

# DISTILASI BERTINGKAT BIOETANOL DARI BUAH MAJA (*Aegle Marmelos L.*)

Moh. Arif Batutah

Jurusan Teknik Mesin, FT- Universitas Muhammadiyah Surabaya

Email : [arif.btth@gmail.com](mailto:arif.btth@gmail.com)

## ABSTRACT

*This research of bioethanol processed from fruit maja (Aegle Marmelos L.), the process consists of two stages of fermentation and ethanol fractional distillation for the separation of water with a temperature of 78 ° C. The fermentation process 5-day produces ethanol content of 60% in the first distillation, fractional distillation is then performed to obtain the ethanol content above 90% and 4 times distilled into ethanol optimal levels above 90%. This distillation produces ethanol content of 92%. etonal content analysis results obtained 92.19%,  $\mu$  1.498,  $\rho$  0.8371 , 9546.223 calorific value, flash point: +21, pour point 60 °C not frozen and PH 5.*

**Keywords:** Fruit Maja, Fermentation, Distillation, Bioethanol

## ABSTRAK

Penelitian terkait proses bioethanol yang berasal dari buah Maja (*Aegle Marmelos L.*), memiliki dua tahap proses, yaitu fermentasi dan destilasi fraksi zat pada suhu 78° C untuk pemisahan kandungan ethanol dan air. Proses fermentasi 5 hari menghasilkan kadar etanol 60% pada distilasi pertama, kemudian dilakukan distilasi fraksional lanjutan untuk mendapatkan kandungan etanol diatas 90%, dan dilanjutkan dengan destilasi empat kali untuk menghasilkan tingkat optimal etanol 90%. Distilasi yang telah dilakukan, mampu menghasilkan kadar etanol 92%. Hasil keseluruhan analisis kandungan etonal diperoleh 92,19%,  $\mu$  adalah 1.498,  $\rho$  adalah 0.8371 , nilai kalor adalah 9546.223, flash point: +21, pada titik suhu 60 °C tidak beku, dan PH 5.

**Keywords:** Bioethanol, Buah Maja (*Aegle Marmelos L.*), Distilasi, Fermentasi.

## PENDAHULUAN

Energi mempunyai peranan penting yang sangat besar dalam kehidupan manusia di dunia. Dengan energi semua aktivitas manusia akan dapat berjalan lancar. Oleh karena itu, untuk mencukupi kebutuhan energi tersebut dalam beberapa abad terakhir, manusia telah berupaya untuk mencari dan memanfaatkan sumber-sumber energi yang ada di alam. Salah satu energi yang sering digunakan dalam aktivitas manusia adalah minyak bumi dan semua olahannya, seperti premium, solar, minyak tanah, dan lain-lain, kebutuhan energi dari bahan bakar minyak (BBM) di berbagai Negara di dunia dalam tahun terakhir ini mengalami peningkatan tajam. Tidak hanya pada negara – negara maju, tetapi juga di negara berkembang seperti indonesia. Untuk mengantisipasi terjadinya krisis BBM pada masa yang akan datang, saat ini telah dikembangkan pemanfaatan bioethanol sebagai sumber energi terbarukan, contoh untuk pembuatan *bioethanol* dan *gasohol*.

Baru –baru ini pemerintah telah melaksanakan program kebijakannya yaitu konversi minyak tanah ke gas. Hal ini menandahi bahwa energi fosil sudah tidak layak lagi digunakan dimasa depan karena jumlahnya yang semakin sedikit dan dampaknya yang tidak ramah lingkungan. Gas buang yang ditimbulkan pada mesin- mesin kendaraan mengakibatkan terjadinya lubang pada lapisan *ozon* sehingga menyebabkan terjadinya pemaasan global. Kemudian masyarakat mulai beralih mencari energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan sebagai pengganti energi fosil. *Bioethanol* diharapkan mampu menggantikan fungsi bahan bakar yang selama ini didominasi oleh bahan bakar fosil. Dari peneltian yang dilakukan oleh Mustohar (2012;55, disimpulkan bahwa *bioethanol* yang berbahan baku 1250 gr limbah jerami nangka menghasilkan kadar etanol sebesar 95,5% sebanyak 250 ml. Penelitian yang serupa dilakukan oleh Listyowati (2012:50), disimpulkan bahwah bioethanol yang berbahan baku 750 gr biji mangga

---

menghasilkan kadar etanol sebesar 94.28% sebanyak 250 ml. Dan pada penelitian ini akan mencoba membuat bioethanol yang serupa apakah dengan fermentasi dan destilasi bertingkat akan menghasilkan bioethanol dengan kadar lebih besar dari penelitian-penelitian sebelumnya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Bioethanol

Bioethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioethanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif gasohol yang merupakan campuran antara bensin dan bioethanol. 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.

### Standar Bioethanol

Standar mutu merupakan pedoman untuk melakukan control bagi produsen dan sekaligus hak dari konsumen atas suatu produk yang dipakai. Produk *biofuel* baik sebagai bioethanol murni maupun campurannya dengan bensin yang dijual dipasaran harus memenuhi standar mutu bioethanol dan bensin yang berlaku di dalam negeri maupun di tingkat internasional. Standar bioethanol yang berlaku (berdasarkan spesifikasi premium) adalah mengacu kepada ASSTM (*American Standard Testing of Materials*). Diperlukan standar yang cocok dengan kondisi Indonesia. Bioethanol di Indonesia diperoleh dari ubi kayu, ubi jalar, sagu, tebu, dan jagung dan lain-lain.

### 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 bersuhu ekstrem; misalnya dari 49°C pada musim kemarau hingga -7 °C pada musim dingin, pada ketinggian mencapai +1.200m. Di Asia Tenggara, maja hanya dapat berbunga dan berbuah dengan baik jika musim kering 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.

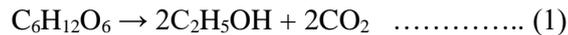
Warna kulit luar buah maja berwarna hijau tetapi isinya berwarna kuning atau jingga. Aroma buahnya harum dan cairannya manis tetapi rasa buah maja pahit.

### Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel keadaan *anaerobik* (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi *anaerobik*, akan tetapi terdapat definisi yang lebih jelas mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan *anaerobik* dengan tanpa *akseptor elektron eksternal*.

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.

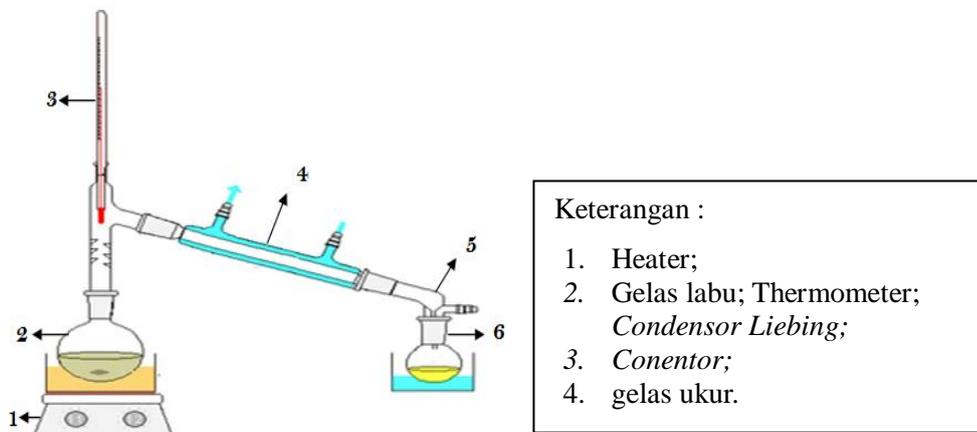
Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat, *glukosa* (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan *ethanol* (2C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).suhu medium fermentasi merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam proses produksi *ethanol*. *Saccharmyces cerevisiae*



### Distilasi

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).

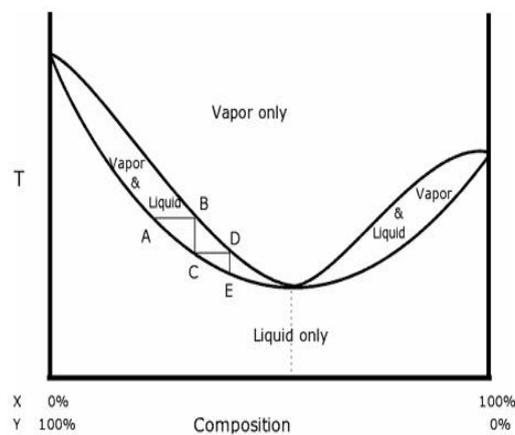
Distilasi dilakukan untuk memisahkan *ethanol* dari *beer* (sebagian *beer* (sebagian besar adalah air dan *ethanol*). Titik didih *ethanol* murni adalah 78°C, sedangkan air adalah 100°C (kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu 78-100°C akan mengakibatkan sebagian *ethanol* menguap, dan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



Gambar 1. Alat Distilasi Sederhana

### Azeotrop

*Azeotrop* merupakan campuran komponen pada komposisi tertentu dimana komposisi tersebut tidak bisa berubah hanya melalui distilasi biasa. Ketika campuran *azeotrop* dididihkan, fasa uap yang dihasilkan memiliki komposisi yang sama dengan fasa cairnya. Campuran *azeotrop* ini sering disebut juga *constant boiling mixture*.

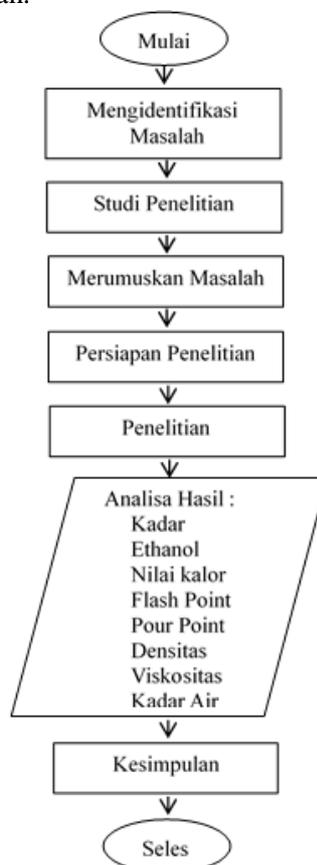


Gambar 2. Grafik azeotrop

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).

## METODE

Berikut diagram alir dalam penelitian.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

### Operasional Variabel

Variabel bebas pada penelitian ini adalah memvariasi jumlah perbandingan antara berat buah maja, air, ragi waktu fermentasi :

Tabel 1. Jumlah percobaan fermentasi

Berat (gr)	Air (ml)	Ragi (gr)	Waktu (hari)
250	500	5	5
250	500	10	5
250	500	15	5
250	500	20	5
250	500	25	5

### Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini antara lain

- Ragi fermentasi yang digunakan jenis ragi *saccharomyces cerevisiae*.
- Berat buah maja proses fermentasi adalah 250 gr.
- Suhu proses fermentasi adalah suhu ruangan/suhu kamar.
- Suhu proses distilasi dibuat tetap maksimal yaitu 78°C.

### Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah persentase kadar Ethanol, Nilai kalor, Flash Point, Pour Point, Densitas, Viskositas, Kadar Air, dan PH.

### Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperlukan adalah komposisi buah maja, jumlah air dan ragi agar memperoleh *ethanol* dengan kadar yang maksimal. Setelah itu, baru dilakukan pengujian karakteristik dari *bioethanol* tersebut di laboratorium.

### Prosedur Kerja

Pemisahan antara kulit luar dan daging buah, timbang daging buah seberat 250 gr, masukan kedalam blender di tambahkan air murni seberat 500 ml, selanjutnya dileburkan sampai menjadi halus dan di tambahkan ragi, masukan kedalam jurigen berkapasitas 5 liter.

Proses diatas diulangi sampai menghasilkan beberapa sampel yang akan dilakukan analisa, sampel mana yang akan menghasilkan kadar *ethanol* tertinggi dengan perbandingan berat ragi 5, 10, 15, 20 atau 25 gr pada proses fermentasi.

### Destilasi

Proses yang dilakukan dalam proses distilasi ini adalah sebagai berikut :

- Memasang *thermocontrol* pada kompor listrik untuk mengatur suhu
- Menyiapkan labu distilasi dengan kapasitas 1000 ml dan labu penampung hasil distilasi serta *condesor liebong* sebagai pendingin pada proses penguapan.
- Hasil fermentasi dimasukan kedalam labu distilasi, kemudian proses distilasi dimulai dengan memanaskan pada suhu 78°C atau menggunakan titik didih alkohol.
- Pengambilan data kadar *ethanol* dilakukan 50 ml pertama hasil destilasi, kemudian dilakukan pengujian kadar *ethanol* menggunakan *alcoholmeter*.

- e. Untuk proses pengujian karakteristik *bioethanol*, maka proses destilasi harus mencapai kadar *ethanol* diatas 90%.
- f. Langkah destilasi kedua, langkah yang dilakukan hampir sama dengan destilasi pertama, namun ada sedikit tambahan yang boleh dilakukan agar kadar *ethanol* lebih maksimal, yaitu menambahkan garam kedalam cairan dan *silika gel* ke dalam destilator. *Silika gel* yang dipasang pada *condensor liebong* berfungsi sebagai penyerap kelembaban air.
- g. Proses destilasi selanjutnya sama dengan proses destilasi kedua sampai menghasilkan kadar *ethanol* diatas 90%.

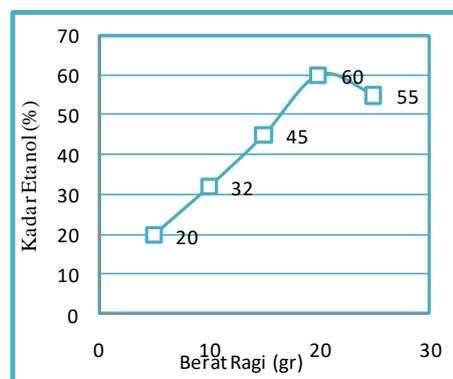
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian telah dilakukan di laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin UNESA Surabaya dan analisa spesifikasi *ethanol* dilakukan di Laboratorium Pertamina Lubricant dan Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin UB Malang.

Tabel 2. Data Hasil Destilasi Ethanol

Perbandingan			Ragi (gr)	Kadar Ethanol (%)	Jmlh (ml)
Buah (gr)	Air (ml)	waktu (hari)			
250	500	5	5	20	100
250	500	5	10	32	100
250	500	5	15	45	100
250	500	5	20	60	100
250	500	5	25	55	100

Berikut grafik kadar ethanol hasil dari proses fermentasi selama 5 hari dengan jumlah ragi yang berbeda – beda antara 5 – 25 gr.



Gambar 4 Hasil Destilasi Dengan Parameter Berat Ragi

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 4 di atas dapat terlihat bahwa untuk didapatkan hasil yang maksimal pada penambahan ragi tape 20 gr dan menurun pada penambahan ragi tape 25 gr. Semakin banyak ragi tape yang ditambahkan maka etanol yang dihasilkan juga semakin banyak karena dengan semakin banyak ragi yang ditambahkan, maka bakteri yang mengurai glukosa menjadi etanol pun semakin banyak tapi pada penambahan ragi 25 gr mengalami penurunan hal ini disebabkan adanya ragi yang mati pada saat proses fermentasi berlangsung, ini ditandai dengan ditemukannya serbuk putih kekuningan pada hasil akhir fermentasi sehingga mikroba yang berperan dalam fermentasi ini pun menjadi kurang maksimal, Adonan di dalam ragi tape bersifat amylolytic kuat dan menurunkan pangkat sebagian besar karbohidrat dari beras atau beras diuraikan ke dalam gula-gula yang sederhana yang lalu yang diuraikan lebih lanjut oleh ragi-ragi

hingga mengandung alkoho, karena ragi merupakan komponen penting dalam proses fermentasi alkohol ini maka dengan berkurangnya jumlah ragi dalam media maka akan menurunkan konversi alkohol, sehingga menurunkan hasil.

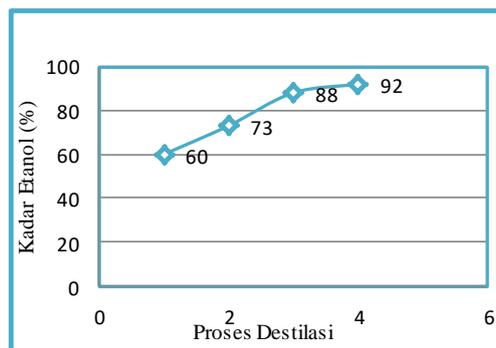
### Hasil Pembuatan *Ethanol* Skala Besar

Penelitian membutuhkan *ethanol* dari buah maja minimal 100 ml dengan kadar *ethanol* diatas 90 % untuk dapat dilakukan pengujian karakteristiknya. Dalam penelitian skala besar ini memerlukan 2000 gr buah maja, 4000 ml dan massa ragi 160 gr dengan lama fermentasi 5 hari. Cairan yang dihasilkan kurang lebih 6000 ml, selanjutnya akan dilakukan proses destilasi I.

Tabel 3. Kadar *Ethanol* Hasil Destilasi Bertingkat

Proses	Jumlah ethanol ml	Kadar ethanol %
Destilasi 1	4550	60
Destilasi 2	1580	73
Destilasi 3	900	88
Destilasi 4	530	92

Proses destilasi menghasilkan 4550 ml *ethanol* dengan kadar 60 %, pembuatan *ethanol* skala besar ini alat yang digunakan adalah alat destilasi yang berkapasitas 5 liter. Sedangkan untuk menaikkan kadar *ethanol* dari 60 % - 90 % membutuhkan 3 kali atau lebih proses destilasi bertingkat dengan penambahan garam maupun *silica gel*. Berikut grafik kenaikan kadar *ethanol* dari hasil destilasi bertingkat



Gambar 5. Kenaikan Kadar *Ethanol* destilasi bertingkat

### Hasil Karakteristik *Bioethanol* Dari Buah Maja

Setelah mendapatkan *ethanol* dengan kadar 92 %, dilakukan uji karakteristik dari *bioethanol* meliputi kadar *ethanol*, selanjutnya dilakukan uji karakteristik meliputi *densitas*, *viskositas*, *flash point*, *pour point*, kandungan air dan selanjutnya di Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik Jurusan Mesin UB Malang meliputi nilai kalor dan PH, uji ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari *bioethanol* digunakan sebagai bahan bakar, selanjutnya data tersebut akan di bandingkan dengan karakteristik dari *bioethanol* murni (kadar 99,4 %).

Tabel 4. Sifat Ethanol Murni vs Ethanol Buah Maja

Karakteristik	Ethanol murni	Ethanol dari Buah Maja	Satuan
Kadar Ethanol	99,4	92,19	%
Viskositas	1,523	1,498	cST
Densitas	0,789	0,837	gr/cm <sup>3</sup>
Flash Point	12,77	+21	°C
Pour Point	--17,2	Sampai Titik 60 °C Tidak Beku	°C
Kadar Air	—	1410	Ppm
Nilai Kalori	6380	9546,223	Kcal/kg
PH	—	5	

Sumber : Physical & Theorecal Chemistry Lab. Safety Home. M. Farrich Mas'ud, 2010:54

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa bioethanol dari buah maja ini sudah dapat terbakar memiliki flash point dan juga dapat digunakan sebagai bahan bakar dari alam yang dapat diperbaharui dan dikembakangkan.



Gambar 6. Proses Destilasi

## KESIMPULAN

Buah maja (*Aegle Marmelos*) sebagai bahan bakar dalam pembuatan *ethanol* ini yang didapat dari proses destilasi bertingkat sampai 4 kali untuk mencapai kadar *ethanol* yang optimal di atas 90 %. Destilasi keempat menghasilkan kadar *ethanol* 92 %. *Ethanol* dan air sangat susah dipisahkan, oleh sebab itu untuk pemisahan *ethanol* dan air harus dilakukan destilasi berulang kali. Hasil analisa yang diperoleh adalah kadar 92,19 %,  $\mu$  1,498,  $\rho$  0,8371, nilai kalor 9546,223, flash point +21, pour point sampai titik 60 °C tidak beku, kandungan air 1410 dan PH 5.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Demirbas A, "Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods," *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 31 (2005) 466-487
- [2] Alfena, (2008), "Produksi Etanol Menggunakan *Zymomonas mobilis* yang Dimutasi dengan Hidroksilamin", Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, ITS, Surabaya.
- [3] Budi, M dan Sasongko. (2007), " Prospek Pengembangan UbiKayu Sebagai Bahan Baku Bioetanol Daerah Istimewa Yogyakarta.
- [4] Venkanna B. K, Reddy, and C. Venkataramana, "Biodiesel Production and Optimization from *Calophyllum Inophyllum* Linn Oil (Honne Oil) – A Three Stage Method," *Bioresource Technology*, Vol. 100 (2009) 5122–5125.

- 
- [5] Hanny, S. H., (2009), "Penentuan pH Optimum dalam Produksi Bioetanol dengan Menggunakan *Zymomonasmobilis* ATCC 19088", Skripsi, Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya.
- [6] Hardjono.A. (2001). *Teknologi Minyak Bumi. Yogyakarta Gadjah Mada University Press.*
- [7] Rama Prihadana. Et la. 2007. *Bioethanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan* Jakarta. PT Argo Media Pustaka.
- [8] Rahman.A. (1992). *Teknologi fermentai.* Jakarta : Arcan
- [9] Sri Utami Handayani. *Pemanfaatan Bioethanol Sebagai Bahan Bakar Bensin.* Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [10] Saroso, H., (1998), "Pemanfaatan Kulit Pisang dengan Cara Fermentasi untuk Pembuatan Alkohol"..
- [11] Tamiang, Sri (2010). *Penetapan kadar air metode destilasi Azeotrop.*
- [12] Timnasional Pengembangan BBN. (2007). *Bahan Bakar Nabati/Bahan Bakar Alternatif dari Tumbuhan sebagai pengganti Minyak Bumi dan Gas,- Cet.1.-Jakarta: Penebar Swadaya.*
- [13] Walisiewicz, M., 2003. *Energi Alternatif :Panduan ke Masa Depan Teknologi Energi.* Erlangga, Jakarta.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*