

## Pengaruh *Pretreatment* Alkali Hidroksida Terhadap Produksi Gula Reduksi dari Limbah Kulit Kopi

Dennis Farina Nury<sup>1\*</sup>, Muhammad Zulfikar Luthfi<sup>2</sup>, Yeni Variyana<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang

<sup>3</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lampung

<sup>1</sup>dennis.nury@tk.itera.ac.id, <sup>2</sup>zulfikar@poltekatipdg.ac.id, <sup>3</sup>yenivariyana@polinela.ac.id

\*corresponding author

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima 1 Maret 2023  
Direvisi 7 Maret 2023  
Diterbitkan 7 Juli 2023

#### Kata kunci:

*Alkali hidroksida, gula reduksi, kulit kopi, selulosa, lignin*

### ABSTRAK

Limbah kulit kopi merupakan bahan lignoselulosa agroindustri yang melimpah yang dapat digunakan untuk menghasilkan gula reduksi. Komposisi limbah kulit kopi terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Namun, kandungan lignin yang tinggi diperlukan *pretreatment*. Penelitian ini menghasilkan gula reduksi dari limbah kulit kopi melalui *pretreatment* kimia menggunakan kombinasi alkali hidroksida ( $\text{NaOH-H}_2\text{O}_2$ ). Hidrogen peroksida pada berbagai konsentrasi (2.5, 5 dan 7.5% v/v) dicampurkan ke dalam larutan NaOH 1% (m/v) dengan pH 11.5. konsentrasi kandungan lignoselulosa, indeks kristalinitas dan kandungan gula reduksi diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisihan lignin tertinggi dicapai pada penambahan 2.5% hidrogen peroksida. Indeks kristalinitas tertinggi pada limbah kulit kopi yang telah diolah yaitu 49.87% pada variabel 7.5% (v/v). dapat disimpulkan bahwa *pretreatment* alkali hidroksida berguna untuk menghilangkan lignin dan dapat diterapkan untuk gula reduksi.

*The effect of alkaline hydroxide pretreatment on reducing sugar production from coffee husks waste*

### ARTICLE INFO

Received March 01, 2023  
Revised March 7, 2023  
Published July 7, 2023

#### Keyword:

*Alkaline hydroxide, reducing sugar, coffee husks, cellulose, lignin*

### ABSTRACT

Coffee husks are abundant agroindustrial lignocellulosic materials that can be used to produce reducing sugar. Coffee husks waste composition consist of cellulose, hemicellulose and lignin. However, its highly lignin content make the *pretreatment* step necessary. This study produced reducing sugars from coffee husks through chemical *pretreatments* using combined alkaline hydroxide ( $\text{NaOH-H}_2\text{O}_2$ ). Hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) at various concentrations (2.5, 5, and 7.5% (v/v) was mixed into 1% (w/v) of NaOH solution with pH 11.5. The concentration of lignocellulosic content, crystallinity index and reducing sugar content were investigated. The results showed that the highest lignin removal was achieved at the addition of 2.5%  $\text{H}_2\text{O}_2$ . The highest crystallinity index of coffee husks waste-treated was achieved 49,87% at variable of 7.5% (v/v)  $\text{H}_2\text{O}_2$ . It can be concluded that alkaline hydroxide *pretreatment* useful for lignin removal and can be applied in reducing sugar.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



## 1. PENDAHULUAN

Seiring pesatnya perkembangan kegiatan agroindustri, maka semakin banyak produk samping pertanian yang dihasilkan. Sebagian besar produk samping atau limbah agroindustri merupakan biomassa berlignoselulosa. Sebagai limbah biomassa berlignoselulosa yang ketersediaannya sangat melimpah, sangat berpotensi untuk menjadi bahan baku sumber energi terbarukan seperti bioetanol [1], biogas [2], biohidrogen[3] dengan mengkonversi selulosanya menjadi gula reduksi. Kulit kopi merupakan salah satu

limbah agroindustri yang potensial untuk dijadikan gula reduksi [2]. Limbah kulit kopi tersusun atas selulosa 63%, hemiselulosa 2,3%, lignin 17%, protein 11,5%, tannin 1,8-8,56% dan pektin 6,5% [4].

Selain mengandung selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi, limbah kulit kopi tersebut juga mengandung lignin, kafein, dan tanin yang merupakan *inhibitor* (penghambat) dalam proses konversi gula reduksi [5]. Lignin mengikat selulosa dan hemiselulosa, sehingga menghambat proses penguraian senyawa tersebut, sedangkan kafein dan tanin merupakan penghambat pertumbuhan bakteri pada proses fermentasi sehingga zat-zat tersebut harus dihilangkan [6]. Untuk menghilangkan atau mengurangi kadar kafein, tannin, poliphenol dan lignin yang terkandung dalam kulit kopi, maka diperlukan proses *pretreatment*.

*Pretreatment* untuk menghilangkan komponen tersebut dapat dilakukan dengan metode fisika, kimia dan biologi [7]. Metode *pretreatment* yang dipilih pada penelitian ini adalah secara kimia, bahan kimia yang digunakan adalah NaOH dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> [4]. *Pretreatment* menggunakan alkali adalah metode paling efektif untuk penghancuran ikatan ester antara lignin, hemiselulosa dan selulosa pada biomassa jika dibandingkan dengan asam dan *reagent oxidative*. Selain itu, memiliki laju *treatment* besar dan dapat diaplikasikan dalam proses industri [8], [9]. Riset lain yang mendukung juga memberikan hasil bahwa *pretreatment* alkalin/oksidatif dengan NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah metode paling efektif untuk meningkatkan hidrolisa enzimatis dibandingkan *pretreatment* dengan asam dan reagen oksidatif [1]. Dapat disimpulkan bahwa *pretreatment* NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dapat menurunkan kandungan lignin dan *inhibitor* lainnya, seperti tanin dan kafein.

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar lignin dari hasil *pretreatment* limbah kulit kopi secara kimiawi menggunakan NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan mengetahui pengaruhnya terhadap proses produksi gula reduksi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Limbah kulit kopi diberikan *pretreatment* secara kimiawi menggunakan alkali hidrogen peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Setelah diberikan *pretreatment* kimia, dilakukan analisis DNS untuk mengetahui kadar gula reduksi. *Pretreatment* kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan NaOH dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%. Hasil dari *pretreatment* kimia dianalisis dengan metode X-ray diffraction (XRD) untuk mengestimasi *crystallinity index (CrI)* sampel sebelum dan setelah *pretreatment*.

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu leher 3, kondensor *reflux*, *magnetic stirrer*, *water jet pump*, pH meter, *autoclave*, oven, desikator. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kopi berukuran 100 mesh, NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

### 2.2. Pretreatment Limbah Kulit Kopi dengan Alkali Hidrogen Peroksida(NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Kulit kopi dengan ukuran 100 mesh ditimbang sebanyak 10 gram dan direaksikan dengan larutan 1% NaOH sebanyak 90 ml dalam labu leher 3 dengan pemanasan hingga suhu larutan sesuai dengan variabel selama 1 jam. pH campuran tersebut diketahui sebesar 11.5. Berikutnya ditambahkan larutan 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan volume variabel (2,5%; 5%; dan 7,5% (v/v)). pH larutan setelah penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> disesuaikan hingga 11,5 dengan menambahkan larutan NaOH 6M.

Rancangan variabel penelitian disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Variabel *Pretreatment* Alkali Hidrogen Peroksida

Kode Sampel	Variabel Penelitian		
	Waktu (1)	Suhu (2)	Konsentrasi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (3)
L1	2 jam	40 °C	2,5 % v/v
L2	2 jam	60 °C	5 % v/v
L3	2 jam	80 °C	7,5 % v/v
L4	4 jam	40 °C	2 5 % v/v
L5	4 jam	60 °C	5 % v/v
L6	4 jam	80 °C	7,5 % v/v
L7	6 jam	40 °C	2,5 % v/v
L8	6 jam	60 °C	5 % v/v
L9	6 jam	80 °C	7,5 % v/v

Sebelum *pretreatment* Alkali Hidrogen Peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dilakukan analisis kandungan lignin menggunakan metode Tappi *Acid-insoluble lignin in wood and pulp* (T 222 om-02) [10]. Dapat diketahui

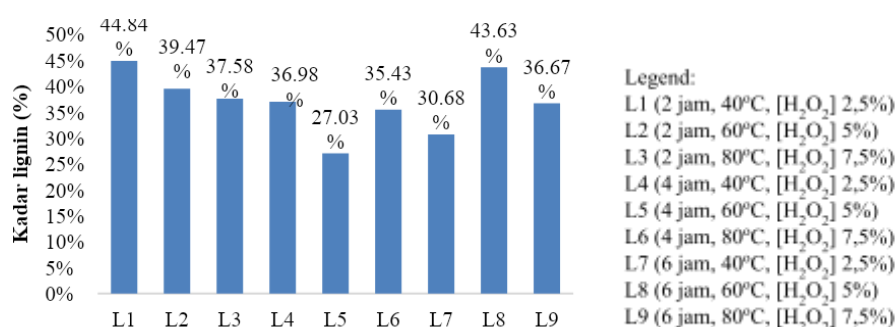
bahwa *pretreatment* kimia dengan alkali-peroksida memiliki dampak yang cukup besar dalam menurunkan kandungan lignin pada kulit kopi dengan % removal lignin yang dicapai cukup tinggi yaitu 75,02%.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

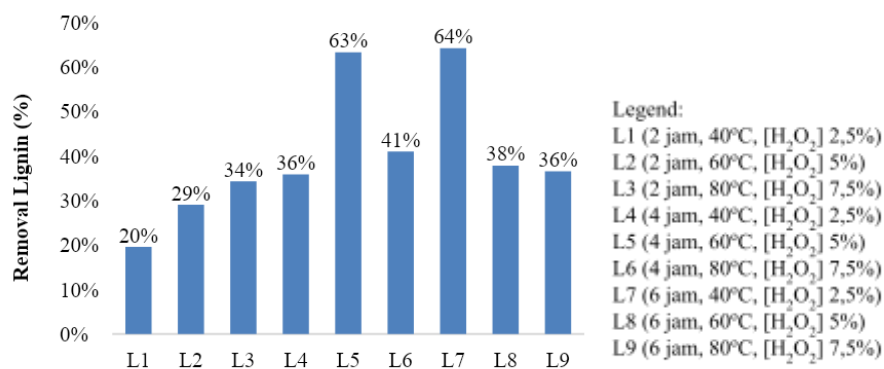
#### 3.1. Kadar Lignin Hasil Alkali Hidrogen Peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

*Pretreatment* kimia menggunakan alkali hidrogen peroksida bertujuan untuk memperoleh substrat kulit kopi yang mudah untuk dihidrolisis, sehingga konsentrasi lignin yang terkandung dalam substrat harus diturunkan. Ketika konsentrasi lignin dalam substrat turun, maka akan mempermudah enzim memecah kandungan selulosa menjadi glukosa [11]. Secara teori, penggunaan NaOH dapat mendegradasi lignin karena dapat memecah ikatan ester antara jaringan lignin [6]. Ditambahkannya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ini akan melemahkan matriks dalam lignin [12].

Hasil analisis persentase kadar lignin yang diperoleh ditunjukkan dalam Gambar 1. Didapat degradasi lignin paling tinggi saat variabel L5 dengan penambahan 1% NaOH 90 ml dan 5% (v/v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada suhu 60°C selama 4 jam. Pada suhu 40 dan 60°C semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang digunakan menunjukkan hasil degradasi yang semakin tinggi kecuali pada suhu 80°C yang menunjukkan hasil degradasi berlawanan dengan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



**Gambar 1.** Kadar Lignin Kulit Kopi dari *Pretreatment* Alkali Hidrogen Peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)



**Gambar 2.** Persen Lignin Removal pada Variabel *Pretreatment* Alkali Hidrogen Peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

*Pretreatment* kimia dengan alkali hidrogen peroksida bertujuan untuk memperoleh substrat kulit kopi yang mudah untuk dihidrolisis, sehingga konsentrasi lignin yang terkandung dalam substrat harus diturunkan. Ketika konsentrasi lignin dalam substrat turun, maka akan mempermudah enzim memecah kandungan selulosa menjadi glukosa [12]. Secara teori, penggunaan NaOH dapat mendegradasi lignin karena dapat memecah ikatan ester antara jaringan lignin [13]. Ditambahkannya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ini akan melemahkan matriks dalam lignin [5].

#### 3.2. Analisis XRD Sampel Kulit Kopi

Analisis XRD merupakan analisis yang bersifat kualitatif, fungsinya untuk mengetahui nilai kristalinitas dalam sampel. Uji XRD dalam penelitian ini untuk menilai kristalinitas indeks selulosa dalam sampel yang telah dilakukan *pretreatment* kimia [14]. Untuk menghitung *crystalline index* (CI) yaitu rasio antara intensitas

( $I_{002}-I_{AM}$ ) dan intensitas  $I_{002}$ , ( $I_{002}-I_{AM}$ ) /  $I_{002}$ . Posisi intensitas minimum terletak di antara puncak (002) dan (101). Dari hasil XRD, *Crystallinity Index* (*CrI*) diestimasi dengan menggunakan persamaan berikut [7] :

$$CrI (\%) = (I_{002} - I_{am}) / I_{200} \times 100$$

Dimana  $I_{002}$  adalah intensitas maksimum dari puncak difraksi 002 pada  $2\theta$  diantara nilai 22-23, dan  $I_{am}$  adalah intensitas minimum dari puncak dekat  $2\theta$  diantara nilai 18-19.

Hasil analisis ditunjukkan dalam Tabel 3, dimana nilai kristalinitas indeks selulosa setelah *pretreatment* mengalami kenaikan. Peningkatan kristalinitas selulosa setelah *dipretreatment* menggunakan alkali hidrogen peroksida mengimplikasikan bahwa kandungan lignin pada kulit kopi telah terdegradasi [7].

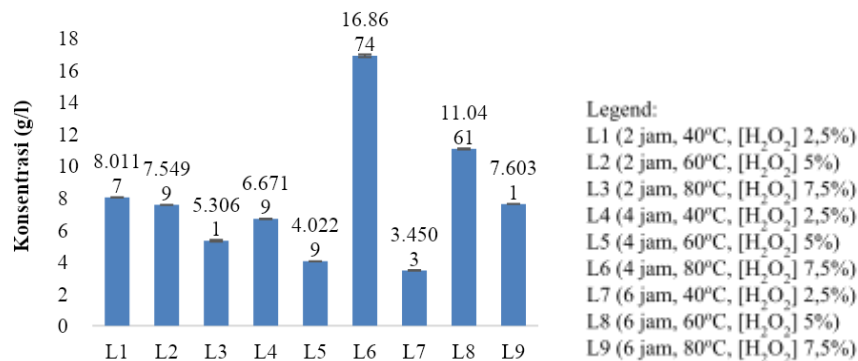
**Tabel 3.** Kristalinitas Indeks Selulosa Kulit Kopi Setelah *Pretreatment* Alkali Hidrogen Peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Sampel	Kristalinitas Indeks Selulosa
Kulit kopi tanpa <i>pretreatment</i>	30,83%
L1	39,59 %
L2	39,40 %
L3	44,17 %
L4	43,02 %
L5	42,26 %
L6	49,87 %
L7	40,26 %
L8	45,81 %
L9	42,74 %

Dari sampel L1 diperoleh nilai kristalinitas selulosa sebesar 39,59%, sampel L2 sebesar 39,40%, sampel L3 sebesar 44,17%, sampel L4 sebesar 43,02%, sampel L5 sebesar 42,26%, sampel L6 sebesar 49,87%, sampel L7 sebesar 40,26%, sampel L8 sebesar 45,81%, sampel L9 sebesar 42,74%. Nilai kristalinitas paling tinggi diperoleh dari sampel L6 sebesar 49,87% dengan variabel proses selama 4 jam dengan suhu 80°C dan 7,5% (v/v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

### 3.3. Gula reduksi menggunakan metode DNS

*Pretreatment* alkali peroksida juga akan mengkonversi substrat kulit kopi menjadi gula, namun gula reduksi yang dihasilkan pada tahapan ini akan digunakan karena berada pada sampel cair hasil *pretreatment* dimana terkandung konsentrasi kafein, tanin, dan polifenol lain yang berperan sebagai inhibitor. Untuk memisahkan gula reduksi yang terdapat pada sampel cair tersebut memerlukan proses yang lebih sulit, sehingga gula reduksi tersebut dibuang ketika proses pencucian substrat hasil *pretreatment*. Tinjauan variabel terbaik dari segi kandungan gula reduksi pada tahapan ini adalah dari konsentrasi gula reduksi yang paling kecil. Harapannya tidak banyak substrat yang terhidrolisa menjadi gula reduksi yang akan terbuang sia-sia.



**Gambar 4.** Konsentrasi Gula Reduksi pada Sampel Cair Hasil *Pretreatment* Alkali Hidrogen Peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Dari Gambar 4 ditunjukkan konsentrasi gula reduksi pada substrat kulit kopi hasil Alkali Hidrogen Peroksida (NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Konsentrasi gula reduksi terendah yaitu pada sampel L7, L5 dan L3 yang berturut-turut sebesar 3,45; 4,02; dan 5,31 g/l. *Pretreatment* untuk menghasilkan gula reduksi secara minimum yaitu pada waktu 6 jam, suhu 40°C dan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebesar 7,5%.

Dibandingkan dengan kondisi pada sampel L5 yaitu dengan waktu 4 jam, suhu 60°C dan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sampel L7 dilakukan pada suhu yang lebih rendah yaitu 40°C, sehingga energi yang dibutuhkan akan lebih rendah meskipun waktu yang dibutuhkan lebih lama. Gula reduksi yang terbentuk selama proses *pretreatment* ini berasal dari hidrolisis selulosa menjadi glukosa dan hemiselulosa menjadi senyawa penyusunnya, yaitu heksosa, pentosa dan sedikit asam [15]. Pada Gambar 4 menunjukkan gula reduksi terendah ada pada sampel L7 yaitu proses dengan waktu 6 jam dan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebesar 2,5 %. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu hidrolisa pada konsentrasi yang semakin tinggi mampu menurunkan kadar glukosa yang dihasilkan [16].

Heksosa terdiri dari mamose, galaktosa dan sedikit glukosa, sementara pentosa terdiri dari xilosa dan arabinose. Xilosa adalah gula reduksi tertinggi yang dihasilkan dari hidrolisis hemiselulosa. Penambahan asam kuat konsentrasi rendah dapat meningkatkan kuantitas gula pada proses hidrolisis lignoselulosa karena ion H<sup>+</sup> pada asam kuat dapat memutuskan ikatan glikosida yang terdapat pada selulosa. Semakin besar penambahan asam, semakin tinggi nilai glukosa yang dihasilkan [17].

#### 4. KESIMPULAN

Kulit kopi *dipretreatment* menggunakan Alkali Hidrogen Peroksida dengan menggunakan campuran larutan NaOH dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Pretreatment* Alkali Hidrogen Peroksida bertujuan untuk memperoleh substrat kulit kopi yang mudah untuk dihidrolisis, sehingga untuk itu konsentrasi lignin yang terkandung dalam substrat harus diturunkan. Degradasi lignin paling tinggi saat variabel L5 dengan penambahan 1% NaOH 90ml dan 5% (v/v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada suhu 60°C selama 4 jam. Nilai kristalinitas paling tinggi diperoleh dari sampel L6 sebesar 49,87% dengan variabel proses selama 4 jam dengan suhu 80°C dan 7,5% (v/v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Pretreatment* alkali peroksida juga akan mengkonversi substrat kulit kopi menjadi gula, namun gula reduksi yang dihasilkan pada tahapan ini akan digunakan karena berada pada sampel cair hasil *pretreatment* dimana terkandung konsentrasi kafein, tanin, dan polifenol lain yang berperan sebagai inhibitor. *Pretreatment* untuk menghasilkan gula reduksi secara minimum yaitu pada waktu 6 jam, suhu 40°C dan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebesar 7,5%.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Sumatera, Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati Politeknik ATI Padang dan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Politeknik Negeri Lampung dalam kolaborasi penulisan artikel ini.

#### 1. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Widjaja, A. Altway, S. Nurkhamidah, L. Edahwati, F. Z. Lini, and F. Oktafia, "The effect of *pretreatment* and variety of microorganisms to the production of ethanol from coffee pulp," *ARNP J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 1056–1060, 2016.
- [2] S. R. Juliastuti, T. Widjaja, A. Altway, and T. Iswanto, "Biogas production from pretreated coffee-pulp waste by mixture of cow dung and rumen fluid in co-digestion," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1840, 2017, doi: 10.1063/1.4982341.
- [3] R. Miñón-Fuentes and O. Aguilar-Juárez, "Hydrogen production from coffee pulp by dark fermentation," *Water Sci. Technol.*, vol. 80, no. 9, pp. 1692–1701, 2019, doi: 10.2166/wst.2019.416.
- [4] T. Widjaja, T. Iswanto, A. Altway, M. Shovitri, and S. R. Juliastuti, "Methane production from coffee pulp by microorganism of rumen fluid and cow dung in co-digestion," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 56, pp. 1465–1470, 2017, doi: 10.3303/CET1756245.
- [5] D. I. Wardhana, A. Assadam, A. N. Nalawati, and R. Murwanti, "Produksi gula pereduksi dari kulit kopi robusta dengan metode hidrolisis asam," *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 16, no. 2, pp. 164–170, 2022, doi: 10.21107/agrointek.v16i2.10176.
- [6] N. A. R. T. Achmad. Al Ghafary, "Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe," *J. Reaksi*, vol. 15, no. 01, pp. 46–53, 2017.
- [7] A. S. Dewi, R. A. Stevanus, M. A. Sandra, D. F. Nury, L. Pudjiastuti, and T. Widjaja, "The effect of mixed culture of *zymomonas mobilis* and *pichia stipitis* in ethanol production of sugar palm (*Arenga pinnata*)," *Mater. Sci. Forum*, vol. 964 MSF, pp. 145–150, 2019, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.964.145.
- [8] U. M. D. E. C. D. E. Los, "No 主観的健康 感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共

- 分散構造分析Title”.
- [9] E. G. T. Menezes *et al.*, “Optimization of alkaline *pretreatment* of coffee pulp for production of bioethanol,” *Biotechnol. Prog.*, vol. 30, no. 2, pp. 451–462, 2014, doi: 10.1002/btpr.1856.
- [10] TAPPI, *TAPPI/ANSI Test Method T 401 om-15 - Fiber analysis of paper and paperboard*, no. January. 2018.
- [11] T. Widjaja, S. Nurkhamidah, A. Altway, A. A. Z. Rohmah, and F. Saepulah, “Chemical pre-treatments effect for reducing lignin on cocoa pulp waste for biogas production,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2349, 2021, doi: 10.1063/5.0051903.
- [12] D. N. Afifah, N. Damajanti, M. Mustholidah, and H. Hariyanti, “Delignification of Cassava Peel by Using Alkaline Hydrogen Peroxide Method: Study of Peroxide Concentration, Solid/Liquid Ratio, and pH,” *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 6, no. 2, p. 128, 2022, doi: 10.33795/jtkl.v6i2.334.
- [13] M. Asgher, Z. Ahmad, and H. M. N. Iqbal, “Alkali and enzymatic delignification of sugarcane bagasse to expose cellulose polymers for saccharification and bio-ethanol production,” *Ind. Crops Prod.*, vol. 44, pp. 488–495, 2013, doi: 10.1016/j.indcrop.2012.10.005.
- [14] L. Edahwati *et al.*, “Bioethanol quality improvement of coffee fruit leather,” *MATEC Web Conf.*, vol. 58, 2016, doi: 10.1051/mateconf/20165801004.
- [15] . S. and M. Syabriana, “Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan Enzim *Zymomonas Mobilis* Dan *Saccharomyces Cereviseae*,” *J. Serambi Eng.*, vol. 3, no. 1, 2018, doi: 10.32672/jse.v3i1.356.
- [16] A. P. Putri, Z. Zulnazri, R. Dewi, S. Sulhatun, and S. Bahri, “Karakterisasi Glukosa Dari Proses Hidrolisis A-Selulosa Dari Limbah Kulit Kopi Arabika,” *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 11, no. 1, p. 102, 2022, doi: 10.29103/jtku.v11i1.7254.
- [17] N. Mawarda Rilek, N. Hidayat, and Y. Sugiarto, “Hidrolisis Lignoselulosa Hasil *Pretreatment* Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada Produksi Bioetanol,” *Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, vol. 6, no. 2, pp. 76–82, 2017, doi: 10.21776/ub.industria.2017.006.02.3.