

## **BAB III**

### **DASAR TEORI**

#### **3.1 Minyak Nabati**

Pada umumnya bahan baku biodiesel yang digunakan adalah minyak nabati. Minyak nabati merupakan bahan baku yang potensial karena keberadaannya dapat diperbaharui. Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya minyak nabati mudah diperoleh dari beragam tanaman, misalnya kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, jarak kaliki, kapas, tanaman ketapang, dan kaloka (Soerawidjaja, 2006).

Minyak dan lemak adalah triester dari gliserol, yang dinamakan trigliserida. Minyak dan lemak sering dijumpai pada minyak nabati dan lemak hewan. Minyak umumnya berasal dari tumbuhan, seperti minyak jagung, minyak zaitun, minyak kacang, minyak kelapa sawit, dan lain-lain. Minyak dan lemak mempunyai struktur dasar yang sama. Minyak merupakan salah satu kelompok dari golongan lipida. Satu sifat yang khas dari golongan lipida (termasuk lemak dan minyak) adalah daya larutnya dalam pelarut organik (eter, benzen, kloroform) atau sebaliknya, ketidaktarutannya dalam pelarut air.

Berdasarkan sumbernya, lemak digolongkan menjadi dua, yaitu lemak hewani yang berasal dari hewan dan lemak nabati yang berasal dari tumbuhan. Perbedaan dari lemak hewani dan lemak nabati yaitu lemak hewani umumnya bercampur dengan steroid hewani yang disebut kolesterol sedangkan lemak nabati bercampur dengan steroid nabati yang disebut fitosterol. Kadar asam lemak tidak jenuh dalam lemak hewani lebih sedikit dibandingkan lemak nabati (Ketaren, 2005).

#### **3.2 Katalis**

Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempercepat suatu reaksi serta dapat mempertahankan suatu reaksi agar tetap berlangsung secara tetap atau konstan. Katalis dapat menurunkan energi aktivasi yaitu energi yang dibutuhkan agar partikel dapat bertumbukan, sehingga kesetimbangan reaksi cepat tercapai. Katalis yang baik dapat menginduksi transformasi molekul-molekul reaktan dengan

cepat tanpa mengalami penurunan kualitas yang berarti. Katalis hanya dapat mempercepat tercapainya kesetimbangan reaksi dan tidak dapat menggesernya (Twig, 1970). Jika reaksi katalisis dikaitkan dengan fase reaktan dan fase katalis, maka reaksi katalisis dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu katalis homogen, katalis heterogen, dan katalis enzim (Nasikin dan Susanto, 2010).

### 3.2.1 Katalis Homogen

Pada katalisis homogen, reaksi kimia terjadi pada fasa yang sama antara reaktan dan katalis yang pada umumnya berada pada fasa cair. Katalisis terjadi melalui pembentukan kompleks dan pembentukan kembali antara molekul-molekul dan ligan-ligan katalis. Reaksi katalisis homogen terjadi sangat spesifik dan dapat menghasilkan selektivitas yang tinggi. Pada umumnya dapat dilakukan pada kondisi operasi yang tidak terlalu sulit. Beberapa contoh reaksi katalisis homogen adalah sebagai berikut:

- a. Hidrolisis ester dengan katalis asam (cair-cair)
- b. Oksidasi  $\text{SO}_2$  dengan  $\text{NO}_2$  (uap-uap)
- c. Dekomposisi Potassium Klorat dengan  $\text{MnO}_2$  (cair-cair)

Meskipun secara praktek katalisis homogen lebih mudah dan lebih hemat energi, namun katalisis homogen jarang digunakan dalam bidang industri karena dibutuhkan peralatan tambahan untuk memurnikan produk dari katalis homogen sehingga seringkali peralatan keseluruhan proses yang diperlukan menjadi cukup kompleks.

### 3.2.2 Katalis Heterogen

Dalam reaksi katalisis heterogen, katalis memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan. Dalam sistem katalisis heterogen ada beberapa poin yang harus diketahui dari katalis yaitu kemampuan difusi, absorpsi, dan adsorpsi untuk menentukan kecepatan reaksi. Pada katalisis heterogen, pertama-tama reaktan akan teradsorpsi pada permukaan aktif katalis. Selanjutnya akan terjadi interaksi sebenarnya baik

berupa reaksi sebenarnya pada permukaan katalis, atau terjadi pelemahan ikatan dari molekul yang teradsorpsi. Setelah reaksi terjadi, produk dilepas dari permukaan katalis. Oleh karena itu, katalis yang baik perlu memiliki kemampuan mengadsorpsi dan mendesorpsi yang baik. Sistem katalisis heterogen paling luas digunakan dalam bidang industri, hal ini disebabkan sistem katalisis heterogen mempunyai beberapa keuntungan, yaitu :

- a. Selektivitas terhadap produk yang diinginkan dapat diperoleh menggunakan sifat selektivitas bentuknya.
- b. Aktivitas dari inti aktif dapat dimodifikasi oleh struktur padatnya.
- c. Komposisi permukaan dapat digunakan untuk meminimalisasi atau meningkatkan adsorpsi dari senyawa tertentu.
- d. Mudah dipisahkan (tidak memerlukan tahap yang panjang) katalis dari produk dengan filtrasi dan digunakan kembali tanpa atau dengan regenerasi.
- e. Mengurangi atau menghilangkan limbah (biasanya garam) yang biasa dihasilkan dari netralisasi katalis homogeny asam Bronsted atau Lewis.

### 3.2.3 Katalis Enzim

Enzim adalah molekul protein dalam ukuran koloid, yaitu diantara molekul homogen dan katalis makroskopik heterogen. Biasanya enzim ini merupakan pemicu untuk reaksi biokimia. Katalis ini sangat selektif dan efisien untuk reaksi tertentu, salah satu contohnya adalah enzim katalase yang dapat mendekomposisi hidrogen peroksida  $10^9$  lebih cepat dibanding katalis inorganik lainnya.

Katalis homogen adalah katalis yang berfasa sama dengan fasa campuran reaksinya. Katalis ini pada umumnya memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen karena setiap molekul katalis aktif sebagai katalis. Kelemahan dari katalis ini adalah bersifat korosif, berbahaya karena dapat merusak kulit, mata, paru-paru bila tertelan, sulit dipisahkan dari produk sehingga terbuang pada saat pencucian, dan mencemari lingkungan. Sedangkan keuntungannya adalah tidak dibutuhkannya suhu dan tekanan tinggi dalam reaksi. Katalis heterogen adalah katalis yang berbeda fasa reaktan dan produk reaksinya.

Katalis heterogen yang biasanya berbentuk padatan memiliki pusat aktif yang tidak seragam. Tidak semua bagian permukaan padatan dapat berfungsi sebagai pusat aktif dan tidak semua pusat aktif memiliki keaktifan yang sama. Bahkan pada keadaan terburuk, bagian permukaan yang satu dapat meracuni bagian yang lainnya. Heterogenitas permukaan ini menyebabkan katalis heterogen menjadi kurang efektif dibandingkan dengan katalis homogen. Walaupun demikian, katalis heterogen tetap digunakan dalam industri karena mudah dipisahkan dari campuran reaksinya. Selain itu, katalis heterogen lebih stabil terhadap perlakuan panas sehingga reaksi dan regenerasi katalis dapat dilakukan pada temperatur tinggi (Subagio, 1992).

Katalis yang digunakan pada reaksi pembentukan alkil ester adalah katalis asam dan katalis basa. Ada berbagai macam asam kuat yang digunakan sebagai katalis dalam reaksi pembuatan biodiesel. Reaksi pembentukan ini biasanya yang berjenis esterifikasi. Beberapa contoh katalis asam adalah Asam Klorida (HCl) dan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ). Katalis asam ini dinetralkan setelah reaksi berjalan sempurna. Penetralkan dapat dilakukan dengan penambahan katalis basa sisa trigliserida. Katalis yang paling umum digunakan dalam pembuatan biodiesel dari trigliserida adalah katalis basa. Jenis-jenis katalis basa yang dapat digunakan antara lain Sodium Hidroksida (NaOH), Potassium Hidroksida (KOH) dan Sodium Metoksida ( $CH_3ONa$ ). Katalis basa ini digunakan untuk memproduksi biodiesel yang berbahan baku minyak nabati, terutama dengan nilai asam lemak bebas rendah. Katalis basa bersifat higroskopis atau mudah menyerap air. Katalis basa akan menyerap air ketika dilarutkan dalam alkohol maupun saat disimpan. Jika penyerapan air terlalu banyak mengakibatkan katalis tidak bekerja optimal.

### 3.3 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester (Van Gerpen, 2005).

Biodiesel adalah senyawa mono alkil ester yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida (minyak nabati, seperti minyak sawit, minyak jarak dan lain-lain) dengan metanol menjadi metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Biodiesel mempunyai rantai karbon antara 12 sampai 20 mengandung oksigen. Adanya oksigen pada biodiesel membedakannya dengan petroleum diesel-

**Tabel 1.** Sifat fisik dan kimia biodiesel dan petrodiesel (Demirbas,2009)

Sifat	Metode	ASTM D975 (Petrodiesel)	ASTM D6751 (Biodiesel)
Titik nyala	D93	325K min	403K min
Air dan sedimen	D2709	0,050 max % vol	0,050 max % vol
Viskositas kinematik (313 K)	D445	1,3-4,1 mm <sup>2</sup> /s	1,9-6,0 mm <sup>2</sup> /s
Massa jenis	D1298	-	0,860-0,900
Abu sulfat	D874	-	0,02 max % mass
Abu	D482	0,01 max % mass	-
Sulfur	D5453	0,05 max % mass	-
	D2622/129	-	0,05 max % mass
Korosi pada tembaga	D130	No. 3 max	No. 3 max
Bilangan cetane	D613	40 min	47 min
Aromatisitas	D1319	35 max % vol	-
Residu karbon	D4530	-	0,05 max % mass
	D524	0,35 max % mass	-
Temperatur destilasi (90%vol)	D1160	555K min 611K max	- -

(solar), yang komponen utamanya hanya terdiri dari hidrokarbon. Selain itu, biodiesel memiliki perbedaan sifat yang cukup signifikan dengan petrodiesel yang dapat dilihat pada Tabel 1. Keunggulan biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar solar selain mengurangi emisi gas buang yaitu mempunyai angka setana yang cukup tinggi, pelumasan yang sangat baik, dan titik nyala yang relatif tinggi.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang digunakan sebagai pengganti atau pencampur bahan bakar fosil berupa solar untuk kendaraan bermotor. Untuk menjaga kualitas dan keamanan, biodiesel harus memenuhi syarat baku mutu. Adapun menurut SNI 7182-20012 syarat mutu biodiesel seperti pada Tabel 2 (BPPT, 2015).

**Tabel 2.** Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006

No	Parameter uji	Satuan min/maks	Persyaratan	Metode uji alternatif
1	Massa jenis pada 40°C	Kg/m <sup>3</sup>	850-890	ASTM D1298 atau ASTM D4052
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D445
3	Angka setana	Min	51	ASTM D613 atau ASTM D6890
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100	ASTM D93
5	Titik kabut	°C, mAKS	18	ASTM D2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C).		Nomor 1	ASTM D130
7	Residu karbon -dalam percontoh asli, atau -dalam 10% ampas distilasi	%- massa, maks	0,05 0,3	ASTM D 4530 atau ASTM D 189
8	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
11	Belerang	Mg/kg, maks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D1266 atau ASTM D4294 atau ASTM D2622
12	Fosfor	Mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D664
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5	-
17	Angka Iodium	%-massa (g-12/100g), maks	115	AOCS Cd 1-25
18	Kadar monogliserida	%- massa, maks	0,8	ASTM D 6584
19	Kestabilan oksidasi -periode induksi metode rancimat, atau -periode induksi metode petrooksi	Menit	360 27	EN 15751 ASTM D 7545

Parameter yang menunjukkan keberhasilan pembuatan biodiesel dapat dilihat dari Tabel 2. Terpenuhinya semua persyaratan SNI 7182-2012 oleh suatu biodiesel menunjukkan bahwa biodiesel tersebut tidak hanya telah dibuat dari bahan mentah yang baik, melainkan juga dengan tata cara pemrosesan serta pengolahan yang baik pula.

Bilangan setana yang baik dari diesel lebih besar dari 30 dengan volatilitas tidak terlalu tinggi supaya pembakaran yang terjadi di dalamnya lebih sempurna. Diesel dikehendaki memiliki kekentalan yang relatif rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan terjadinya keausan pada dinding silinder.

### 3.4 Metanol

Metanol adalah senyawa alkohol dengan satu rantai karbon dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Metanol merupakan cairan polar yang dapat bercampur dengan air, alkohol-alkohol lain seperti, ester, keton, eter, dan sebagian besar pelarut organik. Metanol sedikit larut dalam lemak dan minyak. Sifat fisik dari metanol adalah cairan yang tidak berwarna, dan mudah menguap, memiliki berat molekul 32 gram/mol dan titik didih  $64,7^\circ\text{C}$ . Metanol adalah alkohol yang agresif sehingga bisa berakibat fatal bila terminum, dan memerlukan kewaspadaan yang tinggi dalam penanganannya. Jika menghirup uapnya cukup lama atau jika mengenai mata dapat menyebabkan kebutaan, sedangkan jika tertelan akan mengakibatkan kematian (Alamsyah, 2006).

### 3.5 Kosolven

Produksi biodiesel yang dikembangkan saat ini umumnya dibuat dari minyak tumbuhan, lemak hewani, dan bahkan dari minyak goreng bekas. Proses reaksi yang digunakan pun bervariasi yaitu transesterifikasi berkatalis basa ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ), esterifikasi berkatalis asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ), dan metode *supercritical* (Zhang

and Kates, 2003). Produksi biodiesel dengan metode transesterifikasi berkatalis basa, baik natrium hidroksida (NaOH) maupun natrium metoksida, banyak digunakan secara komersial namun metode ini memiliki laju reaksi yang lambat dan adakalanya reaksi berhenti sebelum terkonversi sempurna menjadi produk biodiesel (Boocock *et al*, 1998). Reaksi transesterifikasi dalam proses pembuatan biodiesel merupakan reaksi yang lambat karena berlangsung dalam sistem dua fase. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan kelarutan antara minyak nabati dengan metanol. Di dalam metanol, campuran reaktan membentuk dua lapisan (dua fase) dan diperlukan waktu beberapa saat agar minyak nabati dapat larut di dalam metanol. Salah satu cara untuk mengatasi keterbatasan transfer massa (perbedaan kelarutan minyak nabati dan metanol) adalah dengan menambahkan kosolven yang tidak reaktif kedalam campuran sehingga campuran berlangsung dalam sistem satu fase.

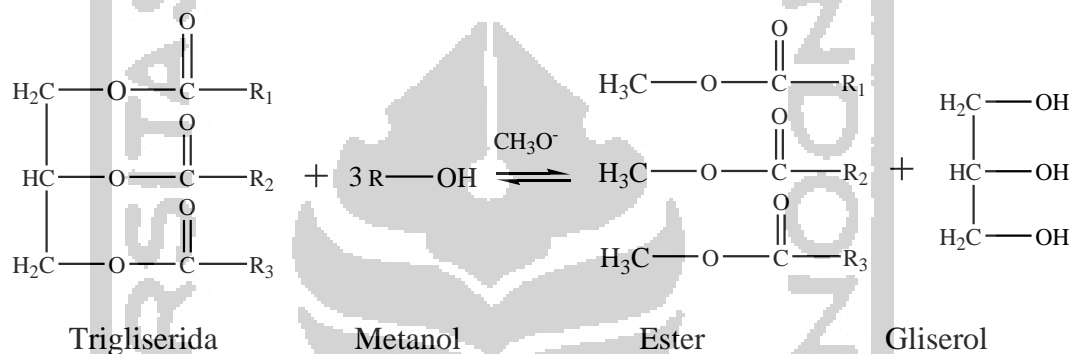
### 3.6 Aseton

Aseton merupakan keton yang paling sederhana, digunakan sebagai pelarut polar dalam kebanyakan reaksi organik. Aseton dikenal juga sebagai dimetil keton, 2-propanon, atau propan-2-on. Aseton adalah senyawa berbentuk cairan yang tidak berwarna dan mudah terbakar. Aseton memiliki gugus karbonil yang mempunyai ikatan rangkap dua karbon-oksigen terdiri atas satu ikatan  $\sigma$  dan satu ikatan  $\pi$ . Aseton memiliki sifat yang mudah larut dalam berbagai perbandingan dengan air, etanol, metanol, dietil eter. Aseton bersifat semipolar. Dilihat dari struktur molekul aseton, terdapat ikatan C=O yang memiliki selisih keelektronegatifan sebesar 1 yang menandakan bahwa senyawa tersebut bersifat polar. Akan tetapi dalam struktur molekul aseton terdapat juga ikatan C-H yang memiliki selisih keelektronegatifan sebesar 0,4 ( lebih kecil daripada 1) maka aseton juga bersifat nonpolar. Sifat kepolaran aseton menyebabkan aseton dapat digunakan sebagai pelarut senyawa polar dan non polar (Science Lab, 2013).



### 3.7 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi antara minyak (trigliserida) dan alkohol adalah merupakan reaksi transesterifikasi (Darnoko dan Cheryan, 2000). Transesterifikasi adalah suatu reaksi yang menghasilkan ester dimana salah satu pereaksinya juga merupakan senyawa ester. Jadi disini terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan migrasi gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel. R' adalah gugus alkil dan R1 – R3 merupakan gugus asam lemak jenuh dan tak jenuh rantai panjang.



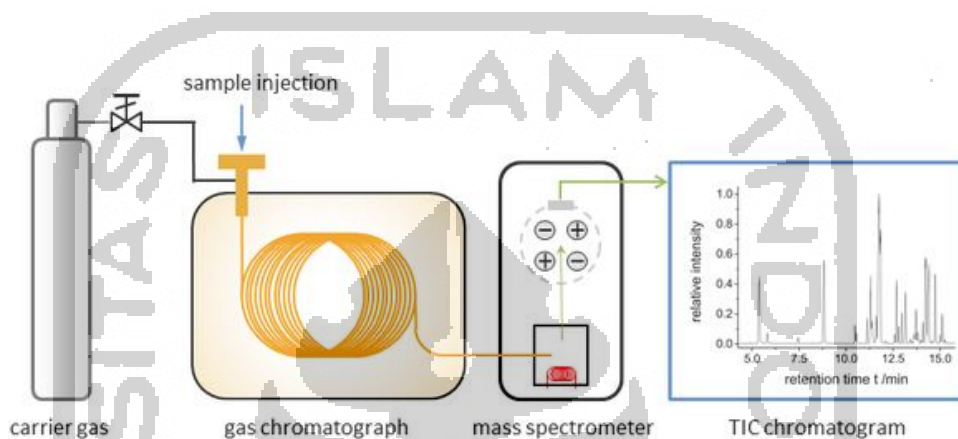
**Gambar 1.** Reaksi transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Pemilihan katalis dilakukan berdasarkan kemudahan penanganan dan pemisahannya dari produk. Untuk itu dapat digunakan katalis asam, basa dan penukar ion (Groggins, 1958).

### 3.8 Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

GCMS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) adalah salah satu teknik analisis terpadu yang digunakan untuk mengukur jenis dan kandungan senyawa dalam suatu sampel baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Instrumen ini merupakan penggabungan dari dua alat yaitu Kromatografi gas yang berfungsi untuk memisahkan senyawa menjadi senyawa tunggal, dan Spektroskopi Massa yang berfungsi mendeteksi jenis senyawa berdasarkan pola fragmentasinya.

Pengukuran menggunakan GCMS umumnya hanya dibatasi untuk senyawa yang berwujud gas atau cairan yang bersifat volatil (tekanan uap minimal 10<sup>-10</sup> torr). Penggabungan kedua metode analisis memberikan keuntungan yang lebih baik, karena senyawa yang telah terpisahkan oleh kromatografi dapat langsung teridentifikasi oleh spektrometri massa (Cazes, 2001).



**Gambar 2.** Skema prinsip GC-MS (Soh, *et. al.*, 2015)

Prinsip kerja GCMS yaitu dimana sampel yang diinjeksikan diinjeksikan ke dalam injector (GC) akan diubah menjadi fase uap dan dialirkan melewati kolom kapiler dengan bantuan gas pembawa. Pemisahan senyawa campuran menjadi senyawa tunggal terjadi berdasarkan perbedaan sifat kimia dan waktu yang diperlukan bersifat spesifik untuk masing-masing senyawa. Pendeteksian berlangsung di spektroskopi massa. Komponen yang telah terpisah keluar masuk ke dalam ruang pengion dalam keadaan vakum. Dalam ruang pengion, komponen atau analit akan dibombardir dengan elektron berenergi tinggi sehingga menghasilkan ion dengan kelebihan energi (ion radikal) yang dapat memecah dan tidak dapat memecah. Ion yang dapat memecah disebut ion induk dan ion induk akan memecah menjadi ion positif, negatif, dan pecahan netral. Partikel bermuatan positif menuju tabung analisator dan dibelokkan oleh medan magnet. Hasil dipresentasikan sebagai tabel atau grafik yang memuat puncak  $m/z$  (massa/muatan) dari ion-ion yang intensitasnya tergantung pada kelimpahan relative ion tersebut (Fessenden dan Fessenden, 1986). Dengan mekanisme penembakan senyawa oleh elektron menjadi molekul terionisasi dan pencatatan pola fragmentasi yang

terbentuk dibandingkan dengan pola fragmentasi standar yang diindikasikan dengan prosentase Similarity Index (SI).

### 3.9 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya fasa kristalin di dalam material-material benda dan serbuk, dan untuk menganalisis sifat-sifat struktur (seperti stress, ukuran butir, fasa komposisi orientasi kristal, dan cacat kristal) dari tiap fasa. Metode ini menggunakan sebuah sinar-X yang terdifraksi seperti sinar yang direfleksikan dari setiap bidang, berturut-turut dibentuk oleh atom-atom kristal dari material tersebut. Dengan berbagai sudut timbul, pola difraksi yang terbentuk menyatakan karakteristik dari sampel. Susunan ini diidentifikasi dengan membandingkannya dengan sebuah data base internasional (Zakaria, 2003).



**Gambar 3.** Difraktometer

Prinsip kerja XRD yaitu, sinar-X akan menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar X yang didifraksikan oleh sampel. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi sudut tertentu, sehingga difraksi sinar-X memenuhi Hukum Bragg :

$$n \lambda = 2 d \sin \theta$$

$n$  : orde difraksi ( 1,2,3,...)

$\lambda$  : Panjang sinar-X

$d$  : Jarak kisi

$\theta$  : Sudut difraksi

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-x di jatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-x yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-x untuk hampir semua jenis material, standar ini disebut JCPDS.

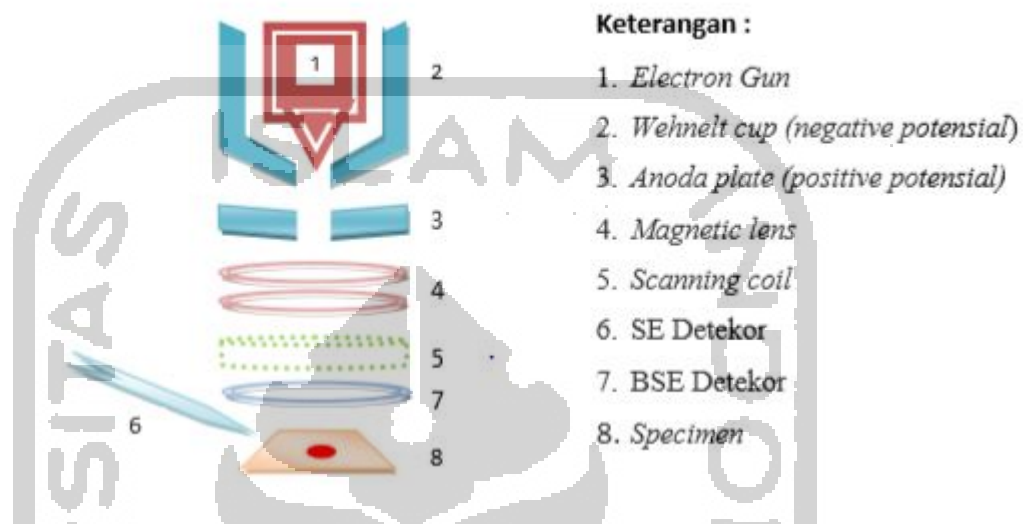
### 3.10 Scanning Electron Microscop-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)

SEM adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengkarakterisasi suatu material dengan mengetahui struktur mikro suatu material. SEM memiliki perbesaran 10-3000000x *depth of field* 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Fungsi utama SEM dapat digunakan untuk mengetahui informasi mengenai :

- d. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan, tekstur.
- e. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek.
- f. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan sneyawa yang terkandung didalam objek.

Ketika sebuah partikel atom dalam unsur kimia ditembak oleh elektron, terjadi interaksi yang mengakibatkan elektron yang energinya lebih rendah dalam atom tersebut akan terpental keluar membentuk kekosongan. Elektron yang energinya lebih tinggi akan masuk ketempat kosong dengan memancarkan

kelebihan energinya. Energi yang memancar tersebut merupakan energi yang biasa kita kenal dengan foton sinar-X.



**Gambar 4.** Skema alat SEM-EDX

Berikut ini adalah fungsi dari tiap-tiap bagian alat SEM-EDX:

1. *Electron Gun* merupakan sumber electron dari bahan material yang menggunakan energy tegangan tinggi sekitar 10-40 kV. Adapun material yang biasa digunakan yaitu tungsten dan lanthanum atau hexaboride cerium (LaB6 atau CeB6).
2. *Tungsten* yang digunakan sebagai *electron gun* dalam SEM-EDX adalah material pertama yang digunakan sebagai sumber elektron karena memiliki sifat mekanik dan titik lebur yang tinggi sekitar 3400oC dan sesuai jika diaplikasikan dalam tabung x-ray yang bekerja menggunakan tegangan tinggi. Adanya energy panas pada bahan bahan material akan diubah menjadi energy kinetik oleh electron sehingga ada pergerakan elektron. Semakin besar panas yang diterima maka energy kinetiknya akan semakin besar sehingga pergerakan electron semakin cepat dan tidak menentu yang mengakibatkan electron tersebut terlepas dari permukaan bahan material. Bahan yang digunakan sebagai sumber electron disebut sebagai emitter atau lebih sering disebut katoda sedangkan bahan yang

menerima electron disebut sebagai anoda atau plate dalam instrument SEM-EDS.

3. *Magnetic Lens* yang terdiri dari dua buah (kodensator) bekerja untuk memfokuskan arah elektron. Selain itu, lensa magnetik juga berfungsi untuk menguatkan elektron sehingga informasi gambar yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Lensa magnetic terbuat dari kumparan kawat tembaga yang membawa arus langsung dan menghasilkan medan magnet.
4. *Scanning coil* pada instrument berfungsi untuk mengumpulkan berkas sinar elektron, karena pada dasarnya elektron yang dipancarkan ke sampel tidak terjadi secara kontinu melainkan berupa paket-paket energi. Setelah terjadi tumbukan antara elektron dan sampel, detektor akan merekam interaksi yang terjadi pada sampel.
5. Detektor SE (*secondary electron*) merupakan sebuah sintilator yang akan menghasilkan cahaya jika mengenai elektron, cahaya tersebut akan dikonversi menjadi sinyal elektrik oleh photomultiplier. Dalam sintilator terdapat potensial positif yang digunakan untuk mempercepat aliran SE, sehingga SE yang memiliki energi rendah (beberapa volt) dapat ditangkap detektor dengan baik.
6. Detektor BSE (*backscattered electron*) yang juga terdapat sintilator dapat menerima sinyal BSE tanpa adanya beda potensial, karena pada dasarnya BSE sudah memiliki energi yang cukup tinggi untuk diterima oleh detektor BSE.

## **HIPOTESIS**

Dari tinjauan pustaka dan dasar teori yang dipaparkan, dapat ditarik beberapa hipotesa bahwa katalis abu batang pisang dapat digunakan untuk mempercepat proses reaksi transesterifikasi dengan aseton sebagai kosolven sehingga dapat meningkatkan produk biodiesel yang dihasilkan.