

# Pretreatment Delignifikasi Limbah Kulit Durian Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol

Rizkika Putra<sup>\*1</sup>, Muhammad Yerizam<sup>1</sup>, Selastia Yuliati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Kimia Industri/ Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya  
\*e-mail: [rizkikaputra300@gmail.com](mailto:rizkikaputra300@gmail.com)

## ABSTRAK

Kulit durian (60-75% bagian durian) mengandung selulosa 55,3%, lignin 19,3% dan abu 6,1%. Kandungan selulosa yang cukup tinggi dalam kulit durian merupakan potensi bioetanol. Tetapi, kandungan lignin dalam kulit durian mengganggu proses pembuatan bioetanol. Lignin bersifat cukup resisten terhadap degradasi kimia dan biologi, sehingga menghambat proses fermentasi. Diperlukan *pretreatment* proses delignifikasi untuk membantu proses fermentasi. Proses delignifikasi membutuhkan senyawa basa kuat dalam proses pemisahan lignin dari selulosa. Delignifikasi dalam penelitian ini dilakukan dengan aplikasi NaOH 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dan waktu 60, 90 dan 120 menit. *Pretreatment* delignifikasi diharapkan meningkatkan kadar selulosa dan menurunkan kadar lignin. Kondisi terbaik *pretreatment* delignifikasi yaitu larutan pemasak NaOH 6% w/v dengan waktu 120 menit yang menghasilkan 83,05% w/w selulosa dan 8,03% w/w lignin. Larutan pemasak NaOH dengan konsentrasi yang tinggi dan waktu delignifikasi yang semakin lama menurunkan kadar lignin dan meningkatkan selulosa.

**Kata kunci :** Delignifikasi, Lignin, Limbah Kulit Durian, NaOH, Selulosa

## ABSTRACT

Durian peel (60-75%) contains cellulose 55.3%, lignin 19.3%, and ash 6.1%. Due to its high cellulose content, durian peel can be utilized and processed into bioethanol. However, in the production of bioethanol using durian peel waste as a raw material, lignin interferes the bioethanol production process: lignin. Lignin chemically and biologically resistant to degradation restricting the fermentation process. Therefore, a pretreatment delignification process is required before fermentation. A strong alkaline compound is needed in the delignification process to separate lignin from cellulose. This study uses NaOH as a strong base in the delignification process. The variations used in this study are the concentration of NaOH (2%, 3%, 4%, 5%, and 6%) and time (60, 90, and 120 minutes). Delignification pretreatment affects the cellulose and lignin content produced, with the best delignification pretreatment condition being a 6%w/v NaOH cooking solution for 120 minutes, resulting in a cellulose content of 83.05%w/w and a lignin content of 8.03%w/w. Increase concentration of NaOH as the cooking solution and longer time of the delignification time, increase cellulose obtained and decrease lignin content

**Keywords :** Cellulose, Delignification, Lignin, NaOH, Waste peel of Durian

## 1. Pendahuluan

Indonesia membutuhkan energi dalam jumlah yang terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk yang semakin besar. Kebutuhan energi tersebut masih dipenuhi dari energi fosil (minyak bumi) yang terus menurun cadangannya (Sa'adah *et al.*, 2017). Konsumsi energi berbahan fosil ini disediakan dalam bentuk pertalite dengan konsumsi yang meningkat dari 14,5 juta KL (2017) hingga 23 juta KL (2021) (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022). Untuk mengatasi penurunan cadangan energi fosil ini, maka diperlukan pemanfaatan energi baru seperti Bioetanol.

Produksi durian yang terus meningkat dari 1.14 ton (2018) hingga 1,58 juta ton (2022) (Badan Pusat Statistik, 2023), meningkatkan juga limbahnya. Limbah ini disebabkan oleh hanya 20-35% dari durian yang dikonsumsi, sementara kulitnya (60-75%) dan bijinya (5-15%) belum dimanfaatkan sepenuhnya (Sistanto *et al.*,

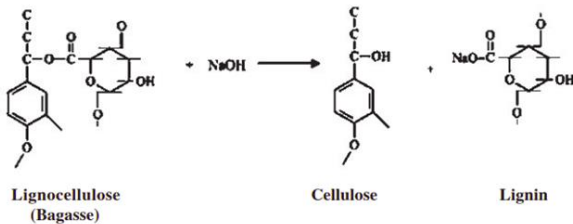
2017). Peningkatan produksi durian menyebabkan limbah durian yang dihasilkan semakin banyak, termasuk di UMKM "Durian Ridho Ucok" yang menghasilkan 20-25 karung limbah kulit durian yang tidak termanfaat.

Bioetanol dari biomassa memiliki biaya produksi yang lebih rendah karena menggunakan limbah organik, seperti kulit durian. Kulit durian mengandung selulosa (55,3%), lignin (19,3%), dan abu (6,1%) (Masrol *et al.*, 2018). Kandungan selulosa yang tinggi membuat kulit durian cocok untuk diolah menjadi bioetanol.

Selulosa bersifat kristalin dan sulit larut sehingga tahan terhadap degradasi kimia dan mekanis (Lismeri *et al.*, 2016). Sifat ini perlu mendapatkan perlakuan sebelum dapat dimanfaatkan sebagai bioetanol karena ikatan hidrogen intra- dan antarmolekul yang kuat (Mulyadi, 2019). Lignin dalam kulit durian dapat mengganggu proses pembuatan bioetanol karena resisten terhadap degradasi kimia dan biologi, menghambat fermentasi, oleh karena itu, lignin perlu dihilangkan

melalui proses delignifikasi agar fermentasi dapat berjalan lancar (Kurniati *et al.*, 2017).

Beberapa sifat lignin perlu diperhatikan dalam proses delignifikasi. Sifatnya yang tidak larut air, molekul yang berat (2000-15.000), mengandung gugus hidroksil, metoksil, dan karboksil (Setiati *et al.*, 2016), transformasi menjadi partikel lebih kecil pada suhu tinggi, sehingga dapat terpisah dari selulosa, dan terkondensasi pada suasana asam (memadatkan lignin) (Taherzadeh & Karimi, 2007) memerlukan larutan basa seperti NaOH. NaOH konsentrasi rendah mengembangkan bahan lignoselulosa dan meningkatkan luas permukaan internal, disertai dengan penurunan derajat polimerisasi, pemutusan kristal ikatan lignin dan karbohidrat (Widyastuti *et al.*, 2022), Reaksi kimia delignifikasi digambarkan oleh Soundarrajan *et al.*, (2016) sebagaimana pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Reaksi Kimia Proses Delignifikasi (Soundarrajan *et al.*, 2016)

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan NaOH 5% dapat menurunkan kadar lignin eceng gondok dari 3,590% menjadi 1,159% (Moeksin *et al.*, 2016), dan penggunaan NaOH 15% dapat menurunkan kadar lignin dari 24,584% menjadi 2,630% dalam produksi gula dari tongkol jagung (Mardina *et al.*, 2013).

Dari uraian diatas, peneliti dapat menganalisa kandungan lignin, selulosa pada proses delignifikasi yang memanfaatkan limbah kulit durian dari UMKM “Durian Ridho Ucok” sebagai bahan baku alternatif bioetanol. Sehingga kulit durian yang sebelumnya hanya dibuang dan menjadi limbah kini dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku alternatif bioetanol.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang dipergunakan adalah gelas kimia, neraca analitik, pisau, *grinding mill*, *water bath*, *hotplate*, *magnetic stirrer*, bola karet, saringan, kertas saring, pH meter, FTIR (*Fourier transform Infrared Spectroscopy*), dan Refraktometer *Brix*. Bahan-bahan dalam penelitian ini adalah kulit Durian, aquadest, enzim selulase, NaOH, CH<sub>3</sub>COOH 99.8%, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%.

### 2.2 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan baku dalam pembuatan bioetanol dengan proses delignifikasi dengan memvariasikan konsentrasi larutan pemanas (NaOH), yang menjadi variabel bebas pertama pada penelitian (2%, 3%, 4%, 5% dan 6%). Variabel bebas kedua adalah waktu pemasakan yaitu 30, 60, dan 90 menit Variasi variabel ini didasarkan pada penelitian Moeksin *et al.*,(2016) yang melakukan

penelitian dengan variasi 5%, dan penelitian dengan waktu 60 menit Variabel tetap meliputi berat bahan baku, temperatur pemanasan pada proses delignifikasi. Temperatur pemanasan pengeringan pada proses delignifikasi.

### 2.3 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada pengaruh konsentrasi dan waktu pada proses delignifikasi terhadap karakteristik selulosa dan lignin. Hasil proses delignifikasi dianalisa kadar selulosa (SNI 0444:2009) dan kadar lignin (SNI 0492-2008). Hasil proses hidrolisis akan dianalisa kadar glukosa (Analisa Brix ICUMSA Method 2022 GS5-1).

### 2.4 Prosedur Percobaan

#### 2.4.1 Persiapan Bahan Baku

Kulit durian dipersiapkan dengan tahapan (i) memotong hingga kecil-kecil, (ii) dicuci, (iii) dikeringkan dibawah sinar matahari, (iv) dihaluskan dengan grinding mill yang menghasilkan serbuk kulit durian berukuran 80 mesh. Kesesuaian kulit durian ini dianalisa dengan mengukur kadar  $\alpha$ -selulosa sesuai SNI 0444-2009 dan kadar lignin (SNI 0492-2008).

#### 2.4.2 Pretreatment Delignifikasi

Sebanyak 30 gram serbuk kulit durian dimasukkan ke larutan 330 ml pemanas NaOH 2% pada erlenmeyer. Campuran tersebut dimasak dalam water bath dengan temperatur 100°C selama 60 menit; kemudian didinginkan dan disaring dengan kertas saring 20 $\mu$ m yang memisahkan larutan pemasak dari padatan. Padatan yang tersaring dicuci dengan t sampai filtrat jernih, dan bubur padatan dioven pada suhu 70°C untuk menghilangkan kadar air (diperoleh selulosa). Tahapan ini diulang pada konsentrasi NaOH 3%, 4%, 5% dan 6 %) dan waktu pemasakan 90 dan 120 menit.

#### 2.4.3 Analisa Kadar Selulosa (SNI 0444-2009)

Analisa kadar selulosa dilakukan pada serat yang sudah dioven. 3 gram serat dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian dilakukan tahapan berikut:

Tahap 1-perlakuan NaOH: serat dibasahi NaOH 17,5% 15 ml diaduk 1 menit, 10 ml diaduk 45 detik, 10 ml dan diaduk 15 detik. Campuran didiamkan 3 menit. Campuran ditambahkan 10 ml NaOH 17,5% setiap 2,5, 5, dan 7,5 menit. Kemudian, campuran ditutup dan didiamkan 30 menit.

Tahap 2-penambahan aquadest dan penyaringan: campuran ditambahkan 100 ml aquadest dan dibiarkan 30 menit lagi, lalu disaring dengan saringan 20 $\mu$ m untuk mendapatkan endapan, lalu endapan dicuci dengan aquadest sebanyak 50 ml 5 kali

Tahap 3-menghilangkan keasaman: ditambahkan 12,5 ml CH<sub>3</sub>COOH 2 N, diaduk 5 menit, sehingga bebas asam yang ditentukan dengan kertas lakmus, setelah tidak asam endapan dioven pada suhu 105°C selama 60 menit; kemudian didinginkan dalam desikator sampai berat konstan.

Kadar selulosa dihitung dengan rumus pada persamaan (1)

$$X = \frac{A}{b} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

X = Kadar  $\alpha$ -selulosa (%)

A = Berat Endapan Selulosa (gr)

b = Berat Bubur Kering (gr)

#### 2.4.4 Analisa Kadar Lignin (SNI 0492-2008)

Kadar lignin ditentukan dari sample serat kering (1 g). Sample tersebut dimasukkan ke gelas kimia, ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (25 ml 72%) sembari diaduk sampai semua serat terendam, ditutup aluminium foil dan disimpan pada temperatur 20°C selama 2 jam. 300 ml aquadest dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 1000 ml dan sampel dari gelas kimia dimasukkan ke dalamnya, ditambahkan aquadest hingga mencapai volume 575 ml (setara konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%). Larutan ini dipanaskan dengan *hotplate* sambil diaduk selama 4 jam, didinginkan hingga terdapat endapan lignin, lalu disaring dengan kertas saring 20 $\mu$ m (beratnya diketahui). dicuci dengan air panas berlebih sampai bebas asam, dioven pada suhu 105°C dan didinginkan dalam desikator. Kadar lignin dihitung dengan rumus (2)

$$X = \frac{A}{b} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

X = Kadar Lignin (%)

A = Berat Endapan Lignin (gr)

b = Berat Bubur Kering (gr)

#### 2.4.5 Analisa Selulosa dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*

Zat yang akan diukur dan diidentifikasi dipersiapkan dalam bentuk serbuk (dihancurkan dengan mortar atau penggiling). Dua berkas sinar inframerah pada *Fourier transform Infrared Spectroscopy* merupakan sumber sinar. Satu berkas sinar melewati sampel dan yang lainnya melewati pembanding. Kedua berkas sinar melewati *chopper* secara berurutan. Setelah melalui prisma atau grating. Detektor menangkap berkas sinar inframerah tersebut jmengubahnya menjadi sinyal listrik yang direkam (Pambudi *et al.*, 2017).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kandungan Selulosa dan Lignin Kulit Durian

Berdasarkan Tabel 1. kadar  $\alpha$ -selulosa yang diperoleh adalah sebesar 56,12% w/w sedangkan kadar lignin yang diperoleh adalah sebesar 23,11% w/w. Menurut Lestari *et al.*, (2022),  $\alpha$ -selulosa yang tinggi mengindikasikan tingkat kemurnian selulosa (emakin tinggi mutu bahan). Sampai pada titik ini, kulit durian yang akan dianalisa memiliki mutu yang tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

**Tabel 1.** Data Hasil Analisa Kulit Durian

Bahan Baku	Jenis Analisa	
	Selulosa (% w/w)*	Lignin (% w/w)**
Kulit Durian	56,12	23,11

\*SNI 0444:2009 \*\*SNI 0492-2008

Kulit durian pada penelitian ini menunjukkan kadar selulosa tinggi 56,12 % w/w dan masih terdapat kandungan lignin pada sebesar 23,11%w/w. Menurut Mussato *et al.*, (2010) lignin memiliki sifat yang cukup resisten terhadap degradasi kimia dan biologi, sehingga dapat menghambat proses fermentasi. Oleh karena itu, lignin perlu dihilangkan agar fermentasi dapat berlangsung dengan lancar dan peneliti melakukan proses *pretreatment* Delignifikasi untuk mengurangi kadar lignin yang ada pada bahan baku.

#### 3.2 Kadar Selulosa dan Lignin Setelah Delignifikasi

Tabel 2 menunjukkan hasil analisa kadar  $\alpha$ -selulosa (SNI 0444:2009) dan kadar lignin (SNI 0492-2008) setelah *pretreatment* delignifikasi. Kadar lignin 23,11 % w/w pada bahan awal menurun hingga mencapai 8,03 % w/w pada konsentrasi NaOH tertinggi dan waktu pemasakan terlama pada penelitan ini (6%, 120 menit), pada kondisi ini juga dicapai kadar selulosa tertinggi yaitu 83,05 % w/w. Tujuan delignifikasi adalah mengurai/memutuskan ikatan antara lignin dan karbohidrat (Widyastuti *et al.*, 2022). Pada penelitian yang dilakukan dibutuhkan 5 liter air yang mengalir untuk membersihkan *pretreatment* tersebut. Dalam proses penelitian yang dilakukan pencucian hasil delignifikasi menggunakan NaOH membutuhkan waktu yang lama dan akan menghasilkan limbah yang banyak.

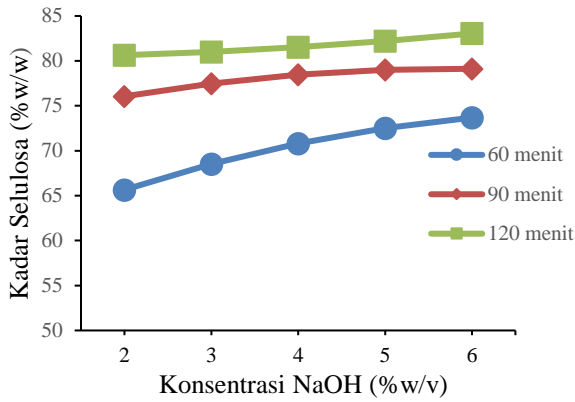
**Tabel 2.** Data Hasil Delignifikasi

Konsentrasi NaOH (% v/v)	Waktu Pemasakan (Menit)	Kadar Selulosa (% w/w)*	Kadar Lignin (% w/w)**
2	60	65,66	18,13
	90	76,06	13,56
	120	80,64	11,17
3	60	68,52	17,42
	90	77,47	12,78
	120	81,00	10,29
4	60	70,81	16,30
	90	78,45	12,26
	120	81,52	9,47
5	60	72,53	14,78
	90	79,00	11,99
	120	82,20	8,72
6	60	73,68	12,84
	90	79,12	11,98
	120	83,05	8,03

\*SNI 0444-2009 \*\*SNI 0492-2008

#### 3.2.1 Analisa Kadar Selulosa Setelah Proses Delignifikasi (SNI 0444-2009)

Proses delignifikasi menguraikan kristal selulosa untuk efisiennya proses hidrolisis selulosa oleh enzim, memecah polimer polisakarida menjadi monomer gula, dan menghilangkan lignin (Baharuddin *et al.* 2016). Adapun pengaruh konsentrasi larutan pemasak terhadap kadar Selulosa dapat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengaruh Proses Delignifikasi terhadap Kadar Selulosa yang Dihasilkan

Berdasarkan Gambar 2. konsentrasi NaOH meningkatkan Selulosa dari proses delignifikasi. Dimana terjadi kenaikan kadar selulosa pada konsentrasi NaOH paling rendah yaitu 2% w/v dengan waktu pemasakan 60 menit turun dari 65,66% hingga menjadi 73,68% pada proses delignifikasi dengan konsentrasi tertinggi yaitu 6% w/v. Begitupun juga pada waktu pemasakan 90 menit dan 120 menit, terjadi kenaikan selulosa beringinan dengan naiknya konsentrasi NaOH sebagai larutan pemasak dalam proses delignifikasi.

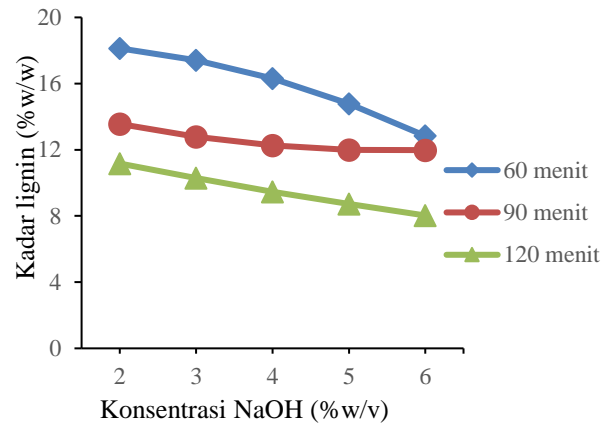
Hal ini dapat terjadi karena adanya pemutusan ikatan lignin-selulosa oleh NaOH, sehingga dapat menyebabkan persentase selulosa meningkat terbaca pada pengukuran, sedangkan ligninnya menurun (Gunam *et al.*, 2011). Hal ini sejalan dengan penelitian Gunam *et al.*, (2011), yang mana penambahan NaOH 2% w/v hingga 6% w/v dalam proses delignifikasi juga meningkatkan kadar selulosa sebesar 67,83% w/w dan semakin meningkat dengan kenaikan kadar selulosa menjadi 69,41% w/w NaOH ditingkatkan konsentrasinya menjadi 6% w/v.

Untuk proses delignifikasi waktu yang optimum adalah dalam rentang 60–120 menit, dimana persen selulosa tidak akan bertambah setelah 120 menit pemasakan (Bahri, 2017). Pada penelitian Dewi *et al.*, (2019), yang melakukan proses delignifikasi dengan pelepah pisang dengan waktu pemasakan dari 90 sampai 150 menit, memiliki kadar optimum selulosa dan lignin 80,713% w/w dan 2,637% w/w dengan waktu pemasakan 120 menit.

### 3.2.2 Analisa Kadar Lignin Setelah Proses Delignifikasi (SNI 0492-2008)

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar lignin menurun pada konsentrasi NaOH 2% w/v hingga 6% w/v dengan waktu pemasakan 120 menit turun dari 11,17% w/w menjadi 8,03% w/w. Lignin memiliki sifat yang cukup resisten terhadap degradasi kimia dan biologi, sehingga dapat menghambat proses fermentasi. Oleh karena itu,

lignin perlu dihilangkan agar fermentasi dapat berlangsung dengan lancar (Mussato *et al.*, 2010).



**Gambar 3.** Pengaruh Proses Delignifikasi terhadap Kadar Lignin yang Dihasilkan

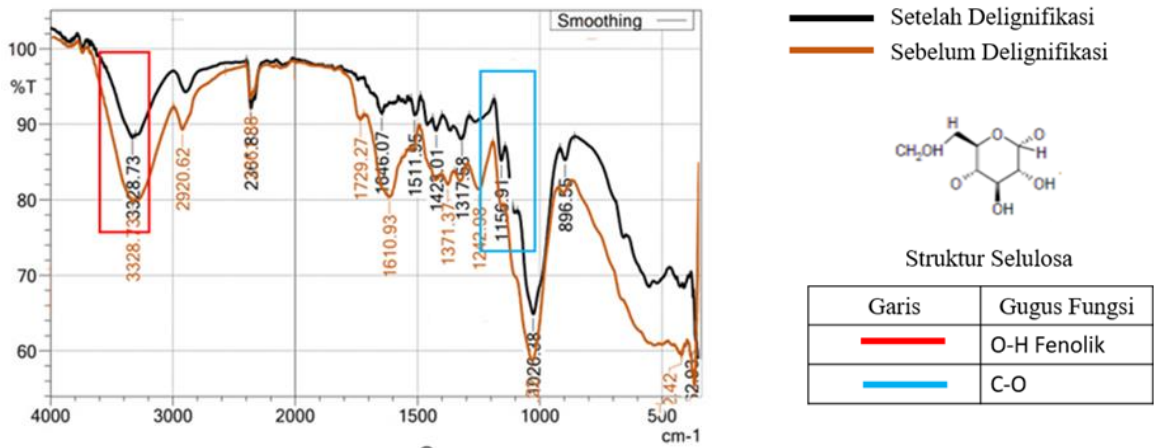
Penggunaan senyawa basa pada proses delignifikasi dapat meningkatkan kelarutan dalam lignin, pembengkakan selulosa dan mengakibatkan lignin larut serta terpisah dari selulosa (Puspita, 2018). Dimana pada penelitian (Gunam, 2011) yang melakukan proses delignifikasi dengan ampas tebu menggunakan NaOH dengan konsentrasi 2% w/v sampai 6% w/v, diperoleh kondisi optimal pada ketika konsentrasi NaOH sebesar 6% w/v, kadar lignin yang diperoleh adalah 11,88% w/w.

Selain konsentrasi larutan pemasak waktu pemasakan juga memiliki pengaruh terhadap kadar lignin yang dihasilkan dari proses delignifikasi, hal ini bisa dilihat pada Gambar 3. yaitu kadar selulosa mengalami penurunan. Dimana terjadi penurunan kadar lignin pada waktu pemasakan 60 menit hingga 120 menit dengan konsentrasi 6% w/v yaitu turun dari 12,84% w/w hingga menjadi 8,03% w/w.

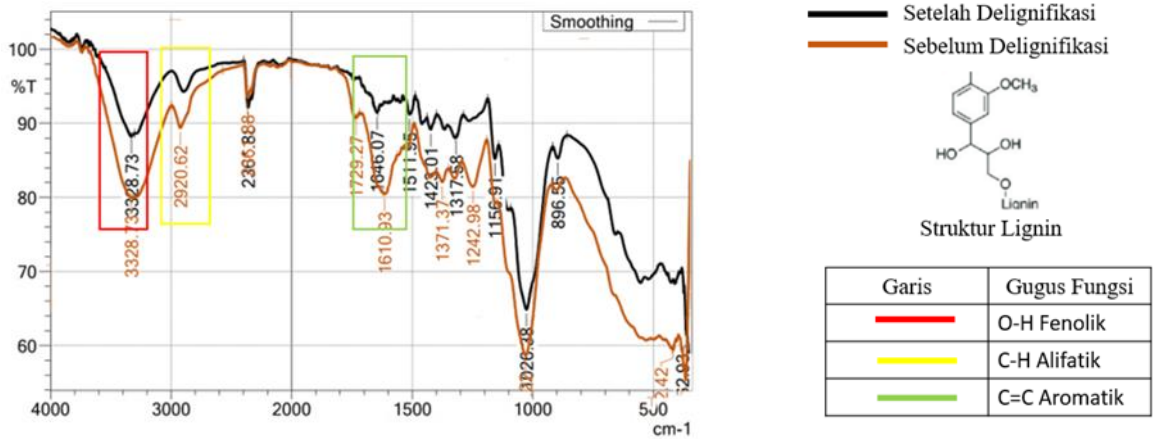
Bahri (2017) mengatakan bahwa semakin lama waktu pemasakan maka semakin besar pula kadar lignin yang hilang dengan kondisi optimum waktu pemasakan selama 120 menit. dimana dalam penelitian yang dilakukannya kadar lignin yang berkurang dari 5% w/w menjadi 2,97% w/w.

### 3.3 Gugus Fungsi Selulosa pada Analisa FTIR

Gugus fungsi selulosa pada kulit durian dapat dilihat pada Gambar 4 yang mana menunjukkan serapan gugus fungsi OH pada 3328,73 cm<sup>-1</sup>, kemudian pada serapan gugus fungsi C-O pada 1156,91 cm<sup>-1</sup>. Diketahui bahwa pada sampel kulit durian menunjukkan adanya indikasi serapan gugus fungsi dari selulosa. Septevani (2018) mengatakan bahwa gugus fungsi terdapat pada panjang gelombang 3303 cm<sup>-1</sup> sebagai serapan gugus fungsi O-H dan pada panjang gelombang 1175 cm<sup>-1</sup> sebagai serapan C-O.



Gambar 4. Hasil Analisa FTIR terhadap Gugus Fungsi Selulosa



Gambar 5. Hasil Analisa FTIR terhadap Gugus Fungsi Lignin

Gugus fungsi lignin dapat dilihat pada Gambar 5. Lignin tersusun atas sistem aromatik yang terdiri dari unit-unit fenilpropana, beberapa gugus fungsi yang menjadi penciri khas pada lignin adalah O-H Fenolik dengan Panjang gelombang 3200-3550 cm-1, C-H Alifatik dengan Panjang gelombang 2900 cm-1, dan C=C memiliki Panjang gelombang 1500-1600 (Setiati *et al.*, 2016). Pada hasil analisa FTIR bahan baku dan setelah delignifikasi menunjukkan adanya indikasi ketiga gugus fungsi tersebut. Dimana pada Panjang gelombang 3328,73 menunjukkan gugus fungsi O-H, 2920,62 menunjukkan gugus fungsi C-H, dan 1610,93 (sebelum delignifikasi) dan 1646,07 (setelah delignifikasi) menunjukkan gugus fungsi C=C. Terjadi penurunan pada puncak gugus fungsi menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kadar lignin yang ada pada pretreatment tersebut (Lismeri *et al.*, 2016). Dari grafik FTIR diatas terjadi penurunan puncak pada ketiga gugus fungsi yang mengindikasikan terjadinya penurunan kadar dan pretreatment pun dikatakan berhasil mempengaruhi penurunan kadar lignin pada bahan tersebut.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini dapat menyimpulkan bahwa:

1. *Pre-treatment* delignifikasi mempengaruhi kadar selulosa dan kadar lignin yang dihasilkan, dimana kondisi optimum *pre-treatment* delignifikasi yaitu larutan pemasak NaOH 6% w/v dengan waktu 120 menit.
2. Pada konsentrasi NaOH 2% w/v sampai 6% w/v dalam proses delignifikasi, semakin besar kadar NaOH maka semakin besar kadar selulosa yang diperoleh dan semakin berkurang pula kadar lignin yang diperoleh.
3. Pada waktu pemasakan 60 menit sampai 120 menit pada proses delignifikasi, semakin lama waktu proses delignifikasi, maka semakin besar kadar selulosa yang diperoleh dan semakin berkurang pula kadar lignin yang diperoleh.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan untuk Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah berkontribusi dalam penelitian dalam penyediaan sarana dan prasarana dalam menyelesaikan penelitian ini

### Daftar Pustaka

- Baharuddin, M., Sappewali, S., Karisma, K., & Fitriyani, J. (2016). Produksi bioetanol dari jerami padi (*Oryza sativa* L.) dan kulit pohon dao (*Dracontamelon*) melalui proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS). *Chimica et Natura Acta*, 4(1), 1-6.
- Bahri, S. (2017). Pembuatan pulp dari batang pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 36-50.
- Dewi, I. A., Ihwah, A., Setyawan, H. Y., Kurniasari, A. A. N., & Ulfah, A. (2019). Optimasi Proses Delignifikasi Pelepeh Pisang untuk Bahan Baku Pembuatan Kertas Seni. *Sebatik*, 23(2), 447-454.
- Gunam, I. B. W., Wartini, N. M., Anggreni, A. A. M. D., & Suparyana, P. M. (2011). Delignifikasi ampas tebu dengan larutan natrium hidroksida sebelum proses sakarifikasi secara enzimatis menggunakan enzim selulase kasar dari *Aspergillus niger* Fnu 6018. *Jurnal teknologi indonesia*, 34(3), 24-32.
- Kurniaty, I., Hasyim, U. H., & Yustiana, D. (2017). Proses delignifikasi menggunakan naoh dan amonia (nh3) pada tempurung kelapa. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4), 197-201.
- Lestari, Y. P. I. (2022). Optimasi Konsentrasi HCl pada Proses Hidrolisis Untuk Pembuatan Mikrokristalin Selulosa (MCC) dari Eceng Gondok. *Journal Of Innovation Research And Knowledge*, 1(10), 1335-1344.
- Lismeri, L., Zari, P. M., Novarani, T., & Darni, Y. (2016). Sintesis selulosa asetat dari limbah batang ubi kayu. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(2), 82-91.
- Masrol, S. R., Ibrahim, M. H. I., Adnan, S., Abdul Raub, R., Sa'adon, A. M., Sukarno, K. I., & Yusoff, M. F. H. (2018). Durian rind soda-anthraquinone pulp and paper: Effects of elemental chlorine-free bleaching and beating. *Journal of Tropical Forest Science*, 106-116.
- Mardina, P., Talalangi, A. I., Sitingjak, J. F., Nugroho, A., & Fahrizal, M. R. (2013). Pengaruh proses delignifikasi pada produksi glukosa dari tongkol jagung dengan hidrolisis asam encer. *Konversi*, 2(2), 17-23.
- Moeksin, R., Comerioresi, L., & Damayanti, R. (2016). Pembuatan bioetanol dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan perlakuan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(1), 9-17.
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi dan karakterisasi selulosa. *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains dan Matematika Unpam*, 1(2), 177-182.
- Pambudi, A., Farid, M., & Nurdiansah, H. (2017). Analisa morfologi dan spektroskopi infra merah serat bambu betung (*Dendrocalamus asper*) hasil proses alkalisasi sebagai penguat komposit absorpsi suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F435-F440.
- Puspita, Y. 2018. Delignifikasi batang rumput gajah dengan naoh dan kapang phanerochaete chrysosporium yang diiradiasi sinar gamma untuk meningkatkan produksi bioetanol (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta)..
- Sa'adah, A. F., Fauzi, A., & Juanda, B. (2017). Peramalan penyediaan dan konsumsi bahan bakar minyak indonesia dengan model sistem dinamik. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 17(2), 2.
- Septevani, A. A., Burhani D., & Sudiyarmanto. (2018). Pengaruh proses pemutihan multi tahap serat selulosa Dari limbah tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal kimia dan kemasan*, 40(2), 71-78.
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S., & Marhaendrajana, T. (2016). Optimasi pemisahan lignin ampas tebu dengan menggunakan natrium hidroksida. *Ethos (Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat)*, 4(2), 257-264.
- Sistanto, S., Sulistyowati, E., & Yuwana, Y. (2017). Pemanfaatan limbah biji durian (*Durio zibethinus* Murr) sebagai bahan penstabil es krim susu sapi perah. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 12(1), 9-23.
- Soundarrajan, C., Vennison, S. J., Saraswathi, K., & Emmanuel, E. C. (2016). Does chip size of the lignocellulosic bagasse influence lignin degradation with NaOH treatment. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 8(2), 765-769.
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2007). Acid-Based Hydrolysis Processes For Ethanol From Lignocellulosic Materials. *A Review*, *BioResource*. 2, 707, 738.
- Widyastuti, F. K., Deta, A. R. B., Bela, Y. R., & Anggraini, S. P. A. (2022). Pengaruh Perlakuan Proses Delignifikasi Klobot Jagung Terhadap Analisa Kadar Gula Reduksi Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. In *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur)* (Vol. 5, pp. A4-1).
- BPS. 6 Juni 2023. Produksi Tanaman Buah-buahan. Diakses pada tanggal 28 Februari 2024 dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- ESDM. 2023. Konsumsi Peralite Capai 23 Juta KL, Paling Banyak Digunakan Masyarakat. Diakses pada tanggal 28 Februari 2024 dari <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-minyak-dan-gas-bumi/konsumsi-peralite-capai-23-juta-kl-paling-banyak-digunakan-masyarakat>.