

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung kandungan pati atau selulosa, seperti singkong dan tetes tebu. Dalam dunia industri, etanol umumnya digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras (seperti sake dan *gin*), serta bahan baku farmasi dan kosmetik (Hambali, 2007). Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga *grade* sebagai berikut:

1. *Grade* industri dengan kadar alkohol 90-94%
2. Netral dengan kadar alkohol 96-99,5%, umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi.
3. *Grade* bahan bakar dengan kadar alkohol di atas 99,5%

Pada dasarnya etanol dapat diperoleh melalui 2 cara. Pertama, etanol yang diperoleh melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Kedua, etanol diperoleh dari hasil sintesa etilen. Bioetanol dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Bioetanol banyak digunakan dalam industri minuman, kosmetik dan industri farmasi seperti deterjen, desinfektan dan lain-lain. Alkohol dari produk petroleum atau dikenal sebagai alkohol sintetis banyak dipakai untuk bahan baku pada industri *acetaldehyde*, *derivat acetyl* dan lain-lain (Daniel, 2009). Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari fermentasi *glukosa* yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Proses destilasi bertujuan untuk memurnikan bioetanol menjadi berkadar lebih dari 95% agar dapat dipergunakan sebagai bahan bakar, alkohol hasil fermentasi yang mempunyai kemurnian sekitar 40% tadi harus melewati proses destilasi untuk memisahkan alkohol dengan air dengan memperhitungkan perbedaan titik didih kedua bahan tersebut yang kemudian diembunkan kembali. Untuk memperoleh bioetanol dengan kemurnian lebih tinggi dari 99,5% atau yang umum disebut *Fuel Grade Ethanol* (FGE), masalah yang timbul adalah sulitnya memisahkan hidrogen yang terikat dalam struktur kimia alkohol dengan cara destilasi biasa, oleh karena itu untuk mendapatkan *fuel*

grade ethanol dilakukan pemurnian lebih lanjut dengan cara *Azeotropic* destilasi. Dalam bidang kimia, distilasi azeotropik merujuk pada teknik-teknik yang digunakan untuk memecah azeotrop dalam distilasi. Dalam rekayasa kimia, salah satu teknik untuk memecah titik azeotrop adalah dengan penambahan komponen lain untuk menghasilkan azeotrop heterogen yang dapat mendidih pada suhu lebih rendah, misalnya penambahan benzena (bisa juga dengan garam dan solvenya) ke dalam campuran air dan alkohol. Banyak metode yang bisa digunakan untuk menghilangkan titik azeotrop pada campuran heterogen. Contoh campuran heterogen yang mengandung titik azeotrop yang paling populer adalah campuran ethanol-air, campuran ini dengan metode distilasi biasa tidak bisa menghasilkan ethanol teknis (99% lebih) melainkan maksimal hanya sekitar 96,25 %. Hal ini terjadi karena konsentrasi yang lebih tinggi harus melewati terlebih dahulu titik azeotrop, dimana komposisi kesetimbangan cair-gas ethanol-air saling bersilangan. Beberapa metode yang populer digunakan adalah *Pressure Swing Distillation* dan *Extractive Distillation*. (Musnif, 2012). Berikut ini merupakan sifat fisik dari etanol:

Tabel 1. Sifat Fisik Etanol

Parameter	Etanol
Rumus Kimia	C ₂ H ₅ OH
Berat Molekul	46
Kadar Oksigen (% Berat)	34.7
<i>Net Lower Heating Value</i> (MJ/Kg)	27
Panas Laten (kJ/L)	725.4
<i>Stoichiometric air/Fuel Ratio</i>	9
Tekanan Uap pada 23,5 C (kPa)	17
<i>Motor Octane Number</i>	92
<i>Research Octane Number</i>	111

Sumber: Sudarno, 2011

Penggunaan etanol sebagai bahan bakar didasari oleh sifat etanol murni yang cukup mudah terbakar dan memiliki kalor-bakar netto besar, yakni 21 MJ/liter (kira-kira 2/3 dari kalor-bakar netto *gasoline*) (Bayu, 2009). Berikut ini merupakan tabel SNI untuk kualitas bioetanol.

Tabel 2. Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol (SNI 7390-2008)

Parameter	Unit, Min/Max	Spesifikasi	Metode Uji (SNI 7390-2008)
Kadar etanol	%-v, min.	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)	Sub 11.1
Kadar metanol	mg/L, max.	300	Sub 11.1
Kadar air	%-v, max.	1	Sub 11.2
Kadar denaturan	%-V, min.	2	Sub 11.3
	%-V, max	5	
Kadar Cu	Mg/kg, max	0,1	Sub 11.4
Keasaman CH ₃ COOH	sbg mg/L, max.	30	Sub 11.5
Tampakan		Jernih & tdk ada endapan	Peng. visual
Ion klorida	mg/L, max.	40	Sub 11.6
Kandungan Sulfur	mg/L, max.	50	Sub 11.7
Getah dicuci	(gum), mg/100 mL, max.	5,0	Sub 11.8
pH		6,5-9,0	Sub 11.9

Sumber: Ahmad Budi Junaidi, 2012

Salah satu bahan baku lain yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol yaitu molase. Molase adalah sejenis sirup yang merupakan sisa dari proses pengkristalan gula pasir. Berikut ini merupakan gambar dari molase:



Gambar 1. Molase

Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Molase>

Molase tidak dapat dikristalkan karena mengandung glukosa dan fruktosa yang sulit untuk dikristalkan. Molase merupakan produk limbah dari industri gula di mana produk ini masih banyak mengandung gula dan asam – asam organik, sehingga merupakan bahan baku yang sangat baik untuk industri pembuatan etanol. Bahan ini merupakan produk sampingan yang dihasilkan selama proses pemutihan gula. Berikut ini merupakan tabel komposisi kimia molase:

Tabel 3. Komposisi Kimia Molase

Komposisi	Presentase (%)
Bahan kering	77-84
Total gula sebagai gula invert	52-67
C	-
N	0,4-1,5
P ₂ O ₅	0,6-2,0
CaO	0,1-1,1
MgO	0,03-0,1
K ₂ O	2,6-5,0
SiO ₂	-
Al ₂ O ₃	-
Fe ₂ O ₅	-
Total abu	7-11

Sumber : Riswan Simanjuntak, 2009

Molase masih mengandung kadar gula yang cukup untuk dapat menghasilkan etanol yaitu sekitar 10 – 18 % dan biasanya pH molase berkisar antara 5,5 – 6,5. Molase dari tebu dapat dibedakan menjadi 3 jenis. Molase kelas 1, kelas 2 dan *black strap*. Molase kelas 1 didapatkan saat pertama kali jus tebu dikristalisasi. Saat dikristalisasi terdapat sisa jus yang tidak mengristal dan berwarna bening. Maka sisa jus ini langsung diambil sebagai molase kelas 1. Kemudian molase kelas 2 atau biasa disebut dengan *dark* diperoleh saat proses kristalisasi kedua. Warnanya agak kecoklatan sehingga sering disebut juga dengan istilah *Dark*. Dan molase kelas terakhir, *Black Strap* diperoleh dari kristalisasi terakhir. Warna black strap ini memang mendekati hitam (coklat tua) sehingga tidak salah jika diberi nama *Black Strap* sesuai dengan warnanya. *Black strap* ternyata memiliki kandungan zat yang berguna. Zat-zat tersebut antara lain kalsium, magnesium, potasium, dan besi. *Black strap* memiliki kandungan kalori

yang cukup tinggi, karena terdiri dari glukosa dan fruktosa (Simanjuntak, 2009). Di bawah ini merupakan tabel komposisi kimia molase.

Pembuatan bioetanol dilakukan melalui proses fermentasi. Fermentasi adalah suatu kegiatan penguraian bahan–bahan karbohidrat yang tidak menimbulkan bau busuk dan menghasilkan gas karbondioksida. Suatu fermentasi yang busuk merupakan fermentasi yang mengalami kontaminasi. Fermentasi pembentukan alkohol dari gula dilakukan oleh mikroba. Mikroba yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Winjaya, 2011).

Saccharomyces cerevisiae merupakan genus khamir/ragi/yeast yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂. *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme bersel satu tidak berklorofil, termasuk kelompok *Eumycetes*. Tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4,8. Beberapa kelebihan *Saccharomyces* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi (<http://id.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces>).

Bioetanol sebagai salah satu bahan bakar alternatif masyarakat belum diterapkan sama sekali karena masih dalam tahap penelitian dan uji coba. Padahal di Indonesia, banyak sekali sumber daya alam hayati yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol. Etanol memiliki tingkat korosi yang tinggi pada logam, namun kesesuaian terhadap bahan plastik sangat baik kecuali dengan poliamida. Maka sifat etanol yang mempengaruhi mutunya sebagai bahan bakar yaitu kalor pembakaran, tekanan uap, angka oktan serta korosifitas (Bayu, 2009).

2.2 Gasoline

Gasoline adalah cairan campuran yang berasal dari minyak bumi, yaitu cairan berwarna hitam yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut *crude oil* dan digunakan sebagai bahan bakar dalam mesin pembakaran dalam. Istilah *gasoline* banyak digunakan dalam industri minyak, bahkan dalam perusahaan bukan Amerika. Karena merupakan campuran berbagai bahan, daya bakar *gasoline*

berbeda-beda menurut komposisinya. Ukuran daya bakar ini dapat dilihat dari bilangan oktan setiap campuran. Di Indonesia, *gasoline* diperdagangkan dalam dua kelompok besar: campuran standar, disebut premium, dan *gasoline* super.

Gasoline mengandung hidrokarbon. Atom-atom karbon dalam minyak mentah saling berhubungan, membentuk rantai dengan panjang yang berbeda-beda. Molekul hidrokarbon dengan panjang yang berbeda memiliki sifat dan kelakuan berbeda pula. CH_4 (metana) merupakan molekul paling “ringan”, bertambahnya atom C dalam rantai tersebut membuatnya semakin “berat”. Empat molekul pertama hidrokarbon adalah metana, etana, propana dan butana. Pada temperatur dan tekanan kamar, keempatnya berwujud gas dengan titik didih masing-masing -107°, -67°, -43°, -18°C. Berikutnya dari C_5 sampai C_{18} berwujud cair dan mulai dari C_{19} ke atas berwujud padat. Bertambah panjangnya rantai hidrokarbon akan menaikkan titik didihnya, sehingga bisa memisahkan hidrokarbon ini dengan cara distilasi. Prinsip inilah yang diterapkan di pengilangan minyak untuk memisahkan berbagai fraksi hidrokarbon dari minyak mentah (Prihandana, 2007).

Secara sederhana, *gasoline* tersusun dari hidrokarbon rantai lurus dengan rumus kimia $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ mulai dari C_7 (heptana) sampai dengan C_{11} . Dengan kata lain, *gasoline* terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat antara satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai. Pada mesin yang baik, proses pembakaran oksigen akan mengubah semua hidrogen dalam bahan bakar menjadi air dan mengubah semua karbon menjadi karbon dioksida (Prihandana, 2007). Jika kita membakar *gasoline* pada kondisi ideal, dengan oksigen berlimpah, maka akan dihasilkan CO_2 , H_2O dan energi panas. 1 galon *gasoline* (4,5 liter) mengandung 132×10^6 joule energi, yang ekuivalen dengan 125.000 BTU atau 37 kwh (<http://id.wikipedia.org/wiki/Gasoline>).

Gasoline mengandung energi kimia. Energi ini diubah menjadi energi panas melalui proses pembakaran (oksidasi) dengan udara di dalam mesin atau motor bakar. Energi panas ini meningkatkan temperatur dan tekanan gas pada ruang bakar. Gas bertekanan tinggi tersebut kemudian berekspansi melawan mekanisme mekanik mesin. Ekspansi itu diubah oleh mekanisme *link* menjadi putaran *crankshaft* sebagai *output* dari mesin tersebut. Selanjutnya, *crankshaft*

dihubungkan ke sistem transmisi oleh sebuah poros untuk mentransmisikan daya atau energi putaran mekanis. Energi ini kemudian dimanfaatkan sesuai keperluan, misalnya untuk menggerakkan roda motor atau mobil. Berikut ini merupakan tabel sifat fisik dari *gasoline*:

Tabel 4. Sifat Fisik *Gasoline*

Parameter	<i>Gasoline</i>
Rumus Kimia	C ₄ -C ₁₂
Berat Molekul	100-105
Kadar Oksigen (% Berat)	0-4
<i>Net Lower Heating Value</i> (MJ/Kg)	43.5
Panas Laten (kJ/L)	223.2
<i>Stoichiometric air/fuel Ratio</i>	14.6
Tekanan Uap pada 23,5 °C (kPa)	60-90
<i>Motor Octane Number</i>	82-92
<i>Research Octane Number</i>	91-100

Sumber: Sudarno, 2011

Bensin yang digunakan oleh kendaraan akan menimbulkan dua masalah utama. Masalah pertama adalah asap dan ozon di kota-kota besar. Masalah kedua adalah karbon dan gas rumah kaca. Idealnya, ketika bensin dibakar di dalam mesin kendaraan, akan menghasilkan CO₂ dan H₂O saja. Kenyataannya pembakaran di dalam mesin tidaklah sempurna, dalam proses pembakaran bensin, dihasilkan juga Karbon monoksida (CO) yang merupakan gas beracun, Nitrogen oksida (NO_x) sebagai sumber utama asap di perkotaan yang jumlah kendaraannya sangat banyak dan Hidrokarbon yang tidak terbakar, sebagai sumber utama ozon di perkotaan. Karbon juga menjadi masalah, ketika karbon dibakar akan berubah menjadi CO₂ yang merupakan gas rumah kaca. Gas rumah kaca ini akan menyebabkan perubahan iklim bumi (pemanasan global), naiknya permukaan air laut karena es di kutub mencair.

Di Indonesia terdapat beberapa bahan bakar jenis *gasoline* yang memiliki nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM *gasoline* ditentukan berdasarkan nilai RON (*Research Octane Number*), yaitu:

1. Premium (RON 88)

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kuning jernih. Warna tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*). Umumnya, premium digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermesin *gasoline* seperti mobil, sepeda motor dan motor tempel. Bahan bakar ini sering juga disebut *motor gasoline* atau *petrol*.

2. Pertamax (RON 92)

Pertamax ditujukan untuk kendaraan yang mensyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbel (*unleaded*). Pertamax juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi di atas tahun 1990, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuels injection* dan *catalytic converters*.

3. Pertamax Plus (RON 95)

Jenis BBM ini memiliki nilai oktan tinggi (95). Pertamax dan Pertamax Plus dipasarkan sejak 10 Desember 2002. Pertamax Plus ditujukan untuk kendaraan berteknologi mutakhir yang mensyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan ramah lingkungan. Pertamax Plus sangat direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi ratio lebih besar dari 10,5 dan menggunakan teknologi *electronic fuels injection* (EFI), (Prihandana, 2007).

Bilangan oktan (*octane number*) merupakan ukuran dari kemampuan bahan bakar untuk mengatasi ketukan sewaktu terbakar dalam *gasoline*. Nilai bilangan 0 ditetapkan untuk n-heptana yang mudah terbakar, dan nilai 100 untuk isooktana yang tidak mudah terbakar. Bilangan oktan *gasoline* dapat ditentukan melalui uji pembakaran sampel *gasoline* untuk memperoleh karakteristik pembakarannya. Karakteristik tersebut kemudian dibandingkan dengan karakteristik pembakaran dari berbagai campuran n-heptana dan isooktana. Jika ada karakteristik yang sesuai, maka kadar isooktana dalam campuran n-heptana dan isooktana tersebut digunakan untuk menyatakan nilai bilangan oktan dari *gasoline* yang diuji (<http://id.wikipedia.org/wiki/Gasoline>).

Semakin tinggi kandungan oktan berarti mutunya semakin bagus. Nilai oktan tiap jenis *gasoline* berbeda-beda. Penentuan angka oktan diwujudkan dalam dua angka, yakni *Research Octane Number* (RON) dan *Motor Octane Number* (MON). Angka ini diperoleh dari pengujian pada mesin yang disebut *Cooperative Fuel Research*. RON diuji pada mesin dengan putaran 600 rpm dan suhu udara luar 125°F (51,6°C), sedangkan MON diuji pada putaran 900 rpm dengan suhu 100°F (37,8°C). Dengan kata lain RON memberikan gambaran mengenai unjuk kerja dalam pengendaraan biasa, sedangkan MON adalah unjuk kerja dalam kondisi pengendaraan yang lebih berat. Bilangan oktan di pasaran merupakan rata-rata aritmetis dari RON dan MON. Misalnya, *gasoline* hasil tes berskala 90, ini berarti setara dengan 90% iso-oktan dan 10% normal-heptan (Prihandana, 2007).

Nama oktan berasal dari oktana (C₈), karena dari seluruh molekul penyusun *gasoline*, oktana yang memiliki sifat kompresi paling baik. Oktana dapat dikompres sampai volume kecil tanpa mengalami pembakaran spontan, tidak seperti yang terjadi pada heptana, misalnya, yang dapat terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit. *Gasoline* dengan bilangan oktan 87, berarti *gasoline* tersebut terdiri dari 87% oktana dan 13% heptana (atau campuran molekul lainnya). *Gasoline* ini akan terbakar secara spontan pada angka tingkat kompresi tertentu yang diberikan, sehingga hanya diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang memiliki rasio kompresi yang tidak melebihi angka tersebut (<http://id.wikipedia.org/wiki/Gasoline>).

Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan aditif bensin adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan meningkatkan angka oktan pada bensin sebagai parameter utama dalam penentuan kualitas bensin.
2. Sifat-sifat fisik dan kimiawinya mendukung proses pencampuran bensin dengan baik.
3. Kemudahan dalam proses pembuatan.
4. Efek toksisitas yang ditimbulkan.
5. Kajian keekonomian dari segi harga produk dan biaya proses. (Permana, 2010).

Bilangan oktan bensin dapat juga ditingkatkan dengan cara menambah zat aditif anti ketukan, seperti *Tetra Ethyl Lead* (TEL), *Methyl Tertier Butyl Ether* (MTBE), dan etanol.

1. *Tetra Ethyl Lead* (TEL)

Salah satu anti ketukan yang hingga kini masih digunakan di negara kita adalah *Tetra Ethyl lead* (lead = timbal atau timah hitam) dengan rumus kimia $Pb(C_2H_5)_4$. Untuk mengubah Pb dari bentuk padat menjadi gas, pada bensin yang mengandung TEL ditambahkan zat aditif lain, yaitu etilen bromide (C_2H_2Br). Penambahan 2-3 mL zat ini ke dalam 1 galon bensin dapat menaikkan nilai oktan sebesar 15 poin. Untuk mengubah Pb dari bentuk padat menjadi gas pada bensin yang mengandung TEL dibutuhkan *etilen bromida* (C_2H_5Br). Efek dari penggunaan TEL ini adalah lapisan tipis timbal terbentuk pada atmosfer dan membahayakan makhluk hidup, termasuk manusia.

2. *Methyl Tertier Butyl Ether* (MTBE)

Methyl Tertier Butyl Ether (MTBE) Senyawa MTBE memiliki bilangan oktan 118. Senyawa MTBE ini lebih aman dibandingkan TEL karena tidak mengandung logam timbel. Selain dapat meningkatkan bilangan oktan, MTBE juga dapat menambahkan oksigen pada campuran gas di dalam mesin, sehingga akan mengurangi pembakaran tidak sempurna bensin yang menghasilkan gas CO. Belakangan diketahui bahwa MTBE ini juga berbahaya bagi lingkungan karena mempunyai sifat karsinogenik dan mudah bercampur dengan air, sehingga jika terjadi kebocoran pada tempat-tempat penampungan bensin (misalnya di pompa bensin) MTBE masuk ke air tanah bisa mencemari sumur dan sumber-sumber air minum lainnya.

3. Etanol adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Bioetanol merupakan etanol yang berbahan baku tumbuh-tumbuhan (biomassa) dan merupakan salah satu hasil fermentasi alkohol. Fermentasi merupakan proses perubahan karbohidrat/sakarida menjadi etanol dengan bantuan enzim yang terdapat dalam ragi (*zymase*) secara anaerob. Etanol bersifat mudah terbakar sehingga dapat dijadikan bahan bakar.

2.3 Gasohol

Bioetanol bersifat multiguna karena dicampur dengan *gasoline* pada komposisi berapapun memberikan dampak yang positif. Pencampuran bioetanol absolut sebanyak 10% dengan *gasoline* (90%) sering disebut dengan gasohol E10. Gasohol singkatan dari *gasoline* plus alkohol. Etanol absolut memiliki angka oktan 117 sedangkan *gasoline* hanya 87-88. Gasohol E10 secara proporsional memiliki *octane number* 92 atau setara pertamax. Pada komposisi ini bioetanol dikenal sebagai *octane enhancer* (aditif) yang paling ramah lingkungan dan di negara-negara maju telah menggeser penggunaan *Tetra Ethyl Lead* (TEL) maupun *Methyl Tertiary Butyl Eter* (MTBE). Hasilnya kinerja mesin juga akan meningkat. Jika mesin mengalami *knocking* karena kualitas *gasoline* yang rendah, hal tersebut akan hilang dengan penggunaan gasohol. Selain itu, penggunaan gasohol juga membuat busi dan pelumas mesin tetap bersih karena pembakarannya lebih sempurna dibandingkan dengan *gasoline* (LIPI, 2008).

Pemerintah menargetkan penggantian bahan bakar minyak dengan alkohol bisa mencapai 1,8 juta kiloliter dalam beberapa tahun ke depan. Sementara itu produksi alkohol secara nasional saat ini baru sekitar 180.000 kiloliter. Ironis jika produksi etanol masih rendah sebab Indonesia memiliki potensi bahan baku yang relatif banyak. Seharusnya Indonesia dapat menyaingi negara lain jika pemerintah sejak lama mendukung penggunaan gasohol untuk mengurangi ketergantungan impor BBM.

Bioetanol sudah sedemikian populer di banyak negara, di AS misalnya saat ini menggunakan lebih dari 57 miliar liter bioetanol sebagai campuran bahan bakar setiap tahunnya (Prihandana, 2008). Campuran bahan bakar berupa E10 atau kurang telah digunakan di lebih dari 20 negara di dunia tahun 2011, dipimpin oleh Amerika Serikat. Hampir semua *gasoline* yang dijual di Amerika Serikat pada tahun 2010 telah dicampur dengan etanol dengan kandungan 10%. Campuran etanol E20 sampai E25 telah digunakan di Brasil sejak akhir 1970-an. Etanol murni atau E100 digunakan di kendaraan bahan bakar etanol murni di Brasil (id.wikipedia.org/wiki/Campuran_bahan_bakar_etanol_umum).

Riset dan penggunaan bioetanol pada kendaraan bermotor juga sudah bisa dikatakan berhasil di Indonesia. Salah satu institusi yang mengembangkan bioetanol adalah Balai Besar Teknologi Pati, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) di Lampung. Lembaga ini memproduksi bioetanol dari ubi kayu atau singkong di Indonesia. Produk komersilnya dinamakan gasohol E10, campuran 90% premium dan 10% bioetanol dari ubi kayu. E10 sudah diuji coba sebagai campuran bahan bakar untuk berbagai kendaraan berbahan bakar *gasoline* yang ada di Indonesia. Hasil uji coba tersebut menunjukkan bahwa dengan penggunaan E10, kinerja mesin sama sekali tidak terpengaruh. Bahkan, tingkat emisi gas buang jauh lebih bersih. Kinerja E10 diyakini lebih baik daripada premium. Apabila E10 diaplikasikan, hal itu akan mengurangi penggunaan minyak sebanyak 15.890 kilo liter setiap hari. Dengan perhitungan subsidi bahan bakar sebesar Rp 2.250 per liter, penggunaan bioetanol di Indonesia dapat menghemat Rp 35,9 miliar per hari hanya dari subsidi bahan bakar (Prihandana, 2008). Namun salah satu hambatan pengembangan gasohol di Indonesia adalah persaingan penggunaan bahan baku antara minyak dan makanan. Misalnya, penggunaan singkong masih diarahkan untuk bahan baku industri tapioka. Untuk mengatasi hambatan ini, dicarilah bahan baku yang bukan merupakan bahan makanan manusia (Piarah, 2011).

Etanol murni memiliki oktan rating (RON) 117 sebagai bahan bakar etanol digunakan dengan mencampur pada *gasoline* atau dikenal sebagai Gasohol adalah singkatan dari *gasoline* alkohol yaitu campuran *gasoline* dengan etanol yang secara luas telah digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor oleh beberapa negara di dunia seperti di Brazil, Argentina, Amerika Serikat, Australia, Thailand, Filipina dan beberapa negara di Uni Eropa. Di Uni Eropa sampai tahun 2010, E-10 akan diperkenalkan sebagai *gasoline* RON 95. E-10 artinya percampuran 10% etanol dan 90% *gasoline*. Di Thailand etanol telah digunakan pada kendaraan bermotor dan telah menggantikan *gasoline* oktan tinggi mulai tahun 2007. Penghasil etanol terbesar Amerika Serikat dan Brazil. Kedua negara tersebut juga menjadi pengguna etanol terbesar sebagai bahan bakar nabati.

Gasohol yang merupakan bahan bakar alternatif diperuntukkan bagi motor *gasoline* yang umum digunakan di masyarakat. Dengan menggunakan bahan bakar gasohol, gas buang CO₂ lebih sedikit, dan tidak menghasilkan gas CO dan debu timbal yang beracun. Lagi pula, penelitian menunjukkan bahwa mesin kendaraan yang memakai gasohol menimbulkan kompresi yang lebih tinggi dari pada jika memakai *gasoline* murni. Secara termodinamis, pencampuran dari satu jenis bahan bakar terhadap bahan bakar lainnya akan memberikan pengaruh terhadap karakteristik bahan bakar yang pada akhirnya dapat berpengaruh pada unjuk kerja mesin (Piarah, 2011). Berikut ini merupakan tabel perbandingan karakteristik gasohol dengan beberapa rasio pencampuran yang berbeda:

Tabel 5. Perbandingan Karakteristik Gasohol Dengan Beberapa Rasio Pencampuran yang Berbeda

<i>Property item</i>	<i>Method</i>	<i>Test Fuels</i>				
		E0	E10	E20	E40	E60
Distillation (Vol%)						
70°C	ASTM D 86	24	40,2	39,3	37,3	18,2
100°C		46,8	53,9	66	84,2	92,5
180°C		97,6	97,3	98	98,2	98,7
Density (kg/m ³) at 15C	ASTM D 1298	764,9	768	771,5	780,6	789,5
RVP (kPa)	ASTM D 323	57,6	66,7	66,2	63	57,4
Lead Content (g/L)	ASTM D 3237	0,004	0,003	0,002	0	0
Sulfur (Wt%)	ASTM D 5453	0,012	0,017	0,022	0,026	0,032
Stoichiometric Air-Fuel Ratio (Weight)	-	14,7	14,13	13,56	12,42	11,28
Lower Heating Value (kJ/kg)	-	43,932	42,185	40,43	36,87	33,4
RON	ASTM D 2699	86,4	87,4	89,8	90,9	92,7
MON	ASTM D 2700	98,8	99,9	101,6	101,7	102,8

Sumber: Sudarno, 2011

2.4 Emisi Bahan Bakar

Emisi kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia. Komposisi dari kandungan senyawa kimianya tergantung dari kondisi mengemudi, jenis mesin, alat pengendali emisi bahan bakar, suhu operasi dan faktor lain yang semuanya ini membuat pola emisi menjadi rumit. Jenis bahan bakar pencemar yang dikeluarkan oleh mesin dengan bahan bakar *gasoline*

maupun bahan bakar solar sebenarnya sama saja, hanya berbeda proporsinya karena perbedaan cara operasi mesin. Secara visual selalu terlihat asap dari knalpot kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar, yang umumnya tidak terlihat pada kendaraan bermotor dengan bahan bakar *gasoline*. Walaupun gas buang kendaraan bermotor terutama terdiri dari senyawa yang tidak berbahaya seperti nitrogen, karbon dioksida dan uap air, tetapi didalamnya terkandung juga senyawa lain dengan jumlah yang cukup besar yang dapat membahayakan gas buang membahayakan kesehatan maupun lingkungan.

Bahan pencemar yang terutama terdapat didalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NO_x) dan sulfur (SO_x), dan partikulat debu termasuk timbel (PB).

1. Emisi senyawa hidrokarbon (HC)

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR=*Air-to-Fuel-Ratio*) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat “bersembunyi” dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi.

2. Emisi karbon monoksida (CO)

Gas karbon monoksida adalah gas yang relatif tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Karbon monoksida, dapat diubah dengan mudah menjadi CO₂ dengan bantuan sedikit oksigen dan panas.

3. Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik.

4. Oksigen (O₂)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO_2 . Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon.

5. Emisi Senyawa NO_x

Senyawa NO_x adalah ikatan kimia antara unsur nitrogen dan oksigen. Dalam kondisi normal atmosphere, nitrogen adalah gas inert yang amat stabil yang tidak akan berikatan dengan unsur lain. Senyawa NO_x ini sangat tidak stabil dan bila terlepas ke udara bebas, akan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk NO_2 . Inilah yang amat berbahaya karena senyawa ini amat beracun dan bila terkena air akan membentuk asam nitrat. Bahan bakar tertentu seperti hidrokarbon dan timbel organik, dilepaskan ke udara karena adanya penguapan dari sistem bahan bakar. Lalu lintas kendaraan bermotor, juga dapat meningkatkan kadar partikular debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban dan rem. Setelah berada di udara, beberapa senyawa yang terkandung dalam gas buang kendaraan bermotor dapat berubah karena terjadinya suatu reaksi, misalnya dengan sinar matahari dan uap air, atau juga antara senyawa-senyawa tersebut satu sama lain. Proses reaksi tersebut ada yang berlangsung cepat dan terjadi saat itu juga di lingkungan jalan raya, dan ada pula yang berlangsung dengan lambat (Tugaswati, 2008). Berikut ini merupakan gambar dari pencemaran yang terjadi karena emisi gas buang dari kendaraan:



Gambar 2. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan

Sumber: Redaksi Batamtoday, 2013

Gasoline adalah senyawa hidrokarbon yang berisi hidrogen dan atom karbon. Pada mesin yang baik, oksigen mengubah semua hidrogen menjadi air dan mengubah semua karbon menjadi karbon dioksida. Kenyataannya, proses pembakaran ini tidak selamanya berlangsung sempurna. Akibatnya, mesin mobil mengeluarkan beberapa jenis polutan yang berbahaya, seperti hidrokarbon, oksida nitrogen, karbon monoksida, oksida belerang, dan yang paling berbahaya adalah timbel. Senyawa hidrokarbon dilepaskan udara karena molekul ini tidak terbakar sepenuhnya. Jika bercampur atau bersentuhan dengan oksida nitrogen dan matahari, hidrokarbon berubah bentuk menjadi asap yang memedihkan mata, mengganggu tenggorokan dan saluran pernafasan. karena zat besi Fe dalam Hb memicu daya tarik CO menjadi 200 kali lebih besar daripada karbon monoksida juga produk dari pembakaran yang tidak sempurna. Jika terhirup manusia, gas ini sangat mempengaruhi distribusi oksigen darah dalam jantung. Gas CO mudah sekali menyatu dengan Hb darah, meskipun dalam kadar yang rendah. Ini terjadi karena zat besi (Fe) dalam Hb memicu daya tarik CO menjadi 200 kali lebih besar daripada daya tarik O₂. Peningkatan CO dalam Hb hanya sampai 9% dalam waktu 1 sampai 2 menit bisa menimbulkan kekurangan oksigen di jantung serta terhalangnya penambahan oksigen di pembuluh darah koroner.

Unsur yang paling berbahaya adalah timbel (Pb). Penelitian kedokteran menunjukkan, meski dalam dosis yang rendah tetapi bila paparannya sangat tinggi racun ini bisa mengakibatkan kerusakan di otak, ginjal dan gangguan gastrointestinal. Pada tahun 1921 di USA, timbel atau timah hitam dalam bentuk *Tetra Ethyl Lead* (TEL) pertama kali ditemukan dan dicampurkan dalam *gasoline* oleh Thomas Midgley di pusat riset *General Motors*. Timbel dengan rumus kimia (C₂H₅)₄Pb, yang ditambahkan ke dalam *gasoline* ternyata memiliki 2 fungsi, yaitu sebagai bahan aditif untuk meningkatkan nilai oktan bahan bakar yang bermutu rendah. Gunanya untuk mengurangi letupan di dalam mesin atau menghilangkan proses *knocking* pada saat proses pembakaran. Timbel juga memiliki kegunaan sebagai pelumas antara katup mesin dengan dudukannya. Jadi, timbel bermanfaat untuk mempertahankan umur mesin mobil. Timah hitam yang dicampurkan dalam *gasoline* dapat membentuk bantalan empuk berwarna hitam, sehingga kedudukan

katup mesin tidak cepat aus. Dampaknya, mesin menjadi awet dan tahan lama, tetapi berdampak negatif terhadap kesehatan manusia (Prihandana, 2007).

Reaksi kimia di atmosfer kadangkala berlangsung dalam suatu rantai reaksi yang panjang dan rumit, dan menghasilkan produk akhir yang dapat lebih aktif atau lebih lemah dibandingkan senyawa aslinya. Sebagai contoh, adanya reaksi di udara yang mengubah nitrogen monoksida (NO) yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor menjadi nitrogen dioksida (NO₂) yang lebih reaktif, dan reaksi kimia antara berbagai oksida nitrogen dengan senyawa hidrokarbon yang menghasilkan ozon dan oksida lain, yang dapat menyebabkan asap awan fotokimi (*photochemical smog*). Pembentukan *smog* ini kadang tidak terjadi di tempat asal sumber (kota), tetapi dapat terbentuk di pinggiran kota. Jarak pembentukan *smog* ini tergantung pada kondisi reaksi dan kecepatan angin (Tugaswati, 2008). Berikut ini merupakan tabel SNI ambang batas emisi kendaraan yang diizinkan berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006:

Tabel 6. SNI Ambang Batas Emisi pada Kendaraan Bermotor

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda Motor 2 Langkah	< 2010	4.5	12000	Idle
Sepeda Motor 4 Langkah	< 2010	5.5	2400	Idle
Sepeda Motor (2 Langkah dan 4 Langkah)	≥ 2010	4.5	2000	Idle

Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2006