

***STUDY OF WHITENING AND TENSILE STRENGTH OF WATER HYACINTH
RESULTING FROM BLEACHING PROCESS BY USING HYDROGEN PEROXIDE***

**STUDI PERUBAHAN WARNA DAN KEKUATAN TARIKAN ECENG GONDOK HASIL
PEMUTIHAN MENGGUNAKAN HIDROGEN PEROKSIDA**

Muktaridha Muktaridha^{1*}, Irhami S², Syurkarni Ali³

¹Magister Ilmu Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar

²Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar

³Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

Diterima 19 April 2024 / Disetujui 26 Juni 2024.

ABSTRACT

Water hyacinth is an aquatic plant often used as a craft product because it is attractive for its various positive properties but requires further handling, especially regarding its color. White is one of the most popular types, and the manufacturing process involves bleaching stages using chemical compounds such as hydrogen peroxide (H₂O₂). The use of H₂O₂ in the bleaching process still has consequences for the quality of the material, which becomes easily damaged, and the bleaching process, which involves the presence of sunlight or ultraviolet lamps, occurs more quickly. This research examines the relationship between the duration of soaking water hyacinth in H₂O₂ solution in the presence of direct light or in dark conditions on its color and tensile test strength. Based on the research results, the Hue, Saturation, and Value (HSV) color data increase the brightness based on saturation and value data. Tensile test capability testing carried out using the Universal Testing Machine (UTM) instrument showed that immersing water hyacinth in H₂O₂ for 4-8 minutes did not cause a significant change in tensile test capability, so it was still possible for various purposes as a raw material in the creative industry.

Keywords: *bleaching, hydrogen peroxide, water hyacinth, tensile strength*

ABSTRAK

Eceng gondok merupakan salah satu tanaman air yang sering digunakan sebagai produk kerajinan karena memiliki daya tarik pada berbagai sifat positif yang dimiliki, namun diperlukan penanganan lebih lanjut terutama pada warnanya. Warna terang merupakan salah satu tipe yang banyak digemari dan proses pembuatannya menggunakan tahapan pemutihan menggunakan senyawa kimia seperti hidrogen peroksida (H₂O₂). Penggunaan H₂O₂ pada proses *bleaching* masih memiliki konsekuensi pada kualitas bahan yang menjadi mudah rusak, serta proses *bleaching* yang melibatkan kehadiran sinar matahari maupun lampu ultraviolet akan terjadi lebih cepat. Penelitian ini bertujuan melihat hubungan antara durasi perendaman eceng gondok dalam larutan H₂O₂ pada kondisi kehadiran sinar secara langsung maupun dalam kondisi gelap terhadap warna dan kekuatan uji tariknya. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan data warna *Hue*, *Saturation*, dan *Value* (HSV) menunjukkan kecenderungan (*trend*) yang baik terutama untuk data *saturation* dan *value*. Pengujian kemampuan uji tarik didapatkan bahwa perendaman eceng gondok dalam H₂O₂ antara 4-8 menit praktisnya tidak menyebabkan perubahan

* Korespondensi Penulis:

Email: muktaridha@utu.ac.id

kemampuan uji tarik, sehingga masih memungkinkan untuk berbagai keperluan sebagai bahan baku di industri kreatif.

Kata kunci: *bleaching*, hidrogen peroksida, eceng gondok, kuat tarik

PENDAHULUAN

Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang bersifat invasif karena dapat berkembang dengan cepat, namun dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti pakan ikan/ternak, bahan bakar alternatif, pupuk, produk kerajinan dan lain-lain (Islam et al., 2021). Penggunaan eceng gondok untuk produk kerajinan merupakan salah satu bidang usaha yang berkembang pesat saat ini, karena mendukung sektor *blue economy* dan ramah lingkungan (Harun, Pushiri, Amirul-Aiman, & Zulkeflee, 2021). Eceng gondok memiliki struktur fisik yang lebih lembut untuk berbagai produk kerajinan dibandingkan bahan sejenisnya, sehingga cukup diminati oleh konsumen. Beberapa produk sejenis diantaranya menggunakan daun kelapa, pandan, siwalan bahkan plastik, namun memiliki berbagai kekurangan dari sudut pandang ketahanan dan kenyamanan.

Tingkatan estetika produk kerajinan pada dasarnya memiliki daya tarik utama pada warna yang dihasilkan. Tingkatan estetika tersebut dapat bersumber dari warna, struktur fisik, dan ketahanannya. Warna merupakan salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan dalam memasarkan produk kerajinan yang menggunakan teknik anyaman. Kondisi tersebut secara umum juga dijumpai pada kerajinan dengan bahan baku eceng gondok, dimana warna yang lebih terang merupakan salah satu jenis yang digemari oleh konsumen, sehingga pada proses pembuatannya membutuhkan langkah pemutihan (*bleaching*) untuk menghilangkan kotoran pada eceng gondok menggunakan senyawa kimia tertentu seperti hidrogen peroksida (H_2O_2), klorin (Cl_2), natrium hipoklorit ($NaClO$), Oksigen aktif, Ozon (O_3), asam askorbat ($C_6H_8O_6$), asam sitrat ($C_6H_8O_7$) dan lain-lain. Penggunaan bahan kimia tersebut disesuaikan dengan kebutuhan dan resiko bagi bahan yang akan digunakan maupun terhadap lingkungan.

Penggunaan H_2O_2 pada proses *bleaching* pada dasarnya masih memiliki beberapa permasalahan, diantaranya adalah durasi perendaman yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur kimia yang dikandung oleh bahan tersebut, sehingga memiliki konsekuensi pada kualitas bahan yang menurun (Wang, Shen, & Xu, 2012). Perendaman yang lama pada umumnya akan menyebabkan reaksi homolitik yang cukup untuk mendegradasi struktur kimia penyusun suatu bahan organik pada struktur primernya penyusun jaringannya di samping pigmen warnanya, sehingga memiliki konsekuensi pada rusaknya bahan tersebut secara fisik. Permasalahan lain adalah proses *bleaching* yang melibatkan kehadiran foton dari sinar matahari maupun lampu ultraviolet akan terjadi lebih cepat dari yang seharusnya (Gottenbos, de Witz, Heintzmann, Born, & Hötzl, 2021), karena reaksi pembentukan molekul hidroksil radikal dari H_2O_2 akan meningkat dengan kehadiran energi tersebut dan turut berkontribusi pada proses *bleaching* (Chihiro et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan melihat hubungan antara durasi perendaman eceng gondok dalam H_2O_2 pada kondisi kehadiran foton secara langsung maupun dalam kondisi gelap terhadap warna dan kekuatan uji tariknya. Hasil tersebut akan diukur dari perbandingan warna eceng gondok sebelum dan sesudah perlakuan serta nilai uji tarik masing-masing sampel hasil perlakuan yang dipilih.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah hidrogen peroksida (H_2O_2) teknis 50% (TAEKWANG Industrial Co., ltd), air distilasi (H_2O) produksi laboratorium, dan batang eceng gondok kering (EgiCraft, Meulaboh, Aceh Barat). Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri (pyrex), Erlenmeyer (pyrex), labu ukur (pyrex), gelas ukur (pyrex), gelas kimia (pyrex), *smartphone* (redmi note 10S) dan alat *Universal Testing Machine* (UTM) (TENSILON RTI-1310).

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian disusun dalam bentuk ekperimental untuk mengetahui efek penggunaan H_2O_2 dengan variasi waktu perendaman (4, 6, 8 dan 10 menit) serta hadirnya cahaya (*photon*) dalam proses pemutihan (*bleaching*) batang eceng gondok kering. Hasil yang didapatkan dibandingkan dengan variabel kontrol tanpa perendaman untuk mendapatkan kesimpulan penelitian

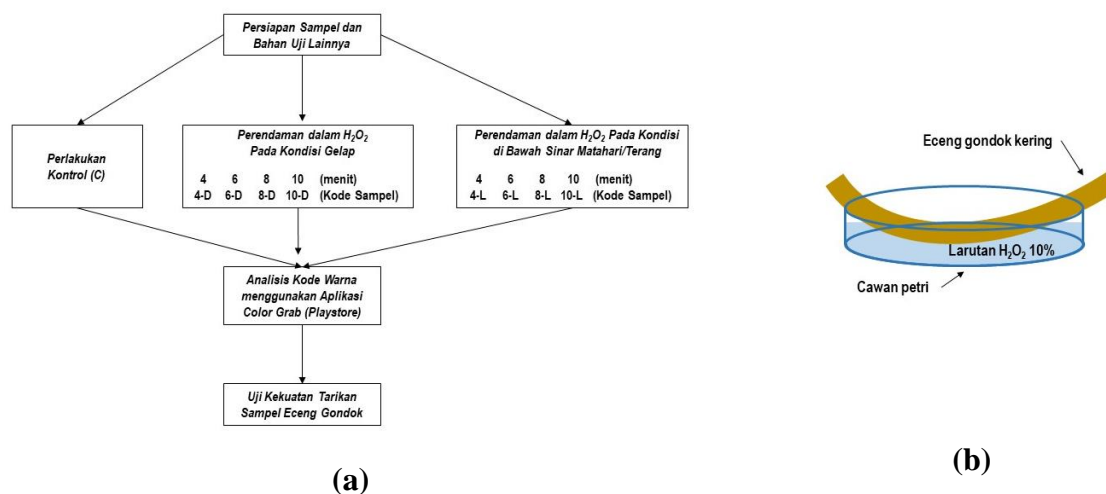
Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan melibatkan serangkaian proses perendaman sampel dalam larutan H_2O_2 dan pengujian pada warna yang dihasilkan serta hasil uji kekuatan tarikan pada bahan tersebut.

Persiapan Sampel

Sampel eceng gondok kering diambil dari tempat pengrajin industri kreatif (EgiCraft, Meulaboh, Aceh Barat) yang telah melewati proses seleksi untuk pemanfaatan sebagai bahan baku kerajinan. Sampel tersebut telah dikeringkan selama 3 hari dalam rumah kaca pada suhu berkisar pada $45^\circ C$. Bagian yang digunakan adalah batang tengah dengan dipilih dari ukuran yang seragam untuk memudahkan perlakuan dan perhitungan. Ukuran eceng gondok tersebut memiliki panjang 15 cm dan ketebalan setelah dipipihkan berkisar pada 1,5 mm. sebelum proses *bleaching*, tidak dilakukan perlakuan awal khusus secara sistematis.

Perendaman sampel dengan H_2O_2



Gambar 1. (a) Skema Pengerjaan Penelitian dan (b) Ilustrasi perendaman eceng gondok kering dalam larutan H_2O_2 10%

Sebanyak 50 mL larutan H_2O_2 10% ($pH = 5$) ditempatkan dalam masing-masing 8 cawan petri yang berbeda dengan pembagian 4 buah untuk perlakuan gelap dan terang. Pada masing-masing cawan petri tersebut akan ditempatkan eceng gondok kering dengan perendaman pada variasi waktu 4, 6, 8 dan 10 menit. Variabel dalam kondisi gelap selanjutnya disimbolkan dengan 4-D, 6-D, 8-D, dan 10-D, sedangkan dalam kondisi terang disimbolkan dengan 4-L, 6-L, 8-L, dan 10-L. Perlakuan pada kondisi terang menggunakan sinar matahari langsung pada pertengahan hari (Pukul 10.00 – 11.00 WIB). Perendaman sampel eceng gondok dalam H_2O_2 dilakukan dengan memperhatikan agar larutan tersebut hanya merendam bagian epidermis luar dengan panjang sekitar 10 cm, tanpa membiarkan H_2O_2 masuk ke dalam bagian jaringan bagian di dalamnya. Kerangka kerja penelitian dan Ilustrasi perendaman tersebut seperti pada Gambar 1

Analisis Kode Warna Bahan Eceng Gondok

Analisis warna dilakukan dengan merekam kode warna pada tiga titik yang berbeda setiap sampel eceng gondok. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Color Grab* yang tersedia di Playstore dimana akan menghasilkan data porsi warna (*Hue*), kekuatan warna (*Saturation*), dan kecerahan (*Value*). Nilai tersebut selanjutnya dikenal dengan kode warna model HSV. Nilai HSV dapat dikonversi menjadi kode *Red*, *Green*, dan *Blue*, sehingga dapat memunculkan warna yang dikehendaki. Adapun proses konversinya dapat dilakukan menggunakan persamaan matematika maupun simulasi komputer. Pada penelitian ini konversi dilakukan secara langsung melalui simulasi komputer yang tersedia melalui website *RapidTable*.

Pengujian Sampel untuk Perbandingan Warna serta Kekuatan Tarikannya

Sampel eceng gondok yang telah diproses dengan H_2O_2 dan variabel kontrol selanjutnya dijadikan serat dengan panjang 15 cm dan ketebalan $\pm 1,5$ mm. Pengujian kemampuan uji tarik dilakukan dengan menggunakan instrument *Universal Testing Machine* (UTM) serta secara otomatis akan menghasilkan data modulus elastis dan grafik kekuatan uji tarik dari sampel yang digunakan. Adapun variabel yang diuji adalah variabel kontrol, 4-D, 8-D, 4-L, dan 8-L. Data yang dihasilkan akan diplot ke dalam grafik beban (*load*) terhadap pertambahan panjang eceng gondok (*extension*) yang selanjutnya diterjemahkan ke dalam kekuatan uji tarik masing-masing sampel yang diuji.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah pengurangan warna batang eceng gondok setelah direndam dalam larutan H_2O_2 10% dengan variasi waktu 4, 6, 8 dan 10 menit. Selain itu juga dilakukan uji tarik khusus untuk variabel perendaman 4 dan 8 menit. Perlakuan dilakukan masing-masing dalam kondisi gelap dan terang untuk melihat perbandingan kemampuan *bleaching* yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eceng gondok merupakan salah satu bahan baku untuk industri kerajinan yang sangat diminati karena memiliki beragam sifat positifnya seperti kemudahan mendapatkan bahan baku, tekstur yang lembut, dan kemudahan dalam mengolahnya. Perlakuan pemutihan (*bleaching*) dengan menggunakan H_2O_2 telah lama digunakan sebagai salah satu tahapan penting dalam pengolahan eceng gondok, namun perendaman yang tidak tepat dan terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan

struktur fisik dari eceng gondok sehingga akan mudah rusak dan sulit dianyam untuk kerajinan. Penelitian ini telah membuktikan pengaruh perbedaan durasi perendaman dibawah durasi 10 menit terhadap warna yang dihasilkan serta kekuatan tarikan masing-masing sampel tersebut. Analisis warna dilakukan secara menyeluruh untuk semua sampel uji, namun analisis uji tarik hanya dilakukan pada sampel dengan perendaman durasi 4 dan 8 menit terhadap variabel kontrol.

Pengaruh Durasi Perendaman Terhadap Warna Eceng Gondok

Perendaman eceng gondok dalam larutan H_2O_2 merupakan langkah untuk menghilangkan spot warna pada bagian kulit luar batangnya. Warna spot hitam tersebut dapat diakibatkan oleh infeksi jamur, kekurangan nutrisi maupun kualitas yang buruk. Secara umum titik-titik warna bagian tersebut merupakan senyawa organik berupa pigmen maupun kromofor jenis lainnya, dimana kondisi yang sama juga telah dikonfirmasi pada penghilangan spot senyawa kromofor 5,8-Dihydroxy-[1,4]-naphthoquinone (DHNQ) di industri kertas (Zwirchmayr et al., 2017). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan secara umum perbedaan waktu perendaman yang dilakukan (1 – 10 menit) tidak cukup memberikan indikasi perbedaan warna yang signifikan satu sama lain, namun dapat terlihat jelas bila dibandingkan dengan sampel kontrol seperti yang terlihat pada Gambar 2.

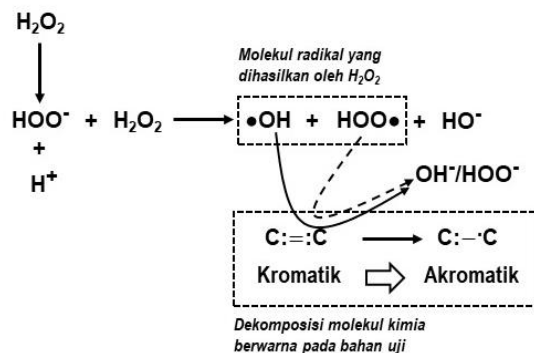


Gambar 2. Perbandingan warna eceng gondok hasil perendaman dengan H_2O_2 dengan durasi (a) 4-D, 6-D, 8-D, dan 10-D untuk kondisi gelap dan (b) 4-L, 6-L, 8-L, dan 10-L untuk kondisi terang terhadap variabel kontrol (*control*) dengan durasi waktu 4, 6, 8, dan 10 menit

Penggunaan H_2O_2 umum akan menghasilkan reaksi kimia untuk memproduksi molekul radikal (hidroksi radikal ($HO\cdot$), superoksida ($\cdot OO^-$) dan perhidroksi radikal ($HOO\cdot$)) dan ion perhidroksi (HOO^-) (Gambar 3). Kedua jenis molekul tersebut dapat berkerja dalam mengurangi warna dari suatu bahan, karena akan terjadi reaksi kimia homolitik yang merusak struktur kimia kromofor dari bahan organik yang bersentuhan dengannya. Hal tersebut yang serupa terjadi pada degradasi molekul rhodamine B yang telah dianalisis secara mendalam menggunakan instrument GC-MS (Liang et al., 2020) Pada praktiknya, molekul radikal bekerja lebih kuat namun dapat merusak tidak hanya kromofor, bahkan struktur penyusun bahan juga ikut rusak. Molekul perhidroksi (HOO^-) dapat bekerja lebih baik dalam merusak struktur kromofor tanpa ikut merusak bahan organik secara menyeluruh. Namun, berdasarkan tingkatan pH yang berada dalam kondisi asam, maka diperkirakan reaksi yang terjadi didominasi oleh molekul hidroksil radikal ($HO\cdot$) (Liu, Yan, & Sun, 2019).

Ringkasan mekanisme kerja pada reaksi homolitik tersebut adalah H_2O_2 dimana secara teratur akan berubah menjadi molekul radikal akibat kehadiran sinar UV maupun kondisi kimia lainnya yang memungkinkan melalui proses pemisahan pasangan elektron (Chihiro et al., 2018). Proses tersebut

akan terjadi secara berantai sampai terbentuk molekul kimia radikal yang memiliki sifat sangat reaktif, sehingga akan menyerang struktur kimia yang kaya elektron, terutama ikatan ganda (*double bond*) pada senyawa berwarna (*chromatic*) dari eceng gondok. Molekul radikal yang telah mendapatkan elektron akan menjadi ion kembali dan dapat menyebabkan reaksi berantai selanjutnya dengan mekanisme yang sama seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme degradasi molekul berwarna (kromatik) menjadi molekul tanpa warna (akromatik) dengan bantuan molekul radikal yang dihasilkan dari H_2O_2 (diproduksi ulang dari (Chihiro et al., 2018))

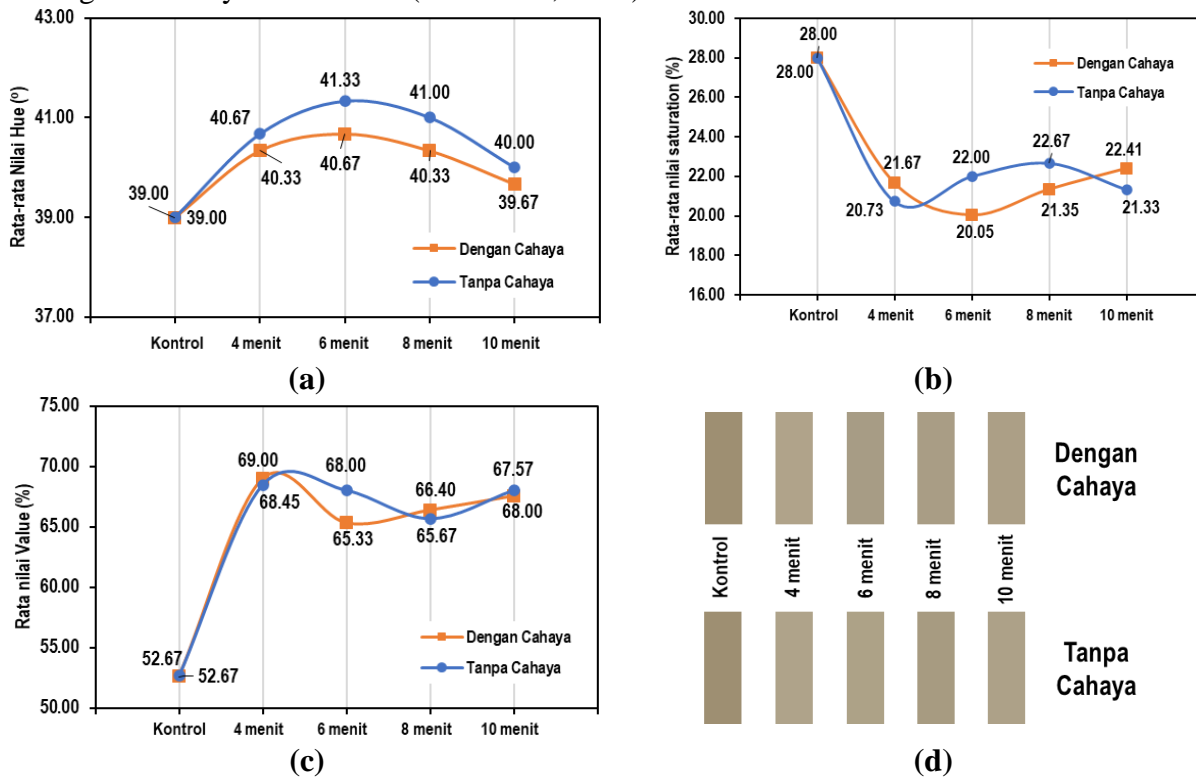
Analisis Kode Warna pada Eceng Gondok

Analisis kode warna dilakukan menggunakan data *Hue*, *Saturation*, dan *Value* (HSV) yang akan menghasilkan informasi terkait jenis warna, tingkat kekuatan, serta kecerahannya (Deswal & Sharma, 2014). Nilai *Hue* menunjukkan rentang kelompok warna dari sampel yang diuji, dimana secara umum tidak terdapat perbedaan yang signifikan karena seluruh sampel masih tergolong ke dalam rentang warna merah ($0 - 60^\circ$). Rentang warna merah tersebut merupakan pembagian warna utama pada sistem HSV ke dalam kelompok merah, kuning, hijau, cyan, biru dan magenta dengan sudut 0 sampai 360° (Zahara, 2022). Kondisi tidak ada perubahan kelompok warna tersebut setelah proses pemutihan dapat diakibatkan oleh durasi perlakuan yang singkat, konsentrasi H_2O_2 rendah serta tingkat paparan cahaya yang fluktuatif untuk variabel uji di bawah sinar matahari.

Nilai saturasi (*saturation*) menunjukkan kekuatan warnanya dimana berdasarkan grafik terlihat dengan jelas bahwa nilai saturasi berkurang yang dapat ditafsirkan bahwa ada pengurangan tingkat intensitas warna akibat dari proses pemutihan yang berlangsung. Nilai tingkat kecerahan (*Value*) secara umum menunjukkan kecenderungan yang cukup baik karena mengalami peningkatan yang signifikan setelah perendaman dengan H_2O_2 , dimana menunjukkan warna eceng gondok semakin cerah setelah diperlakukan melalui proses pemutihan. Keseluruhan kondisi tersebut terlihat secara kontras pada Gambar 4.

Secara umum keseluruhan data HSV menunjukkan kecenderungan (*trend*) yang baik seiring dengan perendaman yang berlangsung, namun perubahan yang terjadi hanya memiliki sedikit fluktuasi pada perbedaan variasi waktu perendaman. Kondisi tersebut dapat diakibatkan oleh variasi waktu tersebut belum mampu menunjukkan perubahan warna yang mencolok sehingga diperlukan selang waktu perendaman yang lebih lama. Hal tersebut terkait dengan kemampuan kerja H_2O_2 yang memerlukan waktu untuk mengurai senyawa kromofor (zat warna) pada lapisan epidermis eceng gondok. Selain terkait kromofor, pengurangan kadar lignin dalam eceng gondok juga dapat

dikaitkan dengan perubahan warnanya menjadi lebih terang, karena selama reaksi tersebut akan ikut mendegradasi senyawa selulosa (Retnowati, 2008)



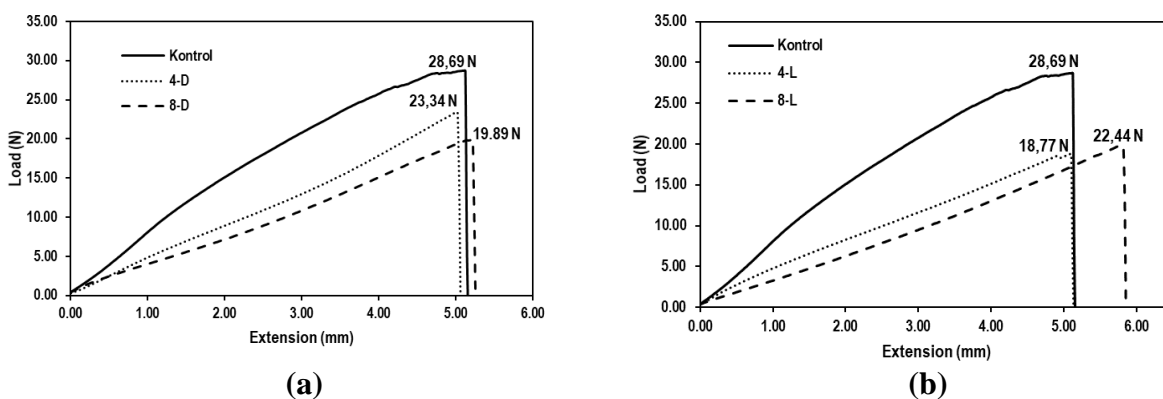
Gambar 4. Tren nilai (a) kelompok warna (*Hue*), (b) saturasi warna (*saturation*), (c) tingkat kecerahan (*value*), dan perbedaan perubahan warna hasil transformasi ke dalam *red, green, blue* (RGB), dan (d) tampak visual perubahan warna yang terjadi

Analisis Kekuatan Tarik Batang Eceng Gondok Kering

Kekuatan tarikan eceng gondok merupakan salah satu sifat penting yang perlu dipertahankan untuk mendukung aplikasinya pada industri kerajinan. Penggunaan H_2O_2 pada proses pemutihan eceng gondok praktisnya akan menyebabkan kurangnya kekuatan yang dimiliki oleh bahan tersebut, karena beberapa struktur kimia pendukungnya akan mengalami kerusakan akibat dari reaksi yang berlangsung (Zeronian & Inglesby, 1995). Hal itu tergambarkan dari hasil uji kekuatan tarikan eceng gondok seperti pada Gambar 5. Kekuatan tarikan terlihat dari nilai beban yang diberikan (*load*), dimana nilai tersebut turun pada variabel uji yang direndam dalam H_2O_2 . Penurunan nilai tersebut terjadi secara bertahap pada kondisi perlakuan tanpa kehadiran cahaya maupun dalam kondisi terang. Kondisi yang sama juga telah ditemukan pada berbagai material lain seperti kain dan lain-lain (Mondal, 2002; Wang et al., 2012). Nilai pertambahan panjang eceng gondok selama uji tarik praktisnya mirip satu sama lain, terutama untuk variabel uji tanpa kehadiran cahaya. Hal ini dapat terjadi karena eceng gondok merupakan material uji yang memiliki elastisitas yang mirip meskipun telah terjadi proses pemutihan.

Berdasarkan data tersebut terlihat lama perendaman eceng gondok dalam H_2O_2 antara 4 – 8 menit tidak menyebabkan perbedaan uji tarik yang terlalu drastis, hal tersebut terlihat dari nilai uji tariknya

berkisar pada 18 - 23 N untuk variabel sehingga masih memungkinkan untuk diaplikasikan di lapangan. Kondisi tersebut juga memungkinkan karena pelarut air tidak terlalu mudah mengalami penetrasi ke dalam dinding sel tumbuhan dibandingkan pelarut air seperti alkohol yang dapat menyebabkan turunnya nilai kekuatan uji tarik yang signifikan (Retnowati, 2008). Perbedaan dengan nilai uji tarik pada kontrol terlihat lebih drastis, dimana kondisi tersebut masih perlu diperhatikan karena perendaman yang dilakukan hanya mempertemukan kulit luar eceng gondok dengan larutan H_2O_2 , sehingga kondisi yang berbeda akan terjadi bila larutan H_2O_2 tersebut turut membanjiri pembuluh *xylem* dan *floem* yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut



Gambar 5. Hasil analisis uji tarik eceng gondok sebelum dan setelah direndam menggunakan larutan H_2O_2 untuk sampel dalam (a) kondisi gelap dan (b) kondisi terang

KESIMPULAN

Kesimpulan

Pengaruh perbedaan durasi perendaman yang dilakukan (1 – 10 menit) tidak cukup memberikan indikasi perbedaan warna yang signifikan satu sama lain, namun pengurangan warnanya dapat terlihat dengan jelas bila dibandingkan dengan serat kontrol. Secara umum keseluruhan data *Hue*, *Saturation*, dan *Value* (HSV) menunjukkan kecenderungan (*trend*) yang baik, hanya memiliki sedikit fluktuasi pada perbedaan variasi waktu perendaman, karena perubahan warna yang kontras membutuhkan durasi perendaman yang lebih lama. Penggunaan H_2O_2 pada proses pemutihan eceng gondok juga tidak menyebabkan perubahan kemampuan uji tarik yang terlalu signifikan, sehingga masih memungkinkan untuk diaplikasikan di industri kerajinan. Namun kondisi tersebut masih perlu diperhatikan karena perendaman yang dilakukan hanya merendam epidermis luar eceng gondok dengan larutan H_2O_2 , dimana kondisi yang berbeda akan terjadi bila larutan H_2O_2 tersebut turut membanjiri pembuluh *xylem* dan *floem* yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan, pada perlakuan selanjutnya diperlukan selisih durasi perendaman yang lebih lama untuk menunjukkan perbedaan warna yang signifikan satu sama lain. Selain itu, diperlukan adanya pengulangan untuk mengkonfirmasi dengan baik hasil penelitian sehingga dapat diperoleh kesimpulan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Chihiro, K., Teruo, T., Keishou, T., Hiromi, O., Mikihiro, K., Kazuko, Y., and Atsufumi, M. 2018. Effects of hydrogen peroxide concentration and activation time on hydroxyl radical generation and the bleaching effect. *The Japanese Journal of Conservative Dentistry*, 61(2), 104–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.11471/shikahozon.61.104>
- Deswal, M., and Sharma, N. 2014. A Simplified Review on Fast HSV Image Color and Texture Detection and Image Conversion Algorithm. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(5), 1216–1222.
- Gottenbos, B., de Witz, C., Heintzmann, S., Born, M., and Hötzl, S. 2021. Insights into blue light accelerated tooth whitening. *Heliyon*, 7(2), e05913. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05913>
- Harun, I., Pushiri, H., Amirul-Aiman, A. J., and Zulkeflee, Z. 2021. Invasive water hyacinth: Ecology, impacts and prospects for the rural economy. *Plants*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/plants10081613>
- Islam, M. N., Rahman, F., Papri, S. A., Faruk, M. O., Das, A. K., Adhikary, N., and Ahsan, M. N. 2021. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) as an alternative raw material for the production of bio-compost and handmade paper. *Journal of Environmental Management*, 294(June), 113036. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113036>
- Liang, L., Cheng, L., Zhang, Y., Wang, Q., Wu, Q., Xue, Y., and Meng, X. 2020. Efficiency and mechanisms of rhodamine B degradation in Fenton-like systems based on zero-valent iron. *RSC Advances*, 10(48), 28509–28515. <https://doi.org/10.1039/d0ra03125a>
- Liu, K., Yan, K., and Sun, G. 2019. Mechanism of H₂O₂ /bleach activators and related factors. *Cellulose*, 26(4), 2743–2757. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02244-z>
- Mondal, M. I. H. 2002. Effect of hydrogen peroxide bleaching on sulphonated jute-cotton blended fabric. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 27(3), 280–283.
- Retnowati, D. S. 2008. Pemutihan enceng gondok menggunakan H₂O₂ dengan katalisator natrium bikarbonat. *Reaktor*, 12(1), 33–36.
- Wang, X., Shen, X., and Xu, W. 2012. Effect of hydrogen peroxide treatment on the properties of wool fabric. *Applied Surface Science*, 258(24), 10012–10016. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.06.065>
- Zahara, R. 2022. Implementasi Hue Saturation Value (HSV) Untuk Identifikasi Fraktur Tulang. *Resolusi: Rekayasa Teknik Informatika Dan Informasi*, 2(5), 214–224. <https://doi.org/10.30865/resolusi.v2i5.369>
- Zeronian, S. H., and Inglesby, M. K. 1995. Bleaching of cellulose by hydrogen peroxide. *Cellulose*, 2(4), 265–272. <https://doi.org/10.1007/BF00811817>
- Zwirchmayr, N. S., Hosoya, T., Henniges, U., Gille, L., Bacher, M., Furtmüller, P., and Rosenau, T. 2017. Degradation of the Cellulosic Key Chromophore 5,8-Dihydroxy-[1,4]-naphthoquinone by Hydrogen Peroxide under Alkaline Conditions. *Journal of Organic Chemistry*, 82(21), 11558–11565. <https://doi.org/10.1021/acs.joc.7b01827>
- RapidTables. 2024. HSV to RGB color conversion. <https://www.rapidtables.com/convert/color/hsv-to-rgb.html>. Diakses pada 20 Januari 2024.