

Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Terhadap Pembuatan Kertas Karton dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Kraft

Grace Stevi Wildiana Manik ^{1✉}, Muhammad Syukri ²

(1,2) Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Sumatra Utara, Indonesia

Abstrak: Seiring meningkatnya perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia, maka akan meningkat pula produksi limbah yang dihasilkan, diantaranya limbah padat berupa pelepah kelapa sawit. Limbah ini masih belum dimanfaatkan secara optimal, padahal ketersediaannya akan meningkat seiring usia tanaman. Salah satu upaya pemanfaatan pelepah kelapa sawit yang dapat dilakukan adalah sebagai bahan baku pembuatan kertas karton, karena mengandung selulosa 51,58%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu perebusan terhadap pembuatan kertas karton berbasis pelepah kelapa sawit. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Industri Kimia Universitas Sumatera Utara. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret – April 2026. Penelitian ini terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah suhu perebusan yang terdiri dari 3 taraf, yaitu L1 (90°C), L2 (95°C), L3 (100°C). Faktor kedua adalah waktu perebusan yang terdiri dari 3 taraf, yaitu T1 (90 menit), T2 (120 menit), T3 (150 menit). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu dan suhu perebusan sangat berpengaruh nyata terhadap dua parameter amatan, yaitu parameter amatan ketahanan tarik (18,05 kN/m), daya serap air (80,00 g/m²) dan tidak berpengaruh nyata terhadap parameter amatan gramatur (g/m²).

Abstract: As the oil palm plantation industry continues to expand in Indonesia, the amount of waste generated also increases, including solid waste in the form of oil palm fronds. This waste has not been utilized optimally, even though its availability increases with the age of the plantation. One potential utilization of oil palm fronds is as a raw material for paperboard production because they contain 51.58% cellulose. This study aimed to determine the effect of cooking temperature and cooking time on the production of paperboard made from oil palm fronds. The research was conducted at the Chemical Industrial Process Laboratory, University of Sumatera Utara, from March to April 2026. The study consisted of two factors. The first factor was cooking temperature with three levels: L1 (90°C), L2 (95°C), and L3 (100°C). The second factor was cooking time with three levels: T1 (90 minutes), T2 (120 minutes), and T3 (150 minutes). The results showed that cooking temperature and cooking time had a highly significant effect on two observed parameters, namely tensile strength (18.05 kN/m) and water absorption (80.00 g/m²), but did not have a significant effect on grammage (g/m²).

Article history:

Received: 24 June 2026

Revised: 16 July 2026

Accepted: 18 July 2026

Published: 19 July 2026

Kata kunci:

kertas karton, kelapa sawit, metode kraft, waktu perebusan, suhu perebusan

Keyword:

paperboard, oil palm, kraft method, boiling time, boiling temperature

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](#).



How to cite: Manik, G. S. W., & Syukri, M. (2026). Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Terhadap Pembuatan Kertas Karton dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Kraft. RESWARA: Jurnal Riset Ilmu Teknik, 4(3), 434–446. <https://doi.org/10.70716/reswara.v4i3.660>

PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup pesat sehingga menyebabkan peningkatan jumlah limbah biomassa yang dihasilkan, salah satunya berupa pelepah kelapa sawit. Limbah pelepah kelapa sawit tersedia dalam jumlah besar karena proses pemeliharaan tanaman dilakukan secara rutin melalui kegiatan pemangkasan. Namun, pemanfaatan limbah tersebut masih terbatas dan sebagian besar hanya dibiarkan membusuk atau digunakan sebagai bahan organik

di sekitar perkebunan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang pemanfaatan pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku alternatif yang memiliki nilai tambah.

Pelepah kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa yang mengandung komponen utama berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Kandungan selulosa yang cukup tinggi menjadikan pelepah kelapa sawit berpotensi digunakan sebagai sumber serat dalam pembuatan pulp dan kertas. Pemanfaatan bahan non-kayu sebagai bahan baku kertas juga menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku kayu serta mendukung pengembangan material berbasis sumber daya terbarukan.

Dalam proses pembuatan kertas, tahap pemasakan pulp menjadi faktor penting yang menentukan karakteristik produk akhir. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam industri pulp adalah metode kraft. Metode kraft menggunakan larutan alkali untuk menghilangkan sebagian lignin sehingga serat selulosa dapat terpisah dan membentuk ikatan antarserat yang lebih baik. Efektivitas proses kraft dipengaruhi oleh beberapa parameter, terutama suhu dan waktu pemasakan. Peningkatan suhu dan waktu dapat meningkatkan proses delignifikasi, tetapi kondisi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi selulosa dan menurunkan kualitas serat.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan biomassa lignoselulosa sebagai bahan baku pembuatan pulp dan kertas. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada penggunaan tandan kosong kelapa sawit, batang pisang, atau limbah pertanian lainnya. Kajian mengenai pemanfaatan pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku kertas karton menggunakan metode kraft dengan kombinasi variasi suhu dan waktu pemasakan masih relatif terbatas. Selain itu, penelitian terdahulu lebih banyak mengevaluasi pengaruh konsentrasi larutan pemasak, sedangkan pengaruh interaksi suhu dan waktu pemasakan terhadap karakteristik fisik dan mekanik kertas karton masih perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu dan waktu pemasakan terhadap kualitas kertas karton berbasis pelepah kelapa sawit menggunakan metode kraft. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengujian kombinasi faktor suhu pemasakan (90°C, 95°C, dan 100°C) serta waktu pemasakan (90 menit, 120 menit, dan 150 menit) untuk menentukan kondisi optimum yang menghasilkan karakteristik kertas karton terbaik berdasarkan parameter daya serap air, gramatur, ketahanan tarik, derajat cerah, dan kadar air.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku alternatif industri pulp dan kertas serta mendukung pengembangan material kemasan berbasis limbah biomassa yang lebih ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium untuk menguji pengaruh suhu dan waktu perebusan terhadap kualitas kertas karton berbasis pelepah kelapa sawit dengan metode kraft. Desain yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 3×3 dengan dua faktor utama. Faktor pertama adalah suhu perebusan (90°C, 95°C, 100°C). Faktor kedua adalah waktu perebusan (90 menit, 120 menit, 150 menit). Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak 3 ulangan sehingga diperoleh 27 unit percobaan. Variabel kimia dibuat konstan menggunakan larutan NaOH 20%, Na₂S 9%, dan Na₂CO₃ 4%.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proses Industri Kimia Universitas Sumatera Utara pada Maret hingga April 2026. Bahan utama yang digunakan adalah pelepah kelapa sawit yang diproses menjadi pulp melalui metode kraft. Tahapan penelitian meliputi pemotongan bahan, pengeringan, pemasakan kimia (delignifikasi), pencucian pulp, bleaching menggunakan H_2O_2 7%, dan pembentukan lembaran kertas menggunakan cetakan A5. Lembaran kemudian dikeringkan pada suhu terkontrol hingga menjadi kertas karton siap uji.

Parameter yang dianalisis mencakup sifat fisik dan mekanik kertas. Pengujian meliputi daya serap air menggunakan metode klem, gramatur berdasarkan SNI ISO 536:2010, ketahanan tarik menggunakan tensile tester sesuai SNI ISO 1924-2:2016, serta uji derajat cerah dan uji kadar air. Data dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA. Jika terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf signifikansi 5 persen untuk menentukan perlakuan terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Serap Air

Hasil pengujian daya serap air kertas karton berbahan baku pelepah kelapa sawit menunjukkan bahwa nilai daya serap air berkisar antara 80,00–500,00 g/m². Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan T1L1 (90 menit, 90°C) sebesar 500,00 g/m², sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan T3L3 (150 menit, 100°C) sebesar 80,00 g/m². Rataan daya serap air berdasarkan waktu perebusan berturut-turut adalah T1 sebesar 356,67 g/m², T2 sebesar 160,00 g/m², dan T3 sebesar 113,33 g/m². Berdasarkan suhu perebusan, rata-rata daya serap air tertinggi diperoleh pada L1 sebesar 266,67 g/m² dan terendah pada L3 sebesar 170,00 g/m². Seluruh perlakuan masih berada dalam rentang standar SNI 8218:2015 yaitu 80-500 g/m².

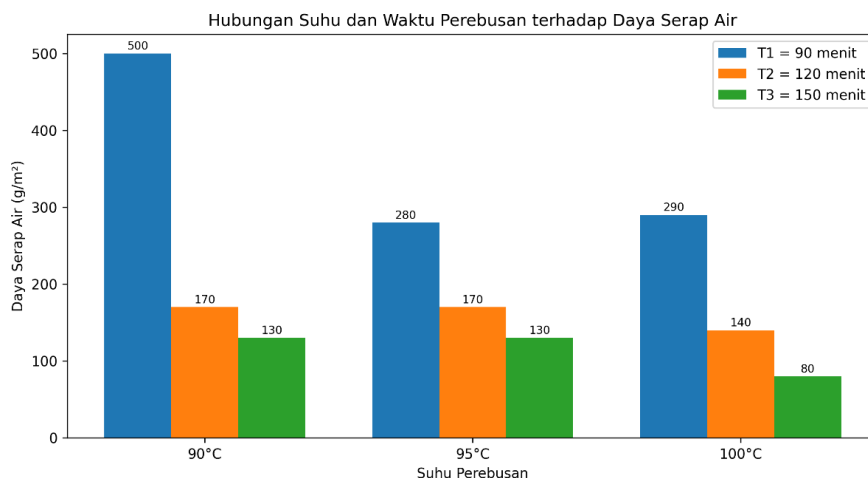
Tabel 1. Analisis ANOVA Daya Serap Air.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	Sig.
Suhu (L)	2	53.006,74	26.503,37	25,84	0,000*
Waktu (T)	2	204.546,07	102.273,04	99,70	0,000*
Interaksi L×T	4	36.626,59	9.156,65	8,93	0,001*
Galat	18	18.463,33	1.025,74		
Total	26	312.642,73			

Keterangan: *berpengaruh nyata pada taraf 5% ($p < 0,05$)

Tabel 2. Uji DMRT 5% Daya Serap Air

Perlakuan	Rata-rata (g/m ²)	Kelompok DMRT
T3L3	80,00	a
T2L3	140,00	ab
T2L2	168,33	b
T1L2	175,00	b
T3L2	120,00	ab
T3L1	130,00	ab
T1L3	290,00	c
T1L2	279,33	c
T1L1	500,00	d



Gambar 1. Diagram statistik nilai Daya Serap Air.

Gramatur

Nilai gramatur kertas karton yang dihasilkan berkisar antara 190–440 g/m². Nilai gramatur tertinggi diperoleh pada perlakuan T1L2 sebesar 440,00 g/m², sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan T1L1 sebesar 190,00 g/m². Rataan gramatur berdasarkan waktu perebusan menunjukkan bahwa perlakuan T1 menghasilkan gramatur tertinggi sebesar 338,67 g/m², diikuti T2 sebesar 290,00 g/m² dan T3 sebesar 270,67 g/m². Berdasarkan suhu perebusan, nilai gramatur tertinggi diperoleh pada perlakuan L2 sebesar 342,00 g/m². Sebagian besar perlakuan telah memenuhi standar gramatur karton menurut SNI 8218:2015 yaitu 250-400 g/m².

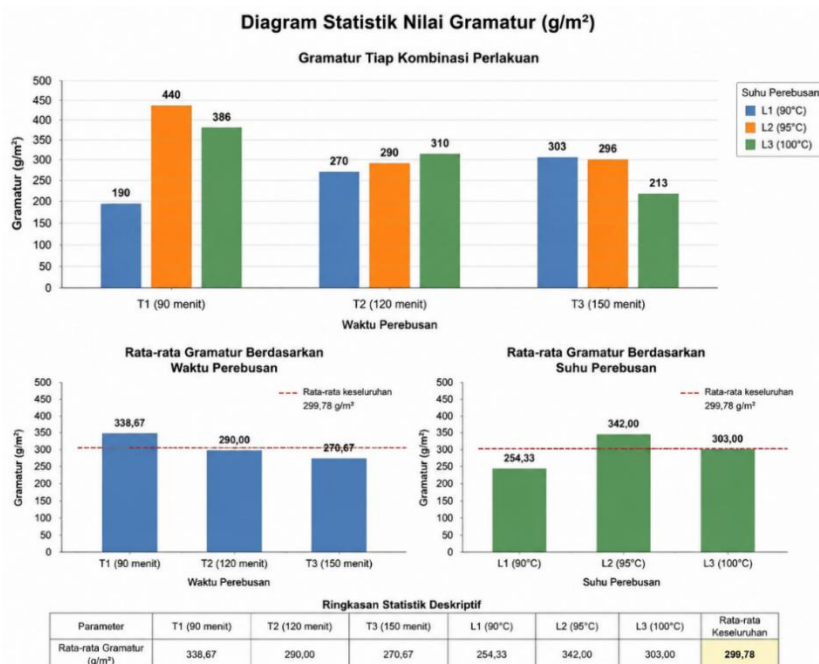
Tabel 3. Analisis ANOVA Gramatur.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	Sig.
Suhu (L)	2	27.216,67	13.608,33	9,82	0,001*
Waktu (T)	2	14.673,56	7.336,78	5,29	0,016*
Interaksi L×T	4	20.956,22	5.239,06	3,78	0,022*
Galat	18	24.930,00	1.385,00		
Total	26	87.776,45			

Keterangan: *berpengaruh nyata pada taraf 5%

Tabel 4. Uji DMRT 5% Gramatur.

Perlakuan	Rata-rata (g/m ²)	Kelompok DMRT
T1L2	440,00	a
T3L1	390,00	ab
T2L2	300,00	bc
T2L3	300,00	bc
T3L2	290,00	bc
T1L3	280,33	cd
T2L1	272,33	cd
T3L3	250,00	d
T1L1	190,00	e



Gambar 2. Diagram statistik nilai Gramatur.

Ketahanan Tarik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketahanan tarik kertas karton meningkat seiring bertambahnya suhu dan waktu perebusan. Nilai ketahanan tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan T3L3 sebesar 18,05 kN/m, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan T1L1 sebesar 8,00 kN/m. Seluruh perlakuan memenuhi standar SNI 8218:2015 yang mensyaratkan ketahanan tarik minimum sebesar 7,3 kN/m.

Tabel 5. Analisis ANOVA Ketahanan Tarik.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	Sig.
Suhu (L)	2	78,21	39,10	260,67	0,000*
Waktu (T)	2	112,84	56,42	376,13	0,000*
Interaksi L×T	4	15,65	3,91	26,07	0,000*
Galat	18	2,70	0,15		
Total	26	209,40			

Keterangan: *berpengaruh nyata pada taraf 5%

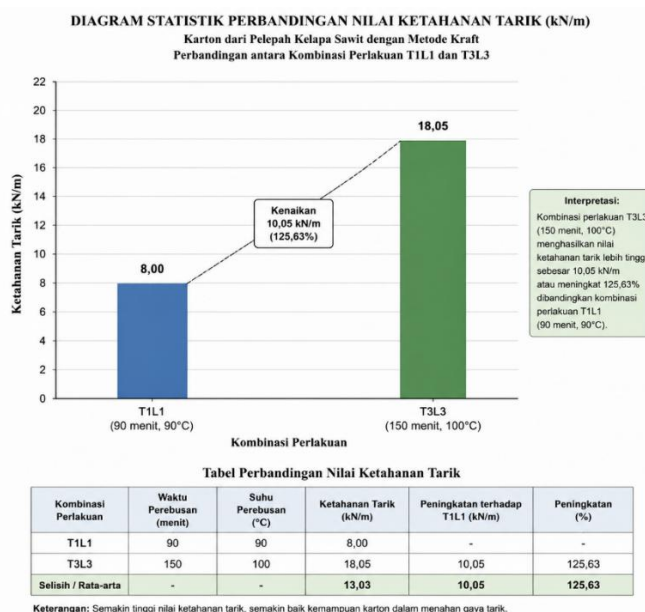
Tabel 6. Uji DMRT 5% Ketahanan Tarik

Perlakuan	Rata-rata (kN/m)	Kelompok DMRT
T3L3	18,05	a
T2L3	16,20	b
T3L2	15,30	bc
T3L1	15,00	c
T2L2	14,30	cd
T1L3	12,90	de
T3L1	12,30	e
T1L2	10,30	f

T1L1

8,00

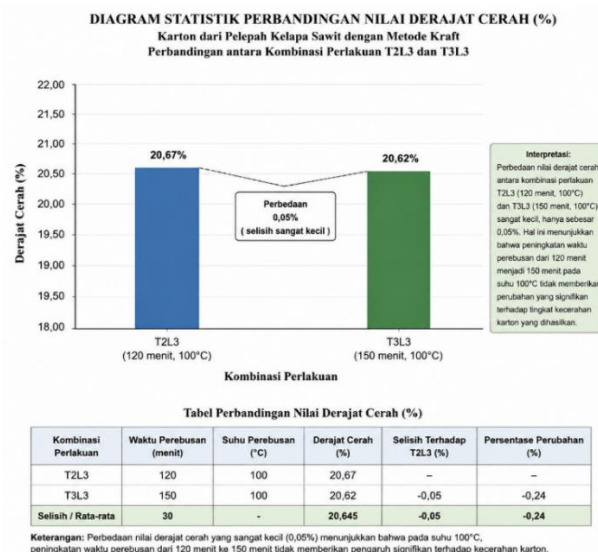
g



Gambar 3. Diagram statistik nilai Ketahanan Tarik.

Derajat Cerah

Nilai derajat cerah yang berhasil diuji terdapat pada perlakuan T2L3 dan T3L3. Perlakuan T2L3 menghasilkan nilai derajat cerah sebesar 20,67%, sedangkan T3L3 menghasilkan nilai sebesar 20,62%. Nilai tersebut masih berada di bawah standar SNI 8218:2015 yaitu 70%.



Gambar 4. Diagram statistik nilai Derajat Cerah.

Kadar Air

Nilai kadar air kertas karton berkisar antara 4,73–8,83%. Kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan T1L1 sebesar 8,83%, sedangkan kadar air terendah diperoleh pada perlakuan T3L3 sebesar 4,73%. Rataan kadar air berdasarkan waktu perebusan menunjukkan nilai sebesar 7,13% pada T1,

6,02% pada T2, dan 5,25% pada T3. Berdasarkan suhu perebusan, kadar air tertinggi terdapat pada L1 sebesar 6,80% dan terendah pada L3 sebesar 5,41%.

Tabel 7. Analisis ANOVA Kadar Air.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	Sig.
Suhu (L)	2	5,83	2,92	45,18	0,000*
Waktu (T)	2	18,74	9,37	145,02	0,000*
Interaksi L×T	4	1,92	0,48	7,42	0,002*
Galat	18	1,16	0,06		
Total	26	27,65			

Keterangan: *berpengaruh nyata pada taraf 5%

Tabel 8. Uji DMRT 5% Kadar Air.

Perlakuan	Rata-rata (%)	Kelompok DMRT
T3L3	4,73	a
T3L2	5,47	ab
T2L3	5,53	ab
T2L2	6,03	bc
T1L3	6,37	c
T3L1	6,57	c
T1L2	7,10	d
T2L1	7,36	d
T1L1	8,83	e

DIAGRAM STATISTIK NILAI KADAR AIR (%)
Karton dari Pelepah Kelapa Sawit dengan Metode Kraft



Gambar 4. Diagram statistik nilai Kadar Air.

Pembahasan

Pengaruh Suhu dan Waktu Perebusan terhadap Daya Serap Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan waktu perebusan menyebabkan penurunan nilai daya serap air pada kertas karton berbahan pelepah kelapa sawit. Nilai daya serap air tertinggi diperoleh pada perlakuan T1L1 (90 menit, 90°C) sebesar 500,00 g/m², sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan T3L3 (150 menit, 100°C) sebesar 80,00 g/m². Penurunan daya serap air menunjukkan bahwa peningkatan intensitas proses pemasakan mampu memperbaiki struktur jaringan serat yang terbentuk.

Peningkatan suhu dan waktu pemasakan pada metode kraft menyebabkan proses delignifikasi berlangsung lebih efektif. Lignin yang berperan sebagai pengikat alami dalam struktur lignoselulosa akan mengalami pelarutan sehingga serat selulosa menjadi lebih mudah terpisah dan membentuk ikatan antarserat yang lebih kuat. Struktur lembaran yang lebih rapat menyebabkan jumlah pori berkurang sehingga kemampuan menyerap air menjadi lebih rendah.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Lismeri et al. (2019) yang melaporkan bahwa peningkatan suhu dan waktu perlakuan alkali pada biomassa lignoselulosa mampu meningkatkan proses pemisahan lignin sehingga menghasilkan struktur selulosa yang lebih padat. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan kemampuan bahan dalam menyerap air.

Nilai daya serap air pada perlakuan terbaik T3L3 telah memenuhi standar SNI 8218:2015 untuk kertas karton. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi suhu 100°C dan waktu 150 menit mampu menghasilkan kualitas kertas yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Namun, proses pemasakan perlu dikontrol karena kondisi alkali yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi selulosa sehingga berpotensi menurunkan kekuatan mekanik kertas.

Pengaruh Suhu dan Waktu Perebusan terhadap Gramatur

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai gramatur kertas karton berada pada rentang 190–440 g/m². Perlakuan T1L2 menghasilkan gramatur tertinggi sebesar 440 g/m², sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan T1L1 sebesar 190 g/m². Berdasarkan hasil pengamatan, peningkatan waktu perebusan menyebabkan kecenderungan penurunan nilai gramatur.

Penurunan gramatur terjadi karena proses pemasakan yang lebih lama menyebabkan semakin banyak komponen non-selulosa, terutama lignin dan hemiselulosa, terlarut selama proses delignifikasi. Selain itu, waktu pemasakan yang panjang dapat menyebabkan sebagian serat mengalami degradasi sehingga jumlah massa serat yang tertahan pada lembaran menjadi lebih rendah.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Melani et al. (2022) yang menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dan waktu pemasakan pulp menggunakan larutan NaOH dapat meningkatkan pelepasan komponen lignoselulosa sehingga memengaruhi rendemen dan karakteristik fisik pulp yang dihasilkan.

Pada penelitian ini, perlakuan suhu 95°C menghasilkan nilai gramatur paling tinggi dibandingkan suhu lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa suhu tersebut memberikan keseimbangan antara proses pelepasan lignin dan kemampuan serat mempertahankan massa selama pembentukan lembaran. Dengan demikian, peningkatan suhu tidak selalu meningkatkan nilai gramatur karena proses degradasi serat dapat terjadi apabila kondisi pemasakan terlalu intensif.

Pengaruh Suhu dan Waktu Perebusan terhadap Ketahanan Tarik

Ketahanan tarik merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas kertas karton karena menunjukkan kemampuan lembaran dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ketahanan tarik meningkat seiring peningkatan suhu dan waktu perebusan. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan T3L3 sebesar 18,05 kN/m, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan T1L1 sebesar 8,00 kN/m.

Peningkatan ketahanan tarik disebabkan oleh semakin efektifnya proses delignifikasi pada kondisi suhu dan waktu yang lebih tinggi. Pengurangan lignin menyebabkan serat selulosa menjadi lebih fleksibel dan meningkatkan luas kontak antarserat. Interaksi antarserat yang lebih kuat melalui ikatan hidrogen menghasilkan struktur kertas yang memiliki kekuatan mekanik lebih tinggi.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian Ramdhonee dan Jeetah (2017) yang menunjukkan bahwa peningkatan kualitas serat lignoselulosa melalui perlakuan kimia dapat meningkatkan kekuatan mekanik produk kertas. Serat dengan kandungan selulosa lebih tinggi mampu membentuk jaringan serat yang lebih kuat sehingga meningkatkan nilai ketahanan tarik.

Nilai ketahanan tarik seluruh perlakuan telah memenuhi standar SNI 8218:2015 dengan nilai minimum 7,3 kN/m. Perlakuan T3L3 menghasilkan karakteristik mekanik terbaik sehingga dapat digunakan sebagai kondisi optimum dalam pembuatan kertas karton berbasis pelepah kelapa sawit.

Pengaruh Suhu dan Waktu Perebusan terhadap Derajat Cerah

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai derajat cerah kertas karton masih rendah, yaitu sebesar 20,62–20,67%. Nilai tersebut belum memenuhi standar SNI 8218:2015 yang mensyaratkan nilai derajat cerah sebesar 70%. Rendahnya nilai derajat cerah disebabkan oleh masih adanya komponen lignin yang tersisa setelah proses pemasakan kraft dan bleaching. Lignin memiliki struktur aromatik yang dapat memberikan warna kecoklatan pada produk pulp sehingga menurunkan tingkat kecerahan kertas.

Peningkatan waktu pemasakan dari 120 menit menjadi 150 menit pada suhu 100°C hanya memberikan perubahan kecil terhadap nilai derajat cerah. Hal ini menunjukkan bahwa setelah mencapai kondisi tertentu, peningkatan waktu pemasakan tidak lagi memberikan pengaruh besar terhadap peningkatan kecerahan.

Hasil ini berbeda dengan beberapa penelitian yang menggunakan proses bleaching lebih intensif, dimana peningkatan konsentrasi bahan pemutih mampu meningkatkan nilai kecerahan pulp. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan optimasi tahap bleaching, seperti variasi konsentrasi hidrogen peroksida atau kombinasi perlakuan pemutihan untuk meningkatkan kualitas optik kertas.

Pengaruh Suhu dan Waktu Perebusan terhadap Kadar Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air mengalami penurunan dengan meningkatnya suhu dan waktu perebusan. Nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan T1L1 sebesar 8,83%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan T3L3 sebesar 4,73%.

Penurunan kadar air terjadi akibat meningkatnya kerapatan struktur serat setelah proses delignifikasi. Serat yang mengalami pemisahan lignin secara optimal mampu membentuk jaringan yang lebih kompak sehingga jumlah ruang kosong dalam lembaran menjadi lebih sedikit. Kondisi tersebut menyebabkan kemampuan kertas dalam mempertahankan air menjadi lebih rendah.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terkait pengolahan biomassa lignoselulosa yang menunjukkan bahwa peningkatan intensitas perlakuan alkali dapat meningkatkan kualitas fisik material berbasis serat melalui perubahan struktur selulosa. Perlakuan T3L3 menghasilkan kadar air terendah sehingga menunjukkan kestabilan produk yang lebih baik. Nilai tersebut juga masih berada dalam batas standar mutu kertas karton sehingga perlakuan suhu 100°C selama 150 menit dapat dipertimbangkan sebagai kondisi optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi suhu dan waktu perebusan terhadap pembuatan kertas karton dari pelepah kelapa sawit menggunakan metode kraft, dapat disimpulkan bahwa variasi suhu dan waktu pemasakan memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisik dan mekanik kertas karton yang dihasilkan. Peningkatan suhu dan waktu perebusan meningkatkan efektivitas proses delignifikasi sehingga menghasilkan struktur serat yang lebih kompak. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi suhu 100°C dengan waktu perebusan 150 menit (T3L3). Perlakuan tersebut menghasilkan nilai ketahanan tarik tertinggi sebesar 18,05 kN/m, daya serap air terendah sebesar 80,00 g/m², serta kadar air terendah sebesar 4,73%.

Nilai gramatur kertas karton yang diperoleh berada pada kisaran 190–440 g/m². Perubahan suhu dan waktu perebusan memberikan pengaruh terhadap kehilangan komponen lignoselulosa selama proses pemasakan sehingga menyebabkan perubahan massa serat pada lembaran kertas. Sementara itu, nilai derajat cerah yang diperoleh masih rendah yaitu sekitar 20,62–20,67%, sehingga belum memenuhi standar mutu kertas karton dan menunjukkan perlunya optimasi proses pemutihan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelepah kelapa sawit memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif pembuatan kertas karton melalui metode kraft. Kombinasi perlakuan suhu dan waktu pemasakan yang tepat mampu menghasilkan karakteristik mekanik yang baik serta meningkatkan nilai tambah limbah biomassa kelapa sawit.

Penelitian ini memberikan implikasi terhadap pengembangan teknologi pemanfaatan limbah biomassa kelapa sawit sebagai bahan baku alternatif industri pulp dan kertas. Pemanfaatan pelepah kelapa sawit dapat menjadi salah satu pendekatan dalam mengurangi limbah perkebunan serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku serat kayu.

Dari aspek teknologi proses, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan parameter pemasakan kraft, terutama suhu dan waktu, menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas akhir kertas karton. Kondisi optimum pada suhu 100°C selama 150 menit menghasilkan karakteristik mekanik yang lebih baik sehingga berpotensi diterapkan dalam pengembangan material kemasan berbasis serat alami. Dari aspek lingkungan, pemanfaatan pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku kertas dapat mendukung konsep ekonomi sirkular melalui pengolahan limbah pertanian menjadi produk bernilai tambah. Pendekatan ini dapat menjadi alternatif pengelolaan limbah padat perkebunan kelapa sawit yang lebih berkelanjutan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi tahap bleaching guna meningkatkan nilai derajat cerah kertas karton sehingga dapat memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai variasi konsentrasi larutan pemasak seperti NaOH dan Na₂S terhadap rendemen pulp serta karakteristik kimia serat. Analisis tambahan seperti kadar selulosa, lignin, hemiselulosa, indeks tarik,

indeks sobek, dan morfologi serat menggunakan mikroskop juga perlu dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur serat selama proses kraft. Penelitian dengan skala yang lebih besar diperlukan untuk mengetahui peluang penerapan proses pembuatan kertas karton berbasis pelepah kelapa sawit pada tingkat industri.

REFERENCES

- Ahda, A. (2016). *Rancang bangun alat reaktor pulp*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Ansory, D. (2013). Studi proses pulping serat pelepah nipah dan serat sabut buah nipah (*Nypa fruticans*) dengan metode kimia (kajian konsentrasi larutan NaOH). *Jurnal Industri*, 2(1), 37–46.
- AOAC. (1995). *Official methods of analysis of AOAC International* (16th ed.). AOAC International.
- Arita, S. (2005). *Proses dan perancangan pembuatan pulp biomassa (tandan kosong kelapa sawit) dengan pelarut organik*. Laporan Riset Unggulan Terpadu, Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia.
- Arias, A., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2020). Exploring the potential of lignocellulosic biomass for sustainable pulp and paper production. *Bioresource Technology Reports*, 11, 100450. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100450>
- Artati, E. K., Effendi, A., & Haryanto, T. (2009). Pengaruh konsentrasi larutan pemasak pada proses delignifikasi eceng gondok dengan proses organosolv. *Ekuilibrium*, 8(1), 25–28.
- Apriliany, T. (2011). *Pengaruh perbedaan konsentrasi NaOH pada proses pulping serat tandan kosong sawit yang telah diurai terhadap sifat kimia pulp dan fisik kertas* [Skripsi, Universitas Andalas].
- Ayunda, V. (2013). *Pembuatan dan karakterisasi kertas dari daun nanas dan eceng gondok* [Skripsi, Universitas Sumatera Utara].
- Balai Penelitian Teknologi Serat Tanaman Hutan. (2011). *Data dan statistika pulp di Indonesia*. Kementerian Kehutanan.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Statistik kelapa sawit Indonesia 2020*. Badan Pusat Statistik.
- Bahri, S. (2015). Pembuatan pulp dari batang pisang. *Jurnal Teknologi Kimia*, 4(2), 36–50.
- Cheng, F., Liu, Y., & Chen, P. (2021). Advances in lignocellulosic biomass pretreatment for pulp and paper applications. *Industrial Crops and Products*, 170, 113736. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113736>
- Coniwanti, P., Santi, & Indah, K. P. (2009). Pengaruh konsentrasi larutan etanol, temperatur, dan waktu pemasakan pada pembuatan pulp eceng gondok melalui proses organosolv. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(4), 34–41.
- Dahyar, A. (2010). *Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit dan Azolla menjadi kompos pupuk tablet* [Tesis, Universitas Sumatera Utara].
- Departemen Perindustrian. (2011). *Pedoman pemetaan teknologi untuk industri pulp & paper*. Balai Besar Pulp dan Kertas.
- Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian. (2006). *Pedoman pengolahan limbah industri kelapa sawit*. Departemen Pertanian.
- Faridah. (2014). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan alternatif pembuatan kertas berkualitas. *Jurnal Aplikasi Ilmu Kimia*, 9(1), 8–10.
- Fauzi, Y., Widyastuti, Y. E., Satyawibawa, I., & Hartono, R. (2005). *Kelapa sawit: Budidaya, pemanfaatan hasil dan limbah, analisis usaha dan pemasaran*. Penebar Swadaya.
- Fengel, D., & Wegener, G. (1995). *Kayu: Kimia, ultrastruktur, reaksi-reaksi* (H. Sastrohamidjojo, Trans.). UGM Press.
- Gul, S., Rehan, M., Nizami, A. S., & Rashid, U. (2022). Sustainable utilization of agricultural residues for production of cellulose-based materials. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129875. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129875>

- Gunawan, A., et al. (2012). Pengaruh waktu pemasakan dan volume larutan pemasak terhadap viskositas pulp dari ampas tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(2), 1–3. (Lengkapi seluruh nama penulis sesuai APA 7.)
- Hadian, K. (1994). *Sekolah teknologi pulp dan kertas*.
- Haroen, W. K., & Fansukri, L. (1995). Pembuatan pulp rendemen tinggi dari tandan kosong kelapa sawit dengan proses NSCC. *Berita Selulosa*, 31(4), 2–7.
- Heinz, F., & Suskiyatno, F. X. B. (2011). *Dasar-dasar arsitektur ekologis*. Kanisius.
- Hidayat, H., Purnawan, C., & Mulyani, B. (2021). Utilization of lignocellulosic agricultural waste as alternative raw materials for paper production. *Heliyon*, 7(9), e07934. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07934>
- Ketaren, S. (2012). *Minyak dan lemak pangan*. UI Press.
- Kuntari. (2010). Pemanfaatan limbah mendong sebagai bahan baku kertas seni. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 11(3), 188–194.
- Kumar, A., & Sharma, S. (2022). Recent advances in lignocellulosic biomass conversion into sustainable materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111876. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111876>
- Kurniawan, H., Garchia, C. H., Ayucitra, A., & Antaresti. (2017). Pemanfaatan kulit buah matoa sebagai kertas serat campuran melalui proses pretreatment dengan bantuan gelombang mikro dan ultrasonik. *Widya Teknik*, 16(1), 1–9.
- Lesmana, D. S. (2018). *Respon pertumbuhan bibit api-api (Avicennia alba) terhadap tingkat kedalaman genangan dan lama penggenangan* [Skripsi, Institut Pertanian Bogor].
- Lim, W. S., Lee, J. W., & Kim, Y. S. (2023). Valorization of oil palm biomass into sustainable cellulose-based products: Recent developments and challenges. *Journal of Environmental Management*, 330, 117124. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117124>
- Lismeri, L., Darni, Y., Sanjaya, M. D., & Imaduddin, M. I. (2019). Pengaruh suhu dan waktu pretreatment alkali pada isolasi selulosa limbah batang pisang. *Journal of Chemical Process Engineering*, 4(1), 18–22.
- Malo, B. A. (2004). *Membuat kertas dari pelepah pisang*. Kanisius.
- Mohan, D. (2008). A study of short areca fiber reinforced PF composites. *Proceedings of the World Congress on Engineering*.
- Marisa, N. (2021). *Pemanfaatan kulit batang sagu menjadi produk kertas* [Skripsi, Institut Pertanian Bogor].
- Masitah, N. (2014). Pembuatan pulp dari serabut gambas tua kering dengan proses alkali dengan alkohol. *Jurnal Teknik Kimia*, 9(1).
- Melani, et al. (2022). Pengaruh volume pelarut NaOH dan temperatur pemasakan pulp dari pelepah pisang kelutuk. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(1), 18–27. (Lengkapi seluruh nama penulis.)
- Nasution, H., Siregar, R., & Lubis, M. (2024). Characteristics of cellulose fiber derived from oil palm biomass for sustainable paper applications. *Cellulose Chemistry and Technology*, 58(1–2), 45–56.
- Nurlaily, A. (2015). *Penggunaan batang jagung dan limbah nata de coco sebagai substitusi serat kayu dalam pembuatan kertas* [Skripsi, Institut Pertanian Bogor].
- Paskawati, Y. A., Susyana, Antaresti, E. S., & Retnoningtyas. (2010). Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan kertas komposit alternatif. *Widya Teknik*.
- Perez, J., Muñoz-Dorado, J., de la Rubia, T., & Martínez, J. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview. *International Microbiology*, 5, 53–63. <https://doi.org/10.1007/s10123-002-0062-3>
- Pratiwi, R. C. (2015). *Pemanfaatan limbah bulu ayam dan kulit jagung sebagai bahan pembuatan kertas seni dengan penambahan NaOH dan pewarna alami* [Tesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta].

- Rahman, M. M., Islam, M. S., & Sarker, M. (2025). Green processing of lignocellulosic biomass for biodegradable packaging materials: A review. *Materials Today Sustainability*, 29, 101012. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2024.101012>
- Ramdhonee, A., & Jeetah, A. P. (2017). Production of wrapping paper from banana fibers. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(5), 4298–4306. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.08.009>
- Saha, B. C., et al. (2005). Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of rice hulls to ethanol. (*Lengkapi nama jurnal, volume, halaman, DOI, dan seluruh penulis.*)
- Sanjay, M. R., et al. (2016). Applications of natural fibers and its composites: An overview. *Natural Resources*, 7, 108–114. <https://doi.org/10.4236/nr.2016.73011>
- Sjöström, E. (1993). *Wood chemistry: Fundamentals and applications* (2nd ed.). Academic Press.
- Sun, Y., & Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review. *Bioresource Technology*, 83(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7)
- Zhang, X., Chen, L., & Wang, J. (2020). Alkali pretreatment and delignification mechanisms of lignocellulosic biomass for cellulose production. *Bioresource Technology*, 318, 124056. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124056>