

J. Akademi Kim. 4(3): 110-115, August 2015

ISSN 2302-6030

## PEMBUATAN BIOETANOL DARI BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)

### Synthesis of Bioethanol from Durian (*Durio zibethinus*) Seeds

\*Titi Jayanti dan Solfarina

Pendidikan Kimia/FKIP - Universitas Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 01 June 2015, Revised 01 July 2015, Accepted 03 August 2015

#### Abstract

*Durian (durio zibethinus) is a tropical plant which is included in the family Malvaceae. The flesh is durian. consumed and are waste, of which is the durian seed. The purpose of this study was to process durian seeds as raw material for bioethanol production and determined the levels of ethanol produced from the durian seeds. Fermentation process in this study was conducted using yeast Saccharomyces Cerevisiae, NPK and urea fertilizers. The starters were made of 20 ml for each of four erlenmeyers. After the starters were incubated for two days, then added to the samples and fermented for 5, 8, 11 and 14 days and then distilled. After distilled, the measured ethanol yield, the reaction, with sodium, water dissolved, gravity, and ethanol pH produced. The results showed that fermentation for 5 days derived ethanol content of 15.15%, density 1.08 g/mL, and the pH 3.35. Fermentation for 8 days derived ethanol content of 4.67%, density 0.98 g/mL, and the pH 3.11. Fermentation for 11 days obtained ethanol content of 5.48%, density 0.99 g/mL, and the pH 3.45. Fermentation for 14 days obtained ethanol content of 2.30%, density 1.00 g/mL, and the pH 3.40. This study concluded that durian seeds can be processed into raw material for producing ethanol by fermentation. fermentation for 5 days was good compared to the 8, 11 and 14 days with ethanol content of 15.15%.*

Keywords: bioethanol, durian (*Durio zibethinus*) Seeds, fermentation process.

#### Pendahuluan

Kebutuhan energi dunia dewasa ini semakin meningkat sementara persediaan energi dari bahan bakar fosil yang selama ini diandalkan jumlahnya terbatas. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan sumber energi alternatif yang mampu mengatasi krisis energi tersebut. Salah satu sumber energi alternatif yang sedang dikembangkan adalah bioetanol. Bioetanol merupakan produk dari hidrolisis pati menjadi glukosa secara enzimatis yang dilanjutkan fermentasi glukosa secara anaerob menjadi etanol (Hapsari & Pramashinta, 2013).

Proses produksi bioetanol dapat dilakukan melalui konversi bahan baku dengan memanfaatkan mikroba yang sesuai. Selama ini mikroba yang dipergunakan dalam proses fermentasi umumnya adalah kultur tunggal (monokultur) *Saccharomyces cerevisiae* (Arnata & Anggreni, 2013). Fermentasi proses

perubahan kimia yang disebabkan oleh aktivitas mikroba ataupun oleh aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba (Sebayang, 2006).

Sumber bahan baku potensial yang ketersediaannya melimpah, berharga murah, belum banyak dimanfaatkan orang dan mengandung gula sederhana yang dapat diubah menjadi etanol adalah bahan-bahan berlignoselulosa tinggi (Wiratmaja, dkk, 2011). Banyak penelitian yang memanfaatkan bahan-bahan berselulosa tinggi untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol seperti limbah hasil pertanian (Sarkar, dkk, 2011), limbah selulosa pertanian kacang tanah dan sekam (Ali, dkk, 2011), tangkai sorgum manis (Almodares & Hadi, 2009), serta kulit durian dan kulit nangka (Chamutpong, dkk, 2013).

Salah satu bahan yang mengandung selulosa adalah biji durian. Biji durian (pongge) memiliki kandungan pati yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai pengganti bahan makanan dan dapat dimanfaatkan sebagai bioetanol (Primadony, dkk, 2013). Biji durian adalah limbah biomassa yang kurang

\*Correspondence:

Titi Jayanti

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan

Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: [jayanti\\_titi@gmail.com](mailto:jayanti_titi@gmail.com)

Published by Universitas Tadulako 2015

dimanfaatkan oleh masyarakat, padahal setelah dilakukan penelitian biji durian mengandung karbohidrat 43,6 g–46,2 g tiap 100 g biji durian yang diubah menjadi glukosa (Jhonprimen, dkk, 2012).

Pembuatan bioetanol dari biji durian berlangsung melalui dua tahap, yaitu melalui proses hidrolisis pati biji durian menjadi glukosa dan dilanjutkan dengan proses fermentasi glukosa menjadi etanol dengan bantuan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Proses konversi karbohidrat menjadi gula sederhana disebut dengan hidrolisis. Hidrolisis dapat diartikan sebagai reaksi yang terjadi antara suatu zat dengan air (H<sub>2</sub>O) sehingga zat tersebut akan mengalami penguraian (Ismuyanto, dkk, 2013). Metode hidrolisis secara enzimatis lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan katalis asam pada proses fermentasi untuk mendapatkan bioetanol (Seftian, dkk, 2012). Bertambahnya waktu hidrolisis, kontak antar reaktan menjadi semakin lama dan semakin mendekati sempurna membentuk produk sedangkan dengan bertambahnya suhu hidrolisis semakin banyak glukosa yang terbentuk (Apriliani & Agustinus, 2013).

Fermentasi etanol merupakan aktivitas penguraian gula (karbohidrat) menjadi senyawa etanol dengan mengeluarkan gas CO<sub>2</sub>. Fermentasi ini dilakukan dalam kondisi anaerob atau tanpa adanya oksigen. Bioetanol diproduksi menggunakan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* (Minarni, dkk, 2013). Ragi *Saccharomyces cerevisiae* banyak digunakan untuk meningkatkan hasil produksi bioetanol dari gula karena tidak membutuhkan sinar matahari dalam pertumbuhannya. *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk ragi dapat langsung digunakan sebagai inokulum pada kultivasi etanol sehingga tidak diperlukan penyiapan inokulum secara khusus (Salsabila, dkk, 2013).

Menurut Purnama (2011), penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar telah diuji di beberapa negara maju seperti Inggris, Amerika, dan Jepang. Pembakaran bioetanol (etanol) termasuk pembakaran sempurna karena etanol mudah terbakar. Pembakaran sempurna karena bilangan oktan bioetanol lebih tinggi dibandingkan bensin, yaitu sekitar 117. Oleh sebab itu, saat ini bioetanol mulai dikembangkan menjadi bahan bakar alternatif.

Produksi buah durian di daerah Sulawesi berdasarkan Dinas Perkebunan Provinsi

Sulawesi Tengah yaitu di daerah Sulawesi Utara 1,695 ton, Sulawesi Tengah 2,471 ton, Sulawesi Selatan 3,102 ton dan Sulawesi Tenggara 2,337 ton (Dinas Perkebunan, 2011). Daerah penghasil durian di Sulawesi Tengah adalah di daerah Pantai Barat dan Pantai Timur. Selama ini buah durian belum banyak dimanfaatkan bijinya. Mengingat biji durian yang mengandung kadar glukosa tinggi dan belum dimanfaatkan maka dipandang perlu bila dilakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat bioetanol dari biji buah durian.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat bioetanol dengan memanfaatkan biji buah durian (*Durio zibethinus*) sebagai bahan baku.

## Metode

### *Alat dan Bahan*

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah blender, gelas ukur, gelas kimia, alkoholmeter, seperangkat alat destilasi, erlenmeyer, neraca analitik, pH meter, batang pengaduk, autoklaf, cawan petri, dan picnometer. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji buah durian, ragi tape, pupuk urea, pupuk NPK, aquades, logam Na, dan indikator pp.

### *Preparasi Sampel*

Sampel biji buah durian dicuci bersih dan dikeringkan, kemudian ditimbang sebanyak 1000 gram. Starter dibuat dengan menambahkan air secukupnya pada biji durian yang telah ditimbang kemudian diblender dan hasilnya disaring dengan kain bersih untuk diambil filtratnya. Filtrat yang diperoleh dimasukan ke dalam gelas kimia dan disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit, lalu didinginkan. Filtrat biji buah durian yang sudah dingin tersebut dibagi ke dalam empat buah erlenmeyer, setiap erlenmeyer diisi sebanyak 20 mL filtrat biji durian. Kemudian masing-masing erlenmeyer ditambahkan 0,3 gram pupuk urea dan 0,08 gram pupuk NPK sebagai sumber nutrient, masing-masing campuran dalam erlenmeyer dikocok hingga semua larut dan ditambahkan lagi 10 mL pasta ragi. Pasta ragi dibuat dengan cara mencampurkan 10 gram ragi tape dan 40 mL aquades ke dalam gelas kimia kemudian diaduk hingga semua ragi larut. Setelah pasta ragi dicampurkan ke dalam masing-masing erlenmeyer, kemudian masing-masing starter ditutup dengan aluminium foil dan diinkubasi selama 2 hari.

**Fermentasi**

Starter yang telah dibuat dibagi menjadi 4 bagian dan masing-masing dimasukkan ke dalam 4 buah erlenmeyer. Kemudian starter tersebut difermentasi selama 5 hari, 8 hari, 11 hari, dan 14 hari. Selanjutnya larutan tersebut disaring dengan menggunakan pompa vakum untuk diambil filtratnya, lalu dievaporasi untuk mendapatkan etanol yang diinginkan. Fermentasi dilakukan selama 4 hari dengan rentang waktu berbeda untuk mengetahui waktu optimum yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil fermentasi yang paling baik. Evaporasi dilakukan dengan menggunakan penangas air dan destilasi dilakukan pada suhu 78,5°C sesuai dengan titik didih etanol.

**Analisis alkohol yang dihasilkan**

Alkohol (bioetanol) yang dihasilkan dianalisis kadarnya dengan cara mengisi alkohol tersebut ke dalam gelas ukur dan mengukur kadarnya dengan alkoholmeter. Uji yang kedua yaitu uji kualitatif dengan logam Na dengan cara memasukan sepotong kecil logam Na ke dalam cawan petri yang berisi larutan etanol hasil destilasi. Uji yang ketiga yaitu uji kelarutan dalam air dengan cara mengambil 2 mL larutan etanol hasil destilasi, kemudian dilarutkan ke dalam gelas kimia yang berisi 4 mL air. Diamati apakah terjadi pencampuran atau tidak. Uji yang keempat adalah etanol yang diperoleh dari hasil destilasi dimasukkan kedalam gelas kimia lalu diukur pHnya dengan menggunakan alat pHmeter. Uji yang terakhir adalah penentuan berat jenis etanol hasil destilasi diukur berat jenisnya dengan menggunakan alat piknometer, dilakukan dengan prosedur: (i) piknometer dicuci dan dikeringkan kemudian ditimbang bersama penutupnya pada neraca dengan ketelitian 0,01 g (c); (ii) aquades diisi ke dalam piknometer sampai tanda batas dan ditimbang bersama penutupnya (a + d); (iii) memasukan larutan uji ke dalam piknometer sampai tanda batas dan ditimbang bersama penutupnya (a + b) (iv) berat jenis larutan uji dapat dihitung dengan menggunakan rumus berat jenis larutan (Minarni, dkk, 2013).

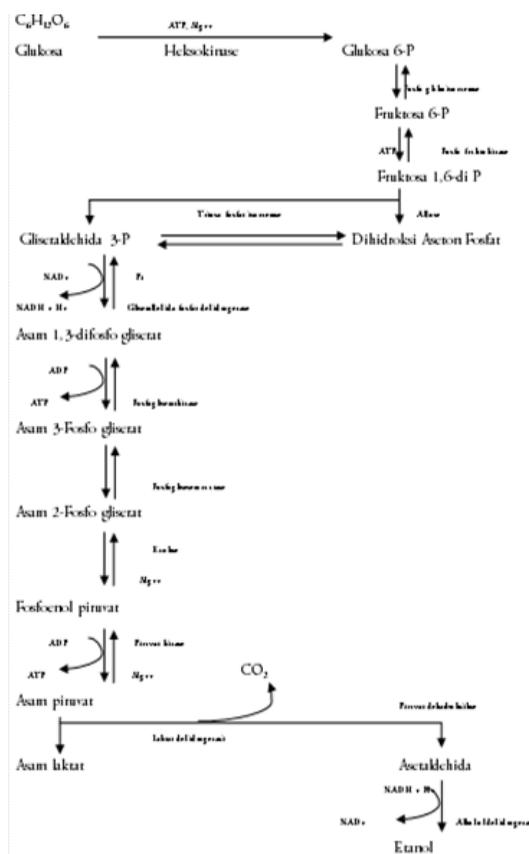
$$Uji (B_j) = \frac{(a+b) - c}{(a+d) - c}$$

**Hasil dan Pembahasan**

Etanol adalah suatu senyawa organik yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Titik didih etanol yaitu 78,5°C. Etanol

memiliki rumus molekulnya C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O. Salah satu bahan baku pembuatan etanol adalah biji durian. Etanol dibuat melalui proses fermentasi karbohidrat (Fessenden, 1984).

Fermentasi adalah suatu proses perubahan kimia yang disebabkan oleh aktivitas mikroba ataupun oleh aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba. Jalur metabolisme karbohidrat yang pernah diselidiki adalah sistem fermentasi etanol oleh khamir. Salah satu jenis khamir yang produktif dan sering digunakan ialah *Saccharomyces cerevisiae*. Dalam fermentasi ini glukosa didegradasi menjadi etanol dan CO<sub>2</sub> melalui suatu jalur metabolisme yang disebut glikolisis. Jalur glikolisis disebut juga sebagai jalur Embden-Meyerhof-Parnas. Secara keseluruhan mekanisme utama fermentasi etanol melalui jalur Embden-Meyerhof-Parnas disajikan pada gambar 1 (Berry, 1988).



**Gambar 1.** Lintasan Embden-Meyerhof-Parnas

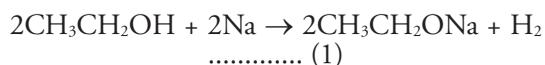
Sebelum membuat etanol, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan untuk mengetahui jenis karbohidrat yang terdapat pada biji durian. Filtrat biji durian ditambahkan dengan

larutan benedict lalu dipanaskan menghasilkan endapan merah bata. Hal ini menunjukkan bahwa jenis monosakarida yang terdapat dalam biji durian adalah glukosa sehingga biji durian yang akan dijadikan bahan baku pembuatan etanol tidak dihidrolisis lagi karena monosakarida merupakan karbohidrat paling sederhana dan tidak dapat diuraikan lagi (Fessenden, 1984).

Selanjutnya biji durian yang telah diblender dibuat starter, dimana starter ini merupakan media pembiakan ragi dan tujuan dibiakkannya ragi dalam stater adalah mengadaptasikan sel terhadap media fermentasi. Kemudian dilakukan fermentasi selama 5, 8, 11 dan 14 hari dan dianalisis etanol yang dihasilkan.

Setelah dilakukan pengukuran kadar etanol hasil distilasi, ternyata terdapat perbedaan kadar etanol pada hari ke-5, dengan hari ke-8, ke-11 dan ke-14. Pada hari ke-5 kadar etanol yang diperoleh yaitu 15,15 %, pada hari ke-8 diperoleh etanol dengan kadar 4,67 %, pada hari ke-11 diperoleh etanol dengan kadar 5,48 %, pada hari ke-14 diperoleh kadar etanol 2,30 %. Kadar etanol yang paling besar yaitu pada fermentasi hari ke-5 dan yang paling rendah kadar etanolnya pada fermentasi hari ke-14. Pada hari ke-5 kadar etanol sudah mencapai maksimum hal ini disebabkan glukosa dapat terurai sempurna menjadi etanol. Kadar etanol yang diperoleh pada hari ke-5 adalah kadar etanol yang tertinggi yaitu 15,15 % disebabkan karena pada hari ke-5 glukosa telah terurai sempurna menjadi etanol dan kadar etanol terendah yaitu 2,30 % pada hari ke 14. Pada fermentasi hari ke-8, ke-11 dan ke-14 terjadi penurunan kadar etanol, hal ini disebabkan karena glukosa dan nutrisi dalam media fermentasi jumlahnya sudah mulai berkurang sehingga mikroba dalam jumlah yang cukup besar hanya mengkonsumsi sisa nutrisi dari waktu inkubasi sebelumnya. Kemungkinan lain karena terjadinya perubahan etanol yang teroksidasi oleh oksigen menjadi asam asetat. Dari 1000 gram biji durian diperoleh 186 mL etanol hasil distilasi dengan kadar etanol yang berbeda.

Etanol hasil dari distilasi pada fermentasi hari ke-5, ke-8, ke-11 dan ke-14 diuji kereaktifannya dengan menggunakan logam Na. Sepotong logam Na dimasukkan kedalam cawan petri yang telah berisi etanol hasil distilasi tersebut. Reaksi yang terjadi antara logam Na dan etanol yaitu sebagai berikut:



Logam Na dengan etanol pada fermentasi hari ke-11 dan hari ke-14 bereaksi dengan baik hal ini ditandai dengan terjadinya asap yang ditimbulkan ketika logam Na dimasukkan ke dalam etanol hasil distilasi, hal ini disebabkan karena etanol yang dihasilkan bereaksi hebat dengan asam menghasilkan garam dan gas hidrogen. Sedangkan etanol pada fermentasi hari ke-5 dan hari ke-8 tidak terjadi reaksi, ini menandakan kandungan air dalam etanol hanya sedikit sekali. Juga perlu dipastikan agar tidak terdapat air meskipun dalam jumlah kecil dalam larutan karena natrium bereaksi lebih baik dengan gugus -OH dalam air dibanding dengan gugus -OH dalam sebuah alkohol. Tetapi setelah ditetesi dengan indikator pp ternyata larutannya berubah menjadi warna putih, ini menandakan bahwa tidak terdapat air pada etanol dari hasil distilasi karena gugus hidroksil pada etanol bersifat sedikit asam. Tujuan dari reaksi antara etanol dengan logam Na adalah untuk menguji keberadaan air pada etanol yang dihasilkan.

Etanol yang diperoleh dari hasil distilasi dilarutkan ke dalam air murni. Dari hasil pengamatan, diperoleh bahwa etanol larut dalam air dan membentuk campuran yang homogen dimana tidak terlihat adanya bidang batas antara air murni dan etanol hasil distilasi tersebut. Etanol larut sempurna dalam air karena air bersifat polar dan pada etanol terdapat gugus -OH yang bersifat polar, rantai gugus alkil pada etanol tidak terlalu panjang sehingga lebih mudah membentuk ikatan hidrogen. Etanol hasil distilasi diukur berat jenisnya, dari hasil pengukuran berat jenis diperoleh berat jenis pada fermentasi hari ke-5 yaitu 1,08 g/mL, hari ke-8 diperoleh berat jenis 0,98 g/mL, pada hari ke-11 diperoleh berat jenis 0,99 g/mL dan pada hari ke-14 diperoleh berat jenis 1,00 g/mL. Diketahui berat jenis (bj) etanol di laboratorium yaitu 0,88 – 0,97 g/mL. Adanya perbedaan berat jenis yang diperoleh disebabkan karena etanol yang diperoleh dari hasil distilasi belum 100% murni atau dapat dikatakan etanol yang dihasilkan masih banyak mengandung senyawa yang lain.

Pengukuran pH etanol hasil distilasi diperoleh pH etanol pada fermentasi hari ke-5 yaitu 3,35, hari ke-8 yaitu 3,11, hari ke-11 yaitu 3,45, dan hari ke-14 yaitu 3,40. pH etanol hasil distilasi tertinggi 3,45 yaitu terjadi pada hari ke-11. Sedangkan pada hari ke-8 pH etanol yang dihasilkan mengalami penurunan menjadi 3,11. Hal ini disebabkan etanol pada hari ke-8 telah berubah menjadi asam akibat keterlibatan oksigen, sehingga etanol teroksidasi

menjadi asam asetat. Terjadinya selisih pH yang dihasilkan kemungkinan disebabkan karena adanya zat-zat pengotor dalam etanol yang tidak sempat terpisah pada saat distilasi dilakukan.

### Kesimpulan

Biji durian dapat diolah menjadi bahan baku pembuatan etanol melalui proses fermentasi. Fermentasi yang dilakukan selama 5 hari merupakan fermentasi yang memiliki kualitas baik dimana glukosa telah terurai sempurna menjadi etanol dengan kadar etanol yang dihasilkan yaitu 15,15 %, berat jenis 1,08 g/mL dan pH 3,35 jika dibandingkan dengan 8 hari dengan kadar etanol yaitu 4,67 %, berat jenis 0,98 g/mL dan pH 3,11, 11 hari dengan kadar etanol yaitu 5,48 %, berat jenis 0,99 g/mL dan pH 3,45 dan 14 hari dengan kadar etanol yaitu 2,30 %, berat jenis 1,00 g/mL dan pH 3,40.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa syukur, penghargaan yang setinggi-tingginya serta ungkapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada dosen Prodi Pendidikan Kimia yang telah banyak membantu selama studi saya berlangsung. Terima kasih juga kepada teman-teman kimia khususnya rekan-rekan seperjuangan yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian ini

### Referensi

- Ali, N., Mohd, M. K., & Mohiuddin, M. (2011). Ethanol fuel production through microbial extracellular enzymatic hydrolysis and fermentation from renewable agrobased cellulosic wastes. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2(2), 321-331.
- Almodares, A., & Hadi, M. R. (2009). Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9), 772 - 780.
- Apriliani, A. S., & Agustinus, F. (2013). Pembuatan etanol dari dari kulit pisang secara fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(2), 1-7.
- Arnata, I. W., & Anggreni, D. (2013). Rekayasa bioproses produksi bioethanol dari ubi kayu dengan teknik ko-kultur ragi tape dan *saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Agointek*, 7(1), 21-28.
- Berry, D.R. (1988). *Physiology of industrial fungi*. London: Blackwell scientific publications.
- Chamutpong, S., Noitim, N., Wongjan, C., & Nicomrat, D. (2013). Comparative high alcohol production in the fermentation of durian peels and jackfruit wastes. *Proceedings of the 1st Academic Science and Technology Conference*, 78-81.
- Dinas Perkebunan. (2011). *Tanaman hortikultura*. Palu.
- Fessenden, J.R. (1984). *Kimia organik, edisi ketiga, jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hapsari, M. A., & Pramashinta, A. (2013). Pembuatan bioethanol dari singkong karet (*manihot glaziovii*) untuk bahan bakar kompor rumah tangga sebagai upaya mempercepat konversi minyak tanah ke bahan bakar nabati. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(2), 240-245.
- Ismuyanto, B., Anugrahini, S. F. A., & Indahyanti, E. (2013). Kinetika reaksi hidrolisis pati biji durian (*durio zibethinus murr*) menjadi glukosa dengan variasi temperatur dan waktu. *Kimia Student Journal*, 2(1), 344-350.
- Jhonprimen, H. S., Turnip, A., & Dahlan, M. H. (2012). Pengaruh massa ragi, jenis ragi dan waktu fermentasi pada bioethanol dari biji durian. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(2), 230-237.
- Minarni, N., Ismuyanto, B., & Sutrisno. (2013). Pembuatan bioethanol dengan bantuan *saccharomyces cerevisiae* dari glukosa hasil hidrolisis biji durian (*durio zibethinus*). *Kimia Student Journal*, 1(1), 36-42.
- Primadony, R., Hanum, F., Pohan, N., Rambe, M., & Ulyana, M. (2013). Pengaruh massa ragi dan waktu fermentasi terhadap bioethanol dari biji durian. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(4), 49-54.

- Purnama, I.C.G. (2011). Mengembangkan potensi biji durian sebagai bioetanol. *saccharomyces cerevisiae* yang terimobilisasi pada kalsium alginat. *Jurnal Teknologi Proses*, 5(2), 75-80.
- Salsabila, U., Mardiana, D., & Indahyanti, E. (2013). Kinetika reaksi fermentasi glukosa hasil hidrolisis pati biji durian menjadi etanol. *Kimia Student Journal*, 2(1), 331-336.
- Sarkar, N., Ghosh, S. K., Bannerjee, S., & Aikat, K. (2011). Bioethanol production from agricultural wastes: An overview. *Journal of Renewable Energy*, 37(12), 19-27.
- Sebayang, F. (2006). Pembuatan etanol dari molase secara fermentasi menggunakan sel *Saccharomyces cerevisiae* yang terimobilisasi pada kalsium alginat. *Jurnal Teknologi Proses*, 5(2), 75-80.
- Seftian, D., Antonius, F., & Faizal, M. (2012). Pembuatan etanol dari kulit pisang menggunakan metode hidrolisis enzimatis dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 10-18.
- Wiratmaja, I. G., Kusuma, I. G. B. W., & Winaya, I. N. S. (2011). Pembuatan etanol generasi kedua dengan memanfaatkan rumput laut (*Euclima cottonii*) sebagai bahan baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 75-84.