

## **Analisis jaringan tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dan pemanfaatannya sebagai bahan baku pembuatan bioetanol**

### **Analysis of plant tissue of *Bruguiera gymnorrhiza* and its utilization as raw material for bioethanol production**

**HELMY, AGOES M. JACOB, PIPIH SUPTIJAH**

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Darmaga, Bogor 16680, Jawa Barat

Manuskrip diterima: 26 Maret 2012. Revisi disetujui: 19 Juni 2012.

**Abstract** Helmy, Jacob AM, Suptijah P. 2012. Analysis of plant tissue of *Bruguiera gymnorrhiza* and its utilization as raw material for bioethanol production. *Bonorowo Wetlands 2*: 66-73. The fruits of *Bruguiera gymnorrhiza* (or locally known as *lindur*) have a high carbohydrate content potentially used as a source of bioethanol. The purpose of this research was to study the plant tissues of *B. gymnorrhiza*, utilizing fruit as a bioethanol feedstock and determining the optimum time of fermentation to produce bioethanol. The research was conducted from January to April 2012 in several laboratories at the Bogor Agricultural University, West Java. The study consists of preliminary and primary research. Preliminary research includes characterization of *B. gymnorrhiza* fruits as raw materials, anatomical analysis, proximate test, starter preparation (culture regeneration and liquid media starter), fermentation media preparation, nutrient addition, pH adjustment, and pasteurization. The primary research includes bioethanol making, alcohol fermentation, incubation treatment, final pH test, and ethanol content test. The results showed that leaf *B. gymnorrhiza* was composed of epidermal tissue, sponges, palisade parenchyma, and bundle tissue. The stem was composed of epidermal tissue, cortical tissue containing starch granules, and bundle tissue. The fruits were composed of epidermal tissue, cortical tissue containing starch, and carrier tissue. Proximate test of fresh *gymnorrhiza* fruit showed water content of 62.92%, ash 1.29%, fat 0.79%, protein 2.11%, and carbohydrates 32.91%. The longer the fermentation time causes, the lower the final pH. The highest pH value occurred on the third-day fermentation (XI), 4.41; the lowest was on the seventh-day fermentation (X3), 3.97. The highest ethanol content was obtained from fifth-day fermentation (X2), 3.51%; the lowest level was produced from third-day fermentation (XI), 3.01%.

**Keywords:** Bioethanol, *Bruguiera gymnorrhiza*, plant tissue, raw material

### **PENDAHULUAN**

Perubahan iklim global, penipisan lapisan ozon, dan polusi adalah masalah-masalah yang perlu mendapat perhatian bersama. Pertambahan kadar CO<sub>2</sub> yang sangat tinggi dari masa ke masa merupakan salah satu penyebab terjadinya perubahan tersebut. Pembakaran kayu dan pemakaian energi fosil yang terus meningkat merupakan faktor utama dari eskalasi kadar gas karbon dioksida diudara. Kondisi seperti itu diperparah oleh penggundulan hutan tropis yang dijuluki sebagai paru-paru dunia, akibatnya polusi semakin meningkat dari waktu ke waktu.

Upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi peningkatan polusi yaitu meminimalkan emisi gas atau bahan bakar dengan penggunaan atau pembuatan bioetanol. Bioetanol adalah etanol (alkohol) yang diproduksi dari proses fermentasi dengan bantuan makhluk hidup. Bahan-bahan yang bisa digunakan sebagai penghasil bioetanol biasanya mengandung karbohidrat, misalnya pati, gula dan selulosa (Caylak et al. 1998). Pembuatan bioetanol dari bahan yang kurang memiliki nilai jual dan kurang bermanfaat akan sangat menguntungkan. Karena selain menambah nilai guna dan nilai ekonomis, kegiatan ini juga merupakan solusi dalam peningkatan produksi campuran bahan bakar yang ramah lingkungan (Qiu et al. 2010).

Salah satu sumber hayati yang dapat dikaji sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol adalah buah lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*), buah ini adalah salah satu jenis buah dari tumbuhan mangrove yang keberadaannya cukup banyak ditemui di Indonesia. Penyebaran buah lindur yaitu di daerah tropis Afrika Selatan dan Timur, Madagaskar, Asia Tenggara dan Selatan (termasuk Indonesia dan negara di kawasan Malaysia), sampai timur laut Australia, Mikronesia, Polinesia and kepulauan Ryukyu (Duke dan James 2006). Tumbuhan dengan nama famili Rhizophoraceae ini cukup banyak ditemui di pulau Jawa, Kalimantan, Bali, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan Papua. Buah lindur telah banyak dimanfaatkan di berbagai negara, di pulau Solomon buah ini sering dijadikan sayur dan dijual di pasaran, di Cambodia dijadikan obat malaria bahkan di beberapa Negara, tanaman ini memiliki kandungan pati atau karbohidrat yang sangat besar (Duke dan James 2006). Oleh karena itu, di Indonesia buah ini dijadikan sumber pangan alternatif ketika musim paceklik dan hanya pada sebagian wilayah nusantara. Hal tersebut yang mendasari penelitian ini, untuk memanfaatkan kandungan pati dari buah lindur dalam pembuatan bioetanol yang ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari jaringan tanaman lindur (*B. gymnorrhiza*), memanfaatkan buah

lindur sebagai bahan baku pembuatan bioetanol, menentukan waktu optimum fermentasi untuk menghasilkan bioetanol, serta menghasilkan kadar etanol terbaik.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-April 2012. Penelitian analisis komposisi kimia dan pembuatan bioetanol buah lindur dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Biokimia Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, penelitian histologi buah lindur dilakukan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor dan pengujian kadar bioetanol di Laboratorium Terpadu, Institut Pertanian Bogor.

### Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium sesuai dengan prosedur kerja. Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan meliputi karakterisasi bahan baku (buah lindur), analisis histologi, uji proksimat, pembuatan starter (regenerasi kultur dan starter media cair), pembuatan media fermentasi, penambahan *nutrient*, pengaturan pH dan pasteurisasi. Penelitian utama meliputi pembuatan bioetanol, yaitu fermentasi alkohol, pelakuan inkubasi, dan pengujian (uji pH akhir dan uji kadar etanol).

### Analisis proksimat

Analisis proksimat merupakan suatu analisis yang dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang ada pada suatu bahan. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan gizi secara kasar (*crude*) yang meliputi kadar air dengan menggunakan metode oven (AOAC 2005), kadar abu dengan menggunakan tanur (AOAC 2005), protein dengan menggunakan metode kjeldahl (AOAC 2005) dan lemak dengan menggunakan metode sokhlet (AOAC 2005).

### Analisis kadar air (AOAC 2005)

$$\% \text{ kadar air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

A = Berat cawan porselen kosong (g)

B = Berat cawan porselen dengan sampel (g) sebelum dioven

C = Berat cawan porselen dengan sampel (g) setelah dioven

### Analisis kadar abu (AOAC 2005)

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{C-A}{B-A} \times 100\%$$

A = Berat cawan porselen kosong (g)

B = Berat cawan porselen dengan sampel (g) sebelum ditanur

C = Berat cawan porselen dengan sampel (g) setelah ditanur

### Analisis kadar protein (AOAC 2005)

$$\% N = \frac{(ml \text{ HCl} - ml \text{ Blanko}) \times N \text{ HCl} \times 14 \times fp \times 100 \%}{mg \text{ sampel}}$$

% kadar protein = %N x fk

fp = Faktor pengenceran = 10

fk = Faktor konversi = 6,25

### Analisis kadar lemak (AOAC 2005)

$$\% \text{ Kadar lemak} = \frac{W3-W2}{W1} \times 100\%$$

W1 = berat sampel (g)

W2 = berat labu lemak tanpa lemak (g)

W3 = berat labu lemak dengan lemak (g)

### Analisis karbohidrat (AOAC 2005)

% karbohidrat = 100% - (% air + % abu + % protein + % lemak)

### Uji pH akhir fermentasi (AOAC 2005)

Media yang sudah difermentasi di uji pH akhirnya dengan menggunakan pH meter. Katoda pH meter dibilas dengan akuades kemudian dikeringkan dengan kertas tisu. Katoda dimasukkan ke dalam buffer dengan pH 6,8, ditunggu sampai ada tanda bunyi yang menunjukkan bahwa pH meter siap digunakan. pH meter dimasukkan ke dalam media uji, hasilnya dicatat.

### Uji kadar etanol (Subekti 2006)

Konsentrasi etanol diperoleh dari perhitungan rasio Area dimana luas area etanol sampel dibagi dengan luas area n-propanol sampel. Kemudian hasil rasio area tersebut dibagi dengan slope hasil kurva kalibrasi etanol.

$$\text{Rasio area} = \frac{\text{Luas area etanol sampel}}{\text{Luas area n-propanol sampel}}$$

Konsentrasi (%) = Rasio/slope

Konsentrasi etanol standar = 99,9%

Berat Jenis etanol standar = 798,21 g/L

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik jaringan tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*)

Histologi tumbuhan adalah ilmu yang mempelajari struktur mikroskopis atau karakteristik sel dan fungsi dari jaringan dan organ. Beberapa metode dapat digunakan untuk melihat jaringan tumbuhan (Hidayat 1995). Pembuatan preparat daun, batang, dan buah tumbuhan lindur (*B. gymnorrhiza*) serta pengamatan menggunakan mikroskop cahaya merk Olympus BH-2, memberikan hasil anatomi pada bagian daun, batang, dan buah tumbuhan lindur.

### Jaringan daun

Daun merupakan suatu bagian tumbuhan yang penting dan pada umumnya tiap tumbuhan memiliki sejumlah besar daun. Alat ini hanya terdapat pada batang saja dan tidak pernah terdapat pada bagian lain pada tumbuhan. Daun biasanya kaya akan suatu zat berwarna hijau yang dinamakan klorofil. Bagian – bagian daun biasanya terdiri atas pelepah daun (*vagina*), tangkai daun (*petiolus*) dan helaian daun (*lamina*). Umumnya warna daun pada sisi atas tampak lebih hijau, tekstur licin, atau berwarna mengkilap jika dibandingkan dengan sisi bawah daun (Tjitrosoepomo 1987).

Daun tumbuhan lindur terdiri atas lapisan-lapisan epidermis atas, hipodermis, parenkim palisade, bunga karang, stoma, epidermis bawah dan jaringan pengangkut. Epidermis atas biasanya tersusun dari satu lapis sel, yang secara umum berbentuk memanjang, dengan dinding tangential atas cenderung lebih tebal dari dinding tangential bawahnya. Kedua dinding radial sel cenderung lebih pendek dari pada dinding tangential selnya. Di bawah epidermis terdapat selapis sel hipodermis yang berbentuk memanjang ke arah tangential dan cenderung berukuran lebih besar daripada sel epidermis. Jaringan selanjutnya adalah palisade yang umumnya terdapat dibagian bawah epidermis atas, yang tersusun hingga 3 lapis sel. Sel-sel palisade berbentuk memanjang secara radial. Jaringan lain adalah bunga karang yang memiliki bentuk tidak beraturan, diantara jaringan ini terdapat rongga interseluler. Bagian paling bawah biasanya terdapat epidermis bawah, dengan struktur yang mirip dengan epidermis atas namun berbeda dalam hal jumlah stomatanya. Menurut Astuti dan Sri (2010) menyatakan bahwa epidermis tumbuhan air tidak berfungsi untuk perlindungan tetapi untuk pengeluaran zat makanan, senyawa air dan pertukaran gas. Jaringan palisade tersusun dalam dua lapis sel. Adanya titik-titik yang tersebar dalam parenkim palisade menunjukkan adanya kloroplas yang berfungsi untuk menangkap cahaya. Keadaan penampang melintang daun lindur disajikan pada Gambar 1.

Stoma adalah lubang atau celah yang terdapat pada epidermis organ tumbuhan yang berwarna hijau, dibatasi oleh sel khusus yang disebut penutup (Nugroho et al. 2006). Stomata pada daun tumbuhan lindur terdapat pada bagian atas dan bawah daun. Jenis stomata yang terdapat pada epidermis daun tumbuhan buah lindur berdasarkan penampakan stomata dewasa adalah jenis parasitik, yaitu stomata yang didampingi oleh satu atau lebih sel tetangga yang sejajar terhadap sumbu panjang dari celah dan sel penjaga (Dickison 2000). Gambar stomata yang terdapat pada daun tumbuhan lindur ditunjukkan pada Gambar 2.

### Jaringan batang

Batang tanaman berperan dalam mendukung daun dan struktur reproduksi tanaman, menyediakan pengangkut bagian dalam dan menghasilkan jaringan baru (Berg 2008). Fungsi utama dari batang adalah mendukung daun-daun sehingga selalu terbuka terhadap cahaya matahari. Batang bertindak sebagai pengangkut air dan mineral ke bagian atas tanaman

dan mentransportasikan produk-produk fotosintesis dari daun ke bagian lain tanaman. Bentuk batang jika dilihat dari penampang melintang dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk yaitu bulat, bersegi dan pipih. Batang tumbuhan dapat dibedakan menjadi batang basah, batang berkayu, batang rumput dan batang mendong (Tjitrosoepomo 1987). Batang dari tumbuhan lindur berwarna abu-abu hingga hitam. Batang tumbuhan lindur ketika dipotong melintang dapat dilihat bahwa terdapat banyak rongga. Jaringan yang terdapat pada batang lindur adalah epidermis, parenkim, korteks dan jaringan pengangkut. Keadaan penampang melintang batang lindur disajikan pada Gambar 3.

Jaringan epidermis batang tanaman lindur terdiri atas satu lapis sel dan tersusun rapat. Pada penampang melintang batang lindur, bentuk sel epidermis umumnya cenderung bentuk persegi panjang. Dinding sel tangential epidermis bagian atas berukuran lebih panjang daripada dinding sel bagian bawah. Dinding sel sisi radial cenderung tegak terhadap dinding tangential dan berukuran lebih kecil dibandingkan dinding sel bagian atas. Sel-sel epidermis batang tersusun rapat dan berdinding tangential yang tebal dan berfungsi mengurangi transpirasi.

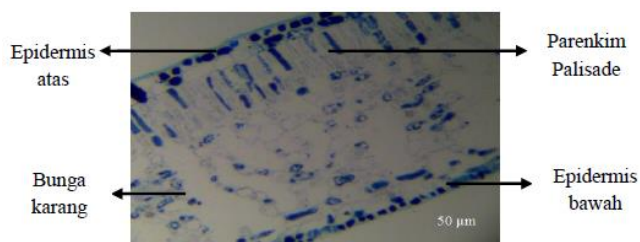
Nugroho et al. (2006), menyatakan bahwa susunan epidermis menyebabkan terjadinya pengurangan transpirasi dan melindungi jaringan di sebelah dalamnya.

Berkas pembuluh pada batang tersusun tegak lurus terhadap penampang batang lindur yang berbentuk segitiga. berkas pembuluh batang lindur dikelilingi oleh sejumlah sel yang merupakan bagian endodermis. Berkas pembuluh batang terbagi atas floem dan xilem. Floem terdiri atas sel-sel yang berukuran kecil dan mengelilingi pembuluh xilem.

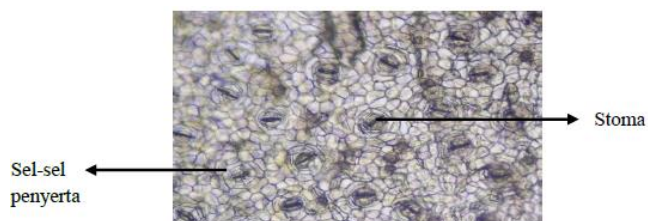
### Jaringan buah

Buah merupakan salah satu organ tumbuhan untuk pembiakan dan biasanya mengandung biji. Setelah pembuahan pistil (bunga betina) akan tumbuh menjadi buah (Sutrian 1992). Pada umumnya buah hanya akan terbentuk sesudah terjadi penyerbukan dan pembuahan pada bunga. Walaupun demikian mungkin pula buah terbentuk tanpa ada penyerbukan dan pembuahan. Buah biasanya dibagi menjadi buah sejati dan buah semu. Buah lindur diduga tergolong dalam buah semu (*fructus spurius*). Buah semu dibagi menjadi tiga yaitu buah semu tunggal, buah semu ganda dan buah semu majemuk. Buah lindur dapat digolongkan buah semu tunggal karena terjadi dari satu bunga dengan satu bakal buah. Pada buah ini selain bakal buah ada bagian lain bunga yang ikut membentuk buah (Tjitrosoepomo 1987). Keadaan penampang melintang dari buah lindur disajikan pada Gambar 4.

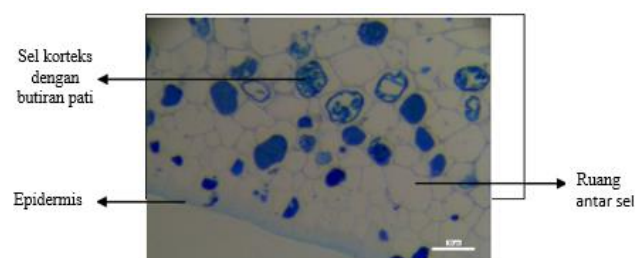
Epidermis merupakan lapisan terluar pada buah yang tersusun rapat bersifat sebagai pelindung dengan bentuk yang cenderung persegi panjang dan terdiri dari satu lapis, dengan dinding tangential atas cenderung lebih tebal dari dinding tangential bawahnya. Kedua dinding radial sel cenderung lebih pendek dari pada dinding tangential selnya. Pati ditemukan dalam jumlah besar pada jaringan korteks dalam vakuola.



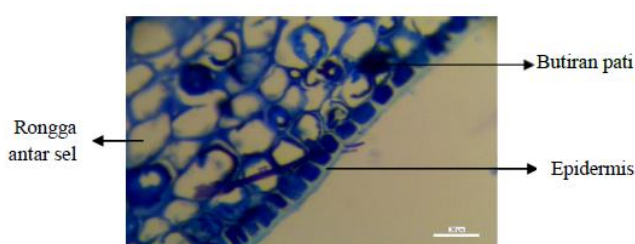
**Gambar 1.** Penampang melintang daun tumbuhan lindur



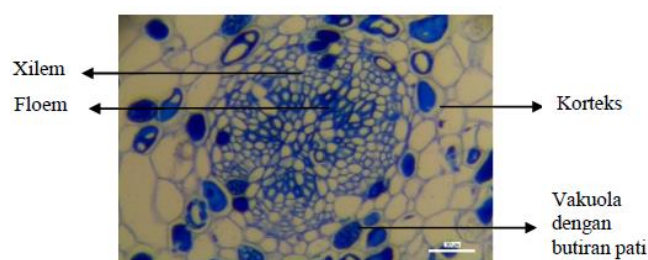
**Gambar 2.** Stomata pada bagian atas daun tumbuhan lindur



**Gambar 3.** Penampang melintang batang tumbuhan lindur



**Gambar 4.** Penampang melintang buah tumbuhan lindur



**Gambar 5.** Berkas pembuluh pada buah tumbuhan lindur

Berkas pembuluh pada buah tumbuhan lindur terlihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut terlihat bahwa silinder vaskuler pada buah tumbuhan lindur membentuk sistem konsentris *amphikribal* dimana xilem berada di dalam sedangkan floem mengelilingi xilem tersebut. Kerja xilem dalam hal transportasi air dan zat mineral dari akar ke seluruh jaringan serta adanya kandungan pati menyebabkan ukuran pembuluhnya lebih tebal daripada floem. Pati pada vakuola berfungsi sebagai cadangan makanan pada tumbuhan.

**Komposisi kimia buah lindur segar**

Buah lindur (*B. gymnorrhiza*) biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai makanan pengganti nasi pada saat musim paceklik, khususnya di Kabupaten Maluku Tenggara dan di beberapa wilayah nusantara. Salah satu cara untuk menentukan kandungan gizi suatu produk yaitu dengan menggunakan analisis proksimat. Hal paling mendasar dari unsur pokok dalam bahan pangan terdiri dari air, lemak total, protein kasar, dan abu, sedangkan karbohidrat dihitung dengan karbohidrat *N-free* (100%-kadar air-kadar abu-lemak-protein-serat) (AOAC 2005). Komposisi kimia buah lindur dapat dilihat pada Tabel 1.

*Kadar air*

Air merupakan komponen penting bahan makanan, karena dapat memberikan pengaruh kepada penampakan, tekstur serta cita rasa. Bahkan di dalam makanan kering sekalipun, terkandung air dalam jumlah tertentu. Produk hasil perikanan memiliki kandungan air yang sangat tinggi, sekitar 80%. Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan daya terima, kesegaran serta daya simpannya (Winarno 2008). Kandungan air dalam produk perikanan diperkirakan sebesar 70-85% (Febrianti 2010). Hasil analisis proksimat buah lindur segar menunjukkan bahwa nilai kadar air adalah 62,92%. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Fortuna (2005), yang menyatakan kadar air buah lindur sebesar 73,76%. Tingginya nilai kadar air pada buah lindur menyebabkan buah ini mudah mengalami kebusukan. Hal ini didukung oleh pernyataan Wirakusumah (2007), bahwa buah dan sayuran termasuk makanan yang mudah mengalami kerusakan (*high perishable food*), karena peranan air dalam bahan pangan dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme seperti aktivitas enzim, mikroba, aktivitas kimiawi yaitu terjadinya ketengikan dan reaksi-reaksi non enzimatik. Tetapi, nilai kadar air dari buah lindur tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Wibowo et al. (2009) yang menyatakan bahwa kadar air *Avicennia marina* sebesar 61,95%. Nilai ini menunjukkan bahwa kadar air buah lindur cenderung tinggi, hal ini sesuai dengan habitat hidupnya.

Buah lindur merupakan tumbuhan mangrove yang habitatnya berada didekat wilayah perairan dan umumnya tumbuh di pesisir pantai. Penelitian lain yang mendukung yaitu penelitian Hikmiyati dan Sandrie (2008), yang menyatakan kadar air pada kulit singkong sebesar 67,74%. Menurut Winarno (2008), pengeringan dapat menghilangkan air yang terkandung dalam bahan pangan. Semakin lama waktu pengeringan, kadar air yang terdapat pada suatu bahan pangan akan semakin rendah.

**Tabel 1.** Komposisi kimia buah lindur segar

Analisa proksimat	Jumlah (%)
Kadar air	62,92
Kadar abu	1,29
Kadar lemak	0,79
Kadar protein	2,11
Kadar karbohidrat	32,91

Air dalam tubuh berfungsi sebagai pelarut dan alat angkut zat-zat gizi, terutama vitamin larut air dan mineral. Selain itu air juga berfungsi sebagai katalisator, pelumas, fasilitator pertumbuhan, pengatur suhu dan peredam benturan (Wirakusumah 2007).

#### Kadar abu

Abu merupakan zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik. Kandungan abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan yang dianalisis. Sebagian besar bahan makanan, sekitar 96% terdiri dari bahan organik dan air. Sisanya terdiri dari unsur-unsur mineral yang juga dikenal sebagai unsur anorganik (kadar abu). Komponen-komponen organik terbakar, tetapi komponen anorganik tidak terbakar dan disebut abu (Winarno 2008).

Analisis proksimat yang telah dilakukan pada buah lindur segar menunjukkan bahwa kadar abu yang dikandung adalah 1,29%. Hal ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Fortuna (2005) yang menyatakan kadar abu buah lindur sebesar 0,34%. Apabila dibandingkan dengan kadar abu dari berbagai jenis buah mangrove lain misalnya *Sonneratia* sp. dan *A. marina*. Kadar abu buah lindur hasil penelitian lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Febrianti (2010) yang menyatakan kadar abu *Sonneratia* sp. sebesar 4,35% dan lebih tinggi nilai kadar abu buah lindur apabila dibandingkan dengan penelitian Wibowo et al. (2009) yang menyatakan kadar abu buah mangrove jenis *A. marina* sebesar 1,27%. Mineral pada tanaman juga berkaitan dengan kandungan serat penyusun dinding sel dari jaringan tanaman. Elemen mineral tidak dapat dirusak oleh panas, cahaya, zat pengoksidasi, pH ekstrim maupun faktor lainnya. Mineral dapat dihilangkan dengan pelepasan secara fisik. Sejumlah mineral memiliki kelarutan dalam air. Secara umum, perebusan dalam air menyebabkan hilangnya mineral atau penyusutan mineral pada sebuah bahan jika dibandingkan dengan pengukusan (Harris dan Karmas 1989).

Manusia memerlukan berbagai jenis mineral untuk metabolisme terutama sebagai kofaktor dalam aktivitas-aktivitas enzim. Keseimbangan ion-ion mineral di dalam cairan tubuh diperlukan untuk pengaturan pekerjaan enzim, pemeliharaan keseimbangan asam-basa, membantu transfer ikatan-ikatan penting melalui membran sel dan pemeliharaan kepekaan otot dan saraf terhadap rangsangan (Almatsier 2000).

#### Kadar lemak

Lemak merupakan bahan yang tidak larut dalam air yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Lemak yang banyak digunakan dalam makanan adalah trigliserida yang merupakan ester dari gliserol dan berbagai asam

lemak. Komponen-komponen lain yang mungkin terdapat adalah fosfolipid, sterol, vitamin dan zat warna yang larut dalam lemak misalnya klorofil dan karotenoid (Kusnandar 2010).

Buah lindur mengandung kadar lemak sebesar 0,79% (Tabel 1). Hal ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Fortuna (2005) yang menyatakan kadar abu buah lindur sebesar 1,25%. Apabila dibandingkan dengan kadar lemak dari berbagai jenis buah mangrove lain misalnya *Sonneratia* sp. dan *A. marina*. Kadar lemak buah lindur hasil penelitian lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Febrianti (2010) yang menyatakan kadar lemak *Sonneratia* sp. sebesar 0,69% dan penelitian Wibowo et al. (2009) yang menyatakan kadar lemak buah mangrove jenis *A. marina* sebesar 0,04%. Menurut Prabandari et al. (2005) menyatakan bahwa kandungan lemak yang rendah pada buah dan sayur mempunyai peranan penting dalam mempertahankan tekstur, rasa, aroma dan warna berupa trigliserida, sterol dan kolesterol

Menurut Coimbra dan Jorge (2011) menyatakan bahwa lemak pada tumbuhan banyak terkandung di bagian biji dan buah. Di dalam sel tumbuhan lemak disimpan dalam sitoplasma. Lemak pada bahan nabati umumnya berupa asam lemak tidak jenuh. Fungsi asam lemak tidak jenuh yaitu sebagai komponen dari sel-sel saraf, membrane seluler dan senyawa yang menyerupai hormon. Penelitian lain yang mendukung yaitu nilai kadar lemak buah lindur penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Hikmiyati dan Sandrie (2008) yang menyatakan bahwa kadar lemak kulit singkong sebesar 1,44% (bb).

Lemak berfungsi sebagai sumber energi, pembentuk jaringan adipose, asam-asam lemak esensial, pembentuk struktur tubuh, menghemat pemakaian protein sebagai energi, pengemulsi, prekursor, dan penambah cita rasa (Wirakusumah 2007).

#### Kadar protein

Protein merupakan suatu zat makanan yang penting bagi tubuh, karena selain berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur jaringan-jaringan baru yang selalu terjadi di dalam jaringan tubuh. Protein digunakan sebagai bahan bakar apabila keperluan energi mengandung N yang tidak dimiliki oleh lemak dan karbohidrat (Winarno 2008).

Protein merupakan komponen penting atau komponen utama sel hewan atau manusia. Protein dapat diperoleh dari hewan atau tumbuhan, protein pada hewan disebut protein hewani sedangkan protein dari tumbuhan disebut protein nabati. Tumbuhan membentuk protein dari CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan senyawa nitrogen. Komposisi rata-rata unsur kimia yang terdapat pada protein adalah 50% karbon (C), 7% hidrogen (H), 23% oksigen (O), 16% nitrogen (N), 0-3% belerang dan 0-3% fosfor (Supriyanti dan Poedjiadi 2009). Kadar protein yang didapatkan dari hasil analisis proksimat buah lindur segar adalah 2,11%, nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan kadar protein buah lindur dari penelitian sebelumnya dan kadar protein buah pedada (*Sonneratia* sp.) yang berturut-turut sebesar 1,13% dalam penelitian yang dilakukan oleh Fortuna (2005) dan kadar protein pedada (*Sonneratia* sp.) yang dilakukan oleh Febrianti (2010) sebesar 1,17%.

Protein di dalam tubuh manusia berfungsi membentuk jaringan baru dan mempertahankan jaringan yang telah ada. Kekurangan protein dalam jangka waktu yang lama dapat mengganggu berbagai proses dalam tubuh dan menurunkan daya tahan tubuh terhadap penyakit. Angka kecukupan protein untuk orang dewasa menurut Kusnandar (2010) yaitu 50 g/hari untuk pria dan 42 g/hari untuk wanita.

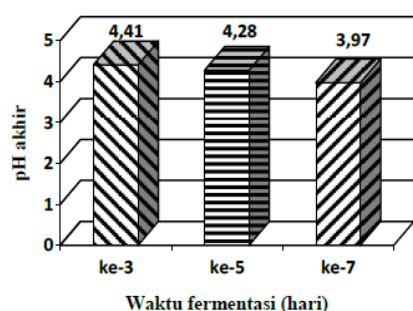
#### Kadar karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama. Jumlah kalori yang dihasilkan oleh 1 gram karbohidrat adalah 4 kkal. Karbohidrat merupakan senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen yang terdapat di alam. Karbohidrat memiliki peranan dalam menentukan karakteristik bahan makanan, misal rasa, warna, tekstur, dan lain-lain. Dalam tubuh, karbohidrat berfungsi mencegah timbulnya ketosis, pemecahan protein tubuh yang berlebihan, kehilangan mineral, dan membantu metabolisme lemak dan protein (Winarno 2008).

Buah lindur segar memiliki kandungan karbohidrat yang lebih besar dari komponen gizi lainnya. Karbohidrat yang terdapat pada buah lindur segar yang telah dianalisis adalah 32,91%. Kandungan karbohidrat buah lindur hasil penelitian memiliki nilai yang paling tinggi jika dibandingkan dengan kadar karbohidrat buah lindur dari penelitian sebelumnya maupun dari kadar karbohidrat beberapa buah mangrove lainnya. Kadar karbohidrat buah lindur sebelumnya yang diteliti oleh Fortuna (2005) adalah 23,53%, buah *Sonneratia* sp. sebesar 14,35% (Febrianti 2010) dan kadar karbohidrat *A. marina* yang diteliti oleh Wibowo et al. (2009) adalah 21,43%. Nilai kadar karbohidrat buah lindur tinggi karena pada kloroplas kulit buah dan eksoderm buah mengandung amilum yang tinggi (Duke dan James 2006).

#### pH akhir media

Salah satu faktor yang menentukan kehidupan khamir adalah pH substrat atau media fermentasi. Nilai pH awal media hasil hidrolisis buah lindur (*B. gymnorrhiza*) adalah 0,1. Nilai pH media fermentasi diatur hingga 4,5-5 dengan penambahan NaOH 40% sebanyak 105 ml untuk semua perlakuan dan pH yang didapat adalah 4,67, hal ini dimaksudkan agar *S. cerevisiae* dapat tumbuh secara optimal. Kebanyakan khamir lebih menyukai tumbuh pada keadaan asam yaitu sekitar pH 4-5 (Jirasak dan Sornvoraweat 2011). Nilai pH rata-rata akhir sebagai hasil dari beberapa perlakuan waktu fermentasi ditunjukkan pada



Gambar 6. Diagram nilai pH rata-rata akhir fermentasi

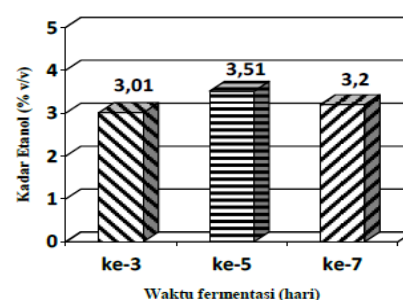
Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan nilai pH rata-rata akhir perlakuan X1 sebesar 4,41, X2 sebesar 4,28 dan X3 sebesar 3,97. Nilai pH paling tinggi dijumpai pada waktu fermentasi 3 hari (X1) yaitu pada pH 4,41 dan pH paling rendah pada waktu fermentasi 7 hari (X3) yaitu pH 3,97. Nilai ini sesuai dengan penelitian Devis (2008) yang menyatakan bahwa semakin lama fermentasi berlangsung, maka pH akhir fermentasi cenderung semakin rendah. Nilai pH paling tinggi yaitu pada sebesar 4,47 pada waktu fermentasi 3 hari dan nilai pH paling rendah pada waktu fermentasi 7 hari yaitu pH 4,10. Penurunan nilai pH diduga disebabkan oleh jumlah mikroorganisme yang semakin banyak sehingga enzim yang mengubah glukosa menjadi etanol semakin banyak, dan keasaman bahan semakin meningkat, dimana asam dihasilkan dari perombakan alkohol menjadi asam asetat dan asam-asam lainnya, sehingga nilai pH yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini terjadi pula pada fermentasi alkohol yang menggunakan molase (Shen et al. 2008).

Menurut Nowak (2000) pada proses fermentasi dihasilkan asam-asam mudah menguap, diantaranya asam laktat, asam asetat, asam formiat, asam butiric dan asam propionate, semakin besar persentase *yeast* maka jumlah asam semakin tinggi. Semakin tinggi kadar keasaman bahan, pH bahan tersebut semakin menurun.

Menurut Buckle et al. (1987), karbon dan energi dapat diperoleh dari karbohidrat sederhana misal glukosa. Karbohidrat merupakan sumber karbon yang paling banyak digunakan dalam fermentasi oleh khamir, selain itu terjadi pula aktivitas bakteri asam asetat yang melakukan metabolisme yang bersifat aerobik. Peran utamanya dalam fermentasi yaitu mengubah karbohidrat menjadi alkohol dan asam asetat. Asam yang dihasilkan pada proses tersebut akan menurunkan pH lingkungan dan menimbulkan rasa asam. Jika tumbuh dalam keadaan anaerobik, kebanyakan khamir cenderung memfermentasi substrat karbohidrat untuk menghasilkan etanol bersama sedikit produk lainnya. Jika persentase waktu fermentasi semakin lama, kadar alkohol dan keasaman semakin meningkat dan kadar gula menurun.

Wilkins et al. (2007) Nilai pH yang tumbuh dalam keadaan anaerobik, kebanyakan khamir cenderung memfermentasi substrat karbohidrat untuk menghasilkan etanol bersama sedikit produk lainnya. Persentase waktu fermentasi semakin lama, kadar alkohol dan keasaman semakin meningkat dan kadar gula menurun.



Gambar 7. Diagram nilai rata-rata kadar bioetanol

### Kadar bioetanol

Kadar bioetanol merupakan perbandingan antara jumlah etanol dengan jumlah total larutan dan dinyatakan dalam (b/b) atau (v/v). Kadar bioetanol adalah parameter yang dapat menunjukkan kualitas etanol. Kadar etanol atau alkohol yang dihasilkan dari fermentasi tergantung dari jenis khamir yang digunakan, kadar gula, dan efisiensi fermentasi (Gozan et al. 2007). Kadar bioetanol sebagai hasil dari beberapa perlakuan waktu fermentasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan nilai rata-rata kadar bioetanol pada hasil uji, didapatkan kadar etanol dari perlakuan X1 sebesar 3,01%, X2 sebesar 3,51% dan X3 sebesar 3,2%. Kadar etanol naik dari waktu fermentasi hari ketiga (X1) sampai hari kelima (X2), kemudian kadar etanol menjadi rendah pada hari ketujuh (X3). Kadar etanol paling tinggi terdapat pada hasil fermentasi media dengan waktu 5 hari (X2) yaitu 3,51%. Nilai kadar etanol dari penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu Retnowati dan Susanti (2009) yang menyatakan bahwa nilai kadar etanol buah lindur tertinggi yaitu sebesar 1,84% pada hari ketujuh waktu fermentasi. Apabila dibandingkan dengan kadar etanol dari jenis buah lain misalnya buah nanas. Kadar etanol lindur hasil penelitian lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Setyawati dan Rahman (2009) yang menyatakan kadar etanol pada nanas sebesar 8,43% pada waktu fermentasi 2 hari. Hal ini diduga karena fermentasi di hari kelima berjalan dengan optimum sehingga kadar etanol yang dihasilkan paling tinggi. Pada hari kelima diduga pertumbuhan dan aktivitas *S. cerevisiae* berada pada fase pertumbuhan logaritmik. Menurut Liu dan Shen (2007) menyatakan bahwa fase logaritmik atau pertumbuhan merupakan suatu fase dimana *nutrient* dikonsumsi secara baik dan dihasilkan zat-zat metabolik secara maksimal. Kecepatan pertumbuhan pada fase logaritmik dipengaruhi oleh tersedianya *nutrient* dalam media.

Kadar etanol yang paling rendah dihasilkan dari fermentasi media dengan waktu fermentasi 3 hari (X1) yaitu 3,01%. Hal ini diduga karena pada hari ketiga *S. cerevisiae* belum bekerja secara optimal yaitu masih dalam tahap adaptasi, tumbuh dan memperbanyak diri sendiri sehingga kadar etanol yang terbentuk masih sedikit. Pada awal proses fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae* mulai beradaptasi dengan lingkungannya dan memanfaatkan glukosa untuk tumbuh dan memperbanyak diri (Liu dan Shen 2007).

Kadar etanol menurun pada hari ketujuh (X3) yaitu menjadi 3,2%. Beberapa kemungkinan yang menyebabkan hal ini, yakni proses fermentasi pada hari ketujuh merupakan fase statis dan hampir menuju fase kematian dan berjalan lambat karena kandungan gula dan *nutrient* di dalam media semakin sedikit, sehingga *S. cerevisiae* mengkonsumsi hasil metaboliknya. Kandungan etanol menjadi rendah. Penelitian lain yang mendukung yaitu Devis (2008) yang menyatakan nilai kadar etanol ampas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* tertinggi yaitu sebesar 4,15% pada hari kelima waktu fermentasi. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian dari buah lindur tersebut. Selain itu, nilai kadar bioetanol ampas rumput laut

mengalami penurunan pada waktu fermentasi hari ketujuh sebesar 3,3%. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi glukosa buah lindur pada penelitian ini yang lebih besar. Menurut Dombek dan Ingram (1987) menyatakan bahwa bahan dengan konsentrasi glukosa tinggi mempunyai efek negatif pada yeast, baik pada pertumbuhan maupun aktifitas fermentasinya. Kadar glukosa yang baik berkisar 10-18%. Apabila terlalu pekat, aktifitas enzim akan terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lama. Disamping itu terdapat sisa gula yang tidak terpakai dan jika terlalu encer maka hasilnya berkadar alkohol rendah.

Fase statis merupakan fase yang menunjukkan bahwa jumlah sel khamir tetap karena jumlah sel yang mati sama dengan jumlah sel yang tumbuh. Ukuran sel pada fase ini lebih kecil karena sel tetap membelah meskipun zat nutrisi sudah mulai habis. Fase kematian merupakan fase dimana sebagai populasi khamir mulai mengalami kematian yang disebabkan karena *nutrient* sudah habis dan energi cadangan dalam sel juga habis (Fardiaz 1987).

Aktivitas *S. cerevisiae* dapat terhambat oleh etanol yang terbentuk. Paping dan Malakul (2010) menyatakan bahwa khamir sangat peka terhadap sifat penghambatan etanol, konsentrasi 1-2% (b/v) cukup menghambat pertumbuhan pada konsentrasi 10% (b/v) laju pertumbuhan khamir hampir berhenti.

Menurut Wilkins et al. (2007) bahwa fermentasi merupakan perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir dan kapang. Contoh perubahan kimia dari fermentasi meliputi perubahan gula menjadi alkohol dan karbondioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik. Semakin lama proses fermentasi berlangsung, maka jumlah karbohidrat yang dirombak menjadi glukosa semakin banyak. Hal ini mengakibatkan kadar etanol meningkat sehingga pada proses destilasi mengalami peningkatan kadar alkohol yang diperoleh.

## KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan memperoleh hasil bahwa buah lindur (*B. gymnorhiza*) dapat dijadikan sebagai bahan baku penghasil etanol. Hal ini dapat menjadi alternatif dalam pengolahan bahan baku buah lindur. Daun tersusun atas jaringan epidermis, bunga karang, parenkim palisade dan jaringan pengangkut. Bagian batang terdiri dari jaringan epidermis, jaringan korteks yang terdapat butiran pati dan jaringan pengangkut. Buah tersusun atas jaringan epidermis, jaringan korteks yang terdapat pati dan jaringan pengangkut. Semakin lama fermentasi, maka pH akhir fermentasi cenderung semakin rendah. pH paling tinggi dari fermentasi 3 hari (X1) yaitu 4,41 dan pH paling rendah pada waktu fermentasi 7 hari (X3) yaitu 3,97. Kadar etanol bertambah sejalan dengan bertambahnya waktu fermentasi yaitu dari hari ketiga (X1) sampai hari kelima (X2). Kadar etanol yang paling tinggi hasil fermentasi media dengan waktu 5 hari (X2) yaitu sebesar 3,51%. Pada hari kelima diduga pertumbuhan dan aktivitas *S. cerevisiae* pada pertumbuhan fase logaritmik, dimana *nutrient* dikonsumsi secara baik dan dihasilkan zat-zat metabolik secara maksimal. Sedangkan, kadar etanol yang paling

rendah dihasilkan dari fermentasi media dengan waktu fermentasi 3 hari (X1) yaitu 3,01%. Pada hari ketiga *S. cerevisiae* belum bekerja secara optimal karena masih dalam tahap beradaptasi, tumbuh dan memperbanyak diri sendiri sehingga kadar etanol yang terbentuk masih sedikit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier S. 2000. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- AOAC [Association of Official Analytical Chemist]. 2005. Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist. Arlington, The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- Astuti T, Sri D. 2010. Perkembangan serat batang rosella (*Hibiscus sabdariffa*) dengan perlakuan naungan dan volume penyiraman yang berbeda. Buletin Anatomi dan Fisiologi 18(2): 47-55.
- Berg L. 2008. Introductory Botany Plants, People, and the Environment. Thomson Brooks Cole, New York.
- Buckle KA, Edward RA, Fleet H, Wootton M. 1987. Ilmu Pangan. Penerjemah: Purnomo dan Adiono. UI-Press, Jakarta.
- Caylak B, Sukan FV. 1998. Comparison of different production processes for bioethanol. J Turk Chem 22: 351-359.
- Coimbra MC, Jorge N. 2011. Proximate composition of guariroba (*Syagrus aleracea*), jeriva (*Syagrus romanzoffiana*), and macuba (*Acrocomia aculeate*) palm fruits. Rad Researc Intl 44 (1): 2139-2142.
- Devis HF. 2008. Bioetanol Berbahan Dasar Ampas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Dickson WC. 2000. Integrative Plant Anatomy. Elsevier, New York.
- Dombek KM, Ingram LO. 1987. Ethanol production during batch fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* changes in lycolytic enzyme and internal pH. Appl Environ Microbial 53 (6): 1286-1291.
- Duke NC, James A. 2006. *Bruguiera gymnorrhiza* (large-leaved mangrove). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Ver 2.1. www.traditionaltree.org
- Fardiaz S. 1987. Penuntun Praktek Mikrobiologi Pangan. Lembaga Surnberdaya Informasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Febrianti F. 2010. Kandungan Total Fenol, Komponen Bioaktif, dan Aktivitas Antioksidan Buah Pedada (*Sonneratia caseolaris*) [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fortuna J. 2005. Ditemukan Buah Bakau Sebagai Makanan Pokok. <http://www.ebookpangan.com>. 2006 [10 Oktober 2011].
- Gozan M, Samsuri M, Fani SH, Bambang P, Nasikin M. 2007. Sakarifikasi dan fermentasi bagas menjadi etanol menggunakan enzim selulase dan enzim sellobiase. Jurnal Teknologi 3: 1-6.
- Harris RS, Karmas E. 1989. Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan. Edisi ke-2. ITB Press, Bandung.
- Hidayat EB. 1995. Anatomi Tumbuhan Berbiji. Penerbit ITB, Bandung.
- Hidayat NMC, Padaga, Suhartini S. 2006. Mikrobiologi Industri. GMU Press, Yogyakarta.
- Himiyati N, Sandrie YN. 2008. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisa Asam dan Enzimatis. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Jirasak K, Sornvoraweat B. 2011. Comparative study of bioethanol production from cassava peels monoculture and co-culture of yeast. J Kasetsart (Nat Sci) 45: 268-274.
- Kusnandar S. 2010. Kimia Pangan: Komponen Makro. Dian Rakyat, Jakarta.
- Liu R, Shen F. 2007. Impacts of main factors on bioethanol fermentation from stalk juice of sweet sorghum by immobilizes *Saccharomyces cerevisiae*. Biores Technol 99: 847-854.
- Nowak J. 2000. Bioethanol yield and productivity of zymomonas mobilis in various fermentation methods. Elec J Publ Agric Univ 3 (2): 121-132.
- Nugroho H, Purnomo, Sumardi I. 2006. Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Papong S, Malakul P. 2010. Life-cycle energy and environmental analysis of bioethanol production from cassava in Thailand. Bioresour Technol 101: 112-118.
- Poedjiadi A, Supriyanti FMT. 2009. Dasar-Dasar Biokimia. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta
- Prabandari R, Mangalik A, Achmad J, Agustiana. 2005. Pengaruh waktu perebusan dari dua jenis udang yang berbeda terhadap kualitas tepung limbah udang putih (*Penaeus indicus*) dan udang windu (*Penaeus monodon*). Enviroscientae 1 (1): 24-28.
- Prihardana A, Samsuri M. 2008. Bioethanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan. Edisi ke-4. PT Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Qiu H, Huang J, Yang J, Ronzele S, Zhang Y, Zhang Y, Zhang Y. 2010. Bioethanol development in china and the potential impacts on its agricultural economy. J Appl Ener 87: 76-83.
- Retnowati D, Sutanti R. 2009. Pemanfaatan Limbah Padat Ampas Singkong dan Lindur Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Setyawati H, Rahman AN. 2009. Bioetanol dari Kulit Nanas dengan Variasi Massa *Saccharomyces cerevisiae* dan Waktu Fermentasi. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Shen Y, Zhan Y, Ma T, Bao X, Du F, Zhang G, Qu Y. 2008. Simultaneous saccharification and fermentation of acid-pretreatment corncorb with recombinant *Saccharomyces cerevisiae* expressing b-glukosidase. Bioresour Technol 99: 5099-5103.
- Subekti H. 2006. Produksi Etanol Dari Hidrolisa Fraksi Selulosa Tongkol Jagung [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sutriani Y. 1992. Pengantar Anatomi Tumbuh-Tumbuhan. Rineka Cipta, Jakarta.
- Tjitrosoepomo G. 1987. Taksonomi Tumbuhan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wibowo C, Cecep K, Ani S, Yekti H, Poppy O. 2009. Pemanfaatan pohon mangrove api-api (*Avicennia* spp.) sebagai bahan pangan dan obat. Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB, Bogor.
- Wilkins MR, Widmer W, Grohmann K. 2007. Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol. Process Biochem 42: 1614-1619.
- Winarno FG. 2008. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Wirakusumah ES. 2007. Kandungan Gizi Buah dan Sayuran. Penebar Swadaya, Jakarta.