

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Bahan Bakar

Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis bahan bakar diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut, untuk digunakan baik secara langsung maupun tak langsung (sumber. <http://chemeng.ui.id/pdf>, diakses tanggal 11/11/2014).

“Bahan bakar (*fuel*) merupakan senyawa kimia yang tersusun atas karbon dan hidrogen, bila direaksikan dengan oksigen pada tekanan suhu tertentu akan menghasilkan produk berupa gas dan energi”. (tjokrowisastro dan widodo.1990:1)

Klasifikasi bahan bakar menurut kondisi fisik antara lain :

1. Padat
 - a. Batu bara
 - b. Kayu
 - c. Arang
 - d. Kokas, dan
 - e. Ampas (*bagasse*)
2. Cair:
 - a. Minyak dan mineral / tambang (minyak bumi) misalnya Bensin, solar, minyak tanah, dan minyak residu.
 - b. Minyak dari peragian, misalnya : Ethlalkohol (ethanol), dan methylalkohol (methanol)
 - c. Minyak sintetis

3. Gas
 - a. Natural gas
 - b. Coal gas
 - c. Bio gas

Sumber: tjokrowisastro dan widodo (Aziz Fauzan,2014:11)

2.1.1 Bahan Bakar Bensin

Bensin dibuat dari minyak bumi mentah (*crude oil*), yaitu cairan yang berwarna hitam yang di pompa dari perut bumi dan biasanya disebut mutiara hitam. Cairan ini mengandung hidrokarbon. Atom-atom karbon dalam minyak mentah saling berhubungan, membentuk rantai dengan panjang yang berbeda-beda (Prihandana dkk, 2007:3),. Bertambahnya panjang rantai hidrokarbon akan menaikkan titik didinya, sehingga kita bisa memisahkan hidrokarbon ini dengan cara destilasi, prinsip inilah yang diterapkan di pengilangan minyak untuk memisahkan berbagai fraksi hidrokarbon dari minyak mentah.

2.1.2 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna 1 kilogram atau satu satuan berat bahan bakar padat atau cair atau 1 meter kubik atau 1 satuan volume bahan bakar gas, pada keadaan baku.

- a. Nilai kalor atau "*gross heating value*" atau "*higher heating value*" adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan berat bahan bakar padat atau cair, atau satu satuan volume bahan bakar gas, pada tekanan tetep, suhu 25°C. apabila semua air

yang mula –mula berwujud cair setelah pembakaran mengembun menjadi cair kembali.

- b. Nilai kalor bawah atau "*net heating value*" atau "*lower heating value*" adalah kalor yang besarnya sama dengan nilai kalor atas dikurangi kalor yang diperlukan oleh air yang terbentuk dari pembakaran.

(www.chemeng.ui.ac.id.pdf, diakses pada 16/11/2014).

2.1.3 Titik Nyala (*flash point*)

"*flash point*" adalah suhu dimana bahan bakar terbakar dengan sendirinya oleh udara sekelilingnya disertai kilatan cahaya. Untuk menentukan kapan minyak terbakar sendiri, Pensky-Martens memakai sistem "*closed cup*", sedang Cleveland memakai "*open cup*". Uji dengan *open cup* menunjukkan angka 20-30°F lebih tinggi dari pada dengan *closed cup*. (www.chemeng.ui.ac.id.pdf, diakses pada 16/11/2014).

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan pada nyala api.

2.1.4 Titik Tuang "*pour point*"

Titik tuang adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masi dapat mengalir karena gravitas. Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari prosedur penimbunan dan pemakaian dari bahan bakar minyak. Hal ini dikarenakan bahan bakar minyak sering kali sulit untuk di pompa, apabila suhunya telah dibawah titik tuang.

2.1.5 Viskositas

Viskositas adalah kebalikan fluiditas atau daya mengalir. Makin tinggi viskositas makin sukar mengalir. Mengingat kecepatan mengalir juga tergantung pada berat jenis maka pengukuran viskositas demikian dinyatakan sebagai “viskositas kinematik”. Satuan viskositas antara lain: poise, gram/cm detik atau dengan skala *saybolt*.

2.1.6 Berat Jenis (Densitas)

Berat jenis / densitas adalah perbandingan antara berat dalam volume tertentu pada suhu standar, dengan berat volume yang sama dari air murni pada suhu yang sama pula. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut picnometer. Densitas dari suatu bahan bakar minyak selalu berubah-ubah karena sangat bergantung pada asal minyak mentahnya dan proses pengilangannya

Berat jenis dinyatakan dalam gram per ml, dalam derajat API, dalam lb (baca: "pound") per galon, atau lb per cuft, dan derajat Baume. Berat jenis disingkat sp, gr, atau sg. Definisi : perbandingan berat bahan bakar terhadap berat air, diukur pada 60°F. yang pada suhu tersebut berat air = 62.4 lb/cuft. Sg bahan bakar cair berubah oleh suhu, karena adanya ekspansi, terlebih-lebih sg bahan bakar gas.

2.1.7 Bilangan Oktan

Bilangan oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan tingkat ketangguhan bahan bakar terhadap knocking atau suatu bilangan yang menunjukkan kemampuan menghindari terbakarnya campuran udara dan bahan bakar sebelum waktunya. Jika campuran udara bahan bakar terbakar sebelum waktunya akan menimbulkan fenomene knocking

yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin.

Bilangan oktan suatu bensin dapat di tentukan melalui uji pembakaran sampel bensin 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 dari isooktana tersebut digunakan untuk menyatakan nilai bilangan oktan dari bensin yang diuji. Untuk menaikkan oktan ada beberapa hal yakni dengan mengubah rantai lurus dalam fraksi bensin menjadi hidrokarbon rantai bercabang melalui proses reforming contohnya mengubah n-oktan menjadi isooktana atau mungkin dengan menambahkan aditif anti ketukan kedalam bensin bensin untuk memperlambat pembakaran bensin. Dulu digunakan senyawa timbale (Pb), tetapi karena sifat yang beracun maka penggunaanya sudah dilarang dan diganti dengan senyawa organik seperti etanol dan MTBE. (Methyl Tertiary Butyl Ether)

Angka dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu RON dan MON. RON = *Research Oktan Number* yaitu angka oktan yang didapat dengan melakukan pengujian di 600rpm, sedangkan MON = motor octane number yaitu angka oktan yang didapat dengan melakukan pengujian pada kondisi kerja motor yang lebih *extreme* yaitu 900 rpm dan biasanya hasilnya lebih rendah 10 point dibandingkan dengan RON. (sumber <http://tangomotor.com/artikel/oktan/html>. diakses pada 16/11/2014).

2.2 Ethanol

Etanol (disebut juga etil-alkohol atau alkohol saja), adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifatnya yang tidak beracun bahan ini hanya dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makana dan minuman. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas. Bahan ini dapat memabukkan jika diminum. Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O . Ia merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan "Et" merupakan singkatan dari gugus etil (C_2H_5). Titik didih etanol adalah $78,5^\circ C$ dan titik beku $-114,5^\circ C$. (sumber [http//id.wikipedia.org/wiki/etanol](http://id.wikipedia.org/wiki/etanol)/di akses 16/11/2014)

Salah satu bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bensin adalah etanol. Ethanol yang sering juga disebut etil-alkhol rumusan kimianya adalah C_2H_6OH , bersifat cair pada temperatur kamar. Ethanol dapat dibuat dari proses pemasakan, fermentasi dan destilasi beberapa jenis tanaman seperti tebu, jagung, singkong, atau tanaman yang kandungan karbohidratnya tinggi. Bahkan dalam beberapa penelitian ternyata etanol juga dapat dibuat dari sulosa atau limbah hasil pertanian (biomassa). Sehingga ethanol memiliki potensi cukup cerah sebagai pengganti bensin.

2.3 Bioetanol

Menurut Triwahyuni dan Addi prassetya Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak

premium. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif gasohol yang merupakan campuran antara bensin dan bioetanol. Adapun manfaat pemakaian gasohol di Indonesia yaitu : memperbesar basis sumber daya bahan bakar cair, mengurangi impor BBM, menguatkan *security of supply* bahan bakar meningkatkan kesempatan kerja, berpotensi untuk mengurangi ketimpangan pendapatan antara individu dan antar daerah, meningkatkan kemampuan nasional dalam teknologi pertanian dan industri, mengurangi kecenderungan pemanasan global dan pencemaran udara (bahan bakar ramah lingkungan) dan berpotensi mendorong ekspor komoditi baru.

Adapun konveksi biomassa sebagai tanaman tersebut menjadi bioetanol adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 konversi Biomassa Menjadi Bioethanol

Biomassa (kg)	kandungan gula (kg)	Jumlah Hasil bioethanol (liter)	Biomassa : Bioethanol
Ubi kayu 1.000	250-300	166.6	6,5 : 1
Ubi jalar 1.000	150-200	125	8 : 1
Jagung 1.000	600-700	400	2,5 : 1
Sagu 1.000	120-160	90	12 : 1
Tetes 1.000	500	250	4 : 1

Sumber : Balai Besar Teknologi Pati-BPPT 2006, di akses tanggal 16/11/2014)

2.3.1 Standar Bioetanol

Standar mutu merupakan pedoman untuk melakukan control bagi produsen dan sekaligus hak dari konsumen atas suatu produk yang dipakai. Produk *biofuel* baik sebagai bioetanol murni maupun campurannya dengan bensin yang dijual dipasaran harus memenuhi standar mutu bioetanol dan bensin yang berlaku di dalam negeri maupun di tingkat internasional. Standar bioetanol yang berlaku (berdasarkan spesifikasi premium) adalah mengacu kepada ASSTM (*American Standart Testing of Materials*). Diperlukan standar yang cocok dengan kondisi indonesia. Bioetahnol di indonesia diperoleh dari ubi kayu, ubi jalar, sagu, tebu, dan jagung dan lain-lain. Pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM juga harus menerapkan spesifikasi secara wajib. Sebagaimana dengan bahan bakar minyak (BBM), pemanfaatan *biofuel* sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM masyaratkan penerapan spesifikasi dan standar mutu, yang saat ini mengacu Keputusan Dirijen Migas No.23204.k/10/DJM.S/2008, tentang standard an mutu (sepesifikasi) Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) jenis bioetanol sebagai bahan bakar lain yang dipasarkan di dalam Negeri, serta mengacu SNI 7390:2008. Sepesifikasi dan standarmutu BBM di atur dalam Keputusan Dirijen Migas No.3674K/24/DJM/2006 (Yanni, Anwar. 2009).

Pengujian bioetanol dilakukan sesuai parameter dan metode uji sesuai SNI 7390:2008 seperti disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Standar Nasional indonesia Bioetanol

No	Parameter	Metode uji
1	Kadar etanol	sub 11.1 SNI 7390:2008
2	Kadar methanol	sub 11.1 SNI 7390:2008

3	Kadar air	sub 11.2 SNI 7390:2008
4	Kadar denaturan	sub 11.3 SNI 7390:2008
5	Temabaga (Cu)	sub 11.4 SNI 7390:2008
6	Keasaman sabagai CH ₃ COOH	sub 11.5 SNI 7390:2008
7	Tampakan	Pengamatan visual
8	Ion klorida	sub 11.6 SNI 7390:2008
9	Kandungan belerang (S ₀)	sub 11.7 SNI 7390:2008
10	Getah (gum), dicuci	sub 11.8 SNI 7390:2008
11	pH	sub 11.9 SNI 7390:2008

Sumber : Yanni, Anwar :2009

2.4 Bahan Baku

2.4.1 Buah Maja

Maja (aegle marmelos (L.)Correa, suku jeruk-jerukan atau Rutaceae) adalah tumbuhan berbentuk pohon yang tahan lingkungan keras tetapi mudah luruh daunnya dan berasal dari daerah Asia tropika dan subtropika.Tanaman ini biasanya dibudidayakan di pekarangan tanpa perawatan dan dipanen buahnya.Maja masih berkerabat dekat dengan kawista.Di Bali dikenal sebagai bila. Di Pulau Jawa, maja sering kali dipertukarkan dengan berenuk, meskipun keduanya adalah jenis yang berbeda.

Tanaman ini mampu tumbuh dalam kondisi lingkungan yang keras, seperti suhu yang ekstrem; misalnya dari 49°C pada musim kemarau hingga -7 °C pada musim dingin di Punjab (India), pada ketinggian tempat mencapai +1.200m. Di Asia Tenggara, maja hanya dapat berbunga dan berbuah dengan baik jika ada musim kering yang kentara, dan tidak biasa dijumpai pada elevasi di atas 500 m. Maja mampu

beradaptasi di lahan berawa, di tanah kering, dan toleran terhadap tanah yang agak basa (salin).

Warna kulit luar buah maja berwarna hijau tetapi isinya berwarna kuning atau jingga. Aroma buahnya harum dan cairannya manis, bertentangan dengan anggapan orang bahwa rasa buah maja adalah pahit.

Selain itu, buah maja juga sering dipertukarkan dengan buah berenuk yang terkadang juga disebut buah maja. Bahkan kedua buah ini sama-sama menjadi maskot Mojokerto, Jawa Timur. Buah maja (*Aegle marmelos*) menjadi maskot kota Mojokerto, sedang buah berenuk (*Crescentia cujete*) menjadi maskot kabupaten Mojokerto.

Berikut ini adalah klasifikasi ilmiah buah maja

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Upakelas	: Rosidae
Ordo	: Sapindales
Famili	: Rutaceae
Genus	: <i>Aegle</i>
Spesies	: <i>Aegle marmelos</i> .



Gambar 2.1 Buah maja (*Aegle marmelos*)

Tabel 2.3 komposisi kimia buah maja

No	Komposisi kimia	Kadar/100 gram buah
1	Kadar air %	61,5
2	Protein (gr)	1,8
3	Lemak (gr)	0,39
4	Karbohidrat (gr)	31,8
5	Abu (gr)	1,7
6	Karoten (mg)	55
7	Tiamin (mg)	0,13
8	Riboflavin (mg)	1,19
9	Niasin (mg)	1,1
10	Vitamin C (mg)	8

2.5 Proses Produksi

2.5.1 Ragi

Ragi atau fermentasi merupakan zat yang menyebabkan fermentasi. Ragi biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi mikroorganisme tersebut. Media biakan ini dapat berbentuk butiran-butiran kecil atau cairan nutrisi. Ragi umumnya digunakan dalam industri makanan untuk membuat makanan dan minuman hasil fermentasi seperti acar, tempe, tape, roti, dan bir.

Mikroorganisme yang digunakan di dalam ragi umumnya terdiri atas berbagai bakteri dan fungi (khamir dan kapang), yaitu *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Amylomyces*, *Endomycopsis*, *Saccharomyces*, *Hansenula anomala*, *Lactobacillus*, *Acetobacter*, dan sebagainya.

2.5.2 Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel keadaan *anaerobik* (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi *anaerobik*, akan tetapi

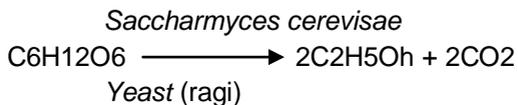
terdapat difenisi yang lebih jelas mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan *anaerobik* dengan tanpa *akseptor elektron eksterna*.

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi *ethanol/bioethanol* (alkohol) dengan menggunakan *yeast*. alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi ini, biasanya alkohol dengan kadar 8 sampai 10 persen volume. Sementara itu, bila fermentasi tersebut digunakan bahan baku gula (molasses), proses pembuatan *ethanol* dapat lebih cepat.

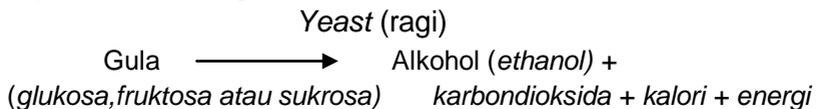
Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat, *glukosa* (C₆H₁₂O₆) yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan *ethanol* (2C₂H₅OH). suhu medium fermentasi merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam proses produksi *ethanol*.

(sumber :<http://id.wikipedia.org/wiki/fermentasi>, diakses pada 16/11/2014)

Persamaan Reaksi Kimia



Dijabarkan sebagai



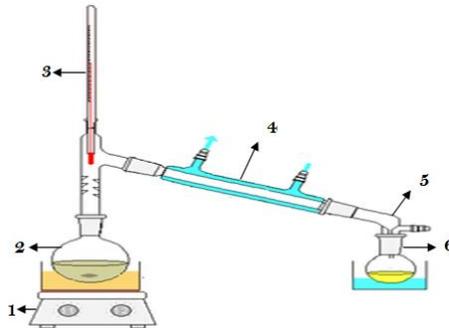
Alkohol yang dihasilkan dari proses fermentasi biasanya masih mengandung gas-gas antara lain CO₂ (yang ditimbulkan dari perubahan *glucose* menjadi *ethanol/bioethanol*) yang perlu dibersihkan. Gas CO₂ pada hasil fermentasi tersebut biasanya mencapai 35 persen

volume, sehingga untuk memperoleh *ethanol/bioetanol* yang berkualitas baik, *ethanol/bioethanol* tersebut harus dibersihkan dari gas tersebut.

Pada proses pembersian (*washing*) CO₂ dilakukan dengan menyaring *ethanol/bioethanol* yang terikat oleh CO₂ sehingga dapat diperoleh *ethanol/bioethanol* yang bersih dari gas CO₂. Kadar *ethanol/bioethanol* yang dihasilkan dari proses fermentasi, biasanya hanya mencapai 8 sampai 10 persen saja, sehingga untuk memperoleh *ethanol* yang berkadar 95 persen diperlukan proses lainnya yaitu proses destilasi (Nurdyastuti, www.google.co.id?hl=ad&q=destilasi+ethanol&BtnG=Telusuri&meta, diakses pada 16/11/2014).

2.5.3 Destilasi

Destilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi adanya reaksi kimia selama proses berlangsung. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Metode ini termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan. Masing-masing komponen akan menguap pada titik didinya (titik didih *ethanol* 78°C).



Gambar 2.2 Alat Distilasi Sederhana

Sumber : simple_distillation_apparatus.html

Keterangan gambar :

1. Kompor
2. Gelas labu
3. Thermometer
4. *Condensor Liebing*
5. *Conentor*
6. gelas ukur

distilasi dilakukan untuk memisahkan ethanol dari beer (sebagian besar adalah air dan *ethanol*). Titik didih *ethanol* murni adalah 78°C , sedangkan air adalah 100°C (kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu $78\text{-}100^{\circ}\text{C}$ akan mengakibatkan sebagian *ethanol* menguap, dan melalui unit kondensor akan bisa dihasilkan *ethanol* dengan konsentrasi 95% volume.

(sumber:<http://chemistry35.blogspot.com/2011/08/pengertiandestilasi.html> diakses tanggal 17/11/2014).

2.5.4 Silika Gel

Silika gel adalah butiran seperti kaca dengan bentuk yang sangat perpori, silika dibuat secara sintesis dari natrium

silika. Walaupun namanya, silika gel padat. Silika gel adalah mineral alami yang dimurnikan dan diolah menjadi salah satu bentuk butiran atau manik-manik. Sebagai pengering, ia memiliki ukuran pori rata-rata 2,4 nanometer dan memiliki afinitas yang kuat untuk molekul air.

Silika gel merupakan suatu bentuk dari silika yang dihasilkan melalui pengumpalan sol natrium silika (NaSiO_2). Sol mirip agar-agar ini didapat didehidrasi sehingga berubah menjadi padat atau butiran padatan atau butiran mirip kaca yang bersifat tidak elastis. Sifat ini menjadikan silika gel dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering dan penopang katalis. Garam-garam kobalt dapat diabsorpsi oleh gel ini.



Gambar. 2.3 silika gel

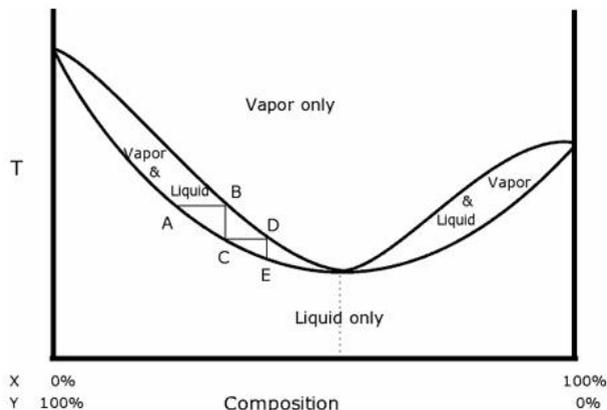
Silika gel adalah substansi-substansi yang digunakan untuk menyerap kelembapan dan cairan pertikel dari ruang yang berudara/bersuhu. Silika gel juga membantu menahan kerusakan pada barang-barang yang mau disimpan terhadap kelembapan.

Silika gel yang siap digunakan berwarna biru. Ketika silika gel telah menyerap banyak kelembapan, ia akan berubah warnanya menjadi merah muda. Ketika ia berubah menjadi warna merah muda, ia tidak bisa lagi menyerap

kelembapan, ia harus di generasi. Hal ini dapat dilakukan dengan menghangatkannya di dalam mesin oven. Panasnya mengeluarkan kelembapan, lalu ia akan berubah warna menjadi biru dan kembali bisa di gunakan.

2.5.5 Azeotrop

Azeotrop merupakan campuran 2 atau komponen pada komposisi tertentu dimana komposisi tersebut tidak bisa berubah hanya melalui distilasi biasa. Ketika campuran *azeotrop* dididkan, fasa uap yang dihasilkan memiliki komposisi yang sama dengan fasa cairnya. Campuran *azeotrop* ini sering disebut juga *constant boiling mixture* karena komposisinya yang senantiasa tetap jika campuran tersebut dididkan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar dibawah ini.



Grafik 2.4 azeotrop

Sumber : wahyu Hidayat 13 November 2007 Diakses dari Majari Magazine.

Titik A pada pada kurva merupakan *boiling point* campuran pada kondisi sebelum mencapai azeotrop.

Campuran kemudian dididihkan dan uapnya dipisahkan dari sistem kesetimbangan uap cair (titik B). Uap ini kemudian didinginkan dan terkondensasi (titik C). Kondensat kemudian dididihkan, didinginkan, dan seterusnya hingga mencapai titik azeotrop. Pada titik azeotrop, proses tidak dapat diteruskan karena komposisi campuran akan selalu tetap. Pada gambar di atas, titik azeotrop digambarkan sebagai pertemuan antara kurva saturated vapor dan saturated liquid. (ditandai dengan garis vertikal putus-putus).