



PEMANFAATAN AMPAS LIMBAH INDUSTRI AGAR-AGAR (*Gracilaria sp.*) PADA PEMBUATAN KERTAS MAP ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)

Angelina Sherly Nur Patricia, Eko Nurcahya Dewi*,
Eko Susanto, Lukita Purnamayati

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro^o
Jalan Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa tengah, Indonesia 50275

Diterima: 13 Desember 2024/Disetujui: 30 Januari 2025

*Korespondensi: nurdewisatmoko@gmail.com

Cara sitasi (APA Style 7th): Patricia, A. S. N., Dewi, E. N., Susanto, E., & Purnamayati, L. (2025). Pemanfaatan ampas limbah industri agar-agar (*Gracilaria sp.*) pada pembuatan kertas map eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(1), 67-76. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i1.61702>

Abstrak

Jumlah ampas limbah yang dihasilkan industri pengolahan agar-agar (*Gracilaria sp.*) terus meningkat seiring dengan meningkatnya produksi setiap tahun. Ampas agar-agar mengandung selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kertas map. Tujuan penelitian adalah menentukan konsentrasi ampas limbah industri agar terbaik berdasarkan karakteristik kertas map eceng gondok. Metode penelitian berupa *experimental laboratory* menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan perbedaan konsentrasi ampas agar-agar dalam pembuatan kertas map, yaitu 0, 10, 15, dan 20%. Parameter uji kertas map, yaitu gramatur, ketahanan sobek, daya serap air, kekakuan, hedonik dan SEM. Peningkatan jumlah ampas agar-agar dalam formulasi kertas map meningkatkan ketahanan sobek dan daya serap air, namun menurunkan nilai gramatur, kekakuan dan hedonik. Hasil terbaik, yaitu pada perlakuan penambahan ampas pengolahan agar-agar 20% dengan nilai gramatur 318,67 g/m², ketahanan sobek 1.573,3 mN, daya serap air 926,3 g/m², kekakuan 45 g/m³ dan hedonik 6,82< μ <6,83. Serapan pada pita 928-933 cm⁻¹ menunjukkan penanda adanya gugus 3,6-*anhydrogalactose* senyawa penyusun agar-agar.

Kata kunci: gramatur, ketahanan sobek, limbah rumput laut, selulosa, SEM

Utilization of Agar-Agar Industry Waste (*Gracilaria sp.*) in the Production of Map Paper from Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

Abstract

Annually, the agar processing industry (*Gracilaria sp.*) continues to increase the amount of waste pulp it produces. Cellulose, present in agar pulp, serves as a raw material for the production of folder paper. The purpose of this study was to determine the best concentration of industrial waste pulp based on the characteristics of water hyacinth folder paper. The study used an experimental lab with a complete randomized design (CRD) to test how different concentrations of agar pulp affect the process of making folder paper. These concentrations were 0, 10, 15, and 20%. The test parameters of the folder paper are grammage, tear resistance, water absorption, stiffness, hedonic, and SEM. Adding more agar pulp to the folder paper made it more resistant to tears and better at absorbing water, but it made it less dense, stiff, and enjoyable to use. The optimal outcome was achieved with the addition of 20% agar processing pulp. It had a weight of 318.67 g/m², a tear resistance of 1573.3 mN, a water absorption of 926.3 g/m², a stiffness of 45 g/m³, and a hedonics value of 6,82< μ <6,83. The absorption in the 928–933 cm⁻¹ band shows that the 3,6-anhydrogalactose group of agar-agar constituent compounds is present.

Keywords: cellulose, grammage, tear resistance, seaweed waste, SEM

PENDAHULUAN

Data KKP tahun 2022 menunjukkan produksi rumput laut *Gracilaria* sp. mencapai 9,2 juta ton pertahun (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia [KKP] 2024). Rumput laut *Gracilaria* sp. ini pada umumnya diolah dalam bentuk agar-agar bubuk. Agar diekstrak menggunakan alkali dan penambahan gelombang ultrasonik (ultrasonikasi) pada proses dapat menjadi salah satu metode alternatif (Uju *et al.*, 2018). Agar banyak digunakan dalam berbagai industri makanan, farmasi, dan kosmetik. Peningkatan produksi agar-agar setiap tahunnya yang bertambah akan menyebabkan ampas yang dihasilkan juga meningkat. Tingkat pemanfaatan ampas rumput laut rendah menyebabkan jumlah ampas rumput laut makin bertambah. Ampas adalah sisa produk yang telah kehilangan sari atau patinya. Ampas agar-agar (*Gracilaria* sp.) adalah bahan yang tidak digunakan lagi oleh pengolah agar-agar yang biasanya hanya ditumpuk di luar gedung produksi yang mengganggu lingkungan sekitar karena menimbulkan bau tidak sedap (Dang *et al.*, 2023). Ampas sisa pengolahan rumput laut sebagian besar terdiri atas selulosa sebesar 77,34% (Nurhayati & Kusumawati, 2014). Pengolahan agar-agar menghasilkan ampas sebanyak 65-75% dari bahan baku yang digunakan. Ampas agar-agar memiliki potensi sebagai bahan tambahan pembuatan kertas karena rumput laut mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Zulferiyenni *et al.* (2016) menyatakan bahwa ampas agar mengandung selulosa 16-20%, hemiselulosa 18-22%, dan lignin 7-10%.

Ampas rumput laut telah digunakan untuk pembuatan kertas, yaitu ampas rumput laut *Eucheuma cottonii*, kertas bekas dan tapioka yang memiliki karakteristik kasar dan berwarna putih keabuan (Sukaryono & Loupatty, 2018). Arieftha *et al.* (2019) menyatakan bahwa penambahan rumput laut *Eucheuma cottonii* 15% menghasilkan kertas kraft yang mudah sobek dan daya regang yang rendah. Hardaiansyah (2013) menyatakan bahwa karakteristik kertas yang terbuat dari ampas agar yaitu rapuh dan mudah sobek. Kertas yang dibuat dari bahan ampas rumput

laut mempunyai banyak kekurangan. Oleh karena itu, diperlukan bahan kombinasi yang mampu meningkatkan kualitas kertas yang dihasilkan. Salah satu bahan tersebut adalah eceng gondok.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah tumbuhan air berdaun tebal dan berrongga pada batang. Eceng gondok secara luas dianggap sebagai salah satu tanaman berbunga invasif terpenting di dunia (Ratnani *et al.*, 2024). Eceng gondok ini biasanya tumbuh di perairan misalnya kolam, tanah basah, rawa, aliran air yang lambat, danau, penampungan air, dan sungai. Eceng gondok mengandung senyawa bioaktif (Ukhty *et al.*, 2021) dan selulosa yang dapat dimanfaatkan untuk memproduksi kertas (Purnavita *et al.*, 2017). Eceng gondok memiliki kandungan selulosa 24,5%, hemiselulosa 34,1% dan lignin 8,6% (Ruan *et al.*, 2016). Selulosa ini dapat diolah menjadi berbagai macam produk yang berperan penting bagi kehidupan manusia, misalnya pulp, kertas, dan bioethanol (Nandiyanto *et al.*, 2023). Eceng gondok telah digunakan untuk pembuatan pulp (Nurhayati *et al.*, 2011), kertas seni (Purnavita *et al.*, 2017) dan kertas kemasan (Bore *et al.*, 2023).

Kandungan selulosa yang ada pada ampas agar-agar dan eceng gondok dapat dimanfaatkan dalam pembuatan kertas. Produk kertas adalah bahan berserat, berlapis berpori karena proses ekstraksi yang berkelanjutan. Proses pembuatan kertas umumnya menggunakan bahan kayu. Kertas map dipilih karena tekstur pada kertas yang dihasilkan memiliki tingkat kekasaran yang serupa. Kertas map merupakan perlengkapan kantor yang digunakan untuk menyimpan surat, dokumen, atau kertas agar terlihat lebih rapi. Pembuatan kertas map sama dengan pembuatan kertas lain yaitu menggunakan selulosa. Kandungan selulosa ini digunakan sebagai bahan dasar bubur kayu (pulp) untuk diolah menjadi kertas. Pulp adalah hasil dari serat-serat selulosa dari kayu atau nonkayu yang diproses dengan cara melarutkan lignin semaksimal mungkin (Matachowska *et al.*, 2020). Low *et al.* (2024) menyatakan pulp dapat dibuat dari tumbuhan nonkayu yang memiliki ciri struktur serat selulosa yang dapat digunakan sebagai sumber daya utama



untuk produksi kertas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi ampas limbah industri agar terbaik berdasarkan karakteristik kertas map eceng gondok.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Bahan

Sampel ampas agar-agar didapat dari PT Bestagar Pureindo Malang, Jawa Timur dalam bentuk padatan serbuk, ringan, semibasah, dan berwarna putih kekuningan. Ampas agar-agar ini dikeringkan dengan penjemuran di bawah matahari secara langsung selama 1-2 hari kemudian dihaluskan sehingga berbentuk serbuk dan disaring dengan ukuran 80 mesh yang bersifat netral.

Eceng gondok didapat dari perairan Rawa Pening Desa Banyubiru, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah dalam bentuk kering. Eceng gondok dipotong kecil-kecil dengan ukuran 1 cm kemudian diekstrak atau proses *pulping* dengan natrium hidroksida (NaOH) (Merck, Jerman) dengan perbandingan eceng gondok dan pelarut sebesar 1:15 pada suhu 80°C selama 1 jam. Proses pencucian dilakukan dengan air mengalir dan kemudian dihaluskan dengan *chopper* selama 1-2 menit sampai menyerupai bubur dan disaring. Proses selanjutnya yaitu proses *bleaching* dengan hidrogen peroksida (H₂O₂) (Merck, Germany) 12% pada suhu 80°C selama 1 jam sehingga diperoleh pulp eceng gondok (Almira *et al.*, 2023).

Pembuatan Kertas Map (Ristianingsih *et al.*, 2018)

Pembuatan kertas map diawali dengan menambahkan pulp eceng gondok dengan

ampas agar *Gracilaria* sp. dan bahan lain sesuai dengan komposisi pada *Table 1*. Adonan kertas kemudian dicetak menggunakan cetakan berukuran 20×30 cm² dan dijemur di bawah sinar matahari selama 48 jam.

Uji Mutu

Uji gramatur mengacu pada SNI 14-0440-2006 (BSN, 2006). Pengujian ketahanan sobek kertas sesuai pada SNI 0436:2009 (BSN, 2009) dengan menggunakan Metode *Elmendorf* dengan *Tear Tester*. Pengujian daya serap air menggunakan alat *Cobb Tester* mengacu pada SNI ISO 535:2016 (BSN, 2016). Pengujian kekakuan kertas mengacu pada SNI 2493-2-2011 (BSN, 2011) dengan alat *Stiffnes Tester*. Penilaian yang diuji berdasarkan tingkat kesukaan panelis dengan menggunakan rentang nilai dari 1-9 (nilai 1: sangat tidak suka, nilai 3: tidak suka, nilai 5: netral, nilai 7: suka dan nilai 9: sangat suka) pada parameter ketampakan, bau, warna dan tekstur. (SNI ISO 11136:2014) (BSN, 2014). Uji FTIR menggunakan Cary 630 Spectrometer Agilent. Uji SEM menggunakan *analytical scanning electron microscope* (SEM-EDX JEOL JSM-6510LA).

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan satu faktor yaitu penambahan ampas agar *Gracilaria* sp. yaitu 10, 15, dan 20%. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA. Apabila terdapat beda nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey. Proses pengolahan data menggunakan aplikasi SPSS 16.

Table 1 Composition of water hyacinth map paper with the addition of *Gracilaria* sp. agar waste
Tabel 1 Komposisi kertas map eceng gondok dengan penambahan ampas agar *Gracilaria* sp.

Ingredients (%)	Treatments (%)			
	Control	10	15	20
Dried water hyacinth	77.5	77.5	77.5	77.5
PVAc	12.5	12.5	12.5	12.5
Caolin	5	5	5	5
Tapioca	5	5	5	5
<i>Gracilaria</i> sp. agar waste	0	10	15	20

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gramatur

Kenaikan nilai gramatur yang dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi ampas agar-agar ditunjukkan pada *Table 2*. Perlakuan kontrol (0% ampas agar) tidak memenuhi standar mutu SNI, dengan nilai gramatur 147,67 g/m². Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan kontrol belum mencapai standar minimum yang ditetapkan oleh SNI, yaitu 180 g/m². Penambahan ampas agar 10, 15, 20% telah memenuhi standar SNI, dengan perlakuan ampas agar 20% menunjukkan nilai gramatur tertinggi, yaitu 318,67 g/m². Peningkatan nilai gramatur ini disebabkan oleh penambahan konsentrasi ampas agar-agar (*Gracilaria* sp.) dalam jumlah yang lebih besar. Makin banyak ampas agar-agar yang ditambahkan yaitu konsentrasi 20%, maka makin tinggi nilai gramatur dan ketebalan kertas map yang dihasilkan.

Faktor lain yang memengaruhi nilai gramatur kertas adalah kondisi dan parameter yang diterapkan selama proses pembuatan. Penggunaan bahan kimia dan lama pemasakan yang tepat dalam proses pembuatan kertas akan menghasilkan gramatur yang ringan (Lai *et al.*, 2023). Berdasarkan penelitian Prasetyo & Mahmudi (2021), proses pembuatan kertas yang berkualitas harus memiliki kestabilan gramatur dan kecepatan dalam proses pembuatan kertas agar mendapatkan kualitas yang maksimal kecepatan mesin yang stabil sebesar 290 m/menit akan menghasilkan nilai gramatur yang stabil pula yaitu 125 gsm. Proses pembuatan kertas yang menggunakan tenaga manual akan menimbulkan perbedaan ketebalan pada kertas yang dihasilkan.

Ketahanan Sobek

Table 2 menunjukkan perlakuan ampas agar 20% memiliki nilai ketahanan sobek paling tinggi dikarenakan ampas agar-agar mengandung selulosa dan berbentuk serbuk yang akan mengisi ruang kosong antar serat eceng gondok sehingga memperkuat ikatan antar serat. Menurut Hanifi *et al.* (2020), makin kompleks susunan serat maka akan makin tinggi kekuatannya. Akibat tegangan yang bekerja maka matriks dan serat akan terlepas dari ikatannya tetapi ada sebagian serat masih berikatan sehingga serat tersebut belum dapat tersobek. Penyebab lainnya karena kandungan lignin di eceng gondok kurang dapat terdegradasi oleh NaOH sehingga ketahanan sobeknya rendah.

Proses ekstraksi menggunakan NaOH bertujuan untuk melarutkan lignin sehingga serat mudah hancur saat proses penghalusan sehingga serat tersebut akan membentuk ikatan serat antara satu dengan yang lain. Pernyataan ini diperkuat oleh Almira *et al.* (2023), lignin yang masih terkandung dalam pulp dapat mengganggu pembentukan ikatan serat. Makin banyak serat yang berikatan maka nilai ketahanan sobek yang dihasilkan makin tinggi. Menurut Bahri (2015), kandungan selulosa yang tinggi akan menghasilkan kertas yang kuat.

Daya Serap Air

Table 2 menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki nilai daya serap air di atas persyaratan mutu, yaitu minimum 25 g/m² (BSN, 2011). Ampas agar-agar berupa limbah padat yang bersifat higroskopis sehingga lebih menyerap air. Hal ini dapat terlihat

Table 2 Characteristic of water hyacinth map paper with the addition of *Gracilaria* sp. agar waste
Tabel 2 Karakteristik kertas map eceng gondok dengan penambahan ampas agar *Gracilaria* sp.

Sample	Grammage (g/m ²)	Tear resistance (mN)	Water absorption (g/m ²)	Stiffness (g/m ³)
Control	147.67±873 ^a	906.60±47.20 ^a	315.30±49.10 ^a	6.67±3.20 ^a
10	209.33±14.36 ^b	1180.00±52.90 ^b	487.60±32.50 ^b	19.00±3.60 ^b
15	270.67±6.06 ^c	1346.60±61.10 ^c	774.30±22.00 ^c	32.30±4.04 ^c
20	318.67±25.54 ^d	1573.30±46.10 ^d	926.30±31.60 ^d	45.00±3.60 ^d

Data followed by different superscript letter in the same column showed significant difference ($p < 0.05$)



pada *Table 2* menunjukkan bahwa perlakuan ampas agar 20% memiliki nilai daya serap yang paling tinggi di antara perlakuan lain. Hal ini diperkuat oleh penelitian Song *et al.* (2024), banyaknya gugus hidroksil pada serat selulosa akan membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air, sehingga menghasilkan nilai higroskopis yang sangat tinggi. Besarnya nilai daya serap air pada kertas map juga dapat disebabkan karena memiliki pori-pori yang kecil.

Kekakuan

Table 2 menunjukkan bahwa perlakuan ampas agar 20% memenuhi standar mutu SNI dengan nilai kekakuan 45 g/m^2 yang melebihi standar minimum SNI sebesar 35 g/m^2 (BSN, 2011). Kekakuan kertas pada perlakuan ampas agar 20% mengalami peningkatan 6 kali lipat dari perlakuan kontrol. Peningkatan sifat ini terjadi karena penambahan ampas agar-agar (*Gracilaria* sp.). Peningkatan kekakuan menyebabkan kertas map menjadi lebih tebal, berat, kaku dan cenderung mudah patah. Kekakuan kertas dipengaruhi oleh jenis pulp yang digunakan. Menurut Perez *et al.* (2021), pulp yang digunakan untuk pembuatan kertas memengaruhi struktur kertas. Kandungan utama pulp adalah selulosa. Selain itu, terdapat komponen selain selulosa yang menyebabkan perbedaan struktur kertas yaitu lignin. Kandungan lignin pada eceng gondok menyebabkan kertas yang dihasilkan menjadi kaku. *Pulping* yang berwarna cokelat gelap berarti lignin telah terlepas dari ikatan dan terlarut dalam larutan NaOH. Hal ini sesuai dengan penelitian Dewi *et al.* (2019), dalam pembuatan kertas, lignin menghambat ikatan antar serat dan menyebabkan serat kaku dan sulit pecah saat penggilingan, sehingga ikatan antar serat melemah.

Scanning Electron Microscope

Hasil pengujian SEM (*Figure 1*) menunjukkan bahwa terdapat partikel yang berbentuk serpihan yang diperkirakan sebagai ampas agar-agar (*Gracilaria* sp.). Perlakuan penambahan ampas agar 10, 15, 20% memiliki ikatan serat yang makin rapat akibat adanya penambahan ampas agar-agar yang akan mengisi rongga kosong atau pori-pori pada ikatan serat tersebut sehingga akan menjadikan kerapatan antar partikelnya meningkat. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Damayanti *et al.* (2022), yang menyatakan bahwa komposisi dari pulp serat panjang dan serta pendek akan berpengaruh terhadap kerapatan lembaran kertas. Morfologi kertas map kontrol terlihat memiliki rongga. Hal ini disebabkan oleh struktur eceng gondok yang memiliki rongga kosong antar ikatan serat karena memiliki ukuran serat yang lebih besar (George *et al.*, 2023).

Hedonik

Penambahan 10% ampas agar memiliki ketampakan yang rata berwarna cokelat cerah, kontrol ketampakan kertas yang bergelombang sedangkan pada 20% berwarna cokelat yang lebih gelap dari perlakuan lain (*Table 3*). Perlakuan 10% ampas agar terdapat ruang kosong antar ikatan diisi dengan ampas agar-agar sehingga ikatan antar serat tidak menyusut dan tidak menyebabkan tesktur yang gelombang. Penambahan 10% ampas agar berwarna paling gelap karena adanya penambahan ampas agar-agar (*Gracilaria* sp.). Menurut Sipahutar *et al.* (2021) makin banyak penambahan *Gracilaria* sp., berpengaruh terhadap perubahan ketampakan dengan warna yang kurang cerah. Hal ini sesuai dengan penelitian Asngnad *et al.* (2016) dan

Table 3 Hedonic test of water hyacinth map paper with the addition of *Gracilaria* sp. agar waste

Tabel 3 Uji hedonik kertas map eceng gondok dengan penambahan ampas agar *Gracilaria* sp.

Sample	Appearance	Texture	Confidence interval
Control	6.60 ± 1.32	6.67 ± 1.74	$6.60 < \mu < 6.64$
10	8.40 ± 0.93	8.27 ± 0.98	$8.32 < \mu < 8.33$
15	7.87 ± 1.13	7.53 ± 1.38	$7.69 < \mu < 7.70$
20	7.40 ± 1.32	6.27 ± 1.43	$6.82 < \mu < 6.83$

Parareda *et al.* (2020) kandungan selulosa menyebabkan partikel-partikel bahan sulit hancur sehingga menyebabkan tekstur kertas makin kasar.

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Figure 2 menunjukkan gugus fungsi yang terdapat pada kertas map. Hasil menunjukkan bahwa gugus 3,6-anhydrogalactose agar-agar terlihat pada pita serapan 928-933 cm^{-1} (Pereira *et al.*, 2009). Panjang gelombang 926,80 cm^{-1} hingga 1149,65 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-O yang membentang pada cincin *anhydrogalactosa*, yang umum dalam struktur agar (Hii *et al.*, 2015). Penambahan basa pada pengolahan

agar dan proses *bleaching* akan memutuskan ikatan agar dan agaropectin sehingga menghilangkan sulfat yang tidak stabil pada atom karbon nomer 6 (C-6) dari unit L-galaktosa (Abidin *et al.*, 2015).

Komponen pengotor bahan baku selulosa misalnya lignin, amida dan hemiselulosa telah banyak yang hilang pada saat dilakukannya proses *pulping* pada serat eceng gondok dengan menggunakan larutan NaOH. Hal ini ditunjukkan dengan tidak terdapatnya puncak pada panjang gelombang 1670-1700 cm^{-1} (Halim *et al.*, 2021). Sampel dengan penambahan ampas agar *Gracilaria* sp. terdapat puncak pada panjang gelombang 2891 cm^{-1} sampai 2895 cm^{-1} , namun tidak muncul pada kontrol. Puncak pada panjang

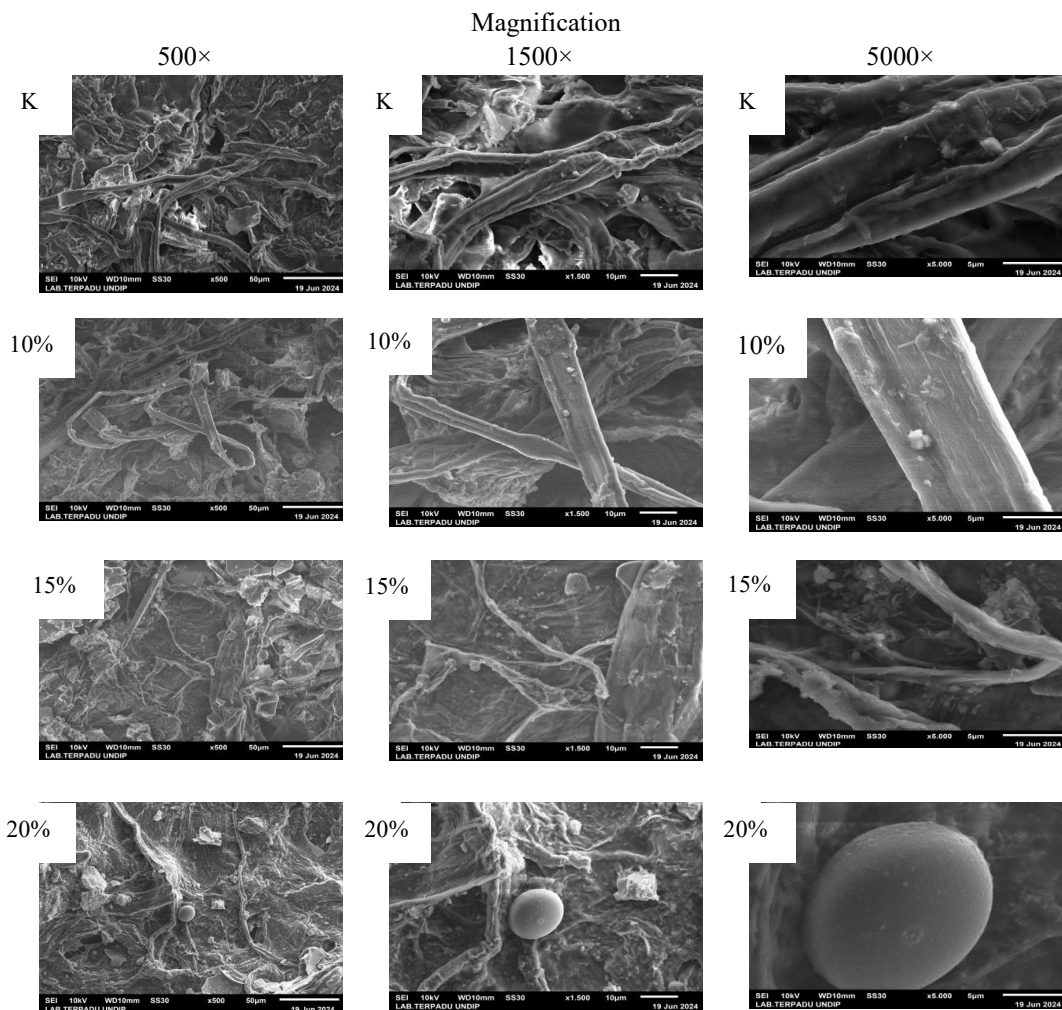


Figure 1 SEM test results of water hyacinth map paper with the addition of *Gracilaria* sp. agar
 Gambar 1 Uji SEM kertas map eceng gondok dengan penambahan ampas agar *Gracilaria* sp.

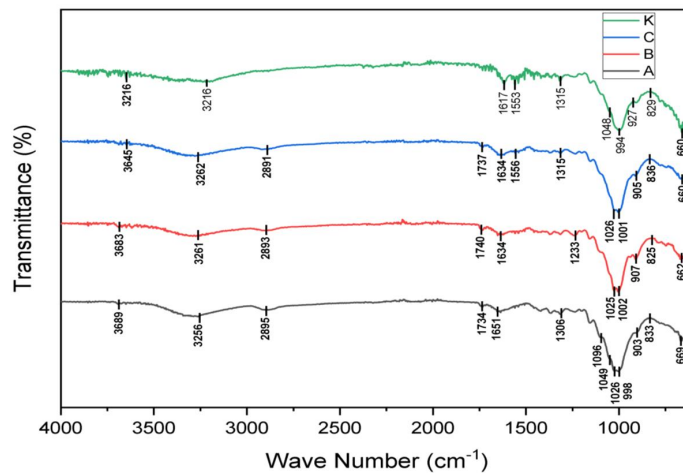


Figure 2 FTIR on map paper made in *Gracilaria* sp. waste processing

Gambar 2 Uji FTIR kertas map eceng gondok dengan penambahan ampas agar *Gracilaria* sp.

gelombang tersebut menunjukkan adanya kandungan selulosa pada rumput laut (Pradana *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Komposisi kertas map dengan penambahan ampas agar-agar *Gracilaria* sp. 20% merupakan komposisi terbaik, dengan hasil uji gramatur 318,67 gm/m², ketahanan sobek 1573,3 mN, daya serap air 926,3 g/m², dan kekakuan kertas 45 g/m³. Kualitas kertas map dengan penambahan ampas agar-agar (*Gracilaria* sp.) 20% telah memenuhi SNI 0155:2010 dan mempunyai struktur yang rapat. Serapan pada pita 928-933 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus 3,6-anhydrogalactose senyawa penyusun agar-agar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Rudyanto, M., & Sudjarwo. (2015). Isolasi dan karakterisasi agarosa dari rumput laut *Gracilaria verrucosa*. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 13(1), 69-75.
- Almira, P., Dewi, E. N., & Kurniasih, R. A. (2023). Effect of adding carrageenan processing solid waste from *Eucheuma cottonii* to art paper manufacture from water hyacinth. *Jurnal Perikanan*, 25(2), 151-156.
- Aminah., Setyawari, D., & Yani, A. (2018). Sifat fisik dan mekanik papan partikel

dari limbah kayu *Acacia crassicarpa* pada beberapa ukuran partikel dan konsentrasi urea formaldehida. *Jurnal Hutan Lestari*, 6(3), 557-568.

- Ariefta, R., Dewi, E. N., & Romadhon. (2019). Potensi rumput laut *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku pembuatan kertas kantong kraft. *Saintek Perikanan*, 14(2), 81-85.
- Asngad, A., Siti, I. N., & Siska, S. (2016). Pemanfaatan kulit kacang dan bulu ayam sebagai bahan alternatif pembuatan kertas melalui chemical pulping dengan menggunakan NaOH dan CaO. *Bioeksperimen*, 2(1), 25-34.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2010). SNI 0155:2010. Kertas Map. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2006). SNI 14- 0440-2006. Cara Uji Gramatur. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI 0436:2009. Cara Uji Ketahanan Sobek Metode Elmendorf. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 2493-2-2011. Kertas dan Karton – Cara Uji Ketahanan Lengkung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2014). SNI ISO 11136:2014. Analisis Sensori. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI ISO 535 :2016. Cara Uji Daya Serap Air (Cobb). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bahri, S. (2015). Pembuatan pulp dari batang pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 36-50.
- Bore, J. T., Anggraini, S. P. A., & Widyastuti, F. K. (2023). Pembuatan kertas kemasan dari batang eceng gondok menggunakan katalis natrium hidroksida dengan proses delignifikasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur*, 6, 6-11.
- Damayanti, S., Daningsih, E., & Tenriawaru, A. B. 2022. Perbandingan kualitas kertas komposit dari ampas tebu dan kertas koran berdasarkan konsentrasi NaOH yang berbeda. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2), 620-630.
- Dang, B.T., Ramaraj, R., Huynh, K. P., Le, M. V., Tomoaki, I., Pham, T. T., Hoang Luan, V., Thi Le Na, P., & Tran, D. P. H. (2023). Current application of seaweed waste for composting and biochar: A review. *Bioresour. Technol*, 375, 128830.
- Dewi, I. A., Ihwah, A., Setyawan, H. Y., Kurniasari, A. A. N., & Ulfah, A. (2019). Optimasi proses delignifikasi pelepah pisang untuk bahan baku pembuatan kertas seni. *Sebatik*, 23(2), 447-454.
- Goerge, S., Thomas, S., Nedumoillil, N. N., & Jose, S. (2023). Extraction and characterization of fibers from water hyacinth stem using a custom-made decorticator. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 1-10.
- Halim, A., Setiawan, A., Amdriyanto, A., & Bachtiar, S. (2021). Pemanfaatan selulosa eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) sebagai bahan dasar pembuatan nitroselulosa. *Journal of Natural Science and Technology ADPERTISI*, 1(1), 1-10.
- Hanifi, B.Q.I., Purwantoo, H., & Syafa'at, I. (2020). Pengaruh variasi susunan serat eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan resin polyester sebagai bahan komposit alternatif rompi anti peluru. *Momentum*, 16(2), 140-143.
- Hannachi, Y., Dekhila, A. B., & Boubakera, T. (2013). Biosorption potential of the red alga, *Gracilaria verrucosa* for the removal of Zn^{2+} ions from aqueous media: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *International Journal of Current Trends Engineering Technology*, 3(4), 1171-78.
- Hii, S. L., Lim, J. Y., Ong, W. T., & Wong C. L. (2015). Agar from Malaysian red seaweed as potential material for synthesis of bioplastic film. *Journal of Engineering Science and Technology Special Issue on SOMCHE*, 1-15.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024). Menteri Trenggono Fokus Bangun Hulu Perikanan untuk Sokong Hilirisasi. <https://www.kkp.go.id/news/news-detail/menteri-trenggono-fokus-bangun-hulu-perikanan-untuk-sokong-hilirisasi-ZY15.html>. Diakses 28 Januari 2025.
- Hardiansyah, Y. (2013). Kualitas kertas daur ulang dari ampas rumput laut jenis *Gracillaria* sp. [Skripsi]. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Lai, C., Fan, K., Cai, Q., Ye, Q., & Wu, X. (2023). Low carbon and cost-effective pathways for specialty paper production in China. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 1-13.
- Low, L. Q., Ilyas, R. A., Jalil, R., Hawanis, H. S. N., Ibrahim, R., Azriena, H. A. A., Zuhri, M. Y. M., Ainun, Z. M. A., Fatriasari, W., Hastuti, N., & Amelia, D. (2024). Physical and mechanical properties enhancement of beaten oil palm trunk pulp and paper by optimizing starch addition: Towards sustainable packaging solutions. *Industrial Crops & Products*, 221, 1-14.
- Manuharan, G. J., Khasanah, L. U., & Utami, R. (2024). Changes in grammage, tearing resistance, and water vapor transmission rate of active paper incorporated with cinnamaldehyde during storage at various temperatures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 107, 1-7.



- Matachowska, E., Dubowik, M., Lipkiewicz, A., Przybysz, K., & Piotr, P. (2020). Analysis of cellulose pulp characteristics and processing parameters for efficient paper production. *Sustainability*, 12, 1-12.
- Nandiyanto, A. B. D., Ragadhita, R., Hofifah, N. S., Husaeni, D. F. A., Husaeni, D. N., Fiandini, M., Luckiardi, S., Soegoto, E. S., Darmawan, A., & Aziz, M. (2023). Progress in the utilization of water hyacinth as effective biomass material. *Environment, Development and Sustainability*, 1-48.
- Nurhayati, Ferni, M. I., & Zulfansyah. (2011). Pembuatan pulp semi kimia dari eceng gondok dengan ekstrak abu tandan kosong sawit. *Seminar Tjipto Utomo*, 1-5.
- Nurhayati, N., & Kusumawati, R. (2014). Sintesis selulosa asetat dari limbah pengolahan agar. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9(2), 97-107.
- Parareda, F. S., Tarres, Q., Espinach, F. X., Vilaseca, F., Mutje, P., & Aguilar, M. D. (2020). Influence of lignin content on the intrinsic modulus of natural fibers and on the stiffness of composite materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 155, 1-10.
- Pereira, L., Amando, A. M., Critchley, A. T., Velde, F. V. D., & Ribeiro, P. J. A. (2009). Identification of selected seaweed polysaccharides (*Phycocolloids*) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). *Food Hydrocolloids*, 300, 1-7.
- Perez, A. R., Arias, T. E., Garcia, M. R. B., Escolano, A., & Hernandez, N. G. (2021). Under the spotlight: A new tool (artificial light radiation) to bleach paper documents. *Journal of Cultural Heritage*, 52, 184-191.
- Pradana, M. A., Ardhyananta, H., & Farid, M. (2017). Pemisahan selulosa dari lignin serat tandan kosong kelapa sawit dengan proses alkalisasi untuk penguat bahan komposit penyerap suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 413-416.
- Prasetyo, R. A., & Mahmudi, H. (2021). Analisa pengaruh kecepatan produksi terhadap gramatur pembuatan kertas. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(2), 108-113.
- Purnavita, S., Sutanti, S., & Haryanto, P. (2017). Pembuatan kertas seni dari eceng gondok di KWT Sekar Melati dan I Boni. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 8(1), 39-43.
- Ratnani, R. D., Ariamti, F. D., & Sasongko, N. A. (2024). Exploring the potential of water hyacinth weed (*Pontederia crassipes*) as an environmentally friendly antifungal to realize sustainable development in lakes: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 1-8.
- Ristianingsih, Y., Angreini, N., & Fitriani, A. (2018). Proses pembuatan kertas dari kombinasi limbah ampas tebu dan sekam padi dengan proses soda. *Chempublish Journal*, 2(2), 21-32.
- Ruan, T., Zang, R., Yin, X. Y., Zhang, S. X., & Yang, Z. H. (2016). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) biomass as a biofuel feedstock by enzymatic hydrolysis. *Bioresources*, 11(1), 2372-2380.
- Sipahutar, Y. H., Alhadi, H. A., Arridho, A. A., Asyurah, M. Q., Kilang, K., & Azminah, N. (2021). Penambahan tepung gracilaria sp. terhadap karakteristik produk terpilih bakso ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 4(1), 21-29.
- Song, S., Lyu, Y., Zhao, J., Ren, W., Wang, J., Li, L., Wang, Q., & Zhang, M. (2024). Broadband sound absorption cellulose/basalt fiber composite paper with excellent thermal insulation and hydrophobic properties. *Industrial Crops & Products*, 218, 1-11.
- Sukaryono, I. D., & Loupatty, V. D. (2018). Karakteristik kertas berbahan kertas bekas dan limbah rumput laut *Eucheuma cottonii*. *Majalah Biam*, 14(2), 81-85.
- Uju, Santoso, J., Ramadhan, W., & Abrory, M. F. (2018). Ekstraksi *native* agar dari rumput laut *Gracilaria* sp. dengan akselerasi ultrasonikasi pada suhu rendah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(3), 414-422.

- Ukhty, N., Khairi, I., & Dari, T. W. (2021). Karakteristik fisik dan aktivitas antioksidan sediaan masker *gel peel off* ekstrak metanol daun eceng gondok. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(3), 416-424.
- Zulferiyenni., Hidayati, S., & Sintaria, D. (2016). Karakteristik kertas dari ampas rumput laut *Eucheuma cottonii* akibat pengaruh pemutih menggunakan H₂O₂ dan penambahan tapioka. *Prosiding Seminar Nasional APTA*, 140-145.