

Sintesis Bioetanol Generasi Dua dari Tanaman Pandan Laut (*Pandanus tectorius*) dan Bioetanol Generasi Empat dari Limbah Industri Gandum di Kota Cilegon

Synthesis of Second Generation Bioethanol from Sea Pandanus Plant (*Pandanus tectorius*) and Fourth Generation Bioethanol from Waste of Wheat Industry in Cilegon City

Agus Malik Ibrahim*, Agrin Febrian Pradana, Gagas Priyosakti, Miftahul Arifin, Tuti Alawiyah, & Perliansyah

Program Studi Kimia, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Jl. Lingkar Selatan KM 1.7, Harjatani, Kec. Kramatwatu, Kab. Serang, Banten, Indonesia

*The corresponding author: sezhomalik@gmail.com

Abstrak. Kewajiban minimal pemanfaatan bioetanol (E100) sebagai campuran bahan bakar minyak dipersyaratkan sebanyak 20% terhadap kebutuhan total pada Januari 2025 tertuang dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 12 tahun 2015. Upaya tersebut dilakukan pemerintah Indonesia karena persediaan bahan bakar minyak berbasis fosil yang tidak terbarukan semakin menipis, sehingga diperlukan bahan bakar komplementer atau pengganti yang bersifat terbarukan. Salah satu bahan bakar nabati yang saat ini sedang digalakkan penggunaannya adalah bioetanol. Indonesia adalah negara berkembang yang memiliki banyak potensi bahan baku untuk pengembangan bioetanol sebagai energi terbarukan. Jenis bahan baku yang potensial menghasilkan bioetanol adalah tanaman pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan limbah industri pangan seperti industri gandum. Tanaman pandan laut banyak dijumpai di seluruh kepulauan Indonesia dan secara tersedia secara epidemik, sedangkan limbah industri gandum tersedia di daerah industri seperti di Provinsi Banten, yang selama ini limbah tersebut belum dimanfaatkan menjadi sumber bahan bakar nabati. Tujuan penelitian ini adalah mensintesis bioetanol dari sumber baru berbasis bahan alam (tanaman pandan laut) dan berbasis limbah industri pangan (limbah industri gandum). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan pengetahuan yang diperlukan dalam merencanakan pembuatan bioetanol berbasis tumbuhan dan limbah industri pangan. Tahapan penelitian dimulai dari proses preparasi bahan baku dan uji proksimat, dilanjutkan dengan proses gelatinisasi dan likuifaksi, pra-sakarifikasi, fermentasi, kemudian proses distilasi dan analisis kualitatif serta kuantitatif menggunakan instrumen. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh tingkat kemurnian bioetanol dari daun pandan laut, buah pandan laut, limbah *bran*, limbah *pollard*, limbah *germ*, dan limbah gandum *reject* berturut-turut adalah 79.27%, 95.02%, 97.64%, 37.28%, 47.40%, dan 49.57%.

Kata-kata kunci: Bioetanol; pandan laut; limbah gandum; fermentasi

Abstract. The minimum requirement of bioethanol utilization (E100) as a mixture of fuel oil is required as much as 20% of the total needs in January 2025 contained in Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources number 12 in 2015. The effort was made by the Indonesian government because fossil fuel oil supplies were not renewables are running low, so complementary or replacement fuels are needed. One of the biofuels currently being used is bioethanol. Indonesia is a developing country that has many potential raw materials for the development of bioethanol as renewable energy. The types of raw materials that have the potency to produce bioethanol are sea pandanus plants (*Pandanus tectorius*) and food industry wastes such as the wheat industry. Sea pandanus plants are commonly found throughout the Indonesian

archipelago and are available epidemically, while wheat industrial waste is available in industrial areas such as in Banten Province, which has so far not been utilized as a source of biofuels. The purpose of this study is to synthesize bioethanol from new sources based on natural materials (sea pandanus plants) and based on food industry waste (wheat industrial waste). This research is expected to contribute in increasing the knowledge needed in bioethanol synthesis from plant and food industry waste. The stages of research began from the process of raw materials preparation and proximate analysis, followed by the process of gelatinization and liquefaction, pre-saccharification, fermentation, then the distillation process and qualitative and quantitative analysis using instruments. Based on the results of the study, bioethanol purity levels from sea pandanus leaves, sea pandanus fruit, bran waste, pollard waste, germ waste, and rejected wheat were respectively 79.27%, 95.02%, 97.64%, 37.28%, 47.40%, and 49.57%.

Keywords: Bioethanol; sea pandanus; waste of wheat industry; fermentation

1. Pendahuluan

Persediaan bahan bakar minyak berbasis fosil yang tidak terbarukan semakin menipis, sehingga diperlukan bahan bakar komplementer atau pengganti yang bersifat terbarukan. Salah satu bahan bakar nabati yang saat ini sedang digalakkan penggunaannya adalah bioetanol.

Bioetanol adalah etanol (C_2H_5OH) yang diproduksi dari bahan baku berupa biomassa yang mengandung komponen pati, gula, atau selulosa, dan juga dari limbah biomassa. Bioetanol diproduksi dengan teknologi biokimia melalui proses hidrolisis dan fermentasi bahan baku, kemudian etanol yang dihasilkan dipisahkan kandungan airnya dengan proses distilasi dan dehidrasi (Pertamina, 2007 dalam Hidayati *et al.*, 2016).

Wujud dukungan pemerintah Indonesia dalam pengembangan bahan bakar berbasis biofuel tertuang dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 12 tahun 2015. Kewajiban minimal pemanfaatan bioetanol (E100) sebagai campuran bahan bakar minyak dipersyaratkan sebanyak 20% terhadap kebutuhan total pada Januari 2015. Indonesia adalah negara berkembang yang memiliki banyak potensi bahan baku untuk pengembangan bioetanol sebagai energi terbarukan.

Jenis bahan baku yang potensial menghasilkan bioetanol adalah tanaman pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan limbah industri pangan seperti industri gandum. Tanaman pandan laut banyak dijumpai di seluruh kepulauan Indonesia dan secara tersedia secara epidemik, sedangkan limbah industri gandum tersedia di daerah industri seperti di Provinsi Banten, yang selama ini limbah tersebut belum termanfaatkan menjadi sumber bahan bakar nabati.

Pandanus tectorius adalah salah satu spesies pandan yang diakui sebagai spesies kompleks yang sangat bervariasi yang tersebar luas di daerah pesisir pantai Asia Tenggara (Abduh *et al.*, 2017). Telah dilaporkan bahwa bagian mesokarp dari pandan kaya dengan karbohidrat (74%), protein (10%), dan β -karoten (1,6 $\mu\text{g/g}$). Bijinya dilaporkan memiliki kandungan karbohidrat yang lebih rendah (25%) tetapi proteinnya lebih tinggi (15,4%), β -karoten (4,4 $\mu\text{g/g}$), dan juga mengandung lemak yang cukup besar (48,5%) (Kogoya *et al.*, 2014).

Limbah gandum berupa sisa material yang terbentuk dari pemrosesan biji gandum di industri. Limbah industri gandum yang umumnya dikenal adalah limbah biji gandum, dedak gandum (pollard), lembaga biji (*germ*), dan limbah kulit luar gandum (*bran*). Gandum merupakan tanaman “purba” yang lebih dulu dibudidayakan oleh manusia daripada padi dan jagung dan kini menjadi makanan pokok bagi penduduk di lebih dari 40 negara. Sebagaimana halnya padi dan jagung, gandum termasuk famili *Poacea* (*Gramineae*) yang memiliki kerabat lebih dari 20 spesies. Protein biji gandum terkonsentrasi pada bagian germ sekitar 23%, sedangkan lemak relatif tinggi sekitar 10%, walaupun proporsi dari biji utuh gandum hanya 2-3%. Proporsi endosperm pada biji utuh gandum 80-85%, tidak mengandung lemak, protein hanya 7%. Pada bagian ini kadar karbohidrat biji gandum sekitar 79%. Bagian dedak dengan proporsi 13-17% mengandung protein 16%, lemak 3%, karbohidrat sekitar 63% (Sumarno dan Mejaya, 2016).

Tujuan penelitian ini adalah mensintesis bioetanol dari sumber baru berbasis bahan alam (tanaman pandan laut) dan berbasis limbah industri pangan (limbah industri gandum). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan pengetahuan yang diperlukan dalam merencanakan pembuatan bioetanol berbasis tumbuhan dan limbah industri pangan.

2. Metode

2.1 Bahan dan alat

Bahan baku tanaman pandan laut (*Pandanus tectorius*) berasal dari daerah pesisir pantai Kota Cilegon dan Kabupaten Serang. Limbah industri gandum didapat dari industri pengolahan gandum yang berada di Kota Cilegon dan Kabupaten Serang. Bahan lain adalah enzim alfa amilase, glukoamilase, *Saccharomyces cereviceae*, dan akuades.

Analisis kuantitatif bioetanol menggunakan instrumen gas chromatography (GC). Proses perancangan alat distilasi mengacu pada penelitian Hargono dan Suryanto (2015).

2.2 Persiapan bahan baku

Setiap jenis bahan baku diuji secara proksimat untuk mengetahui kadar metabolit primer di dalam setiap bahan. Analisis proksimat berupa uji kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, dan kadar karbohidrat. Preparasi bahan dimulai dengan setiap jenis bahan baku dicuci dengan air bersih, dihaluskan, dan diperas berulang kali untuk diambil airnya. Air hasil perasan diendapkan selama 3 hari sehingga pati akan mengendap di dasar wadah. Pati yang telah terbentuk dipisahkan dari air, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Pati ini kemudian disaring dan diayak sehingga diperoleh pati yang homogen.

2.3 Gelatinisasi dan likuifaksi

Sebanyak 500 g pati dari setiap jenis bahan, masing-masing dicampur dengan 2,3 L akuades kemudian dipanaskan selama 30 menit pada suhu 75°C di dalam panci disertai dengan pengadukan. Larutan pati yang semula encer akan berubah wujudnya menjadi seperti bubur kental. Bubur pati ditambahkan enzim α -amilase dengan volume enzim sebanyak 3 mL. Campuran dipanaskan selama 30 menit dan suhu dijaga 80°C – 90°C dengan pengadukan.

2.4 Pra-sakarifikasi

Setelah proses likuifaksi selesai larutan didinginkan hingga suhu 60°C. Kemudian dilanjutkan dengan proses pra-sakarifikasi dengan penambahan enzim gluco-amilase dengan volume enzim sebanyak 3 mL pada masing masing jenis bahan baku. Proses ini berlangsung selama 1,5 jam pada suhu 60 °C – 62 °C. Selama proses likuifaksi dan pra-sakarifikasi pH diatur dalam range 4-5 dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N dan larutan NaOH 0,1 N. Larutan kemudian didinginkan selama 24 jam hingga mencapai suhu ruangan.

2.5 Fermentasi

Ragi *Saccharomyces cerevisiae* ditambahkan ke dalam larutan substrat masing-masing jenis bahan baku dengan massa ragi sebanyak 20 g. Masing-masing campuran ditambahkan nutrisi berupa NPK dan urea sebanyak 7 g/L. Proses fermentasi dilakukan pada suhu 25 °C – 30 °C selama 6 hari dengan kisaran pH 4-5. Proses berlangsung secara anaerob. Hasil proses fermentasi disaring dengan kain saring untuk memisahkan endapan dengan larutan etanol-air.

2.6. Distilasi dan analisis

Bioetanol hasil fermentasi dimurnikan dengan cara distilasi. Proses distilasi menggunakan alat distilasi mengacu pada penelitian Hargono dan Suryanto (2015). Bioetanol yang telah dimurnikan dianalisis kuantitatif menggunakan instrumen *gas chromatography* (GC).

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1. Bioetanol dari Buah Pandan Laut

Proses pembuatan pati dari buah pandan laut hanya memanfaatkan daging buahnya saja sementara bijinya tidak digunakan. Dari total berat bahan baku 32,5 kg, berat biji 28,5 kg, dan berat daging buah 4 kg menghasilkan pati 1 kg. Jumlah yang sangat sedikit namun dimanfaatkan sebaik mungkin, karena buah pandan laut ini berbuah 1 kali dalam setahun.

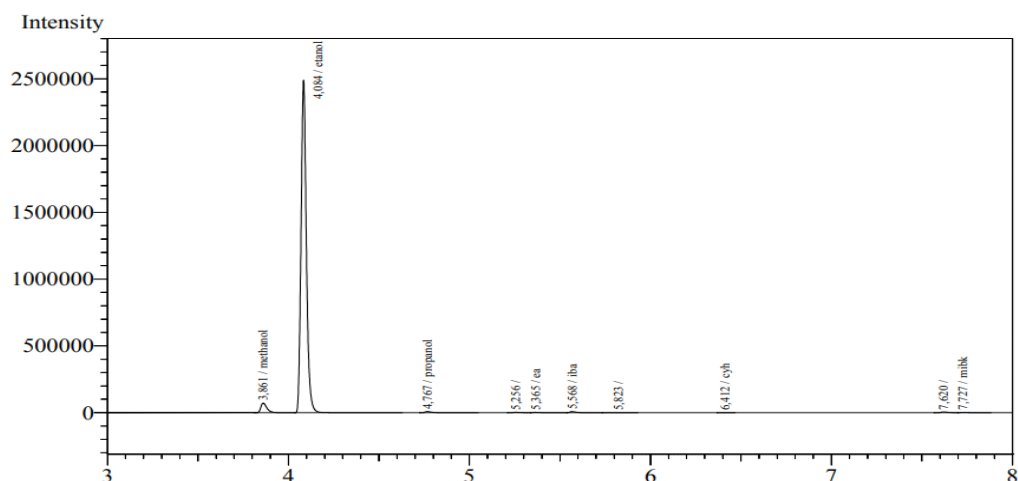


Gambar 1. Potongan daging buah pandan laut

Pada proses hidrolisis, penambahan volume enzim alfa-amilase dan gluco-amilase berpengaruh terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Mekanisme reaksi enzim alfa-amilase yang berperan mengubah polisakarida menjadi monosakarida adalah alfa-amilase akan memotong ikatan glikosidik alfa-1,4 pada molekul pati (karbohidrat) sehingga terbentuk molekul-molekul karbohidrat yang lebih pendek. Hasil dari pemotongan enzim ini antara lain maltosa, maltotriosa, dan glukosa. Sedangkan mekanisme reaksi pada enzim gluco-amilase adalah enzim tersebut akan memotong ikatan alfa-1,4 pada molekul pati. Enzim ini juga dapat memecah ikatan alfa-1,6, tetapi pada frekuensi yang lebih rendah. Hasil utama pemecahannya adalah glukosa, suatu bentuk sederhana dari molekul karbohidrat berjumlah atom C6. Glukoamilase adalah salah satu enzim kelas 15 yang berperan dalam proses sakarifikasi pati. Serupa dengan enzim alfa-amilase, glucoamilase dapat memecah struktur pati yang merupakan polisakarida kompleks berukuran besar menjadi molekul yang berukuran kecil.

Lama waktu fermentasi secara umum akan mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi, maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Akan tetapi, *Saccharomyces cerevisiae* memiliki keterbatasan untuk hidup pada kadar alkohol tertentu, sehingga perlu diketahui lama fermentasi yang tepat, agar diperoleh kadar etanol tinggi, kadar pH rendah, produksi gas tinggi tapi tidak mengganggu pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* (Azizah *et al.*, 2012).

Hasil analisis GC pada Gambar 2 dan Tabel 1 menunjukkan bahwa etanol yang dihasilkan dari hasil fermentasi selama 6 hari dengan waktu retensi 4,084 menit dan luas area 5065749 menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 95,03%. Kandungan zat pengotor lain yaitu metanol 3,15%, propanol 0,42%, iso butil alkohol 0,38%, etil asetat 0,18%, dan lain-lain.



Gambar 2. Kromatogram GC dari bioetanol buah pandan laut

Tabel 1. Puncak-puncak senyawa yang terdeteksi GC dari bioetanol buah pandan laut

Puncak	Waktu Ret.	Luas Area	Senyawa	Area (%)
1	3.861	167796	Metanol	3.1476
2	4.084	5065749	Etanol	95.0248
3	4.767	22200	Propanol	0.4164
4	5.256	9841		0.1846
5	5.365	9558	EA	0.1793
6	5.568	20249	IBA	0.3798
7	5.823	1020	CYH	0.0191
8	6.412	2104		0.0395
9	7.620	16647	MIBK	0.3123
10	7.727	6162		0.1156
11	10.516	2402	Xylena	0.0451
12	11.547	1002		0.0188
13	16.627	2746		0.0515
14	18.523	2421		0.0454
15	22.243	1076		0.0202
Total				100.0000

Berdasarkan hasil uji kuantitatif menggunakan *gas chromatography* (GC) ini, didapatkan nilai kadar bioetanol yang jauh lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya. Penelitian tentang bioetanol generasi 2 yang telah dilakukan oleh Baharuddin *et al.* (2016) tentang bioetanol dari jerami padi dan kulit pohon dao dengan waktu retensi 2,703 menit dan luas area 842518 menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 0,24% sedangkan pohon dao sebesar 0,98%. Selain itu juga penelitian Wusnah *et al.* (2016) tentang bioetanol dari kulit pisang kepok dengan waktu retensi 4,173 menit dan luas area 11337902 menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 86,22 %.

3.2. Bioetanol dari Limbah Bran Industri Gandum

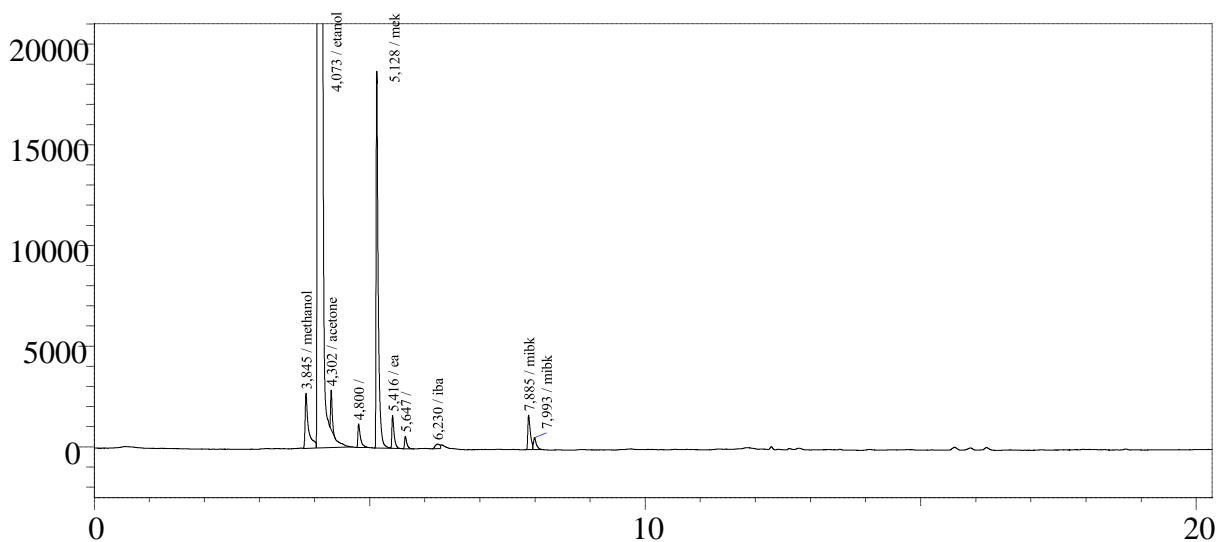
Sebelum melakukan proses fermentasi, limbah *bran* terlebih dahulu dikeringkan menggunakan oven sehingga didapat *bran* dengan kadar air yang rendah agar bahan dasar ini lebih tahan lama dan dapat disimpan sebagai cadangan. Penyimpanan dalam bentuk basah akan cepat rusak akibat reaksi-reaksi kimia dan aktivitas mikroba, misalnya pembusukan oleh mikroba pengurai yang mengakibatkan bahan cepat berketu. Proses fermentasi pada penelitian ini tidak memerlukan pengkondisian pH menggunakan HCl dan NaOH karena

Saccharomyces cerevisiae dapat tumbuh pada kondisi pH 6 – 5. Selanjutnya hasil dari proses fermentasi tersebut menghasilkan campuran etanol dan air.



Gambar 3. Proses fermentasi limbah bran gandum

Proses destilasi dari hasil fermentasi bertujuan memisahkan air dan bioetanol yang masih tercampur. Bioetanol yang menjadi uap akibat pemanasan pada suhu sesuai titik didinya akan mengalami pengembunan setelah melewati saluran pendingin dan di tampung di labu elemeyar. Meskipun suhu proses destilasi dipertahankan sebaik mungkin, uap air akan selalu terbawa ada sedikit air yang ikut menguap. Kromatogram GC hasil analisis bioetanol limbah *bran* gandum disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kromatogram GC dari bioetanol limbah *bran* gandum

Hasil analisis GC pada Gambar 4 dan Tabel 1 menunjukkan bahwa etanol yang dihasilkan dari hasil fermentasi selama 6 hari dengan waktu retensi 4,073 menit dan luas area 3488773 menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 97,64%. Kandungan zat pengotor lain yaitu metanol 0,33%, aseton 0,11%, metil-etil-keton 1,38%, dan lain-lain.

Tabel 2. Puncak-puncak senyawa yang terdeteksi GC dari bioetanol limbah *bran* gandum

Puncak	Waktu Ret.	Luas Area	Senyawa	Area (%)
1	3.845	11664	Metanol	0.3265

Puncak	Waktu Ret.	Luas Area	Senyawa	Area (%)
2	4.073	3488773	Etanol	97.6411
3	4.302	4076	Aseton	0.1141
4	4.800	3774		0.1056
5	5.128	49359	MEK	1.3814
6	5.416	4576	EA	0.1281
7	5.647	1729		0.0484
8	6.230	1373	IBA	0.0384
9	7.885	5527	MIBK	0.1547
10	7.993	2206	MIBK	0.0617
Total		3573057		100.0000

Berdasarkan hasil uji kuantitatif menggunakan *gas chromatography* (GC) ini, didapatkan nilai kadar bioetanol yang jauh lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya. Penelitian tentang bioetanol generasi 4 berbahan dasar limbah atau sampah yang telah dilakukan oleh Erna *et al.* (2016) tentang bioetanol dari limbah kulit singkong hanya menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 5,2% dengan waktu fermentasi yang sama dengan penelitian ini yaitu selama 6 hari.

4. Kesimpulan

Daging buah pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan limbah *bran* gandum memiliki potensi yang besar untuk dijadikan bahan baku sintesis bioetanol. Berdasarkan hasil analisis *gas chromatography* (GC), bioetanol dari buah pandan laut yang berhasil disintesis memiliki kadar kemurnian sebesar 95,03% sedangkan bioetanol dari limbah *bran* gandum memiliki kadar kemurnian 97,64%.

Daftar pustaka

- Abduh M Y, Manurung R, Faustina A, Affanda E, & Siregar I R H. 2017. *Bioconversion of Pandanus tectorius Using Black Soldier Fly Larvae for the Production of Edible Oil and Protein-rich Biomass. Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol. 5(1): 803-809.
- Azizah N, Al-Baarri A N, & Mulyani S. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari *Whey* dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal aplikasi teknologi pangan*, vol. 1(2): 72 – 77.
- Baharuddin M, Sappewali, Karisma, Fitriyani J. 2016. Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa L.*) dan Kulit Pohon Dao (*Dracontamelon*) Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS). *Chimica et Natura Acta*, vol. 4(1): 1 – 6.
- Erna, Irwan S, & Abram P H. 2016. Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta crantz*) Melalui Proses Fermentasi. *J. Akad. Kim.*, vol 5(3): 121 – 126.
- Hargono, & Suryanto. 2015. Rancang Bangun Alat Distilasi Satu Tahap untuk Memproduksi Bioetanol Grade Teknis. *Jurnal Politeknik Negeri Semarang*, vol. 10(1): 9 - 14.
- Hidayati R N, Qudsi P, Wicakso D R. 2016. Hidrolisis Enzimatis Sampah Buah-buahan Menjadi Glukosa Sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Konversi*, vol. 5(1): 18 – 21.
- Kogoya B, Guritno B, Arifin, Suryanto A. 2014. Bioactive Components of Pandan's Fruits from Jayawijaya Mountains, Papua, Indonesia. *Journal of Environmental Science, Toxicology. Food Technology*, vol. 8(8): 1 – 8.

Peraturan Menteri ESDM. 2015. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 12 tahun 2015 tentang Perubahan Ketiga atas Permen ESDM nomor 32 tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain. Jakarta.

Sumarno, Mejaya M J. 2016. *Pertanaman dan Produksi Gandum di Dunia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Wusnah, Bahri S, Hartono D. 2016. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* B.C) Melalui Proses Fermentasi. Universitas Malikussaleh Lhokseumawe, Aceh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 5(1): 57 – 65.