

PEMBUATAN BIOETANOL DARI SABUT SIWALAN DENGAN PROSES SSF MENGGUNAKAN ENZIM SILANASE

Jouvita Rosanti*, Ashilah Hanindya, Dwi Hery Astuti, Sani

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya No. 1 Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur, 60249.

*Email: jovitrosanti01@gmail.com

Abstrak

Bioetanol menjadi sumber energi alternatif yang cukup ekonomis berdasarkan dari aspek produksinya dan cukup ramah lingkungan. Pada penelitian ini, dipilih sabut siwalan untuk bahan baku produksi etanol karena memiliki kadar selulosa yang tinggi yakni 52,23% dan masih belum dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Proses yang dilakukan dalam penelitian ini adalah SSF (Simultaneous Saccharification and Fermentation) dimana pada proses sakarifikasi menggunakan enzim silanase untuk mengubah selulosa menjadi gula sedangkan pada proses fermentasi menggunakan mikroba *Sacharomyces cerevisiae* untuk mengubah glukosa menjadi etanol yang lalu dilanjutkan dengan proses distilasi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol yang diperoleh dan mengkaji kualitas bioetanol dari sabut siwalan. Didapatkan hasil dari penelitian ini yaitu konsentrasi selulosa setelah proses delignifikasi sebesar 52,23% dan kadar lignin 2,5%. Kadar etanol terbaik dalam penelitian ini terjadi saat fermentasi hari ke-7 dengan konsentrasi enzim silanase 3 gram menghasilkan kadar etanol sebesar 81,61%.

Kata kunci: Etanol, SSF, *Sacharomyces cerevisiae*

Abstract

Bioethanol is an alternative energy source that is quite economical based on its production aspect and is quite environmentally friendly. In this study, siwalan coir was chosen as the raw material for ethanol production because it has a high cellulose content of 52.23% and has not yet been used as an alternative energy. The process used in this research is SSF (Simultaneous Saccharification and Fermentation) where the saccharification process uses silanase enzymes to convert cellulose into sugar while the fermentation process uses *Sacharomyces cerevisiae* microbes to convert glucose into ethanol which is then followed by a distillation process. This study aims to determine the effect of fermentation time on the ethanol content obtained and to examine the quality of bioethanol from siwalan coir. The results obtained from this study were that the cellulose concentration after the delignification process was 52.23% and the lignin content was 2.5%. The best ethanol content in this study occurred during the 7th day of fermentation with a concentration of 3 grams of silanase enzyme resulting in an ethanol content of 81.61%.

Keywords : Etanol, SSF, *Sacharomyces cerevisiae*

1. PENDAHULUAN

Sumber energi konvensional yang berasal dari fosil adalah sumber energi yang tidak terbarukan menyebabkan masalah di seluruh dunia, dikarenakan bahan bakar fosil termasuk sumber energi yang tidak terbarukan. Penelitian dilakukan oleh para ilmuwan untuk mengatasi masalah menanggulangi masalah tersebut dengan mencari energi alternatif yang dapat terus diperbaharui (Anggriani dkk, 2020). Indonesia mengalami penurunan produksi minyak nasional selama lima tahun terakhir akibat menipisnya cadangan minyak bumi pada sumur produksi. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dapat menyebabkan peningkatan permintaan kebutuhan pada sarana

transportasi dan industri. Hal tersebut menyebabkan meningkatnya penggunaan dan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) yang disebut sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Berdasarkan kondisi tersebut. Menurut Kebijakan Energi Nasional tentang mengembangkan sumber alternatif pengganti BBM telah dikeluarkan oleh pemerintah untuk mencegah terjadinya kekurangan bahan bakar dalam negeri, hal tersebut tercantum pada Peraturan Daerah Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 (Warsa dkk, 2013).

Bahan Bakar Minyak dapat digantikan dengan bahan bakar yang diharapkan dapat mengatasi kelangkaan. Bahan bakar alternatif dapat diwujudkan melalui pengembangan

bioenergi, misalnya bioetanol yang berasal dari biomassa sebagai sumber bahan baku terbarukan. Energi alternatif bioetanol dapat digunakan sebagai sumber energi dengan cara yang ramah lingkungan dan ekonomis ditinjau dari proses produksinya. Proses pembuatan bioetanol umumnya diproduksi dengan metode fermentasi menggunakan bantuan mikroorganisme (Novitasari dkk, 2012). Contoh energi terbarukan yang dinilai berpotensi pada pembuatan bioetanol adalah sabut siwalan yang merupakan limbah perkebunan yang sampai saat ini jarang dimanfaatkan.

Tanaman siwalan (*Borassus flabellifer*) tergolong salah satu hasil perkebunan berupa limbah. Sedangkan limbah kulit siwalan dapat digunakan untuk pakan ternak atau dibuang. Tanaman siwalan yang terdapat di Indonesia sering ditemukan di kawasan yang memiliki lahan cenderung kering, contohnya di Kabupaten Gresik. Pada tahun 2018 produksi siwalan di Kabupaten Gresik sebanyak 7.150,86 ton. Buah siwalan dapat dikonsumsi karena mengandung 25-35% buah dan 65-75% berupa sabut (Fariha dkk, 2020). Pada sabut siwalan mengandung kadar selulosa yang tinggi kemungkinan mampu digunakan untuk bahan baku pada pembuatan bioetanol. Sabut buah siwalan mengandung kadar selulosa sebesar 52% berdasarkan komposisinya.

Proses pembuatan bioetanol dengan bahan lignoselulosa untuk sabut siwalan dimulai dari proses delignifikasi (*pretreatment*), hidrolisis, dan fermentasi. Proses delignifikasi atau *pretreatment* sumber daya alam yang memiliki kandungan lignoselulosa tujuannya untuk menghambat kerja enzim dan menghilangkan kandungan lignin pada sabut siwalan (Jayus dkk, 2017).

Tahap awal adalah tahap proses delignifikasi, kandungan lignin dan hemiselulosa pada bahan lignoselulosa mengalami degradasi dan penghilangan baik dari struktur dan ukuran bahan maupun dari kerusakan struktur kristal, sehingga porositas bahan semakin meningkat. Struktur kristal selulosa yang rusak dapat mempercepat penguraian selulosa menjadi glukosa. Kemudian tahap selanjutnya adalah tahap penguraian hemiselulosa menjadi senyawa gula sederhana seperti galaktosa, manosa, glukosa, heksosa, pentosa, arabinosa, dan xilosa. Setelah itu, kandungan senyawa gula yang sederhana melalui proses fermentasi dengan menggunakan

mikroorganisme untuk menghasilkan etanol (Afdila dkk, 2014).

Fermentasi bioetanol dapat dilakukan dengan metode *Separated Hydrolysis Fermentation* (SHF) dan *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Pada proses SHF terdapat tahap yang terpisah yaitu antara proses hidrolisis dan proses fermentasi. Sedangkan metode SSF dilakukan bersamaan dan simultan antara proses hidrolisis dan fermentasi. Metode SSF dinilai mempunyai keunggulan dibandingkan dengan metode SHF karena waktu yang dibutuhkan pada proses SSF relatif lebih pendek dibandingkan dengan metode SHF. Selain itu, metode SSF juga dapat menghemat biaya untuk peralatan dikarenakan proses ini hanya membutuhkan satu reaktor yang digunakan untuk tahap hidrolisis sekaligus fermentasi.

Pada pembuatan bioetanol secara SSF, proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan dengan berkelanjutan sehingga pada proses tersebut akan sangat efisien dan efektif tidak membutuhkan waktu yang lama. Hanya menggunakan enzim glukamilase dan ragi *Sacharomyces cerevisiae* proses ini dapat berlangsung hingga 120 jam dengan suhu 40°C. Pada proses SSF tingkat keasaman dapat dijaga pada pH 4 dengan menambahkan larutan H₂SO₄. Pada tahap SSF konversi glukosa sebesar 90%. Menurut teori, selama proses sakarifikasi glukosa yang dihasilkan akan dikonsumsi oleh bakteri *Sacharomyces cerevisiae* sehingga dapat diperoleh kadar sebesar 10-15% dan CO₂ (Wijayanti dan Moehadi, 2019).

Industri etanol umumnya menggunakan proses hidrolisis yaitu hidrolisis asam dengan larutan *Sulfuric acid* (H₂SO₄) atau dengan larutan *Hydrochloric acid* (HCl). Apabila menggunakan enzim pada proses hidrolisis atau disebut *enzymatic hydrolysis*. Kelebihan proses hidrolisis dengan enzim dapat mengurangi dampak negative pada lingkungan dan mengurangi penggunaan asam (Samsuri dkk., 2007). Namun harga enzim yang terlalu mahal adalah kekurangan pada proses hidrolisis menggunakan enzim. Faktor harga untuk bahan kimia sekitar 30% dari harga keseluruhan, sedangkan untuk harga enzim sekitar 53-65% dari bahan kimia.

Beberapa jenis enzim seperti silanase dan selulase dibutuhkan untuk mendapatkan serat sabut siwalan. Silanase ialah enzim yang dihasilkan di dalam sel dan dikeluarkan ke

media fermentasi yang mampu menguraikan senyawa xilan (hemiselulosa) menjadi xilosa dan xilo-oligosakarida. Kondisi optimum untuk enzim silanase mampu bekerja pada pH sekitar 4,80 dan suhu 45-50°C (Suparno, 2017). Penggunaan enzim silanase dalam proses hidrolisis lebih menguntungkan karena enzim dapat bekerja secara khusus dan hanya dihasilkan produk sesuai. Selain itu, proses kondisi yang dilakukan mudah, ramah lingkungan, serta tidak menimbulkan korosi.

Umumnya mikroorganisme yang digunakan pada proses pembuatan bioetanol adalah *Sacharomyces cerevisiae*. Kelebihan dari bakteri *Sacharomyces cerevisiae* mudah untuk menyesuaikan dengan lingkungan, kuat jika pada alkohol dengan konsentrasi tinggi, serta mudah didapatkan dibandingkan bakteri lain yang dapat memproduksi bioetanol. Kadar etanol yang diperoleh berpengaruh pada kinerja mikroba. Kadar etanol yang semakin tinggi maka gula reduksi yang dimanfaatkan oleh bakteri *Sacharomyces cerevisiae* semakin banyak (Widyanti dan Moehadi, 2016).

Terdapat faktor-faktor yang berpengaruh pada fermentasi etanol (Wijaya dan Yanti, 2017), yaitu :

1) Jenis Mikroorganisme

Pada pemilihan jenis mikroorganisme dilakukan berdasarkan substrat dan memiliki fungsi yang berbeda.

2) Lama fermentasi

Lama proses fermentasi dapat diketahui dengan CO₂ yang sudah tidak terproduksi lagi. Pada waktu optimal kadar etanol yang dihasilkan akan semakin meningkat setelah itu kadar etanol menurun.

3) Derajat keasaman

Proses fermentasi membutuhkan kadar pH yang optimum yaitu antara 4-5,5.

4) Kadar gula

Penambahan yang optimum untuk banyaknya kadar gula yaitu 10-18%. Gula yang ditambahkan digunakan sebagai nutrisi untuk mikroba agar proses fermentasi berlangsung secara maksimal.

5) Suhu

Suhu optimum untuk mikroba yaitu 19-32°C, pada tiap mikroba memiliki suhu pertumbuhan yang berbeda.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh lama waktu proses fermentasi yang relatif baik pada pembuatan bioetanol dari sabut siwalan terhadap kadar

etanol yang diperoleh dan mengkaji kualitasnya dengan SNI (Standar Nasional Indonesia).

2. METODOLOGI

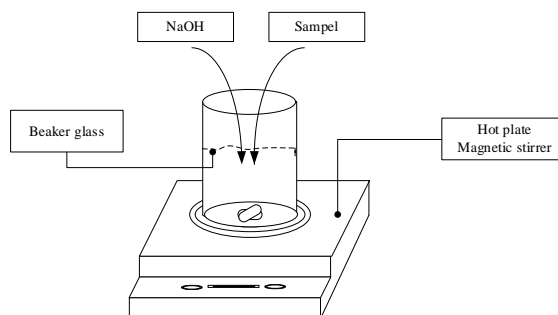
Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu dua variabel bebas, variabel bebas yang pertama adalah konsentrasi enzim silanase (0,5g ; 1g ; 1,5g ; 2g ; 3g). Variabel bebas kedua adalah lama waktu fermentasi (4 hari ; 6 hari ; 7 hari ; 9 hari ; 10 hari). Variabel terikat pada penelitian ini adalah berat bahan, ukuran bahan, volume larutan, pH, konsentrasi mikroba, dan waktu pengadukan. Metode analisa yang digunakan adalah analisa *Gas Chromatograph* skala laboratorium.

2.1 Bahan

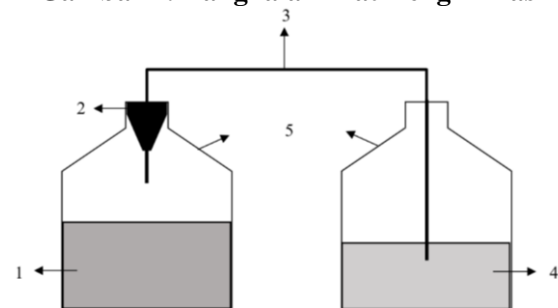
Penelitian ini menggunakan bahan sabut siwalan, enzim silanase, *sacharomyces cerevisiae*, NaOH, H₂SO₄, urea, dan aquadest.

2.2 Alat

Pembuatan bioetanol pada penelitian ini menggunakan 3 serangkaian alat sebagai berikut :



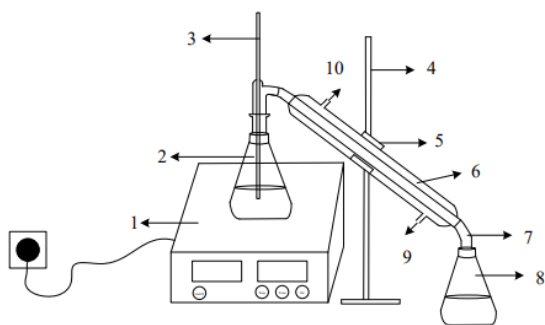
Gambar 1. Rangkaian Alat Delignifikasi



Gambar 2. Rangkaian Alat Fermentasi

Keterangan :

- 1. Sampel 3. Selang 5. Erlenmeyer
- 2. Penutup 4. Air



Gambar 3. Rangkaian Alat Distilasi

Keterangan :

- | | |
|----------------|--------------------|
| 1. Hot Plate | 6. Pendingin lurus |
| 2. Botol | 7. Pipa bengkok |
| 3. Thermometer | 8. Botol |
| 4. Statif | 9. Air Masuk |
| 5. Klem | 10. Air Keluar |

2.3 Prosedur

Pembuatan bioetanol pada penelitian ini dilakukan dengan 2 tahap sebagai berikut ini :

Tahap Pertama Pretreatment Bahan

Sabut siwalan dipotong dan dicuci bersih kemudian dihaluskan menggunakan blender, selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari selama kurang lebih 3 hari. Sabut siwalan kemudian dilakukan proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH 10% 1000 ml dengan perbandingan antara sabut siwalan dengan larutan NaOH adalah 1 : 10. Delignifikasi dilakukan pada suhu 160°C dengan dilakukan pengadukan selama 90 menit. Hasil delignifikasi selanjutnya disaring dan sabut siwalan dibersihkan menggunakan air demineralisasi sampai pH netral lalu dimasukkan dalam oven selama 2 jam dengan suhu 120°C (sampai berat konstan) untuk dikeringkan. Sampel dilakukan pengujian menggunakan metode ADF dan NDF untuk dianalisa kadar selulosa dan lignin.

Tahap Kedua Pembuatan Bioetanol

Sampel hasil delignifikasi dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan aquadest dengan perbandingan 1 : 10, selanjutnya ditambahkan nutrisi urea 1% dari volume larutan dan ditambahkan H₂SO₄ dengan mengatur pH 5. Sampel dilakukan sterilisasi menggunakan autoclave dengan suhu 120°C selama 15 menit. Selanjutnya sampel ditambahkan enzim silanase dengan variabel yang ditentukan konsentrasi (0,5g ; 1g ; 1,5g ; 2g ; 3g) kemudian diaduk pada orbital shaker

selama 90 menit menggunakan kecepatan 150 rpm. Selanjutnya sampel ditambahkan *Sacharomyces Cerevisiae* sebanyak 3% (b/v) dan dilakukan proses fermentasi dengan variabel yang ditentukan (4hari ; 6hari ; 7hari ; 9hari ; 10hari). Setelah proses fermentasi selesai kemudian dilakukan filtrasi dan filtrat dilakukan distilasi pada suhu 78°C selama 3 jam sampai filtrat etanol tidak menetes lagi. Filtrat hasil distilasi dilakukan pengujian kadar etanol menggunakan *Gas Chromatograph*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Delignifikasi Terhadap Kadar Selulosa Sabut Siwalan

Tabel 1. Hasil Analisa Kadar Selulosa dan Lignin Sabut Siwalan

Kondisi	Selulosa (%)	Lignin (%)
Sebelum Delignifikasi	33,32	6,78
Setelah Delignifikasi	52,23	2,50

Pada Tabel 1. Dapat dilihat bahwa hasil kadar selulosa dan lignin yang diuji, metode yang digunakan yaitu *Neutral Detergent Fiber* (NDF) dan *Acid Detergent Fiber* (ADF), sebelum dilakukan delignifikasi kadar selulosa 33,32% dan kadar lignin 6,78%. Setelah dilakukan delignifikasi terjadi kenaikan kadar selulosa menjadi 52,23% dan penurunan kadar lignin menjadi 2,50%. Hal ini sejalan dengan penelitian (Wijaya dan Yanti, 2017) proses delignifikasi dengan *alkaline - acid pretreatment* dilakukan menggunakan larutan NaOH tujuannya untuk memecah struktur lignin dalam biomassa serta dapat mengekstraksi kandungan selulosa dan hemiselulosa sehingga setelah delignifikasi terjadi kenaikan kadar selulosa dan penurunan kadar lignin.

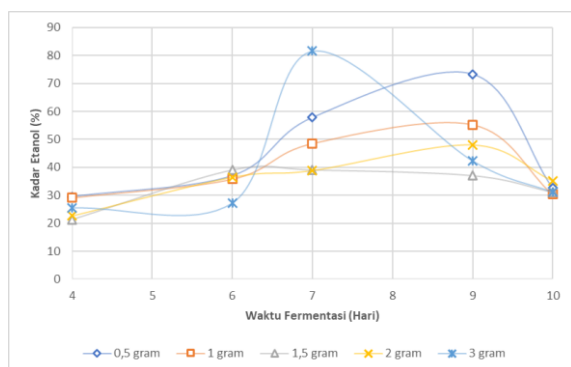
3.2 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol yang dihasilkan

Tabel 2. Hasil Kadar Etanol pada Berbagai Variasi Konsentrasi Enzim (gr) dan Waktu Fermentasi (hari)

Enzim (gr)	Kadar Etanol (%)				
	Waktu Fermentasi (hari)				
	4	6	7	9	10
0,5	29,54	37,04	57,81	73,30	32,55
1	29,16	35,81	48,46	55,17	30,32

1,5	21,28	39,08	39,08	37,04	31,10
2	22,67	36,42	38,80	47,94	35,14
3	22,45	27,24	81,61	42,34	31,08

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol, dimana peningkatan waktu fermentasi akan diikuti dengan penurunan kadar etanol. Hal tersebut dapat diperjelas pada grafik 1 yang berkorelasi dengan tabel 2



Grafik 1. Hubungan waktu fermentasi (hari) dengan kadar etanol (%v/v) terhadap konsentrasi enzim (gr)

Berdasarkan data dari tabel 2 dan gambar 4, diperoleh hasil bahwa kadar etanol dengan hasil terbaik diperoleh pada fermentasi hari ke-7 dengan konsentrasi enzim sebesar 3 gram. Semakin lama waktu fermentasi maka kadar etanol akan meningkat namun pada hari terakhir kadar etanol yang diperoleh menurun. Penelitian ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Azizah dkk, 2012) dimana waktu proses fermentasi berhubungan dengan pertumbuhan mikroba *Sacharomyces cerevisiae* yang terdapat 4 fase pertumbuhan yaitu *lag phase* (fase adaptasi), *eksponensial phase* (fase tumbuh cepat), *stationary phase* (fase stasioner), dan *death phase* (fase kematian).

Pada fase adaptasi ini mikroba beradaptasi dengan lingkungan dan tidak terjadi pertumbuhan. Pada fase pertumbuhan cepat terjadi pertumbuhan mikroba *sacharomyces cerevisiae* karena pada fase ini bakteri tumbuh dengan cepat dan terjadi proses penguraian gula sehingga dihasilkan kadar etanol yang tertinggi. Pada fase stasioner atau diam, jumlah mikroba yang mati sama banyaknya dengan mikroba yang hidup. Kemudian masuk pada fase kematian, jumlah *sacharomyces cerevisiae* berkurang karena nutrisinya sudah habis. Pada tahap ini terjadi pada hari ke-9 menuju ke-10 saat mikroba *sacharomyces cerevisiae* sudah

tidak mampu lagi mengkonversi gula menjadi etanol.

3.3 Kualitas Kadar Etanol Menurut SNI

Data hasil kadar pengujian pada tabel 2, kadar etanol terbaik dari sabut siwalan yaitu 81,61% yang didapatkan setelah menguji kadar etanol dengan menggunakan alat *Gas Chromatograph* untuk mengetahui kadar kemurnian pada etanol. Berdasarkan data SNI 7390 : 2012 yaitu menyatakan minimum kemurnian etanol adalah sebesar 94,0-99,5% yang dapat digunakan sebagai bahan bakar jenis bioetanol (Badan Standarisasi Nasional, 2012). Pembuatan bioetanol dari sabut buah siwalan pada penelitian ini memiliki kadar etanol yang belum sesuai, sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Yanuar dan Amr, 2015) hal tersebut terjadi karena pada saat proses fermentasi tidak ditambahkan nutrisi yang cukup untuk perkembangan mikroba dan kurangnya perlakuan awal pada penambahan kadar gula dari bahan yang digunakan sehingga bisa menjadi penyebab kurang maksimalnya hasil fermentasi.

4. KESIMPULAN

Diperoleh kemurnian etanol yaitu dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi dimana semakin lama waktu proses fermentasi maka nutrisi didalam medium semakin berkurang dengan adanya jumlah mikroba yang semakin banyak mengakibatkan saling kompetisi sehingga menyebabkan kemurnian etanol yang diperoleh makin sedikit. Nilai kemurnian etanol terbaik terjadi saat waktu fermentasi hari ke-7 dengan penambahan konsentrasi enzim 3 gram menghasilkan kadar etanol sebesar 81,61%. Berdasarkan data pada SNI 7390 : 2012, pada penelitian ini konsentrasi etanol yang diperoleh belum sesuai jika digunakan untuk bahan bakar dengan jenis bioetanol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terlaksananya penelitian ini, peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh jajaran yang terlibat yakni Ibu Ir. Dwi Hery Astuti, MT selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini serta Bapak Ir. Siswanto, MS dan Ibu Ely Kurniati, MT selaku dosen penguji dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdila, N., Salim, M., dan Chaidir, Z. (2014). Produksi Bioetanol Menggunakan Metoda *Simultaneous Saccharification Fermentation* (Ssf) Dari Limbah Kulit Nanas Dengan Perlakuan Basa. *Jurnal Kimia Unand (ISSN No. 2303-3401)*, Volume 3, hal. 19-25.
- Anggriani, D., Kalsum, U., dan Nurjannah, N. (2020). Pengaruh Konsentrasi Enzim Silanase Dan *Saccharomyces Cerevisiae* Dalam Pembuatan Bioethanol Dari Limbah Kulit Singkong Dengan Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan. *Journal of Chemical Process Engineering*, Volume 5, hal. 44-49.
- Azizah, N., Al-Baarri, A.N., dan 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*, Volume 1, hal. 72-77.
- Fariha, C.N., Setiawan, A., dan Ramadani, T.A. (2020). Karakterisasi Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*) dan Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca* var. Raja) dalam Proses Produksi Bioetanol. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*, Volume 3, hal. A2.1-7.
- Jayus, J., Suwasono, S., dan Wijayanti, I. (2017). Produksi Bioetanol Secara SHF Dan SSF Menggunakan *Aspergillus Niger*, *Trichoderma Viride* dan *New Aule Instant Dry Yeast* Pada Media Ubi Kayu. *Jurnal Agroteknologi*, Volume 11, hal. 61-68.
- Novitasari, C.D., Ani, A., dan Ekawati, R. (2012). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (Bagasse) Untuk Produksi Bioetanol Melalui Proses Sakarifikasi Dan Fermentasi Serentak. *PELITA*, Volume 2, hal. 65-74.
- Samsuri, M., Gozan, M., Mardias, R., Baiquni M., Hermansyah H., Wijanarko A., Prasetya B., dan Nasikin M. (2007) "ENZIM XYLANASE," 11(1), hal. 17-24.
- Suparno, O. dan Danieli, R. (2017). Penghilangan Hemiselulosa Serat Bambu Secara Enzimatik Untuk Pembuatan Serat Bambu. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, Volume 27, hal. 89-95.
- Warsa, I.W., Septiyani, F. dan Lisna, C. (2013) "BIOETANOL DARI BONGGOL POHON PISANG," 8(1), hal. 37-41.
- Widyanti, E.M. dan Moehadi, B. I. (2016) "Proses Pembuatan Etanol Dari Gula Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* Amobil," 12(2), hal. 31-38.
- Wijaya, D. dan Yanti, P. (2017) "PEMBUATAN BIOETANOL DARI SEKAM PADI," 23(1), hal. 19-27.
- Wijayanti (2019). Spesifikasi Reaktor Ssf Pada Pabrik Bioetanol Dari Mikroalga Dengan Proses SSF, hal. 1-34.
- Yanuar, B. dan Amrullah, A. (2015) "Uji Eksperimental Kadar Bioetanol Eceng Gondok Hasil Destilasi Dengan Variasi Waktu Fermentasi," hal. 7-8.