

Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Komposisi Serat terhadap Sifat Fisik Kertas Daur Ulang Kulit Kelapa

Rizki Ramadhan¹, Vika Rizkia², Sahiba Sahila³, Agra Gede Segara Baiin⁴

Program Studi Teknologi Rekayasa dan Grafis 3 Dimensi, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan,
Politeknik Negeri Jakarta

*Corresponding author.

*Email: rizki.ramadhan.tgp22@mhs.wpnj.ac.id; Phone number: 08990035231

Abstrak

Penelitian ini berjudul *Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Komposisi Serat Kulit Ari Kelapa terhadap Sifat Fisik Kertas Daur Ulang* bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) dan komposisi serat kulit ari kelapa terhadap kualitas kertas daur ulang berbahan dasar limbah kertas HVS. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan variasi konsentrasi NaOH sebesar 5%, 10%, dan 15%, serta komposisi serat kulit ari kelapa sebesar 15%, 20%, dan 25%. Kulit ari kelapa terlebih dahulu melalui proses delignifikasi menggunakan NaOH, kemudian dicampurkan dengan pulp kertas HVS bekas dan perekat PVAc untuk dibuat menjadi lembaran kertas daur ulang. Parameter yang diuji meliputi kuat tarik dan daya serap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH cenderung meningkatkan nilai kuat tarik, sedangkan peningkatan komposisi serat kulit ari kelapa cenderung menurunkan kuat tarik. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada sampel S1N3 sebesar 12,421 N/m. Pada pengujian daya serap air, waktu penyerapan meningkat seiring bertambahnya komposisi serat dan konsentrasi NaOH. Waktu serap air tercepat terdapat pada sampel S1N1 sebesar 2,803 detik, sedangkan waktu terlama terdapat pada sampel S3N3 sebesar 4,225 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan NaOH dan komposisi serat berpengaruh terhadap kekuatan serta kemampuan penyerapan air kertas daur ulang.

Kata kunci : **NaOH, Kulit Ari Kelapa, Kertas Daur Ulang, Kuat Tarik, Daya Serap Air**

Abstract

The article entitled *The Effect of NaOH Concentration and Coconut Testa Fiber Composition on the Tensile Strength and Water Absorption of Recycled Paper* aims to analyze the effect of sodium hydroxide (NaOH) concentration and coconut testa fiber composition on the quality of recycled paper made from used HVS paper waste. This study applied a quantitative experimental method with NaOH concentration variations of 5%, 10%, and 15%, and coconut testa fiber compositions of 15%, 20%, and 25%. The coconut testa was first treated through a delignification process using NaOH, then mixed with used HVS paper pulp and PVAc adhesive to form recycled paper sheets. The tested parameters included tensile strength and water absorption. The results showed that increasing NaOH concentration tended to improve tensile strength, while increasing coconut testa fiber composition tended to reduce tensile strength. The highest tensile strength was obtained from sample S1N3, with a value of 12.421 N/m. In the water absorption test, absorption time increased along with higher fiber composition and NaOH concentration. The fastest water absorption time was found in sample S1N1 at 2.803 seconds, while the longest absorption time was found in sample S3N3 at 4.225 seconds. These findings indicate that NaOH treatment and fiber composition affect both the strength and water absorption behavior of recycled paper.

Keywords : NaOH, Coconut testa, recycled paper, tensile strength, water absorption.

Pendahuluan

Salah satu bahan alam yang berpotensi digunakan sebagai sumber serat tambahan adalah limbah kelapa. Kelapa merupakan tanaman tropis yang hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan, mulai dari air, daging buah, tempurung, sabut, hingga bagian kulit arinya (Kementrian Pertanian, 2023). Pada proses pengolahan kelapa parut kering, tahapan produksi melibatkan pelepasan sabut, tempurung, dan kulit ari kelapa sebelum daging buah diproses lebih lanjut, sehingga kulit ari menjadi salah satu hasil samping dari industri pengolahan kelapa (Rahmi et al., 2021). Data mengenai pengolahan kelapa parut kering juga menunjukkan bahwa dari bahan baku kelapa 15.000 kg, terdapat aliran proses yang menghasilkan kulit ari kelapa sebagai bagian terpisah dalam proses pengupasan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kulit ari kelapa memiliki ketersediaan sebagai limbah organik yang berpotensi dimanfaatkan kembali, bukan hanya dibuang atau menjadi residu pengolahan (Rahmi et al., 2021).

Kulit ari kelapa atau testa merupakan lapisan tipis berwarna cokelat yang berada pada bagian luar daging buah kelapa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bagian ini masih belum dimanfaatkan secara optimal, padahal memiliki potensi sebagai bahan organik bernilai tambah. Dalam salah satu kajian, testa kelapa disebut sebagai bagian kelapa yang pemanfaatannya masih terbatas, meskipun memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi dan memerlukan perlakuan awal untuk membuka struktur lignoselulosa agar lebih mudah diolah (Hartini, 2023). Kandungan lignoselulosa pada limbah kelapa menjadi dasar pemanfaatannya sebagai bahan serat dalam pembuatan kertas. Kajian lain mengenai sabut kelapa juga menunjukkan bahwa serat kelapa mengandung selulosa dan lignin, sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan pulp, tetapi tetap membutuhkan proses pengurangan lignin agar kualitas serat menjadi lebih baik (I. A. Dewi et al., 2021).

Pemanfaatan serat kelapa sebagai bahan campuran kertas sebenarnya telah dikaji pada beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian tentang pembuatan kertas komposit dari sabut kelapa dan limbah HVS menunjukkan bahwa komposisi campuran serat kelapa dan pulp HVS dapat memengaruhi kuat tarik, daya serap, sifat tulis, dan ketahanan hapus kertas. Pada penelitian tersebut, komposisi pulp sabut kelapa dan pulp HVS sebesar 20:80 menghasilkan kualitas relatif baik karena pulp HVS membantu memperbaiki ikatan serat dan kekuatan tarik lembaran (Paskawati et al., 2010). Penelitian

tersebut juga menjelaskan bahwa panjang serat dan kualitas ikatan antarserat sangat memengaruhi kekuatan kertas. Serat dari bahan non-kayu cenderung lebih pendek dibandingkan serat kertas HVS, sehingga penambahan serat alam yang terlalu tinggi dapat membuat ikatan antarserat menjadi kurang optimal (Paskawati et al., 2010). Hal ini menjadi dasar penting dalam penelitian ini karena komposisi kulit ari kelapa perlu dikendalikan agar tidak menurunkan kualitas lembaran kertas daur ulang.

Salah satu kendala utama dalam penggunaan serat dari limbah kelapa adalah adanya lignin, hemiselulosa, lemak, serta zat ekstraktif yang dapat mengganggu pembentukan ikatan antarserat. Lignin berfungsi sebagai pengikat alami pada jaringan tumbuhan, tetapi dalam pembuatan pulp dan kertas kandungan lignin yang terlalu tinggi dapat menyebabkan serat sulit saling berikatan dan membuat warna kertas cenderung lebih gelap. Oleh karena itu, proses delignifikasi diperlukan untuk mengurangi lignin dan membuka struktur serat. Natrium hidroksida atau NaOH banyak digunakan sebagai larutan alkali dalam perlakuan serat karena mampu melarutkan lapisan pengotor pada permukaan serat, termasuk lignin, hemiselulosa, dan zat menyerupai lilin, sehingga ikatan antara serat menjadi lebih kuat (Kondo & Arsyad, 2018). Kajian delignifikasi pada sabut kelapa juga menunjukkan bahwa penggunaan NaOH dapat menurunkan lignin dan meningkatkan kualitas pulp berbasis serat kelapa (Cahyana & Sulistiyowati, 2020).

Peran NaOH dalam delignifikasi juga diperkuat oleh penelitian pada bahan lignoselulosa lain, seperti tandan kosong kelapa sawit. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa perlakuan alkali menggunakan NaOH dapat membantu memisahkan lignin dari serat selulosa, sehingga struktur bahan menjadi lebih mudah diolah lebih lanjut (Permana et al., 2024). Pada penelitian lain, peningkatan konsentrasi NaOH dan suhu pemanasan menyebabkan kandungan selulosa meningkat, sedangkan sisa lignin menurun. Hal ini terjadi karena NaOH membantu memutus ikatan lignin yang melindungi selulosa dan membuat serat lebih terbuka (Permana et al., 2024). Sementara itu, penelitian pembuatan pulp sabut kelapa menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH dan waktu hidrolisis dapat meningkatkan kadar alfa selulosa karena lignin semakin banyak terhidrolisis, sehingga selulosa lebih mudah terlepas dari ikatan lignin (Paskawati et al., 2010). Dengan demikian, variasi konsentrasi NaOH menjadi faktor penting dalam

menentukan kualitas serat kulit ari kelapa sebelum dicampurkan dengan pulp kertas HVS bekas.

Selain perlakuan kimia, komposisi serat juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan. Kertas komposit merupakan kertas yang dibuat dengan menggabungkan bahan utama dengan bahan tambahan tertentu untuk memperbaiki karakteristik fisik, mekanik, atau optiknya (F. K. Dewi et al., 2025). Dalam konteks kertas daur ulang, penambahan kulit ari kelapa diharapkan dapat memberi kontribusi terhadap struktur lembaran, tetapi jumlahnya harus sesuai agar tidak mengganggu homogenitas campuran pulp. Jika jumlah serat kulit ari kelapa terlalu besar, struktur lembaran dapat menjadi lebih kasar dan kurang merata. Sebaliknya, jika jumlahnya terlalu sedikit, kontribusi serat tambahan terhadap karakteristik kertas juga tidak terlalu terlihat. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan variasi komposisi kulit ari kelapa sebesar 15%, 20%, dan 25% yang dikombinasikan dengan pulp HVS bekas.

Karakteristik kertas yang penting diamati dalam penelitian ini adalah kuat tarik dan daya serap air. Kuat tarik menunjukkan kemampuan lembaran kertas dalam menahan gaya tarik sampai putus. Dalam buku ajar pulp dan kertas, kekuatan tarik dijelaskan sebagai gaya tahan lembaran pulp atau kertas terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujung lembaran pada kondisi standar (Istikowati et al., 2020). Sifat tarik sangat berkaitan dengan kekuatan individual serat, panjang serat, tingkat fibrilasi, dan kualitas ikatan antarserat. Kajian pada brown kraft paper juga menunjukkan bahwa sifat mekanik kertas, termasuk kekuatan tarik, dipengaruhi oleh struktur serat, orientasi serat, gramatur, dan ketebalan lembaran (Prasetia et al., 2022). Oleh karena itu, kuat tarik dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai apakah perlakuan NaOH dan variasi komposisi serat mampu menghasilkan lembaran kertas daur ulang yang cukup kuat.

Daya serap air juga menjadi parameter penting karena menunjukkan kemampuan kertas dalam menerima dan menyerap cairan. Penyerapan air pada kertas berkaitan dengan struktur pori, sifat hidrofilik serat, ukuran serat, serta keberadaan bahan tambahan. Kajian kapilaritas air pada kertas menunjukkan bahwa ketinggian serapan air meningkat seiring bertambahnya waktu serapan, serta setiap jenis kertas memiliki karakter penyerapan yang berbeda karena struktur dan bahan penyusunnya tidak sama (Ardiani et al., 2020). Dalam penelitian kapilaritas tersebut, kertas HVS memiliki nilai

kapilaritas paling rendah dibandingkan beberapa jenis kertas lain, sedangkan kertas tisu memiliki serapan paling tinggi karena tidak menggunakan sizer yang mengurangi sifat hidrofilik selulosa. Temuan ini memperlihatkan bahwa daya serap air dapat digunakan untuk membaca perubahan struktur lembaran akibat perbedaan komposisi bahan dan perlakuan yang diberikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi NaOH dan komposisi serat kulit ari kelapa terhadap karakteristik kertas daur ulang berbahan dasar limbah HVS. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana variasi NaOH 5%, 10%, dan 15% serta komposisi kulit ari kelapa 15%, 20%, dan 25% memengaruhi kuat tarik dan daya serap air kertas daur ulang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif pemanfaatan limbah kulit ari kelapa sebagai bahan tambahan serat pada kertas daur ulang, sekaligus mendukung pengembangan produk kertas berbasis limbah organik yang lebih bernilai guna.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif karena data yang diperoleh berasal dari perlakuan langsung terhadap bahan dan hasilnya dinyatakan dalam bentuk angka. Rancangan penelitian disusun untuk mengetahui pengaruh dua faktor perlakuan, yaitu konsentrasi NaOH dan komposisi serat kulit ari kelapa, terhadap karakteristik kertas daur ulang yang difokuskan pada kuat tarik dan daya serap air. Pendekatan eksperimen dipilih karena penelitian dilakukan melalui proses pembuatan sampel kertas dengan variasi perlakuan yang dikendalikan, kemudian setiap sampel diuji untuk memperoleh data terukur. Dalam desain percobaan, perlakuan yang diberikan pada unit penelitian digunakan untuk melihat perubahan respons tertentu, sedangkan analisis data dilakukan untuk mengetahui kecenderungan hasil dari setiap variasi perlakuan (Djamaris et al., 2024). Prinsip ini sejalan dengan konsep desain percobaan yang menempatkan eksperimen sebagai cara untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap respons yang diamati.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kertas HVS dan kulit ari kelapa tua. Limbah kertas HVS digunakan sebagai sumber pulp utama, sedangkan kulit ari kelapa digunakan sebagai bahan tambahan serat. Bahan pendukung

yang digunakan meliputi NaOH dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, dan 15%, air, serta perekat PVAc. Proporsi campuran kulit ari kelapa yang digunakan terdiri atas 15%, 20%, dan 25%, sedangkan komposisi HVS disesuaikan menjadi 85%, 80%, dan 75%. Penelitian ini pada dasarnya menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan berupa kombinasi komposisi serat dan konsentrasi NaOH, serta pengujian yang dilakukan meliputi kuat tarik dan daya serap air.

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data pendukung. Data primer diperoleh dari hasil pengujian laboratorium terhadap sampel kertas daur ulang, yaitu nilai kuat tarik dan waktu daya serap air. Data kuat tarik diperoleh dari pengujian kemampuan lembaran kertas dalam menahan gaya tarik hingga putus, sedangkan data daya serap air diperoleh dari waktu yang dibutuhkan air untuk terserap sempurna pada permukaan kertas. Data pendukung berasal dari standar pengujian dan literatur yang relevan, seperti ISO 1924-2 untuk pengujian sifat tarik kertas serta ASTM D824 untuk pengujian daya serap air pada kertas. ISO 1924-2 menjelaskan bahwa pengujian sifat tarik kertas dilakukan dengan metode laju pertambahan panjang tetap, dan pengujian tersebut mencakup pengukuran tensile strength atau kuat tarik.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui dua tahap pengujian. Pengujian pertama adalah uji kuat tarik, yaitu pengujian untuk mengetahui kemampuan kertas daur ulang dalam menahan gaya tarik sebelum putus. Sampel kertas yang telah kering dipotong sesuai ukuran pengujian, kemudian diuji menggunakan alat uji tarik. Prinsip pengujian ini mengacu pada standar ISO 1924-2 yang menyatakan bahwa spesimen kertas perlu dikondisikan, dipotong, dan diuji dalam kondisi yang sesuai agar hasil kuat tarik tidak dipengaruhi oleh perubahan kadar air atau kerusakan pada bagian spesimen. Standar tersebut juga menjelaskan bahwa pengujian tarik sangat sensitif terhadap kondisi kelembaban sampel, sehingga penanganan spesimen perlu dilakukan secara hati-hati.

Pengujian kedua adalah uji daya serap air dengan metode tetes air atau water drop test. Pada pengujian ini, air diteteskan pada permukaan sampel kertas, kemudian waktu penyerapan dicatat menggunakan stopwatch hingga air terserap sempurna. Dalam pengujian daya serap air dilakukan dengan beberapa pengulangan, kemudian hasilnya dihitung sebagai rata-rata waktu serap dalam satuan detik. Metode ini sejalan dengan

prinsip ASTM D824 yang menjelaskan bahwa laju penyerapan air dapat ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan kertas untuk menyerap sejumlah air tertentu hingga permukaan basah tidak lagi tampak mengkilap.

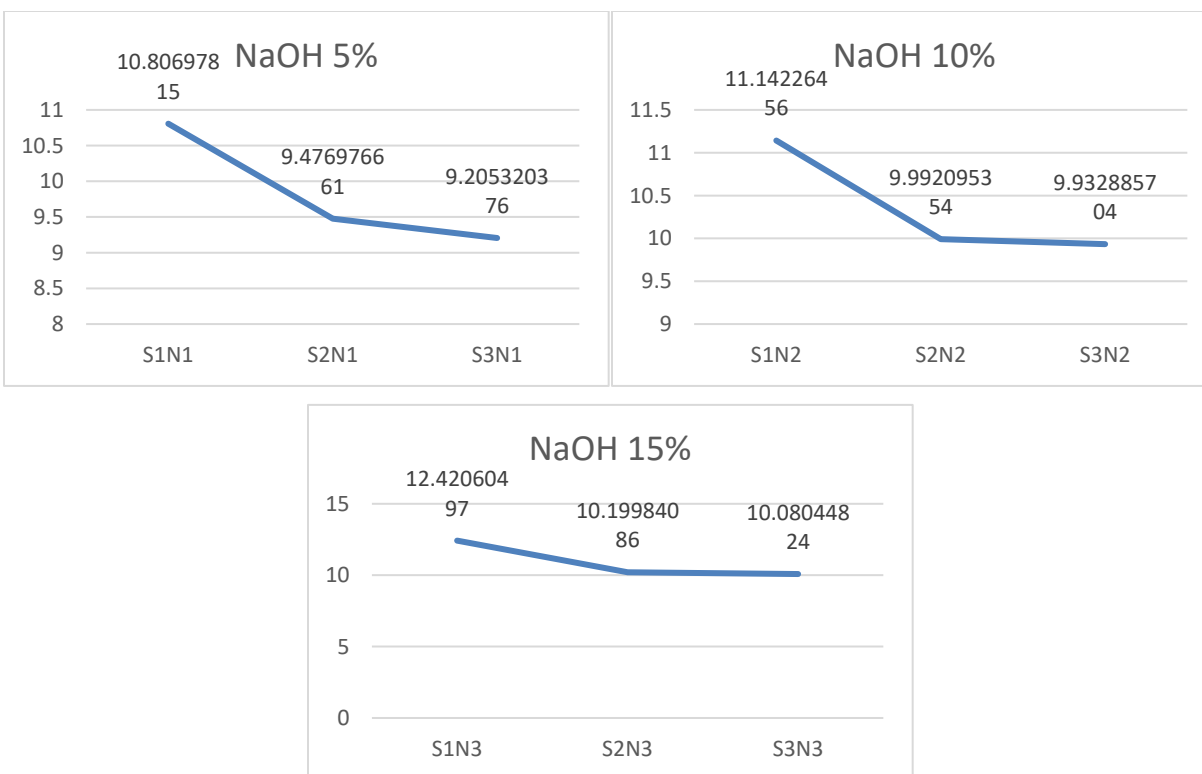
Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai rata-rata hasil pengujian pada setiap variasi sampel. Data kuat tarik dianalisis dengan melihat kecenderungan perubahan nilai akibat peningkatan konsentrasi NaOH dan peningkatan komposisi serat kulit ari kelapa. Sementara itu, data daya serap air dianalisis berdasarkan lama waktu penyerapan air pada setiap sampel. Semakin besar nilai waktu serap air, semakin lama air masuk ke dalam struktur kertas. Data hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar pola perubahan antarperlakuan dapat terlihat lebih jelas. Analisis juga dilakukan dengan menghubungkan hasil pengujian terhadap karakter serat, proses delignifikasi, dan perbedaan komposisi HVS dengan kulit ari kelapa.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini difokuskan pada dua parameter utama, yaitu kuat tarik dan daya serap air kertas daur ulang berbahan dasar limbah HVS dengan tambahan serat kulit ari kelapa. Kode sampel yang digunakan dalam pembahasan yaitu Kode S1, S2, dan S3 menunjukkan komposisi kulit ari kelapa, yaitu 15%, 20%, dan 25%, sedangkan kode N1, N2, dan N3 menunjukkan konsentrasi NaOH, yaitu 5%, 10%, dan 15%. Dengan demikian, sampel S1N1 berarti kertas dengan kulit ari kelapa 15% dan NaOH 5%, sedangkan S3N3 berarti kertas dengan kulit ari kelapa 25% dan NaOH 15%.

Hasil dan Pembahasan Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan lembaran kertas daur ulang dalam menahan gaya tarik hingga mengalami putus. Secara teoritis, kuat tarik merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kualitas mekanik kertas karena berhubungan dengan kekuatan ikatan antarserat, struktur jaringan serat, dan kemampuan lembaran mempertahankan bentuk saat menerima beban tarik. ISO 1924-2 menjelaskan bahwa pengujian sifat tarik kertas selalu mencakup pengukuran tensile strength, yaitu gaya tarik maksimum per satuan lebar yang dapat ditahan kertas sebelum putus.



Berdasarkan grafik, nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada sampel S1N3, yaitu sebesar 12,421 N/m. Sampel ini menggunakan komposisi kulit ari kelapa 15%, HVS 85%, dan NaOH 15%. Sementara itu, nilai kuat tarik terendah diperoleh pada sampel S3N1, yaitu sebesar 9,205 N/m, dengan komposisi kulit ari kelapa 25%, HVS 75%, dan NaOH 5%. Data menunjukkan bahwa pada komposisi kulit ari kelapa 15%, peningkatan konsentrasi NaOH dari 5%, 10%, hingga 15% menghasilkan kenaikan kuat tarik dari 10,807 N/m menjadi 11,142 N/m, kemudian meningkat lagi menjadi 12,421 N/m.

Jika dilihat berdasarkan pengaruh konsentrasi NaOH, nilai kuat tarik cenderung meningkat pada setiap kelompok komposisi serat. Pada komposisi kulit ari kelapa 15%, kuat tarik naik dari 10,807 N/m pada NaOH 5% menjadi 12,421 N/m pada NaOH 15%. Pada komposisi 20%, kuat tarik meningkat dari 9,477 N/m menjadi 10,200 N/m. Pada komposisi 25%, kuat tarik juga meningkat dari 9,205 N/m menjadi 10,080 N/m. Pola ini menunjukkan bahwa perlakuan NaOH memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kekuatan tarik kertas daur ulang.

Kenaikan kuat tarik akibat peningkatan konsentrasi NaOH dapat dijelaskan melalui proses delignifikasi. NaOH membantu mengurangi lignin, lemak, dan zat pengotor pada kulit ari kelapa, sehingga permukaan serat menjadi lebih terbuka dan lebih mudah

berikatan dengan pulp HVS. Penelitian Dewi et al. mengenai delignifikasi sabut kelapa tua juga menunjukkan bahwa NaOH digunakan karena serat kelapa mengandung lignin cukup tinggi, dan lignin perlu dikurangi agar serat lebih sesuai digunakan sebagai bahan pulp. Dalam penelitian tersebut, proses delignifikasi diarahkan untuk menurunkan lignin dan meningkatkan kandungan selulosa pada serat kelapa (I. A. Dewi et al., 2021).

Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Paskawati et al. yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH dan waktu hidrolisis dapat meningkatkan kadar alfa selulosa karena semakin banyak lignin yang terhidrolisis. Lignin bersifat mengikat selulosa, sehingga ketika lignin berkurang, serat selulosa menjadi lebih mudah terlepas dan dapat membentuk ikatan yang lebih baik dalam lembaran kertas (Paskawati et al., 2010). Oleh karena itu, pada penelitian ini, penggunaan NaOH 15% mampu menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan NaOH 5% dan 10%.

Namun, jika dilihat berdasarkan pengaruh komposisi kulit ari kelapa, peningkatan jumlah kulit ari kelapa justru cenderung menurunkan nilai kuat tarik. Pada NaOH 5%, kuat tarik turun dari 10,807 N/m pada komposisi 15% menjadi 9,477 N/m pada komposisi 20%, lalu turun lagi menjadi 9,205 N/m pada komposisi 25%. Pada NaOH 10%, kuat tarik juga menurun dari 11,142 N/m menjadi 9,992 N/m dan 9,933 N/m. Pola serupa terjadi pada NaOH 15%, yaitu dari 12,421 N/m menjadi 10,200 N/m dan 10,080 N/m. menjelaskan bahwa pada perlakuan NaOH 15%, nilai kuat tarik menurun ketika komposisi kulit ari kelapa dinaikkan dari 15% menjadi 20% dan 25%.

Penurunan kuat tarik akibat peningkatan komposisi kulit ari kelapa dapat terjadi karena jumlah pulp HVS semakin berkurang. Pada komposisi kulit ari kelapa 15%, jumlah HVS masih 85%, sehingga struktur lembaran masih didominasi oleh serat HVS yang lebih halus dan lebih mudah membentuk ikatan. Sebaliknya, pada komposisi 20% dan 25%, jumlah HVS berkurang menjadi 80% dan 75%. Berkurangnya serat HVS dapat menyebabkan ikatan antarserat menjadi kurang merata. Selain itu, serat kulit ari kelapa memiliki karakter yang lebih kasar dibandingkan serat HVS, sehingga jika jumlahnya terlalu banyak, distribusi serat dalam lembaran menjadi lebih sulit seragam.

Kondisi ini sesuai dengan penelitian Paskawati et al. tentang kertas komposit berbasis sabut kelapa dan HVS bekas. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa kekuatan kertas dipengaruhi oleh kekuatan individual serat, panjang serat, dan kualitas ikatan

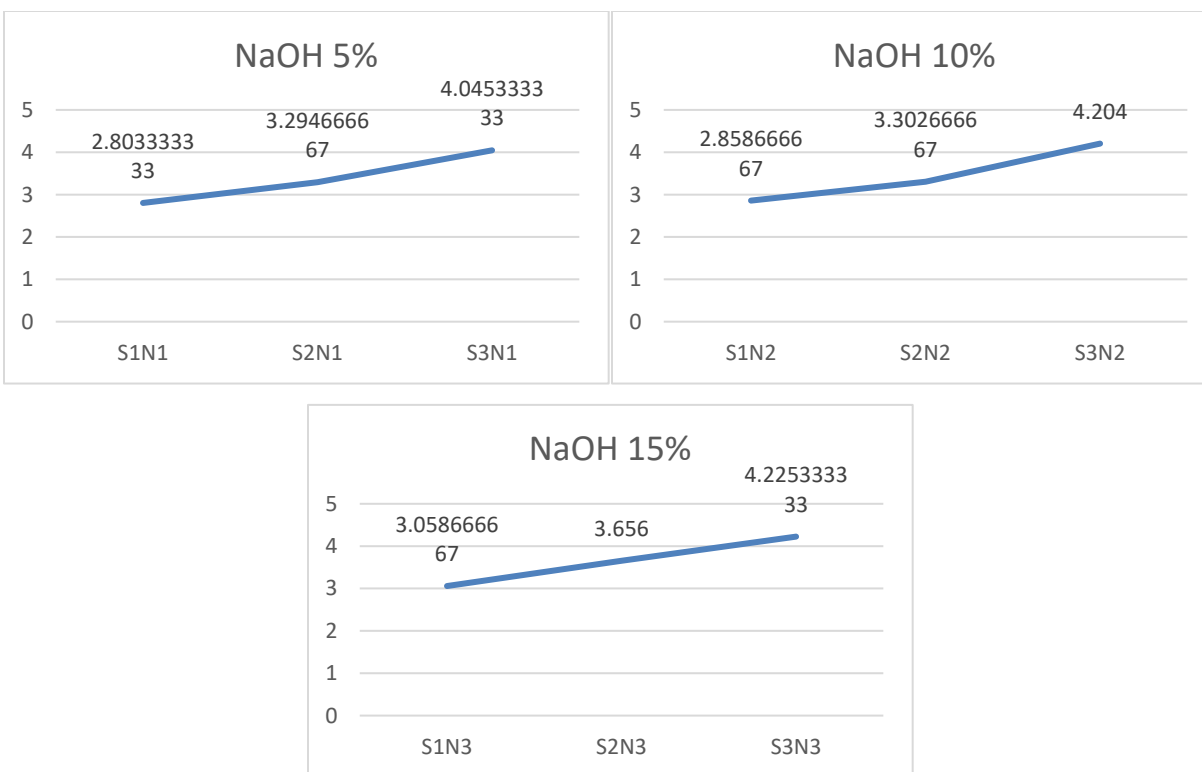
antarserat. Pada komposisi tertentu, penambahan serat kelapa dapat membantu pembentukan kertas, tetapi jika serat tidak tergiling atau tidak terikat dengan baik, ikatan antarserat tidak terbentuk secara optimal. Penelitian tersebut juga menemukan bahwa komposisi campuran pulp sabut kelapa dan pulp HVS bekas terbaik berada pada perbandingan 20:80, sedangkan penggunaan serat kelapa yang terlalu dominan justru menyulitkan pencetakan kertas (Paskawati et al., 2010).

Selain itu, penelitian mengenai sifat mekanik brown kraft paper juga menjelaskan bahwa sifat tarik kertas sangat dipengaruhi oleh ikatan serat dan struktur jaringan lembaran. Kertas yang memiliki jaringan serat lebih baik akan mampu menahan gaya tarik lebih besar sebelum mengalami kerusakan (Prasetia et al., 2022). Hal ini memperkuat hasil penelitian ini bahwa komposisi kulit ari kelapa 15% menghasilkan kuat tarik lebih baik karena struktur lembaran masih cukup stabil dan tidak terlalu terganggu oleh serat tambahan yang kasar.

Berdasarkan seluruh hasil kuat tarik, variasi S1N3 dapat dianggap sebagai variasi terbaik untuk parameter mekanik. Sampel ini menunjukkan bahwa kombinasi serat kulit ari kelapa dalam jumlah rendah dengan NaOH tinggi mampu menghasilkan ikatan antarserat yang lebih kuat. Komposisi kulit ari kelapa 15% masih cukup untuk memberikan tambahan serat, tetapi tidak terlalu banyak sampai mengganggu dominasi serat HVS. Sementara itu, NaOH 15% membantu proses pembersihan serat sehingga ikatan antara serat kulit ari kelapa dan pulp HVS menjadi lebih baik.

Hasil dan Pembahasan Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan air agar terserap ke dalam permukaan kertas. Pada penelitian ini, daya serap air dinyatakan dalam satuan detik. Semakin kecil nilai waktu serap, semakin cepat air masuk ke dalam permukaan kertas. Sebaliknya, semakin besar nilai waktu serap, semakin lama air menembus struktur kertas. ASTM D824 menjelaskan bahwa laju penyerapan air pada kertas dapat ditentukan dengan mengukur waktu yang diperlukan kertas untuk menyerap sejumlah air tertentu sampai permukaan basah tidak lagi tampak mengkilap.



Berdasarkan grafik, waktu serap air tercepat terdapat pada sampel S1N1, yaitu 2,803 detik, sedangkan waktu serap air paling lama terdapat pada sampel S3N3, yaitu 4,225 detik. Data grafik menunjukkan bahwa setiap sampel diuji dengan pengulangan, kemudian hasilnya dihitung sebagai rata-rata waktu serap air. Dalam data tersebut, sampel dengan komposisi kulit ari kelapa 15% dan NaOH 5% menjadi sampel tercepat menyerap air, sedangkan sampel dengan kulit ari kelapa 25% dan NaOH 15% memiliki waktu serap paling lama.

Jika dilihat berdasarkan pengaruh komposisi kulit ari kelapa, peningkatan komposisi serat menyebabkan waktu serap air semakin lama. Pada NaOH 5%, waktu serap meningkat dari 2,803 detik pada komposisi 15% menjadi 3,295 detik pada komposisi 20%, lalu naik menjadi 4,045 detik pada komposisi 25%. Pada NaOH 10%, waktu serap meningkat dari 2,859 detik menjadi 3,303 detik dan 4,204 detik. Pada NaOH 15%, waktu serap meningkat dari 3,059 detik menjadi 3,656 detik dan 4,225 detik. Pola tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak kulit ari kelapa yang digunakan, semakin lambat air terserap ke dalam lembaran kertas.

Peningkatan waktu serap air ini dapat disebabkan oleh karakter serat kulit ari kelapa yang lebih kasar dan lebih padat dibandingkan serat HVS. Ketika komposisi kulit

ari kelapa bertambah, struktur lembaran cenderung menjadi lebih rapat dan tidak mudah ditembus air. Selain itu, semakin tinggi komposisi kulit ari kelapa, semakin sedikit jumlah HVS dalam campuran. Serat HVS yang lebih halus dapat membantu membentuk pori-pori lembaran yang lebih merata, sedangkan kulit ari kelapa yang lebih kasar dapat menyebabkan susunan serat menjadi lebih tidak seragam dan lebih padat pada beberapa bagian.

Hasil ini sesuai dengan kajian Ardiani et al. mengenai kapilaritas air pada kertas. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa penyerapan air pada kertas berkaitan dengan waktu serap, laju serap, dan struktur pori kertas. Air dapat masuk melalui celah sempit atau pori-pori pada struktur lembaran, sehingga perbedaan jenis kertas dan karakter permukaannya akan menghasilkan kemampuan penyerapan yang berbeda (Ardiani et al., 2020). Dengan demikian, perubahan komposisi serat dalam penelitian ini wajar menyebabkan perubahan waktu serap air karena struktur pori dan kepadatan lembaran ikut berubah.

Jika dianalisis berdasarkan konsentrasi NaOH, peningkatan NaOH juga cenderung memperlama waktu serap air. Pada komposisi kulit ari kelapa 15%, waktu serap naik dari 2,803 detik pada NaOH 5% menjadi 2,859 detik pada NaOH 10%, lalu meningkat menjadi 3,059 detik pada NaOH 15%. Pada komposisi 20%, waktu serap meningkat dari 3,295 detik menjadi 3,303 detik dan 3,656 detik. Pada komposisi 25%, waktu serap meningkat dari 4,045 detik menjadi 4,204 detik dan 4,225 detik. Kenaikan ini menunjukkan bahwa proses delignifikasi yang lebih kuat dapat memengaruhi struktur lembaran, sehingga air membutuhkan waktu lebih lama untuk terserap.

Secara teoritis, NaOH dapat membantu mengurangi lignin dan zat pengotor pada serat.

Ketika lignin berkurang, serat menjadi lebih terbuka dan lebih mudah membentuk ikatan dengan serat lain. Ikatan antarserat yang lebih baik dapat menghasilkan struktur lembaran yang lebih kompak. Pada satu sisi, struktur yang lebih kompak baik untuk meningkatkan kuat tarik, tetapi pada sisi lain dapat memperlambat masuknya air ke dalam pori-pori kertas. Inilah yang menyebabkan sampel dengan NaOH lebih tinggi cenderung memiliki waktu serap air yang lebih lama.

Hasil ini juga sejalan dengan penjelasan yang menyebutkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH dapat membantu membersihkan lignin dan zat pengotor pada kulit ari

kelapa, sehingga serat menjadi lebih terbuka dan lebih mudah menyatu dengan pulp HVS. Namun, ketika jumlah kulit ari kelapa semakin banyak, struktur serat tetap menjadi lebih padat dan tebal, sehingga air membutuhkan waktu lebih lama untuk masuk ke pori-pori kertas.

Pada pengujian daya serap air, sampel S3N3 menghasilkan waktu serap paling lama, yaitu 4,225 detik. Dalam konteks tertentu, waktu serap yang lebih lama dapat menunjukkan bahwa lembaran kertas lebih padat dan tidak terlalu cepat ditembus air. Namun, nilai ini tidak dapat langsung dianggap sebagai kualitas terbaik secara keseluruhan karena parameter kuat tarik pada sampel S3N3 masih lebih rendah dibandingkan S1N3. Dengan kata lain, daya serap air yang lebih lambat pada S3N3 tidak diikuti oleh kuat tarik tertinggi.

Sebaliknya, sampel S1N1 memiliki waktu serap tercepat, yaitu 2,803 detik, tetapi kuat tariknya belum menjadi yang tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa struktur sampel S1N1 lebih mudah menyerap air, tetapi ikatan antarseratnya belum sekuat sampel dengan NaOH lebih tinggi. Oleh karena itu, penentuan variasi terbaik tidak dapat hanya didasarkan pada satu parameter. Kuat tarik dan daya serap air perlu dilihat secara bersamaan agar dapat diperoleh komposisi yang paling seimbang.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi NaOH dan komposisi serat kulit ari kelapa berpengaruh terhadap kuat tarik dan daya serap air kertas daur ulang berbahan dasar limbah HVS. Pada pengujian kuat tarik, peningkatan konsentrasi NaOH cenderung meningkatkan kekuatan kertas karena perlakuan alkali membantu mengurangi lignin dan zat pengotor pada kulit ari kelapa, sehingga serat menjadi lebih mudah berikatan dengan pulp HVS. Namun, peningkatan komposisi kulit ari kelapa dari 15% menjadi 25% cenderung menurunkan kuat tarik karena jumlah pulp HVS berkurang dan struktur serat menjadi kurang merata. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat alami perlu dilakukan dalam komposisi yang seimbang agar tidak mengganggu ikatan antarserat pada lembaran kertas. Temuan ini sejalan dengan kajian sebelumnya yang menyatakan bahwa kuat tarik kertas dipengaruhi oleh panjang serat, kualitas ikatan antarserat, dan komposisi bahan baku (Paskawati et al., 2010).

Pada pengujian daya serap air, semakin tinggi komposisi kulit ari kelapa dan konsentrasi NaOH, waktu penyerapan air cenderung semakin lama. Waktu serap air tercepat terdapat pada sampel S1N1, yaitu komposisi kulit ari kelapa 15% dan NaOH 5%, sebesar 2,803 detik. Sementara itu, waktu serap air paling lama terdapat pada sampel S3N3, yaitu komposisi kulit ari kelapa 25% dan NaOH 15%, sebesar 4,225 detik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penambahan kulit ari kelapa dapat membuat struktur kertas menjadi lebih padat, sehingga air membutuhkan waktu lebih lama untuk masuk ke dalam pori-pori kertas. Hasil ini juga berkaitan dengan teori kapilaritas, yaitu bahwa penyerapan air pada kertas dipengaruhi oleh struktur pori, sifat serat, dan kondisi permukaan kertas (Ardiani et al., 2020).

Secara keseluruhan, variasi terbaik dalam penelitian ini adalah sampel S1N3, yaitu kertas dengan komposisi kulit ari kelapa 15%, HVS 85%, dan NaOH 15%. Sampel ini menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 12,421 N/m dan memiliki waktu serap air sebesar 3,059 detik, sehingga dinilai paling seimbang antara kekuatan mekanik dan kemampuan menyerap air. Dengan demikian, kulit ari kelapa berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan serat dalam pembuatan kertas daur ulang, terutama jika digunakan dalam komposisi rendah dan diberi perlakuan NaOH yang tepat.

Daftar Referensi

- Ardiani, S., Rahmayanti, H. D., & Akmalia, N. (2020). The Study of Paper Capillarity with a Simple Technique. *Jurnal Ilmiah Jurusan Penerbitan Politeknik Negeri Media Kreatif*, 8(1).
- Cahyana, S. A., & Sulistiyowati, W. (2020). *BUKU AJAR PROSES KIMIA DALAM INDUSTRI MANUFACTUR 2*.
- Dewi, F. K., Djonaedi, E., & Kartika, R. N. (2025). Pengaruh Penambahan TiO_2 terhadap Kemampuan Distribusi Warna Cetakan pada Kertas Komposit Berbasis Ampas Tebu. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(2), 97–105.
- Dewi, I. A., Ihwah, A., Setyawan, H. Y., Kurniasari, A. A. N., & Ulfah, A. (2021). *Optimization of NaOH concentration and cooking time in delignification of mature coconut (Cocus nucifera L.) coir Optimization of NaOH concentration and cooking time in delignification of mature coconut (Cocus nucifera L.) coir*.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012034>

Djamaris, A., Aridiansyah, Sari, D. A. P., & Novianti, M. D. (2024). *BUKU DESAIN PERCOBAAN: TEORI DAN APLIKASI*.

Hartini. (2023). Pertumbuhan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Pada Media Testa Kelapa Dengan Proses Pretreatment Menggunakan EM4. *UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 2013. <https://digilib.uinsgd.ac.id/id/eprint/88614>

Istikowati, W. T., Sunardi, & Sutiya, B. (2020). *TEKNOLOGI PULP DAN KERTAS*.

Kementrian Pertanian. (2023). *BUKU OUTLOOK Kelapa*.

Kondo, Y., & Arsyad, M. (2018). *Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa , dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali*. 5(2), 94–97.

Paskawati, Y. A., Susyana, Antaresti, & Retnoningtyas, E. S. (2010). PEMANFAATAN SABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN KERTAS KOMPOSIT ALTERNATIF. *Widya Teknik*, 9(1), 12–21.

Permana, H. A., Delvitasari, F., & Hartari, W. R. (2024). *Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Suhu Delignifikasi pada Kandungan Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (Effect of NaOH Concentration and Delignification Temperature on Lignocellulose Content of Empty Fruit Bunches of Oil Palm)*. 12(1), 51–58.

Prasetia, R., Purbawati, & Halikianoor. (2022). *POTENSI AMPAS KELAPA (Cocos nucifera L.) SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN PEMBUATAN KERTAS KOMPOSIT*. 01(01), 22–26.

Rahmi, S., Safrizal, Yusmanizar, & Susanti, D. (2021). Pembuatan Kelapa Parut Kering (Desiccated Coconut) di PT . Rejeki Bersamah, Kabupaten Simeulue. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 3(2), 27–34.