

BIOETHANOL FROM GROUNDNUT SHELL WASTE WITH ACID HYDROLYSIS AND FERMENTATION PROCESS

Elvianto Dwi Daryono

Department of Chemical Engineering, National Institute of Technology Malang,
Jl. Bendungan Sigura-gura 2, Malang, 65145, Indonesia

Email corresponding author: elviantodaryono@lecturer.itn.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 03-07-2020 Received in revised form: 18-10-2020 Accepted: 18-10-2020 Published: 19-10-2020</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Bioethanol Groundnut shell <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Cellulose Glucose</p>	<p><i>The problem of limited fuel oil in parts of the world including Indonesia has entered a serious stage because most people still use oil as the main fuel source. Bioethanol is one solution to overcome this problem where this fuel can be made from materials containing sugar, starch or fibre so that it can be renewed. Groundnut shell waste is a very potential raw material because the fibre content is quite high at 54.38%. Waste of groundnut shell is mostly discarded as waste and only a small portion is utilized. The purpose of this study was to determine the effect of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> yeast mass and fermentation time of groundnut shell waste on the ethanol content produced. This study used peanut skin with 41% initial cellulose content, 1% initial hemicellulose and 14.3% initial lignin. After pretreatment using 0.5N HNO₃ solution at 28°C for 1 hour, cellulose levels rose to 55.2%, hemicellulose levels rose to 5.9% and lignin levels fell to 2.1%. Acid hydrolysis process with 10 ml of 98% H₂SO₄ at 100°C for 1 hour obtained glucose levels 23.698%. From the anaerobic fermentation process carried out at pH 4.5, the highest ethanol content was 0.1729% from the results of GC analysis on 9th-day fermentation with <i>Saccharomyces cerevisiae</i> yeast mass of 9 grams.</i></p>

BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KACANG TANAH DENGAN PROSES HIDROLISIS ASAM DAN FERMENTASI

Abstrak- Masalah keterbatasan bahan bakar minyak di belahan dunia termasuk Indonesia sudah memasuki tahapan yang serius dikarenakan sebagian besar masyarakat masih menggunakan minyak bumi sebagai sumber bahan bakar utama. Bioetanol merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut dimana bahan bakar ini dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula, pati, maupun serat sehingga dapat diperbaharui. Limbah kulit kacang tanah merupakan bahan baku yang sangat potensial karena kandungan seratnya cukup tinggi yaitu 54,38%. Limbah kulit kacang tanah sebagian besar dibuang sebagai limbah dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh massa ragi *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi limbah kulit kacang tanah terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan kulit kacang tanah dengan kadar selulosa awal 41%, hemiselulosa awal 1% dan lignin awal 14,3%. Setelah *pretreatment* dengan menggunakan larutan HNO₃ 0,5 N pada suhu 28°C selama 1 jam, kadar selulosa naik menjadi 55,2%, kadar hemiselulosa naik menjadi 5,9% dan kadar lignin turun menjadi 2,1%. Proses hidrolisa asam dengan 10 ml H₂SO₄ 98% pada suhu 100°C selama 1 jam didapatkan kadar glukosa 23,698%. Dari hasil proses fermentasi anaerob yang dilakukan pada pH 4,5 didapatkan kadar etanol tertinggi yaitu 0,1729% dari hasil analisa GC pada fermentasi hari ke 9 dengan massa ragi *Saccharomyces cereviceae* sebanyak 9 gram.

Kata kunci : bioetanol, kulit kacang tanah, *Saccharomyces cereviceae*, selulosa, glukosa.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang beranjak menjadi negara maju. Pertumbuhan industri berlangsung begitu cepat, begitu pula dengan laju pertumbuhan penduduknya. Pertumbuhan industry dan perkembangan penduduk yang tinggi harus ditunjang dengan pemenuhan sumber energi yang besar. Tanpa pasokan energi yang cukup maka akan terjadi ketimpangan. Produksi minyak bumi Indonesia dalam kurun waktu 10 tahun ini mengalami trend menurun yaitu dari 346 juta barel pada 2009 turun menjadi 283 juta barel pada 2018 (*Outlook Energi Indonesia 2019*). Dengan semakin menurunnya produksi minyak bumi, maka energi alternatif harus segera diproduksi untuk memenuhi kebutuhan industri maupun masyarakat. Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif yang diharapkan bisa menggantikan bensin ke depannya dengan kelebihanannya adalah ramah lingkungan, *renewable*, *biodegradable* dan dari bahan baku yang sangat mudah didapatkan bahkan dari limbah organik. Pemakaian biofuel diprediksi dapat mengurangi emisi gas karbondioksida sebesar 2,1 gigaton per tahun 2050 kalau produksinya stabil (Jin dan Sutherland, 2016). Target pencampuran energi baru dan terbarukan dengan energi fosil pada tahun 2025 diprediksikan sekitar 23% dan pada tahun 2050 sekitar 31% (PP No. 79 Tahun 2014).

Potensi limbah organik sebagai bahan baku bioetanol di Indonesia sangat besar. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia menyebutkan total produksi sampah di Indonesia tiap tahun mencapai 187,2 juta ton. Limbah organik umumnya mengandung glukosa, pati, selulosa dan hemiselulosa yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol (Khaidir, 2016). Penelitian pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku bioetanol telah banyak dilakukan. Pada pembuatan bioetanol dari limbah kulit nanas, mendapatkan kadar etanol 3,965% pada fermentasi hari ke 10 dengan pH hidrolisat 4,5 (Setyawati dan Rahman, 2011). Fermentasi kulit ari kedelai mendapatkan kadar etanol 4,071% pada waktu fermentasi 36 jam dengan pH hidrolisat 4,5 (Wachid, 2011). Hidrolisis enzim kulit kopi mendapatkan kadar glukosa 18,001% pada rasio enzim:substrat 1:1,4 (Murni dkk, 2015). Pada fermentasi limbah kulit durian pada pH 4,5 mendapatkan kadar bioethanol dalam air 17% (Irhanni dkk, 2017). Hidrolisis asam sulfat pada kulit pisang mendapatkan konsentrasi bioethanol 0,03% pada fermentasi selama 72 jam dengan konsentrasi starter 10% (Sukowati dkk, 2014). Dengan proses hidrolisa glukosa dengan gas CO₂ pada tekanan 60 bar dan suhu hidrotermal 190°C mendapatkan konsentrasi etanol 9 gr/L dalam

waktu 36 jam (Ge dkk, 2019). Fermentasi kulit kacang tanah dengan *Saccharomyces cereviceae* mendapatkan konsentrasi gula reduksi 25% pada hari ke 6 (Kutshik dkk, 2016).

Limbah organik yang belum banyak dimanfaatkan dan jumlahnya berlimpah adalah kulit kacang tanah. Kulit kacang tanah merupakan limbah pertanian yang hanya dibuang begitu saja dan sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Nurhaeni dkk, 2016). Pemanfaatan yang lain dipakai sebagai kompos. Kandungan lignin yang tinggi menyebabkan kulit kacang tanah sulit di biodegradasi pada kondisi lingkungan normal dan sulit dicerna oleh ternak ruminansia (Duc dkk., 2019). Produksi kacang tanah di Indonesia pada tahun 2016 mencapai 560.480 ton (*Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan Kacang Tanah, 2016*). Prosentase kulit pada kacang tanah mencapai 30% (Zhao dkk, 2012), sehingga jika dilihat dari produksi kacang tanah pada tahun 2016 bisa dihasilkan kulit kacang tanah sebanyak 168.144 ton, suatu jumlah yang sangat banyak. Komposisi kulit kacang tanah meliputi selulosa (47,19%), lignin (34,30%) dan hemiselulosa (7,19%) (Oktasari, 2018).

Dari penelitian fermentasi kulit kacang tanah yang telah dilakukan belum mendapatkan hasil yang memuaskan dari konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Tujuan penelitian adalah untuk memanfaatkan limbah kulit kacang tanah sebagai bahan baku pembuatan bioetanol serta untuk mendapatkan kondisi optimum proses fermentasi yang lebih ekonomis dan efisien.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah *autoclave*, batang pengaduk, *beaker glass*, blender, botol aquadest, *Erlenmeyer*, fermentor, gelas arloji, inkubator, kertas saring, labu ukur, *magnetic stirrer*, timbangan digital, oven, kondensor refluks, pH meter, pipet tetes, pipet volume, pisau, saringan, statif dan klem, tabung reaksi dan thermometer.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah aquadest, HNO₃ (65%, Merck), H₂SO₄ (98%, Merck), kulit kacang tanah, NaOH (97%, Riedel-de Haen) dan ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*).

Prosedur Penelitian

Pretreatment

Proses pretreatment bertujuan untuk memecah molekul lignin yang ada pada struktur luar dari kulit kacang tanah. Lignin membentuk ikatan kovalen dengan selulosa dan hemiselulosa sehingga sukar dipecah pada kondisi normal (Devi

dkk, 2019). Prosedur pretreatment adalah sebagai berikut: kulit kacang tanah sebanyak 255 gram diblender kemudian direndam dengan 2 liter larutan HNO₃ 0,5 N selama 1 jam dan setelah itu kulit kacang tanah dicuci dengan aquadest sebanyak 3 kali.

Proses Hidrolisis Asam

Kulit kacang tanah yang telah dicuci sebanyak 160 gram direndam dalam 800 ml aquadest yang telah ditambahkan 10 ml larutan H₂SO₄ 98% lalu diaduk hingga tercampur sempurna. Hidrolisis asam dilakukan pada suhu 100°C selama 80 menit. Larutan hasil hidrolisis kemudian disaring, diambil filtratnya dan didinginkan sampai suhu kamar. Filtrat diambil 10 ml untuk dianalisa kadar glukosanya.

Proses Fermentasi

Filtrat sebanyak 300 ml ditambahkan NaOH sampai pH menjadi 4,5. Filtrat kemudian ditambahkan ragi tape dengan massa ragi sesuai variable penelitian (3, 6, 9 gram). Bahan kemudian dimasukkan ke dalam fermentor dan dilakukan fermentasi sesuai waktu pada variable penelitian (3, 5, 7, 9, 11, 13 hari). Hasil fermentasi kemudian dianalisa kandungan etanol dengan menggunakan GC.

Tahap Analisa

Analisa kadar hemiselulosa, selulosa dan lignin (Devi dkk, 2019)

Sampel kering sebanyak 1 gram (a) ditambahkan 150 ml H₂O dan direfluks pada suhu 100°C dengan *waterbath* selama 1 jam. Hasilnya disaring dan residu dicuci dengan air panas sebanyak 300 ml. Residu kemudian dikeringkan dengan oven sampai massa konstan dan ditimbang (b). Residu ditambahkan 150 ml H₂SO₄ 1 N kemudian direfluks pada suhu 100°C dengan *waterbath* selama 1 jam. Hasilnya disaring kemudian dikeringkan dan ditimbang (c). Residu kering ditambahkan 10 ml H₂SO₄ 72% dan direndam pada suhu kamar selama 4 jam. Ditambahkan 150 ml H₂SO₄ 1 N kemudian direfluks pada suhu 100°C dengan *waterbath* selama 1 jam. Residu disaring dan dicuci dengan H₂O sebanyak 400 ml kemudian dikeringkan di oven pada suhu 105°C dan hasilnya ditimbang (d) dan selanjutnya residu diabukan dan ditimbang (e).

Perhitungan kadar hemiselulosa, selulosa dan kadar lignin menggunakan persamaan (1), persamaan (2) dan persamaan (3) berikut:

$$\text{Kadar hemiselulosa} = \frac{b-c}{a} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Kadar selulosa} = \frac{c-d}{a} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Kadar lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Analisa kadar glukosa dengan metode Nelson-Somogyi (Somogyi, 1936; Nelson, 1944)

Membuat kurva standart

Larutan glukosa standart (10 mg glukosa anhidrat/100 ml) diencerkan sehingga diperoleh larutan standart dengan kadar glukosa 2, 4, 6, 8 dan 10 mg/ml. Tabung reaksi masing-masing diisi dengan 1 ml larutan standart dan 1 tabung diisi 1 ml aquadest sebagai blanko. Kemudian 1 ml reagensia Nelson ditambahkan dan semua tabung dipanaskan pada penangas air mendidih selama 20 menit. Setelah itu semua tabung didinginkan sampai suhu kamar dan ditambahkan 1 ml reagensia arsenomolybdat serta dikocok sampai semua endapan Cu₂O yang ada larut kembali. Setelah larut semua ditambahkan 7 ml aquadest kemudian dikocok hingga homogen. Menera *optical density* (OD) larutan dengan tabung kuvet 1 cm pada panjang gelombang 540 nm. Kemudian kurva standart dibuat yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan OD.

Menentukan kadar glukosa pada sampel

Larutan sampel jernih 1 ml dipipet dan ditambahkan 1 ml reagensia Nelson dan dibaca dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 540 nm. Jumlah glukosa ditentukan berdasarkan OD larutan contoh dan larutan standart glukosa.

Menentukan kadar etanol

Penentuan kadar etanol dilakukan dengan analisa menggunakan GC (*Gas Chromatography*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pretreatment

Hasil dari pretreatment awal kulit kacang tanah dengan menggunakan HNO₃ disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Data hasil pretreatment kulit kacang tanah

Kondisi	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)
Sebelum pretreatment	1	41	14,3
Sesudah pretreatment	5,9	55,2	2,1

Pada Tabel 1 terlihat bahwa sesudah pretreatment terjadi penurunan kadar lignin dan kenaikan kadar hemiselulosa dan selulosa. Konsentrasi lignin turun sebanyak 12,2% dari konsentrasi awal. Hal ini karena lignin larut ke dalam larutan HNO₃. Pemecahan lignin bertujuan untuk menghilangkan penghalang selulosa dan hemiselulosa sehingga mudah dihidrolisis (Sukowati dkk, 2014). Pada pretreatment serbuk pelepah salak dengan *steam explosion* (SE) pada

suhu 160°C terjadi penurunan konsentrasi lignin 4,15% dari kondisi awal dan dengan *Trichoderma reesei* terjadi penurunan konsentrasi lignin 3,05% dari kondisi awal pada fermentasi hari ke 15 (Devi dkk, 2019). Pada *pretreatment* kulit pisang dengan NaOH 1 M pada suhu 121°C selama 15 menit, kadar lignin turun dari 21,29% menjadi 17,20% (Sukowati dkk, 2014). Pada *pretreatment* kulit durian dengan NaOH 10%, kadar lignin turun dari 10,5% menjadi 4% (Anggorowati dkk, 2015). Fermentasi jerami jagung dengan *Trichoderma viride*, kadar lignin turun dari 10,60% menjadi 8,57% pada masa inkubasi selama 2 minggu (Pasue dkk, 2019).

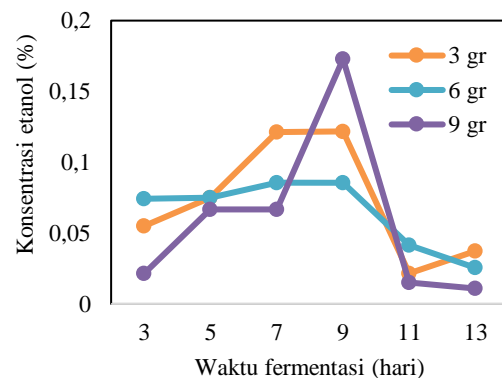
Konsentrasi hemiselulosa setelah dilakukan *pretreatment* mengalami kenaikan sebesar 4,9% dari kondisi awal. Pada *pretreatment* serbuk pelepah salak dengan *steam explosion* (SE) pada suhu 160°C terjadi kenaikan konsentrasi hemiselulosa sebesar 4,51% dari kondisi awal dan dengan *Trichoderma reesei* terjadi kenaikan konsentrasi hemiselulosa 4,01% dari kondisi awal pada fermentasi hari ke 10 (Devi dkk, 2019). Pada *pretreatment* kulit pisang dengan NaOH 1 M pada suhu 121°C selama 15 menit, kadar hemiselulosa turun dari 23,2% menjadi 19,49% (Sukowati dkk, 2014). Pada *pretreatment* kulit durian dengan NaOH 10%, kadar hemiselulosa naik dari 13,5% menjadi 20,5% (Anggorowati dkk, 2015).

Konsentrasi selulosa setelah dilakukan *pretreatment* mengalami kenaikan sebesar 11,2% dari kondisi awal. Pada *pretreatment* serbuk pelepah salak dengan *steam explosion* (SE) pada suhu 160°C terjadi kenaikan konsentrasi selulosa sebesar 15,77% dari kondisi awal (Devi dkk, 2019). Pada *pretreatment* kulit pisang dengan NaOH 1 M pada suhu 121°C selama 15 menit, kadar selulosa naik dari 14,56% menjadi 29,27% (Sukowati dkk, 2014). Pada *pretreatment* kulit durian dengan NaOH 10%, kadar selulosa naik dari 27,5% menjadi 69,5% (Anggorowati dkk, 2015). Pada fermentasi jerami jagung dengan *Trichoderma viride*, kadar selulosa naik dari 32,96% menjadi 34,55% pada masa inkubasi selama 3 minggu (Pasue dkk, 2019). Kenaikan konsentrasi hemiselulosa dan selulosa disebabkan karena lignin telah terdegradasi sehingga prosentase keduanya naik dari total seluruh komponen yang terkandung pada kulit kacang tanah.

Proses Hidrolisa Asam

Hasil hidrolisis asam menggunakan 10 ml larutan H₂SO₄ 98% pada suhu 100°C selama 80 menit, didapatkan kadar glukosa 23,698%, hasil dari duplo perlakuan dan hasilnya dirata-rata. Proses hidrolisa asam adalah proses perubahan dari polisakarida yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monosakarida yaitu glukosa dengan katalis

H₂SO₄. Pada hidrolisa kulit pisang dengan H₂SO₄ 0,05 M selama 15 menit didapatkan kadar gula reduksi 11,26 mg/100 ml (Sukowati dkk, 2014). Pada hidrolisa kulit durian dengan H₂SO₄ 25% pada suhu 100°C selama 4 jam didapatkan kadar glukosa 30% (Anggorowati dkk, 2015). Pada hidrolisa jerami jagung dengan enzim α -amilase pada suhu 95°C didapatkan konsentrasi gula 0,0445 M (Pasue dkk, 2019). Hidrolisa kulit kacang tanah dengan H₂SO₄ 0,5% selama 60 menit mendapatkan kadar glukosa 3102,53 ppm (Lathifa, 2017).



Gambar 1. Hubungan antara waktu fermentasi (hari) dengan konsentrasi etanol (%) terhadap massa ragi (g).

Pada Gambar 1 terlihat bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin tinggi kadar etanol yang didapatkan, tetapi ada suatu titik dimana sudah mencapai kondisi optimum. Pada semua variasi massa ragi, kondisi optimum didapatkan pada waktu fermentasi 9 hari. Pada massa ragi 3 gram terjadi kenaikan konsentrasi etanol dari hari ke 3 ke hari ke 7, tetapi pada hari ke 7 menuju ke 9 konsentrasi etanol sudah linier dimana pada hari ke 9 konsentrasi etanol 0,1218%. Pada hari ke 11 dan hari ke 13 konsentrasi etanol semakin menurun. Pada massa ragi 6 gram terjadi kenaikan konsentrasi etanol dari hari ke 3 ke hari ke 7, tetapi pada hari ke 7 menuju ke 9 konsentrasi etanol sudah linier dimana pada hari ke 9 konsentrasi etanol 0,0856%. Pada hari ke 11 dan hari ke 13 konsentrasi etanol semakin menurun. Pada massa ragi 9 gram terjadi kenaikan konsentrasi etanol dari hari ke 3 ke hari ke 5, tetapi pada hari ke 5 menuju ke 7 konsentrasi etanol hanya mengalami kenaikan sedikit yaitu dari 0,066795% menjadi 0,066849%. Pada hari ke 7 menuju hari ke 9 terjadi kenaikan konsentrasi etanol yang cukup signifikan yaitu dari 0,066849% menjadi 0,172921%. Pada hari ke 11 dan hari ke 13 konsentrasi etanol semakin menurun. Secara garis besar Gambar 1 menunjukkan kemiripan dengan fase pertumbuhan mikroba. Misalkan kita lihat pada massa ragi 3 gram, hari ke 3 sampai hari ke 5

merupakan fase lag (fase adaptasi) yaitu fase dimana *Saccharomyces cereviceae* beradaptasi dengan media dan kondisi operasi proses fermentasi yaitu komposisi media, pH, suhu fermentasi dan aerasi. Pada penelitian ini kondisi operasi fermentasi menyesuaikan dengan kondisi hidup dan pertumbuhan *Saccharomyces cereviceae* yaitu pada pH 4,5-5 dan suhu 28°C-32°C (Susmiati, 2018). Hari ke 5 sampai hari ke 7 merupakan fase logaritma (fase eksponensial) yaitu fase dimana terjadi pertumbuhan yang cepat, dimana pada Gambar 1 ditunjukkan dengan kenaikan konsentrasi etanol yang tinggi. Kemudian hari ke 7 sampai hari ke 9 adalah fase stasioner yaitu fase dimana laju pertumbuhan sama dengan laju kematian, disebabkan kadar nutrisi yang berkurang jauh sehingga tidak mencukupi kebutuhan mikroba. Kondisi ini pada Gambar 1 ditunjukkan kenaikan konsentrasi etanol yang hampir linier. Hari ke 9 sampai hari ke 13 adalah fase kematian yaitu fase dimana laju kematian lebih besar. Fase ini pada Gambar 1 ditunjukkan dengan penurunan kadar etanol yang cukup tajam.

Konsentrasi etanol pada hari ke 9 mencapai puncaknya, tetapi kemudian terus menurun seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Hal ini disebabkan karena sebagian etanol yang dihasilkan terdekomposisi menjadi senyawa lain. Salah satu factor yang menyebabkan reandahnya kadar etanol yang diperoleh adalah tingginya kadar glukosa yang digunakan pada proses fermentasi. Jika kadar glukosa > 18% akan mengganggu pertumbuhan mikroba, sehingga jika jumlah mikroba sedikit maka sedikit juga glukosa yang dikonversi menjadi etanol (Sukowati dkk, 2014). Pada fermentasi kulit pisang dengan *Saccharomyces cereviceae* selama 72 jam didapatkan kadar etanol 0,011% dengan konsentrasi ragi 10% (Sukowati dkk, 2014). Pada fermentasi kulit durian dengan *Saccharomyces cereviceae* pada suhu 30°C selama 6 hari didapatkan kadar etanol 3,3808% (Anggorowati dkk, 2015).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa limbah kulit kacang tanah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol, semakin banyak massa ragi *Saccharomyces cereviceae* yang ditambahkan dan semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi konsentrasi etanol yang didapatkan. Konsentrasi etanol tertinggi yaitu 0,1729% didapatkan pada fermentasi hari ke 9 dengan massa ragi *Saccharomyces cereviceae* sebanyak 9 gram.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Jurusan Teknik Kimia dan juga staf laboratorium Bioenergi Institut Teknologi Nasional Malang yang

telah mendukung dan memberikan fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggorowati, D. A., Pampang, H. and Yunita, L. (2015) 'Potensi Limbah Kulit Durian Sebagai Bahan Baku Pembuatan Energi Alternatif', *Seminar Nasional Teknologi*, pp. 843–850.
- Devi, D. *et al.* (2019) 'Kandungan Lignin, Hemiselulosa dan Selulosa Pelepah Salak pada Perlakuan Awal Secara Fisik Kimia dan Biologi', *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(2), pp. 273–282. doi: 10.29303/jrpb.v7i2.148.
- Duc, P. A. *et al.* (2019) 'Groundnut shell -a beneficial bio-waste', *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20(101206), pp. 1–5. doi: 10.1016/j.bcab.2019.101206.
- Ge, S. *et al.* (2020) 'High-pressure CO₂ hydrothermal pretreatment of peanut shells for enzymatic hydrolysis conversion into glucose', *Chemical Engineering Journal*. Elsevier B.V., 385, pp. 1–34. doi: 10.1016/j.cej.2019.123949.
- Irahmani *et al.* (2017) 'Produksi Bioetanol dari Limbah Kulit Durian', *Semdi Unaya*, (November), pp. 281–288.
- Jin, E. and Sutherland, J. W. (2016) 'A Proposed Integrated Sustainability Model for a Bioenergy System', *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., 48, pp. 358–363. doi: 10.1016/j.procir.2016.03.159.
- Khaidir (2016) 'Pengolahan limbah pertanian sebagai bahan bakar alternatif', *Jurnal Agrium*, 13(2), pp. 63–68.
- Kutshik, J. R., Usman, A. M. and Ali-Dunkrah, U. (2016) 'Comparative study of Protein enrichment of Lignocellulose Wastes using Baker's Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for Animal Feeds', *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry (IOSR-JBB)*, 2(7), pp. 73–77. doi: 10.13140/RG.2.2.29745.48485.
- Lathifa, L. (2017) *Pemanfaatan biomassa lignoselulosa kulit kacang tanah [Arachis hypogaea L.] untuk Produksi Bioetanol Melalui Hidrolisis Asam*.
- Murni, Arifan, F. and Abidin, Z. (2015) 'Optimasi Proses Bioetanol dari Kulit Kopi dengan Menggunakan Proses Hidrolisis Vibrous Bed Bioreaktor', *Traksi*, 15(1), pp. 1–9.
- Nelson, N. (1944) 'A Photometric Adaptation of The Somogyi Method for The Determination of Glucose', *J. Biol. Chem.*, 153(2), pp. 375–380.
- Nurhaeni, Sumarni, N. K. and Tombilayuk, E. D. (2016) 'Penggunaan Arang Aktif Kulit

- Kacang Tanah [*Arachis hypogaea*] sebagai Adsorben dalam Produksi Karoten dari Fraksi Olein Minyak Sawit Kasar', *Kovalen*, 2(3), pp. 10–15.
- Oktasari, A. (2018) 'Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai Adsorben Ion Pb (II)', *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 2(1), pp. 17–27. doi: 10.19109/alkimia.v2i1.2258.
- Pasue, I., Saleh, E. J. and Bahri, S. (2019) 'Analisis Lignin, Selulosa dan Hemi Selulosa Jerami Jagung Hasil di Fermentasi *Trichoderma Viride* dengan Masa Inkubasi Yang Berbeda', *Jambura Journal of Animal Science*, 1(2), pp. 62–67. doi: 10.35900/jjas.v1i2.2607.
- Presiden Republik Indonesia (2014) *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014*.
- Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional (2019) *Indonesia Energy Outlook 2019*. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Setyawati, H. and Rahman, N. A. (2011) 'Bioethanol from pineapple peel with *Saccharomyces cereviceae* mass and fermentation time variation', *Jurnal Teknik Kimia*, 6(1), pp. 1–4. Available at: http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tek_kim/article/view/76.
- Somogyi, M. (1937) 'A Reagent for The Copper-Iodometric Determination of Very Small Amounts of Sugar', *Journal of Biological Chemistry*, 117, pp. 771–776.
- Sukowati, A., Sutikno and Rizal, S. (2014) 'Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang Melalui Hidrolisis Asam Sulfat', *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 19(3), pp. 274–288.
- Susmiati, Y. (201) 'Prospek Produksi Bioetanol dari Limbah Pertaian dan Sampah Organik', *Industria; Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), pp. 67–80. doi: 10.21776/ub.industria.2018.007.02.1.
- Wachid, M. (2011) 'Potensi Bioethanol dari Limbah Kulit Ari Kedelai Limbah Produksi Tempe', *Gamma*, 6(2), pp. 113–122.
- Zhao, X., Chen, J. nd Du, F. (2012) 'Potential use of peanut by-products in food processing: A review', *Journal of Food Science and Technology*, 49(5), pp. 521–529. doi: 10.1007/s13197-011-0449-2.