

## **BAB IV**

### **BIODIESEL**

#### **4.1 Sejarah Biodiesel**

Bahan bakar nabati bioetanol dan biodiesel merupakan dua kandidat kuat pengganti bensin dan solar yang selama ini digunakan sebagai bahan bakar mesin Otto dan Diesel. Pemerintah Indonesia telah mencanangkan pengembangan dan implementasi dua macam bahan bakar tersebut, bukan hanya untuk menanggulangi krisis energi yang mendera bangsa namun juga sebagai salah satu solusi kebangkitan ekonomi masyarakat.

Biodiesel pertama kali dikenalkan di Afrika selatan sebelum perang dunia II sebagai bahan bakar kendaraan berat. Biodiesel didefinisikan sebagai metil/etil ester yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar di dalam mesin diesel. Sedangkan minyak yang didapatkan langsung dari pemerahan atau pengempaan biji sumber minyak (*oilseed*), yang kemudian disaring dan dikeringkan (untuk mengurangi kadar air), disebut sebagai minyak lemak mentah. Minyak lemak mentah yang diproses lanjut guna menghilangkan kadar fosfor (*degumming*) dan asam-asam lemak bebas (dengan netralisasi dan *steam refining*) disebut dengan *refined fatty oil* atau *straight vegetable oil* (SVO).

SVO didominasi oleh trigliserida sehingga memiliki viskositas dinamik yang sangat tinggi dibandingkan dengan solar (bisa mencapai 100 kali lipat, misalkan pada Castor Oil. Oleh karena itu, penggunaan SVO secara langsung di dalam mesin diesel umumnya memerlukan modifikasi/tambahan peralatan khusus pada mesin, misalnya penambahan pemanas bahan bakar sebelum sistem pompa dan injektor bahan bakar untuk menurunkan harga viskositas. Viskositas (atau kekentalan) bahan bakar yang sangat tinggi akan menyulitkan pompa bahan bakar dalam mengalirkan bahan bakar ke ruang bakar. Aliran bahan bakar yang rendah akan menyulitkan terjadinya atomisasi bahan bakar yang baik. Buruknya atomisasi berkorelasi langsung dengan kualitas pembakaran, daya mesin, dan emisi gas buang.

Pemanasan bahan bakar sebelum memasuki sistem pompa dan injeksi bahan bakar merupakan satu solusi yang paling dominan untuk mengatasi permasalahan yang mungkin timbul pada penggunaan SVO secara langsung pada mesin diesel. Pada umumnya, orang lebih memilih untuk melakukan proses kimiawi pada minyak mentah atau *refined fatty oil*/SVO untuk menghasilkan metil ester asam lemak (fatty acid methyl ester - FAME) yang memiliki

berat molekul lebih kecil dan viskositas setara dengan solar sehingga bisa langsung digunakan dalam mesin diesel konvensional. Biodiesel umumnya diproduksi dari *refined vegetable oil* menggunakan proses transesterifikasi. Proses ini pada dasarnya bertujuan mengubah [tri, di, mono] gliserida berberat molekul dan berviskositas tinggi yang mendominasi komposisi *refined fatty oil* menjadi asam lemak metil ester (FAME).

Biodiesel tergolong bahan bakar yang dapat diperbaharui karena diproduksi dari hasil pertanian, antara lain : jarak pagar, kelapa, sawit, kedele, jagung, rape seed, kapas, kacang tanah. Selain itu biodiesel juga bisa dihasilkan dari lemak hewan dan minyak ikan.

Penggunaan biodiesel cukup sederhana, dapat terurai (biodegradable), tidak beracun dan pada dasarnya bebas kandungan belerang (sulfur). Keuntungan lain dari biodiesel antara lain :

1. Termasuk bahan bakar yang dapat diperbaharui.
2. Tidak memerlukan modifikasi mesin diesel yang telah ada.
3. Tidak memperparah efek rumah kaca karena siklus karbon yang terlibat pendek.
4. Kandungan energi yang hampir sama dengan kandungan energi petroleum diesel.
5. Penggunaan biodiesel dapat memperpanjang usia mesin diesel karena memberikan pelumasan lebih daripada bahan bakar petroleum.
6. Memiliki flash point yang tinggi, yaitu sekitar 200 °C, sedangkan bahan bakar petroleum diesel flash pointnya hanya 70 °C.
7. Bilangan setana (cetane number) yang lebih tinggi daripada petroleum diesel

Konsep penggunaan minyak tumbuh-tumbuhan sebagai bahan pembuatan bahan bakar sudah dimulai pada tahun 1895 saat Dr. Rudolf Christian Karl Diesel (Jerman, 1858-1913) mengembangkan mesin kompresi pertama yang secara khusus dijalankan dengan minyak tumbuh-tumbuhan. Mesin diesel atau biasa juga disebut Compression Ignition Engine yang ditemukannya itu merupakan suatu mesin motor penyalan yang mempunyai konsep penyalan di akibatkan oleh kompresi atau penekanan campuran antara bahan bakar dan oxygen didalam suatu mesin motor, pada suatu kondisi tertentu. Konsepnya adalah bila suatu bahan bakar dicampur dengan oxygen (dari udara) maka pada suhu dan tekanan tertentu bahan bakar tersebut akan menyala dan menimbulkan tenaga atau panas. Pada saat itu, minyak untuk mesin diesel yang dibuat oleh Dr. Rudolf Christian Karl Diesel tersebut berasal dari minyak sayuran. Tetapi karena pada saat itu produksi minyak bumi (petroleum) sangat melimpah dan murah, maka minyak untuk mesin diesel tersebut digunakan minyak solar dari minyak bumi. Hal ini

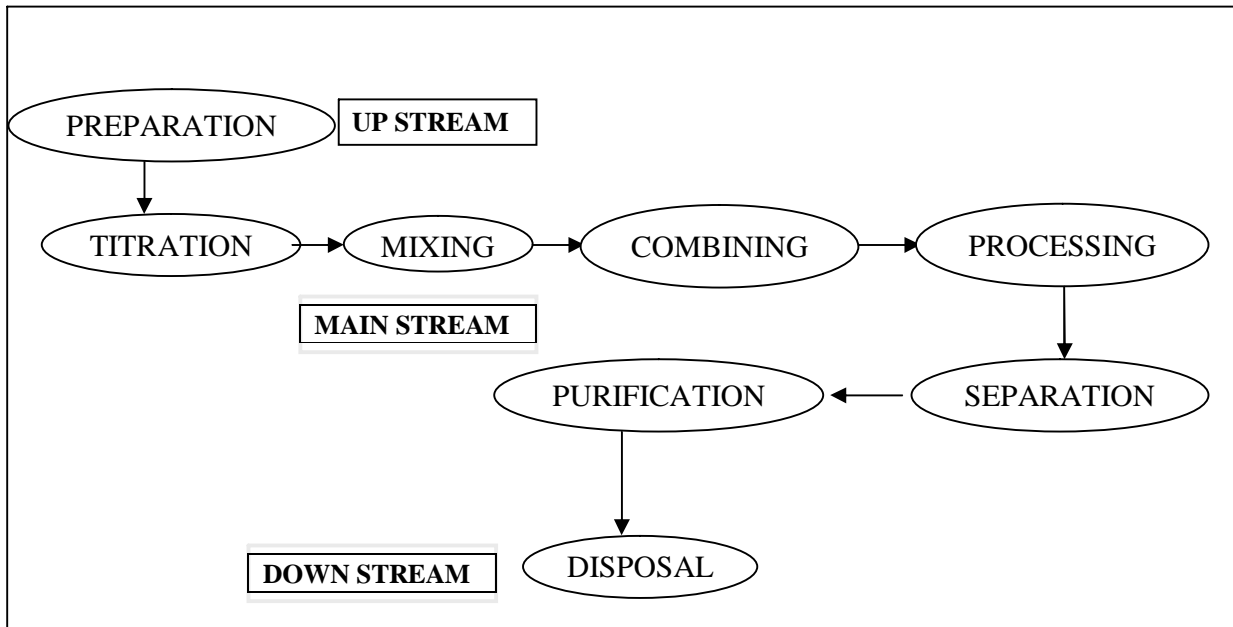
menjadi inspirasi terhadap penerus Karl Diesel yang mendesain motor diesel dengan spesifikasi minyak diesel.

#### 4.2 Proses Pengolahan

Pada pembuatan biodiesel dari minyak nabati kadar asam lemak bebas harus dihilangkan terlebih dahulu. Cara pengolahan asam lemak bebas dapat dilakukan dengan cara berikut:

- Kadar FFA < 2% -----> dengan penetralan,
- Kadar FFA > 2% -----> dengan esterifikasi asam lemak.

Skema proses pengolahan dapat dilihat seperti pada bagan berikut :



Proses Pengolahan (Up stream)

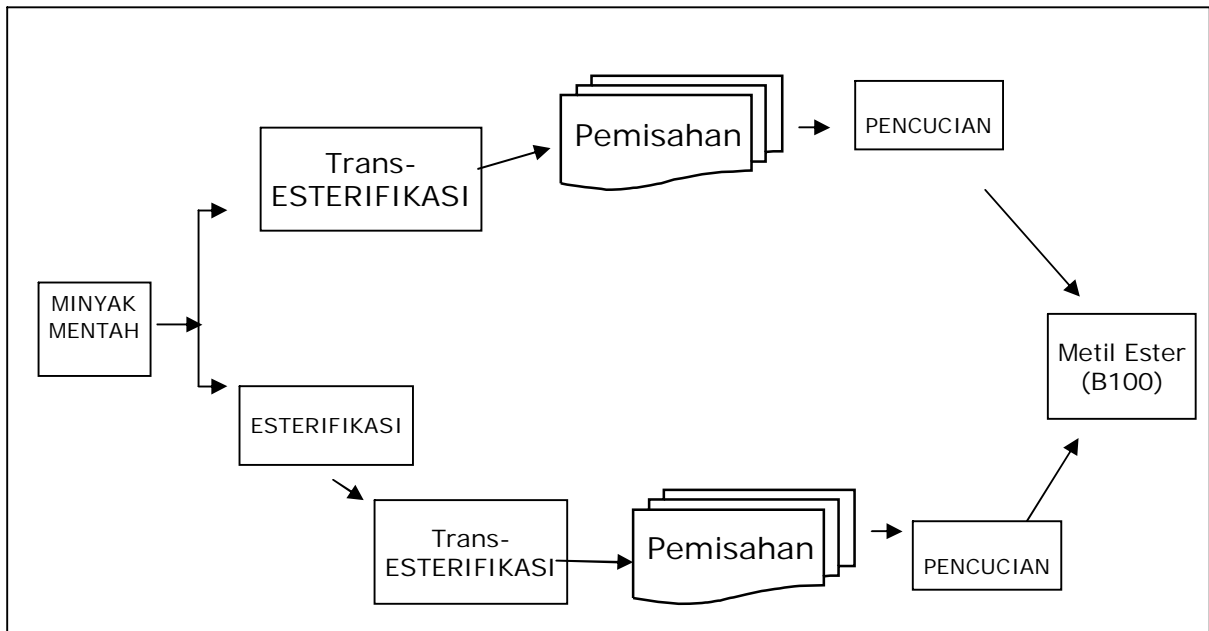
- Mengontrol jumlah air dan asam lemak bebas pada bahan baku yang baru masuk (minyak atau lemak).
- Jika tingkat asam lemak bebas atau air terlalu tinggi dimungkinkan terjadi masalah penyabunan (saponifikasi) dan pemisahan gliserin.

Proses Pengolahan (Main Stream)

1. Katalis dilarutkan dalam alkohol/metanol dengan pengadukan
2. Campuran alkohol dan katalis direaksikan secara batch dengan minyak. Sistem dibuat tertutup dari atmosfer untuk mencegah kehilangan alkohol/metanol.

3. Fase gliserin lebih berat dari fase biodiesel dan keduanya dipisahkan oleh gaya berat dengan hanya menarik gliserin dari dasar tempat vessel.
4. Setelah fase gliserin dan biodiesel dipisahkan, kelebihan alkohol di tiap fase dipindahkan dengan proses dengan evaporasi atau destilasi.
5. Produk gliserin terdiri dari katalis yang tidak digunakan dan sabun yang dinetralisasi dengan asam dan dikirim ke tempat penyimpanan sebagai gliserin mentah.

### Beberapa Alternatif Proses (main stream)



### Proses Pengolahan (Down Stream)

- Setelah dipisahkan dari gliserin, biodiesel terkadang dimurnikan secara perlahan dengan pencucian yang menggunakan air panas/hangat untuk memindahkan sisa katalis atau sabun
- Kemudian dilakukan pengeringan melalui destilasi Vakum

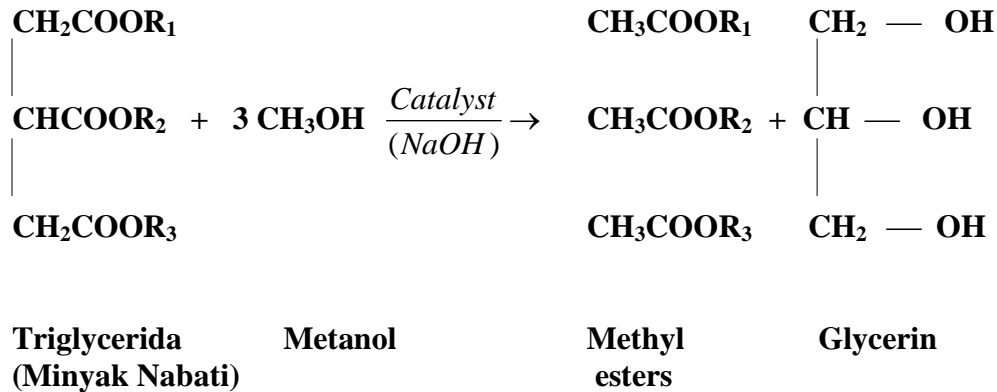
### Proses Lanjutan (Pencucian)

Banyak cara “washing” biodiesel, yang paling banyak digunakan adalah “The Bubblewash Methode”, caranya adalah : ditambahkan air seperempat sampai setengah volume oil (campur  $H_3PO_4$  10% 10 ml per gallon) -----> suhu tetap. Masukkan pompa akuarium, nyalakan 24 jam. Lakukan lagi sekitar 3 - 4 kali hingga pH air netral.

Reaksi pembuatan biodiesel bisa dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

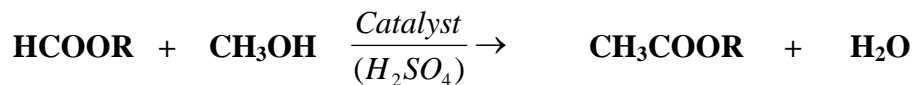
#### 1. Reaksi Trans-esterifikasi

- Dibuat dengan reaksi kimia antara methanol (ethanol) dan minyak
- 100 kg minyak + 10 kg methanol -----> 100 kg biodiesel + 10 kg glycerin
- Diperlukan 1 % katalis (seperti NaOH, KOH)



#### 2. Reaksi Esterifikasi

- Reaksi kimia antara methanol (ethanol) dan Free Fatty Acid
- 1kg FFA + 0,1 kg methanol -----> 1kg biodiesel + 0,1 air
- Diperlukan 1 % katalis (seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl)



#### 4.2.1 Proses Satu Tahap

Proses ini telah dilakukan oleh perusahaan LURGI di Jerman, yaitu proses pengolahan: langsung Trans-esterifikasi, artinya : Suatu proses kimiawi dari trigliserida pada RPO dengan metanol dengan menggunakan sodium methyrate sebagai katalis untuk menghasilkan biodiesel kelapa sawit atau Vegetable Oil Metil Ester (VOME) dan glycerin.

Bahan baku :

1. CPO (Crude Palm Oil)
2. RPO (Refine Palm Oil)
3. CPS (Crude Palm Skarin)
4. RPS (Refund Palm Stearin)

Bila bahan baku minyak yang digunakan merupakan minyak yang telah diproses (*refined fatty oil*) dengan kadar air dan asam lemak bebas yang rendah, maka proses esterifikasi dengan katalis alkalin bisa langsung dilakukan terhadap minyak tersebut. Transesterifikasi pada dasarnya terdiri atas 4 tahapan, yakni:

1. Pencampuran katalis alkalin (umumnya sodium hidroksida atau potassium hidroksida) dengan alkohol (umumnya methanol). Konsentrasi alkalin yang digunakan bervariasi antara 0.5 - 1 wt % terhadap massa minyak. Sedangkan alkohol diset pada rasio molar antara alkohol terhadap minyak sebesar 9:1.
2. Pencampuran alkohol+alkalin dengan minyak di dalam wadah yang dijaga pada temperatur tertentu (sekitar 40 - 60°C) dan dilengkapi dengan pengaduk (baik magnetik ataupun motor elektrik) dengan kecepatan konstan (umumnya pada 600 rpm - putaran per-menit). Keberadaan pengaduk sangat penting untuk memastikan terjadinya reaksi methanolisis secara menyeluruh di dalam campuran. Reaksi methanolisis ini dilakukan sekitar 1 - 2 jam.
3. Setelah reaksi methanolisis berhenti, campuran didiamkan dan perbedaan densitas senyawa di dalam campuran akan mengakibatkan separasi antara metil ester dan gliserol. Metil ester dipisahkan dari gliserol dengan teknik separasi gravitasi.
4. Metil ester yang notabene biodiesel tersebut kemudian dibersihkan menggunakan air distilat untuk memisahkan zat-zat pengotor seperti methanol, sisa katalis alkalin, gliserol, dan sabun-sabun (*soaps*). Lebih tingginya densitas air dibandingkan dengan metil ester menyebabkan prinsip separasi gravitasi berlaku: air berposisi di bagian bawah sedangkan metil ester di bagian atas.

Selain proses 1 tahap, juga bisa dilakukan proses 2 tahap dengan alasan-alasan berikut :

- Proses satu tahap dapat tidak efisien karena terbentuknya sabun.
- Sabun terbentuk selama transesterifikasi dengan katalis basa, ketika ion Na<sup>+</sup> bergabung dengan adanya asam lemak bebas (*free fatty acids*) yang mungkin ada dalam bahan baku
- Sabun akan mengurangi hasil (*yield*) karena sabun mengikatkan methyl ester dengan air. Ikatan ester dapat dibersihkan dalam pencucian, tetapi pemisahan air akan lebih sulit dan meningkatkan konsumsi air.
- Proses esterifikasi dengan katalis asam sebelum transesterifikasi dengan katalis basa akan mengeliminasi sebagian besar asam lemak bebas.

#### 4.2.2 Proses Dua Tahap

Transesterifikasi merupakan metode yang saat ini paling umum digunakan untuk memproduksi biodiesel dari *refined fatty oil*. Metode ini bisa menghasilkan biodiesel (FAME) hingga 98% dari bahan baku minyak tumbuhan. Bila bahan baku yang digunakan adalah minyak mentah yang mengandung kadar asam lemak bebas (*free fatty acid* - FFA) tinggi, yakni lebih dari 2%, maka perlu dilakukan proses praesterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas hingga sekitar 2% melalui dua tahap proses yaitu :

1. Esterifikasi asam: Ini merupakan proses pendahuluan menggunakan katalis asam untuk menurunkan kadar asam lemak bebas hingga sekitar 2%. Asam sulfat (*sulphuric acid*) 0.5 wt% dan alkohol (umumnya methanol) dengan molar rasio antara alkohol dan bahan baku minyak sebesar 6:1 terbukti memberikan hasil konversi yang baik.
2. Esterifikasi alkalin: Selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi terhadap produk tahap pertama di atas menggunakan katalis alkalin. Sodium hidroksida 0.5 wt% dan alkohol (umumnya methanol) dengan rasio molar antara alkohol dan produk tahap pertama sebesar 9:1 digunakan dalam proses transesterifikasi ini.

Kedua proses esterifikasi di atas dilakukan pada temperatur 40 - 50°C. Esterifikasi dilakukan di dalam wadah berpengaduk magnetik dengan kecepatan konstan. Keberadaan pengaduk ini penting untuk memastikan terjadinya reaksi di seluruh bagian reaktor. Produk esterifikasi alkalin akan berupa metil ester di bagian atas dan gliserol di bagian bawah (akibat perbedaan densitas). Setelah dipisahkan dari gliserol, metil ester tersebut selanjutnya dicuci dengan air distilat panas (10 vol%). Karena memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan metil ester, air pencuci ini juga akan terpisahkan dari metil ester dan menempati bagian bawah reaktor. Metil ester yang telah dimurnikan ini selanjutnya bisa digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Selain untuk menurunkan kadar asam, pada proses praesterifikasi juga perlu dilakukan pengurangan kadar air. Pada prinsipnya, pengurangan kadar air bisa dilakukan dengan dua cara, separasi gravitasi atau separasi distilasi. Separasi gravitasi mengandalkan perbedaan densitas antara minyak dengan air. Air yang lebih berat akan berposisi di bagian bawah untuk selanjutnya dapat dipisahkan. Sedangkan separasi distilasi mengandalkan titik didih air sekitar 100°C dan pada beberapa kasus digunakan pula tekanan rendah untuk memaksa air keluar dan terpisah dari minyak.

Beberapa kritik yang ditujukan terhadap proses transesterifikasi kimiawi adalah tingginya konsumsi energi proses serta masih terikutnya senyawa-senyawa pengotor dalam metil ester, seperti [mono, di] gliserida, gliserol, air, dan katalis alkalin yang dipergunakan. Pemurnian metil ester terhadap senyawa-senyawa pengotor tersebut memerlukan tambahan energi dan material dalam proses transesterifikasi minyak menjadi biodiesel.

Beberapa peneliti telah mengajukan teknik katalisasi biologis (*biocatalysis*) untuk memproduksi biodiesel, *oleic acid alkyl ester* (dalam hal ini butil oleat), dari triolein menggunakan beberapa macam katalis biologis, yakni *Candida Antarctica B*, *Rizhomucor Miehei*, dan *Pseudomonas Cepacia*. Karena mahalnnya harga katalis biologis dibandingkan katalis kimiawi, maka penggunaan katalis biologis tersebut dilakukan dengan cara immobilisasi pada katalis. Teknik ini sekaligus memungkinkan dilakukannya proses kontinyu dalam produksi biodiesel. Dari hasil pengujian yang dilakukan ditemukan bahwa *Pseudomonas Cepacia* merupakan katalis biologis yang paling baik dalam menghasilkan 100% butil oleat (*oleic acid ethyl ester*) dalam waktu 6 jam. Temperatur optimum reaksi ini adalah 40°C. Ada juga penelitian yang dilakukan menggunakan jalur katalis biologis untuk memproduksi biodiesel dari minyak tumbuhan. Mereka membuat katalis padat (*solid catalyst*) dari gula dengan cara melakukan pirolisis terhadap senyawa gula (D-glucose dan sucrose) pada temperatur di atas 300 °C. Proses ini menyebabkan karbonisasi tak sempurna terhadap senyawa gula dan terbentuknya lembar-lembar karbon aromatik polisiklis (*polycyclic aromatic carbon sheets*). Asam sulfat (*sulphuric acid*) kemudian digunakan untuk mensulfonasi cincin aromatik tersebut sehingga menghasilkan katalis. Katalis padat yang dihasilkan dengan cara ini disebutkan memiliki kemampuan mengkonversi minyak tumbuhan menjadi biodiesel lebih tinggi dibandingkan katalis asam sulfat cair ataupun katalis asam padat lain yang telah ada sebelumnya.

Beberapa percobaan proses transesterifikasi tanpa katalis sudah dilakukan pada kedelai (*soybean oil*) menggunakan methanol superkritik dan *co-solvent* CO<sub>2</sub>. Tidak adanya katalis pada proses ini memberikan keuntungan tidak diperlukannya proses purifikasi metil ester terhadap katalis yang biasanya terikut pada produk proses transesterifikasi konvensional menggunakan katalis asam/basa. Pada percobaan lanjutan lainnya juga dilakukan proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik dengan menambahkan *co-solvent* CO<sub>2</sub> yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dan temperatur operasi proses transesterifikasi. Hal



ini berkorelasi langsung pada lebih rendahnya energi yang diperlukan dalam proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik. Namun demikian, temperatur yang terlibat dalam proses yang dilakukan masih cukup tinggi, yakni sekitar 280°C.

Sedangkan katalis yang biasa dipakai antara lain :

- Trans-Esterifikasi :
  - KOH
  - NaOH
  - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
  - CaCO<sub>3</sub>
  - MgO
  - DII
  
- Esterifikasi :
  - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - HCl

Selain trigliserida (minyak) dan katalis, reaktan lain yang dipakai adalah metanol atau etanol. Keuntungan/kerugian menggunakan metanol dan etanol dapat dilihat sebagai berikut:

- Etanol umumnya lebih disukai karena :
  - Berasal dari produk pertanian, terbarukan (renewable), ramah lingkungan
  - Penangannya lebih aman karena efek toxic ke personil, uap relatif kurang
- Metanol lebih luas penggunaannya dalam produksi biodiesel daripada metanol
  - Metanol lebih murah daripada ethanol

### **4.3 Perkembangan Biodiesel di Indonesia**

Perkembangan biodiesel di Indonesia pada saat ini dapat dirangkum seperti berikut ini :

- Menristek, Menhub, Gubernur DKI Jakarta dan Komisi VII DPR di Parkir PRJ-Kemayoran Jakarta pada hari Sabtu 29 Oktober 2005 melepas sebanyak 15.000 pemudik dari keluarga pedagang jamu gendong
- Meskipun tidak dijual secara umum seperti halnya BBM, masyarakat dapat membeli biodiesel di "pabriknya" di Puspipstek Serpong. Setiap hari dihasilkan biodiesel 1,5 ton.

- 28 bus dinas BPPT yang mayoritas bermesin diesel buatan tahun 1980
- Sebagian besar pembeli justru para pemilik mobil keluaran baru dan bermerek, termasuk mobil-mobil berstandar Euro 1 dan 2.

Sedangkan pabrik/plant biodiesel di Indonesia adalah :

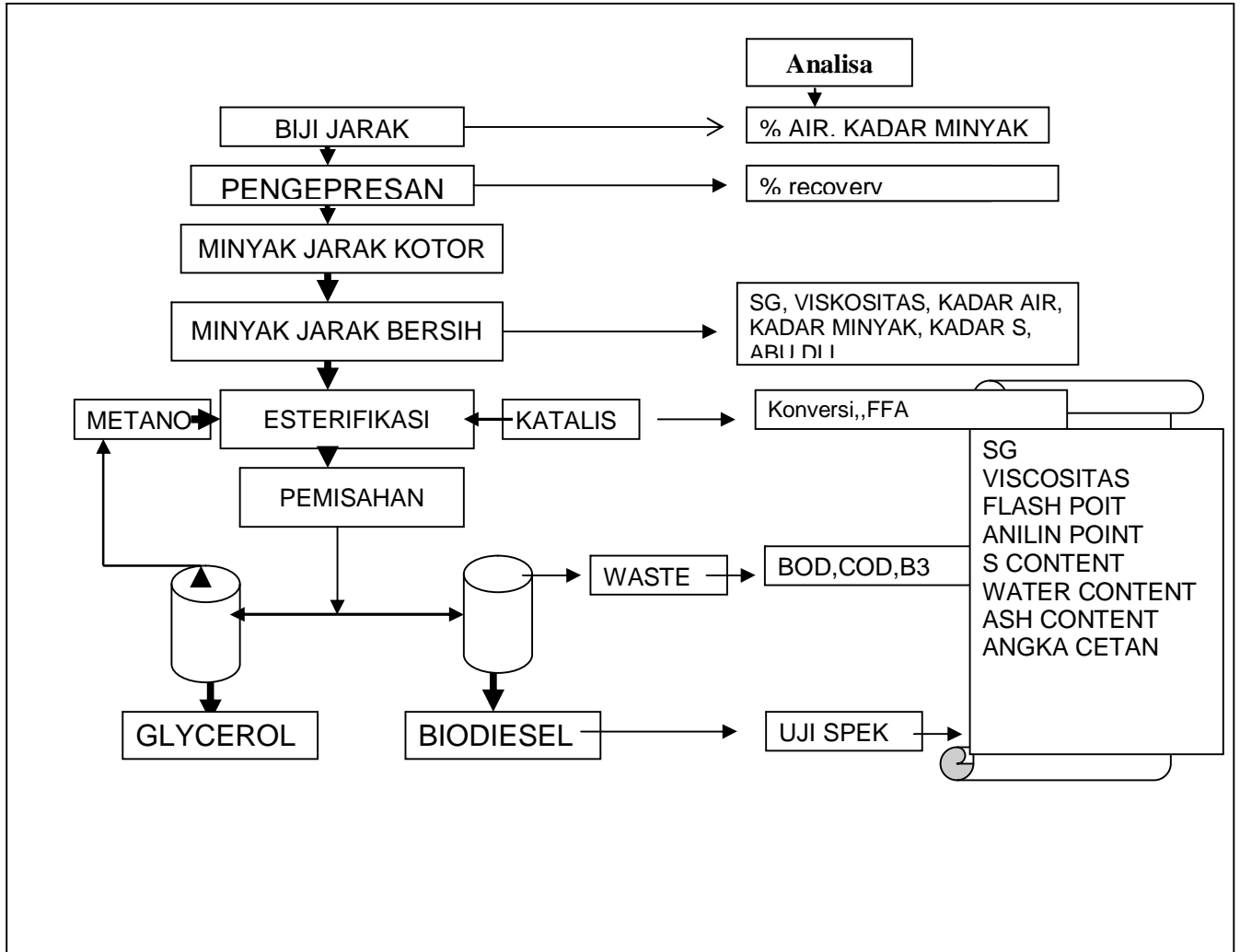
- Pertamina, ITB dan PT Rekayasa Industri telah menandatangani perjanjian proyek pengembangan biodiesel.
- Skala proyek biodiesel dari minyak jarak tsb :
  - 1. Skala kecil : kapasitas 1000 liter/hari
  - 2. Skala menengah : kapasitas 15 000 liter/hari
  - 3. Skala besar : kapasitas 100.000 ton /tahun
- Potensi : hemat BBM 100.000 barel/hari
- Target :
  - tahun 2005-2006 Membuat minimal satu pabrik biodiesel dan gasohol
  - Tahun 2010 10 % dari minyak solar adalah biodiesel
  - Tahun 2025 penggunaan bioenergi mencapai 30% dari energi nasional
- Investasi :Rp 3,7 Triliun

#### **4.4 Uji Kualitas Biodiesel**

Peralatan yang digunakan harus standart ASTM. Uji kualitas harus dilakukan secara rutin agar diperoleh standart bahan baku/produk sehingga proses pengolahan minyak dapat dilakukan pada kondisi yang telah direncanakan.

Peralatan/instrumen juga harus distandartkan agar diperoleh hasil uji yang universal.

## Contoh Bagan dan Test yang Perlu Dilakukan



Uji Spesifikasi :

### 1. Berat jenis dan api gravity

Berat jenis dan api gravity : jumlah berat (mg) bahan setiap volume bahan (ml)

$$\text{API GRAVITY} = \text{DEG API} = 141,5 / \text{S.G.} - 131,5$$

Uji ini gunanya untuk :

- menentukan jenis minyak
- menentukan tempat penyimpanan
- menentukan jenis/kapasitas transport

Alat yang dipakai : timbangan, picnometer (ASTM D 941) atau HIDROMETER

### 2. Anilin Point

Analisa ini dipakai untuk menghitung indeks diesel yaitu bilangan yang menentukan tingkat kearomatisan minyak diesel. Kandungan aromatis menentukan kualitas penyalaan (asap akan menjadi hitam)

### **3. Viskositas**

Viskositas menunjukkan tingkat kekentalan bahan. Untung rugi didalam mesin jika viskositas kecil/tinggi :

Viscositas rendah :

- minyak mudah dialirkan
- Daya pompa kecil
- Pengabutan / injeksi baik
- Kendala kebocoran

Viscositas tinggi:

- sulit dialirkan
- Daya pompa besar
- Pengabutan / injeksi jelek
- Kendala pembakaran mungkin sulit

### **4. Flash & Fire Point**

Analisa ini dipergunakan utk menentukan kualitas penyalaan yaitu mudah tidaknya bahan bakar menyala. Alat yang digunakan adalah : cleveland open cup astm d 92 atau seta cleveland open cup.

### **5. Volatilitas Minyak Bakar**

Alat yang dipakai adalah Distilasi ASTM

Uji Lainnya :

- Water content
- Ash content
- S content
- Carbon residu
- Angka cetane (Sulit, biaya mahal), GC, dll

**Tabel 4.1 Jatropha Biodiesel dibandingkan dengan Petro-diesel dan EU Standards**

Property	Units	Jatropha biodiesel	Petro-diesel	E.U standard biodiesel
Density @30C	g/ml	0.88	0.85	> 0.8
Combustion point	C	192	55	> 55
Kinetic viscosity	cSt	4.84	2 – 8	5
Calorific potential	MJ/kg	41	45	Undefined
Cetane number		52	47.5	> 48
Ester content	%	> 99	0	> 99
Sulfur content	%	0	< 0.5	< 0.55
Carbon residue	%	0.024	< 0.35	< 0.1

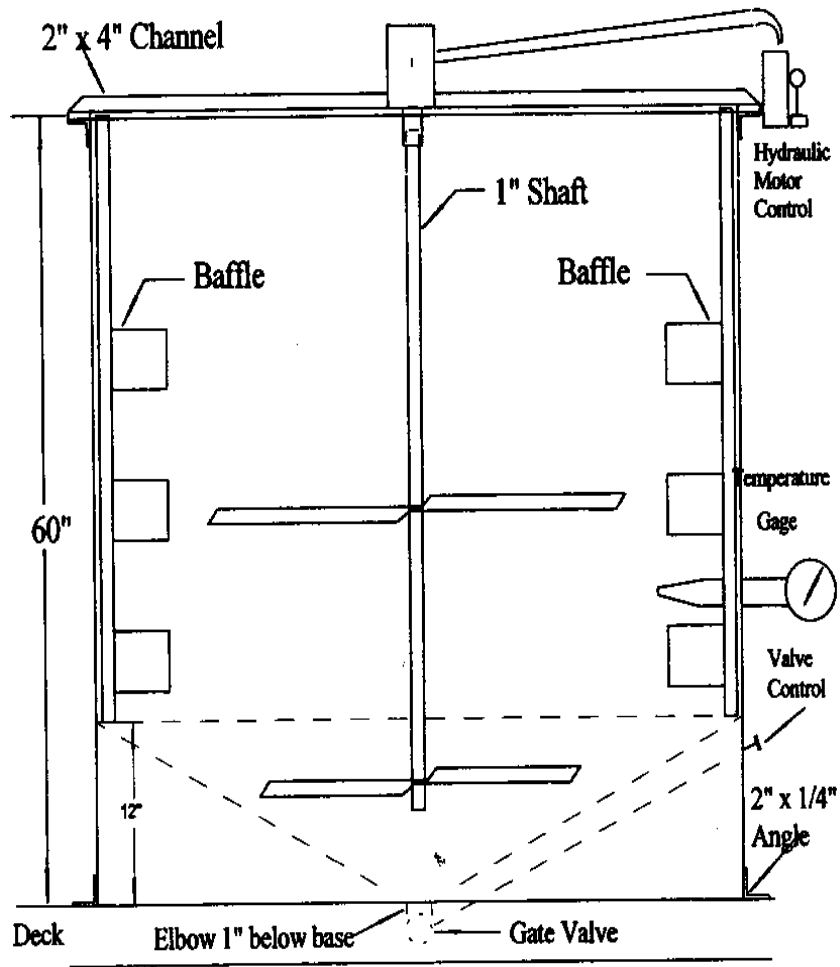
**Tabel 4.2 Perbandingan Sifat Minyak Diesel**

Type	Solar	Biodiesel	DME	Methanol	Ethanol	EU Biodiesel
SG 16 °C	0,85	0,88	0,67	0,796	0,794	0,8
Viscositas 20 °C (cst)	2,5	4,48	nd	0,75	151	5
Titik didih (°C)	235	nd	nd	65	78	nd
Flash point (°C)	52	nd	nd	11	13	nd
Autoignition (°C)	254	192	235	464	423	>55
Angka cetan	40-55	52	55-60	<15	<15	>48
Calor Mj/kg	45	41	6900*	20,1	27	nd

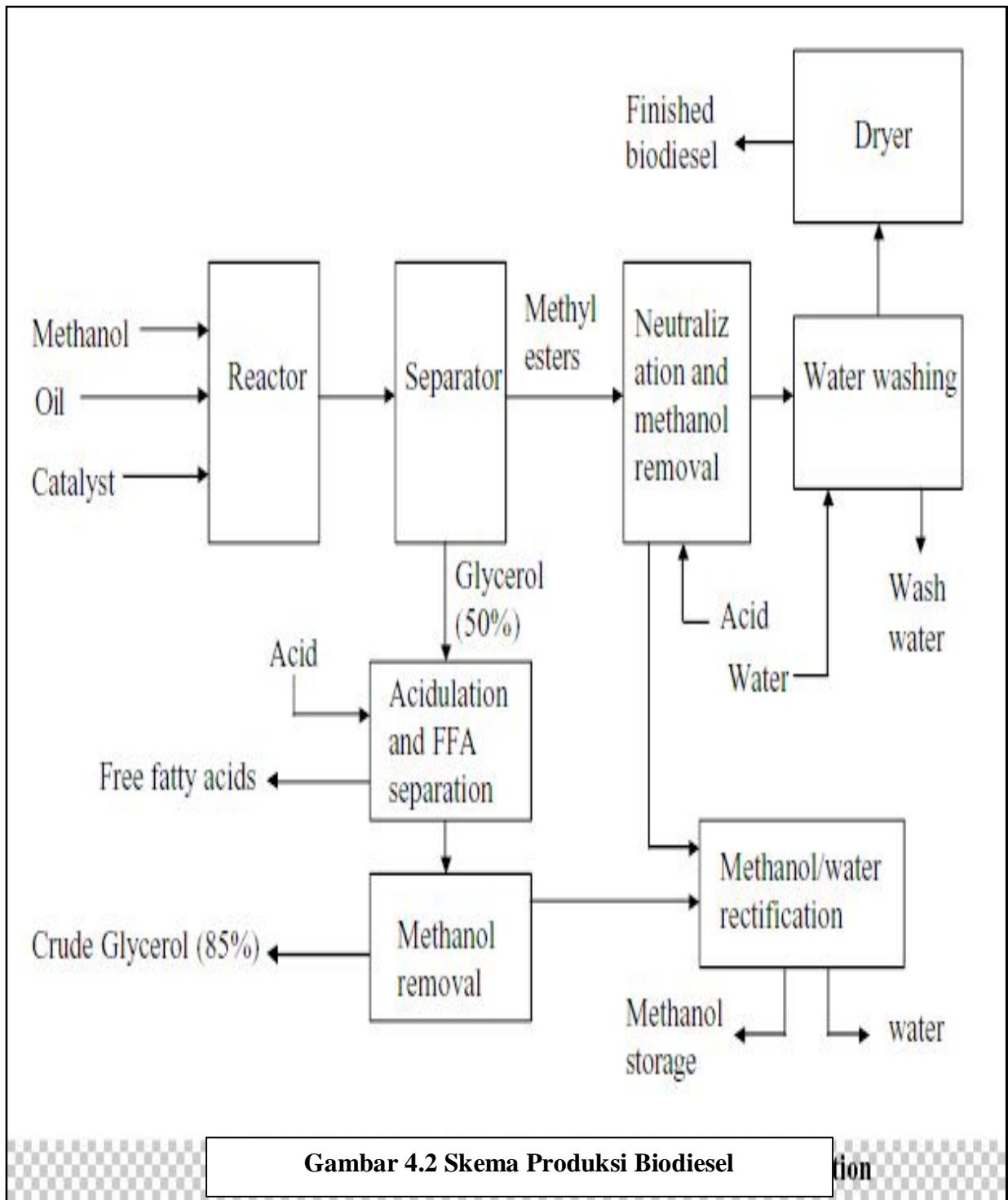
**Tabel 4.3 Hasil Uji Beberapa Biodiesel**

<b>ITEM</b>	<b>METHODE</b>	<b>APB</b>	<b>ASTM D6751</b>	<b>10%Olein +solar</b>	<b>solar</b>
SG 60/60	d1298	0.8845	0.875-0.9	0.85	0.82-0.87
Viscositas (ctp)	d445	5.159	1.9 - 6	5.8	1.6 – 5.8
Flash point (°C)	D92	194	130	185	150
Cetane number	D613	--	47 min	54.9	45
Carbon residu % wt	D189	0.017	0.05	--	--
Ash content	D482	0.0085	0.02 mak.	--	--
Water conten % v.	D95	0.2	0.05 mak.	--	--
S conten % mass	D159/1552	--	0.05 mak	0.25	0.5
Pour point (°C)	D97	40	65 mak.	4	65

#### 4.5 Pabrik Biodiesel



Gambar 4.1 Reaktor Trans-Esterifikasi

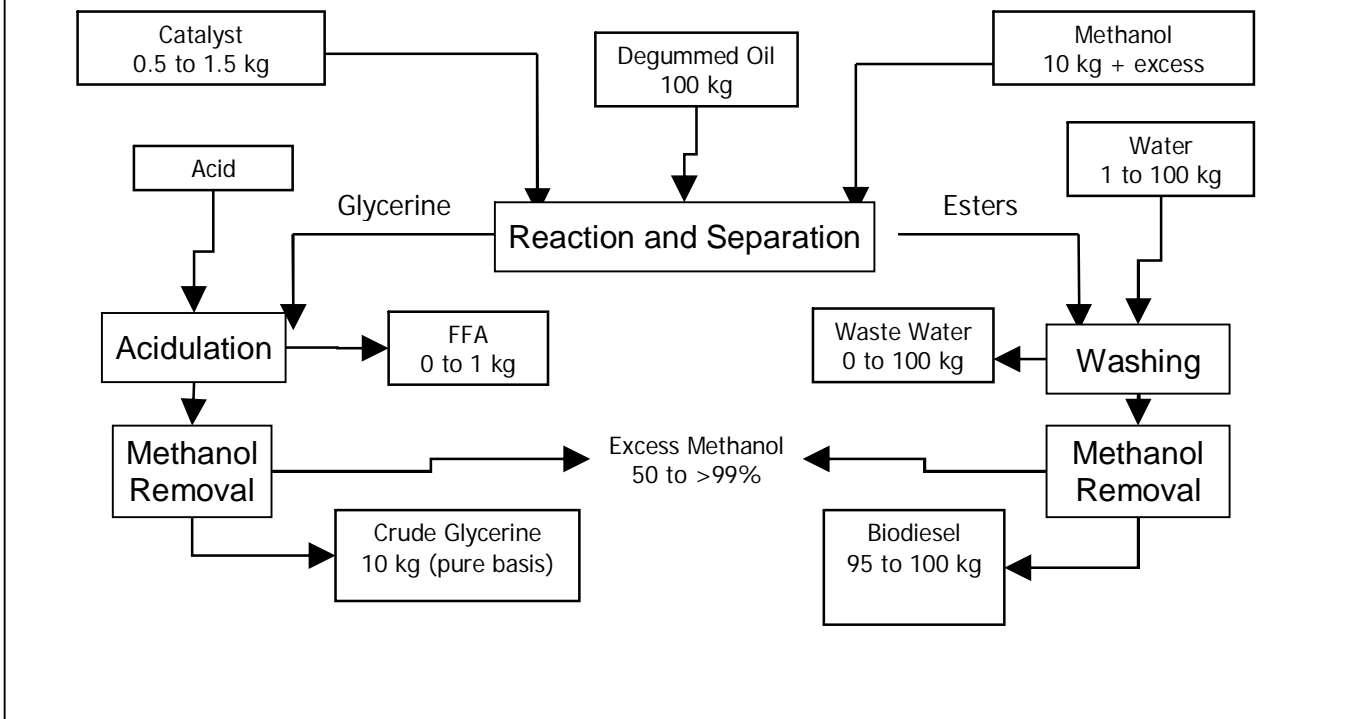


**Gambar 4.2 Skema Produksi Biodiesel**

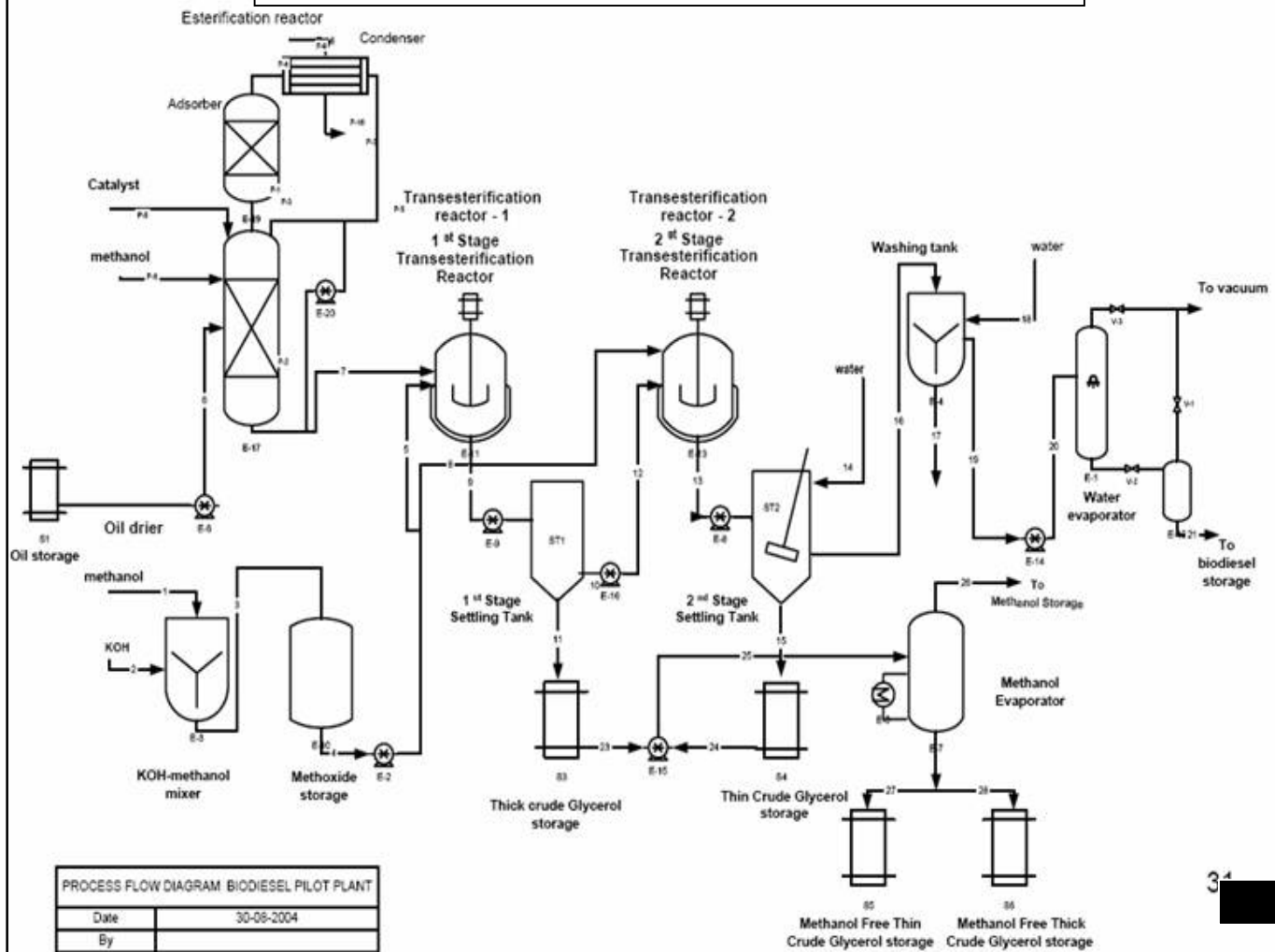
tion



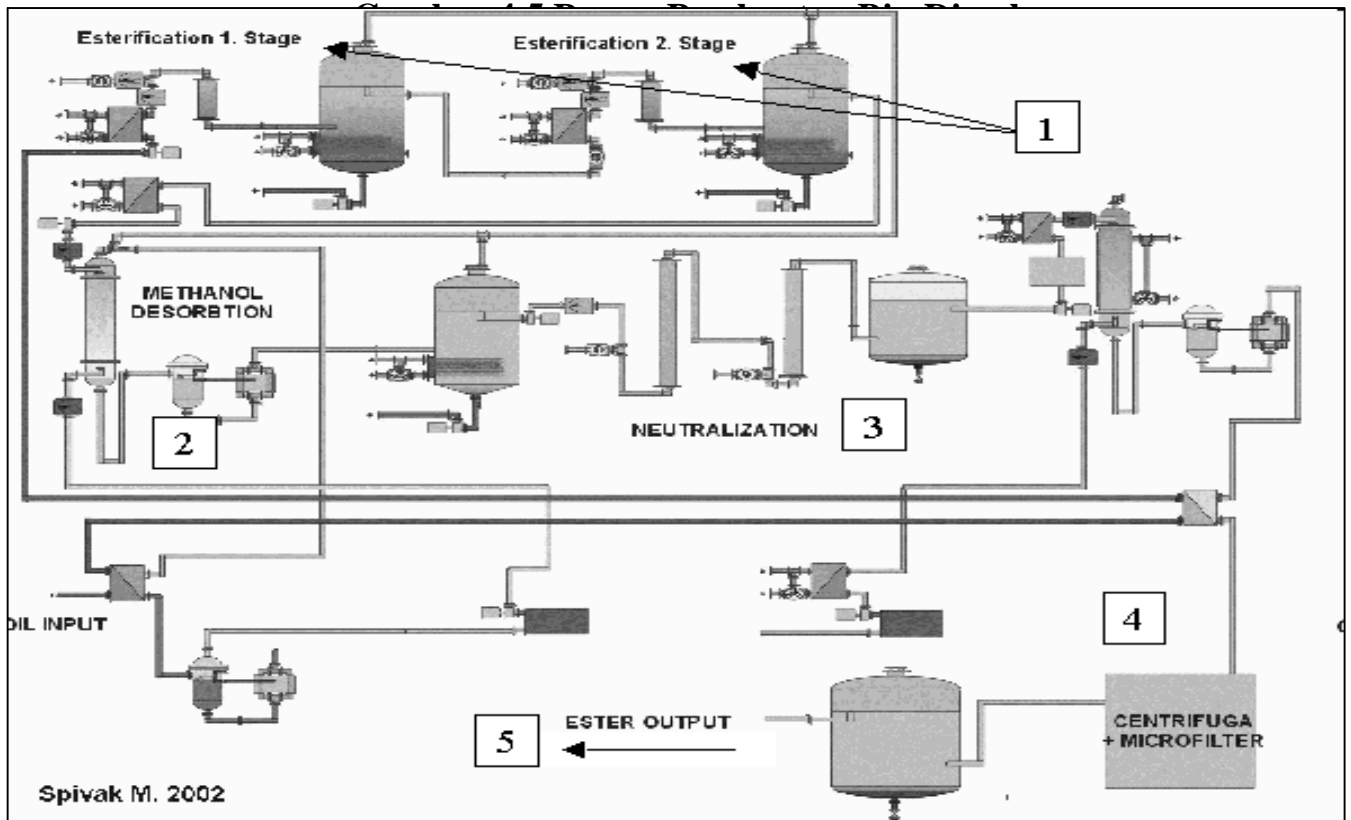
**Gambar 4.3 Neraca Massa Trans-esterifikasi**



**Gambar 4.4 Proses Flow Diagram**



34



#### 4.6 Prospek Bisnis Tanaman Jarak dan Biodiesel

Beberapa alasan mengapa Indonesia perlu mengembangkan energi dari minyak nabati :

- Konsumsi energi meningkat
- Bahan bakar fosil akan habis
- Devisa (impor BBM)
- Potensi penggunaan biofuel
- Potensi lahan
- Potensi sumber daya manusia (petani)

Tahap-tahap pengambilan minyak dari biji jarak :

- Pemisahan & Pengeringan
- Pemanasan / pengukusan
- Pengepresan
- Penyaringan

Diagram alir proses pengambilan minyak dari biji jarak :

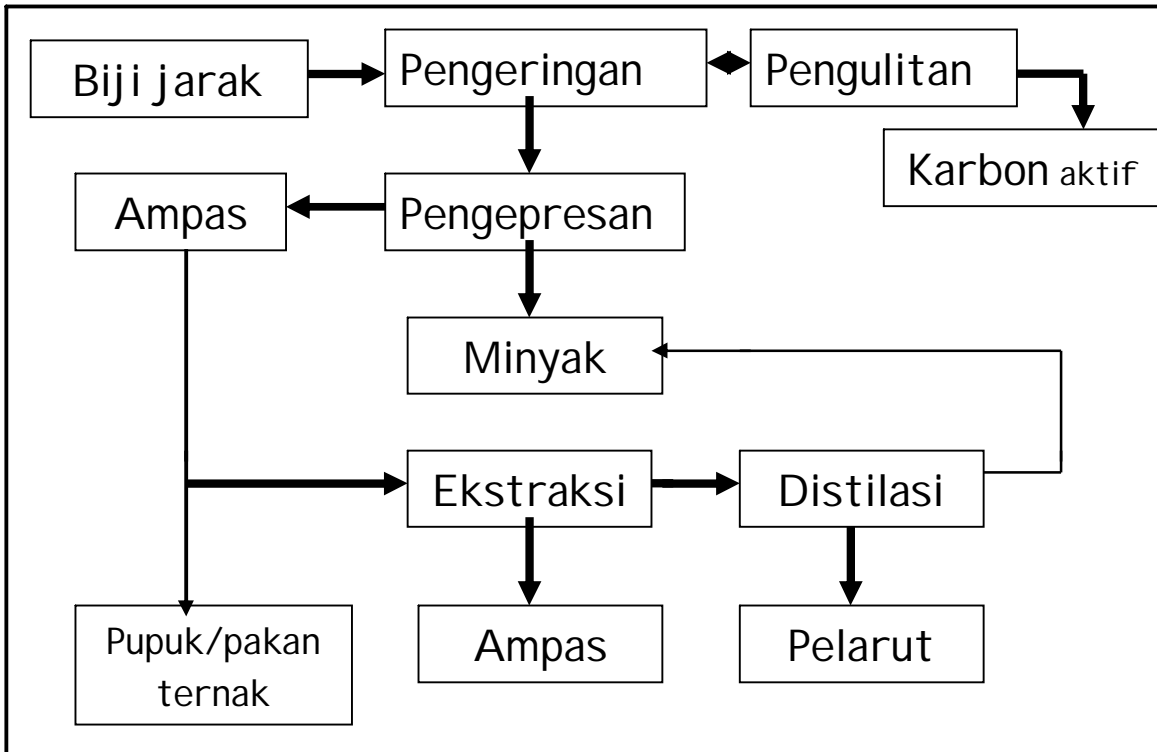
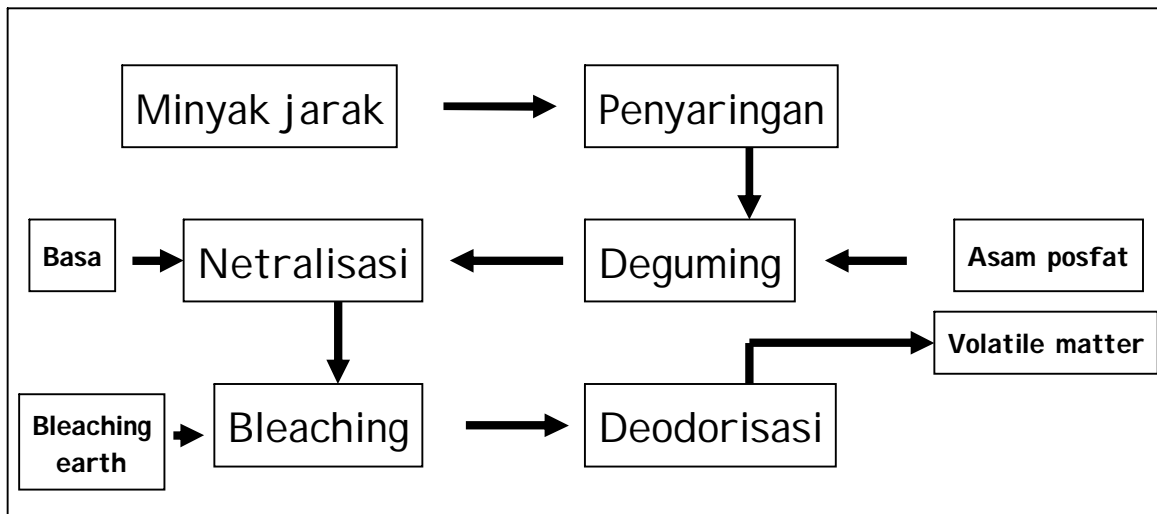
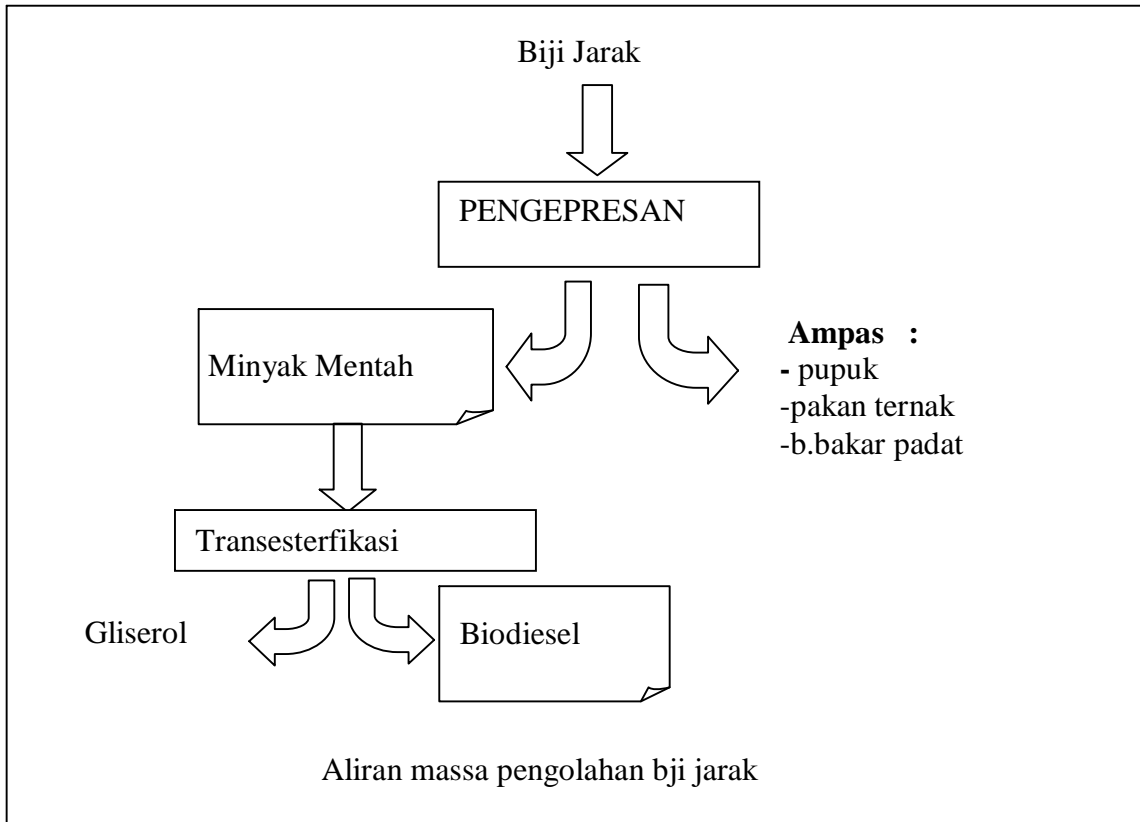


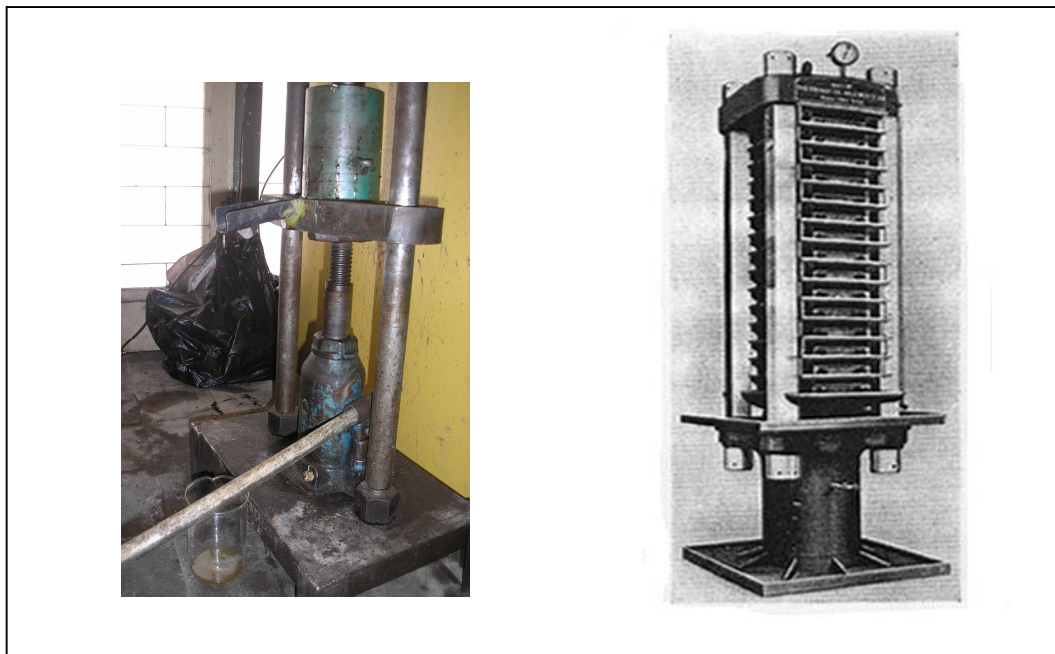
Diagram alir proses pemurnian minyak jarak





**Teknik Pengepresan :**

1. Metode Penekanan Hidrolik



## 2. Metode Penekanan Roller Press

- jepitan dua roll
- cocok untuk memisahkan cairan dengan padatan untuk bahan-bahan yang bentuknya memanjang seperti batang tebu.
- Kelebihan : proses kontinyu

## 3. Metode Penekanan Press Ulir (Screw Press)



## Metoda penekanan berulir

### **Keuntungan :**

- Kapasitas produksi bisa lebih besar dan menghemat waktu karena dilakukan secara kontinyu serta membutuhkan sedikit pekerja

### **Kerugian :**

- Harga peralatan cukup mahal dan biaya perawatan tinggi
- Diperlukan lebih banyak energi
- Minyak masih harus dilakukan penyaringan.

**Tabel 4.4 Penggunaan Energi Primer Di Indonesia, Juta Sbm  
(Setara Barel Minyak)**

	1992		2004		Pertumbuhan, %/tahun
	juta SBM	%	juta SBM	%	
Minyak	259.9	64.5%	401.0	49.1%	4.5%
Gas Alam	82.0	20.4%	222.3	27.2%	14.3%
Batubara	31.3	7.8%	162.7	19.9%	35.0%
Hidro	27.5	6.8%	18.3	2.2%	-2.8%
Geothermal	2.0	0.5%	12.3	1.5%	42.9%
Total	402.7	100.0%	816.6	100.0%	8.6%

Source: US Embassy

**Tabel 4.5 Kebutuhan Bbm Per Sektor 1990-2004**

Tahun	(juta Kilo Liter)				
	Transportasi	Rumah Tangga	Industri	Pembangkit Listrik	Total
1990	13.6	7.8	7.0	4.1	32.6
1991	14.9	8.0	7.4	5.4	35.6
1992	15.8	8.5	8.3	5.9	38.5
1993	16.7	8.5	9.0	6.8	41.1
1994	18.7	8.8	9.4	3.8	40.7
1995	20.4	9.1	10.3	3.0	42.8
1996	22.8	9.7	10.5	3.3	46.4
1997	24.9	9.9	10.9	5.9	51.5
1998	23.7	10.1	10.5	4.4	48.6
1999	24.1	11.9	11.6	4.3	51.8
2000	26.3	12.4	12.1	5.0	55.9
2001	27.8	12.3	12.6	5.0	57.7
2002	28.4	11.6	12.3	6.5	58.9
2003	29.0	11.7	11.2	7.9	59.8
2004	30.1	11.8	15.9	6.8	64.7

Pertumbuhan, %/tahun

Transportasi	8.6%	3.7%	9.1%	4.6%	7.0%
--------------	------	------	------	------	------

Sumber: ESDM

**Tabel 4.6 Penjualan Bahan Bakar Minyak Dalam Negeri**

	juta Kilo Liter															Pertumbuhan, %/tahun
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
<b>Premium</b>	<b>6.4</b>	<b>6.8</b>	<b>7.2</b>	<b>7.4</b>	<b>8.3</b>	<b>9.2</b>	<b>10.1</b>	<b>10.8</b>	<b>11.0</b>	<b>11.5</b>	<b>12.4</b>	<b>13.1</b>	<b>13.7</b>	<b>14.2</b>	<b>17.0</b>	<b>12.0%</b>
Minyak Tanah	7.9	8.1	8.6	8.7	8.9	9.3	9.8	10.0	10.1	11.9	12.5	12.3	11.7	11.8	11.8	3.6%
<b>Minyak Solar</b>	<b>11.6</b>	<b>12.9</b>	<b>14.6</b>	<b>16.6</b>	<b>16.0</b>	<b>17.0</b>	<b>18.8</b>	<b>22.1</b>	<b>19.7</b>	<b>17.9</b>	<b>22.1</b>	<b>23.0</b>	<b>24.2</b>	<b>24.3</b>	<b>26.5</b>	<b>9.2%</b>
Minyak Diesel	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.1	-2.6%
Minyak Bakar	3.9	4.9	4.9	5.1	4.0	4.1	4.3	5.4	5.2	5.5	6.1	6.1	6.3	6.7	5.8	3.3%
Total	32.2	35.6	38.5	41.1	40.7	42.8	46.4	51.9	48.6	49.2	55.9	55.9	57.8	58.4	64.7	7.2%

Sumber : Ditjen Migas

**Tabel 4.7 Impor Minyak Mentah 2000 - 2004**

Tahun	juta Barel	Miliar US\$
2000	79,0	2,3
2001	112,9	2,8
2002	124,1	3,2
2003	135,2	4,1
2004	148,5	5,8

Negara Asal Impor : Saudi Arabia, Aljazair, Iran, China, Malaysia, Australia, Libya, Vietnam, Nigeria, Brunei, PNG, Yaman, Iraq, Pakistan, Thailand, Oman, Rwanda, Angola, dll.

Sumber: Migas



**Tabel 4.8 Impor BBM 2000 - 2004**

Tahun	juta Barel	Miliar US\$
2000	90,0	3,0
2001	86,6	2,6
2002	106,9	3,3
2003	106,4	3,4
2004	124,8	5,8

**Tabel 4.9 Proyeksi Kebutuhan Bbm Dan Pengeluaran Devisa  
2010 Dan 2015**

	2004	2010	2015
Produksi, juta kl	44.5	44.5	44.5
Konsumsi, juta kl	64.7	97.1	136.2
Impor			
Volume, juta kl	19.8	52.6	89.7
<b>Nilai, miliar US\$</b>	<b>5.9</b>	<b>15.5</b>	<b>26.5</b>
Harga rata-rata, US\$/kl	295	295	295

Pertumbuhan 2004-2015, %/tahun = 7%

Perlu Penambahan Kilang Baru

**Tabel 4.10 Cadangan dan umur sumber bahan baku energi non-renewable  
Per akhir 2004**

	<b>Cadangan Terbukti</b>	<b>Produksi</b>	<b>Sisa Umur (Tahun)</b>
<b>Minyak Bumi</b>	<b>4,7 milyar Barel</b>	<b>1,126 juta Barel/hari</b>	<b>15</b>
<b>Gas Bumi</b>	<b>90,3 TSCF</b>	<b>2,6 TSCF/tahun</b>	<b>35</b>
<b>Batubara</b>	<b>4,968 milyar Ton</b>	<b>81,4 juta Ton/tahun</b>	<b>61</b>

Source: BP Statistical Review of World Energy June 2005