

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan salah satu negara yang masih sangat bergantung pada bahan bakar solar. Bahan bakar solar sangat berperan dalam memenuhi kebutuhan energi pada sektor transportasi, industri dan kelistrikan di Indonesia. Bahan bakar solar merupakan minyak yang diperoleh dari hasil distilasi minyak bumi. Seperti yang kita telah ketahui, persediaan minyak bumi di Indonesia semakin menipis akibat ketergantungan terhadap bahan bakar solar tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan terhadap bahan bakar minyak (BBM), impor dari negara-negara tetangga tidak dapat dihindari yang mengakibatkan tingginya devisa negara. Menipisnya ketersediaan minyak bumi membuat harga minyak mentah dunia naik yang berakibat pada kenaikan harga produk distilasi minyak bumi seperti solar akan menambah beratnya beban pemerintah dalam penyediaan BBM terutama untuk bahan bakar yang disubsidi (Sugiyono. A, 2006). Untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi, satu-satunya cara adalah dengan pengembangan bahan bakar alternatif ramah lingkungan.

Indonesia sebagai negara tropis memiliki berbagai jenis tanaman yang dapat dikembangkan sebagai bahan baku untuk produksi energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar minyak, baik berupa bioethanol sebagai pengganti premium maupun FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) sebagai pengganti minyak solar. FAME mempunyai sifat pembakaran yang sangat serupa dengan minyak solar, sehingga dapat dipergunakan langsung pada mesin berbahan bakar minyak solar tanpa mengubah mesin (Columbia University Press, 2004). FAME dapat dibuat dari bahan hayati yang ramah lingkungan seperti: kelapa sawit, jarak pagar dan kacang kedelai. Indonesia merupakan produsen dan eksportir minyak sawit (CPO) yang terbesar didunia. Indonesia dan Malaysia menghasilkan sekitar 85-90% dari total produksi minyak sawit dunia. Hampir 70% perkebunan kelapa sawit terletak di Sumatra, sisanya berada di pulau

Kalimantan (Indonesia Investments, 2017). Selain digunakan sebagai penghasil FAME, kelapa sawit juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan minyak goreng dan sabun. Pada tahun 2016, kelapa sawit yang digunakan untuk pembuatan minyak goreng adalah sekitar 7 juta ton CPO, sabun sekitar 2 juta ton CPO dan FAME sekitar 4 juta ton (APROBI, GIMNI, BPS). Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah total luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada saat ini sekitar 11.9 juta hektar; hampir 3 kali lipat dari luas area ditahun 2000. Jumlah ini diduga akan bertambah menjadi 13 juta hektar pada tahun 2020. Bila di asumsikan besar CPO yang dihasilkan adalah ± 2 ton per hektar, maka potensi penggunaan CPO untuk pembuatan FAME di samping penggunaan CPO untuk pembuatan minyak goreng dan sabun cukup besar.

Pemerintah memberikan dukungan besar terhadap produksi FAME, karena bahan bakar alternatif ini memberikan banyak dampak positif bagi negara. Sejak tahun 2005 sampai 2006 pemerintah telah mengeluarkan peraturan tentang penggunaan FAME ini. Dari diberlakukannya B5 yaitu campuran minyak solar dengan minyak kelapa sawit sebesar 5%, B10, B15 pada tahun 2015 dan B20 pada tahun 2016. Penggunaan solar dengan kandungan minyak kelapa sawit sebesar 20% atau B20 di klaim dapat menghemat devisa negara hingga USD 21 juta perhari setara Rp 302,4 miliar, karena penggunaan B20 dapat menekan impor solar sekaligus meningkatkan konsumsi minyak kelapa sawit dalam negeri. Untuk tahun ini, pemerintah menambah target penggunaan FAME dari 2,5 juta pertahun menjadi 3,5 juta pertahun. Atas dasar meningkatnya target penggunaan dalam negeri, meningkatnya ekspor FAME dan karena Indonesia mempunyai sumber daya alam yang melimpah maka, pembangunan pabrik FAME dengan proses transesterifikasi ini akan memiliki prospek yang sangat menjanjikan.

Diharapkan pula dengan pendirian pabrik FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) dengan proses transesterifikasi ini di Indonesia serta merta membantu perekonomian bangsa, memberikan penyelesaian akan masalah lingkungan, menekan impor akan solar hingga 0 dan membuka lapangan pekerjaan untuk masyarakat Indonesia.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari skripsi “Prarancangan Pabrik Pembuatan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) Dari CPO Dengan Proses transesterifikasi Kapasitas 300.000 Ton/Tahun” adalah :

1.2.1 Maksud

Maksud didirikan pabrik FAME adalah untuk menghasilkan produk FAME sesuai dengan SNI melalui proses transesterifikasi.

1.2.2 Tujuan

Tujuan Perancangan Pabrik Pembuatan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) dari CPO adalah untuk mengaplikasikan ilmu teknik kimia dalam pendirian pabrik pembuatan FAME di Indonesia yang meliputi neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, operasi teknik kimia, utilitas dan bagian ilmu teknik kimia lainnya, juga untuk memenuhi aspek ekonomi dalam pembiayaan pabrik sehingga memberikan gambaran kelayakan prarancangan pabrik pembuatan FAME dari CPO.

1.3 Penentuan Kapasitas Produksi

1.3.1 Kebutuhan Produk

Tabel 1.1 Konsumsi Solar

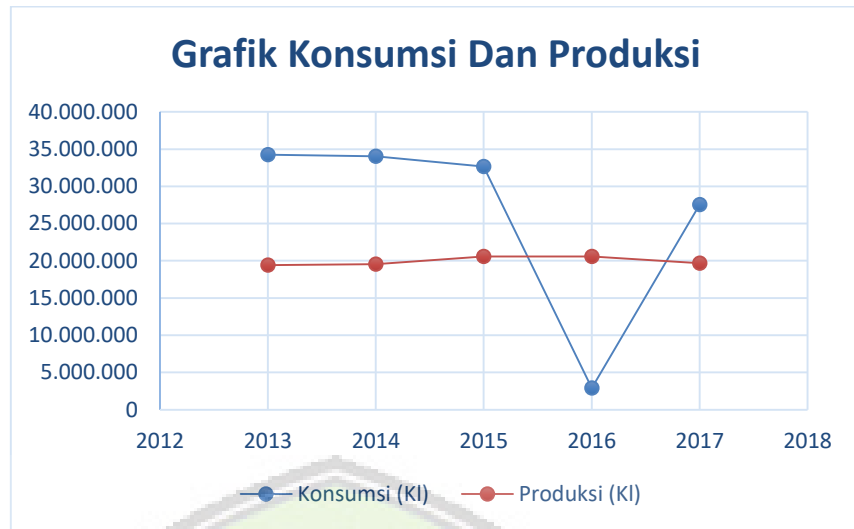
TAHUN	JUMLAH (KL)
2012	34.269.757
2013	34.047.721
2014	32.673.230
2015	2.912.694
2016	27.527.267

Sumber : Badan Pusat Statistik

Tabel 1.2 Produksi Solar Dalam Negeri

TAHUN	JUMLAH KILO LITER
2012	19.413.741
2013	19.542.213
2014	20.590.659
2015	20.559.495
2016	19.687.062

Sumber : Badan Pusat Statistik



Grafik 1.1 Grafik Konsumsi dan Produksi

Dalam grafik 1.1 menunjukkan bahwa dari tahun 2012 hingga 2017 konsumsi solar memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan produksi solar. Untuk menutup kebutuhan tersebut pemerintah melakukan import solar yang akan merugikan Negara. Untuk itu akan didirikan pabrik pembuatan FAME (Fatty Acid Methyl Ester) di tahun 2023 untuk mengurangi import dan menghemat devisa negara.

1.3.2 Perhitungan Kapasitas Produksi

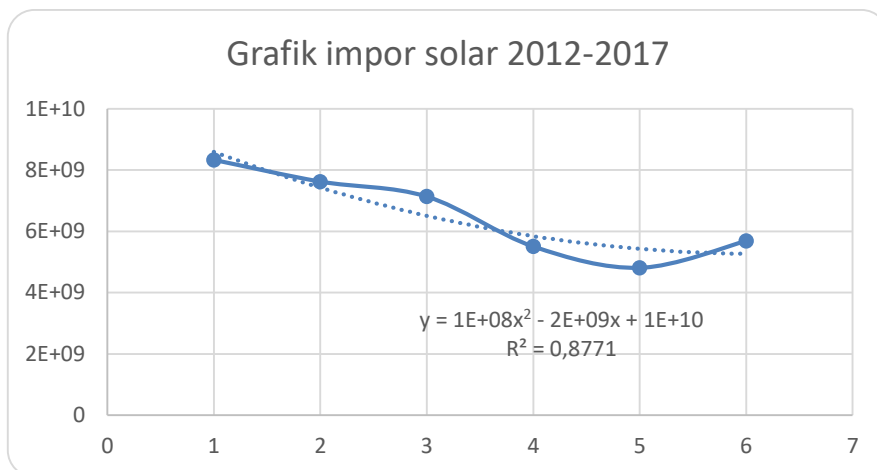
Pabrik FAME dari (CPO) akan dibangun pada tahun 2023. Penentuan kapasitas dapat ditinjau dari perhitungan menggunakan metode regresi linear berikut :

a. Data Impor Solar

Tabel 1.3 Impor Solar

Data Impor (kg/tahun)		
Tahun	tahun ke	kg/tahun
2012	1	8326925864
2013	2	7620162042
2014	3	7130971679
2015	4	5504232740
2016	5	4807440542
2017	6	5681379998

sumber : www.bps.go.id



Grafik 1.2 Grafik impor solar tahun 2012 – 2017

Dari grafik diatas diperoleh persamaan $y = 1E+08x^2 - 2E+09x + 1E+10$. Dari persamaan dapat dihitung prediksi impor solar di indonesia tahun 2023, Dengan nilai $x = 12$ adalah :

$$y = 1E+08x^2 - 2E+09x + 1,00E+10$$

$$y = 14.400.000.000 - 24.000.000.000 + 10.000.000.000$$

$$y = 400.000.000 \text{ kg/tahun}$$

maka, prediksi impor solar tahun 2023 adalah 400.000.000 kg/tahun.

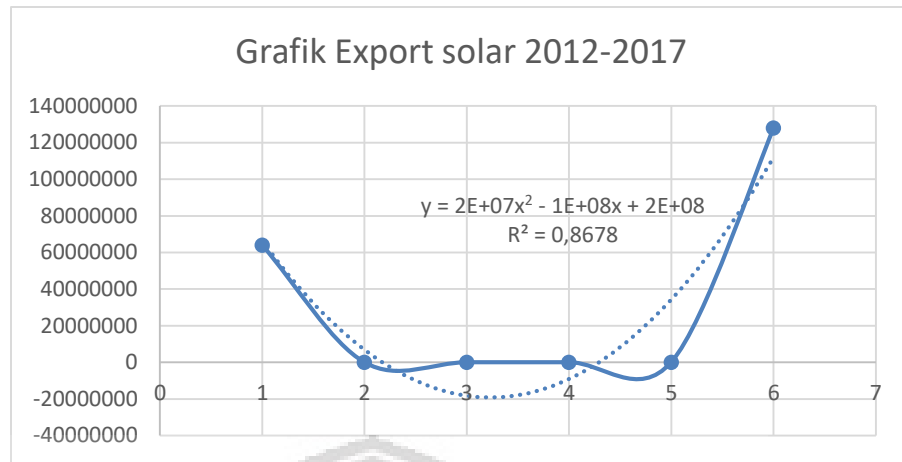
b. Data Export Solar

Tabel 1.4 Export Solar

Data Export (kg/tahun)		
Tahun	tahun ke	kg/tahun
2012	1	64032112
2013	2	0
2014	3	0
2015	4	0
2016	5	94080
2017	6	127926577

sumber : www.bps.go.id

Grafik 1.3 export solar tahun 2012 – 2017



Dari grafik diatas diperoleh persamaan $y = 2E+07x^2 - 1E+08x + 2E+08$. Dari persamaan dapat dihitung prediksi export solar di indonesia tahun 2023, dengan nilai $x = 12$ adalah :

$$y = 2E+07x^2 - 1E+08x + 2,00E+08$$

$$y = 2880000000 - 1200000000 + 200.000.000$$

$$y = 1.880.000.000 \text{ kg/tahun}$$

maka, prediksi export solar tahun 2023 adalah 1.880.000.000 kg/tahun.

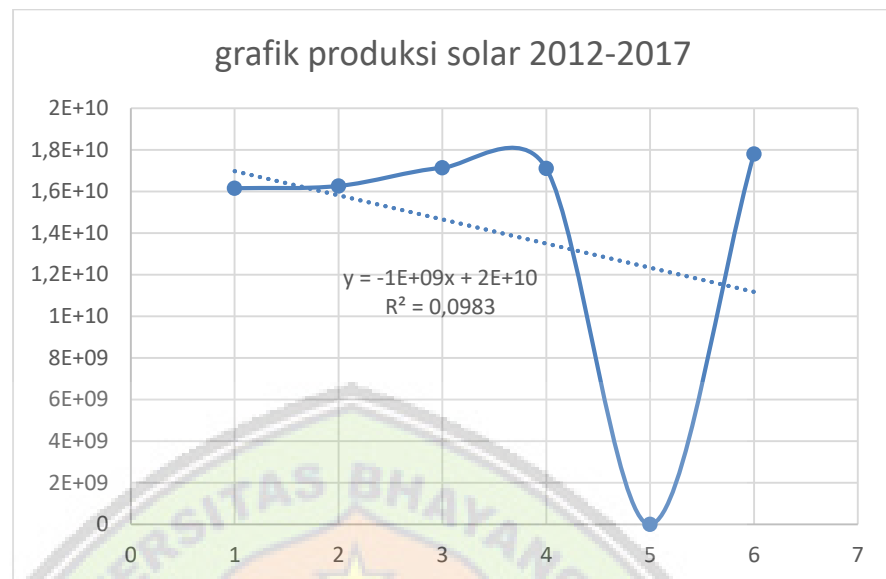
c. Data produksi solar dalam negeri

Tabel 1.5 produksi solar

data produksi solar (kg/tahun)		
Tahun	tahun ke	kg/tahun
2012	1	16150911889
2013	2	16257791854
2014	3	17130159882
2015	4	17104233554
2016	5	0
2017	6	17790884416

sumber : www.bps.go.id

Grafik 1.4 produksi solar



Dari grafik diatas diperoleh persamaan $y = -1E+09x + 2E+10$. Dari persamaan dapat dihitung prediksi produksi solar di indonesia tahun 2023, dengan nilai $x = 12$ adalah :

$$y = -1E+09x + 2,00E+10$$

$$y = -12000000000 + 20.000.000.000$$

$$y = 8.000.000.000 \text{ kg/tahun}$$

maka, prediksi produksi solar tahun 2023 adalah 8.000.000.000 kg/tahun.

d. Penentuan kapasitas

Dari perhitungan diperoleh data sebagai berikut:

Impor tahun 2023 : 400.000.000 kg/tahun

Expors tahun 2023 : 1.880.000.000 kg/tahun

Produksi tahun 2023 : 6.520.000.000 kg/tahun

Maka, untuk mencari kebutuhan solar pada tahun 2023:

Kebutuhan solar 2023 : Produksi + Impor - Export

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan solar 2023} &= 6.520.000.000 + 400.000.000 - \\
&1.880.000.000 \\
&= 6.520.000.000 \quad \text{kg/tahun} \\
&= 6.520.000 \quad \text{ton/tahun}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh kebutuhan solar tahun 2023 adalah 6.520.00 ton/tahun. Peluang untuk mendirikan pabrik FAME baru adalah 6 % dari kebutuhan produksi pada tahun 2023 atau sebesar 391.200 Ton/tahun. Dari peluang tersebut akan dirancang pabrik FAME pada tahun 2023 dengan kapasitas produksi sebesar 300.000 ton / tahun. Maka pabrik FAME ini layak didirikan untuk mengurangi impor solar pada tahun 2023.

1.4 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu aspek penting dalam pendirian suatu perusahaan. Penentuan tersebut dapat ditinjau dari:

1.4.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan biodiesel adalah minyak kelapa sawit atau Crude Palm Oil (CPO). Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) selama periode 2011 sampai dengan 2016 areal perkebunan kelapa sawit tersebar di 24 provinsi yaitu seluruh provinsi di Pulau Sumatra dan Kalimantan, Provinsi Jawa Barat, Banten, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, Gorontalo, Maluku, Papua, dan Papua Barat. Dari keseluruhan provinsi tersebut provinsi Riau merupakan provinsi dengan areal perkebunan kelapa sawit terluas yaitu 2,38 juta hektar pada tahun 2015 atau 21,30 persen dari total keseluruhan perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Dan diperkirakan tahun 2016 luas areal perkebunan akan meningkat menjadi 2,40 juta hektar.

Dari data tersebut diperoleh produksi minyak sawit (CPO) terbesar tahun 2015 berasal dari provinsi Riau sebesar 8,06 juta ton atau sekitar 25,94 persen dari total produksi Indonesia. Pada tahun 2016 Provinsi Riau diperkirakan tetap menjadi produsen CPO terbesar Indonesia dengan produksi sekitar 23,96 persen dari total produksi Indonesia.

Sehingga, bahan baku CPO yang akan digunakan dalam pembuatan FAME diperoleh dari perusahaan CPO yang berada di provinsi Riau. Sedangkan untuk kebutuhan air dapat diperoleh dari kawasan industri Dumai.

1.4.2 Sarana Transportasi

Faktor transportasi ini juga akan mempengaruhi besarnya biaya yang akan dikeluarkan. Pengiriman produk membutuhkan sarana transportasi kapal laut sehingga produk dapat sampai dengan waktu yang lebih singkat. Lokasi pabrik yang berdekatan dengan pelabuhan dapat memudahkan pengadaan bahan baku maupun pengiriman produk ke konsumen dapat berjalan lancar dan secara ekonomis lebih menguntungkan.

1.4.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Salah satu hal yang penting dalam prarancangan pabrik adalah pemilihan lokasi. Pemilihan lokasi dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sebelum pabrik didirikan harus dilakukan berbagai macam pertimbangan. Lokasi pabrik FAME akan didirikan di kawasan industri Dumai, Provinsi Riau, Indonesia. Karena lokasi tersebut berdekatan dengan perusahaan penghasil bahan baku yaitu CPO.



Gambar 1.1 Rencana lokasi pabrik dengan *Google Satellite*



Gambar 1.2 Rencana lokasi pabrik dengan *Google Maps*

1.4.4 Sumber Daya Manusia

Keberhasilan suatu pabrik untuk meneruskan produksinya tidak lepas dari faktor penerimaan lingkungan masyarakat terhadap pendirian dan pengembangan pabrik tersebut. Tenaga kerja yang terampil mutlak dibutuhkan dalam industri. Untuk level staff dan supervisor pada bagian pengolahan bahan baku tenaga kerja yang dibutuhkan sarjana lulusan kimia, teknik industri atau teknik kimia, tenaga kerja level staf pada bagian administrasi dan perkantoran dibutuhkan sarjana lulusan ekonomi manajemen dan akuntansi, tenaga kerja level staff dan supervisor pada bagian produksi dibutuhkan sarjana lulusan teknik kimia atau teknik

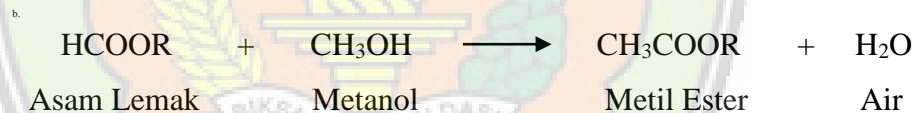
mesin. Sedangkan untuk level operator dibutuhkan minimal lulusan SMK Teknik. Tenaga kerja sebagian besar akan diambil dari penduduk sekitar. Karena lokasinya cukup dekat dengan pemukiman penduduk, selain itu dapat memenuhi kebutuhan tenaga kerja juga dapat membantu meningkatkan taraf hidup penduduk sekitar.

1.5 Uraian Proses

Dalam pembuatan FAME, terdapat beberapa proses:

a. Esterifikasi

Reaksi esterifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi kandungan asam lemak bebas yang tinggi yang terdapat pada minyak nabati. Kandungan ALB yang tidak diturunkan dapat menyebabkan reaksi penyabunan pada reaksi transesterifikasi yang akan mempersulit tahap purifikasi dan mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan (Kurniasih, 2013). Reaksi pada proses esterifikasi adalah sebagai berikut :



Gambar 1.3 Reaksi esterifikasi

Pada proses esterifikasi biasanya digunakan katalis asam. Kekurangan proses esterifikasi ini adalah sulit untuk menggunakan katalis basa, karena pada proses esterifikasi akan terbentuk air yang dapat menyebabkan reaksi penyabunan. Kekurangan lainnya adalah, metil ester yang dihasilkan dengan katalis asam ini bersifat korosif, sehingga akan menimbulkan efek karat pada tangki kendaraan.

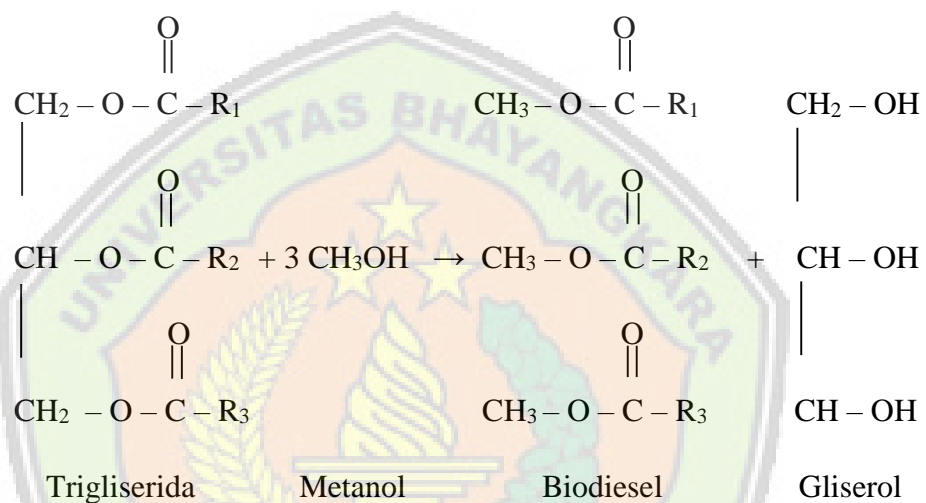
b. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi biasanya merupakan kelanjutan dari proses esterifikasi. Proses ini merupakan proses pertukaran gugus organik R'' pada suatu ester dengan gugus organik R' dari alkohol. Reaksi ini

bertujuan untuk mengoptimalkan pembentukan biodiesel dari rantai asam lemak pada CPO. Reaksi ini dapat menggunakan katalis basa maupun asam. Tetapi pada umumnya proses transesterifikasi menggunakan katalis basa.

Asam kuat mengkatalisis reaksi dengan menyumbangkan proton pada gugus karbonil sehingga membuatnya menjadi elektrofil lebih kuat. Sedangkan basa mengkatalisis reaksi dengan melepas proton dari alkohol, sehingga membuatnya lebih nukleofilik.

Reaksi Transesterifikasi adalah sebagai berikut :



Gambar 1.4 Reaksi Transesterifikasi

Kelebihan dari proses transesterifikasi ini adalah tidak menimbulkan dampak buruk pada penggunaan jangka panjang sehingga dapat menjanjikan untuk digunakan sebagai pengganti atau pencampur minyak diesel. Kekurangan dari proses transesterifikasi ini adalah laju reaksi yang lambat, mudah terbentuk sabun jika terdapat banyak kandungan air atau ALB >2 % untuk penggunaan katalis basa.

c. Pembuatan Biodiesel Dengan Proses Pengenceran

Proses pengenceran dilakukan dengan mengencerkan minyak nabati menggunakan bahan tertentu seperti minyak diesel atau etanol.

Kelebihan dari proses ini adalah memiliki kelakuan yang mirip dengan biodiesel. Kekurangan dari proses ini adanya efek yang tidak diinginkan pada penggunaan jangka panjang seperti penyumbatan

injector, pengentalan pelumas, dan penumpukan karbon pada katub pemanas.

d. Pembuatan Biodiesel Dengan Proses Mikroemulsifikasi

Proses mikroemulsifikasi adalah disperse dari minyak, air, *surfactant* yang terkandung dalam suatu molekul ampilik yang digunakan konsulfaksi yang dapat dibuat dari suatu alkohol dan suatu *surfactant*.

Kelebihan dari proses ini adalah memiliki kelakuan yang mirip dengan biodiesel. Kekurangan dari proses ini adalah kandungan alkohol dapat menurunkan suhu suatu ruangan pembakaran dan memudahkan terjadinya penyumbatan karena memiliki kalor penguapan yang tinggi.

Dalam pembuatan FAME, terdapat beberapa pilihan katalis:

a. Katalis Basa Homogen

Katalis basa homogen merupakan katalis basa yang memiliki fasa yang sama dengan reaktan dan produk reaksinya. Katalis basa homogen memiliki kelebihan yakni suhu dan tekanan yang dibutuhkan dalam reaksi relatif rendah (Santoso et al., 2011). Kelebihan lainnya adalah reaksi berjalan cepat dan biaya katalis yang murah. Sedangkan kekurangan katalis ini adalah total kandungan ALB tidak boleh lebih dari 2%, katalis tidak dapat di daur ulang dan sulitnya dilakukan pemisahan katalis dari produk (Gurski, 2010). Katalis basa homogen yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH).

b. Katalis Basa Heterogen (Santoso et al., 2011)

Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan dan produk reaksinya. Keuntungan dari katalis basa adalah kemampuan katalisatornya yang tinggi dan harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan katalis asam. Akan tetapi untuk

mendapatkan performa proses yang optimum, penggunaan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi memiliki beberapa persyaratan penting, diantaranya alkohol yang digunakan harus dalam keadaan anhidrous dengan kandungan air $< 0,1 - 0,5\%$. Selain itu, minyak yang digunakan harus memiliki kandungan asam lemak bebas $< 0,5\%$. Keberadaan air dalam reaksi transesterifikasi sangat penting untuk diperhatikan karena dengan adanya air, alkil ester yang terbentuk akan terhidrolisis menjadi asam lemak bebas. Lebih lanjut, kehadiran asam lemak bebas dalam sistem reaksi dapat menyebabkan reaksi penyabunan yang sangat mengganggu dalam proses pembuatan biodiesel (Santoso et al., 2011).

Beberapa katalis basa heterogen yang juga dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah CaZrO_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SnO}$, Li/MgO , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{KI}$, $\text{KOH/Al}_2\text{O}_3$, KOH/NaY dan K_2CO_3 tersuport alumina/silika.

c. katalis Asam Homogen (Santoso et al., 2011)

Katalis asam homogen merupakan katalis asam yang memiliki fasa yang sama dengan reaktan dan produk reaksinya. Terdapat beberapa kekurangan pada katalis asam homogen yang menyebabkan katalis jenis ini relatif jarang dipakai dalam pembuatan biodiesel antara lain: bersifat sangat korosif, sulit dipisahkan dari produk dan dapat ikut terbuang dalam pencucian sehingga tidak dapat digunakan kembali sekaligus dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Katalis asam homogen yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah asam sulfat.

d. Katalis Asam Heterogen

Katalis asam heterogen merupakan katalis asam yang memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan dan produk reaksinya. Katalis asam heterogen seperti Zeolit, La/Z Zeolit beta, MCM-41 , Amberlyst-15, dan Nafion adalah katalis yang biasa digunakan dalam proses pembuatan biodiesel (Shu et al., 2010).

Masalah yang timbul akibat penggunaan katalis asam homogen secara umum dapat diatasi dengan menggunakan katalis asam heterogen. Keuntungan penggunaan katalis asam heterogen dalam pembuatan biodiesel dapat diringkas sebagai berikut (Shu et al., 2010):

- Dapat digunakan kembali.
- Tidak terbentuk produk samping berupa sabun dari asam lemak bebas.
- Meningkatkan perolehan dan kemurnian dari produk.
- Pemurnian jauh lebih mudah dan dapat menekan biaya peralatan, karena peralatan pemurnian dapat banyak berkurang.
- Tidak banyak katalis yang hilang dalam proses pembuatan biodiesel.

Namun terdapat kendala dalam penggunaan katalis asam heterogen yakni harganya yang relatif mahal. Selain itu katalis ini biasanya bersifat hidrofilik dan merupakan padatan asam oksida inorganik dengan gugus hidroksil $-OH$ yang berperan sebagai asam kuat Bronsted. Keaktifan katalis asam ini akan berkurang akibat hidrasi $-OH$ oleh air yang terbentuk dalam reaksi esterifikasi asam lemak bebas.

e. Katalis Berbahan Dasar Gula

Katalis berbahan dasar gula adalah material karbon tersulfonasi sehingga merupakan jenis katalis asam heterogen yang kuat. Material ini bisa didapat dari hasil karbonisasi dan sulfonasi senyawa hidrokarbon polisiklik. Katalis dari material karbon tersulfonasi ini menunjukkan aktivitas yang sangat baik dalam beberapa macam reaksi berkatalis asam seperti pada reaksi pembuatan biodiesel.

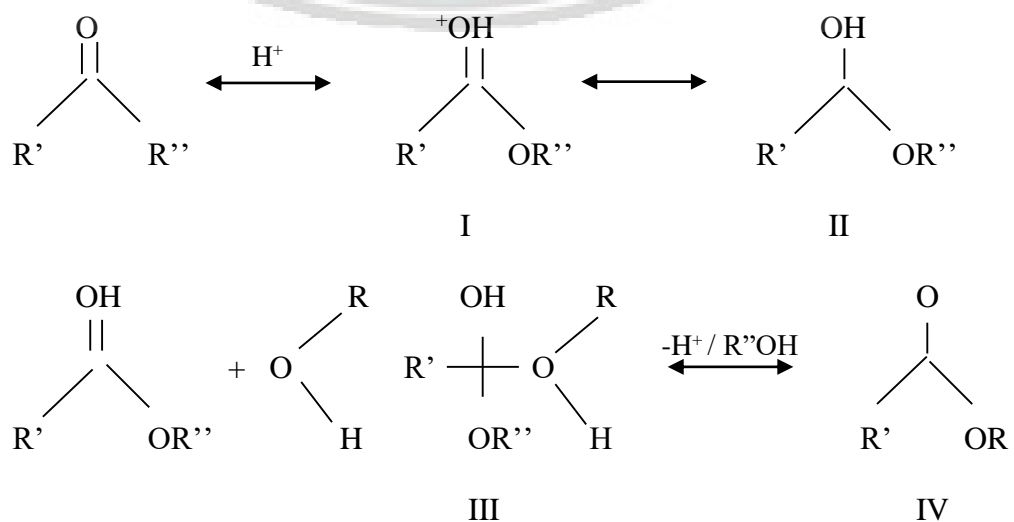
Material karbon dalam pembuatan katalis asam heterogen ini dapat diproduksi dari gula, pati atau selulosa terkarbonisasi. Karbonisasi tidak sempurna dari produk alami seperti gula, pati, atau selulosa dapat menghasilkan material karbon yang kuat yang terdiri dari karbon polisiklik kecil dalam struktur tiga dimensi dengan ikatan sp^3 . Sulfonasi dari material ini akan menghasilkan padatan yang stabil dengan massa

jenis sisi aktif yang besar. Dengan demikian, proses karbonisasi dan sulfonasi yang baik dari senyawa sakarida akan menghasilkan struktur karbon yang stabil dengan densitas gugus $-SO_3H$ yang besar (Liu et al., 2010). Hasilnya adalah katalis berperforma tinggi yang bisa didapatkan dari molekul alami yang murah dan melimpah, terdiri dari karbon amorphous tersulfonasi, dan dapat didaur ulang (Toda et al., 2005).

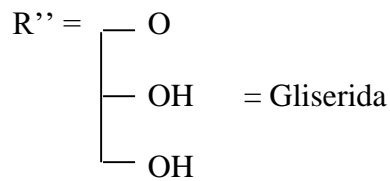
Proses yang digunakan pada prarancangan pabrik pembuatan FAME ini adalah proses transesterifikasi, karena dengan transesterifikasi proses pembuatan FAME akan lebih singkat dan FAME yang dihasilkan tidak bersifat korosif sehingga aman untuk digunakan pada mesin diesel dalam jangka panjang.

Sedangkan katalis yang digunakan adalah katalis gula, karena bahan baku katalis gula mudah didapat, ramah lingkungan serta dapat di daur ulang. Dan kerja katalis sangat baik.

Menurut Freedman, et al (1986) reaksi esterifikasi merupakan reaksi tiga tahap dan reversibel dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Reaksi stoikimetris membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol. Dalam hal ini digunakan alkohol berlebih untuk meningkatkan *yield* alkyl ester dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk (Schuchardt, et al, 1998). Berikut mekanisme reaksi transesterifikasi :



Keterangan :



R' : Rantai karbon dari asam lemak

R : Grup alkil dari alkohol

Gambar 1.5 Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis asam

Berdasarkan mekanisme tersebut maka pada tahap I reaksi antara asam dan alkohol menghasilkan alkoksida dan katalis terprotonkan. Tahap II nukleofilik menyerang alkoksida pada grup karbonil dari TG membentuk suatu intermediate. Tahap III penstabilan muatan intermediate membentuk digliserida dan alkil ester. Tahap IV katalis mengalami deprotonasi dan kembali ke keadaan semula. (Manurung R, 2006)

Proses pembuatan FAME dengan proses transesterifikasi dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu tahap persiapan bahan baku, proses reaksi, dan proses finishing :

1.5.1 Proses Persiapan Bahan Baku

a. Crude Palm Oil (CPO)

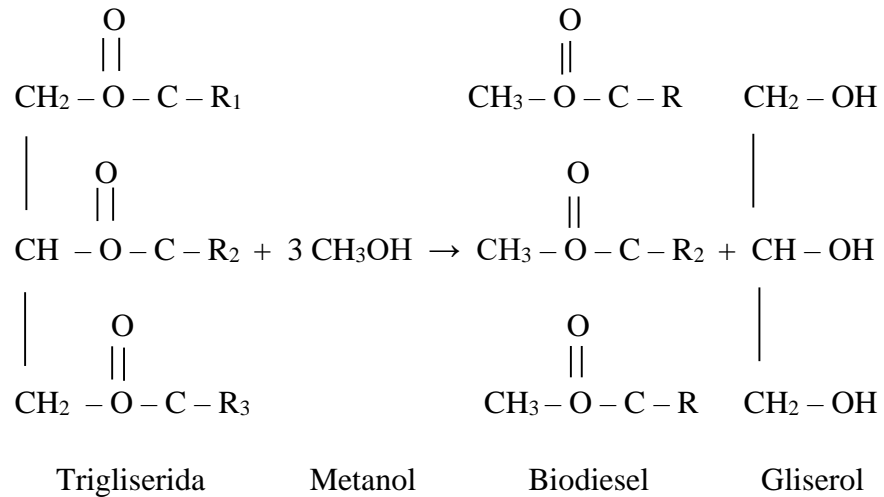
Dalam produksi FAME ini, bahan baku yang digunakan adalah *Crude Palm Oil* (CPO). CPO yang telah diolah disimpan di dalam tangki penyimpanan CPO (TK-1). Sebelum memasuki reaktor, CPO dari tangki penyimpanan dialirkan ke *Heat Exchanger* yang bertujuan untuk memanaskan CPO hingga mencapai 55°C dan tekanan 120 kPa sehingga suhu CPO sesuai dengan suhu reaksi pada reaktor. CPO yang telah sesuai suhunya kemudian dialirkan kedalam reaktor transesterifikasi (R-01).

b. Metanol

Sebelum dialirkan ke dalam reaktor, metanol dinaikkan suhunya terlebih dahulu dan diubah fasanya menjadi gas. Dari tangki penyimpanan, metanol di alirkan ke *Heat Exchanger* hingga suhu metanol mencapai 55 °C. Kemudian metanol di alirkan ke alat vaporizer untuk mengubah metanol menjadi gas. Digunakan steam sebagai media pemanas hingga suhu pada *vaporizer* $\pm 65^{\circ}\text{C}$ (titik didih), sehingga metanol menguap. Uap metanol kemudian di simpan dalam suatu tangki pemisah, lalu di alirkan kedalam reaktor transesterifikasi menggunakan kompresor.

1.5.2 Proses Reaksi

CPO dan uap metanol yang telah sesuai suhunya dengan suhu reaksi pada reaktor diumpankan ke bagian bawah reaktor. Reaktor yang digunakan dalam prarancangan pabrik ini adalah *fix bed reactor*. Prinsip kerja *fix bed reactor* adalah pengontakan langsung antara pereaktan dengan partikel-partikel katalis. *Fix bed reactor* diisi dengan partikel katalis gula. CPO dan uap metanol yang di umpankan akan melewati katalis-katalis tersebut dengan tube-tube dalam reaktor. Sehingga saat terjadi kontak antara pereaktan dengan katalis, reaksi transesterifikasi berlangsung. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dan metanol dengan menggunakan katalis gula. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk memutuskan gliserin yang terdapat di dalam trigliserida (metil ester), karena jika dipanaskan gliserin akan membentuk senyawa akrolein dan terpolimerisasi menjadi senyawa plastis yang agak padat. Reaksi ini juga bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak nabati. Produk dari hasil reaksi transesterifikasi ini merupakan biodiesel dengan konversi sekitar 97%.



Gambar 1.6 Reaksi Transesterifikasi

Reaktor bekerja pada suhu 60-70°C dengan kecepatan pengadukan 600 rpm selama 5 jam. Hasil reaksi pada reaktor adalah FAME, gliserol, air dan CPO yang belum bereaksi serta zat-zat pengotor yang terdapat pada CPO.

Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga produk keluaran reaktor akan dialirkan ke menara pendingin untuk kemudian dilakukan tahap pemisahan di dekanter.

1.5.3 Proses Finishing

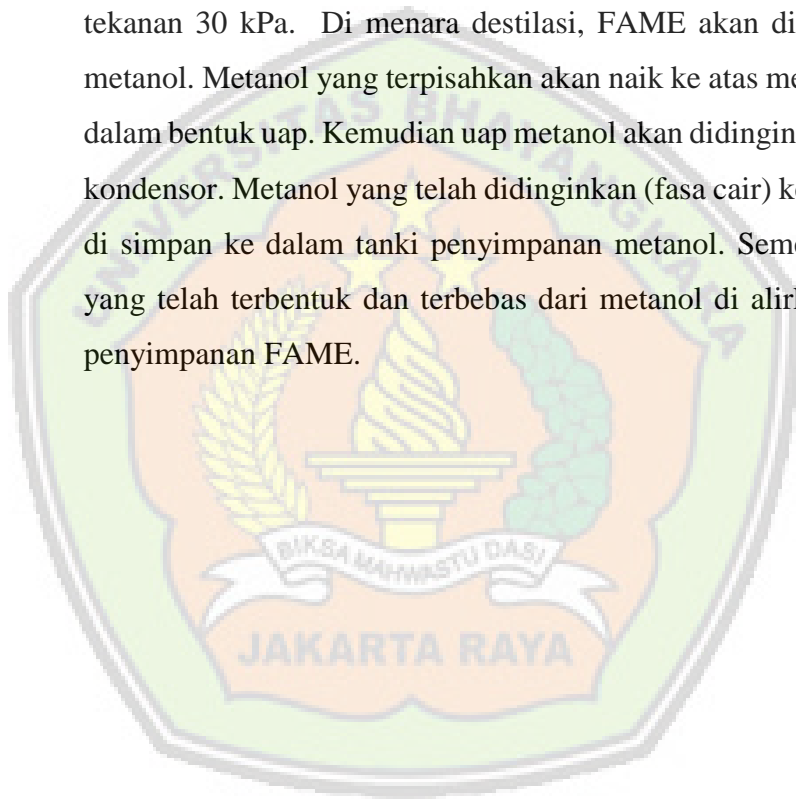
a. Proses Pemisahan

Proses pemisahan dilakukan dengan alat dekanter. Produk hasil reaksi, FAME, gliserol, air, CPO dan metanol di alirkan ke dalam dekanter. Campuran produk tersebut dibiarkan hingga terbentuk endapan dengan suhu 50 °C dan tekanan 101 kPa. Prinsip kerja dekanter adalah pemisahan berdasarkan perbedaan massa jenis. Massa jenis gliserol, air dan CPO lebih tinggi dibandingkan dengan FAME dan metanol sehingga, gliserol, air dan CPO akan membentuk endapan di bagian bawah dekanter. Sedangkan FAME dan metanol yang massa jenisnya lebih rendah akan membentuk lapisan di bagian atas dekanter. Campuran ini di biarkan mengendap selama 8 jam agar

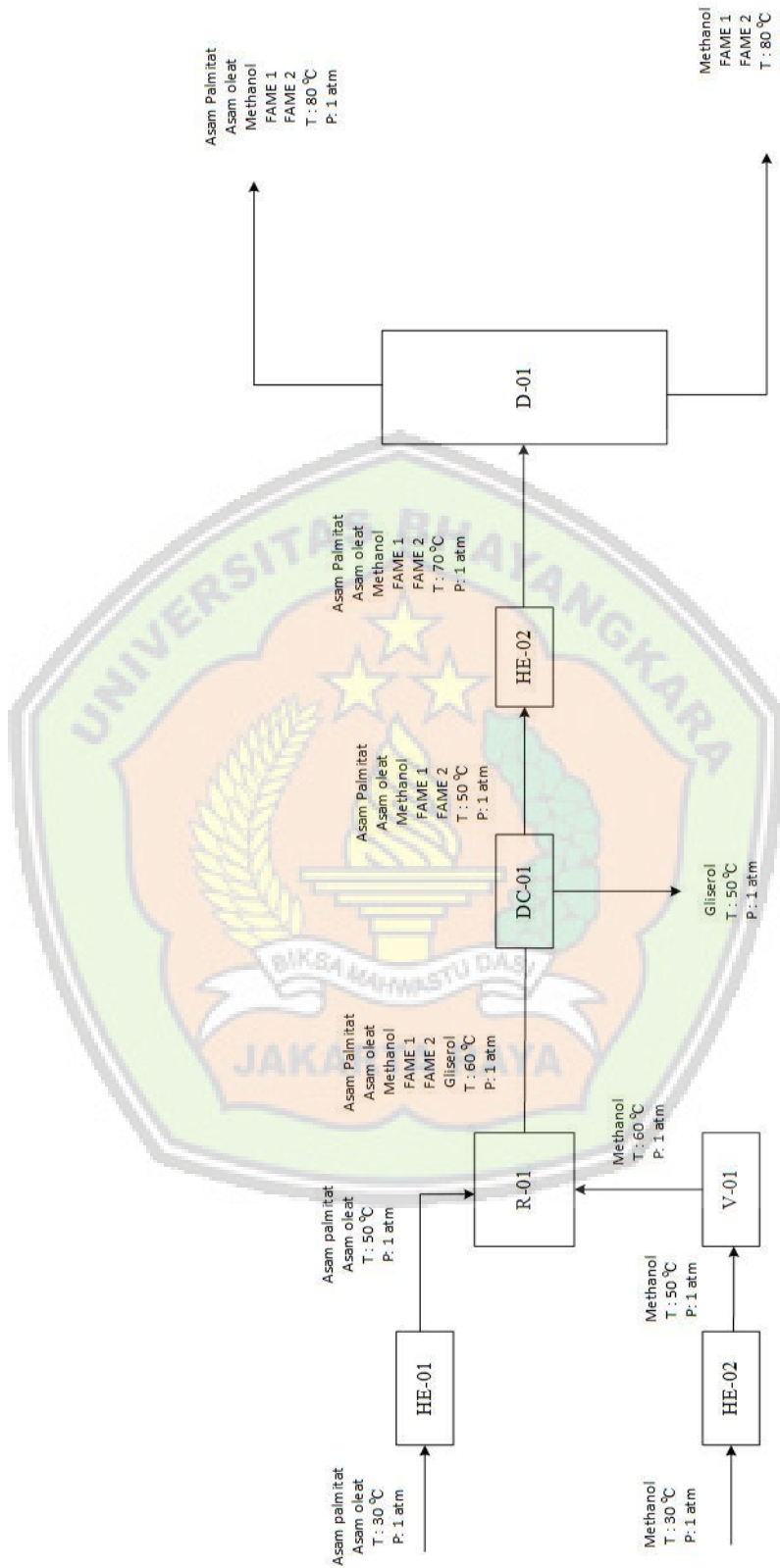
gliserol, air dan CPO mengendap secara sempurna, dengan 60 % berat dari metanol. Kemudian gliserol, air dan CPO dialirkan ke tanki penyimpanan untuk kemudian dijual sebagai crude gliserol.

b. Proses Pemurnian Biodiesel

FAME yang terbentuk di bagian atas dekanter di alirkan ke menara destilasi melewati *Heat Exchanger*, karena produk mengalami penurunan suhu di dekanter. Suhu produk dinaikkan hingga suhu sesuai dengan suhu destilasi, yaitu dari suhu 50°C menjadi 80°C dan tekanan 30 kPa. Di menara destilasi, FAME akan dipisahkan dari metanol. Metanol yang terpisahkan akan naik ke atas menara destilasi dalam bentuk uap. Kemudian uap metanol akan didinginkan di dalam kondensor. Metanol yang telah didinginkan (fasa cair) kemudian akan di simpan ke dalam tanki penyimpanan metanol. Sementara FAME yang telah terbentuk dan terbebas dari metanol di alirkan ke tangki penyimpanan FAME.



1.5.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 1.7 Diagram Alir Kualitatif

1.5.5 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 1.8 Diagram Alir Kuantitatif

1.6 Spesifikasi Bahan Baku

1.6.1 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 1.6 Komponen Penyusun Minyak Sawit

Komponen	Komposisi (%)
Trigliserida	95,62
Asam Lemak Bebas	4,00
Air	0,20
Phospatida	0,07
Karoten	0,03
Aldehid	0,07

Sumber: Gustone (1997)

Tabel 1.7 Komposisi Asam Lemak Pada Minyak Sawit

Jenis Asam Lemak	Komposisi (%)
Laurat (C12:0)	<1,2
Miristat (C14:0)	0,5 – 5,9
Palmitat (C16:0)	32 – 59
Palmitoleat (C16:1)	<0,6
Stearat (C18:0)	1,5 – 8
Oleat (C18:1)	27 – 52
Linoleat (C18:2)	5,0 – 14
Linolenat (C18:3)	<1,5

a. Asam Palmitat (Coulson & Richardson's Vol 6)

Rumus Molekul	: $C_{16}H_{32}O_2$
Berat Molekul	: 256,431 g/mol
Titik Beku	: 63 °C
Titik Didih	: 348,5 °C
<i>Critical Temperature</i>	: 791.0 °K
<i>Critical pressure</i>	: 19.0 bar
<i>Critical Volume</i>	: 0.946 m ³ /mol
<i>Liquid Density</i>	: 828 kg/m ³

b. Asam Oleat (Coulson & Richardson's Vol 6)

Rumus Molekul	: $C_{18}H_{34}O_2$
Berat Molekul	: 282,689 g/mol
Titik Beku	: 13.3 °C
Titik Didih	: 362.3 °C
<i>Critical Temperature</i>	: 797.0 °K
<i>Critical pressure</i>	: 17.0 bar
<i>Critical Volume</i>	: 1,035 m ³ /mol
<i>Liquid Density</i>	: 893 kg/m ³

b. Metanol (Coulson & Richardson's Vol 6)

Rumus Molekul	: CH_3OH
Berat Molekul	: 32,042 g/mol
Titik Beku	: - 97,7 °C
Titik Didih	: 64,6 °C
<i>Critical Temperature</i>	: 512,6 °K
<i>Critical pressure</i>	: 81,0 bar
<i>Critical Volume</i>	: 0,118 m ³ /mol
<i>Liquid Density</i>	: 791 kg/m ³

c. Air	<i>(Physical And Chemical Data, Perry's 7th edition)</i>
Rumus Molekul	: H ₂ O
Berat Molekul	: 18 kg/kmol
Titik Lebur	: 273,15 K
Titik Didih	: 373,15 K
Wujud	: Cair pada suhu kamar
Densitas	: 995,23 kg/m ³
P _{kritis}	: 218,3074 atm
T _{kritis}	: 647,3 K

1.6.2 Spesifikasi Katalis

a. Asam Sulfat

(id.wikipedia.org)

Rumus Molekul	: H ₂ SO ₄
Berat Molekul	: 98,08 g/mol
Wujud	: Cairan
Warna	: Tak Berwarna
Bau	: Tak Berbau
Titik Lebur	: 10 °C (283 °K)
Titik Didih	: 337 °C (610 °K)
Keasaman (pK _a)	: 1.98 pada 25 °C
Densitas	: 1,84 g/cm ³

b. Gula

(id.wikipedia.org)

Rumus Molekul	: C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁
Berat Molekul	: 342,30 g/mol
Wujud	: Padat
Warna	: Putih
Densitas	: 1,587 g/cm ³
Titik Lebur	: 186°C decomp.
Kelarutan Dalam Air	: 2000 g/L (25°C)

1.6.3 Spesifikasi Produk

a. FAME (Fatty Acid Methyl Ester)

(www.itokindo.org)

Rumus Molekul	: R-COOCH ₃
Angka Setana	: 45
Berat Jenis (15 °C)	: 815 – 860 kg/m ³
Viskositas (40 °C)	: 2,0 – 4,5 mm ² /sec
Densitas	: 874 kg/m ³
Distilasi 90% Vol. penguapan	: 370 °C
Titik Nyala	: 52 °C
Titik Tuang	: 18 °C
Residu Karbon	: 0,1 % m/m
Kandungan Sulfur	: 0,25 % m/m
Kandungan Air	: 500 mg/kg
Kandungan Abu	: 0,01 % v/v
Kandungan Sedimen	: 0,01 % v/v
Bilangan Asam Total	: 0,6 mgKOH/gr
Penampilan Visual	: Jernih dan Terang

b. Gliserol

(*Physical And Chemical Data, Perry's 7th*

edition)

Rumus Molekul	: C ₃ H ₅ (OH) ₃
Berat Molekul	: 92 kg/kmol
Titik Lebur	: 291,05 K
Titik Didih	: 563,15 K
Wujud	: Cair ada suhu kamar
Densitas	: 1260,78 kg/m ³
ΔH _f (298)	: 665,9 kj/kmol
T _{kritis}	: 725 K
P _{kritis}	: 65,82778 atm
SPGR	: 1,260 ^(50/4C)