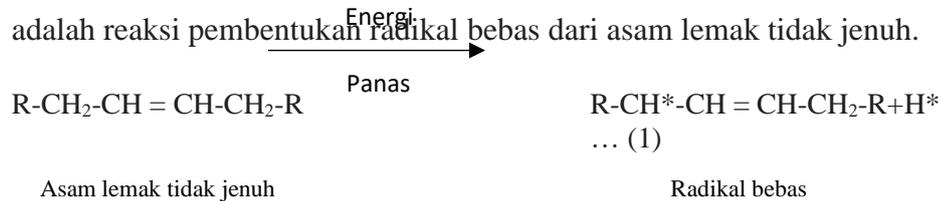


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Jelantah (Minyak Goreng Bekas)

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan berwujud cairan ketika dalam suhu ruang. Minyak goreng biasanya digunakan 3-4kali kemudian tidak dimanfaatkan kembali atau sering disebut minyak jelantah (minyak goreng bekas). Minyak jelantah adalah minyak limbah yang berasal dari minyak goreng yang telah berubah kandungannya akibat proses oksidasi, polimerisasi dan hidrolisis, yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak seperti keton, aldehid, dan polimer yang dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya [12]. Perubahan bau dan rasa tengik merupakan tanda kerusakan utama, terdapat juga perubahan lainnya yaitu meliputi pembentukan radikal bebas yang sifatnya tidak stabil. Radikal bebas dapat merusak komponen-komponen sel tubuh melalui oksidasi asam nukleat, protein, dan lemak. Berikut ini adalah reaksi pembentukan radikal bebas dari asam lemak tidak jenuh.



Karakteristik minyak dapat dibagi menjadi dua, yaitu karakteristik fisik dan karakteristik kimia. Karakteristik fisik meliputi warna, bau, kelarutan, titik cair, titikdidih, titik leleh, bobot jenis, viskositas dan indeks bias, sedangkan karakteristik kimia meliputi jumlah asam lemak bebas (*free fatty acid/FFA*), bilangan peroksida (*peroxide value/PV*), bilangan asap (*smoke point*) dan komposisi asam lemak [13]. Komposisi asam lemak minyak jelantah serta sifat fisik dan kimia ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak jelantah

Asam Lemak	Struktur	% Massa	Rumus
Asam Oleat	(C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	43,2	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COO-
Asam Linoleat	(C ₁₈ H ₃₂ O ₂)	30,1	CH ₃ (CH ₂) ₄ (CH=CH ₂) ₂ (CH ₂) ₆ COO-
Asam Palmitat	(C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	19,4	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COO-
Asam Linolenat	(C ₁₈ H ₃₀ O ₂)	4,7	CH ₃ (CH ₂ =CH) ₃ (CH ₂) ₇ COOH
Asam Stearat	(C ₁₈ H ₃₆ O ₂)	2,6	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COO-

(Sumber:[14])

Tabel 2. Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jelantah

Sifat-sifat	Minyak Goreng	Minyak Jelantah
Bilangan penyabunan (mg KOH/g)	-	201,5
Bilangan Asam (mg KOH/g)	0,5	1,9
% FFA	0,3	1
% Kandungan Air	0,1	2,6
Densitas pada 15°C (g/cm ³)	892	902
Viskositas pada 40°C (mm ² /s)	25,6	32
Warna	Kuning terang	Kuning gelap

(Sumber:[15])

2.2 Catalytic Cracking

Catalytic cracking (perengkahan) merupakan suatu cara untuk memecahkan suatu rantai karbon yang panjang menjadi suatu rantai karbon yang lebih sederhana dengan bantuan katalis sebagai substansi mempercepat laju reaksi kimia, meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Ada 3 tipe dari proses *catalytic cracking* yaitu [16]:

1. Fluid catalytic cracking

Proses perengkahan dimana minyak dipecah dengan adanya katalis yang ada didalam reaktor dengan jalan menjaga aliran fluida dalam proses tersebut.

2. Moving-bed catalytic cracking

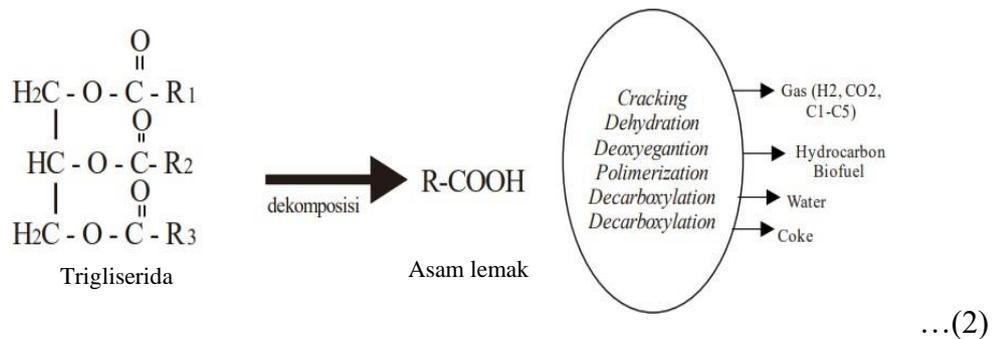
Proses perengkahan dimana selama proses berjalan katalis dipindahkan secara kontinyu untuk dijatuhkan ke dalam reaktor dan kemudian diregenerasi.

3. Thermofor catalytic cracking

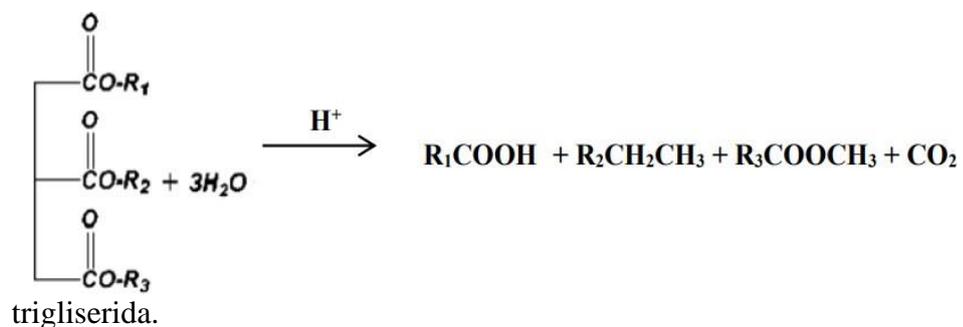
Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan minyak terlebih dahulu, kemudian dialirkan hingga mencapai reaktor bed katalitik. Dalam reaktor ini upakan terpisah dari katalis dan mengirimnya ke kolom fraksinasi.

2.2.1 Mekanisme Catalytic Cracking

Secara umum, proses *catalytic cracking* melalui 2 tahap yaitu tahap pembentukan *oxygenated component* oleh dekomposisi trigliserida dan tahap *oxygenated component* untuk membentuk hidrokarbon dengan karakteristik sepertiminyak bumi. Adapun reaksi *catalytic cracking* yang terjadi agar menghasilkan *biofuel* adalah sebagai berikut:



Reaksi menunjukkan jalur reaksi untuk perengkahan katalitik trigliserida menjadi biofuel, gas, air dan residu. Molekul trigliserida akan terdekomposisi membentuk *oxygenated component* (senyawa dengan atom oksigen di rumus molekulnya) seperti asam lemak, ester dan lainnya. Reaksinya dapat dilihat pada reaksi mekanisme dekomposisi molekul



(sumber: [17])

Molekul trigliserida akan mengalami pemecahan akibat suhu yang tinggi dan karena adanya katalis, dimana H^+ akan menyerang ikatan $C=C$ yang ada pada trigliserida sehingga membentuk ion karbonium. Setelah terbentuknya ion karbonium, terjadi pemutusan rantai sehingga membentuk hidrokarbon dengan rantai yang lebih pendek dan senyawa ester [18].

Senyawa dengan atom oksigen di rumus molekulnya (asam lemak dan ester) akan mengalami pemutusan ikatan rantai karbon $C-O$ dan $C-C$ melalui reaksi dekarboksilasi dan dekarbonisasi. Reaksi dekarboksilasi merupakan reaksi pemutusan ikatan karboksilat yang menghasilkan senyawa hidrokarbon dan gas CO_2 . Reaksi dekarbonisasi merupakan reaksi yang mengindikasikan pelepasan gugus ester menghasilkan senyawa hidrokarbon, H_2O dan CO dalam prosesnya [19].

2.3 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi dan mengarahkan reaksi. Dengan adanya katalis, reaksi dapat dilakukan pada kondisi yang lebih lunak (temperatur dan tekanan rendah) dengan laju selektivitas yang tinggi. Agar reaksi kimia bisa terjadi, reaktan harus bertumbukan. Tumbukan ini bertujuan agar masing-masing molekul dapat teraktifkan. Tumbukan antar molekul ini memberikan energi yang dibutuhkan untuk memutus ikatan sehingga akan terbentuk ikatan baru [20]. Katalis bekerja dengan memperbesar kecepatan reaksi dengan memperkecil energi suatu reaksi. Dengan menurunkan energi aktivasi maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat [21]. Energi aktivasi adalah energi minimum yang dibutuhkan untuk bereaksi [22]. Katalis untuk suatu proses akan berbeda dengan proses yang lain, karena itulah menentukan suatu katalis yang tepat sangatlah penting untuk mempercepat suatu reaksi. Katalis mempunyai 3 fungsi utama dari kinerja katalis [18] yaitu:

1. Aktivitas, yaitu peran katalis untuk meningkatkan kecepatan reaksi.
2. Selektivitas, yaitu peran katalis untuk meningkatkan produk yang diinginkan.

3. Stabilitas, yaitu kemampuan katalis untuk menjaga aktivitas, produktivitas dan selektivitas dalam jangka waktu tertentu.

2.3.1 CoMo

Logam *cobalt* merupakan salah satu logam transisi yang dapat digunakan sebagai katalis asam. Namun, apabila logam *cobalt* secara langsung digunakan sebagai katalis, akan terjadi sintering. Sintering akan menyebabkan terjadinya aglomerasi pada atom-atom logam, yaitu berupa penumpukan atom logam di satu posisi. Hal ini akan menyebabkan penurunan luas permukaan spesifik katalis dan menurunkan kebolehdadian kontak antara katalis dengan umpan dalam perengkahan. Untuk mencegah terjadinya sintering dan aglomerasi, makadiembankanlah logam transisi tersebut dalam material berpori.

Logam *cobalt* biasa digunakan sebagai promotor dalam katalis yang dapat meningkatkan aktivitas, stabilitas, dan selektivitas suatu katalis. Penelitian [9] menunjukkan bahwa penambahan 2-8% (b/b) logam Co pada katalis sistem logam-pengemban diperoleh bahwa luas permukaan spesifik katalis yang paling baik, yaitusebesar 2% (b/b).

Sedangkan logam molibdenum merupakan logam yang relatif inert, atau sedikit bereaksi dengan larutan asam dan alkali. Logam ini memiliki titik leleh 2610°C dengan tingkat oksidasi -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Molibdenum luas pemakaiannya dalam reaksi katalitik baik dalam bentuk logam murni, oksida logamatau dikombinasikan dengan logam lain dan pengemban. Logam molibdenum sering digunakan dalam berbagai pengemban antara lain: silika, alumina, dan zeolit.



Gambar 2. Katalis CoMo

2.3.2 Abu batubara

Saat ini penggunaan batubara di kalangan industri semakin meningkat, karena selain harga yang relatif murah juga harga bahan bakar minyak untuk industri cenderung naik. Penggunaan batubara sebagai sumber energi pengganti BBM, disamping sangat menguntungkan namun disisi lain menimbulkan masalah, yaitu abu batubara yang merupakan hasil samping pembakaran batubara. Dari sejumlah pemakaian batubara akan dihasilkan abu batubara sekitar 2 – 10 % (tergantung jenis batubaranya, *low calory* atau *high calory*). Sampai saat ini pengelolaan limbah abu batubara oleh kalangan industri hanya ditimbun dalam areal pabrik saja (*ash disposal*). Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus *amorf* dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran. Dari proses pembakaran batubara akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Pada proses konversi minyak jelantah menjadi bahan bakar cair, digunakan katalis abu dasar (*bottom ash*) batubara teraktivasi. *Bottom ash* batubara merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada berbagai pembangkit listrik dan industri. *Bottom ash* memiliki sifat fisik dan senyawa *bottom ash*

dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.



Gambar 3. *Bottom Ash* Batubara

Tabel 3. Sifat Fisik dari *Bottom Ash*

Sifat Fisik	<i>Bottom Ash</i>
Bentuk	Berbutir kecil/granular
Warna	Abu-abu gelap
Tampilan	Seperti pasir halus, sangat berpori
Ukuran (% lolos ayakan)	1.5 s/d ¾ in (100%) No. 4 (50-90%) No. 10 (10-60%) No. 4 (0-10%)
Specific gravity	2.1 – 2.7
Dry Unit Weight	720 – 1600 kg/m ³
Penyerapan	0.8 – 2.0 %

Sumber: [15]

Tabel 4. Senyawa *Bottom Ash*

Senyawa
SiO ₂
Al ₂ O ₃
Fe ₂ O ₃
MgO
SO ₃



Sumber: [15]

Bottom ash kaya akan kandungan silika, kalsium, aluminium dan besi [10]. Oleh sebab banyaknya jumlah *bottom ash* yang tidak digunakan dapat dimanfaatkan, maka *bottom ash* tersebut dapat digunakan dalam proses *catalytic cracking* karena kandungan *bottom ash* yang berpotensi dapat menjadi katalis.

2.4 Biofuel

Biofuel adalah bahan bakar yang dihasilkan dari bahan-bahan organik yang dapat ditemukan dalam bentuk cair, padatan dan gas. *Biofuel* juga disebut non-fosilenergi yang mampu menyerap karbondioksida sebagai penyebab tingginya efek rumah kaca/ bahan bakar yang ramah lingkungan [23]. Peningkatan proporsi penggunaan bahan bakar terbarukan akan menyebabkan penurunan emisi karbon dioksida yang cukup signifikan [12].

Biofuel dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian. Ada tiga cara untuk pembuatan *biofuel* antara lain pembakaran limbah organik kering, fermentasi limbah basah tanpa oksigen untuk menghasilkan biogas, dan energi dari hutan.

Biofuel yang dihasilkan dari proses pirolisis berupa cairan berwarna kekuningan sampai kecoklatan disertai bau yang menyengat. *Biofuel* dianggap sebagai campuran senyawa kompleks dengan aplikasi yang sangat terbatas sebagai bio-oil mentah karena sifatnya yang buruk. Minyak nabati mentah hanya dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler, tetapi tidak untuk mesin karena nilai kalor, kadar air, dan keasamannya yang rendah.

2.4.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel yang dapat diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewan yang dihasilkan melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi ini adalah reaksi

bolak-balik antara molekul trigliserida dengan methanol yang menghasilkan alkil ester dan gliserol. Biodiesel yang dihasilkan harus memiliki kualitas sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Tabel 5 menunjukkan mutu biodiesel yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 tentang biodiesel.

Tabel 5 Standar Mutu Biodiesel (SNI 7182:2015)

No	Parameter Uji	Satuan min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	Kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematika pada 40 °C	Mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana	Min	51
4	Titik nyala	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Air dan sendimen	%-volume, maks	0,05
7	Temperature distilasi 90%	°C, maks	360
8	Abu tersulfurkan	°C, maks	0,02
9	Belerang	%-massa, maks	50
10	Fosfor	Mg/kg, maks	4
11	Angka asam	Mg/kg, maks	0,5
12	Gliserol bebas	maks	0,5
13	Gliserol total	%-massa, maks	0,02

2.4.2 Biokerosin

Biokerosin adalah minyak tanah yang bersumber dari bahan-bahan hayati (ramadhan). Biokerosin diperoleh dari berbagai biji-bijian. Biokerosin atau yang umumnya disebut minyak tanah adalah produk minyak yang mempunyai rantai atom karbon C₉-C₁₆ dan memiliki titik didih sekitar 150- 290 °C. Kerosin biasa digunakan sebagai bahan bakar kompor dan minyak lampu dalam rumah tangga. Kerosin merupakan produk minyak bumi yang stabil dan memerlukan penambahan aditif untuk memperbaiki mutunya. Sifat-sifat kerosin antara lain mudah terbakar, uapnya dalam campuran udara akan mudah meledak pada suhu di atas 37 °C, warnanya kuning pekat serta mempunyai aroma yang khas dan dapat menghasilkan muatan elektrostatis jika mengalami pengadukan. Biokerosin merupakan kerosin yang diproduksi dari minyak nabati. Bahan yang berpotensi di

Indonesia untuk dijadikan bahan baku pembuatan biokerosin salahsatunya adalah minyak kelapa.

2.4.3 Solar

Solar adalah fraksi dari pemanasan minyak bumi antara 250 – 300 °C yang mempunyai panjang hidrokarbon antara C₁₅ – C₁₇. Solar dikenal sebagai bahan bakar diesel yang dianggap cairan mudah terbakar serta digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, solar ini biasanya diperoleh dari fraksi minyak bumi mentah yang tidak mudah menguap dibandingkan fraksi yang digunakan dalam bensin. Pada umumnya solar akan banyak mengandung belerang karena dibandingkan dengan bensin solar memiliki titik didih yang lebih tinggi. Kualitas dari solar ditentukan dengan bilangan setana, yaitu tingkat kemudahan minyak solar untuk menyala atau terbakar didalam mesin diesel. Berikut merupakan Standar Mutu Solar terdapat dalam SNI 8220:2017 yang dapat dilihat pada Tabel 6,

Tabel 6. Standar Mutu Solar SNI 8220:2017

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min	Max	ASTM
1	Bilangan setana	-	-	-	D613
2	Berat jenis	kg/cm ³	-	870	D 4737
3	Viskositas	Mm ² /s	-	4,5	D 1298/D 4052
4	Distilasi 90% vol. Penguapan	C	-	370	D 445
5	Titik nyala	CC	-	-	D 93
6	Titik tuang	C	-	18	D 97
7	Residu karbon	% m/m	-	0,1	D 4530/D 189
8	Kandungan Air	Mg/kg	-	500	D 6304
9	Kandungan FAME	% v/v	-	-	-
10	Korosi bilah tembaga	Menit	-	Kelas 1	D 130
11	Kandungan Abu	% v/v	-	0,01	D 482
12	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0	D 473
13	Bilangan Asam	mgKOH/gr	-	0,6	D 664

14	Kuat Bilangan asam total	mgKOH/gr	-	0,6	D 664
15	Partikulat	mg/l	-	-	D 2270
16	Penampilan visual	-	Jernih dan Terang		
17	warna	No. ASTM	3	3	D 1500
18	Lubrlicity	Micron	-	400	D 6079

2.4.4 Fraksi Minyak Bumi dan Manfaat Minyak Bumi

Berikut ini merupakan tabel fraksi minyak bumi dan manfaat minyak bumi:

Tabel 7. Fraksi Minyak Bumi dan Manfaat

Minyak Bumi			
Fraksi minyak bumi	Jumlah atom C	Titik didih (°C)	Manfaat minyak bumi
Gas	C ₁ -C ₄	< 20	Bahan bakar gas (LPG) dan bahan baku sintesis senyawa organik
Eter petroleum	C ₅ -C ₇	30 – 90	Pelarut dan cairan pembersih
Bensin (gasoline)	C ₅ -C ₁₀	40 – 180	Bahan bakar kendaraan bermotor
Nafta	C ₆ -C ₁₀	70 – 180	Bahan bakar sintesis senyawa organik
Kerosin	C ₁₁ -C ₁₄	180 – 250	Bahan bakar jet dan bahan bakar kompor paraffin
Minyak solar dan diesel	C ₁₅ -C ₁₇	250 – 300	Bahan bakar kendaraan bermesin diesel dan bahan bakar tungku di Industri
Minyak pelumas	C ₁₈ -C ₂₀	300 – 350	Oil dan pelumas
Lilin	C ₂₀₊	> 350	Petroleum jelly dan lilin paraffin untuk membuat lilin, kertas berlapis lilin, lilin batik, dan bahan pengkilat seperti semir
Minyak bakar	C ₂₀₊	> 350	Bahan bakar kapal, pemanas industri (boiler plant), dan pembangkit listrik

Bitumen	C ₄₀₊	> 350	Material aspal dan atap bangunan
---------	------------------	-------	----------------------------------

2.5 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Cair

2.5.1 Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada suhu tertentu terhadap air pada volume dan suhu yang sama. Umumnya, bahan bakar minyak memiliki *specific gravity* 0,74 – 0,96, dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringandripada air. Pada beberapa literatur digunakan *American Petroleum Institue (API gravity)*. *Specific gravity* dan *API gravity* adalah suatu pernyataan yang menyatakan *density* (kerapatan) atau berat per satuan volume dari suatu bahan [24].

Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap berat jenis adalah untuk indikasi mutu minyak dimana semakin tinggi *API gravity* atau makin rendah berat jenis maka minyak tersebut makin berharga karena banyak mengandung bensin. Sebaliknya semakin rendah *API gravity* maka semakin banyak lilin. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas (*heating value*) yang rendah.

2.5.2 Viskositas

Viskositas ialah penilaian dari kekebalan fluida yang disalin baik dengan tuntutan maupun tegangan. Lebih jelasnya, definisi viskositas ialah sebuah tingkatan kepekatan fluida yang bisa menjelaskan besar kecilnya suatu sentuhan dalam fluida. Kemudian, jika semakin besar viskositas dalam fluida maka akan bertambah sulit untuk bergerak dan juga akan bertambah sulit benda dapat bergerak di dalam fluida. Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut: tekanan, suhu, kehadiran zat lain, ukuran dan berat molekul, kekuatan antar molekul, konsentrasi larutan.

2.5.3 Titik Nyala

Titik nyala (*flash point*) adalah titik suhu terendah dimana bahan bakar dapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan satu atmosfer. Titik nyala

(*flash point*) merupakan faktor penting untuk keamanan terhadap kebakaran. Penentuan nilai titik nyala ini juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan penanganan bahan bakar dan diuji dengan menggunakan alat *Pensky Marten Closed Tester* [25].

2.5.4 Analisa Senyawa Kimia dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)

GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) merupakan suatu instrumen yang terdiri dari dua metode analisis. Kromatografi gas berfungsi sebagai pemisah komponen dalam suatu senyawa, sedangkan spektrometri massa berfungsi untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen yang telah dipisahkan pada kromatografi gas [26]. Gas kromatografi merupakan pemisahan campuran menjadi konstituennya dalam fase gerak berupa gas yang melalui fase diam yang berupa sorben. Gas kromatografi dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi dari komponen yang dianalisis dengan waktu retensi zat pembanding pada kondisi analisis yang sama. Sementara untuk analisis kuantitatif dilakukan dengan cara perhitungan relative dari luas puncak kromatogram komponen yang dianalisis terhadap zat baku pembanding yang dianalisis [26]. Metode analisis GC-MS adalah dengan membaca spectra yang terdapat pada kedua metode yang digabung tersebut. Pada spectra GC jika terdapat bahwa dari sampel mengandung banyak senyawa, yaitu terlihat dari banyaknya puncak (*peak*) dalam spectra GC tersebut. Berdasarkan data waktu retensi yang sudah diketahui dari literatur, bisa diketahui senyawa apa saja yang ada dalam sampel. Selanjutnya adalah dengan memasukkan senyawa yang diduga tersebut ke dalam instrument spectrometer massa. Hal ini dapat dilakukan karena salah satu kegunaan dari kromatografi gas adalah untuk memisahkan senyawa-senyawa dari suatu sampel. Setelah itu, didapat hasil dari spectra spektrometri massa pada grafik yang berbeda. Informasi yang diperoleh dari kedua teknik ini yang digabung dalam instrument GC/MS adalah tak lain hasil dari masing-masing spectra. Untuk spectra GC, informasi terpentingnya yang didapat adalah waktu retensi untuk tiap-tiap senyawa dalam sampel. Spektra MS, bisa diperoleh informasi mengenai massa molekul relative dari senyawa sampel tersebut.