

REVIEW

TEKNOLOGI FERMENTASI BIOETANOL DARI BERBAGAI BAHAN ORGANIK

¹Alwan Khoiri, ²Bima Ardana Syeh, ³Hanny Dian Kharisma, ⁴Lulutun Anwari, ^{5*}Dessy Agustina Sari

^{1,2,3,4}Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

^{5*}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

^{5*}dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima : 18 Juli 2020

Direvisi : 09 Agustus 2020

Disetujui : 06 September 2020

Kata Kunci :

Bahan organik, Bioetanol, Fermentasi

ABSTRAK

Bioetanol sangat dibutuhkan untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Proses produksi bioetanol dilakukan melalui teknologi fermentasi dari berbagai bahan organik. Proses fermentasi bioetanol bertujuan untuk memanfaatkan bahan organik terutama limbah organik agar limbah tersebut tidak hanya menjadi limbah semata, tetapi bisa menghasilkan bioetanol dengan teknologi fermentasi. Berbagai bahan organik telah difermentasikan seperti kulit pisang kepok, rumput gajah, biji durian, keladi liar, jerami padi, limbah tongkol jagung, air limbah cucian beras, tepung ampas tebu, limbah kulit singkong, dan nira aren. Hasil yang didapat berbeda-beda sebab ada beberapa faktor yang mempengaruhi kandungan kadar etanol tersebut seperti waktu fermentasi, penambahan *starter*, dan lokasi pengambilan sampel.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35261/barometer.v4i2.3810>

I. PENDAHULUAN

Fermentasi bioetanol bertujuan untuk memanfaatkan bahan organik terutama limbah organik agar limbah tersebut tidak hanya menjadi limbah semata tetapi bisa menghasilkan bioetanol dengan teknologi fermentasi. Menurut Balai Besar Teknologi Pati (B2TP) ada tiga kelompok tanaman sumber bioetanol: tanaman yang mengandung pati (seperti singkong, kelapa sawit, tengkawang, kelapa, kapuk, jarak pagar, rambutan, sirsak, malapari, dan nyamplung), bergula (seperti: tetes tebu atau molase, nira aren, nira tebu, dan nira sorgum manis) dan serat selulosa (seperti: batang sorgum, batang pisang, jerami, kayu, dan bagas) [1].

Fermentasi adalah suatu cara untuk mendapatkan alkohol dengan cara melakukan pengendapan pada suatu zat yang terdapat karbohidrat atau suatu zat yang ketika diendapkan akan menghasilkan karbon dioksida atau asam amino di bawah kondisi anaerobik. Bioetanol merupakan hasil dari proses fermentasi biomassa dengan bantuan mikroorganisme [2]. Proses produksi bioetanol dapat dilakukan melalui konversi bahan baku dengan memanfaatkan mikroba yang sesuai. Selama ini, mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi umumnya adalah kultur tunggal (monokultur) *Saccharomyces cerevisiae* [3].

Akhir-akhir ini, bioetanol sangat diperlukan di bidang kimia. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan pasar, berbagai cara dilakukan agar dapat terpenuhi. Salah satunya dengan cara fermentasi. Tentu saja banyak bahan baku yang dapat digunakan dan ditemui di lingkungan sekitar seperti biji durian [4], rumput gajah [5], kulit pisang kepok [6], keladi liar [7], jerami padi [8], limbah tongkol jagung [9], air limbah cucian beras [10], tepung ampas tebu [11], limbah kulit singkong [12], dan nira aren [13].

II. BAHAN ORGANIK DALAM TEKNOLOGI FERMENTASI

A. Biji durian

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 [14]. Biji durian adalah limbah biomassa yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Namun, hasil penelitian mengemukakan bahwa biji durian mengandung karbohidrat 43,6 - 46,2 gram tiap 100 gram biji durian yang diubah menjadi glukosa [15]. Biji durian telah diuji dengan teknologi fermentasi untuk menghasilkan bioetanol. Fermentasi yang dilakukan selama 5 hari merupakan fermentasi yang memiliki kualitas baik. Glukosa telah terurai sempurna menjadi etanol dengan kadar etanol yang dihasilkan sebesar 15,15% jika dibandingkan dengan proses fermentasi selama 8, 11, dan 14 hari dengan kadar etanol 4,67; 5,48; dan 2,30% secara berturut-turut [4]. Pengujian ini menunjukkan bahwa lama waktu proses fermentasi mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan.

B. Rumput gajah

Rumput gajah mempunyai kadar selulosa tinggi (40,85%) yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil etanol. Rumput gajah dapat menghasilkan etanol karena mengandung selulosa. Cara pembuatan etanol dari rumput gajah terlebih dahulu yaitu selulosa dihidrolisis menjadi glukosa, kemudian difermentasi menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil fermentasi didestilasi pada suhu 80°C. Tempat pengambilan sampel memberi pengaruh terhadap kadar selulosa rumput gajah dengan mengukur pH tanah dari setiap daerahnya, sehingga memiliki perbedaan kandungan selulosa, lignin dan hemiselulosa. Waktu fermentasi pun berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Waktu fermentasi berpengaruh pada kadar etanol yang dihasilkan. Terlalu lama rumput gajah difermentasi akan memberikan dampak penurunan kadar etanol yang dihasilkan. Enam hari fermentasi memberikan kadar yang optimum sekitar

20-30%. Kemudian, waktu 8 hari mengalami penurunan sekitar 7-11%. Jadi dapat disimpulkan waktu optimum fermentasi etanol pada rumput gajah menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan kadar etanol paling tinggi berada di fermentasi 6 hari [5].

C. Kulit pisang kepok

Beberapa penelitian pembuatan bioetanol menggunakan kulit pisang kepok pernah dilakukan sebelumnya. Pisang dengan nama latin *Musa paradisiacal* merupakan jenis buah-buahan tropis yang sangat banyak dihasilkan di Indonesia. Pulau Jawa dan Madura mempunyai kapasitas kira-kira 180.153 ton per tahun. Pembuatan bioetanol dengan proses ekstraksi. Sejumlah 5 kg kulit pisang kepok dihaluskan dan ditambahkan air $\frac{2}{3}$ dari jumlah kulit pisang kepok sehingga diperoleh bubur $\pm 1,5$ liter. Bubur dihidrolisis dengan penambahan HCl 10% pada temperatur 60°C. Selanjutnya, bahan tersebut difermentasi dengan bantuan *Saccharomyces cereviceae* pada temperatur 32°C sehingga dihasilkan 15% etanol per 1,5 liter jumlah bubur.

Suhu memegang peranan penting karena secara langsung dapat mempengaruhi aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* dan secara tidak langsung akan mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Seperti pada penelitian lain, kulit pisang dihidrolisis menggunakan larutan HCl 37% pada pH 1. Hidrolisis dilakukan pada suhu 50, 60, 70, dan 80°C selama 1 jam. Selanjutnya difermentasikan dengan *Saccharomyces cereviceae* dengan variable nutrisi diamonium fosfat sebesar 10, 20, dan 30 gr/L selama 12 hari. Hasilnya menunjukkan glukosa optimum yang didapat dari hidrolisis adalah 83,021 gr/l pada suhu 70°C selama 1 jam. Kandungan bioetanol optimum yang didapatkan H₂SO₄ 0,5 N dari fermentasi hari ke-8 sebesar 314,46 etanol/kg kulit pisang kepok kering [16]. Pada penelitian ini, pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dijaga pada suhu 27°C.

Kulit pisang yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit pisang yang sudah dikeringkan dan dihidrolisis menggunakan H₂SO₄ 0,5 N. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin lama proses fermentasi maka semakin banyak etanol yang dihasilkan dan semakin banyak ragi yang ditambahkan akan menghasilkan etanol yang lebih rendah. Pada variasi waktu fermentasi diperoleh waktu optimum fermentasi diperoleh waktu optimumnya pada waktu 144 jam dengan kadar etanol 13,5406%. Pada variasi penambahan berat ragi diperoleh kadar etanol 13,5353% dengan berat ragi 0,0624 gram [18]. Pada variasi waktu fermentasi diperoleh waktu 7 hari dengan kadar etanol 40% sebanyak 34 ml [6].

D. Keladi liar

Pada penelitian pembuatan bioetanol dari umbi talas melalui metode hidrolisa dan fermentasi dihasilkan kadar pati sebesar 24,4% dan kadar bioetanol sebesar 12,71% [19]. Keladi liar merupakan tanaman sepanjang tahun yang mengandung kadar pati sebesar 18%, mudah ditemukan, dan tidak termasuk pada tanaman pangan. Pada kondisi optimal, produktivitas keladi liar dapat mencapai 30 ton umbi/hektar. Penelitian dilakukan dengan *pretreatment* pada umbi keladi liar, pembentukan tepung umbi keladi liar, tahap hidrolisis, pembuatan larutan Luff-Schoorl, tahap fermentasi, dan tahap destilasi melalui hidrolisis dengan katalis asam klorida dan fermentasi [7].

Semakin besar konsentrasi HCl sebagai katalis hidrolisis tidak menghasilkan kadar glukosa yang semakin meningkat, peningkatan kadar glukosa terjadi pada konsentrasi HCl 0,0 N sampai 0,1 N kemudian kadar glukosa mengalami penurunan

pada konsentrasi 0,15 sampai 0,2 N. Semakin lama waktu hidrolisis tidak menghasilkan kadar glukosa yang semakin besar, kadar glukosa yang dihasilkan semakin besar pada waktu hidrolisis 0 hingga 45 menit setelah itu waktu hidrolisis 45-60 menit menghasilkan kadar glukosa yang semakin kecil [7]. Pada hidrolisis dengan metode asam semakin lama proses hidrolisis maka gula reduksi akan semakin besar, namun jika terlalu lama maka akan terjadi penurunan kadar gula reduksi [20]. Penurunan kadar gula disebabkan karena glukosa akan terdegradasi menjadi *hydroxyl methyl furfural* dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga menyebabkan kadar glukosa menurun. Lama waktu hidrolisis yang menghasilkan kadar gula tertinggi adalah pada waktu hidrolisis 2,5 jam dengan kadar gula yang diperoleh sebesar 0,653% [19].

Hasil fermentasi dipengaruhi banyak faktor seperti bahan pangan atau substrat, jenis mikroba, dan kondisi sekitar [21]. Pada hasil fermentasi umbi talas, selanjutnya dievaporasi untuk memisahkan etanol dari campurannya pada suhu 80°C. pada proses evaporasi senyawa yang menguap terlebih dahulu adalah etanol karena memiliki titik didih yang rendah yaitu 78,3°C dibandingkan dengan pelarutnya seperti air yang memiliki titik didih 100°C [28]. Semakin lama waktu fermentasi tidak menghasilkan kadar etanol yang meningkat peningkatan kadar etanol yang dihasilkan terjadi pada waktu fermentasi 18 jam sampai 72 jam kemudian mengalami penurunan pada waktu fermentasi 90 jam [7].

E. Jerami padi

Jerami padi merupakan limbah pertanian yang masih jarang dimanfaatkan sebagai produk yang mempunyai nilai tambah. jerami padi termasuk biomassa yang mengandung lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif seperti bioetanol. Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Jerami padi mengandung bahan polisakarida (kurang lebih 39% selulosa dan 27,5% hemiselulosa). Hemiselulosa merupakan satu kesatuan yang membangun komposisi serat dan mempunyai peranan yang penting karena bersifat hidrofilik sehingga berfungsi sebagai perekat antar selulosa yang menunjang kekuatan fisik serat [23]. Jerami padi selain mengandung selulosa juga mengandung lignin dan hemiselulosa. Oleh karena itu, selulosa dalam jerami padi diisolasi terlebih dahulu dengan cara menghilangkan lignin (delignifikasi) [24]. Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks [25]. Dan dilanjutkan dengan hidrolisis [24]. Setelah jerami padi dihidrolisis menggunakan H₂SO₄ hidrolisat jerami tersebut difermentasi [29]. Potensi etanol dari jerami padi sebesar 0,28 L/kg jerami [8].

F. Limbah tongkol jagung

Tongkol jagung adalah tempat pembentukan lembaga dan gudang penyimpanan makanan untuk pertumbuhan biji. Jagung mengandung kurang lebih 30% tongkol jagung sedangkan sisanya adalah kulit dan biji [9]. Limbah pertanian (termasuk tongkol jagung), mengandung selulosa (40-60%), hemiselulosa (20-30%) dan lignin (15-30%) komposisi kimia tersebut membuat tongkol jagung dapat digunakan sebagai sumber energi, bahan pakan ternak dan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroorganisme [26]. Karakteristik Kimia dan fisika dari tongkol jagung sangat cocok untuk pembuatan tenaga alternatif (bioetanol) [9]. Beberapa faktor seperti pH, berpengaruh terhadap jumlah produk hidrolisis, pH ini erat hubungannya

dengan konsentrasi asam, dimana pH semakin rendah bila konsentrasi asam yang digunakan lebih besar, pH optimum adalah 2-3 dan faktor tekanan juga berpengaruh terhadap jumlah produk hidrolisis. tekanan untuk titik didih 120°C tekanan atmosfernya adalah 1 atm [27].

G. Air limbah cucian beras

Air cucian beras biasanya akan langsung dibuang karena dianggap tidak memiliki nilai apapun, kualitas air cucian beras masih tergolong baik dan tidak akan mencemari lingkungan. Hal ini dikarenakan kualitas air limbah ditentukan oleh jenis – jenis air yang terlarut [40]. Tidak banyak diketahui sebenarnya air cucian tersebut masih mengandung karbohidrat, protein, dan vitamin B. Produksi etanol atau bioetanol dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan dengan proses konversi karbohidrat menjadi glukosa [10]. Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa dapat digunakan untuk memproduksi etanol [37]. Hidrolisis selulosa adalah proses pemecahan suatu senyawa dengan air. Ada 4 tipe hidrolisis, yaitu hidrolisis tanpa katalis, hidrolisis dengan asam, hidrolisis dengan basa, dan hidrolisis dengan enzim [28]. Adapun faktor yang mempengaruhi hidrolisis salah satunya yaitu waktu reaksi, waktu optimum untuk menghidrolisis pati menjadi gula berkisar jam [29]. waktu proses hidrolisa pada air limbah cucian beras selama 6 jam menghasilkan kadar glukosa 93,02 mg/L dan waktu optimum fermentasi cucian air beras adalah 4 hari yang menghasilkan kadar etanol 11,177% [10].

H. Tepung ampas tebu

Energi sangat diperlukan dalam menjalankan aktivitas perekonomian Indonesia, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun untuk aktivitas produksi berbagai sektor perekonomian. Perkembangan energi selaras dengan perkembangan manusia, dunia akan terus meningkatkan kebutuhan energi seiring dengan meningkatnya jumlah manusia [39]. Sebagai sumber daya alam, energi harus dimanfaatkan bagi kemakmuran masyarakat dan pengelolannya harus mengacu pada asas pembangunan berkelanjutan. Dari aspek penyediaan, Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber daya energi baik energi yang bersifat *unrenewable resources* maupun yang bersifat *renewable resources*. Namun demikian, eksplorasi sumberdaya energi lebih banyak difokuskan pada energi fosil yang bersifat *unrenewable resources*, sedangkan energi yang bersifat *renewable* relatif belum banyak dimanfaatkan. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, khususnya minyak mentah, semakin langka yang menyebabkan Indonesia saat ini menjadi *net importer* minyak mentah dan produk-produk turunannya [11].

Komponen utama ampas tebu adalah lignin (22%), selulosa (23%), dan hemiselulosa (23%) [30]. Selama ini ampas tebu digunakan sebagai energi utama pabrik gula. Umumnya dalam pengolahan tebu, dihasilkan ampas tebu dalam skala besar (mencapai 240 kg bagas dengan 50% kelembaban per 1 ton tebu), yang sekarang dibakar di *boiler* untuk pembangkitan *steam* dan listrik. Ada 4 fase pertumbuhan yang meliputi fase adaptasi, fase tumbuh cepat, stasioner, dan kematian [31]. Teknologi yang baik untuk membangkitkan dan mengoptimalkan proses produksi etanol memberikan nilai surplus ampas yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar untuk pembangkitan listrik atau bahan baku bioetanol dan produk berbasis bio lainnya [11].

I. Limbah kulit singkong

Penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu perlu untuk menemukan bahan bakar alternatif, salah satunya adalah bioetanol. Bioetanol dapat dibuat dengan fermentasi karbohidrat. Karbohidrat ini dapat ditemukan di kulit singkong (*Manihot esculenta crantz* atau *Manihot utilissima*) [12]. Kulit singkong mengandung karbohidrat cukup tinggi [42]. Hasil analisis kulit singkong yaitu mengandung 36,5% pati atau amilum [32]. Kandungan pati kulit singkong yang cukup tinggi, memungkinkan digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme [33]. Penggunaan singkong sebanyak 18,9 juta ton per tahun. Kulit dalam yang berwarna putih dapat mencapai 1,5-2,8 juta ton, sedangkan limbah kulit luar yang berwarna cokelat mencapai 0,04-0,09 juta ton [34].

J. Nira aren

Bioetanol atau etil alkohol (C₂H₅OH) sebagai bahan bakar ramah lingkungan dan juga terbarukan menjadi perhatian dunia dewasa ini. Hal ini dibuktikan dengan semakin meningkatnya produksi bioetanol dari tahun sebelumnya ke tahun sekarang, dan juga mendatang. Perkiraan untuk tahun 2020 ini sebanyak 125 liter. Bahan baku utama dari bioetanol salah satunya adalah nira aren (*Arenga pinnata merr*). Pembuatan bioetanol dari nira aren dibantu oleh bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dengan proses fermentasi. Jumlah sel dalam media fermentasi sangat mempengaruhi konversi gula menjadi bioetanol [13]. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya persentase *starter*. Semakin banyak kadarnya yang dicampurkan ke dalam substrat maka jumlah *Saccharomyces cerevisiae* juga akan semakin banyak sehingga glukosa yang dikonversi menjadi etanol juga akan semakin meningkat [35]. Volume *starter* yang semakin tinggi akan menghasilkan kadar bioetanol yang semakin tinggi juga untuk waktu fermentasi 24 jam dengan menggunakan bahan baku nira aren dan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai katalisnya [36].

Pengadukan terlalu cepat dapat mengganggu metabolisme *yeast* [37]. Kecepatannya pada penelitian berbanding lurus dengan kadar dan *yield* bioetanol, sehingga mencapai titik maksimum [38]. Waktu kontak mikroorganisme dengan substrat lebih cepat sehingga glukosa yang terdapat pada substrat tidak termanfaatkan dengan baik.

III. KESIMPULAN

Teknologi fermentasi bioetanol dari berbagai bahan organik menghasilkan kadar etanol yang beragam karena metode yang digunakan berbeda-beda. Namun umumnya, fermentasi pada bahan organik bisa menghasilkan kadar etanol yang cukup tinggi ketika sebelum proses fermentasi, terlebih dahulu dilakukan penambahan *starter* pada bahan organik sehingga etanol yang dihasilkan semakin banyak. Faktor lain yang mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan adalah lokasi pengambilan sampel terutama pada bahan organik rumput gajah dengan mengukur pH setiap tanah, tempat pengambilan sampel rumput gajah. Kemudian, waktu fermentasi berpengaruh pada penelitian kadar etanol dari bahan organik limbah tongkol jagung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian artikel ini, terutama kepada ibu Dessy Agustina Sari selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang atas bimbingannya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Seilatu, J. J. G. Kailola, H. Hetharine, dan S. H. T. Raharjo, "Keragaman dan budidaya ubi kayu pada sistem karbon di Seram bagian barat," *Prosiding Seminar Nasional Agrofestri Ke-5, Pengelolaan Lanskap Agroforestri Wilayah Kepulauan Menghadapi Efek Perubahan Iklim*, Nov. 2014.
- [2] J. Jayus, I. V. Noorvita, and N. Nurhayati, "Produksi bioetanol oleh *saccharomyces cerevisiae* FNCC 3210 pada media molases dengan kecepatan agitasi dan aerasi yang berbeda," *Jurnal Agroteknologi*, vol. 10, no 2, pp. 184 – 192, 2016.
- [3] I. W. Arnata, and D. Anggraeni, "Rekayasa bioproses bioetanol dari ubi kayu dengan teknik ko-kultur ragi tape dan *saccharomyces cerevisiae*," *Jurnal Agroteknologi*, vol. 7, no 1, pp. 21 – 28, 2013, doi : <https://doi.org/10.21107/agroteknologi.v7i1.2046>
- [4] T. Jayanti, and Solfarina, "Pembuatan bioetanol dari biji durian (*durio zibethinus*)," *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 4, no. 3, pp. 110 – 115, 2015, retrieved from <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JAK/article/view/7845>
- [5] H. I. Nasution, and R. S. Dewi, "Pembuatan etanol dari rumput gajah (*pennisetum purpureum schumacheri*) menggunakan metode hidrolisis asam dan fermentasi *saccharomyces cerevisiae*," vol. 8, no. 2, pp. 145-151, 2016, doi : <https://doi.org/10.24114/jpkim.v8i2.4441>
- [6] Wusnah, S. Bahri and D. Hartono, "Proses pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok (*musa accuminata* b.c.," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 5, no. 1, pp. 57-65, 2016, doi : <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i1.1915>.
- [7] T. K. Dewi, N. Monica, and S. Novalita, "Pembuatan bioetanol dari keladi liar (*colocasia esculenta* l schott var. *antiquorum*) melalui hidrolisis dengan katalis asam klorida dan fermentasi," vol. 20, no.4, pp. 7 - 13, 2014, retrieved from : <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/191/193>.
- [8] A. M. Jannah, "Proses fermentasi hidrolisis jerami padi untuk menghasilkan bioetanol," vol. 17, no. 1, pp. 46-52, 2010, retrieved from : <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/101>
- [9] A. R. Fachry, P. Astuti, and T. G. Puspitasari, "Pembuatan bioetanol dari limbah tongkol jagung dengan variasi konsentrasi asam klorida dan waktu fermentasi," vol. 19, no. 1, pp. 60-69, 2013, retrieved from : <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/131>
- [10] R. R. W. Sari, and R. Moeksin, "Pembuatan bioetanol dari air limbah cucian beras menggunakan metode hidrolisis enzimatis dan fermentasi," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 21, no. 1, pp. 14-21, 2015.
- [11] Irvan, P. Prawati and B. Trisakti, "Pembuatan bioetanol dari tepung ampas tebu melalui proses hidrolisis termal dan fermentasi: pengaruh ph, jenis ragi dan waktu fermentasi," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 4, no. 2, pp. 27-31, 2015, doi : <http://doi.org/10.32734/jtk.v4i2.1467>.
- [12] Erna, I. Said, and P. H. Abram, "Bioetanol dari limbah kulit singkong (*manihot esculenta crantz*) melalui proses fermentasi," *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 5, no. 3, pp.121- 126, 2016, doi : <https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i3.8045>.
- [13] M. M. Manurung, G. Handayani, and N. Herlina, "Pembuatan bioetanol dari nira aren (*arenga pinnata merr*) menggunakan *saccharomyces cerevisiae*," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 5, no. 4, pp. 21-25, 2016, doi : <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1550>
- [14] F. Hanum, N. Pohan, M. Rambe, R. Primadony, and M. Ulyana, "Pengaruh massa ragi dan waktu fermentasi terhadap bioetanol dari biji durian," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 2, no. 4, pp. 49-54, 2013, doi : <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i4.1491>.
- [15] J. H. S, A. Turnip, and M. H. Dahlan, "Pengaruh massa ragi, jenis ragi dan waktu fermentasi pada bioetanol dari biji durian," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 18, no. 2, pp. 43-51, 2012, retrieved from : <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/17>.
- [16] A. A. S, and F. Agustinus, "Pembuatan etanol dari kulit pisang secara fermentasi," *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 177-180, 2013, retrieved from : <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki>
- [17] D. T. Retno, and W. Nuri, "Pembuatan bioetanol dari kulit pisang," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam Indonesia*, Yogyakarta, Indonesia, Februari, 2012, pp 1-7.
- [18] M. M. Sadimo, I. Said, and K. Mustapa "Pembuatan bioetanol dari pati umbi talas (*colocasia esculenta* [L] schott) melalui hidrolisis asam dan fermentasi," *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 5, no. 2, pp. 79-84, 2016, doi : <https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i2.8016>.
- [19] C. Devita, W. Pratjojo and S. M. R. Sedyawati, "Perbandingan metode hidrolisis enzim dan asam dalam pembuatan sirup glukosa ubi jalar ungu," *indonesian journal of chemical science*, vol. 4, no. 1, pp. 15-18, 2015, retrieved from : <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/4759>.
- [20] O. Z. S, P. P. S, and M. Faizal, "Pengaruh konsentrasi asam dan waktu pada proses hidrolisis dan fermentasi pembuatan bioetanol dari alang – alang," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 18, no. 2, p. 52-62, 2012, retrieved from : <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/18>
- [21] E. Ariyani, E. Kusumo, and Supartono, "Produksi bioetanol dari jerami padi (*oryza sativa* L)," *Indonesian Journal Of Chemical Science*, vol. 2, no, 2, p. 168-172, 2013.
- [22] T. Andindyawati, "Prospek enzim dan limbah lignoselulosa untuk produksi bioetanol," *BS*, vol. 44,

- no. 1, p. 49-56, 2009, doi : <http://dx.doi.org/10.25269/jsei.v44i01.149>
- [23] Jalaluddin, and S. Rizal, "Pembuatan pulp dari jerami padi dengan menggunakan natrium hidroksida," *Jurnal Sistem Teknik Industri*, vol. 6, no. 5, p 53-56, 2005.
- [24] I. B. W. Gunam, K. Buda and I. M. Y. S. Guna, "Effect of delignification with naoh solution and rice straw substrate," *Jurnal Biologi*, vol. 16, no. 2, pp. 55-61, 2010.
- [25] M. E. Shofiyanto., *Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol Dalam Kultur Campuran*. Skripsi, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2008.
- [26] T. Jeoh., *Steam Explosion Pretreatment Of Cotton Gin Waste For Fuel Ethanol Production*. Thesis, Departement Biological Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998, retrieved from : <http://hdl.handle.net/10919/30943>.
- [27] F. A. Lee., *Basic Food Chemistry*, 2 edition, Emeritus New York State Agricultural Experiment Station Cornell University, Geneva, New York, 1975.
- [28] P. H. Groggins., *Unit Processes in Organic Synthesis*, 5th Ed, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, 1958.
- [29] L. Dawson and R. Boopathy, "Cellulostic ethanol production from sugarcane bagasse without enzymatic saccharification," *BioResources*. vol. 3, no. 2, p. 452-460, 2008.
- [30] N. V. Narendranath and R. Power, "Relationship between ph and medium dissolved solids in terms of growth and metabolism of lactobacilli and saccharomyces cerevisiae during ethanol production," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 71, no. 5, 2005. doi : <https://doi.org/10.1128/AEM.71.5.2239-2243>
- [31] A. Artiyani and E. S. Soedjono, "Bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis dan fermentasi," *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII, Program Studi MMT-ITS, Surabaya, Indonesia*, Februari, 2011 pp 1-8, 2011, retrieved from : <http://eprints.itn.ac.id/id/eprint/2911>.
- [32] N. H. Muhiddin, N. Juli and I. N. P. Aryantha, "Peningkatan kandungan protein kulit umbi ubi kayu melalui proses fermentasi," *Jurnal Matematika dan Sains*, vol. 6, no. 1, pp. 1-13, 2001.
- [33] N. Hikmiyati, and N. S. Yanie, "Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisa Asam Dan Enzimatis," Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, 2019, retrieved from : <http://eprints.undip.ac.id/3644/>.
- [34] A. E. P, and A. Halim, " pembuatan bioethanol dari nira siwalan seacara fermentasi feses cair menggunakan fermipan," vol. 2, no. 2, pp.1-5, 2013, <http://eprints.undip.ac.id/3867/>.
- [35] M. Kismurtono, "Fed-batch alcoholic fermentation of palm juice (arenga pinnata merr): influence of the feeding rate on yeast, yield and productivity," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 2, no. 5, pp. 795-799, 2012, doi : <https://doi.org/10.13140/2.1.4806.6247>.
- [36] E. Jeckson, A. Ahmad, and S. R. Muria, " Pengaruh laju pengadukan dalam pembuatan bioetanol dari limbah serabut buah sawit menggunakan saccharomyces cerevisae," *JOM FTEKNIK*, vol. 1, no.2, pp. 1-8, 2014, retrieved from : <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/6526>.
- [37] I. Oktaviani, A. Ahmad, and Chairul, "Pengaruh laju pengadukan terhadap biokonversi reject nanas menjadi bioetanol," *JOM FTEKNIK*, vol. 2, no. 1, p. 1- 8, 2015.
- [38] R. Kurniawan, S. Juhanda, R. Syamsudin, and M. A. Lukman, "Pengaruh jenis dan kecepatan pengaduk pada fermentasi etanol secara sinambung dalam bioreaktor tangki berpengaduk sel tertambat," p. 1-5, 2011.
- [39] D. A. Sari, and Hardiyanto, " Proses produksi bioenergi berbasis bioteknologi," *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, vol. 2, no. 3, pp 108-113, 2013, retrieved from : <http://jatp.ift.or.id/index.php/jatp/article/view/138>.
- [40] D. A. Sari and Sukanta, "Kajian kualitas limbah cair secara anaerobik melalui COD, BOD5, dan TDS: studi kasus pada PT JKLMN," *Journal Of Chemical Process Engineering*, vol. 2, no. 2, pp 52-56, 2017, doi : <http://dx.doi.org/10.23960/ins.v3i1.134>