



Karakterisasi Glukosa sebagai Bahan Baku Bioetanol yang Diproduksi dari α -Selulosa Berbasis Limbah Kulit Kopi Arabika

Zulnazri*, Almia Permata Putri, Rozanna Dewi, Syamsul Bahri, Sulhatun

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

Korespondensi: HP: 085283059515, e-mail: zulnazri@unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji tentang karakteristik selulosa dan glukosa yang diperoleh melalui proses ekstraksi limbah kulit kopi arabika dan hidrolisis selulosa, dimana yield selulosa yang didapatkan sebesar 27,36 %. Karakterisasi selulosa dengan uji XRD didapat kristalinitasnya sebesar 63,76 %. Kemudian selulosa dihidrolisis menggunakan H_2SO_4 8 %, 10 %, dan 12 % pada temperatur 80 °C, 90 °C, dan 100 °C, kadar glukosa tertinggi didapat pada konsentrasi asam 10% dengan temperature hidrolis 100 °C sebesar 8 %. semakin tinggi temperatur hidrolisis kadar glukosa yang diperoleh semakin besar hal ini dikarenakan selulosa habis terurai menjadi glukosa dan gula reduksi lainnya.

Kata kunci: Selulosa, Hidrolisis, kadar glukosa.

1. Pendahuluan

Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dunia, kebutuhan akan energi semakin hari semakin meningkat. Sementara itu sumber daya alam yang dapat menghasilkan energi selama ini semakin terkuras. Hal inilah yang mendorong berbagai negara berusaha keras untuk mengadakan efisiensi dan penghematan energi serta mencari sumber energi baru sebagai energi alternatif. Oleh karena itu dilakukan upaya mencari bahan baku alternatif lain dari sektor non pangan. Selulosa memiliki potensi sebagai bahan baku energi alternatif yang diproses melalui hidrolisis enzimatik menjadi gula dan selanjutnya difermentasi menjadi bioethanol (Seftian dkk., 2012). Banyak biomassa di alam yang mengandung selulosa, salah satu diantaranya adalah kulit kopi.

Kulit buah kopi merupakan limbah dari pengolahan buah kopi untuk mendapatkan biji kopi yang selanjutnya digiling menjadi bubuk kopi. Saat ini pemanfaatan kulit kopi belum optimal dan belum bernilai ekonomis, karena pada

umumnya petani membuang begitu saja dan sebagian kecil limbah tersebut dijual dengan harga yang murah untuk keperluan pakan ternak dan kompos. Padahal komponen yang terkandung dalam kulit kopi sangat bernilai ekonomi, disisi lain jumlah limbah kulit kopi ini sangat melimpah karena produktivitas tanaman kopi di Indonesia cukup tinggi, yang menghasilkan 706.770 ton kopi dalam setiap tahun yang terdiri dari 65 % biji kopi dan 35 % limbah kulit kopi (Wardhana dkk., 2019).

Komponen utama dalam kulit kopi yang sangat potensial adalah beberapa turunan karbohidrat seperti selulosa, hemiselulosa, dan glukosa, disamping itu juga terdapat lignin dan lain-lain. Komponen kulit kopi ini terdiri dari selulosa 63 %, hemiselulosa 2,3 %, lignin 17 %, protein 11,5 %, tannin 1,8-8,56 % dan pektin 6,5 % (Grisel Corro dkk., 2013). Menurut Hutapea 2017, kulit kopi mengandung 46,3 % selulosa, 35 % hemiselulosa, 18,8 % lignin dan 8,2 % abu. Ekstraksi selulosa dengan alkali akan meninggalkan selulosa sedangkan hemiselulosa dan lignin larut dalam alkali (Zulnazri dkk., 2017).

Penelitian tentang ekstraksi selulosa dari kulit kopi Arabika sebagai bahan baku bioethanol telah dilakukan oleh Mawaddah dengan menggunakan basa kuat NaOH, dimana ekstrak selulosa yang diperoleh sebesar 27,36 % dan kadar glukosa yang diperoleh setelah dihidrolisis dengan asam sulfat sebesar 8 %. Hal ini menunjukkan adanya kandungan selulosa dalam limbah kulit kopi walaupun ekstrak yang diperoleh belum maksimal (Mawaddah, 2022).

Pembuatan bioetanol dari kulit kopi arabika dan robusta juga sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya, dimana kulit kopi dihidrolisis dengan HCl 20%, diperoleh kadar glukosa yang terkandung dalam kulit kopi arabika lebih tinggi dibandingkan kadar glukosa dalam kulit kopi robusta (Narisa dkk., 2020).

Hasil fermentasi glukosa dari kulit kopi arabika diperoleh kadar bioetanol 63,8126% dan hasil fermentasi glukosa dari kulit kopi robusta diperoleh kadar bioetanol sebesar 60,0024%. Proses konversi glukosa menghasilkan bioetanol terjadi dengan maksimal (Narisa dkk., 2020).

2. Bahan dan Metode

Bahan dan peralatan yang diperlukan antara lain adalah kulit kopi arabika yang berasal dari perkebunan di Takengon. Bahan kimia yang digunakan yaitu HNO_3 3,5%, NaNO_2 1 gram, NaOH 2%, Na_2SO_3 2%, NaOCl 1,75%, H_2O_2 10%, dan H_2SO_4 (8%, 10%, dan 12%). Peralatan yang digunakan neraca analitik, *hot plate*, gelas ukur, labu ukur, refractometer brix, termometer, *stirrer*, dan kertas saring.

Ekstraksi selulosa dari kulit kopi arabika dilakukan dengan metode refluks menggunakan larutan HNO_3 3,5% dan NaNO_2 0,06 gram yang dipanaskan pada suhu 100 °C selama 2 jam. Kemudian delignifikasi menggunakan larutan NaOH 2% dan Na_2SO_3 2% pada suhu 50°C selama 1 jam. Kemudian dilakukan pemutihan dengan larutan NaOCl 1,75% selama 30 menit, lalu dilanjutkan pemutihan dengan H_2O_2 10% selama 1 jam didalam oven.

Hidrolisis selulosa dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 (8%, 10%, dan 12%), suhu pemanasan 80°C, 90°C, dan 100°C. Kemudian glukosa yang diperoleh dianalisa menggunakan alat *Refractometer Brix* 0-32%.

2.1 Analisa lignoselulosa

Analisa lignoselulosa dilakukan dengan metode *chesson-datta*, mula-mula timbang 1 gram kulit kopi arabika sebagai berat (a), kemudian direfluks dengan menggunakan 120 aquadest pada suhu 100°C selama 1 jam, kemudian disaring dan dikeringkan, lalu ditimbang sebagai berat (b). Kemudian residu direfluks menggunakan 150 ml larutan H_2SO_4 0,5M selama 1 jam, residu disaring dan dikeringkan lalu ditimbang sebagai berat (c). Residu direndam dengan 10 ml larutan H_2SO_4 72% selama 4 jam, kemudian disaring dan dikeringkan, lalu ditimbang sebagai berat (d), kemudian residu diabukan dan ditimbang sebagai berat (e). Kemudian dihitung persen kandungan kimiawi menggunakan metode *chesson-datta*, sebagai berikut :

- a. Hot water soluble (%) = $\frac{a-b}{a} \times 100\%$
- b. Hemiselulosa(%) = $\frac{b-c}{a} \times 100\%$
- c. Selulosa (%) = $\frac{c-d}{a} \times 100\%$

$$d. \text{ Lignin (\%)} = \frac{d-e}{a} \times 100\%$$

$$e. \text{ Abu (\%)} = \frac{e}{a} \times 100\%$$

2.2 Analisa kandungan selulosa dengan *X-ray diffraction* (XRD)

Merupakan salah satu metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

2.3 Analisa kadar glukosa dengan *Refractometer Brix 0-32%*

Refractometer Brix digunakan untuk mengukur kadar gula dalam buah-buahan, kopi, minuman ringan, dan lain-lain. Untuk tanaman buah, refraktometer membantu untuk menentukan kapan waktu yang tepat untuk panen, dan mengklasifikasikan buah berdasarkan tingkat kemanisannya.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 Yield selulosa dan kadar glukosa

Selulosa (gr)	Yield Selulosa (%)	Crystalinitas (%)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ (%)	Suhu (°C)	Glukosa (gr)	Yield Glukosa (%)	Kadar Glukosa (%)		
13,68	27,36	63,76	8	80	4,77	95,4	3		
				90	3,18	63,6	4		
				100	1,79	35,8	6		
			10			80	4,04	90,8	5
						90	3,42	64,4	6
						100	1,36	27,2	8
			12			80	4,86	81,8	2
						90	2,70	54	3
						100	1,04	20,8	6

Yield selulosa yang diperoleh sebesar 27,36 %, dari analisa dengan X-ray difraksi didapat kristalinitas sebesar 63,76%.

3.1 Analisa lignoselulosa kulit kopi

Metode untuk pengukuran kandungan lignoselulosa yang telah umum digunakan adalah metode yang dikemukakan oleh Chesson (1978) dalam Datta (1981). Metode ini adalah analisis gravimetri setiap komponen setelah dihidrolisis atau dilarutkan. Tahapan utama metode ini adalah menghilangkan ekstraktif,

kemudian hidrolisis hemiselulosa dengan asam kuat tanpa pemanasan, dilanjutkan dengan hidrolisis menggunakan asam encer pada suhu tinggi. Bagian terakhir yang tidak larut adalah lignin, kandungan lignin dikoreksi dengan kandungan abu. Table 2 menunjukkan kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa yang diperoleh melalui metode chesson-data.

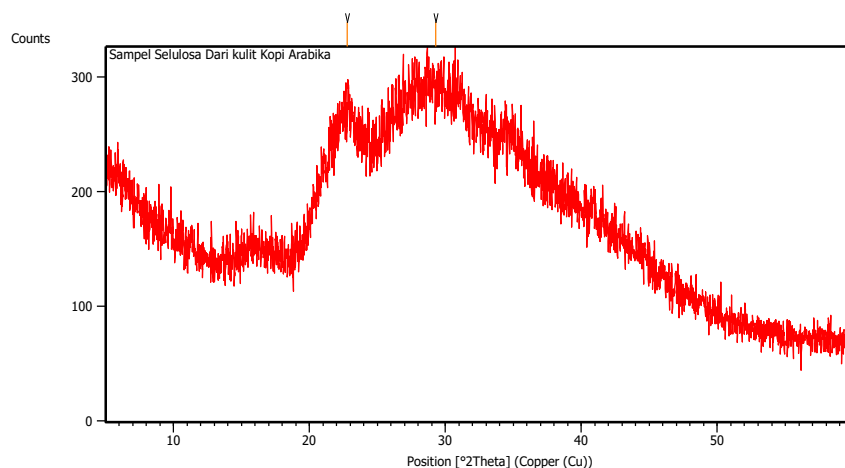
Tabel 2 Komposisi kimiawi kulit kopi Arabika

No.	Komponen	Kadar (%)
1.	Zat terlarut dalam air	18
2.	Hemiselulosa	12
3.	Selulosa	42
4.	Lignin	2
5.	Abu	26

Dari hasil analisa diperoleh komponen kimiawi yang terkandung dalam kulit kopi arabika antara lain : kandungan zat terlarut sebanyak 18%, kandungan hemiselulosa sebanyak 12%, kandungan selulosa sebanyak 42%, kandungan lignin sebanyak 2%, dan kadar abu sebanyak 26%.

3.2 Analisa kandungan kristal selulosa dengan X-RD

Adapun hasil analisa struktur kristal selulosa dengan uji X-RD yang diekstraksi dengan HNO_3 3,5% pada suhu 100°C dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini:



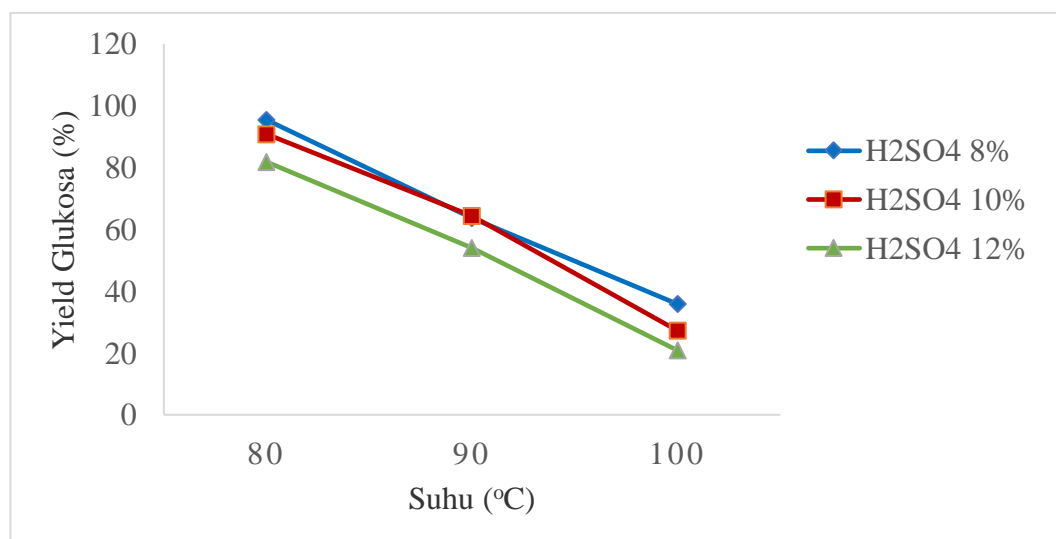
Gambar 1 Hasil uji X-RD selulosa yang diekstraksi dengan HNO_3 3,5%,

Gambar 1 memperlihatkan pola X-RD selulosa yang dihidrolisis dari kulit kopi arabika. Pola X-RD menunjukkan adanya puncak yang tajam pada sudut 2θ disekitar $22,5^\circ$, daerah ini merupakan puncak khas dari struktur selulosa. Hal ini seperti yang dilaporkan oleh Zulnazri, bahwa puncak khas selulosa muncul pada sudut 2θ disekitar $22,5^\circ$ (Zulnazri dkk., 2016). Hasil perhitungan diperoleh persentase kristalinitasnya sebesar 63,76%.

Menurut Rosli ciri khas puncak kristal selulosa berada pada sudut 22° - 23° (Rosli dkk., 2013). Kristalinitas selulosa yang tinggi diperoleh melalui ekstraksi dengan menggunakan HNO_3 3,5% pada suhu 100°C . Tingginya kristalinitas yang diperoleh dikarenakan telah terjadi penghapusan hemiselulose dan lignin yang ada di daerah amorf yang mengarah kepenataan molekul selulosa (Li dkk., 2009). Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari hasil uji X-RD menyatakan bahwa semakin tinggi puncak kristalinitas selulosa maka kualitas selulosa yang dihasilkan semakin baik.

3.3 Yield glukosa

Pengaruh suhu dan konsentrasi H_2SO_4 terhadap *yield* glukosa yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh temperatur dan konsentrasi H_2SO_4 terhadap *Yield* Glukosa

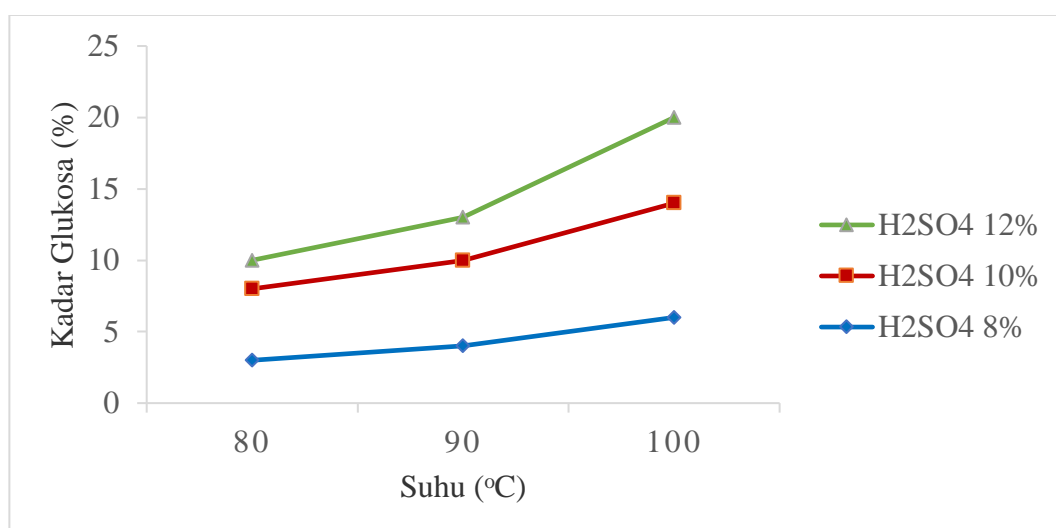
Dari gambar 2 dapat dilihat persentase kenaikan *yield* pada masing-masing suhu dan konsentrasi H_2SO_4 . Konsentrasi H_2SO_4 8% dengan temperatur 80°C , 90°C , dan 100°C diperoleh *yield* masing-masing 95,4%, 63,6%, dan 35,8%.

Konsentrasi H_2SO_4 10% dengan temperatur hidrolisis 80°C, 90°C, dan 100°C diperoleh *yield* masing-masing 90,8%, 64,4%, dan 27,2%. Sedangkan konsentrasi H_2SO_4 12% temperatur 80°C, 90°C, dan 100°C diperoleh *yield* masing-masing 81,8%, 54%, dan 20,8%.

Kenaikan *yield* tertinggi terdapat pada konsentrasi H_2SO_4 8% dengan suhu 80°C yaitu sebesar 95,4%, hal tersebut dipengaruhi oleh suhu pemanasan yang semakin rendah sehingga persentase *yield* yang diperoleh semakin tinggi. Konsentrasi asam sulfat yang semakin besar akan memperbesar fluktuasi suhu operasi alat, sehingga sedikit berpengaruh terhadap konsentrasi gula pereduksi dan *yield* yang didapat. Oleh karena meningkatnya konsentrasi asam dalam proses hidrolisis mengakibatkan glukosa dan monoskarida lainnya terdegradasi membentuk hydroxymethylfurfural (HMF) dan furfural yang akhirnya keduanya membentuk asam formiat (Wahyudi dkk., 2011). Hal ini dapat diduga sebagai penyebab penurunan *yield* gula pada konsentrasi larutan H_2SO_4 12% pada suhu 100°C.

3.4 Kadar glukosa

Pengaruh suhu dan konsentrasi H_2SO_4 terhadap Glukosa yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3 Pengaruh temperatur dan konsentrasi terhadap kadar Glukosa

Gambar grafik diatas menunjukkan kadar glukosa tertinggi didapat pada konsentrasi 10% dengan temperatur 100°C yaitu 8%. Hal ini menunjukkan bahwa

semakin tinggi kadar H_2SO_4 maka semakin tinggi kadar glukosa yang dihasilkan. Hal ini diduga akibat terjadinya kontak interface yang semakin besar antara selulosa dengan reaktan H_2SO_4 sehingga menyebabkan banyak selulosa terurai menjadi glukosa. Namun apabila konsentrasi asam terlalu besar dapat menyebabkan energi aktivasi yang besar dan banyak glukosa yang terdegradasi lebih lanjut membentuk HMF, sehingga kadar glukosa yang dihasilkan juga semakin kecil (Fatmawati dkk.,2008).

Semakin tinggi temperatur hidrolisis maka semakin tinggi kadar glukosa yang dihasilkan, puncak tertinggi diperoleh pada temperature $100^\circ C$. Hal ini disebabkan karena reaksi hidrolisis merupakan reaksi endotermis yang memerlukan panas untuk dapat bereaksi. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kadar glukosa tertinggi didapat pada konsentrasi 10% dan temperatur $100^\circ C$.

Asam sulfat sebagai katalisator dapat mempercepat jalannya reaksi hidrolisis. Menurut enny kriswiyanti (2006), semakin banyak jumlah katalisator yang digunakan maka semakin cepat reaksi hidrolisis. Namun meningkatnya konsentrasi asam dalam proses hidrolisis juga dapat mengakibatkan glukosa dan senyawa gula lainnya terdegradasi menjadi senyawa hidroksi metil furfural dan furfural yang akhirnya keduanya akan membentuk asam formiat (Taherzadeh dan karimi, 2007).

Berdasarkan grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa dengan adanya tambahan asam pada hidrolisis, kandungan glukosa yang terbentuk akan semakin besar hingga mencapai konsentrasi tertentu dan akan menurun jika melebihi konsentrasi optimal. Menurut (Rizal dkk., 2016), semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan pada hidrolisis selulosa dan semakin lama waktu reaksinya maka semakin besar laju kerusakan glukosa sebagai produk hidrolisis. Hal itu menyebabkan semakin berkurangnya kandungan glukosa yang terbentuk pada konsentrasi yang lebih besar dari titik optimumnya (Andaka dkk., 2007). Konsentrasi optimum pada penelitian ini untuk menghasilkan kadar glukosa yang tinggi yaitu konsentrasi asam sulfat 10%.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil uji X-RD didapatkan kristalinitas selulosa yang tinggi mencapai 63,76%. *Yield* glukosa yang tinggi diperoleh melalui hidrolisis dengan H₂SO₄ 8% dengan temperatur 80°C dengan *yield* 95,4%. Kadar glukosa yang tinggi diperoleh pada konsentrasi H₂SO₄ 10% dengan temperatur hidrolisis 100°C yaitu 8%.

Glukosa yang diperoleh dari penelitian ini dapat diteliti lebih lanjut untuk memproduksi bioethanol sebagai bahan bakar alternative yang ramah lingkungan.

5. Daftar Pustaka

1. Andaka, G., dkk. (2007). *Hidrolisis Ampas Tebu menjadi Furfural dengan Katalisator Asam Sulfat*. Jurnal Teknologi, Nomor 2, hal 180-188.
2. Fatmawati, A., dkk. (2008). *Hidrolisis Batang Padi dengan menggunakan Asam Sulfat Encer*. Jurnal Teknik Kimia, Vol.3, No.1, hal 187–191
3. Grisel Corro dkk. (2013). *Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions*. Energy Conversion and Management. Vol. 74 Pages 471-481.
4. Hutapea, Christa Bella R and Sitorus, R E. (2017). *Studi Teknik Produksi Gula Reduksi dari Limbah Kulit Buah Kopi (Parchment hull/endocarp)*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Li, R., dkk. (2009). *Cellulose whiskers extracted from mulberry: A novel biomass production*. Carbohydrate Polymers, 76, 94–99.
6. Mawaddah, (2022). *Pemanfaatan limbah Kulit Kopi Gayo Arabica untuk Menghasilkan Bioetanol melalui Proses Fermentasi Menggunakan Bakteri Zymomonas Mobilis dan Bakteri Saccharomyces Cereviseae*. Tesis pada Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan, Unimal.
7. Narisa, N., dkk. (2020). *Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi Arabika dan Robusta dengan Variasi Waktu Fermentasi*. 220–228. The 11th University Research Colloquium 2020 Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta
8. Rosli, N. A., dkk. (2013). *Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from agave angustifolia fibre*. BioResource, 8(2), 1893-1908.
9. Taherzadeh, MJ., dan Karimi, K. (2007). *Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: a review*, BioResources, Vol. 3, No. 2.
10. Rizal R., dkk. (2016). *Hidrolisis Selulosa dari Bahan Pod Husk Kakao Menggunakan Asam Klorida*, Jurnal agrotekbis, Vol. 4, No. 6.
11. Seftian, D., dkk. (2012). *Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi*. Vol 18(1). Jurnal Teknik Kimia

No. 1, hal 12-16

12. Wahyudi, J., dkk. (2011). *Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Glukosa Terbentuk dan Konstanta Kecepatan Reaksi pada Hidrolisa Kulit Pisang*. 1958. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” ISSN 1693 – 4393 Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta
13. Wardhana, D. I., dkk, (2019). *Pengolahan Metode Kering dari Perkebunan Kopi Rakyat Di Jawa Timur Characteristics of Robusta Coffee Husk Obtained from Dry Processing Method of Smallholder Coffee Plantation in East Java*. D(2), 220–229. Agritrop, Vol. 17 (2)
14. Zulnazri, dkk, (2016). *Effects of hydrolysis conditions on the crystallinity, chemical structure, morphology, and thermal stability of cellulose nanocrystals extracted from oil palm biomass residue*. Int. J. Chem. Tech Res; Vol. 9 : 456-64.
15. Zulnazri, dkk. (2017). *Temperature Effect of Crystallinity in Cellulose Nanocrystal from Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) using Sonication Hydrothermal Methods*, J. Pure App. Chem. Res., Vol. 6 (1), 14-21.