Arus Jurnal Sains dan Teknologi (AJST)
Website: http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst
Email: jurnal.ajst@ardenjaya.com

Analisis Pengaruh Konsentrasi Naoh dan Penambahan Kertas HVS terhadap Kuat Tarik Kertas Ivory Berbahan Dasar Limbah Kulit Pisang dengan Tepung Tapioka Sebagai Binder

INFO PENPULIS

Descham Aditua Situmorang
Politeknik Negeri Jakarta
descham.aditua.situmorang.tgp22@mhsw.pnj.ac.id

Heribertus Rudi Kusumantoro
Politeknik Negeri Jakarta
rudi.kusumantoro@grafika.pnj.ac.id

Rachmah Nanda Kartika
Politeknik Negeri Jakarta
rachmah.nanda.kartika@grafika.pnj.ac.id

INFO ARTIKEL

ISSN: 3026-3603
Vol. 4, No. 2 Oktober 2026
http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst

© 2026 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Situmorang, D. A. Kusumantoro, H. R., & Kartika, R. N. (2026). Analisis Pengaruh Konsentrasi Naoh dan Penambahan Kertas HVS terhadap Kuat Tarik Kertas Ivory Berbahan Dasar Limbah Kulit Pisang dengan Tepung Tapioka Sebagai Binder*Arus Jurnal Sains dan Teknologi , 4* (2),380-387.

Abstrak

Kertas ivory merupakan jenis kertas karton berkualitas tinggi yang banyak digunakan pada industri percetakan dan pengemasan karena memiliki kekuatan fisik dan tampilan premium yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) sebesar 6% dan 8% serta variasi penambahan kertas HVS bekas (10%, 20%, 30%, dan 40%) terhadap kuat tarik kertas ivory berbahan dasar limbah kulit pisang dengan tepung tapioka 5% sebagai bahan pengikat. Data ketebalan juga digunakan sebagai parameter pendukung untuk memahami hubungan antara struktur serat dan kekuatan tarik yang dihasilkan. Metode penelitian adalah eksperimen laboratorium dengan total 8 sampel. Pengujian kuat tarik mengacu pada SNI 14-0937-2005 dan SNI ISO 1924-2:2016 menggunakan Universal Tensile Machine (UTM), sementara pengujian ketebalan mengacu pada SNI 14-0091-1998. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik rata-rata seluruh sampel berkisar antara 13,20 N/mm^2 hingga 31,73 N/mm^2, jauh melampaui standar minimal SNI untuk kertas cetak C sebesar 1,18 N/mm^2. Sampel A4 (NaOH 8%, HVS 40%) menghasilkan kuat tarik tertinggi sebesar 31,73 N/mm^2, yang mendekati nilai tensile strength kertas ivory papan komersial berbasis kayu. Penambahan proporsi kertas HVS dan peningkatan konsentrasi NaOH secara konsisten meningkatkan kuat tarik kertas ivory yang dihasilkan. Temuan ini membuktikan bahwa limbah kulit pisang berpotensi menjadi bahan baku alternatif yang layak untuk produksi kertas ivory ramah lingkungan.

Kata kunci: kuat tarik, kertas ivory, kulit pisang, NaOH, kertas HVS, tepung tapioka

Abstract

Ivory paper is a high-quality paperboard widely used in the printing and packaging industry due to its superior physical strength and premium appearance. This study investigates the effect of varying sodium hydroxide (NaOH) concentrations (6% and 8%) and HVS recycled paper additions (10%, 20%, 30%, and 40%) on the tensile strength of ivory paper made from banana peel waste using 5% tapioca starch as a binder. Thickness data is also employed as a supporting parameter to understand the relationship between fiber structure and tensile strength. A laboratory experimental method was used, involving 8 samples. Tensile strength testing referred to SNI 14-0937-2005 and SNI ISO 1924-2:2016 using a Universal Tensile Machine (UTM), while thickness testing referred to SNI 14-0091-1998. Results showed that average tensile strength values ranged from 13.20 to 31.73 N/mm^2, far exceeding the minimum SNI standard for printing paper C of 1.18 N/mm^2. Sample A4 (NaOH 8%, HVS 40%) achieved the highest tensile strength of 31.73 N/mm^2, approaching the tensile strength values of commercial wood-based ivory paperboard. Increasing HVS proportions and higher NaOH concentrations consistently improved tensile strength. These findings demonstrate that banana peel waste is a viable alternative raw material for environmentally friendly ivory paper production.

Keywords: tensile strength, ivory paper, banana peel, NaOH, HVS paper, tapioca starch

A. Pendahuluan

Kebutuhan kertas di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi, dengan konsumsi nasional diperkirakan mencapai jutaan ton per tahun (Rosmainar, 2017). Industri kertas konvensional masih sangat bergantung pada kayu sebagai sumber serat selulosa utama. Setiap ton bubur kertas memerlukan sedikitnya 4,5meter kubik kayu gelondongan, sehingga Indonesia diperkirakan telah kehilangan sekitar 72% hutan aslinya akibat eksploitasi bahan baku ini (Novianti & Agustina, 2016). Kondisi ini mendorong kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sumber serat alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu bahan baku yang sangat potensial adalah limbah kulit pisang. Pisang (Musa paradisiaca) merupakan komoditas pertanian yang melimpah di Indonesia karena iklim tropis yang mendukung, dan dapat dipanen sepanjang tahun. Limbah kulit pisang yang dihasilkan sangat besar namun pemanfaatannya masih belum optimal (Oktovani, 2021). Secara kimiawi, kulit pisang mengandung selulosa sebesar 60–65%, hemiselulosa 6–8%, dan lignin yang relatif rendah sebesar 5–10% (Novianti & Agustina, 2016). Kandungan selulosa tinggi ini menjadikannya sangat potensial sebagai bahan baku pembuatan kertas, bahkan melampaui kayu lunak yang hanya mengandung selulosa sekitar 41% (Novianti & Agustina, 2016).

Kertas ivory merupakan salah satu jenis karton (paperboard) yang memiliki nilai ekonomi tinggi di industri percetakan dan pengemasan. Kertas ini memiliki karakteristik permukaan halus pada satu sisi, tingkat kekakuan yang baik, serta kekuatan mekanik yang memadai untuk diaplikasikan sebagai kemasan kosmetik, makanan, farmasi, kartu nama, dan produk premium lainnya (PUTRI, 2021). Kertas ivory komersial berbasis kayu umumnya tersedia dalam gramatur 210–400 gsm dan memiliki nilai kuat tarik yang tinggi. Oleh karena itu, upaya produksi kertas ivory dari bahan non-kayu perlu memenuhi standar kekuatan mekanik yang sebanding agar dapat bersaing di pasar. Proses delignifikasi menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) merupakan metode alkalisasi yang terbukti efektif untuk memisahkan lignin dari serat selulosa pada bahan non-kayu. NaOH bekerja dengan cara melarutkan lignin dan hemiselulosa melalui reaksi ion hidroksil (OH−) sehingga menghasilkan pulp selulosa yang lebih murni (E & Widayatno, 2023). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH 6% menghasilkan kuat tarik terbaik sebesar 6,16 Nm/g pada kertas dari kulit pisang kepok (Ramadhany et al., 2021), sementara penelitian lain menunjukkan bahwa perlakuan alkali yang terlalu tinggi dapat merusak struktur serat (Nisa et al., 2022).

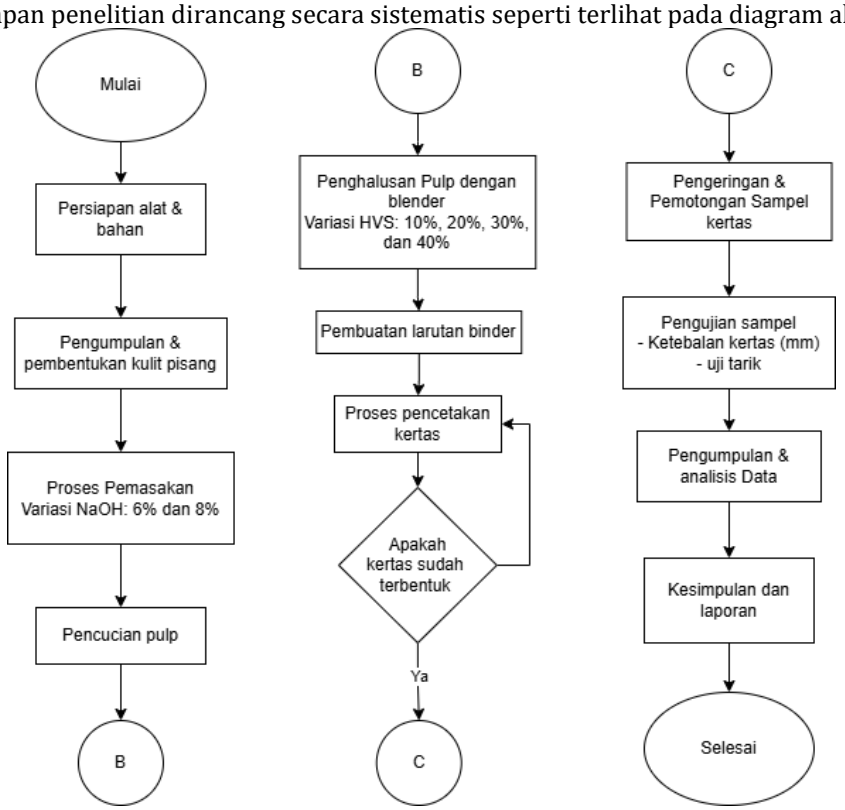
Tepung tapioka sebagai bahan pengikat (binder) alami telah terbukti meningkatkan kuat tarik kertas berbahan non-kayu. Kandungan amilopektin tinggi pada tapioka memberikan sifat adhesif yang kuat sehingga membantu mengikat serat selulosa menjadi lembaran yang lebih kohesif dan kuat (Lekahena, 2016). Penambahan tapioka sebanyak 10% dilaporkan dapat meningkatkan kuat tarik kertas kulit pisang hingga 7,67 Nm/g, mendekati nilai kertas seni komersial (Chandra, 2020). Selain itu, penambahan kertas HVS bekas sebagai sumber serat

sekunder merupakan strategi yang efektif untuk memperkuat jaringan serat dalam lembaran kertas, karena serat selulosa dari kertas daur ulang memiliki kemampuan membentuk ikatan hidrogen yang kuat antar serat (Rahmi & Oktayanti, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi NaOH (6% dan 8%) dan variasi penambahan kertas HVS bekas (10%, 20%, 30%, dan 40%) terhadap kuat tarik kertas ivory berbahan dasar limbah kulit pisang dengan tepung tapioka 5% sebagai binder. Data ketebalan juga dikaji sebagai parameter pendukung yang memiliki hubungan erat dengan kuat tarik. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengembangan kertas ivory berbasis limbah organik yang memenuhi standar kekuatan mekanik dan mendukung industri percetakan yang lebih berkelanjutan.

B. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian berlangsung selama 4 bulan, terhitung mulai dari persiapan alat dan bahan, proses pembuatan sampel, pengujian, hingga analisis data.

1. Variabel Penelitian
   Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi NaOH (6% dan 8%) dan proporsi penambahan kertas HVS bekas (10%, 20%, 30%, dan 40%). Variabel kontrol meliputi: rasio kulit pisang terhadap larutan NaOH = 1:6 (b/v), konsentrasi tepung tapioka 5%, suhu pemasakan 80–90°C, waktu pemasakan 1 jam, dan jenis kulit pisang (tanduk dan kepok). Variabel terikat yang diukur adalah kuat tarik (N/mm^2) sebagai parameter utama, serta ketebalan (mm) sebagai parameter pendukung.
2. Prosedur Pembuatan Kertas Ivory
   Seluruh tahapan penelitian dirancang secara sistematis seperti terlihat pada diagram alur berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alur Pembuatan Kertas Ivory dari Limbah Kulit Pisang

Tahap pertama Persiapan Bahan Baku. Kulit pisang jenis tanduk dan kepok dikumpulkan dari pedagang pasar tradisional. Kulit pisang dibersihkan menggunakan air mengalir, lalu dipotong kecil-kecil berukuran 1–2 cm untuk memperluas permukaan kontak reaksi delignifikasi. Pemotongan seragam sangat krusial agar efektivitas reaksi merata pada seluruh bahan.

Lalu dilanjutkan dengan proses Delignifikasi (Pemasakan dengan NaOH). Sebanyak 50gram kulit pisang dimasak dalam larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 6% dan 8% (rasio 1:6 b/v dalam 300 ml larutan) pada suhu 80–90°C selama 1 jam menggunakan hotplate stirrer. Reaksi ion OH^- pada NaOH akan melarutkan lignin (membentuk lignanat larut) dan hemiselulosa (membentuk monomer larut seperti xilosa dan arabinosa), sehingga menyisakan serat selulosa murni (E & Widayatno, 2023). Setelah pemasakan selesai, pulp dicuci dengan air mengalir hingga pH mendekati netral untuk menghilangkan sisa NaOH dan lignin cair.

Tahap selanjutnya Penghalusan Pulp dan Penambahan HVS. Pulp yang telah dicuci dihaluskan bersama kertas HVS bekas (yang telah direndam air terlebih dahulu) menggunakan blender. Variasi HVS yang ditambahkan adalah 10%, 20%, 30%, dan 40% dari total berat campuran serat. Penghalusan bertujuan memisahkan serat-serat selulosa menjadi lebih halus dan merata, sehingga serat HVS dan serat kulit pisang dapat tercampur secara homogen dan membentuk jaringan yang kuat (Rahmi & Oktayanti, 2024).

Setelahnya proses Penambahan Binder dan Pencetakan. Tepung tapioka sebanyak 5% dilarutkan dalam air dingin terlebih dahulu hingga larut sempurna untuk menghindari penggumpalan, kemudian dicampurkan ke dalam campuran pulp dan diaduk rata. Pulp kemudian dituangkan ke dalam bak berisi air, diaduk merata, lalu dicetak menggunakan screen sablon (frame kayu). Screen dicelupkan ke dalam bak pulp sambil digoyangkan perlahan agar serat tersebar merata membentuk lembaran. Setelah air menetes, lembaran dibalik di atas alas plastik dan ditekan dengan spons untuk menyerap air berlebih.

Tahap terakhir yaitu proses Pengeringan. Lembaran kertas basah dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3–5 jam hingga kadar air hilang dan lembaran mengeras sempurna. Total sampel yang dibuat adalah 8 sampel.

3. Metode Pengujian

1. Uji Ketebalan
   Ketebalan diukur menggunakan thickness gauge pada 5 titik berbeda per sampel (P1, P2, P3) untuk mendapatkan distribusi ketebalan yang representatif. Nilai rata-rata per percobaan dan rata-rata keseluruhan sampel dihitung. Ketebalan merupakan parameter pendukung yang memiliki korelasi dengan kuat tarik — semakin kompak dan merata ketebalan lembaran, umumnya kuat tariknya semakin baik.
2. Uji Kuat Tarik
   (SNI 14-0937-2005 / SNI ISO 1924-2:2016). Kuat tarik diuji menggunakan Universal Tensile Machine (UTM) dengan sampel berukuran 15 × 100 mm, jarak jepit 180 mm, dan kecepatan penarikan 20 mm/menit sesuai standar. Gaya maksimum saat sampel putus dicatat sebagai nilai kuat tarik dalam satuan N/mm^2. Setiap kode sampel diuji 3 kali ulangan (P1, P2, P3) untuk mendapatkan nilai rata-rata yang representatif dan meminimalkan kesalahan pengukuran. Standar minimal kuat tarik kertas cetak C menurut SNI adalah 1,18 N/mm^2 (Nasional, 2005, 2016).

C. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pengujian Ketebalan sebagai Parameter Pendukung

Pengujian ketebalan dilakukan sebagai parameter pendukung untuk memahami struktur fisik lembaran kertas yang terbentuk. Ketebalan yang merata dan konsisten mengindikasikan distribusi serat yang baik, yang pada akhirnya berkorelasi dengan kekuatan tarik kertas. Hasil lengkap pengujian ketebalan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Ketebalan Kertas Ivory

variasi				Percobaan	titik 1	titik 2	titik 3	titik 4	titik 5	Rata rata	Rata rata total
K.pisang	Tepung	NaoH	HVS								
50 gr	20%	8%	10 %	P 1	0,525	0,335	0,437	0,639	0,521	0,4914	0,4840
				P 2	0,502	0,659	0,532	0,500	0,526	0,5438	
				P 3	0,440	0,364	0,350	0,428	0,502	0,4168	
			20 %	P 1	0,736	0,713	0,605	0,614	0,659	0,6654	0,6779
				P 2	0,703	0,691	0,675	0,634	0,602	0,661	
				P 3	0,685	0,671	0,659	0,720	0,802	0,7074	
			30 %	P 1	1,056	0,966	0,862	0,671	0,873	0,8856	0,8378
				P 2	0,944	0,895	0,781	0,791	0,850	0,8522	

				P 3	0,807	0,825	0,855	0,636	0,755	0,7756	
			40 %	P 1	1,526	1,449	1,114	1,228	1,292	1,3218	1,3833
				P 2	1,490	1,522	1,255	1,317	1,354	1,3876	
				P 3	1,474	1,497	1,305	1,403	1,524	1,4406	
		6%	10 %	P 1	0,391	0,341	0,313	0,369	0,416	0,366	0,4485
				P 2	0,567	0,517	0,581	0,405	0,532	0,5204	
				P 3	0,340	0,324	0,425	0,512	0,695	0,4592	
			20 %	P 1	0,673	0,691	0,573	0,636	0,753	0,6652	0,5679
				P 2	0,621	0,601	0,491	0,478	0,752	0,5886	
				P 3	0,391	0,409	0,399	0,565	0,485	0,4498	
			30 %	P 1	0,795	0,744	0,604	0,534	0,483	0,632	0,5959
				P 2	0,761	0,724	0,616	0,711	0,620	0,6864	
				P 3	0,635	0,575	0,503	0,273	0,361	0,4694	
			40 %	P 1	1,643	1,663	1,865	1,895	1,521	1,7174	1,8169
				P 2	2,140	2,005	1,847	1,788	1,975	1,951	
				P 3	1,938	1,932	1,842	1,724	1,475	1,7822	

Berdasarkan Tabel 1, ketebalan rata-rata sampel meningkat secara signifikan seiring bertambahnya proporsi kertas HVS. Pada kelompok NaOH 8%, ketebalan meningkat dari 0,484 mm (A1) menjadi 1,383 mm (A4). Pada kelompok NaOH 6%, peningkatan lebih drastis, dari 0,449 mm (B1) menjadi 1,817 mm (B4). Penambahan serat HVS menambah massa serat dalam campuran pulp sehingga lembaran yang terbentuk lebih tebal dan padat (Rahmi & Oktayanti, 2024).

Menariknya, sampel B4 menunjukkan ketebalan tertinggi (1,817 mm) meskipun menggunakan NaOH konsentrasi lebih rendah (6%). Hal ini mengindikasikan bahwa pada NaOH 8%, proses delignifikasi lebih intensif sehingga serat yang tersisa lebih tipis dan halus, menghasilkan lembaran yang lebih kompak namun tidak sepengembang sampel dengan NaOH 6% pada penambahan HVS yang sama. Pola ketebalan ini akan digunakan sebagai konteks analisis kuat tarik pada subbab berikutnya.

2. Hasil Pengujian Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan parameter utama dalam penelitian ini, mengukur kemampuan lembaran kertas ivory untuk menahan gaya tarik hingga putus. Hasil pengujian kuat tarik selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Kertas Ivory

sampel	Variasi				Percobaan	Uji tarik	rata rata
	K.pisang	Tepung	NaoH	HVS			
A1	50 gr	20%	8%	10%	P 1	22,6	21,367
					P 2	18,3	
					P 3	23,2	
A2				20%	P 1	16,4	18,967
					P 2	19,4	

					P 3	21,1	
A3				30%	P 1	26,8	25,667
					P 2	29,1	
					P 3	21,1	
A4				40%	P 1	31,2	31,733
					P 2	32,4	
					P 3	31,6	
B1			6%	10%	P 1	21,4	16,933
					P 2	13,8	
					P 3	15,6	
B2				20%	P 1	15,5	13,200
					P 2	11,5	
					P 3	12,6	
B3				30%	P 1	25,4	23,900
					P 2	23,6	
					P 3	22,7	
B4				40%	P 1	29,1	26,000
					P 2	27,5	
					P 3	21,4	

3. Analisis Pengaruh Penambahan Kertas HVS terhadap Kuat Tarik

Data pada Tabel 2 menunjukkan tren yang jelas: penambahan proporsi kertas HVS secara umum meningkatkan nilai kuat tarik. Pada kelompok NaOH 8%, nilai kuat tarik meningkat dari rata-rata 21,37 N/mm^2 (A1, HVS 10%) menjadi 31,73 N/mm^2 (A4, HVS 40%), meskipun sempat turun di A2 (18,97 N/mm^2). Pada kelompok NaOH 6%, tren serupa terjadi, dari 16,93 N/mm^2 (B1) naik menjadi 26,00 N/mm^2 (B4), dengan penurunan sementara di B2 (13,20 N/mm^2).

Penurunan sementara pada HVS 20% (sampel A2 dan B2) dapat dijelaskan oleh fenomena distribusi serat yang belum optimal. Pada proporsi HVS 20%, jumlah serat dari kertas HVS belum cukup untuk membentuk jaringan serat yang kohesif dan merata bersama serat kulit pisang, sementara konsentrasi binder tapioka relatif per serat sudah berkurang. Hal ini menyebabkan ikatan antar serat menjadi lebih lemah sehingga kuat tarik menurun sementara (Rahmi & Oktayanti, 2024). Pada HVS 30% dan 40%, serat HVS sudah dalam jumlah yang cukup untuk mengisi celah antar serat kulit pisang dan membentuk jaringan yang lebih kuat melalui ikatan hidrogen antar serat selulosa (Ramadhany et al., 2021).

Mekanisme peningkatan kuat tarik oleh penambahan HVS dapat dijelaskan dari sifat serat selulosa itu sendiri. Serat dari kertas HVS daur ulang memiliki karakteristik serat pendek dengan permukaan yang telah mengalami proses beating, sehingga luas permukaan kontaknya lebih besar dan lebih mudah membentuk ikatan antar serat (Gilbert et al., 2025). Ketika dicampurkan dengan serat panjang dari kulit pisang, serat pendek HVS berfungsi sebagai "pengisi" yang mengisi ruang kosong antar serat panjang, menghasilkan struktur lembaran yang lebih rapat dan kuat Secara mekanik .

4. Analisis Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Kuat Tarik

Perbandingan kelompok A (NaOH 8%) dan kelompok B (NaOH 6%) pada Tabel 2 menunjukkan bahwa NaOH 8% secara konsisten menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi pada semua variasi HVS, kecuali pada HVS 10% di mana B1 (16,93 N/mm^2) lebih rendah dari A1 (21,37 N/mm^2). Selisih terbesar terjadi pada HVS 20%: A2 (18,97 N/mm^2) jauh lebih tinggi dari B2 (13,20 N/mm^2).

NaOH 8% lebih efektif menghilangkan lignin dan hemiselulosa dari serat kulit pisang dibandingkan NaOH 6%. Lignin yang tersisa dalam serat bertindak sebagai "penghalang" yang mengurangi kemampuan serat selulosa untuk membentuk ikatan hidrogen antar serat saat proses pengeringan (E & Widayatno, 2023). Dengan delignifikasi yang lebih sempurna, serat selulosa yang dihasilkan dari perlakuan NaOH 8% memiliki permukaan yang lebih bersih dan lebih banyak gugus hidroksil (OH−) yang tersedia untuk membentuk ikatan hidrogen, sehingga ikatan antar serat lebih kuat dan kuat tarik kertas meningkat (Nisa et al., 2022).

Namun demikian, konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat berdampak negatif jika melebihi batas optimal, karena ion OH− yang berlebihan dapat menyerang dan mendegradasi rantai selulosa itu sendiri (E & Widayatno, 2023). Dalam penelitian ini, konsentrasi NaOH 8% masih berada dalam rentang yang menguntungkan tanpa menyebabkan penurunan kuat tarik, yang menunjukkan bahwa 8% merupakan konsentrasi yang optimal untuk bahan baku kulit pisang dengan durasi pemasakan 1 jam pada suhu 80–90°C.

5. Identifikasi Sampel Terbaik dan Perbandingan dengan Kertas Ivory Komersial

Sampel A4 (NaOH 8%, HVS 40%) dengan kuat tarik rata-rata 31,73 N/mm^2 merupakan formulasi optimal dalam penelitian ini karena mengintegrasikan dua faktor penguat secara sinergis: (1) delignifikasi lebih efektif dari NaOH 8% menghasilkan serat selulosa lebih murni, dan (2) penambahan HVS 40% menciptakan jaringan serat campuran yang rapat dan kuat. Ketiga pengulangan sampel A4 (31,2; 32,4; dan 31,6 N/mm^2) menunjukkan konsistensi yang sangat baik dengan koefisien variasi yang rendah, mengindikasikan stabilitas proses yang baik.

Untuk konteks perbandingan, kertas ivory komersial berbasis kayu (C1S Ivory Board) dengan gramatur sekitar 250–350 g/m^2 umumnya memiliki nilai kuat tarik berkisar 20–35 N/mm^2 berdasarkan berbagai referensi pengujian mekanik (Pincjer et al., 2023). Nilai kuat tarik sampel A4 sebesar 31,73 N/mm^2 berada di rentang atas nilai tersebut, yang berarti secara kekuatan tarik murni, kertas ivory dari limbah kulit pisang dengan formulasi A4 sudah mendekati dan bahkan bisa sebanding dengan kertas ivory komersial berbasis kayu. Sebagai perbandingan tambahan, penelitian kertas berbahan baku non-kayu lain melaporkan kuat tarik kertas seni dari kombinasi kulit pisang dan ampas tebu sebesar 4,24 kN/m (Pasaribu et al., 2025), sementara kertas dari kulit pisang kepok murni mencapai 6,16 Nm/g (Ramadhany et al., 2021), nilai-nilai yang jauh lebih rendah dari hasil penelitian ini, membuktikan bahwa penambahan HVS dan optimasi NaOH berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kuat tarik.

Perlu dicatat bahwa kertas ivory komersial dibuat dengan proses industri yang lebih kompleks (bleaching, calendering, coating) sehingga memiliki keunggulan visual dan keseragaman yang lebih tinggi. Namun dari aspek kekuatan tarik, formulasi A4 membuktikan potensi nyata limbah kulit pisang sebagai bahan baku kertas ivory yang kompetitif.

6. Hubungan Ketebalan dan Kuat Tarik

Analisis korelasi antara data ketebalan (Tabel 1) dan kuat tarik (Tabel 2) mengungkapkan pola yang menarik. Sampel B4 memiliki ketebalan tertinggi (1,817 mm) namun kuat tarik lebih rendah (26,00 N/mm^2) dibandingkan A4 yang lebih tipis (1,383 mm) namun memiliki kuat tarik tertinggi (31,73 N/mm^2). Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan semata tidak selalu berkorelasi positif dengan kuat tarik — yang lebih menentukan adalah kerapatan dan kualitas ikatan antar serat dalam lembaran.

Lembaran A4 yang lebih kompak (hasil delignifikasi lebih efektif oleh NaOH 8%) memiliki ikatan antar serat yang lebih kuat per satuan luas, sehingga meski lebih tipis, kuat tariknya lebih tinggi. Sebaliknya, lembaran B4 yang lebih tebal mengandung lebih banyak serat yang kurang terdelignifikasi (NaOH 6%), menghasilkan lembaran yang lebih voluminous namun dengan ikatan antar serat yang sedikit lebih lemah (Nisa et al., 2022). Temuan ini menegaskan bahwa kualitas serat (derajat delignifikasi) lebih berpengaruh terhadap kuat tarik dibandingkan kuantitas serat (ketebalan) dalam konteks penelitian ini.

7. Pemenuhan Standar Kuat Tarik

Standar SNI 14-0937-2005 menetapkan nilai minimal kuat tarik untuk kertas cetak C sebesar 1,18 N/mm^2, sementara standar ISO 1924-2 menetapkan prosedur pengujian kuat tarik kertas dan karton dengan kecepatan elongasi tetap 20 mm/menit (Nasional, 2005, 2016). Seluruh 8 sampel dalam penelitian ini menghasilkan nilai kuat tarik rata-rata yang secara signifikan melampaui standar minimal tersebut, dengan nilai terendah pada B2 sebesar 13,20 N/mm^2 (11,2 kali lipat standar minimal) dan tertinggi pada A4 sebesar 31,73 N/mm^2 (26,9 kali lipat standar minimal). Hal ini membuktikan bahwa kertas ivory dari limbah kulit pisang dengan seluruh variasi perlakuan dalam penelitian ini memiliki kekuatan tarik yang jauh melampaui persyaratan minimum standar nasional.

D. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menganalisis pengaruh variasi konsentrasi NaOH dan proporsi kertas HVS bekas terhadap kuat tarik kertas ivory berbahan dasar limbah kulit pisang dengan tepung tapioka sebagai binder. Beberapa simpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut. Pertama, penambahan proporsi kertas HVS secara umum meningkatkan kuat tarik kertas ivory, dengan peningkatan signifikan terjadi pada HVS 30% dan 40% setelah adanya penurunan

sementara pada HVS 20% akibat distribusi serat yang belum optimal. Kedua, konsentrasi NaOH 8% menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan NaOH 6% pada seluruh variasi HVS, karena delignifikasi yang lebih efektif menghasilkan serat selulosa lebih murni dengan kemampuan ikatan hidrogen yang lebih kuat. Ketiga, formulasi optimal adalah sampel A4 (NaOH 8%, HVS 40%) dengan kuat tarik rata-rata 31,73 N/mm^2, jadi nilai tertinggi dalam penelitian ini yang mendekati rentang kuat tarik kertas ivory papan komersial berbasis kayu (20–35 N/mm^2). Keempat, seluruh sampel (nilai terendah B2 = 13,20 N/mm^2) telah memenuhi dan melampaui standar SNI 14-0937-2005 (minimal 1,18 N/mm^2). Kelima, ketebalan bukan faktor penentu utama kuat tarik; kualitas ikatan antar serat yang dipengaruhi oleh derajat delignifikasi lebih dominan dalam menentukan kekuatan mekanik kertas. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji pengaruh proses bleaching dan finishing (coating) untuk meningkatkan karakteristik visual kertas ivory dari kulit pisang agar semakin mendekati standar komersial.

Ucapan Terima Kasih

Saya Descham Aditua Situmorang mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jakarta, khususnya Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, atas dukungan fasilitas Laboratorium Teknik Grafika dan Penerbitan yang digunakan selama penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu proses pengumpulan bahan baku, pengujian sampel, hingga penyusunan artikel ini.

E. Referensi

Chandra, V. (2020). *Pemanfaatan Selulosa Pada Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas*.

E, A. K., & Widayatno, T. (2023). *Pemanfaatan Kulit Singkong (Manihot Esculenta) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Pulp Dengan Metode Titrasi*. *5*(2), 102–110.

Gilbert, S. Z., Totok Pujianto, & Koko Iwan Agus Kurniawan. (2025). Analisis Kelayakan Usaha Kertas Daur Ulang Dengan Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Dan Pelepah Pisang Sean. *Integrative Perspectives Of Social And Science Journal (Ipssj)*, *2*(5), 7780–7792.

Lekahena, V. N. J. (2016). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Tepung Tapioka Terhadap Komposisi Gizi Dan Evaluasi Sensori Nugget Daging Merah Ikan Madidihang. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Dan Perikanan (Agrikan Ummu-Ternate)*, *9*(1), 2.

Nasional, B. S. (2005). Sni 14-0937-2005: Cara Uji Ketahanan Tarik Kertas Dan Karton. *Bsn*.

Nasional, B. S. (2016). Sni Iso 1924-2:2016: Kertas Dan Karton – Cara Uji Sifat Tarik – Bagian 2: Metode Kecepatan Elongasi Tetap. *Bsn*.

Nisa, K. S., Melyna, E., & Samida, M. R. M. (2022). Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa Dan Resin Poliester Dengan Alkalisasi Koh. *Journal Of Science And Technology*, *15*(3), 354–361.

Novianti, P., & Agustina, W. S. E. (2016). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Alami Dengan Metode Pemisahan Alkalisasi. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 459–466.

Oktovani, V. (2021). *Pemanfaatan Selulosa Pada Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas*.

Pasaribu, A. A. P., Daulay, A. H., & Husnah, M. (2025). Sintesis Dan Karakterisasi Kertas Berbahan Dasar Kulit Pisang Kepok Dan Kulit Durian. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, *8*(1), 23–31.

Pincjer, I., Miketic, N., Gvoic, V., Maricic, K., Vukelic, D., & Miljana Prica. (2023). Optimization Of Tensile Strength In The Paper Material Cutting Process Based On Co2 Laser Process Parameters. *Mdpi*.

Putri, A. D. (2021). *Pembuatan Tinta Screen Printing Dari Ekstraksi Buah Bit (Beta Vulgaris L) Dengan Aplikasi Grinder Konvensional Pada Kertas Ivory 400 Gsm*.

Rahmi, H., & Oktayanti, Y. (2024). Pembuatan Kertas Daur Ulang Dari Kertas Bekas, Ampas Tebu Dan Kulit Buah Naga Sebagai Alternatif Kertas Seni Hijratur. *Jurnal Seni Kriya*, *13*(1), 73–82.

Ramadhany, P., Oktovani, V., & Handoko, T. (2021). Pengaruh Kandungan Selulosa Dan Lignin Pada Pulp Kulit Pisang Kepok Dalam Pembuatan Kertas Seni. *Prosiding Seminar Nasional Riset Dan Teknologi Terapan (Ritektra) 2021*, *2018*, 1–5.

Rosmainar, L. (2017). Jurnal Review: Analisis Bahan-Bahan Alternatif Pengolahan Dalam Pembuatan Kertas. *Jurnal Inkofar*, *1*(2), 62–67.