran pada tube. Untuk menguji alat yang telah dibuat dilakukan penelitian dengan bahan baku minyak randu yang direaksikan dengan methanol dan katalis basa (KOH). Variable yang diberikan adalah laju alir umpan 150ml/menit, 200ml/menit, dan 250ml/menit. Karakteristik terbaik dari minyak randu dihasilkan pada variable ratio mol methanol terhadap mol minyak 6:1 dengan suhu 60°C laju alir 250 ml/menit yaitu: % FAME 95.70 %.

Kata kunci : Biodiesel, PFR ber*baffle*, transesterifikasi

Abstract

*Biodiesel is a fuel for diesel engines consisting of alkyl esters of fatty acids. Biodiesel is made by reacting vegetable oil with alcohol through trans-esterification reaction with a compound katalis esters with glycerol by product. In studies conducted using a production process of continuous reactors (Plug Flow Reactor) which has been designed in which the process of mixing and stirring among the main biodiesel feed stock with the catalyst takes place continuously with specific time and temperature. Inside the reactor are designed with *baffle*. *Baffle* serves to expand the contact surface, set the flow through the shell so that the high turbulence will be obtained, and prevent the occurrence of vibration on the tube. To test the tool that was created to do research with kapok oil feed stock is reacted with methanol and base catalyst (KOH). Variables given is flow rate 150ml/minute, 200ml/minute, and 250ml/minute. Characteristics of kapok oil is produced at variable mol ratio of 6:1 methanol to oil mol and amount of catalyst 1 % and feed 250 ml/minute namely: % FAME 95.70 %*

Key words: Biodiesel; PFR with *baffle*; Transesterification

1. PENDAHULUAN

Tingginya permintaan BBM berbasis fosil ini dapat menguras devisa negara untuk mensubsidi harga BBM yang berada dibawah harga pokok BBM dunia. Oleh sebab itu, penggunaan sumber alam terbarukan (*renewable resources*) menjadi alternative untuk mensubsidi BBM berbasis Fosil, terutama untuk kendaraan bermotor dan rumah tangga.

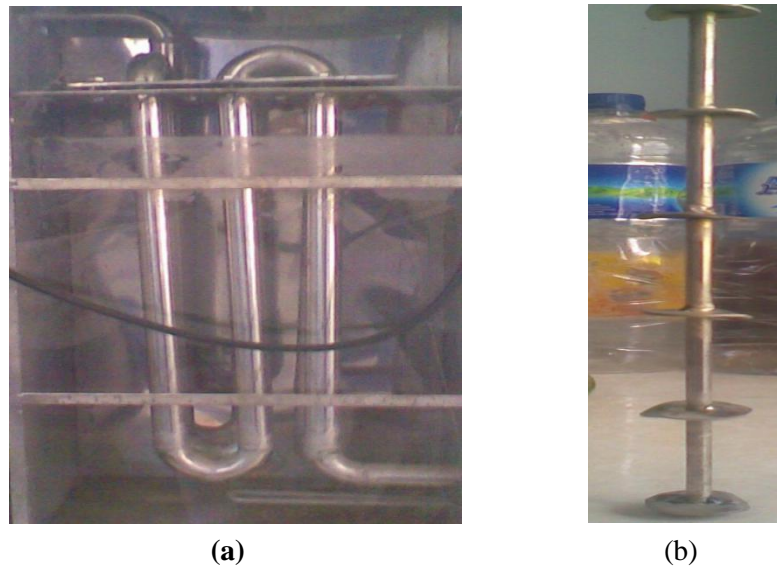
Salah satu energy alternatif dapat dikembangkan adalah penggunaan biodiesel. Ada beberapa metode pembuatan biodiesel, antara lain metode *batch* dan metode kontinyu. Untuk metode kontinyu salah satu percobaan telah dilakukan oleh Hadihi & Puspita (2009), yaitu dengan menggunakan *fixed bed reactor* dengan spesifikasi alat volume reaktor sebesar 2500 ml dan dilengkapi dengan *packing*, dan variabel percobaan yang digunakan adalah perbandingan mol bahan dan mol metanol serta presentasi katalis yang digunakan berdasarkan berat minyak. Pada proses inireaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu antara 55-65⁰C, dengan sikulasi waktu 3 jam dan hasil yang diperoleh adalah kadar metyl esternya sebesar 91 % dan perbandingan terbaik mol minyak dan mol methanol adalah 1:7 dan presentasi katalis 2% dari berat minyak. Kualitas biodiesel tersebut sudah masuk dalam range standar biodiesel, yang artinya biodiesel layak dijadikan sebagai BBM mesin diesel. Produksi biodiesel dapat di tingkatkan dengan memperbaiki catatan waktu proses reaksi transesterifikasi pada proses pembuatan biodiesel.

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, maka akan dilakukan penelitian yang bertujuan mempercepat waktu reaksi dengan hasil maksimal, yaitu dengan cara menggunakan reaktor PFR (*Plug Flow Reactor*). PFR berfungsi untuk mereaksikan suatu reaktan dalam bentuk fluida dan mengubahnya menjadi produk, mengalirkan fluida dalam pipa secara *kontinyu*(Levenspiel, 1999). Hal ini dapat memungkinkan reaksi dalam reaktor berlangsung cukup singkat. Sedangkan metode yang digunakan secara kontinyu dengan kelengkapan *baffle* agar fluida menjadi turbulen. Dikarenakan aliran turbulen pada proses feed dan reaktan akan lebih homogen. Metode kontinyu juga memiliki keuntungan dibanding dengan metode *batch* yaitu kemudahan kontrol reaksi, kekompakan karena membutuhkan ruang yang relatif kecil, serta kemudahan melakukan *scaling* untuk produksi berskala besar (Hadihi,Puspita2010).Reaktor yang digunakan adalah jenis PFR atau biasa disebut RAP (Reakhtor Alir Pipa). PFR berfungsi untuk mereaksikan suatu reaktan, fluida diubah menjadi produk dan dialirkan kedalam pipa secara berkelanjutan. (*continous*) (Levenspiel, 1999).Hal ini memungkinkan reaksi didalam reaktor berlangsung cukup singkat.

Adapun tujuan dari penelitian adalahmenguji alat (performance) yang telah dibuat dengan variable laju alir dan menganalisis kualitas biodiesel yang dihasilkan. Dengan dilakukannya perancangan alat PFR ini dengan penambahan *baffle* sebagai alat pembuatan biodiesel secara kontinyu dan perubahan laju alir diharapkan mendapat hasil yang lebih maksimal, dengan penambahan *baffle* juga mengurangi panjang yang tak terhingga agar mendapatkan konversi 100%, karena dengan penambahan *buffle* tingkat turbulensi akan semakin besar dan konversi juga akan semakin besar.

2. MATERI DAN METODE

Reaktor Alir pipa bisa juga disebut *Plug Flow Reaktor* (PFR) berfungsi mereaksikan reaktan berupa fluida, mengubahnya menjadi produk dan mengalirkannya kedalam pipa secara berkelanjutan (*continuous*) (Levenspiel, 1999).



Gambar 1. Plug Flow Reaktor (PFR) dan Baffle

Dalam sebuah PFR, pereaksi (*fluida*) dipompakan melalui pipa dan mereaksikannya di sepanjang PFR. Beberapa aspek pada reaktor PFR adalah:

- 1) Fluida mengalir dengan waktu tinggal (τ) sama. Fluida sejenis yang mengalir didalam reaktor ideal disebut *plug*. Fluida bercampur sempurna secara radial bukan axial. *Plug* dengan volume berbeda hampir seperti *batch reactor*.
- 2) Pereaksi dapat dimasukkan dalam PFR dengan lokasi yang berbeda dari masukan, dengan metode seperti ini efisiensi menjadi sangat tinggi dan biaya pembuatan reaktor PFR dapat berkurang
- 3) Pada volum yang sama, PFR mempunyai tingkat efisiensi yang lebih tinggi dari pada RATB(Reaktor Alir Tanpa Baffle). Pada *space time* yang sama, PFR menghasilkan konversi lebih tinggi dari pada RATB .

PFR digunakan untuk mempelajari proses seperti reaksi termal dan reaksi kimia plasma. Dalam beberapa permasalahan, hasil reaksi memberikan kita pengertian praktis dari proses kimia. Pada umumnya jenis reaktor yang dapat digunakan dalam proses pembuatan biodiesel adalah reaktor *batch*, semi *batch*, dan reaktor kontinyu (PFR/RAP).

Hampir setiap bagian dari tanaman randu memiliki manfaat yang besar, kayu, daun, bunga, buah, biji hingga kulit buah. Bagian kayu randu dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan kertas, pintu, furniture, kotak dan mainan. Daun randu digunakan untuk makanan ternak. Bunganya merupakan sumber madu dan dapat digunakan untuk obat tradisional.

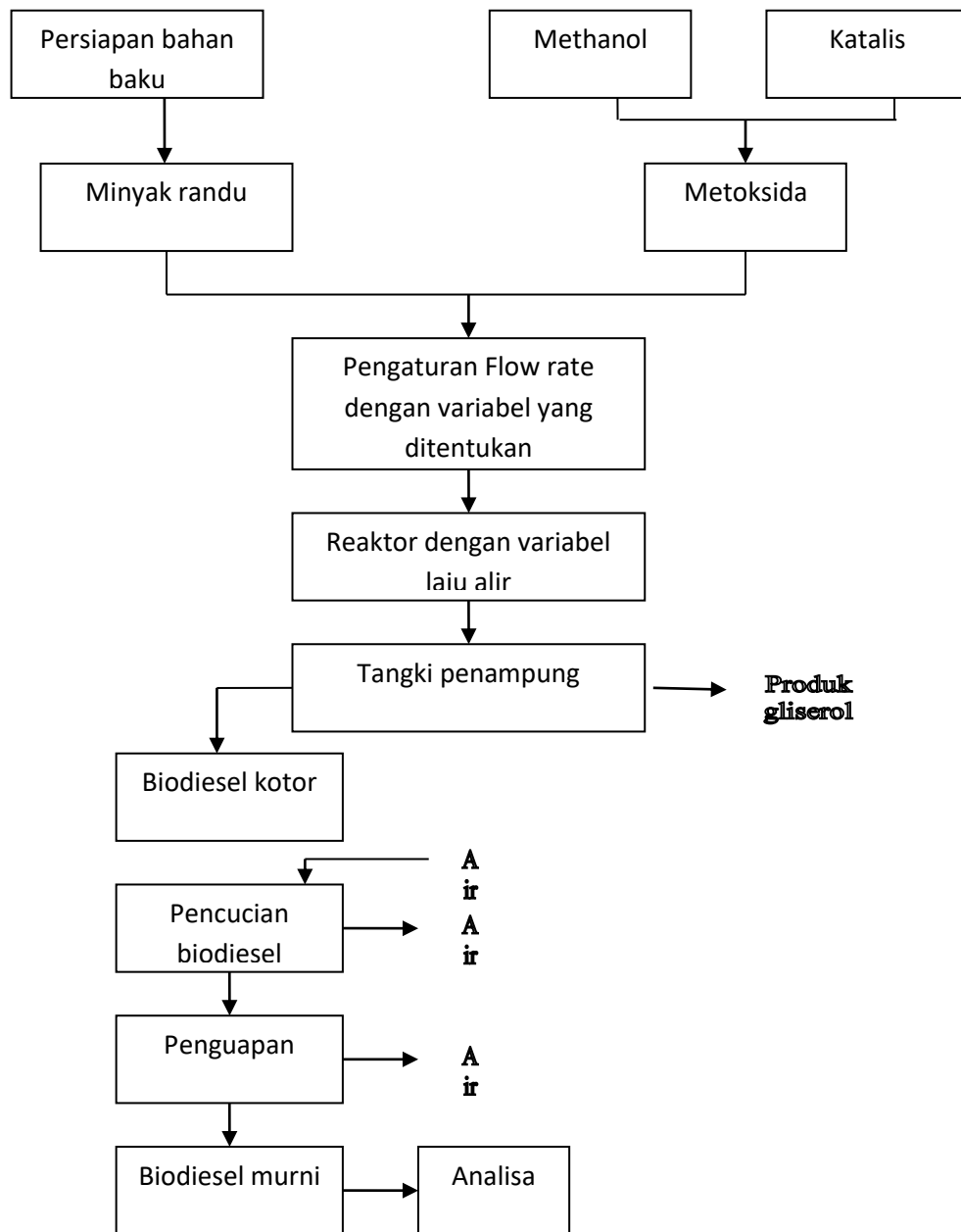
Kapuk merupakan tanaman yang berpotensi menghasilkan minyak. Setiap buah mengandung 26% biji, sehingga setiap 100 kg buah bisa menghasilkan sekitar 26 kg limbah biji. Minyak biji kapuk mengandung asam lemak tidak jenuh sekitar 71,95%. Oleh karena itu minyak biji kapuk bisa digunakan untuk baham baku biodiesel.

Bahan baku pembuatan biodiesel paling sering digunakan adalah minyak nabati. Keduanya tergolong ke dalam senyawa organik kelas ester asam-asam lemak. Tetapi, perbedaan wujud molekuler antara minyak nabati yang merupakan trigliserida dan biodiesel yang berupa monoester asam lemak beserta metanol memiliki beberapa pertimbangan dalam penilaian keduanya:

- Berat molekul minyak nabati lebih besar daripada biodiesel. Oleh sebab itu, trigliserida lebih mudah mengalami perengkahan (*cracking*) menjadi molekul yang lebih kecil jika terpanaskan tanpa kontak dengan udara (oksigen).
- Tingkat viskositas minyak nabati lebih besar dari biodiesel, Hal ini menyebabkan sistem injeksi pada mesin diesel sulit menghasilkan proses pengkabutan (*atomization*) yang baik.
- Molekul minyak nabati memiliki lebih banyak cabang dibanding ester metil asam lemak. Akibatnya, angka setana minyak nabati lebih rendah.

Tabel 1. Spesifikasi Biodiesel sesuai ASTM

Parameter	Satuan	Nilai
Masa jenis pada suhu 40°	Kg/m ³	850-890
Viskositas kinematik pada 40°	Mm ² /s (cst)	2,3-6,0
Angka setana		Min 51
Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min 100
Titik kabut	°C	Maks 18
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada suhu 50°)		Maks no.3
Residu karbon	%-massa	Maks 0,05
Dalam contoh asli		Maks 0,30
Dalam 10% ampas distilasi		
Air dan sedimen	%-vol	Maks 0,05
Temperatur distilasi 90%	°C	Maks 360
Abu tersulfatkan	%-massa	Maks 0,02
Belerang	Ppm-m (kg/mg)	Maks 100
Fosfor	Ppm-m (kg/mg)	Maks 10
Angka asam	Mg-KOH/g	Maks 0,08
Gliserol bebas	%-massa	Maks 0,02
Gliserol total	%-massa	Maks 0,24
Kadar ester alkil	%-massa	Min 96,5
Kadar iodium	%-massa (g-12 /100g)	Maks 115
Uji harphen		Negatif

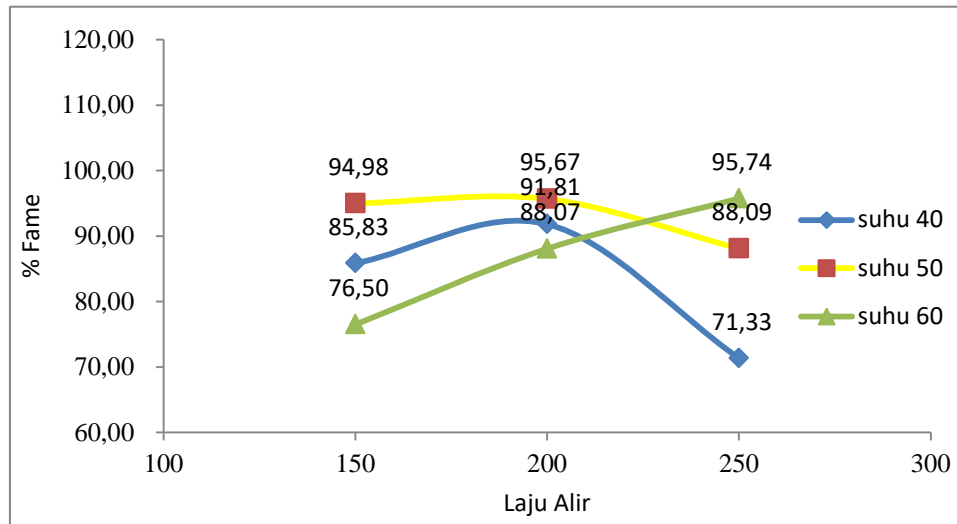


Gambar 2. Proses Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan mencampurkan minyak dan methanol dengan perbandingan 1: 6 serta katalis KOH 1%. Katalis dicampur dengan minyak pada satu saluran dengan variabel flowrate umpan sebesar 150 ml/menit, 200 ml/menit, dan 250ml/menit. Suhu dikondisikan pada water batch dengan variabel 40⁰C, 50⁰C, dan 60⁰C. Setelah biodiesel terbentuk, harus dipisahkan terlebih dahulu dari gliserol, kemudian dimurnikan dengan ditambahkan air panas dan diaduk sampai air dan biodiesel tercampur, selanjutnya air bilasan dipisahkan dari biodiesel apabila air bilasan masih berwarna keruh, maka harus dibilas sampai air bilasan jernih. Untuk memastikan biodiesel bebas dari air maka biodiesel dipanaskan dengan suhu ± 100 -

120⁰C. Biodiesel yang sudah terbentuk kemudian dianalisa kandungan asam lemak (FAME), kekentalan (viscosity), berat jenis (density), dan titik nyala (flash point).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Keterangan : warna biru suhu 40⁰C, warna kuning 50⁰C, warna hijau 60⁰C

Gambar 3. Hasil grafik % Fame Vs laju alir dari Biodiesel Pada berbagai Variabel yang dilakukan

Dari gambar 3 tampak bahwa kecenderungan gambar kurva naik, yaitu makin tinggi kecepatan alir dalam reaktor, makin besar % FAME yang dihasilkan. Pada gambar 3 %Fame yang terbesar adalah 95% dengan suhu 60⁰C dengan kecepatan alir 250ml/mnt. Hal ini diakibatkan dari kecepatan alir reaktor semakin tinggi, semakin tinggi pula kecepatan pengadukan dalam reaktor. Hal ini terjadi karena dengan naiknya kecepatan alir produk, menyebabkan waktu tinggal menjadi pendek, tetapi mengakibatkan intensitas pengadukan semakin tinggi walaupun reaksi terjadi pada suhu tinggi tidak sampai terjadi penguapan metanol. Akibatnya % FAME produk tetap bisa naik.

Namun untuk reaksi transesterifikasi dalam reactor vertikal, faktor vertical ikut berpengaruh juga. Makin tinggi kecepatan alir reaktor dengan kecepatan alir produk rendah akan menyebabkan jumlah turbulensi menjadi besar, sehingga waktu tinggal juga semakin lama. Akibatnya reaksi bisa berjalan lebih lama, dan produknya mempunyai % FAME relatif tinggi

Menurut hasil dari penelitian (Harjono.2010) Kecepatan alir dalam reaktor berkaitan dengan intensitas pengadukan dan waktu tinggal. Makin besar kecepatan alir dalam reactor maka intensitas pengadukan semakin tinggi sehingga reaksi berjalan cepat. Tetapi makin besar kecepatan alir dalam reaktor menyebabkan waktu tinggalnya menjadi singkat, yang menyebabkan reaksi belum sepenuhnya sempurna.. (Harjono.2010)

Tabel 2 Variabel yang memenuhi syarat Kualitas Biodiesel

No	Kode Contoh	Parameter Uji		
		Berat jenis (20 °C)	Viscositas	Titik Nyala
1	71 % 60/150	0.882gr/ml	7.90002 mm²/s	168 0c
2	88% 50/200	0.882gr/ml	8.2080mm ² /s	154 0c
3	95% 60/250	0.882gr/ml	8.3106 mm ² /s	136 0c

Keterangan : cetak warna biodiesel yang memenuhi syarat

Pada hasil penelitian telah di lakukan pengujian untuk mengetahui kinerja reaktor kontinyu pada proses transesterifikasi sehingga dapat diketahui variabel yang memenuhi persyaratan kualitas Biodiesel menurut ASTM 2002 secara keseluruhan dapat diketahui bahwa biodiesel minyak randu memenuhi dua syarat kualitas biodiesel menurut ASTM 2002 secara garis besar dengan katalis 1% dengan rasio mol methanol 6:1 dengan laju alir 250 ml/mnt dan 200 ml/mnt telah memenuhi syarat namun % fame yang dihasilkan masih mencapai 95% dan 88% sedangkan untuk variabel laju alir 150 ml/mnt dengan suhu 60⁰C mampu menghasilkan % FAME 71%.

4. KESIMPULAN

Reaktor alir pipa (*Plug Flow Reaktor*) vertikal berpengaduk dapat digunakan untuk membuat biodiesel dengan kualitas yang baik dengan kondisi tertentu. Produk biodiesel dengan kadar FAME tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 96 % didapatkan pada laju alir 250 ml/mnt dan suhu 60⁰C. Semakin tinggi kecepatan alir reaktan dalam *reactor* alir pipa vertikal berpengaduk, akan makin meningkatkan intensitas pencampuran, sehingga produk yang dihasilkan menjadi bagus.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Levenspiel, octave.(1999). *Chemical Reaction Engineering 3rd*, New York : John Wiley & Sons, Inc. International Edition
- [2] Hadihi, T.dan Puspitaningtyas,W. (2010). Tugas Akhir : Rancang Bangun Reaktor Alir Berisian (FIXED BED) Sebagai Model Produksi Biodiesel Secara Kontinyu
- [3] Hardjono.(2010)Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kare Dengan Proses Transesterifikasi Dalam Kolom Packed Bed
- [4] ASTM. 2002. *Annual Book of ASTM Standart Section Five Petroleum Products, Lubrication, and fossil fuels*. ASTM
- [5] Susila, Arita.(2009). *Perbandingan Proses Pembuatan Biodiesel di Dalam Reaktor Batch dan Fixed Bed Reaktor Dengan katalis Padat Alumina Berbasis Logam*. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia – SNTKI
- [6] Freedman, 8., Royden, O.B. & Everett H.P (1986). *Tronsesterification Kinetics of soybean oil*. Journal American Oil Chentis Society6. 3: 1375-138



- [7] Darnoko, D. and M. Cheryan (2000). *Kinetics of palm oil transesterification in batch reactor. J. Am. Oil Chem. Soc.*77:1263-1237
- [8] Coulson & Richardson's (2005). *Chemical Engineering*, Volume 6, Fourth edition
Chemical Engineering Design, R. K. Sinnott
- [9] Saaty, Thomas L 9180. *The Analitic Hierarchy process*, (online),
(http://www.pwktech.info/?page_id=389, diakses pada 09 Desember 2012)
- [10] Widiono ,Bambang (2009). *Materi Kuliah Jenis-Jenis Reaktor* (diakses 11 Februari 2011)