

Pengaruh Rasio Pulp Kulit Pisang dan Kertas HVS Bekas dengan Penambahan Filler CaCO_3 dari Cangkang Telur Terhadap Ketebalan dan Kuat Tarik Kertas Daur Ulang

Kurniawan Febri Heryanto¹, Sahiba Sahila¹, Heribertus Rudi Kusumantoro¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Cetak dan Grafis 3 Dimensi, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok, Jawa Barat, 16424, Indonesia

email: kurniawanfh8@gmail.com

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 27 Juni 2026

Disetujui 20 Oktober 2026

Di Publikasi Oktober 2026

Kata kunci:

Cangkang Telur, Kertas HVS Bekas, Ketebalan, Kuat Tarik, Kulit Pisang

Abstrak

Limbah organik rumah tangga seperti kulit pisang dan cangkang telur masih belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit pisang mengandung selulosa yang dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan kertas, sedangkan cangkang telur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang berpotensi digunakan sebagai filler alami pada kertas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio pulp kulit pisang dan kertas HVS bekas dengan penambahan filler cangkang telur 4% terhadap ketebalan dan kuat tarik kertas ramah lingkungan. Pulp kulit pisang dibuat melalui proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH 6% pada suhu 80°C selama 1 jam, kemudian dicampurkan dengan pulp kertas HVS bekas pada variasi rasio 10%:90%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%, dan 90%:10%. Pengujian dilakukan terhadap ketebalan dan kuat tarik kertas yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kertas HVS bekas menghasilkan ketebalan kertas yang lebih tinggi. Nilai ketebalan tertinggi diperoleh pada rasio 10%:90% sebesar 1,0809 mm, sedangkan ketebalan terendah diperoleh pada rasio 90%:10% sebesar 0,2637 mm. Sementara itu, kuat tarik tertinggi diperoleh pada rasio 70%:30% sebesar 2,00 MPa dan terendah pada rasio 50%:50% sebesar 1,49 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kertas HVS bekas menghasilkan ketebalan lembaran yang lebih tinggi, sedangkan kombinasi serat kulit pisang dan kertas HVS bekas pada rasio tertentu mampu meningkatkan kuat tarik. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaturan rasio serat menjadi faktor penting dalam memperoleh keseimbangan antara sifat fisik dan mekanik kertas ramah lingkungan berbasis limbah biomassa.

The Effect of the Ratio of Banana Peel Pulp and Used HVS Paper with the Addition of CaCO_3 Filler from Eggshells on the Thickness and Tensile Strength of Recycled Paper

Keywords:

Banana Peel, Eggshell, Recycled Paper, Tensile Strength, Thickness.

Abstract

Household organic waste, such as banana peels and eggshells, has not been optimally utilized. Banana peels contain cellulose that can be used as an alternative raw material for paper production, while eggshells contain calcium carbonate (CaCO_3), which has the potential to be used as a natural filler in papermaking. This study aimed to investigate the effect of the ratio of banana peel pulp to waste HVS paper pulp with the addition of 4% eggshell filler on the thickness and tensile strength of environmentally friendly paper. Banana peel pulp was produced through a delignification process using a 6% NaOH solution at 80°C for 1 hour and then mixed with waste HVS paper pulp at ratios of 10%:90%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%, and 90%:10%. The resulting paper was evaluated for its thickness and tensile strength. The results showed that increasing the proportion of waste HVS paper produced paper with greater thickness. The highest thickness value was obtained at the 10%:90% ratio (1.0809 mm), while the

lowest thickness was recorded at the 90%:10% ratio (0.2637 mm). Meanwhile, the highest tensile strength was achieved at the 70%:30% ratio (2.00 MPa), whereas the lowest value was obtained at the 50%:50% ratio (1.49 MPa). These findings indicate that a higher proportion of waste HVS paper contributes to increased paper thickness, while an appropriate combination of banana peel and waste HVS paper fibers improves tensile strength. Therefore, optimizing the fiber ratio is an important factor in achieving a balance between the physical and mechanical properties of environmentally friendly paper produced from biomass waste.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah limbah organik dan limbah kertas menjadi salah satu tantangan global dalam pengelolaan lingkungan dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan. Pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan aktivitas konsumsi menyebabkan peningkatan timbulan limbah rumah tangga yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik [1]. Di sisi lain, industri pulp dan kertas masih bergantung pada kayu sebagai bahan baku utama, sehingga diperlukan sumber serat alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Konsep circular economy mendorong pemanfaatan kembali limbah menjadi produk bernilai tambah melalui pendekatan waste valorization, sehingga mampu mengurangi eksploitasi sumber daya alam sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan [2].

Salah satu limbah organik yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber serat alternatif adalah kulit pisang. Kulit pisang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pulp setelah melalui proses alkalisasi atau delignifikasi [3], [4]. Selain itu, kertas HVS bekas masih memiliki kandungan serat selulosa yang relatif baik sehingga dapat didaur ulang menjadi pulp untuk pembuatan kertas baru [5]. Pemanfaatan serat hasil daur ulang mampu mengurangi kebutuhan bahan baku primer serta mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dalam industri pulp dan kertas. Kombinasi pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas diharapkan dapat menghasilkan lembaran kertas dengan karakteristik yang lebih baik melalui sinergi antara serat alami dan serat daur ulang sekaligus mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan.

Kertas secara umum tersusun terutama dari serat selulosa (pulp), bahan filler (pengisi), dan bahan bantu atau aditif lain [6]. Filler merupakan bahan tambahan yang digunakan untuk memperbaiki karakteristik fisik kertas, seperti ketebalan, opasitas, kehalusan permukaan, dan stabilitas dimensi. Salah satu filler yang umum digunakan dalam industri kertas adalah kalsium karbonat (CaCO_3). CaCO_3 bisa didapat dari berbagai sumber alami, salah satunya adalah limbah cangkang telur. Komposisi cangkang telur terdiri atas air sebesar 1,6% dan bahan kering sebesar 98,4%. Bahan kering tersebut tersusun atas mineral sebesar 95,1% dan protein sebesar 3,3%, sedangkan fraksi mineralnya didominasi oleh kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 98,43%, magnesium karbonat (MgCO_3) sebesar 0,84%, dan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) sebesar 0,75% [7]. Kandungan CaCO_3 yang tinggi menjadikan limbah cangkang telur berpotensi dimanfaatkan sebagai filler ramah lingkungan dalam pembuatan kertas. Selain meningkatkan nilai tambah limbah, pemanfaatan cangkang telur juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat akumulasi limbah organik. Selain itu, pemanfaatan limbah cangkang telur dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah organik [8].

Berbagai penelitian telah melaporkan potensi pemanfaatan kulit pisang sebagai sumber selulosa dan bahan baku biomaterial. Penelitian lain menunjukkan bahwa limbah kulit pisang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan kertas berbasis serat alami [9]. Selain itu, penggunaan limbah kertas sebagai sumber serat daur ulang telah berkembang sebagai alternatif bahan baku industri pulp dan kertas yang lebih berkelanjutan. Penelitian mengenai pemanfaatan limbah kulit pisang dan cangkang telur sebagai bahan penyusun kertas ramah lingkungan juga telah dilakukan dan menunjukkan potensi yang baik untuk pengembangan material berbasis biomassa [10]. Sementara itu, kajian mengenai pemanfaatan serat alami sebagai bahan baku pulp berkelanjutan terus berkembang sebagai bagian dari strategi pengurangan limbah dan ekonomi sirkular [11].

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pemanfaatan kulit pisang, kertas daur ulang, maupun cangkang telur secara terpisah, kajian mengenai kombinasi ketiga limbah tersebut dengan variasi rasio pulp dan konsentrasi filler yang dibuat tetap masih belum banyak dilaporkan. Penelitian ini menawarkan pendekatan berbeda melalui pemanfaatan pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas dengan penambahan filler cangkang telur sebesar 4% sebagai komposisi tetap untuk mengevaluasi pengaruh variasi rasio serat terhadap ketebalan dan kuat tarik kertas ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perbandingan pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas dengan penambahan filler cangkang telur sebesar 4% terhadap karakteristik fisik kertas yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material ramah lingkungan berbasis limbah organik dan limbah kertas, sekaligus mendukung implementasi konsep ekonomi sirkular melalui pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai tambah yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan meliputi kulit pisang kepok sebagai sumber serat alami, kertas HVS bekas sebagai sumber serat daur ulang, cangkang telur ayam sebagai filler, natrium hidroksida (NaOH) sebagai bahan delignifikasi, dan aquades sebagai media pencampuran. Pulp dibuat dengan total berat 15 g pada setiap variasi perlakuan yang digunakan terdiri atas lima rasio pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas, yaitu 10%:90%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%, dan 90%:10%, dengan penambahan filler cangkang telur tetap sebesar 4% (0,6 g) dari total pulp dan perekat PVAc sebanyak 10% (1,5 g). Setiap perlakuan dibuat dalam dua lembar sampel (A dan B), kemudian masing-masing sampel dipotong menjadi tiga spesimen sehingga setiap perlakuan memiliki enam data pengujian.

Proses Pembuatan Pulp

Proses pembuatan pulp kulit pisang diawali dengan pencucian dan pemotongan kulit pisang menjadi ukuran yang lebih kecil. Delignifikasi dilakukan menggunakan larutan NaOH 6% yang dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya karena efektif dalam melarutkan lignin tanpa menyebabkan kondensasi lignin yang dapat menurunkan kualitas pulp [12]. Kulit pisang kemudian didelignifikasi menggunakan larutan NaOH 6% pada suhu 80°C selama 1 jam dengan rasio bahan terhadap larutan sebesar 1:8 (b/v). Setelah proses delignifikasi selesai, pulp dicuci menggunakan air hingga mencapai pH netral, kemudian dihancurkan menggunakan blender hingga diperoleh suspensi serat yang homogen. Pulp kertas HVS bekas dipotong kecil kemudian diblender hingga menjadi pulp.

Proses Pembuatan Kertas

Cangkang telur dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak hingga diperoleh serbuk halus. Serbuk cangkang telur selanjutnya digunakan sebagai filler dengan konsentrasi tetap sebesar 4% beserta PVAc sebanyak 10% pada seluruh perlakuan. Pulp kulit pisang, pulp kertas HVS bekas, dan filler cangkang telur dicampurkan sesuai variasi perlakuan dan dihomogenkan menggunakan pengaduk hingga terbentuk suspensi yang merata. Campuran kemudian dicetak menggunakan cetakan kertas manual dan dikeringkan pada suhu ruang hingga diperoleh lembaran kertas yang siap diuji.

Tabel 1. Komposisi Variasi Sampel

Sampel	Rasio	Kulit Pisang (g)	Kertas HVS (g)	Filler (g)	Lem (g)
S1	10%:90%	1,5	13,5	0,6	1,5
S2	30%:70%	4,5	10,5	0,6	1,5
S3	50%:50%	7,5	7,5	0,6	1,5
S4	70%:30%	10,5	4,5	0,6	1,5
S5	90%:10%	13,5	1,5	0,6	1,5

Berdasarkan Tabel 1, variasi perlakuan dilakukan dengan mengubah rasio pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas, sedangkan jumlah filler cangkang telur dan perekat PVAc dibuat tetap pada setiap perlakuan. Variasi komposisi tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh perbandingan serat terhadap ketebalan dan kuat tarik kertas yang dihasilkan. Hasil pengukuran ketebalan disajikan pada Gambar 2.

Uji Ketebalan

Pengujian ketebalan dilakukan untuk mengetahui pengaruh rasio serat terhadap struktur lembaran kertas yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan menggunakan mikrometer digital pada lima titik berbeda pada setiap sampel, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Pengukuran ketebalan mengacu pada ISO 534:2011 menggunakan digital micrometer dengan resolusi 0,001 mm.

Uji Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan kertas dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan. Sampel dipotong dengan ukuran panjang 100 mm dan lebar 15 mm. Setiap perlakuan menggunakan dua sampel kertas dan masing-masing sampel diuji menggunakan tiga potongan spesimen. Pengujian dilakukan menggunakan Tensile Strength Tester hingga sampel putus. Pengujian kuat tarik dilakukan berdasarkan ISO 1924-2:2008. Nilai kuat tarik dihitung berdasarkan

perbandingan antara gaya maksimum yang diterima sampel dengan lebar spesimen dan dinyatakan dalam satuan MPa (megapascal) menggunakan rumus:

$$F = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

F = Kuat tarik material (MPa atau N/mm²)

P = Gaya tarik maksimum yang diberikan (N atau Newton)

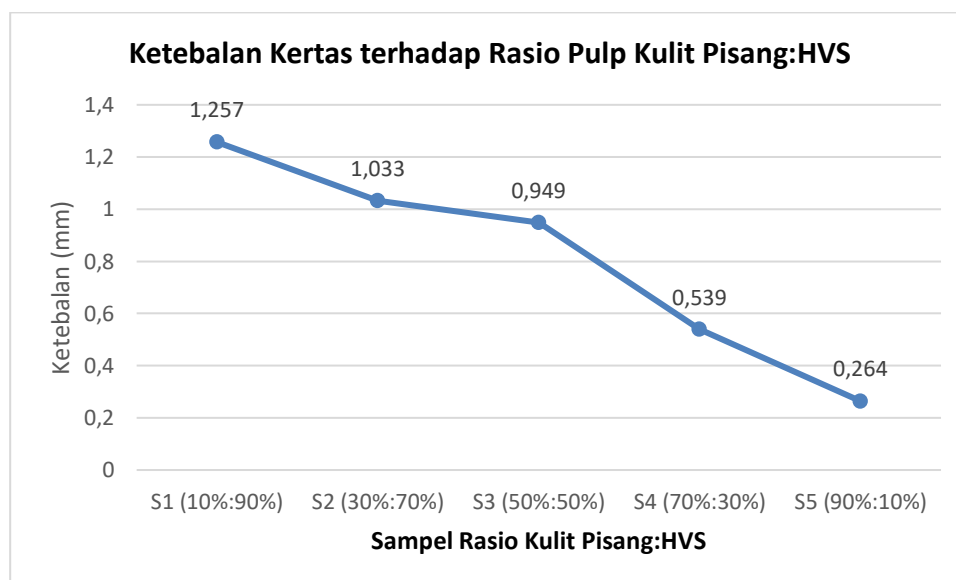
A = Luas penampang awal benda uji (mm²)

Data hasil pengujian ketebalan dan kuat tarik dari masing-masing perlakuan kemudian dirata-ratakan dan digunakan sebagai parameter utama untuk mengevaluasi pengaruh rasio pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas dengan penambahan filler cangkang telur terhadap karakteristik fisik dan mekanik kertas yang dihasilkan. Hasil pengujian selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif berdasarkan hubungan antara komposisi bahan dan nilai ketebalan serta kuat tarik kertas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Ketebalan

Nilai ketebalan kertas dipengaruhi oleh rasio pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas yang digunakan pada setiap perlakuan. Perubahan komposisi kedua jenis serat tersebut menghasilkan perbedaan ketebalan lembaran kertas, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

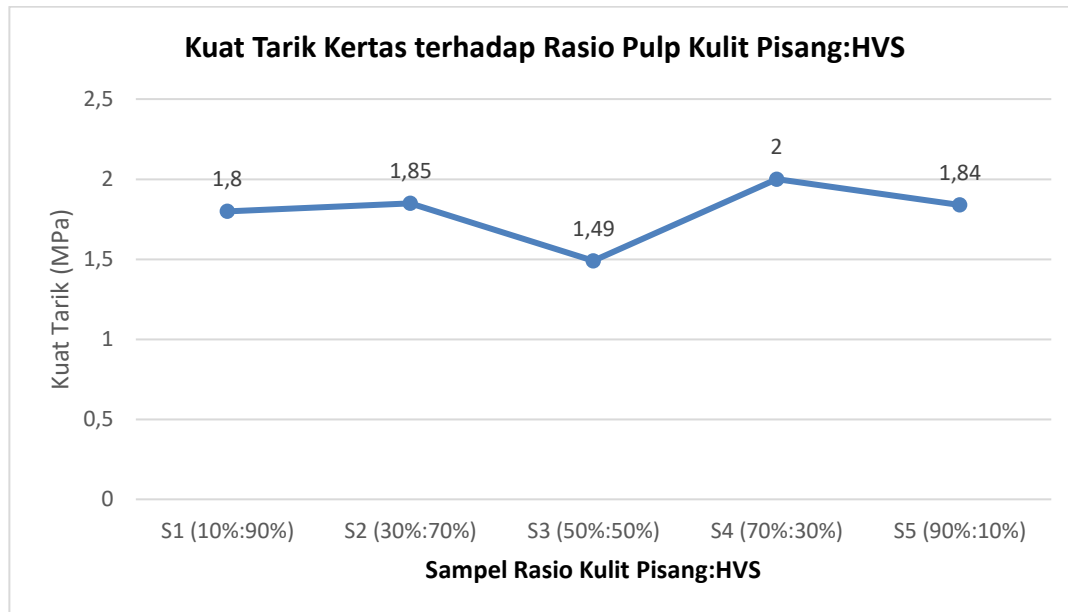


Gambar 1 Uji Ketebalan

Berdasarkan Gambar 1, ketebalan kertas menunjukkan kecenderungan menurun seiring meningkatnya proporsi pulp kulit pisang dalam campuran. Ketebalan tertinggi diperoleh pada sampel S1 (10%:90%), sedangkan ketebalan terendah diperoleh pada sampel S5 (90%:10%). Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi kertas HVS bekas menghasilkan lembaran kertas yang lebih tebal. Serat pada kertas HVS bekas telah mengalami proses pengolahan industri sehingga memiliki ukuran dan distribusi serat yang lebih seragam, sehingga mampu membentuk struktur lembaran yang lebih stabil. Sebaliknya, peningkatan proporsi pulp kulit pisang cenderung menghasilkan struktur lembaran yang lebih rapat sehingga ketebalan kertas menurun. Hasil ini menunjukkan bahwa rasio kedua jenis serat berpengaruh terhadap karakteristik fisik kertas, khususnya ketebalan lembaran yang dihasilkan.

Hasil Pengujian Kuat Tarik

Nilai kuat tarik kertas dipengaruhi oleh kemampuan ikatan antarserat yang terbentuk pada setiap variasi rasio pulp kulit pisang dan kertas HVS bekas. Perbedaan komposisi kedua jenis serat tersebut menghasilkan variasi nilai kuat tarik sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

**Gambar 2** Uji Kuat Tarik

Berdasarkan Gambar 2, nilai kuat tarik tidak menunjukkan pola yang sama dengan ketebalan. Rasio 70% kulit pisang dan 30% kertas HVS bekas menghasilkan kuat tarik tertinggi, sedangkan rasio 50%:50% menghasilkan nilai kuat tarik terendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan lembaran tidak selalu diikuti oleh peningkatan kuat tarik. Kekuatan tarik kertas lebih dipengaruhi oleh kualitas ikatan hidrogen antarserat dibandingkan jumlah serat yang membentuk lembaran [13]. Pada rasio 70%:30%, kombinasi serat diduga membentuk jaringan yang lebih efektif sehingga distribusi beban tarik menjadi lebih merata. Sebaliknya, pada rasio 50%:50% diduga terjadi orientasi serat dan distribusi filler yang kurang optimal sehingga menurunkan kemampuan lembaran dalam menahan gaya tarik. Selain rasio serat, penambahan filler cangkang telur sebesar 4% juga diduga berkontribusi terhadap struktur lembaran dengan mengisi rongga di antara serat. Namun, karena konsentrasi filler dibuat tetap pada seluruh perlakuan, perbedaan nilai kuat tarik yang diperoleh lebih dipengaruhi oleh variasi rasio pulp kulit pisang dan kertas HVS bekas dibandingkan oleh jumlah filler yang digunakan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi rasio pulp kulit pisang dan pulp kertas HVS bekas dengan penambahan filler cangkang telur sebesar 4% memengaruhi karakteristik ketebalan dan kuat tarik kertas. Rasio 10% kulit pisang dan 90% kertas HVS bekas menghasilkan ketebalan tertinggi, sedangkan rasio 70% kulit pisang dan 30% kertas HVS bekas menghasilkan kuat tarik tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan proporsi serat daur ulang cenderung meningkatkan ketebalan lembaran, sedangkan kombinasi tertentu antara serat alami dan serat daur ulang memberikan kekuatan tarik yang lebih baik. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah kulit pisang, kertas HVS bekas, dan cangkang telur berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan kertas ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Sahiba Sahila, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran, serta motivasi selama proses pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] S. Kaza, L. C. Yao, P. Bhada-Tata, F. Van Woerden, and D. Levine, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank, 2018. doi: 10.1596/978-1-4648-1329-0.

- [2] G. R. Mohamed, R. K. Mahmoud, M. Shaban, I. S. Fahim, H. M. Abd El-Salam, and H. M. Mahmoud, "Towards a circular economy: valorization of banana peels by developing bio-composites thermal insulators," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, p. 12756, Aug. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-37994-1.
- [3] S. Mishra, B. Prabhakar, P. S. Kharkar, and A. M. Pethe, "Banana Peel Waste: An Emerging Cellulosic Material to Extract Nanocrystalline Cellulose," *ACS Omega*, vol. 8, no. 1, pp. 1140–1145, Jan. 2023, doi: 10.1021/acsomega.2c06571.
- [4] F. N. Putri, P. Manurung, S. W. Suciati, and P. K. Karo, "Production of Nanocellulose from Kepok Banana Peel Waste Using Acid Hydrolysis Method," *J. Energy*, vol. 4, no. 3, 2023.
- [5] V. Kumar, P. Pathak, and N. K. Bhardwaj, "Waste paper: An underutilized but promising source for nanocellulose mining," *Waste Manag.*, vol. 102, pp. 281–303, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2019.10.041.
- [6] M. Jablonský and J. Šima, "Stability of Alum-Containing Paper under Alkaline Conditions," *Molecules*, vol. 25, no. 24, p. 5815, Dec. 2020, doi: 10.3390/molecules25245815.
- [7] F. W. Puspita, "Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam," *UNESA J. Chem.*, vol. 6, 2017, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:104069503>
- [8] J. M. Vonnice, K. Rovina, N. M. N. 'Aqilah, and X. W. L. Felicia, "Development and Characterization of Biosorbent Film from Eggshell/Orange Waste Enriched with Banana Starch," *Polymers*, vol. 15, no. 11, p. 2414, May 2023, doi: 10.3390/polym15112414.
- [9] R. L. Lestari and F. Puspasari, "The Influence of Solvent Volume on Raw Material and Cooking Time in the Delignification Process of Paper Making from Kepok Banana Peel Pulp," vol. 9, no. 2.
- [10] N. Alnur Auli Bt Nik Yusuf *et al.*, "The preliminary study of applications waste banana peel and egg shell filler as agricultural waste for paper applications," *BIO Web Conf.*, vol. 131, p. 05031, 2024, doi: 10.1051/bioconf/202413105031.
- [11] D. Poornima, T. D. Puttaraju, and S. N. Gs, "' Eco -Friendly Paper Production from Agricultural Residues : A Circular Economy Approach to Sustainable Pulping and Waste Valorization ,'" vol. 13, no. 12, pp. 91–101, 2025.
- [12] P. Ramadhany, V. Oktovani, and T. Handoko, "Pengaruh Kandungan Selulosa dan Lignin pada Pulp Kulit Pisang Kepok dalam Pembuatan Kertas Seni," 2021.
- [13] M. A. Hubbe and R. A. Gill, "Fillers for Papermaking: A Review of their Properties, Usage Practices, and their Mechanistic Role," *BioResources*, vol. 11, no. 1, pp. 2886–2963, Feb. 2016, doi: 10.15376/biores.11.1.2886-2963.