

STUDI PENURUNAN LIGNIN PULP JERAMI PADI MELALUI VARIASI WAKTU PEMASAKAN DAN KONSENTRASI NaOH

¹Ervie Sukma Prabawati, ²Ahmad M Fuadi, ³Denanda Putri Pratami ⁴Nurul Izzaty, ⁵Fitri Lita Agustina ⁶Yosita Dyah Anindita ⁷Maja Pranata Marbun

^{1,6,7}TEKNIK KIMIA, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SUNAN BONANG, ^{2,3,4}TEKNIK KIMIA, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA, ⁵TEKNIK KIMIA, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS DIPONEGORO

*PENULIS KORESPONDENSI: ERVIESUKMAPRABAWATI@GMAIL.COM

Abstrak. Jerami padi merupakan salah satu limbah pertanian yang hanya digunakan untuk pakan ternak atau hanya dibuang secara langsung ke alam bebas. Kandungan selulosa yang tinggi pada Jerami padi memungkinkan bahan ini digunakan sebagai sumber utama pembuatan pulp. Pemrosesan pulp dengan proses kraft dengan cara mencampur bahan baku jerami padi menggunakan larutan pemasak Na₂S dan NaOH. Konsentrasi larutan pemasak Na₂S 4%, dan konsentrasi NaOH bervariasi yaitu 0%, 1%, 3%, dan 5% dengan variabel waktu pemasakan 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Setelah dibersihkan, bahan baku dikeringkan dalam oven sampai beratnya konstan. Studi penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana waktu pemasakan dan pengaruh konsentrasi sodium hidroksida terhadap tingkat lignin pulp yang rendah dalam Jerami padi dengan proses kraft. Hasil yang diperoleh dari proses ini adalah perhitungan bilangan kappa dan kadar lignin. Pemasakan dilakukan selama 30 menit dengan konsentrasi Na₂S 4% dan konsentrasi NaOH 0%, kandungan lignin tertinggi adalah 3,057%. Dalam 120 menit pemasakan dalam konsentrasi Na₂S 4% dan konsentrasi NaOH 5% kadar lignin terendah adalah 0,898%.

Kata kunci: kertas, Jerami padi, proses kraft, lignin

Abstract. Rice straw is one of the agricultural wastes that is only used for animal feed or simply discarded into the environment. The high cellulose content in rice straw allows this material to be used as the main source for pulp production. Pulp processing using the kraft process involves mixing the kraft process involves mixing rice straw raw materials with Na₂S and NaOH cooking solutions. The concentration of the Na₂S cooking solution was 4%, while the NaOH concentration varied between 0%, 1%, 3%, and 5% with cooking times of 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes. After cleaning, the raw material was dried in an oven until its weight was constant. This study aims to determine how cooking time and the effect of sodium hydroxide concentration affect the low lignin level in rice straw using the kraft process. The results obtained from this process are the calculation of the kappa number and lignin content. Cooking was carried out for 30 minutes with a Na₂S concentration of 4% and a NaOH concentration of 0%, and the highest lignin content was 3,057%. In 120 minutes of cooking at a concentration of 5% NaOH, the lowest lignin content was 0,898%.

Keywords: Pulp, Rice Straw, Kraft Processing, Lignin

1. Pendahuluan

Industri pulp dan kertas global saat ini sedang beralih ke sistem produksi rendah karbon untuk memenuhi tujuan keberlanjutan dan permintaan pasar akan produksi kertas ramah lingkungan (Liang et al., 2023). Didorong oleh pertumbuhan industri kertas, permintaan kertas global diperkirakan akan meningkat dari 420 juta ton pada tahun 2023 menjadi 476 juta ton pada tahun 2032 (Perspektif Bea dan Cukai et al., 2023). Begitu permintaan kertas meningkat, industri pulp dan kertas menghadapi tantangan dan keuntungan terutama terkait pasokan bahan baku dan dampak lingkungan. Bahan baku

kertas yang didominasi oleh kayu menyebabkan dampak persediaan kayu menipis karena penebangan pohon secara terus menerus, oleh karena itu perlu adanya pengganti kayu seperti jerami padi (Ibrahim *et al.*, 2021).

Bahan baku pulp untuk pembuatan kertas dapat diproduksi dari serat murni melalui proses kimia atau mekanis serta dapat diproduksi melalui proses daur ulang kertas. Kertas daur ulang menyumbang sekitar 50% dari serat yang digunakan, namun dalam beberapa kasus Jerami, rami, rumput, akpas dan bahan selulosa lainnya dapat digunakan (Bajpai, 2015)

Jerami padi merupakan sumber daya hayati yang berguna dengan produksi tahunan global sekitar 731 juta ton (Kaur, Bhardwaj and Lohchab, 2017). Namun optimalisasi limbah Jerami padi masih kurang efektif dan sebagian besar digunakan untuk pakan ternak sementara sisanya hanya ditinggalkan hingga membusuk atau dibakar. Hal ini menyebabkan polusi udara, pemanasan global, kehilangan nutrisi tanaman, dan ancaman lingkungan (Bhattacharyya *et al.*, 2020). Jerami padi memiliki kadar selulosa yang tinggi yaitu 32-50% selulosa, 20-30% hemiselulosa, dan memiliki kadar lignin yang rendah yaitu 4-23%. Jerami padi juga mengandung abu atau silika yang relatif tinggi, kandungan ini menjadikan jerami padi prospektif sebagai bahan baku pulp, tetapi memerlukan perlakuan awal untuk mengurangi kandungan silika sebelum proses pulping (Yang *et al.*, 2023a).

Jerami padi menyimpan kadar lignin lebih rendah daripada kayu, Jerami padi memerlukan kondisi pengolahan yang kurang keras dan dapat diolah menjadi pulp dengan mudah. Pemutihan merupakan langkah krusial dalam pembuatan kertas, namun juga memiliki dampak atas pencemaran air. Banyak studi menunjukkan bahwa selama proses tersebut lebih dari 500 senyawa klorinasi dilepaskan, yang bersifat sangat toksik, bioakumulatif, dan karsinogenik. Sebagian besar industri di seluruh dunia beralih ke metode pemutihan berurutan pendek tanpa klorin dioksida (Kaur, Bhardwaj and Lohchab, 2017b). Penelitian ini menggunakan Jerami padi sebagai bahan baku yang aman bagi lingkungan untuk pembuatan kertas, dapat menjadi nilai tambah bagi pertumbuhan berkelanjutan.

Proses pengolahan pulp kraft telah menjadi proses utama dalam produksi pulp kimia di seluruh dunia (Fearon *et al.*, 2020). Proses kraft menghasilkan pulp dengan kekuatan mekanik tinggi, tetapi metode ini memiliki kelemahan utama seperti degradasi karbohidrat yang tinggi sekitar 45-55 %. (Brännvall, 2017). Peningkatan selektivitas proses pengolahan pulp kraft yaitu pengurangan kerugian karbohidrat yang tidak sekedar meningkatkan produktivitas melainkan juga memungkinkan pengendalian komposisi pulp yang dihasilkan. Peningkatan tersebut akan melibatkan pelepasan bahan organik yang lebih sedikit dari kayu ke dalam cairan hitam pada tingkat penghilangan lignin dengan proses pencucian, evaporator, dan boiler pemulihan dapat dikurangi sehingga meningkatkan proses dan keberlanjutan efisiensi ekonomi (Syukri *et al.*, 2025).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Syukri *et al.*, 2025) menemukan bahwa kandungan lignin dan proporsi komponen kimia bahan baku mempengaruhi kualitas pulp jerami padi. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya melihat komposisi kimia Jerami padi dan tidak melihat bagaimana perubahan waktu pemasakan dan konsentrasi larutan NaOH mempengaruhi penurunan kadar lignin dalam proses kraft (Nakyp *et al.*, 2024) Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah melengkapi hal tersebut dengan melihat bagaimana variasi konsentrasi NaOH dan waktu pemasakan berdampak pada efisiensi delignifikasi Jerami padi dengan metode kraft. Sejalan dengan Standart Nasional Indonesia (SNI), penelitian ini diharapkan dapat membantu mengoptimalkan proses pembuatan pulp

non-kayu yang efisien dan ramah lingkungan. Selain itu penelitian ini akan menjadi referensi untuk pertumbuhan industri kertas berbasis biomassa lokal.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah Jerami padi (*Oryza sativa L*) yang diperoleh dari petani Desa Pabelan, Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah yang telah dikeringkan hingga kadar air $\pm 10\%$. Bahan kimia yang digunakan meliputi Natrium hidroksida (NaOH p.a., $\geq 98\%$), digunakan sebagai larutan utama dalam proses pemasakan pulp; Natrium sulfida (Na_2S , p.a., $\geq 98\%$) sebagai bahan tambahan dalam proses kraft; Asam sulfat (H_2SO_4 , p.a., 95-97%), digunakan untuk penetralan dan analisis kimia; Kalium permanganate (KMnO_4 , p.a., $\geq 99\%$), digunakan untuk uji kadar lignin; Natrium karbonat (Na_2CO_3 , p.a., $\geq 99\%$), sebagai buffer dalam analisis lignin; Kalium iodide (KI, p.a., $\geq 99\%$) dan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, p.a., 0,1N) digunakan dalam titrasi kimia.

2.2. Metode

Proses pembuatan kertas terdiri dari beberapa tahap persiapan dan penanganan bahan baku, pembuatan pulp, pencucian dan penyaringan pulp, pemulihan kimia, pemutihan, persiapan bahan baku, dan pembuatan kertas. Produksi kertas pada dasarnya merupakan proses dua tahap di mana bahan baku serat terlebih dahulu diubah menjadi pulp, dan kemudian pulp diubah menjadi kertas. Kayu yang dipanen terlebih dahulu diproses sehingga serat dipisahkan dari bagian kayu yang tidak dapat digunakan, yaitu lignin. Pembuatan pulp dapat dilakukan secara mekanis atau kimia. Pulp kemudian diputihkan dan diproses lebih lanjut, tergantung pada jenis dan kualitas kertas yang akan diproduksi. Pulp yang telah diputihkan memiliki kualitas yang lebih unggul dalam hal kecerahan, kelembutan, dan kebersihan dibandingkan dengan pulp yang belum diputihkan (Sharma, Bhardwaj and Singh, 2020). Dalam industri kertas, pulp mengalami proses pengeringan dan pres sampai terbentuk lembaran kertas. Dari proses ini menghasilkan banyak kertas dan produk kertas yang didaur ulang. Kertas yang tidak didaur ulang biasanya dibuang (Bajpai, 2018)

2.2.1 Tahap Pelakuan Awal

Perlakuan awal dalam penelitian ini diawali dengan Jerami padi dibersihkan dan dikeringkan pada suhu lingkungan lalu dilakukan pemotongan menjadi ukuran yang lebih kecil dan dilanjutkan proses penghalusan bahan, untuk menghindari kotoran, jerami padi disimpan dalam wadah tertutup.

2.2.2 Tahap Pulping

Bahan baku jerami padi ditimbang 10 gram dan disimpan dalam botol jar untuk menghindari kotoran yang masuk. Dalam 100 mL sampel larutan sodium sulfida 4% ditambahkan dan Natrium hidroksida pada variasi 0%, 1%, 3%, dan 5%. Sampel dimasukkan dalam microwave diatur pada suhu 180 °C dan diatur waktu pemasakan selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Setelah selesai waktu pemasakan tambahkan aquadest dan di filter. Sampel dimasukkan dalam oven setiap 10 menit dan bubur ditimbang sampai beratnya konstan. Perhitungan menggunakan rumus persamaan 1 (Wibisono and Leonardo, 2011).

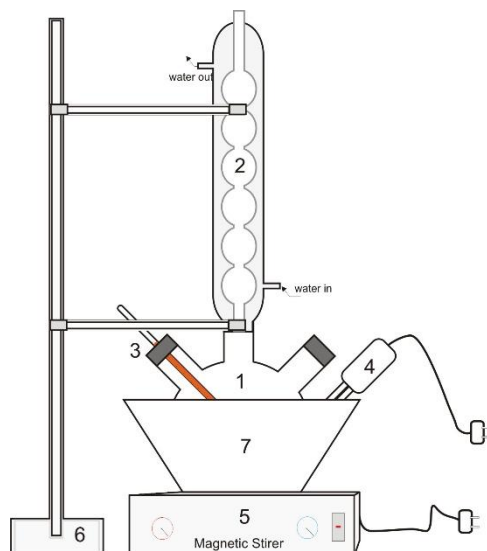
$$\text{Pulp (Yield)} = \frac{\text{berat bubur kertas kering (gram)}}{\text{berat bahan baku kering (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2.2.3 Analisis Bilangan Kappa

Serat yang diperoleh dari pulping diblender dengan 200 mL aquadest sampai halus dan dimasukkan ke dalam erlemeyer. Selanjutnya larutan KMnO_4 24 mL dan H_2SO_4 25 ml

Ervie Sukma Prabawati, Ahmad M Fuadi, Denanda Putri Pratami, Nurul Izzaty, Fitri Lita Agustina, Yosita Dyah Anindita, Maja Pranata Marbun :
Studi Penurunan Lignin Pulp Jerami Padi Melalui Variasi Waktu Pemasakan dan Konsentrasi NaOH

ditambahkan. Sampel diletakkan pada penangas yang diatur menggunakan air es bersuhu 20 °C dan diaduk (stirrer) selama 10 menit. Sebanyak 6 ml Kalium Iodida ditambahkan dan dilakukan titrasi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai tidak berwarna. Setelah itu jumlah cairan titrasi dicatat (Bajpai, 2018)



Komponen rangkaian alat:

1. Labu leher 3
2. Pendingin balik
3. Tempat pengambilan sampel
4. Termokopel
5. Heating
6. Klem
7. Termostatt
8. Kontraktor

Gambar 1. Rangkaian Alat pemasakan pulp

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Bilangan Kappa

Bilangan kappa merupakan volume (dalam mililiter) dari larutan kalium permanganate (KMnO_4) 0,1 N pada 1 gram pulp kering. Perhitungan bilangan kappa pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan SNI 0494:2008 (Pulp-Metode pengujian bilangan kappa). Bilangan kappa digunakan untuk mengetahui jumlah lignin dalam pulp. **Tabel 1** menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa nilai kappa menurun seiring dengan waktu pemasakan. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pemasakan meningkatkan efektivitas proses delignifikasi. Selama proses kraft, lignin terurai oleh reaksi antara ion hidroksida (OH^-) dan ion sulfida (S^{2-}) dari larutan NaOH- Na_2S .

Tabel 1. Tabel hasil bilangan kappa

Waktu (menit)	Konsentrasi (Na_2S) %	Konsentrasi (NaOH) %	Bilangan Kappa
30	4	0	20,3821
	4	1	20,0827
	4	3	19,7831
	4	5	18,2856
	4	0	19,8830
60	4	1	19,6833
	4	3	18,3855
	4	5	14,4911
	4	0	18,3854
	4	1	17,5867
90	4	3	16,8878
	4	5	9,1963
	4	0	13,9920

4	1	8,3970
4	3	7,0980
4	5	5,9984

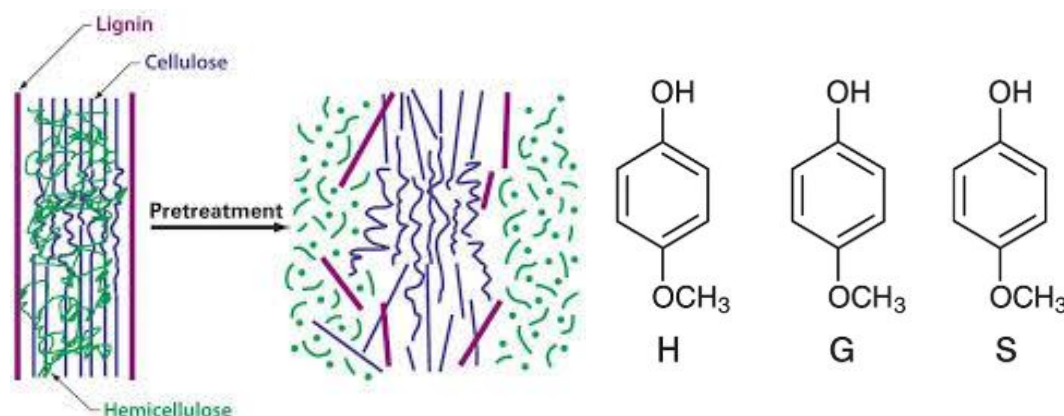
Bilangan kappa diperoleh dengan metode titrasi menggunakan larutan natrium thiosulfate. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan atau tingkat penurunan dari lignin dalam pulp. Persamaan 2 dapat digunakan sebagai dasar perhitungan bilangan kappa.

$$\text{Bilangan Kappa} = \frac{(Vb - Vp) \times d}{m} \dots\dots\dots (2)$$

Bilangan kappa yang lebih tinggi menunjukkan bahwa jumlah lignin sisa dalam pulp lebih besar, dan sebaliknya jumlah lignin yang dihasilkan juga akan lebih rendah. Nilai kappa dipengaruhi oleh berapa lama pulp dimasak. Pulp yang mengalami proses pemasakan optimal umumnya menunjukkan nilai kappa yang rendah pada pengujian. (Rahmadi, Madusari and Lestari, 2018). Dengan bertambahnya waktu pemasakan, reaksi degradasi lignin berlangsung lebih sempurna, sehingga kandungan lignin dalam pulp berkurang. Penurunan bilangan kappa ini sejalan dengan temuan penelitian (Yang *et al.*, 2023b) dan (Nakyp *et al.*, 2024) yang menemukan bahwa peningkatan waktu pemasakan pada proses kraft dapat mempercepat laju delignifikasi dan menurunkan bilangan kappa pulp jerami padi. Namun, pada waktu pemasakan yang terlalu lama, reaksi degradasi juga dapat menyerang bagian selulosa dan hemiselulosa, menyebabkan mutu serat menurun. Akibatnya untuk mengimbangi penurunan lignin dan kualitas pulp, waktu pemasakan harus dioptimalkan. Studi ini menunjukkan kecenderungan penurunan bilangan kappa yang lebih signifikan dibandingkan dengan (Syukri *et al.*, 2025), karena komposisi lignoselulosa jerami padi berbeda dengan bahan lignoselulosa lain seperti batang sawit atau bagas tebu. Perbedaan ini disebabkan oleh variasi konsentrasi NaOH dan jenis bahan baku yang digunakan. Oleh karena itu, temuan penelitian ini mendukung temuan sebelumnya bahwa waktu pemasakan adalah komponen penting dalam proses kraft meningkatkan waktu pemasakan dapat meningkatkan efisiensi penghilangan lignin hingga jumlah kappa mencapai standar pulp SNI.

3.2 Hasil Uji Kadar Lignin

Lignin adalah makromolekul organik kompleks yang tersusun atas unsur karbon, hidrogen, dan oksigen, dengan fraksi massa sekitar 60%, 6%, dan 30% (Yuan *et al.*, 2024). Kompleksitas strukturalnya muncul dari jaringan polimer tiga dimensi yang terbentuk dari unit fenilpropanoid yang dihubungkan oleh ikatan karbon-karbon dan eter (Pang *et al.*, 2025).



Gambar 2. Struktur lignin, selulosa dan hemiselulosa dalam biomassa lignoselulosa serta unit penyusun lignin (H,G,S)

Unit-unit ini termasuk H, G, dan S, dan proporsi dan hubungannya bervariasi secara signifikan di antara sumber lignin yang berbeda. Misalnya, dalam lignin kayu lunak, unit G mendominasi, dengan ikatan β -5 dan 5-5 yang melimpah membentuk struktur yang sangat terikat silang, yang membuatnya stabil secara kimia (Li, Davis and Leem, 2021). Sebaliknya, lignin kayu keras memiliki proporsi unit S dan G yang lebih tinggi, terutama ikatan β -O-4, sehingga menghasilkan struktur yang kurang berikatan silang dan lebih mudah terdegradasi. Pada lignin dari tumbuhan herba, lebih banyak unit H dengan penambahan unit S dan G berkontribusi pada struktur yang relatif linier dengan reaktivitas yang lebih tinggi. Selain itu, keberadaan ikatan ester dan eter dalam lignin berkontribusi terhadap kompleksitas strukturalnya dan menyebabkan variasi reaktivitas yang nyata selama proses pembuatan pulp dan pemutihan (Wang *et al.*, 2019).

Tabel 2. Tabel Perhitungan Lignin Jerami Padi

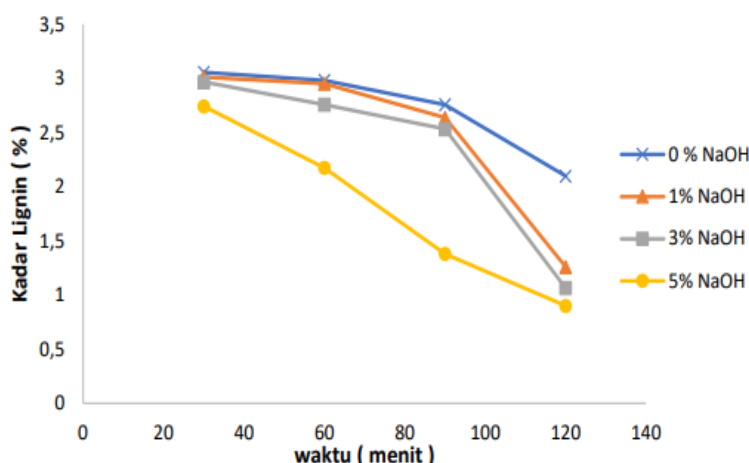
Waktu (menit)	Konsentrasi (Na ₂ S) %	Konsentrasi (NaOH) %	Kadar Lignin (%)
30	4	0	3,0573
	4	1	3,0124
	4	3	2,9673
	4	5	2,7428
60	4	0	2,9833
	4	1	2,9525
	4	3	2,7578
	4	5	2,1737
90	4	0	2,7579
	4	1	2,6380
	4	3	2,5331
	4	5	1,3795
120	4	0	2,0987
	4	1	1,2595
	4	3	1,0647
	4	5	0,8997

Dari hasil percobaan **Tabel 2** menunjukkan nilai kappa menurun dengan waktu pemasakan. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pemasakan meningkatkan efektivitas proses delignifikasi. Akibat paparan alkali pada suhu tinggi, jumlah lignin yang terurai dan terlarut dalam waktu pemasak meningkat seiring bertambahnya waktu pemasakan. Akibatnya jumlah lignin yang tersisa dalam pulp berkurang. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Syukri *et al.*, 2025) dan (Liu *et al.*, 2024) yang menemukan bahwa lignin lebih mudah dipecahkan menjadi senyawa terlarut. Peningkatan waktu pemasakan dapat menyebabkan penurunan kadar lignin dan bilangan kappa. Namun demikian, waktu pemasakan yang terlalu lama juga dapat menyebabkan degradasi selulosa yang berpotensi mengurangi kualitas serat. Selain itu **Tabel 2** menunjukkan bahwa bilangan kappa berkorelasi negatif dengan konsentrasi NaOH. Ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi NaOH yang mendorong reaksi basa yang memutus ikatan eter dan karbon-karbon pada struktur lignin. Akibatnya lignin menjadi lebih larut. Reaksi kimia ini mempercepat proses delignifikasi dan mengurangi jumlah lignin yang tersisa dalam pulp. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Li *et al.*, 2023) yang menemukan bahwa konsentrasi alkali yang lebih tinggi meningkatkan efisiensi pelarutan lignin pada proses kraft. Namun konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pemecah selulosa dan hemiselulosa dari karbohidrat, sehingga perlu mengoptimalkan untuk menjaga kekuatan

pulp. Oleh karena itu, dua komponen utama memengaruhi penurunan bilangan kappa yaitu waktu pemasakan dan konsentrasi NaOH. Kedua komponen ini meningkatkan efektivitas delignifikasi. Dengan memasukkan perubahan parameter khusus pada jerami padi sebagai bahan baku kertas, penelitian ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya. Dua bahan baku ini juga jarang diteliti secara bersamaan.

3.3 Pengaruh waktu pemasakan terhadap penurunan kadar lignin Jerami Padi

Studi ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu pemasakan berpengaruh terhadap penurunan kadar lignin dalam pulp. Pada penelitian ini Jerami padi dalam larutan alkali yang dimasak dalam *microwave* dengan waktu yang lama dapat menyebabkan kandungan lignin dalam pulp terdegradasi. Intensitas panas yang dihasilkan selama pemasakan dalam *microwave* mempengaruhi hal tersebut sehingga menghasilkan degradasi lignin pada pulp. Waktu pemasakan yang lebih lama, dapat menyebabkan kandungan lignin dalam pulp menurun (Hasniar *et al.*, 2023).



Gambar 3. Pengaruh waktu *pulping* terhadap penurunan kadar lignin Jerami padi

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemasakan pulp, semakin sedikit kadar ligninnya. Menurut studi penelitian Sari, Puri and Hanum, 2018 radiasi *microwave* memicu reaksi degradasi lignin dalam larutan, pemaparan yang lebih lama dapat mengurangi kandungan lignin.

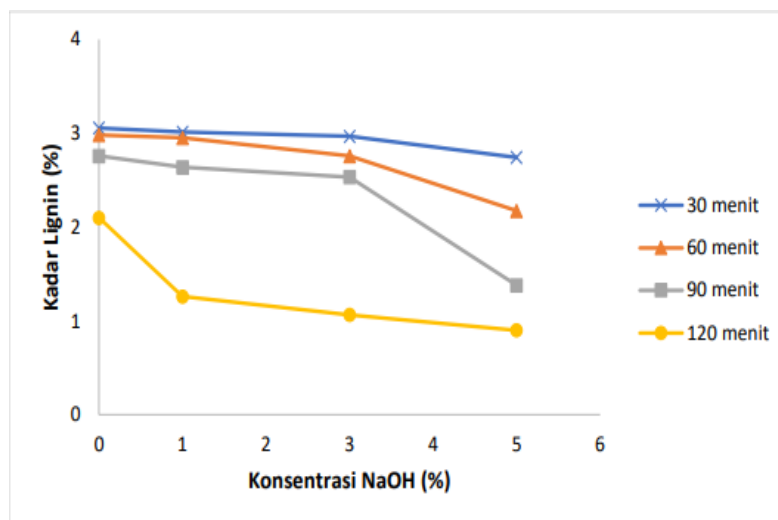
Kadar lignin yang tinggi akan menyebabkan warna pulp menjadi gelap, sehingga kadar lignin harus rendah. Selain itu, kadar lignin yang tinggi akan menyebabkan jumlah zat pemutih yang ditambahkan selama proses *bleaching* meningkat dan akan meningkatkan biaya produksi. Pulp dengan jumlah lignin yang rendah akan memiliki sifat fisik yang baik. Hal ini karena lignin kaku dan menolak air yang membuat penggilingan lebih sulit.

3.4 Pengaruh Konsentrasi NaOH

Dalam studi ini, kandungan lignin dalam pulp sangat dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH. Lignin didegradasi dan dilarutkan dengan menambah larutan NaOH, yang membuatnya mudah terpisah dalam selulosa dan hemiselulosa. Kandungan lignin tetap melekat pada Jerami padi Ketika proses delignifikasi tidak berlangsung secara optimal, terutama karena rendahnya konsentrasi NaOH. Dengan memutus struktur kimia lignin, natrium hidroksida memainkan peran penting dalam proses delignifikasi jermai padi menjadi pulp. Peningkatan konsentrasi larutan natrium hidroksida menyebabkan lebih

Ervie Sukma Prabawati, Ahmad M Fuadi, Denanda Putri Pratami, Nurul Izzaty, Fitri Lita Agustina, Yosita Dyah Anindita, Maja Pranata Marbun :
Studi Penurunan Lignin Pulp Jerami Padi Melalui Variasi Waktu Pemasakan dan Konsentrasi NaOH

banyak lignin yang terurai dan terlepas dari serat selulosa. Hal ini ditegaskan oleh jurnal (Vania, Nugroho and Fuadi, 2022) bahwa peningkatan konsentrasi larutan pemasak meningkatkan intensitas reaksi dengan lignin, yang mengakibatkan penurunan kandungan lignin dalam pulp.



Gambar 4. Hubungan Konsentrasi NaOH terhadap penurunan kadar lignin Jerami padi

Percobaan ini menunjukkan bahwa lignin yang ada dalam Jerami padi memiliki konsentrasi cukup signifikan, menyebabkan pulp menjadi kuning. Oksidasi adalah proses untuk mengurangi pewarna sebelum dipelapaskan ke lingkungan. Proses ozonasi digunakan dalam proses Tingkat selanjutnya (AOP). Variasi zat warna, ozon, pH, dan suhu adalah parameter yang digunakan untuk mendapatkan persentase dekolorasi yang paling tinggi.

4. Kesimpulan

Dengan ketersediaannya yang melimpah dan kandungan lignoselulosa yang tinggi, limbah jerami padi memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan pulp. Dalam penelitian ini, kadar lignin tertinggi sebesar 3,0573% diperoleh selama 30 menit pemasakan dengan konsentrasi NaOH 0% dan Na₂S 4%, serta kadar lignin terendah sebesar 0,8997% diperoleh selama 120 menit pemasakan dengan konsentrasi NaOH 5% dan Na₂S 4%. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemasakan dan semakin tinggi konsentrasi NaOH, semakin rendah kandungan lignin dalam pulp. Penggunaan katalis ramah lingkungan untuk mempercepat proses delignifikasi, optimalisasi kondisi proses (tekanan, suhu, dan rasio cairan terhadap padatan) untuk meningkatkan rendemen pulp dan efisiensi energi, penggunaan residu hasil proses (seperti lignin terlarut) sebagai dasar biopolimer atau bahan aditif dapat menjadi nilai tambah, dan penggunaan teknologi *biopulping* atau kombinasi kimia-biologi untuk mengembangkan proyek penelitian ke depan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih dengan Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta dan Universitas Sunan Bonang Tuban karena sudah memberikan fasilitas penelitian sehingga bisa selesai tepat waktu.

References

- Bajpai, P. (2015) "Basic Overview of Pulp and Paper Manufacturing Process," in *Green Chemistry and Sustainability in Pulp and Paper Industry*. Cham: Springer International Publishing, pp. 11–39. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-18744-0_2.
- Bajpai, P. (2018a) "Brief Description of the Pulp and Papermaking Process," in *Biotechnology for Pulp and Paper Processing*. Singapore: Springer Singapore, pp. 9–26. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-10-7853-8_2.
- Bajpai, P. (2018b) "Pulping Fundamentals," in *Biermann's Handbook of Pulp and Paper*. Elsevier, pp. 295–351. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814240-0.00012-4>.
- Bhattacharyya, P. *et al.* (2020) "Characterization of rice straw from major cultivars for best alternative industrial uses to cutoff the menace of straw burning," *Industrial Crops and Products*, 143, p. 111919. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111919>.
- Brännvall, E. (2017) "The limits of delignification in kraft cooking," *BioResources*, 12(1), pp. 2081–2107. Available at: <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.Brannvall>.
- Fearon, O. *et al.* (2020) "Detailed Modeling of Kraft Pulping Chemistry. Delignification," *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 59(29), pp. 12977–12985. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c02110>.
- Hasniar *et al.* (2023) "Pembuatan Pulp and Paper Berbahan Dasar Serat Kulit Pinang (Areca Catechu L.) dengan Penambahan Kitosan Sebagai Zat Aditif Antibakteri," *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), pp. 7698–7709. Available at: <https://doi.org/10.32672/jse.v9i1.729>.
- Ibrahim, R. *et al.* (2021) "Utilization of Rice Straw as a Raw Material for Food Packaging," in *Bio-based Packaging*. Wiley, pp. 205–224. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119381228.ch12>.
- Kaur, D., Bhardwaj, N.K. and Lohchab, R.K. (2017a) "Prospects of rice straw as a raw material for paper making," *Waste Management*, 60, pp. 127–139. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.001>.
- Kaur, D., Bhardwaj, N.K. and Lohchab, R.K. (2017b) "Prospects of rice straw as a raw material for paper making," *Waste Management*, 60, pp. 127–139. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.001>.
- Li, P. *et al.* (2023) "Development of Raw Materials and Technology for Pulping—A Brief Review," *Polymers*, 15(22), p. 4465. Available at: <https://doi.org/10.3390/polym15224465>.
- Li, S., Davis, K. and Leem, G. (2021) "Electrocatalytic and Photocatalytic Approaches to Lignin Conversion," in, pp. 97–121. Available at: <https://doi.org/10.1021/bk-2021-1377.ch005>.
- Liang, X. *et al.* (2023) "Sustainable Utilization of Pulp and Paper Wastewater," *Water*, 15(23), p. 4135. Available at: <https://doi.org/10.3390/w15234135>.

Ervie Sukma Prabawati, Ahmad M Fuadi, Denanda Putri Pratami, Nurul Izzaty, Fitri Lita Agustina, Yosita Dyah Anindita, Maja Pranata Marbun :
Studi Penurunan Lignin Pulp Jerami Padi Melalui Variasi Waktu Pemasakan dan Konsentrasi NaOH

- Liu, R.-Y. *et al.* (2024) "Biotransformation of lignin into 4-vinylphenol derivatives toward lignin valorization," *Green Chemistry*, 26(4), pp. 1770–1789. Available at: <https://doi.org/10.1039/D3GC03763K>.
- Nakyp, A. *et al.* (2024) "Extraction of Lignocellulose from Rice Straw and Its Carboxymethylation When Activated by Microwave Radiation," *Polymers*, 16(22), p. 3208. Available at: <https://doi.org/10.3390/polym16223208>.
- Pang, T. *et al.* (2025) "Lignin-based support for metal catalysts: Synthetic strategies, performance boost, and application advances," *Coordination Chemistry Reviews*, 528, p. 216426. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2024.216426>.
- Perspektif Bea dan Cukai, J. *et al.* (2023) "Ekstensifikasi Cukai Kertas: Potensi Dan Dampak Perekonomian Di Indonesia," 7(1), p. 2023.
- Rahmadi, I.A., Madusari, S. and Lestari, I. (2018) "Uji Sifat Fisik Dan Sifat Kimia Pulp Dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.)," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi* [Preprint].
- Sari, P.D., Puri, W.A. and Hanum, D. (2018) "Delignifikasi Bonggol Jagung Dengan Metode Microwave Alkali," *AGRIKA*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.31328/ja.v12i2.767>.
- Sharma, N., Bhardwaj, N.K. and Singh, R.B.P. (2020) "Environmental issues of pulp bleaching and prospects of peracetic acid pulp bleaching: A review," *Journal of Cleaner Production*, 256, p. 120338. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120338>.
- Syukri, M. *et al.* (2025) "The Effect of Chemical Composition and Boiling Time in Kraft Method on Paper Making Based on Palm Oil Trunk (*Elaeis guineensis* Jacq.)," *Environment and Natural Resources Journal*, 23(6), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.32526/enrj/23/20250004>.
- Vania, S.N., Nugroho, P.B. and Fuadi, A.M. (2022) "Pemanfaatan jerami padi (*Oryza sativa*) sebagai bahan pembuatan pulp dengan proses soda diawali ekstraksi pektin," *Jurnal Teknik Kimia*, 28(2), pp. 76–84. Available at: <https://doi.org/10.36706/jtk.v28i2.974>.
- Wang, H.-M. *et al.* (2019) "Insights into the Structural Changes and Potentials of Lignin from Bagasse during the Integrated Delignification Process," *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(16), pp. 13886–13897. Available at: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b02071>.
- Wibisono, I. and Leonardo, H. (2011) *Pembuatan Pulp Dari Alang-Alang Abstrak*.
- Yang, X. *et al.* (2023a) "Comparative Study of Effective Pretreatments on the Structural Disruption and Hydrodepolymerization of Rice Straw," *Sustainability*, 15(6), p. 4728. Available at: <https://doi.org/10.3390/su15064728>.
- Yang, X. *et al.* (2023b) "Comparative Study of Effective Pretreatments on the Structural Disruption and Hydrodepolymerization of Rice Straw," *Sustainability*, 15(6), p. 4728. Available at: <https://doi.org/10.3390/su15064728>.

Ervie Sukma Prabawati, Denanda Putri Pratami, Nurul Izzaty
erviesukmaprabawati@gmail.com: Studi Penurunan Lignin Pulp Jerami Padi Melalui Variasi Waktu Pemasakan Dan Konsentrasi NaOH

Yuan, L.-L. *et al.* (2024) "The booming lignin-derived functional composites/nanocomposites," *Composites Part B: Engineering*, 287, p. 111869. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111869>.