

SAINS NATURAL

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia
Volume 13 No. 3 Juli 2023

Pelindung :

Dr. Ir. Yunus Arifien, M.Si (Universitas Nusa Bangsa)

Penanggung Jawab (Advisory Editor)

Dr. Lany Nurhayati, M.Si (Universitas Nusa Bangsa)

Ketua Dewan Redaksi (Editor in Chief)

Dra. Febi Nurilmala, M.Si (Bioteknologi, Universitas Nusa Bangsa)

Editor (Editors)

Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc (Kimia Analitik dan lingkungan, Universitas Lampung)

Mamay Maslahat, S.Si., M.Si (Kimia Analisis, Universitas Nusa Bangsa)

Dra. Tri Retno Dyah Larasati, M.Si (Kimia Lingkungan, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-Badan Tenaga Nuklir Nasional)

Editor Bagian (Section Editors)

Devy Susanty, S.Pd., M.Si (Biokimia, Universitas Nusa Bangsa)

Mia Azizah, S.Si., M.Si (Ekologi, Universitas Nusa Bangsa)

Editor Bahasa (Copy Editors)

Srikandi, S.Si., M.Si (Mikrobiologi Tanah dan Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa)

Dra. Nia Yuliani, M.Pd (Fisiologi Tumbuhan, Universitas Nusa Bangsa)

Dra. I Gusti Ayu Manik Widyastini, M.Kes (Fisiologi Hewan, Universitas Nusa Bangsa)

Nina Ariesta, S.Pd., M.Si (Kimia Fisika, Universitas Nusa Bangsa)

Ade Ayu Oksari, S.Si., M.Si (Taksonomi, Universitas Nusa Bangsa)

Gladys Ayu Paramita Kusumah Wardhani, S.Si., M.Si (Kimia Anorganik, Universitas Nusa Bangsa)

Nurlela, S.Si., M.Si (Kimia Organik, Universitas Nusa Bangsa)

Proofreaders

Dr. Lany Nurhayati, M.Si (Kimia Organik, Universitas Nusa Bangsa)

Layout Editor

Dian Arrisujaya, S.Pd., M.Si (Analisis Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa)

Web Admin

Dian Arrisujaya, S.Pd., M.Si (Analisis Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa)

Sekretariat Redaksi (Secretariat)

Nurlela, S.Si., M.Si (Kimia Organik, Universitas Nusa Bangsa)

Penerbit :

Fakultas MIPA Universitas Nusa Bangsa

Kantor :

Kampus Universitas Nusa Bangsa

Jl. Raya K. H. Sholeh Iskandar Km. 4, Cimanggu, Tanah Sareal Bogor 16166

Telp. (0251) 8340217, 7535605 Fax. (0251) 7535605

Website : <http://ejournalunb.ac.id/index.php/JSN/index>

e-mail : jsainsnatural.unb@gmail.com

Jurnal Sains Natural merupakan jurnal ilmiah yang memuat artikel hasil penelitian dan kupasan (*review*) dalam bidang Biologi dan Kimia yang orsinil dan belum serta tidak dipublikasikan dalam media lain. Naskah dikirim ke kantor editor. Naskah yang masuk akan melalui proses seleksi mitra bestari dan editor. Naskah yang dapat dimuat dengan perbaikan akan dikirimkan kembali ke penulis untuk disempurnakan, sedangkan naskah yang tidak dapat dimuat hanya akan dikembalikan jika disertai amplop balasan yang berperangko secukupnya. Informasi lengkap untuk pemuatan artikel dan petunjuk penulisan tersedia disetiap terbitan. Calon penulis artikel yang memerlukan petunjuk penulisan artikel, dapat menghubungi Redaksi Pelaksana Jurnal Sains Natural. Jurnal ini terbit secara berkala sebanyak dua kali dalam setahun (Januari dan Juli).

Journal of Natural Science is a scientific journal containing research articles and analysis (*review*) in the field of Biology and Chemistry of original and yet also not published in other media. The manuscript is sent to the office of the editor. Manuscript received will be through the selected partner process and editor. Scripts that can be loaded with the repair will be sent back to the author to be refined, while the script which can not be loaded will be returned only if accompanied by a stamped reply envelope. Complete information and instructions for loading article writing is available in every issue. Prospective authors of articles that need help writing the article, please contact the Managing Editor of Journal of Natural Science. The journal is published on a regular basis twice a year (January and July)

Mengutip ringkasan dan pernyataan atau mencetak ulang gambar atau tabel dari jurnal ini harus mendapat ijin dari penulis. Produksi ulang dalam bentuk kumpulan cetakan ulang untuk keperluan apapun harus seijin salah satu penulis dan mendapat lisensi dari penerbit. Jurnal ini diedarkan sebagai tukaran dan untuk perguruan tinggi, lembaga penelitian dan perpustakaan di dalam dan luar negeri.

Citing a summary and a statement or reprint pictures or tables from this journal should get permission from the author. Reproduced in the form of a collection of reprint for any purpose permission must be from one of the authors and get a license from the publisher. The journal is distributed as an exchange and for universities, research institutions and libraries at home and abroad.

KATA PENGANTAR

Penerbitan Jurnal Sains Natural Volume 13 No.3, Bulan Juli 2023 dapat terlaksana berkat kerja sama semua pihak. Kami berharap isi dalam Jurnal Sains Natural ini dapat menarik minat pembaca dan diambil manfaat serta kegunaan dari hasil – hasil penelitian di dalamnya.

Pada terbitan ini membahas aspek – aspek Biologi dan Kimia seperti: *Pemanfaatan Nanoselulosa dan Metode Ekstraksinya, Analisis Vegetasi Strata Sapling dan Tumbuhan Bawah yang Diinvasi oleh Tumbuhan Asing, Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Daun Tampoi (Baccaurea macrocarpa (Miq.)Mul.Arg), Diversitas Fungi Endofit Dari Tanaman Jeruk Nipis, Struktur Anatomi Kayu Nyatoh Pada Genus Palaquium, Karakteristik Membran Selulosa Asetat dari Cangkang Biji Pala dan Pengaruh Pupuk Fosfat dan Inokulasi Rhizobium terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai.*

Kami mengharapkan masukan – masukan berupa kritik maupun saran yang membangun yang ditujukan baik pada pengelola maupun para penulis jurnal ini. Kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penerbitan ini, pengelola mohon maaf jika ada kesalahan – kesalahan yang tidak kami sengaja. Kami ucapkan terima kasih terutama pada mitra bestari atas segala bantuannya sehingga terbitnya Jurnal Ilmiah Sains Natural yang kami anggap kualitasnya sudah lebih baik.

Bogor, Juli 2023

Ketua Dewan Redaksi

Sains Natural

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia

Volume 13	Juli 2023	No. 3
Review Articles		
1. <i>The Utilization and Extraction Method of Nanocellulose: A Review</i> Farrah Fadhillah Hanum, Aster Rahayu, Nafira Alfi Zaini Amrillah, Yoga Nawaki Helmi Mustafa.....		107-114
Research Articles		
2. <i>Vegetation Analysis of Sapling and Understorey Invaded by Invasive Alien Species (IAS) <i>Bellucia pentamera</i> Naudin in Lembah Harau Sanctuary</i> Solfiyeni, Hafizhah Rahmayani, Winda Gusmawarni.....		115-125
3. <i>Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of Tampoi Leaves (<i>Baccaurea macrocarpa</i> (Miq.)Mull.Arg) by Leaf Age and Solvent Type</i> Sujarwati, Mayta Novaliza Isda, Desna Tasya Rahmadhani, Ulfatur Rohmah.....		126-133
4. <i>Diversity of Endophytic Fungi from Lime Plants (<i>Citrus aurantifolia</i>, Swingle)</i> Riza Umami, Ummi Hiras Habisukan, Kurratul A'ini.....		134-140
5. <i>Trade Group Anatomy Structure and Usage of Nyatoh Wood in The Genus of <i>Palaquium</i></i> Kustin Bintani Meiganati, Widya Gumilar Yuldareza Harta, Ina Lidiawati, Kridianto.....		141-151
6. <i>Characterization of Cellulose Acetate Membrane from Nutmeg Shells</i> Bhayu Gita Bhernama, Nurhayati, Surya Adi Saputra, Jihan Amalia.....		152-160
7. <i>Effect of Rhizobium Inoculation and Phosphate Fertilizer on The Growth of Soybean (<i>Glycine max</i> L) Grobogan Variety</i> Muhamad Nasir, Endang Tadjudin, Dwi Purnomo, Amran Jaenudin, Maryuliyanna.....		161-167



UTILIZATION AND EXTRACTION METHOD OF NANOCELLULOSE: A REVIEW

Farrah Fadhillah Hanum*, Aster Rahayu, Nafira Alfi Zaini Amrillah, Yoga Nawaki Helmi Mustafa
 Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan,
 Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa
 Yogyakarta, 55191, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 Apr 2023,

Revised 14 Jul 2023,

Accepted 17 Jul 2023,

Available online 30 Jul 2023

Keywords:

- ✓ Nanocellulose
- ✓ Utilization
- ✓ Methods
- ✓ Preparation
- ✓ Extraction

*corresponding author:

farrah.hanum@che.uad.ac.id

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.565>

ABSTRACT

Currently, the use of nanocellulose is very broad in various fields, such as pharmaceuticals, cosmetics, and electronics industries. In its development, this nano-sized cellulose is widely used as a reinforcement nanocomposite nanofiller. Nanocellulose has several advantages, including its large surface area, very lightweight, easy to shape, ability to break through the performance limits of conventional materials, and having a high economic value. Nanotechnology develops based on new properties produced by nanomaterials as advanced materials. Therefore, the factor of the extraction process method must be considered to produce nanocellulose that has good quality and large quantity. Nanocellulose extraction can be accomplished in a variety of ways depending on the raw material but is generally done through a combination of chemical, mechanical, and biological treatments.

ABSTRAK

Pemanfaatan Nanoselulosa dan Metode Ekstraksinya: Review

Saat ini pemanfaatan nanoselulosa sudah sangat luas pada berbagai bidang seperti pada industri farmasi, kosmetik, dan elektronik. Pada perkembangannya, selulosa berukuran nano ini banyak digunakan sebagai *nanofiller* penguat nanokomposit. Nanoselulosa memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah permukaannya yang luas, sangat ringan, mudah dibentuk, mampu menembus batas kinerja material konvensional serta memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Teknologi nano berkembang atas dasar sifat baru yang dihasilkan material nano sebagai material maju. Oleh karena itu, faktor metode proses ekstraksi menjadi hal yang harus diperhatikan, supaya dapat menghasilkan nanoselulosa yang memiliki kualitas baik dan kuantitas besar. Ekstraksi nanoselulosa dapat dilakukan dengan bermacam-macam metode tergantung pada bahan bakunya, tetapi umumnya merupakan gabungan dari perlakuan kimia, mekanik dan biologi.

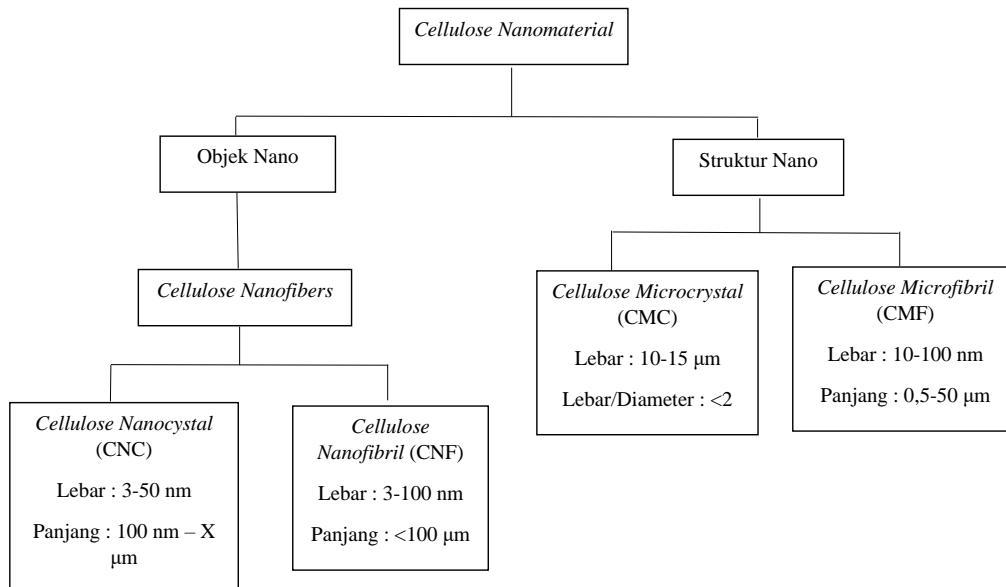
Kata kunci: Nanoselulosa; Pemanfaatan; Metode; Preparasi; Ekstraksi

PENDAHULUAN

Penggunaan serat selulosa sebagai matriks polimer telah mengalami perkembangan yang signifikan dalam dekade terakhir. Hal ini disebabkan oleh berbagai keunggulan yang dimilikinya, seperti sifat mekanik yang baik, densitas rendah, ramah lingkungan, ketersediaan yang melimpah, biaya yang terjangkau, tidak beracun, mudah terdegradasi, serta merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui (Fonseca et al., 2020). Serat selulosa dapat

diperoleh dari berbagai sumber, termasuk tanaman, hewan laut, bakteri serta beberapa limbah pertanian (Amrillah et al., 2022). Namun, penggunaan berkelanjutan tanaman hutan untuk memperoleh serat selulosa telah menyebabkan penurunan signifikan dalam luas dan kuantitas sumber daya hutan di Indonesia. Dampaknya termasuk deforestasi, erosi tanah, banjir, tanah longsor, dan pemanasan global. Dalam konteks ini, daur ulang limbah menjadi salah satu metode untuk memperoleh bahan selulosa yang dapat diandalkan (Ningtyas et al., 2020).





Gambar 1. Terminologi Standar Bahan Nanoselulosa (Zhou et al., 2021)

Selulosa merupakan komponen penyusun dinding sel tumbuhan yang dominan dan dapat diperoleh melalui proses ekstraksi dari berbagai sumber, seperti limbah pertanian, kayu, serat, tumbuhan, dan sebagainya. Proses ekstraksi selulosa dilakukan untuk memisahkan komponen dari komponen lain dalam suatu bahan menggunakan asam atau basa, melibatkan proses delignifikasi yang bertujuan untuk melarutkan kandungan lignin yang terdapat pada serat (Rahayu et al., 2022).

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, selulosa dimodifikasi menjadi bahan yang bernilai ekonomis lebih tinggi seperti nanoselulosa (Suopajarvi et al., 2020). Material berukuran nano menjadi salah satu pondasi dalam pengembangan sains dan teknologi. Nanoselulosa adalah material jenis baru yang memiliki diameter sekitar 2-20 nm dan panjang mencapai ribuan nanometer (Hertiwi et al., 2020). Penggunaan nanoselulosa telah meluas ke berbagai sektor, termasuk farmasi, kedokteran, perkakas rumah tangga, elektronik, dan bidang lainnya. Oleh karena itu, studi mengenai produksi nanoselulosa telah melibatkan beragam bahan baku, seperti serbuk kayu, ampas tebu, serat nanas, dan lain-lain. Dengan kata lain, bahan alami yang mengandung selulosa telah menjadi sumber yang umum digunakan untuk mendapatkan nanoselulosa (Widiastuti & Marlina, 2020).

Berdasarkan morfologi dan kristalinitasnya, nanoselulosa dapat dibagi menjadi dua kategori besar seperti pada Gambar 1. Gambar 1

merupakan gambaran ukuran dan klasifikasi nanoselulosa yang menentukan terminologi standar dan klasifikasi nanoselulosa, serta penjelasan rinci tentang berbagai karakteristik nanoselulosa. Jenis dan karakteristik tersebut, dipengaruhi oleh sumber selulosa. Seperti pada *Cellulose Nanocrystal* (CNC), dimensi panjang dari nanoselulosa berkisar antara 100 nm hingga X μm . Pada beberapa sumber selulosa dapat menghasilkan CNC mencapai ukuran dengan satuan mikro. Sejauh ini, nanoselulosa memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada selulosa biasa. Sifat mekanik nanoselulosa harus memiliki rasio permukaan yang besar, kemampuan mengikat udara yang tinggi, kekuatan tarik yang tinggi, dan sangat berpori (Trache et al., 2020). Sifat-sifat ini menjadikan nanoselulosa sebagai bahan pengisi yang sangat baik untuk produk komposit. Menurut Dufresne (2017), menambahkan nanoselulosa dasar kayu ke dalam matriks polimer secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik komposit (Dufresne, 2017).

Dalam beberapa tahun terakhir, nanoselulosa telah dieksplorasi untuk digunakan dalam banyak aplikasi seperti film, fotonik, fungsionalisasi permukaan, komposit nano, optoelektronik yang dapat disesuaikan, dan ilmu kedokteran, untuk perancah dalam regenerasi jaringan ion (Ago et al., 2012; Liu et al., 2014). Artikel ini direview berdasarkan perkembangan eksperimen-eksperimen terbaru dari beberapa peneliti yang dapat memberikan informasi kepada pembaca mengenai pemanfaatan nanoselulosa, serta

metode yang digunakan untuk mendapatkan ekstrak nanoselulosa tersebut.

PEMANFAATAN NANOSSELULOSA

Sejak Tahun 1999, penelitian tentang pemanfaatan nanoselulosa dari bioselulosa mulai mengalami perkembangan yang pesat. Pengembangan nanoselulosa dengan menambahkan polimer ramah lingkungan ke dalam nanoselulosa akan mengubah karakteristik nanokomposit yang dihasilkan menjadi lebih elastis dan fleksibel, sehingga berpotensi sebagai kemasan ramah lingkungan (Yudianti, 2022). Berbagai penelitian tentang pemanfaatan nanoselulosa yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa beberapa penelitian terkait dengan pemanfaatan nanoselulosa yang diperoleh dari bahan alam dilakukan dengan beberapa metode, sehingga didapatkan material maju yang berfungsi di berbagai industri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi selulosa menjadi nanoselulosa dapat meningkatkan nilai ekonomi, tidak hanya terbatas pada penggunaan sebagai bahan baku pembuatan kertas, komposit, dan filter, tetapi juga sebagai komponen penting dalam industri farmasi dan kedokteran. Pemanfaatan nanoselulosa ini menjadi faktor utama yang mendorong para peneliti untuk terus mengembangkan metode ekstraksi nanoselulosa, terutama dari limbah pertanian, dengan tujuan untuk memanfaatkan potensi alam secara maksimal dan memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan.

METODE EKSTRAKSI NANOSSELULOSA

Pembuatan nanoselulosa merupakan inovasi baru dalam menciptakan material berukuran nano sebagai salah satu pengembangan sains dan teknologi (Xue et al., 2021). Berat molekul nanoselulosa yang kecil, material ini disintesis secara efektif dengan zat lain selama proses aplikasi, yang memiliki keunggulan aplikasi dan prospek pengembangan tertentu. Metode pembuatan nanoselulosa yang umum digunakan meliputi hidrolisis asam, oksidasi TEMPO (*2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl*), dan perlakuan mekanis. Dalam proses pembuatannya, metode persiapan dapat diadopsi dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya

sesuai dengan tujuan pemanfaatan spesifiknya (Zhu et al., 2021).

Metode Persiapan Mekanis

Nanoselulosa dibuat dengan perlakuan mekanis geser tinggi yang biasa disebut selulosa mikrofibrilasi (MFC). Salah satu bentuk perlakuan mekanis adalah penyulingan dan homogenisasi tekanan tinggi. Dalam *mechanical preparation methods*, metode homogenisasi terfokus pada perlakuan mekanis tekanan tinggi yang konstan dari bahan baku. Pada tekanan tersebut, nanoselulosa dapat dihasilkan melalui pengepresan homogenisasi yang akan menghasilkan nanoselulosa dengan ukuran sekitar 100 nm (Septevani et al., 2019). Meskipun cara mekanis ini efisien dalam menghasilkan bahan nanofibrilasi yang diinginkan, beberapa strategi *pretreatment* telah digunakan untuk memfasilitasi fibrilasi bahan baku (yaitu, serat selulosa) dan menurunkan kebutuhan energi dari proses fibrilasi (Levanič et al., 2020).

Metode Preparasi Kimia

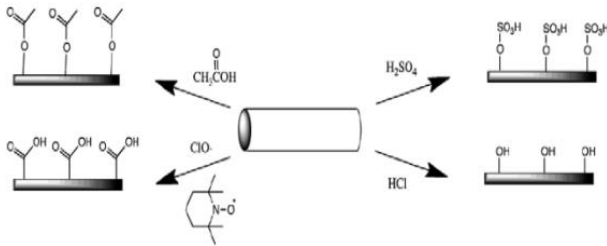
1. Metode Hidrolisis Asam

Metode hidrolisis asam pada umumnya menggunakan asam kuat seperti H_2SO_4 . Asam kuat dapat menghilangkan bagian amorf dari suatu rantai selulosa, sehingga isolasi pada bagian kristalin selulosa dapat dilakukan (Effendi et al., 2015). Ukuran partikel nanoselulosa yang dibuat dengan hidrolisis asam berhubungan dengan waktu asidolisis, suhu asidolisis, fraksi massa asam, dan ukuran bubuk selulosa murni. Waktu asidolisis umumnya dikontrol dalam 30-120 menit pada suhu sekitar 40-90 °C, dan kemurnian asam sulfat sebesar 64 % (Hidayatulloh et al., 2021).

Nanoselulosa yang dibuat dengan hidrolisis asam memiliki hasil tinggi dan proses persiapan yang sederhana. Sebagian besar jenis nanoselulosa yang dibuat melalui metode ini adalah CNC. Namun, pada proses hidrolisis asam akan beresiko menghasilkan limbah asam yang perlu didaur ulang. Dalam penelitian tersebut, Julianto, et al (2017) melakukan eksperimen menggunakan proses hidrolisis asam pada tandan sawit kosong dengan tujuan menghasilkan selulosa dalam ukuran nano. Hasil analisis SEM menunjukkan variasi diameter serat antara 291,4 μm hingga 8242 μm . Gugus fungsi selulosa akan bereaksi dengan asam sulfat seperti pada Gambar 2.

Tabel 1. Berbagai Pemanfaatan Nanoselulosa

Judul Artikel	Sumber	Pemanfaatan	Metode	Referensi
Aplikasi enkapsulasi selulosa nanopartikel pada <i>nanomedicine</i>	Jerami padi, kelapa sawit, serat sekam padi, dan serat pisang	Enkapsulasi pada <i>nanomedicine</i>	Hidrolisis asam	(Guniawaty et al., 2021)
Nanokomposit ramah lingkungan melalui isolasi nanofibril selulosa (Nfs) dari tandan kosong sawit dan <i>poly lactid acid</i> (Pla) sebagai matrik	Tandan kosong kelapa sawit	Nanokomposit	Hidrolisis asam dan mekanik	(Handayani, 2021)
Studi awal penggunaan nanoselulosa sebagai bahan baku pembuatan kertas	LBKP (<i>Leaf Bleached Kraft Pulp</i>) yaitu pulp yang berasal dari kayu serat pendek (<i>hardwood</i>)	Bahan baku produksi kertas	Biologis	(Sijabat et al., 2017)
Ekstraksi nanoselulosa dengan metode hidrolisis asam sebagai penguat komposit absorpsi suara	Tandan kosong kelapa sawit	Penguat komposit absorpsi suara	Hidrolisis asam	(Julianto et al., 2017)
Pengaruh nanoselulosa dari pelepah nipah sebagai <i>filler</i> terhadap sifat bioplastik polivinil alkohol	Pelepah nipah	<i>Filler</i> pada pembuatan bioplastik polivinil alkohol	Hidrolisis asam	(Sunardi et al., 2020)
Aplikasi serat nanoselulosa dari kulit ubi kayu sebagai bahan pengisi dan pengaruhnya terhadap sifat fisik bioplastik tapioka dengan penambahan sorbitol	Kulit ubi kayu	Bahan pengisi bioplastik	Hidrolisis asam	(Wicaksono et al., 2020)
Optimalisasi filtrasi masker kain dengan <i>filter cartridge</i> dari limbah sabut kelapa untuk mewujudkan <i>sustainable development goals</i> 2030	Limbah sabut kelapa	<i>Filter cartridge</i> sebagai filtrasi masker kain		(Rohmawati et al., 2020)
Penambahan nanoselulosa sekam padi terhadap kekuatan fleksural basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas	Sekam padi	Penambah kekuatan basis gigi tiruan	Hidrolisis asam	(Riyadi et al., 2020)
<i>On the mechanical and thermal properties of poly (vinyl alcohol) – alginate composite yarn reinforced with nanocellulose from oil palm empty fruit bunches</i>	Tandan kosong kelapa sawit	Komposit alginat pada benang polivinil alkohol	Mekanik	(Maghfirah et al., 2022)



Gambar 2. Reaksi Kimia Gugus Permukaan Selulosa pada Perlakuan Asam (Ago et al., 2012)

2. Metode Oksidasi TEMPO

Metode oksidasi TEMPO mengadopsi sistem oksidasi katalitik 2,2,6,6-tetrametilpiperidin, nitrogen oksida untuk mengoksidasi gugus -OH pada selulosa C6 menjadi gugus -CHO atau -COOH. Umumnya, proses ini akan dilakukan dengan ultrasonik selama 30 menit untuk menyiapkan fibril nanoselulosa yang menempatkan fraksi massa tertentu dari selulosa murni dalam sistem oksidasi TEMPO-NaBr-NaClO. Sistem ini nantinya akan mengontrol pH sekitar 10, bereaksi selama 3-4 jam, dan secara ultrasonik akan menghasilkan CNF, setelah proses dialisis (Jonasson et al., 2021).

Oksidasi TEMPO dari selulosa asli telah banyak dilakukan dan dipelajari. Beberapa studi telah berfokus pada bagaimana proses oksidasi TEMPO dapat mempengaruhi morfologi serat (Levanič et al., 2020). Misalnya, menggunakan penganalisis serat otomatis untuk mempelajari hal-hal paling dasar mengenai serat, yaitu morfologi, lebar, dan panjangnya (Besbes et al., 2011). Selain itu, beberapa peneliti melakukan eksperimen dengan tujuan untuk menyelidiki pengaruh kinetika perlakuan TEMPO terhadap parameter kualitas serat selulosa teroksidasi dalam hal kandungan gugus karboksil, karakteristik serat, dan tingkat fibrilasi pulp (Levanič et al., 2020; Pönni et al., 2014).

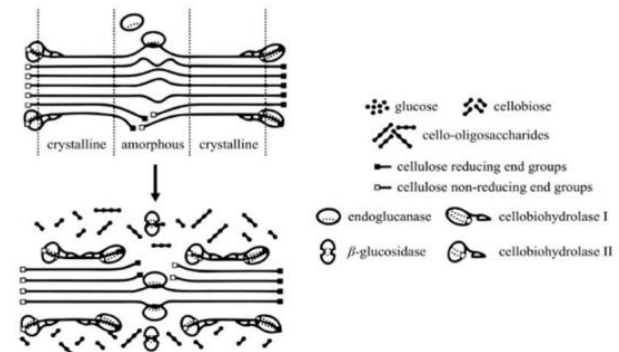
Metode Persiapan Biologis

Hidrolisis enzimatik adalah proses pengolahan biologis, enzim digunakan untuk mencerna atau memodifikasi serat selulosa (Lavoine et al., 2012). Umumnya, perlakuan biologis dengan enzim dapat dilakukan dalam kondisi operasi yang cukup lama (Lavoine et al., 2012; Moniruzzaman & Ono, 2013). Untuk mengatasi masalah ini, hidrolisis enzimatik biasanya digabungkan dengan metode lain. Moniruzzaman et al. (2013) mempelajari pemisahan serat selulosa dari serpihan kayu dengan *pretreatment* dengan cairan ionik untuk

meningkatkan luas permukaan yang dapat diakses, diikuti dengan hidrolisis enzimatik dengan lakase. Nanoselulosa yang diperoleh dari proses tersebut menunjukkan kristalinitas dan termal yang lebih tinggi stabilitasnya dibandingkan serat kayu asli.

Dalam proses hidrolisis enzimatik, bahan baku terutama dikatalisis oleh enzim katalitik, dan selulosa diproduksi setelah katalisis (Joshi et al., 2018). Setelah kristalisasi, kristal selulosa diproduksi untuk mencapai tujuan pembuatan selulosa seperti pada Gambar 3. Peralatan yang digunakan dalam penerapan hidrolisis enzimatik harus peralatan profesional. Seluruh proses persiapan ini membutuhkan selulosa dengan kadar cukup tinggi dan enzim kimia yang digunakan harus memenuhi persyaratan reaksi, dan karakteristik pembuatan selulosa dalam reaksi.

Selain menggunakan hidrolisis enzimatik, metode biologis juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan bakteri, seperti eksperimen yang dilakukan oleh Taokaew, et al. (2013), yang telah membuat nanoselulosa menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum*, yang memiliki diameter 50-80 nm atau jika dikonversikan sama dengan dengan $50 \text{ atau } 80 \times 10^{-12} \text{ mm}$ (Taokaew et al., 2013).



Gambar 3. Diagram Mekanisme Perlakuan Enzimatis Serat Selulosa (Lynd et al., 2002)

Berbagai metode pembuatan nanoselulosa yang telah dilakukan oleh para peneliti memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Dalam pengembangan nanoselulosa, penting bagi para peneliti untuk mempertimbangkan kapasitas peralatan dan bahan yang tersedia, serta tujuan penelitian yang ingin dicapai. Misalnya, beberapa metode ekstraksi nanoselulosa dari bahan alam membutuhkan peralatan yang mahal dan kompleks, serta proses yang rumit. Namun, metode ini mungkin menghasilkan nanoselulosa dengan ukuran dan sifat yang lebih terkontrol.

Peneliti juga harus mempertimbangkan sumber bahan baku yang tersedia, seperti limbah pertanian, agar dapat memaksimalkan potensi alam dan berkontribusi pada pengelolaan lingkungan (Sena et al., 2021).

Selain itu, penting untuk memperhatikan aplikasi yang diinginkan untuk nanoselulosa tersebut, apakah itu dalam industri kertas, komposit, filter, farmasi, atau kedokteran. Dengan demikian, peneliti dapat memilih metode ekstraksi nanoselulosa yang paling cocok untuk memenuhi kebutuhan dan tujuan penelitian mereka. Dengan memperhatikan faktor-faktor ini, peneliti dapat memilih metode pembuatan nanoselulosa yang paling sesuai dan memungkinkan untuk dilakukan dalam eksperimen mereka. Dengan terus mengembangkan penelitian nanoselulosa dan memilih metode pembuatan yang tepat, para peneliti dapat memperluas pemahaman kita tentang nanoselulosa dan memanfaatkannya secara lebih efektif dalam berbagai industri.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi dan diskusi mengenai pemanfaatan dan metode ekstraksi nanoselulosa, dapat disimpulkan bahwa nanoselulosa yang diperoleh dari berbagai jenis biomassa memiliki potensi yang sangat tinggi untuk berbagai aplikasi, seperti dalam komposit, bahan pengisi, enkapsulasi, dan bioplastik. Pada umumnya nanoselulosa tersebut dapat dimanfaatkan dengan melakukan ekstraksi dari biomassa menggunakan metode perlakuan kimia berupa hidrolisis asam. Namun, pada beberapa eksperimen, telah dikembangkan dan dimodifikasi beberapa metode lainnya untuk mendapatkan hasil nanoselulosa yang lebih baik. Metode-metode yang tengah dikembangkan tersebut meliputi *mechanical* dan *biological method*. Pemanfaatan material maju seperti nanoselulosa ini merupakan arah penelitian yang berpotensi untuk dikembangkan juga kedepannya, sehingga perlu dikembangkan terus metode ekstraksi nanoselulosa yang efektif sesuai dengan peruntukan dari nanoselulosa tersebut nantinya.

DAFTAR PUSTAKA

Ago, M., Jakes, J. E., Johansson, L. S., Park, S., & Rojas, O. J. (2012). Interfacial properties of lignin-based electrospun nanofibers and

films reinforced with cellulose nanocrystals. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 4(12), 6849–6856. <https://doi.org/10.1021/am302008p>

Amrillah, Z., Hanum, F. F., & Rahayu, A. (2022). Studi Efektivitas Metode Ekstraksi Selulosa dari Agricultural Waste. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 8. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit%0AE-ISSN:2745-6080>

Besbes, I., Alila, S., & Boufi, S. (2011). Nanofibrillated cellulose from TEMPO-oxidized eucalyptus fibres: Effect of the carboxyl content. *Carbohydrate Polymers*, 84(3), 975–983. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.12.052>

Dufresne, A. (2017). Cellulose nanomaterial reinforced polymer nanocomposites. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 29, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2017.01.004>

Effendi, D. B., Rosyid, N. H. R., Nandiyanto, A. B. D., & Mudzakir, A. (2015). Review : Sintesis Nanoselulosa. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2), 61–74.

Fonseca, D. F. S., Carvalho, J. P. F., Bastos, V., Oliveira, H., Moreirinha, C., Almeida, A., Silvestre, A. J. D., Vilela, C., & Freire, C. S. R. (2020). Antibacterial multi-layered nanocellulose-based patches loaded with dextran for wound healing applications. *Nanomaterials*, 10(12), 1–16. <https://doi.org/10.3390/nano10122469>

Guniawaty, Y., Sardjono, R. E., Khoerunnisa, F., & Anonim. (2021). *Chemica Isola Aplikasi Enkapsulasi Selulosa Nanopartikel pada Nanomedicine*. 1(2), 58–64.

Handayani, N. (2021). Nanokomposit Ramah Lingkungan Melalui Isolasi Nanofibril Selulosa (Nfs) Dari Tandan Kosong Sawit Dan Poly Lactid Acid (Pla) Sebagai Matrik. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 18(02). <https://doi.org/10.30811/jstr.v18i02.2254>

Hidayatulloh, I., Widyanti, E. M., Kusumawati, E., & Elizabeth, L. (2021). Nanocellulose production from empty palm oil fruit bunches (Epofb) using hydrolysis followed by freeze drying. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 21(1), 52–61. <https://doi.org/10.22146/ajche.61093>

- Jonasson, S., Bänder, A., Berglund, L., Hertzberg, M., Niittylä, T., & Oksman, K. (2021). *The Effect of High Lignin Content on Oxidative Nanofibrillation of Wood Cell Wall*. 1–13.
- Joshi, P. V., Mandot, A. A., & Patel, B. H. (2018). Enzymatic Extraction of Nano Cellulose from Banana Stem: Morphological, Structural and Thermal Characterization. *J. Nat. Prod. Plant Resour*, 8(1), 1–11.
- Julianto, H., Farid, M., & Rasyida, A. (2017). Ekstraksi Nanoselulosa dengan Metode Hidrolisis Asam sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 242–245.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24259>
- Lavoine, N., Desloges, I., Dufresne, A., & Bras, J. (2012). Microfibrillated cellulose - Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review. *Carbohydrate Polymers*, 90(2), 735–764.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.05.026>
- Levanič, J., Šenk, V. P., Nadrah, P., Poljanšek, I., Oven, P., & Haapala, A. (2020). Analyzing TEMPO-Oxidized Cellulose Fiber Morphology: New Insights into Optimization of the Oxidation Process and Nanocellulose Dispersion Quality. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 8(48), 17752–17762.
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c05989>
- Liu, J., Korpinen, R., Mikkonen, K. S., Willför, S., & Xu, C. (2014). Nanofibrillated cellulose originated from birch sawdust after sequential extractions: A promising polymeric material from waste to films. *Cellulose*, 21(4).
<https://doi.org/10.1007/s10570-014-0321-4>
- Lynd, L. R., Weimer, P. J., Zyl, W. H. Van, & Isak, S. (2002). Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. Downloaded from <http://mmbbr.asm.org/> on February 6, 2013 by INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY MADRAS. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(3), 506–577.
<https://doi.org/10.1128/MMBR.66.3.506>
- Maghfirah, A., Fahma, F., Lisdayana, N., Yunus, M., Kusumaatmaja, A., & Kadja, G. T. M. (2022). On the Mechanical and Thermal Properties of Poly(Vinyl Alcohol) – Alginate Composite Yarn Reinforced with Nanocellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Indonesian Journal of Chemistry*, 22(1), 114–125.
<https://doi.org/10.22146/ijc.67881>
- Moniruzzaman, M., & Ono, T. (2013). Separation and characterization of cellulose fibers from cypress wood treated with ionic liquid prior to laccase treatment. *Bioresource Technology*, 127, 132–137.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.09.113>
- Ningtyas, K. R., Muslihudin, M., Sari, I. N., Produk, P., Politeknik, A. /, Lampung, N., Studi, P., Pangan, T., & Politeknik, /. (2020). Synthesis of nanoselulosa from agricultural waste using variation acid concentration. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2), 142–147.
<http://www.jurnal.polinela.ac.id/JPPTEISSN2047-1781>
- Pönni, R., Pääkkönen, T., Nuopponen, M., Pere, J., & Vuorinen, T. (2014). Alkali treatment of birch kraft pulp to enhance its TEMPO catalyzed oxidation with hypochlorite. *Cellulose*, 21(4), 2859–2869.
<https://doi.org/10.1007/s10570-014-0278-3>
- Rahayu, A., Hanum, F. F., Amrillah, N. A. Z., Lim, L. W., & Salamah, S. (2022). Cellulose Extraction from Coconut Coir with Alkaline Delignification Process. *Journal of Fibers and Polymer Composites*, 1(2), 106–116.
<https://doi.org/10.55043/jfpc.v1i2.51>
- Rezty Hertiwi, L., Afni, A. N., Lailiyah, N., & Sanjaya, G. M. (2020). Ekstraksi dan karakterisasi nanoselulosa dari limbah kulit bawang merah. *Journal Education and Chemistry*, 2(1), 77–81.
- Riyadi, W., Purwasasmita, B., & Imam, D. (2020). Penambahan nanoselulosa sekam padi terhadap kekuatan fleksural basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *Journal of Dentistry*, 4(2), 336–342.
- Rohmawati, U., Rimasani, A., Pamungkas, A. J.

- I., & Fillaeli, A. (2020). Optimalisasi Filtrasi Masker Kain Dengan Filter Cartridge Dari Limbah Sabut Kelapa Untuk Mewujudkan Sustainable Development Goals 2030. *Jurnal UIN Alauddin*, 2(September), 441–448.
- Sena, P. W., Ganda Putra, G. P., & Suhendra, L. (2021). *Characterization of Cellulose from Cocoa Pod Husk (Theobroma cacao L.) on various concentration of Hydrogen Peroxide and Bleaching Temperature*. 9(3), 288–299.
- Septevani, A. A., Burhani, D., Sampora, Y., Devy, Y. A., Ariani, G. N., Sudirman, S., Sondari, D., & Mohd Amin, K. N. (2019). The Effect of Acid Hydrolysis Treatment on the Production of Nanocellulose Based on Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 21(1), 31–37. <https://doi.org/10.14203/jkti.v21i1.416>
- Sijabat, E. K., Avelina, Y. N., & Permatasari, A. (2017). *Sijabat 2017*. 9(2), 21–29.
- Sunardi, S., Firda Trianda, N., & Irawati, U. (2020). Pengaruh Nanoselulosa dari Pelepah Nipah sebagai Filler terhadap Sifat Bioplastik Polivinil Alkohol. *Justek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 69. <https://doi.org/10.31764/justek.v3i2.3704>
- Suopajarvi, T., Ricci, P., Karvonen, V., Ottolina, G., & Liimatainen, H. (2020). Acidic and alkaline deep eutectic solvents in delignification and nanofibrillation of corn stalk, wheat straw, and rapeseed stem residues. *Industrial Crops and Products*, 145(October 2019), 111956. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111956>
- Taokaew, S., Seetabhawang, S., Siripong, P., & Phisalaphong, M. (2013). Biosynthesis and characterization of nanocellulose-gelatin films. *Materials*, 6(3), 782–794. <https://doi.org/10.3390/ma6030782>
- Trache, D., Tarchoun, A. F., Derradji, M., & Hamidon, T. S. (2020). *Nanocellulose : From Fundamentals to Advanced Applications* (Vol. 8, Issue May). <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00392>
- Wicaksono, R., Wibowo, C., & Fajar, R. (2020). Bioplastik Tapioka Dengan Penambahan Sorbitol. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers*, 18–28.
- Widiastuti, E., & Marlina, A. (2020). Optimasi Pembuatan Nanoselulosa dari Rumput Alang-Alang. *Fluida*, 13(2), 59–64. <https://doi.org/10.35313/fluida.v13i2.2249>
- Xue, Y., Qi, L., Lin, Z., Yang, G., & He, M. (2021). *High-Strength Regenerated Cellulose Fiber Reinforced with Cellulose Nanofibril and Nanosilica*.
- Yudianti, Rike. (2022). Pengembangan Nanokomposit Berbasis Nanoselulosa dan Nanokarbon sebagai Material Fungsional. In *Pengembangan Nanokomposit Berbasis Nanoselulosa dan Nanokarbon sebagai Material Fungsional*. <https://doi.org/10.55981/brin.431>
- Zhou, Z., Li, Y., & Zhou, W. (2021). The progress of nanocellulose in types and preparation methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2021/1/012042>
- Zhu, Q., Zhou, R., Liu, J., & Sun, J. (2021). *Recent Progress on the Characterization of Cellulose Nanomaterials by Nanoscale Infrared Spectroscopy*. 1–18.



VEGETATION ANALYSIS OF SAPLING AND UNDERSTOREY INVADDED BY INVASIVE ALIEN SPECIES (IAS) *Bellucia pentamera* NAUDIN IN LEMBAH HARAU SANCTUARY

Solfiyeni, Hafizhah Rahmayani, dan Winda Gusmawarni*

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Jl. Raya Unand Kampus Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 Nov 2022,

Revised 20 Jun 2023,

Accepted 21 Jun 2023,

Available online 30 Jul 2021

Keywords:

- ✓ *B. pentamera*
- ✓ invasion
- ✓ purposive sampling
- ✓ sapling
- ✓ understorey

*corresponding author:

gusmawarniw@gmail.com

Phone: +6285263004725

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.455>

ABSTRACT

Bellucia pentamera Naudin, the proliferation across Indonesia, notably in Sumatra, has the potential to lessen biodiversity there. On the other hand, little is known about the effects of its invasion on plants and the ecology. The objective of this study was to evaluate the genetic makeup and structural characteristics of saplings and the understorey vegetation in the *B. pentamera*-infested Lembah Harau sanctuary forest zone. Vegetation analysis was conducted in the sanctuary Lembah harau forest with two levels of dominance: Station 1 was lightly invaded by *B. pentamera*, and Station 2 was heavily invaded by *B. pentamera*. Purposive sampling is used in the plot method. The findings found that the number of sapling species at stations 1 and 2 was 18 and seven, respectively. Station 1 had 38 species of understorey, while station 2 had 26. The Melastomataceae family dominated the sapling strata and understorey at stations 1 and 2. The *B. pentamera* species has the highest Important Value Index sapling at Stations 1 and 2. While in the understorey, station 1 has the highest Importance Value Index (24.45%) and the highest *B. pentamera* species (59.10%). Both stations have a moderate Diversity Index (H') for sapling and understorey levels. The Community Similarity Index (IS) of sapling and plant levels at stations 1 and 2 is relatively low.

ABSTRAK

Analisis Vegetasi Strata Sapling dan Tumbuhan Bawah yang Diinvasi oleh Tumbuhan Asing Invasif *Bellucia pentamera* Naudin di Kawasan Hutan Cagar Alam Lembah Harau

Bellucia pentamera Naudin yang telah menyebar di berbagai wilayah Indonesia termasuk Sumatera dapat menurunkan keanekaragaman hayati pada kawasan tersebut. Namun, efek dari invasinya pada vegetasi dan lingkungan belum dipahami dengan baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis komposisi dan struktur vegetasi di daerah Cagar Alam Lembah Harau yang telah diserang oleh *B. pentamera*. Vegetasi yang diteliti di hutan Cagar Alam Lembah Harau memiliki dua tingkat dominasi yaitu Stasiun 1 sedikit diinvasi dan Stasiun 2 banyak diinvasi oleh *B. pentamera*. Metode *purposive sampling* adalah metode plot yang digunakan untuk pengambilan sampel dilokasi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan jumlah spesies sapling berturut-turut di stasiun 1 dan 2 adalah 18 dan 7 spesies. Untuk tumbuhan bawah ditemukan, di stasiun 1 sebanyak 38 spesies dan di stasiun 2 sebanyak 26 spesies. Famili dominan pada strata sapling dan tumbuhan bawah baik stasiun 1 dan stasiun 2 merupakan famili Melastomataceae. Indeks Nilai penting tertinggi sapling di stasiun 1 dan 2 yaitu spesies *B. pentamera*. Untuk vegetasi tumbuhan bawah yaitu *Clidemia hirta* (24,45%) dan *B. pentamera* (59,10%) masing-masing memiliki indeks signifikansi tertinggi di stasiun 1 dan 2. Pada tiap stasiun, indeks keanekaragaman (H') tingkat sapling dan tumbuhan bawah yaitu menengah atau sedang. Indeks Kesamaan Komunitas (IS) tingkat sapling dan tumbuhan bawah di stasiun 1 dan 2 adalah relatif rendah.

Kata kunci: *B. pentamera*, invasi, *purposive sampling*, sapling, tumbuhan bawah

PENDAHULUAN

BKSDA atau dikenal dengan Balai Konservasi Sumber Daya Alam, di wilayah

Sumatera Barat mengelola 22 kawasan konservasi termasuk salah satunya Cagar Alam Lembah Harau. Vegetasi di kawasan konvervasi Cagar Alam Lembah Harau digolongkan sebagai tipe



hutan campuran yang merupakan daerah tangkap air untuk sungai-sungai di sekitar kawasan tersebut. Cagar Alam Lembah Harau dengan luas 27,5 ha diubah menjadi seluas 270,5 ha sebagai Taman Wisata Alam Lembah Harau pada Tanggal 2 Agustus 1979 melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 478/Kpts/Um/8/1979 (BKSDA Sumbar, 2012).

Upaya pelestarian keanekaragaman hayati dengan membentuk kawasan konservasi seperti cagar alam tidak serta merta membuat kawasan hutan jauh dari ancaman kepunahan. Salah satu faktor paling berbahaya adalah keberadaan tumbuhan asing invasif. Spesies asing invasif *Bellucia pentamera* dapat mengancam ekosistem yang ditempatinya. Tumbuhan ini merupakan tumbuhan asli Amerika Tengah yang dibawa ke Indonesia pada awal abad ke-20, tepatnya di Kebun Raya Bogor (De Kok et al. 2015). *B. pentamera* menyebar semakin luas sampai ke Kalimantan Barat dan Sumatera bagian selatan (De Kok et al. 2015). Menurut data PERMENLH tahun 2016 mendefinisikan bahwa *B. pentamera* merupakan salah satu spesies tumbuhan invasif yang harus dikendalikan karena tumbuhan ini banyak terdapat di beberapa kawasan konservasi. Menurut De Kok et al (2015) *B. pentamera* yang awalnya ditanam sebagai *framework*, kini menjadi invasif di kawasan Hutan Harapan Jambi. Selain itu, Dillis et al. (2017) menyatakan bahwa *B. pentamera* banyak tumbuh di Taman Nasional Gunung Palung (TNGP) di kawasan hutan tersebut karena tingginya aktivitas terbang pilih, menciptakan celah bagi sinar matahari untuk menembus lantai hutan, memungkinkan tanaman ini berkecambah lebih cepat.

Survei awal yang dilakukan peneliti pada bulan Oktober 2021, *B. pentamera* ditemukan telah menginvasi kawasan Cagar Alam Lembah Harau. Kehadiran Tumbuhan Asing Invasif di kawasan konservasi menjadi hal yang perlu diperhatikan. Apabila di kawasan Cagar Alam Lembah Harau tumbuh spesies invasive, maka akan mengancam ekosistem dan keanekaragaman hayati, menyebabkan hilangnya dan semakin berkurang keberadaan spesies asli di kawasan tersebut. Solfiyeni dkk. (2022), menyatakan bahwa komposisi dan struktur vegetasi *B. pentamera* di kawasan hutan konservasi PT. KSI telah menginvasi dan mengurangi keanekaragaman tumbuhan tingkat sapling dan tumbuhan bawah di kawasan hutan tersebut.

Nursal et al. (2012) dalam Gusmiati (2020) mendefinisikan sapling sebagai fase permudaan

tegakan hutan, yang berdampak signifikan pada penampilan hutan dan kelangsungan hidup hutan di masa depan, serta perkembangan lebih lanjut dari tumbuhan menjadi pohon dewasa. Sapling juga dikenal sebagai pohon masa depan (*trees of the future*), merupakan anakan pohon yang memiliki tempat yang sangat penting dalam proses regenerasi untuk menggantikan pohon-pohon penyusun tegakan yang telah mati. Keanekaragaman hayati, khususnya sapling, dapat dipengaruhi oleh banyak hal, termasuk keberadaan spesies yang merugikan salah satunya spesies invasif.

Proses regenerasi terjadi secara alami dalam ekosistem hutan yang seimbang, pohon-pohon tua yang telah mati digantikan oleh kemunculan biji di dalam tanah (*seed bank*) yang akan tumbuh dan berkembang untuk menggantikan pohon-pohon yang tua dan telah mati tersebut (Utomo, 2007). Tumbuhan bawah adalah tumbuhan yang dapat mengendalikan erosi tanah, keberadaan tumbuhan bawah meningkatkan resistensi aliran dan memperlambat kecepatan sehingga efektif dalam mengendalikan erosi tanah. Tumbuhan bawah juga meningkatkan infiltrasi dan resistensi curah hujan, sehingga air hujan dapat langsung menembus permukaan tanah (Neyret, et al 2020). Kondisi habitat sangat berkaitan dengan struktur dan komposisi tumbuhan bawah. Seperti pembukaan lahan, dapat mengubah kondisi cahaya dan ketersediaan sumber daya dengan cara yang mendukung spesies tumbuhan asing invasif. Selain itu, pembangunan jalan hutan dapat mendorong penyebaran benih dan spesimen tumbuhan asing invasif melalui perpindahan tanah yang terkontaminasi dan material konstruksi, sehingga regenerasi pohon asli menjadi lebih sulit (Joly M, 2016).

Spesies invasif memiliki potensi untuk mengancam spesies asli di suatu kawasan. *B. pentamera* menyebar dan menyusup ke dalam hutan konservasi PT. KSI Solok Selatan, berdampak pada komposisi dan struktur tumbuhan, serta mengurangi tingkat keanekaragaman jenis sapling dan tumbuhan bawah. Selain itu, invasi *B. pentamera* mengurangi jumlah jenis tumbuhan secara keseluruhan dan mengakibatkan kawasan hutan didominasi oleh satu tumbuhan saja (Solfiyeni et al 2022). *B. axinantha*, sinonim dari *B. pentamera*, diketahui sebagai indeks nilai tertinggi untuk tingkat sapling di kecamatan Bukit Sarasah Kapalo Banda, Kab. 50 kota (Hidayat et al. 2015). Untuk melestarikan keanekaragaman hayati di kawasan tersebut, maka perlu dilakukan

penelitian mengenai komposisi dan struktur tumbuhan tingkat sapling dan tumbuhan bawah yang diinvasi oleh *B. pentamera* di Cagar Alam Lembah Harau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dan struktur tumbuhan tingkat sapling dan tumbuhan bawah yang diinvasi oleh *B. pentamera* di Cagar Alam Lembah Harau.

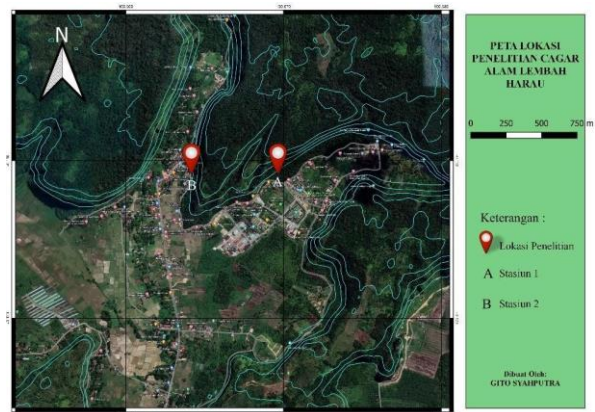
BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah alkohol 70% untuk pengawetan sampel. Alat-alat yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah Global Positioning System (GPS), tali rafia, DBH meter, parang, label gantung, koran, plastik bening, kamera, alat tulis, dan buku catatan lapangan. Untuk pengukuran faktor lingkungan menggunakan termometer, hygrometer, soil pH meter, dan luxmeter.

Metode

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode petak dengan peletakan plot secara *purposive sampling* (Fachrul, 2012). Plot dibuat di dua tempat yang memiliki jarak sekitar 750 m dengan ketentuan yaitu stasiun 1 ditempati oleh individu *B. pentamera* <50%, sedangkan stasiun 2 >50%. Jumlah plot yang dibuat pada tiap stasiun ditentukan sesuai dengan kurva minimal area. Untuk tumbuhan tingkat sapling, luas minimal area plot yaitu 0,01 ha, sedangkan untuk tumbuhan bawah 0,001 ha. Stasiun 1 terletak pada latitude 0°06'50.3"S dan longitude 100°39'53.8"E, sedangkan stasiun 2 terletak pada latitude 0°06'45.7"S dan longitude 100°39'52.3"E. Jumlah plot yang dibuat untuk tiap stasiun penelitian yaitu sebanyak 10 buah dengan masing-masing ukuran 5m x 5m untuk tingkat sapling dan 2m x 2m untuk tumbuhan bawah. Pada setiap plot dilakukan pengamatan meliputi nama spesies, jumlah individu dan pengukuran Diameter Setinggi Dada (DBH) khusus tingkat sapling. Saat penelitian diamati faktor lingkungan meliputi suhu, kelembapan, pH tanah, dan intensitas cahaya relatif. Spesies yang dikoleksi di lapangan akan diidentifikasi di Herbarium ANDA, Universitas Andalas.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Analisis data

Komposisi vegetasi

Komposisi vegetasi untuk mengetahui famili, genus, spesies dan individu yang ditemukan. Juga diketahui famili dominan dan famili co-dominan dengan persamaan sebagai berikut: Suatu famili dikatakan dominan jika memiliki nilai persentase >20% dan suatu famili dikatakan co-dominan jika nilai persentase 10-20% (Johnston and Gilman, 1995).

$$\text{Famili dominan} = \frac{\text{Jumlah individu suatu famili}}{\text{Jumlah individu seluruh famili}} \times 100\%$$

Struktur vegetasi

Indeks nilai penting suatu spesies dapat diketahui melalui analisis struktur vegetasi. Indeks nilai penting merupakan nilai tentang tingkat penguasaan suatu spesies dalam vegetasi yang didapatkan dari jumlah persentase kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif yang dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP\%)} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR}$$

$$\text{Kerapatan suatu spesies (K)} = \frac{\text{Jumlah individu suatu spesies}}{\text{Luas seluruh plot}}$$

$$\text{Kerapatan relatif suatu spesies (KR)} = \frac{\text{Jumlah kerapatan suatu spesies}}{\text{Jumlah kerapatan seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi suatu spesies (F)} = \frac{\text{Jumlah plot dijumpai suatu spesies}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$$

$$\text{Frekuensi relatif suatu spesies (FR)} = \frac{\text{Frekuensi suatu spesies}}{\text{Frekuensi seluruh spesies}} \times 100\%$$

Dominansi suatu spesies (D)

$$= \frac{\text{Jumlah luas bidang dasar suatu spesies}}{\text{Luas seluruh plot}}$$

$$IS = \frac{2C}{A + B} \times 100\%$$

Dominansi relatif suatu spesies (DR)

$$= \frac{\text{Dominansi suatu spesies}}{\text{Dominansi seluruh spesies}} \times 100\%$$

Keterangan:
 IS = Indeks Kesamaan Jenis Sorensen
 A = Jumlah jenis tumbuhan di daerah 1
 B = Jumlah jenis tumbuhan di daerah 2
 C = Jumlah jenis tumbuhan yang sama di kedua daerah

Indeks Nilai Penting (INP) = KR + FR + DR

Indeks Keanekaragaman

Keanekaragaman spesies suatu area dianalisis dengan menggunakan Index Shannon-Wiener (H') dengan persamaan sebagai berikut:

$$H' = -\sum pi \ln pi \text{ (dengan } pi = \frac{ni}{N} \text{)}$$

Keterangan: H' adalah Indeks Keanekaragaman spesies, ni adalah nilai penting spesies dan N adalah total nilai penting suatu spesies. Menurut Fachrul (2012), indeks keanekaragaman Shannon-Wiener mendefinisikan sebagai berikut: H' > 3 adalah keanekaragaman spesies pada suatu kawasan tinggi;

H' 1 ≤ H' ≤ 3 adalah keanekaragaman spesies pada suatu kawasan sedang;

H' < 1 adalah keanekaragaman spesies pada suatu kawasan sedikit atau rendah.

Indeks Kesamaan

Tingkat kesamaan kedua stasiun penelitian dianalisis dengan menggunakan Indeks Kesamaan Jenis Sorensen (IS) dengan persamaan sebagai berikut (Suin, 1999):

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Vegetasi

Komposisi vegetasi adalah susunan dari jenis dan jumlah individu tumbuhan yang menyusun suatu vegetasi. Pada Tabel 1 ditampilkan komposisi vegetasi sapling di kawasan yang diinvansi oleh *B. pentamera*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di kawasan hutan Cagar Alam Lembah Harau yang diinvansi *B. pentamera* pada stasiun 1 dan stasiun 2, tingkat sapling ditemukan berturut-turut 11 famili, 16 genus, 18 spesies dan jumlah individu 37 dan 6 famili, 6 genus, 7 spesies, dan jumlah individu 31 individu. Pada stasiun 1, tumbuhan bawah teridentifikasi 25 famili, 37 genus, 38 spesies, dan 522 individu. Stasiun 2 menemukan tumbuhan bawah dengan 20 famili, 26 genus, 26 spesies, dengan total 331 individu.

Tabel 1. Famili dominan dan co-dominan strata sapling dan tumbuhan bawah di kawasan Cagar Alam Lembah Harau yang diinvansi oleh *B. pentamera*

No.	Kategori Vegetasi	Famili	Persentase (%)	Ket
Stasiun 1				
1	Sapling	Melastomataceae	29,73	**
		Euphorbiaceae	27,03	**
		Myrtaceae	13,51	*
2	Tumbuhan Bawah	Melastomataceae	25,29	**
		Euphorbiaceae	13,79	*
		Rubiaceae	13,22	*
		Cyperaceae	10,34	*
Stasiun 2				
3	Sapling	Melastomataceae	54,84	**
		Euphorbiaceae	19,35	*
		Rubiaceae	12,90	*
4	Tumbuhan Bawah	Melastomataceae	51,96	**
		Cyperaceae	12,99	*

Ket: ** = Famili dominan, * = Famili co-dominan

Lingkungan merupakan salah satu faktor yang menjadikan suatu spesies dapat tumbuh dengan baik. Berdasarkan data curah hujan yang didapatkan dari pos pengamatan curah hujan Tanjung Pati, Kec. Harau, curah hujan pada tahun 2018-2020 berkisar antara 1056 sampai 2856 mm per tahun. Curah hujan merupakan salah satu faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan vegetasi tingkat sapling dan tumbuhan bawah di daerah penelitian. Selain itu, kelembaban dan suhu juga mempengaruhi vegetasi kawasan hutan. Kelembaban dan suhu di daerah penelitian bervariasi antara 75-83 % 25,6-26,5°C. Keanekaragaman tumbuhan dibentuk lebih kuat dalam ruang dan waktu oleh suhu, kelembapan, dan curah hujan yang optimum dibandingkan dengan faktor lainnya. Kontrol keanekaragaman oleh suhu, kelembapan, dan curah hujan ini paling jelas terlihat ketika mempertimbangkan keanekaragaman taksonomi (kekayaan spesies) pada skala spasial yang luas. Secara global, wilayah dengan iklim yang hangat dan basah mendukung lebih banyak spesies dibandingkan wilayah dengan iklim yang dingin atau gersang (P. W. Rundel, 2016). Ketersediaan kondisi lingkungan yang sesuai dan terpenuhinya persyaratan minimum yang diperlukan untuk melanjutkan siklus hidup, sehingga dapat mempengaruhi tingkat keanekaragaman.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa komposisi vegetasi pada stasiun 1 lebih banyak dibandingkan pada stasiun 2 baik tingkat sapling maupun tumbuhan bawah. Hal ini dapat terjadi karena keadaan vegetasi pada stasiun 1 belum terganggu bila dibandingkan dengan stasiun 2 yang keadaan vegetasinya cenderung jarang dan telah didominasi oleh *B. pentamera*. Hal ini sesuai dengan pendapat Solfiyeni *et al.* (2022) bahwa spesies invasif *B. pentamera* memberikan pengaruh negatif terhadap keragaman spesies lain yang ada di suatu kawasan hutan. Kehadiran *B. pentamera* menyebabkan penurunan dalam jumlah spesies dan indeks keanekaragaman spesies lain di kawasan tersebut. Semakin tinggi tingkat dominasi *B. pentamera*, maka semakin sedikit spesies tanaman lainnya, dan sebaliknya. Efek negatif ini mungkin terjadi karena sifat ekologis *B. pentamera* dengan kemampuannya untuk membentuk kanopi monodominan (Dillis *et al.* 2017), sehingga mencegah spesies lain untuk tumbuh.

B. pentamera mengandung senyawa kimia seperti tanin, fenol, flavonoid dan juga terpenoid (Serna dan Jose, 2015). Dampak zat alelopati dari spesies invasif sering terjadi pada banyak

kelompok tanaman, dan dampak ini dapat menjadi racun bagi tanaman lain (Susan, *et al* 2021). Senyawa flavonoid merupakan salah satu jenis senyawa yang bersifat alelopati pada tumbuhan (Riskitavani, 2013).

Famili Melastomataceae termasuk ke dalam famili dominan di kedua tempat yang dibuat plot penelitian dengan persentase 29,73% dan 54,84% untuk tingkat sapling. Sedangkan, tumbuhan bawah memiliki persentase 25, 29% dan 51,96% di kedua plot penelitian. Famili Melastomataceae merupakan tumbuhan yang sebagian besar ditemukan di daerah tropis yang terdiri dari 175 genus dan 5115 spesies (iNaturalist, 2022). Spesies dalam famili ini biasanya tumbuh liar di daerah dengan paparan sinar matahari yang cukup, seperti lereng gunung, tepi jurang, tepi hutan, dan semak belukar. *B. pentamera* adalah salah satu tumbuhan invasif di dalam famili ini (Tjitrosoedirdjo dan Mawardi, 2016).

Selanjutnya, famili Euphorbiaceae termasuk ke dalam famili dominan pada stasiun 1 dan co-dominan pada stasiun 2 tingkat sapling dan tumbuhan bawah dengan persentase 27,03% dan 19,35% untuk tingkat sapling. Sedangkan, pada tingkat tumbuhan bawah famili Euphorbiaceae co-dominan di stasiun 1 dengan persentase 13,79%. Famili Euphorbiaceae yang juga dikenal sebagai tanaman jarak, memiliki sekitar 7.300 spesies yang tersebar dalam 300 genus (Suryawan *et al.* 2013). Sebagian besar jenis famili ini adalah tanaman herba, tetapi di wilayah tropis ada juga yang merupakan semak belukar maupun pohon (Karyati dan Adhi, 2018). Famili Euphorbiaceae mampu menyesuaikan diri dengan faktor lingkungan pada lokasi penelitian ini, sehingga mampu bertahan hidup dan menjadi famili dominan dan co-dominan.

Famili Myrtaceae termasuk ke dalam kategori famili co-dominan pada stasiun 1 tingkat sapling. Myrtaceae atau jambu-jambuan merupakan pohon atau perdu yang terdapat di banyak daerah di Indonesia. Famili Myrtaceae tersebar luas mulai dari hutan hujan tropis, hutan pinggiran sungai, hutan pantai hingga kawasan mangrove. Salah satu tumbuhan Myrtaceae di zona vegetasi mangrove Taman Nasional Bali Barat dimanfaatkan untuk mengelola ekosistem kawasan agar tetap lestari (Marbawa, 2014). Sedangkan, pada stasiun 2 famili co-dominan adalah famili Rubiaceae. Famili Rubiaceae merupakan tumbuhan yang terdiri dari pohon terestrial, semak dan liana. Famili ini termasuk keluarga tumbuhan Angiospermae terbesar keempat yang memiliki sekitar 13.500 spesies

yang tergabung dalam 620 genus. Rubiaceae tersebar di semua wilayah utama dunia, kecuali Antartika dan melimpah maksimum di hutan-hutan lembab dataran rendah hingga dataran menengah (Barbhuiya *et al.* 2014). Tingginya

keanekaragaman famili Rubiaceae yang ditemukan, menunjukkan famili tersebut bersifat toleran terhadap berbagai kondisi lingkungan. Oleh karena itu, famili ini co-dominan pada tingkat tumbuhan bawah.

Tabel 2. Sepuluh Jenis Utama Nilai Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), Dominansi Relatif (DR), dan Indeks Nilai Penting (INP) Jenis-Jenis Sapling dan Tumbuhan Bawah

No	Spesies	Famili	KR%	FR%	DR%	INP%
Stasiun 1						
Sapling						
1	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	Melastomataceae	29.73	18.52	26.87	75.11
2	<i>Macaranga triloba</i> Thunb	Euphorbiaceae	21.62	18.52	3.56	43.70
3	<i>Santiria conferta</i> A.W. Benn	Burseraceae	2.70	3.70	21.99	28.40
4	<i>Syzygium sp.1</i>	Myrtaceae	5.41	7.41	8.17	20.99
5	<i>Dillenia sp.</i>	Dilleniaceae	2.70	3.70	9.88	16.28
6	<i>Syzygium sp.3</i>	Myrtaceae	5.41	3.70	7.06	16.17
7	<i>Cheilosa montana</i> Blume	Euphorbiaceae	2.70	3.70	3.05	9.46
8	<i>Cinnamomum burmanii</i> Blume	Lauraceae	2.70	3.70	2.39	8.80
9	<i>Syzygium sp.2</i>	Myrtaceae	2.70	3.70	2.39	8.80
10	<i>Dendrocnide elliptica</i> (Merr.) Chew	Urticaceae	2.70	3.70	2.39	8.80
Tumbuhan Bawah						
1	<i>Clidemia hirta</i>	Melastomataceae	17.43	7.02		24.45
2	<i>Macaranga triloba</i>	Euphorbiaceae	8.05	5.26		13.31
3	<i>Aidia densiflora</i>	Rubiaceae	7.47	5.26		12.73
4	<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	6.23	5.26		11.58
5	<i>Sellaginela sp</i>	Selaginellaceae	5.17	5.26		10.44
6	<i>Aidia racemosa</i>	Rubiaceae	5.79	4.39		10.13
7	<i>Bellucia pentamera</i>	Melastomataceae	4.98	4.39		9.37
8	<i>Digitaria setigera</i>	Poaceae	4.21	4.39		8.60
9	<i>Scleria sumatrensis</i>	Cyperaceae	4.02	3.51		7.53
10	<i>Syzygium sp</i>	Myrtaceae	3.45	3.51		6.96
Stasiun 2						
Sapling						
1	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	Melastomataceae	54.84	42.86	69.26	166.95
2	<i>Macaranga triloba</i> Thunb	Euphorbiaceae	19.35	23.81	10.47	53.64
3	<i>Aidia densiflora</i> (Wall.) Masam	Rubiaceae	12.90	14.29	3.79	30.98
4	<i>Cryptocarya sp.</i>	Lauraceae	3.23	4.76	10.81	18.80
5	<i>Syzygium antisepticum</i> Blume	Myrtaceae	3.23	4.76	3.78	11.77
6	<i>Prunus arborea</i> (Blume) Kalkman	Rosaceae	3.23	4.76	0.95	8.93
7	<i>Syzygium sp.4</i>	Myrtaceae	3.23	4.76	0.95	8.93
Tumbuhan Bawah						
1	<i>Bellucia pentamera</i>	Melastomataceae	45.02	14.08		59.10
2	<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	7.25	8.45		15.70
3	<i>Digitaria setigera</i>	Poaceae	7.25	7.04		14.29
4	<i>Clidemia hirta</i>	Melastomataceae	6.65	7.04		13.69
5	<i>Scleria sumatrensis</i>	Cyperaceae	5.74	7.04		12.78
6	<i>Sellaginela sp</i>	Sellaginellaeceae	5.14	7.04		12.18
7	<i>Aidia densiflora</i>	Rubiaceae	3.32	4.23		7.55
8	<i>Syzygium sp</i>	Myrtaceae	2.72	4.23		6.94
9	<i>Macaranga triloba</i>	Euphorbiaceae	2.11	4.23		6.34
10	<i>Asytasia gangetica</i>	Acanthaceae	2.72	2.82		5.54

Cyperaceae merupakan famili yang sangat beragam memiliki 100 genera dan sekitar 2000 spesies sudah tersebar luas diberbagai kondisi iklim di dunia (Govaerts *et al.* 2020). Cyperaceae merupakan famili tumbuhan berbunga terbesar. Spesiesnya tersebar di seluruh benua, kecuali Antartika. Meskipun terdapat sejumlah besar spesies di daerah Arktik, daerah beriklim sedang, dan daerah tropis, keanekaragaman marga jauh lebih besar di daerah tropis. Banyak spesies Cyperaceae yang muncul di garis lintang utara memiliki distribusi sirkumpolar. Spesies yang muncul di daerah beriklim tropis atau hangat, kecuali yang merupakan gulma pertanian yang tersebar luas, umumnya terbatas pada satu benua. Keanekaragaman ekologi Cyperaceae sangat luar biasa, dengan spesies yang muncul di hampir semua habitat, kecuali di gurun yang ekstrim dan ekosistem laut dan air dalam. Banyak spesies Cyperaceae memiliki karakteristik bawaan yang meningkatkan pertumbuhan populasi mereka di habitat yang tidak stabil, seperti tingkat reproduksi yang tinggi, pertumbuhan yang cepat, pertumbuhan kembali vegetatif, dan benih dorman yang dapat diamati. Selain gangguan bencana, proses alam dapat memperluas area yang harus dibuka untuk perkembangbiakan spesies Cyperaceae seperti tumbuh di tepian sepanjang pantai dan juga sungai (Anton, 2022).

Struktur Vegetasi

Spesies *B. pentamera* memiliki nilai INP yang tertinggi pada stasiun 1 dan 2 dengan persentase 75,11% dan 166,95% pada tingkat sapling. Hal ini dikarenakan nilai kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatifnya tergolong tinggi. Selain itu, dapat diartikan bahwa kawasan penelitian sangat sesuai dengan habitat yang disukai oleh *B. pentamera*. Tingginya nilai penting menunjukkan bahwa suatu spesies tersebut dominan dan memiliki daya adaptasi yang lebih baik dibandingkan spesies lainnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Yayan *et al* (2018) bahwa nilai penting yang tinggi mengindikasikan bahwa suatu spesies terwakili dengan baik di dalam tegakan, karena jumlah individu spesies tersebut lebih banyak dibandingkan dengan spesies lain di dalam tegakan atau jumlah individu spesies tersebut lebih sedikit. *B. pentamera* adalah tumbuhan invasif dengan pertumbuhan pohon dan banyak buah. *B. pentamera* adalah spesies pionir yang memiliki pertumbuhan sangat cepat, mampu menyerang dengan cepat celah-celah hutan, baik yang dibentuk oleh pohon tumbang maupun penebangan, dan mampu merekonstruksi struktur

hutan dan membuat kanopi monodominan (Dillis *et al.* 2017).

Selanjutnya, pada stasiun 1 tingkat tumbuhan bawah nilai INP tertinggi yaitu spesies *Clidemia hirta* dengan persentase 24,45%. *C. hirta* berasal dari Amerika Selatan, sifatnya menyebar dengan cepat dan lebih melimpah di luar daerah asalnya dibanding habitat asli. *C. hirta* merupakan jenis tumbuhan bawah yang memiliki daya adaptasi tinggi karena mampu tumbuh secara optimal pada ketinggian rendah hingga mencapai 1000 mdpl dengan kondisi lingkungan yang terbuka dan lembab, serta tanah yang memiliki kandungan humus yang tinggi (Ismaini, 2015). *C. hirta* adalah spesies tumbuhan yang sangat invasif menghasilkan lebih dari 5000 buah berwarna biru-hitam setiap tahunnya, mengandung lebih dari 100 biji. Tumbuhan ini merupakan tumbuhan bawah yang tahan naungan, cepat menyebar di lapisan bawah dan celah yang baru terbuka di hutan basah dan mesik, serta padang rumput di seluruh negara bagian (Hawaii.gov, 2022).

Bila dibandingkan tumbuhan lain dalam lahan yang sama, *B. pentamera* merupakan spesies dengan INP tertinggi pada stasiun 2 untuk tingkat tumbuhan bawah. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan yang dimaksud lebih dominan dan memiliki ambang toleransi yang lebih tinggi. Ini juga menunjukkan bahwa tumbuhan tersebut memiliki kapasitas yang lebih baik untuk adaptasi, kompetisi, dan reproduksi. Dominasi suatu area menunjukkan bahwa suatu jenis lebih mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan dibandingkan spesies lainnya karena faktor geografis, sosial, atau ekonomi (Lipton, *et al* 2018). Tumbuhan yang menginvasi beberapa kawasan di lingkungan Cagar Alam Lembah Harau, seperti tepi hutan (dekat jalan), juga ditemukan spesies *B. pentamera*. Hal ini sesuai dengan temuan Inayah (2020) yang mengatakan bahwa jumlah individu seedling, sapling dan pohon *B. pentamera* dipengaruhi oleh jaraknya dari jalan, adanya jalan yang dekat dengan hutan menyebabkan intensitas cahaya yang sampai ke permukaan hutan besar, sehingga menjadi pendorong bagi tumbuhan invasif untuk tumbuh.

Selanjutnya, spesies yang memiliki INP terendah untuk tingkat sapling pada stasiun 1 yaitu *Elaeocarpus* sp. dengan persentase sebesar 7,40%, sedangkan INP terendah pada stasiun 2 yaitu *Prunus arborea* dan *Syzygium* sp.4 dengan persentase 8,93%. Pada tumbuhan bawah, *Cinnamomum burmanii* memiliki INP (1,07%), sedangkan pada stasiun 2 terdapat pada spesies *Antidesma tetrandrum* memiliki INP (1,71%)

tumbuhan ini juga memiliki nilai Kerapatan Relatif (KR) dan juga nilai Frekuensi Relatif (FR) rendah. Hal ini karena hanya sedikit individu yang ditemukan untuk masing-masing spesies yang disebutkan di atas, dan masing-masing hanya ditemukan di satu plot penelitian. Selain itu, dapat dikatakan bahwa spesies ini memiliki daya adaptasi yang kurang baik, serta faktor lingkungan yang agak merugikan bagi kelangsungan hidup ketiga spesies tersebut. Tumbuhan dengan INP yang rendah mengimplikasikan bahwa spesies tumbuhan memiliki populasi kecil, kemampuan reproduksi rendah, dan daya sebar yang lemah lebih rentan terhadap kepunahan dari ekosistem yang mengalami tekanan (Seema, *et al* 2020).

Indeks Keanekaragaman

Parameter vegetasi berguna untuk membandingkan komunitas tumbuhan yang berbeda pada indeks keanekaragaman. Nilai Indeks Keanekaragaman tumbuhan tingkat sapling dan tumbuhan bawah di area yang diinvasi oleh *B. pentamera* ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini

Tabel 3. Indeks keanekaragaman jenis (H') sapling dan tumbuhan bawah pada kawasan yang diinvasi oleh *B. pentamera*

No.	Kawasan	Indeks Diversitas (H')	
		Sapling	Tumbuhan Bawah
1	Stasiun 1	2,54	2,43
2	Stasiun 2	1,35	1,84

Berdasarkan Tabel 3 di atas dapat dilihat nilai indeks keanekaragaman di dua kawasan yang diinvasi oleh *B. pentamera*. Nilai indeks keanekaragaman di stasiun 1 dan 2 tingkat sapling dan tumbuhan bawah tergolong sedang, di kawasan hutan Cagar Alam Lembah Harau. Nilai tersebut menunjukkan invasi *B. pentamera* pada tumbuhan bawah dan pancang di dua stasiun digolongkan sedang. Lingkungan dan habitat merupakan contoh faktor yang dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat keragaman suatu jenis tumbuhan. Kawasan Hutan Cagar Alam Lembah Harau terletak pada ketinggian 500-850 mdpl sehingga termasuk ke dalam hutan hujan tropis. Suhu pada kawasan ini berkisar 25,6-26,5°C, kelembapan udara berkisar 75-83%, pH tanah 4,61-4,65, intensitas cahaya relatif berkisar 26,91-28,79%, dan kadar air tanah berkisar 13,20-20%, dengan rata-rata curah hujan 2089 mm pada tahun 2018-2020. Wijayanti

(2011) dalam Destaranti *et al.* (2017) menyatakan perbedaan struktur dan komposisi pada setiap strata tumbuhan bawah berkaitan erat dengan kondisi habitat. Faktor lingkungan yang akan mempengaruhi keberadaan tumbuhan adalah ketinggian tempat di atas permukaan laut. Ketinggian tempat akan mempengaruhi kekayaan jenis, struktur dan komposisi vegetasi tumbuhan bawah, keadaan tanah, suhu, intensitas cahaya dan air.

Nilai indeks keanekaragaman yang digolongkan sedang, memberikan gambaran bahwa vegetasi di daerah penelitian masih aktif beregenerasi. Pemodelan distribusi pohon anakan dari waktu ke waktu dapat memberikan gambaran mengenai dinamika regenerasi hutan terjadi atau tidak (Daniel, *et al* 2018). Suganda dan Nisyawati (2016), mendefinisikan potensi permudaan yang sangat baik sebagai adanya fase permudaan yang menyeluruh disertai dengan anakan spesies pohon yang bertahan pada tiang, pancang, dan semai. Ketersediaan anakan yang cukup dalam suatu ekosistem mengindikasikan bahwa proses regenerasi alami sedang berlangsung. Keberadaan anakan pohon menjadi proses regenerasi pohon dapat diketahui.

Indeks Kesamaan

Nilai indeks kesamaan komunitas tingkat sapling dengan tumbuhan bawah sebagai berikut, berdasarkan analisis yang telah dilakukan.

Sapling:

$$IS = 2C/(A + B) \times 100\%$$

$$IS = (2(2))/(18 + 7) \times 100\%$$

$$IS = 16\%$$

Tumbuhan Bawah:

$$IS = 2C/(A + B) \times 100\%$$

$$IS = (2(15))/(38 + 26) \times 100\%$$

$$IS = 46,15\%$$

Menurut Suin (1999), jika nilai IS di bawah 50%, berarti tingkat kesamaan antara dua komunitas rendah. Sementara itu, Istomo dan Kusmana (1997) dalam Hilwan *et al.* (2013) menyatakan jika jumlah IS kurang dari 75%, maka komunitas yang dibandingkan adalah berbeda, dan jika lebih besar dari 75%, maka komunitas yang dibandingkan adalah identik. Hewan dan manusia memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dengan meubah kondisi lingkungan, memperkenalkan spesies invasif, disamping keadaan fisik-kimia yang menentukan

keberadaan suatu tumbuhan atau komunitas dari jenis tumbuhan yang sama (John, 2012).

Intensitas gangguan vegetasi yang diikuti dengan invasi *B. pentamera* membentuk struktur vegetasi baru. Tiga parameter penting (kepadatan, sebaran, dan luas dasar) menggambarkan spesies menempati ruang dalam struktur hutan (Solfiyeni et al, 2022). *B. pentamera* sebagai spesies invasif sangat cepat mengisi celah kanopi yang terbuka, akibat gangguan hutan (Dillis et al, 2017).

KESIMPULAN

Famili yang dominan pada kedua stasiun tingkat sapling maupun tumbuhan bawah yaitu famili Melastomataceae. Struktur vegetasi strata sapling pada stasiun 1 dan stasiun 2 didapatkan INP tertinggi pada spesies *B. pentamera* dengan nilai INP pada masing-masing stasiun 75,11% dan 166,95%. Pada tumbuhan bawah nilai INP tertinggi pada stasiun 1 yaitu spesies *Clidemia hirta* dengan persentase 24,45%. Pada stasiun 2 nilai INP tertinggi yaitu spesies *B. pentamera* dengan persentase 59,10%. Indeks keanekaragaman pada stasiun 1 dan 2 tingkat sapling dan tumbuhan bawah tergolong sedang. Nilai indeks similaritas didapatkan 16% untuk tingkat sapling dan tumbuhan bawah didapatkan 46,15% nilai ini tergolong rendah.

SARAN

Saran dari penelitian ini, sebaiknya dilakukan pengelolaan terhadap jenis *B. pentamera* karena jenis ini sudah dominan dan menginvasi kawasan hutan dilihat dari indeks nilai pentingnya. Penanganan untuk jenis ini dapat dilakukan dengan melakukan pemantauan (monitoring) pada jenis *B. pentamera*, sehingga dapat mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh jenis tersebut agar ekosistem hutan tetap seimbang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Badan Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) wilayah Sumatera Barat yang telah memberikan izin untuk penelitian, serta seluruh anggota tim lapangan yang turut membantu penulis dalam mengumpulkan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Asian Plant. (2022). *Prunus arborea*. Diperoleh dari <https://www.asianplant.net>.
- Anton A. Reznicek. (2022). *Cyperaceae plant family*. *Encyclopedia Britanica Article*.
- BKSDA. (2012). *Buku Informasi Kawasan Konservasi Balai KSDA Sumatera Barat*. BKSDA. Sumatera Barat.
- Barbhuiya, H. A., Dutta, B. K., Das, A. K., & Baishya, A. K. (2014). The family Rubiaceae in southern Assam with special reference to endemic and rediscovered plant taxa. *Journal of Threatened Taxa*, 6(4), 5649–5659.
- Daniel Moreno-Fernandez, Nicole H. Augustin, Fernando Montes, Isabel Canellas & Mariola Sanchez-Gonzalez. (2018). Modeling sapling distribution over time using a functional predictor in a generalized additive model. *Annals of Forest Science Article*, 75(9).
- De Kok, R. P., M. Briggs, D. Pirnanda, & D. Girmansyah. (2015). Identifying targets for plant conservation in Harapan rainforest, Sumatra. *Tropical Conservation Science* 8, 28-32.
- Destaranti, N., Sulistyani, dan Yani, E. (2017). Struktur dan Vegetasi Tumbuhan Bawah pada Tegakan Pinus di RPH Kalirajut dan RPH Baturaden Banyumas. *Scripta Biologica*, 4(3), 155-160.
- Dillis, C., A. J. Marshall, & M. Rejmánek. (2017). Change in disturbance regime facilitates invasion by *B. pentamera* Naudin (Melastomataceae) at Gunung Palung National Park, Indonesia. *Biological Invasions* 19, 1329-1337.
- Fachrul, M.F. (2012). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Govaerts, R., Jimenez-Mejias, P., Koopman, J., Simpson D., & Goetghebeur, P., (2020). *World checklist of Cyperaceae*. Kew: Royal Botanic Gardens Books.
- Gusmiati. (2020). *Komposisi dan Struktur Sapling di Kawasan Hutan Konservasi PT Royal Lestari Utama (RLU), Jambi* (Undergraduate Thesis). Universitas Andalas.

- Hawaii.gov (2022). Hawaii Invasive Species Council. The Targets: Clidemia (*Clidemia hirta*). Diperoleh dari <https://dlnr.hawaii.gov>.
- Hidayat, N., Chairul, & Syamsuardi. (2015). Komposisi dan Struktur Anakan Pohon di Daerah Tangkapan Air Bukit Sarasah Kapalo Banda Kenagarian Taram, Kecamatan Harau, Kabupaten 50 Kota. *Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas dan Ekologi Tropika Indonesia 2015, BIOETI 3*.
- Hilwan, I., Mulyana, D., dan Pananjung, W.G. (2013). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Bawah pada Tegakan Sengon Buto (*Enterobium cyclocarpum* Griseb.) dan Trembesi (*Samanea saman* Merr.) di Lahan Pasca Tambang Batubara PT Kitadin, Embalut, Kutai Kartanagara, Kalimantan Timur. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 4(1).
- iNaturalist. (2022). *Waterberries* (Genus *Syzygium*). Diperoleh dari <http://inaturalist.org>.
- Inayah, U. (2020). *Pola Distribusi dan Pemetaan Tumbuhan Asing Invasif Bellucia pentamera Naudin dalam Upaya Pengelolaannya di Area Konservasi Prof. Dr. Sumitro Djhojohadikusumo PT.TKA, Solok Selatan* (Undergraduate thesis). Universitas Andalas, Jurusan Biologi, Padang, Indonesia.
- Ismaini, L. (2015). Pengaruh alelopati tumbuhan invasif (*Clidemia hirta*) terhadap germinasi biji tumbuhan asli (*Impatiens platypetala*). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1*(4), 834–837.
- Johnston, M & Gilman. (1995). Tree Population Studies in Low Diversity Forest, Guyana. I Floristic Composition and Stand Structure. *Biodiversity and Conservation 4*, 339-362.
- John R. Pannell. (2012). The ecology of plant populations: their dynamics, interactions and evolution. *National Center for Biotechnology Information 110*(7), 1351-1355.
- Joly, M Bertrand P. (2016). Paving the Way for Invasive Species: Road Type and the Spread of Common Ragweed (*Ambrosia Artemisiifolia*). *Environ Manage 48*(3), 514–522.
- Kalisz, S., Kivlin, S.N. & Bialic-Murphy, L. (2021). Allelopathy is pervasive in invasive plants. *Biol Invasions 23*:367-371.
- Karyati dan Adhi, M.A. (2018). *Jenis-Jenis Tumbuhan Bawah di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman*. Mulawarman University Press.
- Kusuma, Y.W.C., Rembold, K., Tjitrosoerdirdjo, S.S., & Kreft, H. (2018). Tropical rainforest conversion and land use intensification reduce understory plant phylogenetic diversity. *Journal of Applied Ecology*.
- Lipton, D., Carlson, S.M., Jantarasami, L.C., & Vose, J.M., (2018). Impacts, risk, and adaptation in the United States. *Climate Change Impacts on Ecosystem Journal*.
- Marbawa, I. (2014). Analisis Vegetasi Mangrove Strategi Pengelolaan Ekosistem Berkelanjutan di Taman Nasional Bali Barat. *ECOTROPIC*, 8(1), 24-38.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H.H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: Wiley and Sons.
- Neyret, M., Robain, H., de Rouw, A. & Janeu, J.L. (2020). Higher runoff and soil detachment in rubber tree plantations compared to annual cultivation is mitigated by ground cover in steep mountainous Thailand. *CATENA 189*.104472.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). (PERMENLHK) No P.94/MENLHK/SETJEN/KUM, Tentang Jenis Invasif. Diperoleh dari <https://balaikliringkehati.menlhk.go.id>
- Riskitavani, D. V. (2013). Studi Potensi Bioherbisida Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) terhadap Gulma Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.) *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2).
- Rundel, P.W. (2016). Mediterranean biomes: Evolution of their vegetation, floras, and climate. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 47, 383-407.
- Sheth, S.N., Morueta-Holme, N. & Angert, A.L. (2020). Determinants of geographic range size in plants. *New Phytologist 226*, 650-665.

- Solfiyeni, Mukhtar, E., Syamsuardi, & Chairul. (2022). Distribution of Invasive Alien Species, *B. pentamera*, in Forest Conservation of Oil Palm Plantation, West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 23(7): 3329-3337.
- Solfiyeni, Mukhtar, E., Syamsuardi, & Chairul. (2022). Impacts of invasive tree species *Bellucia pentamera* on plant diversity, microclimate and soil of secondary tropical forest in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 23(6): 3335-3346.
- Suin, N.M. (1999). *Metoda Ekologi*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Suryawan, A., Kinho, J., & Mayasar, A. (2013). Struktur dan Sebaran Jenis-Jenis Suku Euphorbiaceae di Cagar Alam Tangkoko, Bitung, Sulawesi Utara. *Balai Penelitian Kehutanan Manado*, 3(2).
- Utomo, B. (2007). *Fotosintesis pada Tumbuhan* (Undergraduate thesis). Universitas Sumatera Utara, Fakultas Pertanian, Medan, Indonesia.
- Tjitrosoedirdjo S.S., & Mawardi, I. (2016). 75 Important Invasive Plant Species in Indonesia. *SEAMEO BIOTROP*.



PHYTOCHEMICAL SCREENING AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF TAMPOI LEAVES (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Mull.Arg) BY LEAF AGE AND SOLVENT TYPE

Sujarwati, Mayta Novaliza Isda, Desna Tasya Rahmadhani, dan Ulfatur Rohmah*
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya Km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 Juli 2022,

Revised 27 Jun 2023,

Accepted 29 Jun 2023,

Available online 30 Jul 2022

Keywords:

- ✓ *Baccaurea macrocarpa* (Miq.)Mull.Arg
- ✓ Phytochemicals
- ✓ Antioxidant Activity
- ✓ DPPH
- ✓ IC50

*corresponding author:

ulfatur.rohmah2044@student.unri.ac.id

unri.ac.id

Phone: +6281334384996

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.430)

[13i3.430](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.430)

ABSTRACT

Tampoi (Baccaurea macrocarpa (Miq.) Mull.Arg) is a member of the genus Baccaurea which is distributed mainly in the regions of Borneo and Sumatra. The use of tampoi can be done by exploring the potential of tampoi plants as medicinal plants. The research was conducted to determine the content of secondary metabolites and the results of the analysis of the antioxidant activity of tampoi leaves. The leaf extraction process uses polar solvents in the form of water, 70% ethanol, 70% methanol and non-polar in the form of chloroform, toluene, and n-hexane. Analysis of antioxidant activity using the DPPH method (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil). The results showed that polar solvents are better used in extracting secondary metabolites of tampoi leaves in non-polar solvents. The conclusion of this study is the types of secondary metabolites contained in tampoi leaves, namely alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, steroids, and triterpenoids. Young tampoi leaves have a stronger antioxidant activity value than old leaves. The most effective solvent for extracting secondary metabolite compounds of tampoi leaves is 70% methanol.

ABSTRAK

Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Daun Tampoi (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.)Mul.Arg) Berdasarkan Umur Daun dan Jenis Pelarut

Tampoi (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Mull.Arg) merupakan anggota genus *Baccaurea* yang tersebar terutama di daerah Kalimantan dan Sumatera. Pemanfaatan tampoi dapat dilakukan dengan menggali potensi tanaman tampoi sebagai tanaman obat. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kandungan jenis metabolit sekunder dan hasil analisis aktivitas antioksidan daun tampoi. Proses ekstraksi daun menggunakan pelarut polar berupa air, etanol 70%, metanol 70% dan non polar berupa kloroform, toluena, serta n-heksana. Analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelarut polar lebih baik dalam mengekstraksi metabolit sekunder daun tampoi dibandingkan pelarut nonpolar. Kesimpulan dari penelitian ini adalah jenis senyawa metabolit sekunder yang terkandung di daun tampoi yaitu alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid, dan triterpenoid. Daun tampoi muda memiliki nilai aktivitas antioksidan lebih kuat dibandingkan daun tua. Pelarut yang paling efektif untuk mengekstraksi senyawa metabolit sekunder daun tampoi adalah metanol 70%.

Kata kunci: Tampoi (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.)Mull.Arg); Fitokimia; Aktivitas Antioksidan; DPPH; IC50

PENDAHULUAN

Tampoi (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Mull.Arg) merupakan jenis tumbuhan yang dapat dijumpai di beberapa daerah di Indonesia seperti Semenanjung Malaya, Kalimantan, serta Sumatera (Haegens 2000). Di Riau, tampoi

dijumpai di Kampar, Kuantan Singingi, Rokan Hulu, dan Rokan Hilir. Tampoi biasanya tumbuh di daerah pinggiran desa dan hutan larangan adat. Pemanfaatan tampoi masih terbatas yaitu buahnya dikonsumsi dan batangnya digunakan sebagai bahan bangunan.



Tampoi memiliki potensi sebagai tanaman obat. Potensi tampoi sebagai tanaman obat dapat diketahui melalui skrining fitokimia dan uji aktivitas antioksidan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menguji kandungan metabolit sekunder tampoi antara lain pada organ buah (Tirtana *et al.* 2013), kulit buah (Ningdyah 2015), dan kulit batang tampoi (Novitaria 2016; Day (2018). Hasil penelitian menunjukkan kandungan pada buah tampoi yaitu, saponin, alkaloid dan flavonoid, sedangkan kulit buah mengandung steroid, terpenoid dan polifenol. Kulit batang tampoi mengandung senyawa flavonoid, steroid, alkaloid, polifenol, dan triterpenoid.

Antioksidan tergolong senyawa yang memiliki kemampuan dalam mengatasi kerusakan yang bersifat oksidatif dalam tubuh yang diakibatkan oleh jumlah radikal bebas yang tidak seimbang. Antioksidan ini dapat digunakan tubuh untuk menunda terjadinya proses penuaan dan berbagai penyakit degeneratif. Pada umumnya, sumber antioksidan yang bersifat alami berasal dari tumbuhan dan merupakan senyawa fenolik (Sarastani *et al.* 2002). Metode pengujian adanya aktivitas antioksidan dapat dianalisis menggunakan metode sederhana 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Febryana 2020). Metode DPPH ini bekerja dengan cara yaitu senyawa antioksidan yang terkandung dalam suatu ekstrak dapat menghambat, serta menghilangkan keberadaan radikal DPPH. Aktivitas antioksidan diketahui dengan menghitung nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration 50 Value*), yaitu konsentrasi antioksidan yang berhasil menghilangkan aktivitas DPPH sebesar 50%.

Buah tampoi sebagai bahan pembuatan obat luka telah dimanfaatkan oleh Tarsia *et al.* (2021). Pembuatan produk, terkendala oleh ketersediaan buah tampoi yang terbatas hanya pada bulan Juli hingga September. Alternatif pengganti buah tampoi perlu dicari, yaitu organ tampoi yang tersedia sepanjang waktu seperti daun tampoi. Organ daun dari tanaman tampoi belum ditemukan informasi kandungan metabolit sekundernya. Jenis daun yang digunakan menentukan banyaknya kandungan metabolit sekunder. Seperti pada penelitian Achakzai *et al.* (2009) menyampaikan bahwa pada daun muda terdapat kandungan senyawa saponin dan alkaloid yang lebih tinggi, dan pada daun tua kandungan senyawa flavonoid dan fenolik lebih tinggi.

Hasil ekstraksi suatu tanaman dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan. Pelarut yang bersifat polar akan lebih mengekstrak senyawa polar, begitu juga dengan pelarut non-polar

(Gritter *et al.* 1991). Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pelarut terbaik untuk mengekstraksi senyawa kandungan metabolit sekunder daun tampoi, serta menentukan umur daun yang paling baik sebagai sumber senyawa antioksidan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Penelitian dilakukan Januari-Maret 2022 di Laboratorium Botani Jurusan Biologi dan Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipet tetes, kuvet, *vortex*, neraca elektrik, toples maserasi, *rotary evaporator*, oven dan *microplate reader*. Daun tampoi diperoleh dari area kampus Universitas Riau. Bahan penelitian yang digunakan yaitu kloroform, *n*-heksana, toluena, etanol 70%, metanol 70%, aquades, HCl 2N, HCl pekat, pereaksi Dragendorf, serbuk magnesium, anhidrida asetat, asam sulfat pekat, $FeCl_3$ 5%, dan larutan DPPH.

Metode

Pengumpulan Sampel Daun

Sampel daun tampoi diambil berdasarkan umur daun yaitu daun tampoi tua dan muda yang ditentukan berdasarkan posisinya dari pucuk. Daun muda berada pada posisi 1-2, sedangkan daun tua berada pada posisi 3-4 dari pucuk. Daun yang telah diambil dari lapangan dibawa ke Laboratorium Botani.

Pengeringan Daun

Sampel segar daun tampoi dicuci pada air mengalir dan dikering anginkan hingga kering pada suhu ruang.

Pembuatan Serbuk Daun Tampoi

Daun tampoi yang kering dihaluskan menggunakan blender. Daun tampoi yang telah halus disaring menggunakan saringan.

Tahap ekstraksi tampoi dengan metode maserasi

Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode maserasi. Pelarut yang digunakan adalah pelarut polar (air, etanol 70%, metanol 70%) dan non polar (kloroform, *n*-heksana, toluena). Perbandingan bahan ekstrak dan pelarut adalah 1:10 (Febryana 2020). Serbuk daun tampoi ditimbang sebanyak 40 gram, ditambahkan 400

mL pelarut, dan disimpan selama 3x24 jam dalam suhu ruang. Selama proses ekstraksi, dilakukan pengadukan secara periodik hingga diperoleh ekstrak daun tampoi. Ekstrak disaring dan dilanjutkan proses evaporasi menggunakan *ratory evaporator* untuk menghasilkan ekstrak kental yang akan diuji kandungan kimia dan uji aktivitas antioksidan.

Identifikasi Kandungan Kimia dengan Skrining Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan mengikuti metode Febryana (2020). Tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Uji Alkaloid

Ekstrak daun tampoi diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 1 mL. Sampel diberi pereaksi Dragendorf sebanyak 2-3 tetes. Uji positif akan menunjukkan adanya endapan berwarna merah jingga.

b. Uji Flavonoid

Ekstrak daun tampoi diambil sebanyak 1 mL dan serbuk magnesium ditambahkan sebanyak 0,1 gram, serta HCl pekat ditambahkan sebanyak 10 tetes. Uji positif ditunjukkan dengan terbentuknya larutan berwarna jingga muda hingga jingga tua.

c. Uji Saponin

Ekstrak daun tampoi sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan air sebanyak 5 mL dan dipanaskan selama 2-3 menit. Sampel didiamkan, dikocok selama beberapa detik. Uji positif dapat dilihat melalui adanya pembentukan buih selama kurang dari 10 menit.

d. Uji Steroid dan Triterpenoid

Ekstrak daun tampoi diambil sebanyak 1 mL dan ditambahkan dengan 2 mL kloroform, 10 tetes asetat anhidrat, serta 3 tetes asam sulfat pekat. Uji positif senyawa steroid ditunjukkan dengan terbentuknya larutan berwarna biru. Sedangkan, uji positif triterpenoid ditunjukkan dengan perubahan warna larutan menjadi merah jingga atau ungu.

e. Uji Tanin

Ekstrak daun tampoi diambil sebanyak 1 mL dan ditambahkan dengan larutan FeCl_3 5%. Uji positif tanin ditunjukkan dengan adanya larutan berwarna ungu atau hitam pekat.

Pengujian Aktivitas Antioksidan dengan Menggunakan Metode DPPH (2,2- diphenyl-1-picrihidrazyl)

a. Pengukuran Absorbansi Larutan Sampel Menggunakan Microplate reader

Sampel uji disiapkan dengan cara mencampurkan ekstrak kental daun tampoi dengan masing-masing pelarut hingga konsentrasinya 1000 mg/L. Kemudian, larutan sampel 1000 mg/L dimasukkan sebanyak 100 mL ke sumur A di *96-well plate*, dan diencerkan dengan metode *Two fold dilution* menjadi 500 mg/L (sumur B), 250 mg/L (sumur C), 125 mg/L (sumur D), 72,5 mg/L (sumur E) dan 31,25 mg/L (sumur F). Pada sumur G dan H, metanol ditambahkan sebanyak 100 μL . DPPH 80 mg/L sebanyak 80 μL ditambahkan pada sumur A hingga Sumur G. Proses inkubasi dilakukan selama 30 menit pada suhu ruang. Setelah inkubasi, dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 520 nm menggunakan *mikroplate reader*.

b. Penentuan Kekuatan Aktivitas Antioksidan

Daya antioksidan dinyatakan sebagai persentase inhibisi dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

Nilai IC_{50} masing-masing sampel dihitung menggunakan rumus persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$y = a \ln x + b$$

$$\text{IC}_{50} = \exp(\ln x)$$

Kriteria kekuatan antioksidan suatu senyawa didasarkan pada nilai IC_{50} , dengan kriteria sangat kuat (kurang dari 50 mg/L), kuat (50-100 mg/L), sedang (100-150 mg/L), dan lemah (di atas 200 mg/L) (Molyneux, 2004).

Analisis Data

Hasil uji fitokimia dan aktivitas antioksidan dianalisis secara deskriptif dengan menyajikan data berupa tabel hasil fitokimia daun tampoi muda dan tua. Aktivitas antioksidan dianalisis secara deskriptif dengan data berupa tabel persentase penghambatan dan IC_{50} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji fitokimia dilakukan pada ekstrak daun tampoi muda dan tua terhadap senyawa flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, triterpenoid dan steroid. Hasil pengujian fitokimia ekstrak daun tampoi muda dan tua disajikan pada Tabel 1.

Keenam jenis pelarut yang digunakan mampu mengekstraksi senyawa alkaloid dari daun muda dan tua. Pelarut polar yang digunakan yaitu etanol 70%, metanol 70%, dan air lebih efektif mengekstraksi senyawa alkaloid dibandingkan pelarut non polar (*n*-heksana, kloroform, toluena). Pada uji alkaloid, daun tampoi muda memiliki warna jingga yang lebih pekat dibandingkan daun tua. Berdasarkan kepekatan warna dapat diduga daun tampoi muda memiliki kandungan senyawa alkaloid lebih banyak dibandingkan daun tampoi tua.

Hasil positif uji flavonoid hanya ditemukan pada ekstrak dengan pelarut kloroform, air, etanol 70%, dan metanol 70%. Berdasarkan kepekatan warna pelarut yang efektif mengekstrak flavonoid adalah etanol 70%. Hasil ini menunjukkan bahwa pelarut etanol 70% mampu mengekstraksi senyawa flavonoid lebih banyak dibandingkan dengan pelarut kloroform, metanol 70% dan air. Riwanti *et al.* (2020) menyatakan, terdapat gugus OH dalam etanol berikatan dengan OH dari senyawa flavonoid membentuk ikatan hidrogen menyebabkan kelarutan senyawa flavonoid

meningkat. Hasil positif uji flavonoid dengan pelarut etanol 70% hanya didapatkan pada daun tua. Hasil ini menunjukkan kecenderungan bahwa daun tampoi tua memiliki flavonoid lebih banyak dibandingkan daun muda. Hasil yang berbeda ditunjukkan pada penelitian oleh Izzreen dan Fadzelly (2013) terhadap daun teh (*Camellia sinensis*). Kandungan flavonoid daun teh muda lebih tinggi dibandingkan daun tua.

Keenam jenis pelarut yang digunakan mampu mengekstraksi senyawa saponin dari daun muda dan tua. Berdasarkan banyaknya buih yang dihasilkan pelarut metanol 70% lebih efektif dalam mengekstraksi saponin. Hasil ini menunjukkan pelarut metanol 70% dapat mengekstraksi senyawa saponin lebih banyak dibandingkan dengan pelarut *n*-heksana, kloroform, toluena, air, dan etanol 70%. Hasil tersebut ditemukan baik pada daun muda atau tua. Hal ini menunjukkan bahwa daun tampoi muda dan tua memiliki kandungan senyawa saponin yang sama. Hal ini mungkin disebabkan sampel daun tua dan muda yang digunakan dalam penelitian tidak berbeda tingkat kematangannya. Daun muda terletak pada posisi 1-3 dan daun tua pada posisi 4-6. Menurut Achakzai *et al.* (2009), kandungan senyawa saponin yang terdapat di daun muda jauh lebih tinggi dibandingkan daun tua. Kandungan saponin daun muda akan menurun seiring bertambahnya tingkat kematangan daun.

Tabel 1. Hasil Uji Fitokimia Daun Tampoi Muda dan Tua dengan Pelarut Polar dan non- Polar

Senyawa metabolit sekunder	Umur daun	Jenis Pelarut					
		N-Heksana	Kloroform	Toluene	Air	Etanol (70%)	Metanol (70%)
Alkaloid	Muda	+	+	+	+	+++	++
	Tua	+	++	+	+	-	++
Flavonoid	Muda	-	++	-	+	-	++
	Tua	-	+	-	+	+++	++
Saponin	Muda	+	++	+	+	+	++
	Tua	-	+	+	+	+	++
Tanin	Muda	-	+	+	++	++	+
	Tua	-	++	+	+	+	++
Steroid	Muda	-	+	-	-	-	-
	Tua	-	++	-	-	-	-
Triterpenoid	Muda	-	-	-	+	++	+++
	Tua	-	-	-	+	+++	+++

Keterangan: - = negatif; + = positif; + = kurang pekat; ++ = pekat; +++ = sangat pekat.

Senyawa tanin dapat diekstraksi dengan semua pelarut yang digunakan kecuali *n*-heksana. Uji tanin pada ekstrak daun muda dan tua dengan pelarut polar (air, etanol 70% dan metanol 70%) menunjukkan hasil uji positif. Hasil positif ditunjukkan dengan reaksi berwarna hijau kehitaman hingga hitam. Hasil uji positif tanin juga ditunjukkan oleh ekstraksi dengan pelarut non polar yaitu kloroform dan toluena. Hasil positif ditunjukkan dengan reaksi berwarna hitam. Menurut Berutu (2017), hasil uji positif tanin dapat dilihat dari perubahan warna larutan setelah ditambahkan larutan FeCl_3 yang berikatan dengan salah satu gugus hidroksil pada senyawa tanin. Penambahan FeCl_3 akan membentuk warna hijau kehitaman akibat kondensasi tanin.

Uji steroid pada ekstrak daun muda dan tua dengan pelarut polar air, etanol 70% dan metanol 70% menunjukkan hasil negatif. Berarti pelarut etanol 70%, metanol 70%, dan air tidak dapat mengekstraksi senyawa steroid baik pada daun tampoi muda atau tua. Hal ini dapat dilihat dari tidak terbentuknya larutan berwarna biru pada hasil reaksi. Uji positif steroid ditunjukkan oleh daun tampoi tua dan muda yang diekstraksi dengan pelarut kloroform. Kloroform merupakan pelarut yang bersifat non polar. Hal ini menunjukkan bahwa steroid hanya dapat diekstraksi oleh pelarut non polar. Menurut Harbone (1987), steroid dapat berbentuk glikosida yang terdiri dari gula dan aglikon. Steroid akan terekstraksi pada pelarut yang memiliki sifat sama dengan aglikonnya. Steroid pada aglikon yang sifatnya nonpolar menyebabkan steroid dapat larut dalam pelarut nonpolar, seperti etil asetat dan *n*-heksana (Purwatesna 2012).

Uji triterpenoid pada daun tampoi tua dan muda menunjukkan hasil uji positif pada pelarut polar (air, etanol 70% dan metanol 70%) dan negatif pada pelarut non polar (*n*-heksana, kloroform, toluena). Hasil uji positif ditunjukkan dengan hasil reaksi berwarna jingga dan merah bata. Senyawa triterpenoid bersifat non polar. Pada penelitian ini senyawa triterpenoid dapat diekstraksi oleh pelarut polar. Menurut Effendy (2006), gaya antarmolekul yang terjadi akan menyebabkan terbentuknya gaya dipol-dipol induksian dan ikatan hidrogen. Gaya yang terbentuk menyebabkan senyawa triterpenoid yang memiliki sifat nonpolar dapat larut dalam pelarut polar.

Ekstrak daun tampoi muda dan tua dengan pelarut polar diketahui memiliki aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan daun tampoi muda dan tua yang diekstraksi menggunakan pelarut polar etanol 70% dan metanol 70%

memiliki nilai IC_{50} yang tergolong sangat kuat, karena memiliki nilai $\text{IC}_{50} < 50$ mg/L. Daun tampoi muda yang diekstraksi dengan pelarut air memiliki nilai IC_{50} 16,33 mg/L yang tergolong sangat kuat, sedangkan daun tampoi tua yang diekstraksi dengan pelarut air memiliki nilai IC_{50} 56,29 mg/L yang tergolong kuat karena berada pada range 50-100 mg/L.

Pada ekstraksi dengan pelarut non polar menghasilkan nilai aktivitas antioksidan yang sangat lemah, kecuali pada daun muda yang diekstraksi dengan pelarut kloroform. Pelarut kloroform pada daun muda memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat dengan nilai IC_{50} 18,62 mg/L. Sedangkan, pada daun tua memiliki aktivitas antioksidan yang sangat lemah dengan nilai IC_{50} 232,97 mg/L. Daun muda dan tua yang diekstraksi dengan menggunakan pelarut *n*-heksana dan toluena memiliki nilai $\text{IC}_{50} > 1000$ mg/L yang menandakan aktivitas antioksidannya sangat lemah. Hal ini dapat dilihat dari persentase penghambatannya pada konsentrasi maksimal yaitu 1000 mg/L, ekstrak belum mampu mengambat radikal bebas sebesar 50%.

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, daun tampoi muda memiliki aktivitas antioksidan yang relatif lebih kuat dibandingkan daun tua. Hal ini berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada daun tampoi. Daun tampoi muda mengandung lebih banyak senyawa alkaloid, flavonoid, dan saponin. Saponin dan flavonoid merupakan senyawa yang memiliki potensi sebagai antioksidan. Saponin dapat mencegah kerusakan biomolekular oleh radikal bebas (Ali, 2012). Sedangkan, flavonoid yang tergolong senyawa polifenol mampu menyumbangkan atom hidrogen kepada senyawa radikal bebas, sehingga terjadi keseimbangan (Yuhernita dan Juniarti, 2011). Benhammou *et al.* (2013) menyatakan bahwa selain senyawa fenol dan flavonoid, alkaloid juga merupakan senyawa yang bersifat antioksidan.

Pelarut yang lebih efektif dalam mengekstraksi daun tampoi adalah metanol 70%. Pelarut metanol 70% memiliki aktivitas antioksidan yang paling kuat dengan nilai IC_{50} paling kecil dibandingkan kelima pelarut lainnya. Jika dilihat dari kandungan metabolit sekundernya, pelarut metanol 70% mampu mengekstraksi hampir semua senyawa metabolit sekunder yang diuji, yaitu alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan triterpenoid. % inhibisi ekstrak dengan pelarut metanol 70% pada konsentrasi 15,625 dapat menghambat radikal bebas lebih besar dibandingkan dengan kelima pelarut lainnya.

Tabel 2 Hasil uji aktivitas antioksidan daun tampoi muda dan tua dengan pelarut polar dan non polar

Sampel	Konsentrasi (ppm)	%Inhibisi	IC50 (ppm)	Keterangan
Daun Muda (Etanol 70%)	500	96,19	14,86	Sangat Kuat
	125	93,72		
	62,5	92,41		
	31,25	63,17		
	15,625	35,86		
Daun Tua (Etanol 70%)	500	95,03	20,90	Sangat Kuat
	250	94,62		
	125	91,93		
	62,5	90,14		
	31,25	55,93		
Daun Muda (Metanol 70%)	500	94,98	4,38	Sangat Kuat
	250	92,29		
	125	92,85		
	62,5	92,78		
	31,25	80,47		
Daun Tua (Metanol 70%)	500	97,74	16,79	Sangat Kuat
	250	97,81		
	125	97,46		
	62,5	64,22		
	31,25	37,97		
Daun Muda (Air)	500	98,79	16,33	Sangat Kuat
	250	98,00		
	125	96,65		
	62,5	66,41		
	31,25	38,16		
Daun Tua (Air)	500	91,79	56,29	Kuat
	250	79,38		
	125	49,03		
	62,5	29,03		
	31,25	16,00		
Daun Muda (Toluena)	1000	22,71	>1000	Sangat lemah
	500	10,66		
	250	6,93		
	125	7,48		
	62,5	4,99		
Daun Tua (Toluena)	1000	18,87	>1000	Sangat lemah
	500	13,10		
	250	4,65		
	125	5,21		
	62,5	0,28		
Daun Muda (Kloroform)	1000	56,00	18,62	Sangat kuat
	500	79,57		
	250	84,29		
	125	88,29		
	62,5	83,14		
Daun Tua (Kloroform)	1000	68,35	232,97	Sangat lemah
	500	71,87		
	250	49,51		
	125	33,33		
	62,5	16,32		
Daun Muda (N-heksana)	1000	25,80	> 1000	Sangat lemah
	500	8,40		
	250	6,72		
	125	1,98		
	62,5	10,08		
Daun Tua (N-heksana)	1000	35,82	> 1000	Sangat lemah
	500	19,20		
	250	14,33		
	125	12,03		
	62,5	3,01		
	31,25	3,58		

KESIMPULAN

Daun tampoi mengandung jenis senyawa metabolit sekunder yaitu flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, triterpenoid, dan steroid. Daun tampoi muda memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan daun tua. Pelarut yang paling efektif untuk mengekstraksi senyawa metabolit sekunder daun tampoi adalah metanol 70%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau yang telah memberikan dana penelitian melalui program DIPA PNPB FMIPA, Universitas Riau, tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Achakzai., A.K.K., Achakzai, P., Masood, A., Kayani, S.A., & Tareen, R.B. (2009). Respon of Plant Parts and Age on The Distribution of Secondary Metabolites on Plants Found in Quetta. *J. Bot*, 41(5), 2129-2135
- Hasan, H.A., Raauf, A.M.R., Razik, B.M.A., & Hassan, B.A.R. (2012). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Crude Extracts Isolated from Zingiber Officinale by Different Solvents. *Pharm. Anal. Acta*, 3(9).
- Benhammou, N., Ghambaza, N., Benabdelkader, S., Bekkara, F.A., & Panovska, T.K. (2013). Phytochemicals and Antioxidant Properties of Extracts from The Root and Stems of Anabasis Articulata. *International Food Research Journal*, 20(5), 2057-2063
- Berutu, R. (2017). *Uji Skrining Fitokimia, Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Metanol Daun Benalu Mengkudu (Dendrophthoe pentandra (L.) Miq.) (Skripsi)*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia
- Effendy. (2006). *Ikatan Kimia dan Kimia Anorganik Teori VSEPR Kepolaran dan Gaya Antar Molekul*. Malang: Banyumedia Publishing
- Febryana, S.F.A. (2020). Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Jambu Biji Ungu (*Psidium guajava* L.) Menggunakan Pelarut Yang Berbeda (Skripsi). Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang, Indonesia
- Day, D., Erwin., Astuti, W. (2018). Uji toksisitas dengan metode BSLT ekstrak kasar kulit batang tampoi (*Baccaurea macrocarpa*). *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2018* (hlm. 27-30). FMIPA, Universitas Mulawarman
- Gritter, R.J., Robbit, J.M., & Schwarting, A.E. (1991). *Pengantar Kromatografi Edisi Kedua. Terjemahan Kokasih Padmawinata*. Bandung: ITB Press
- Haegens R. (2000). Taxonomy, Phylogeny, and Biogeography of *Baccaurea*, *Distichirhops*, and *Nothobaccaurea* (Euphorbiaceae). *Journal of Plant Taxonomy and Plant Geography*, 12(1), 1-218
- Harborne, J.B. (1987). *Metode Fitokimia Penentuan Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: ITB
- Izzreen, N.Q., Fadzelly, M. (2013). Phytochemicals and Antioxidant Properties of Different Parts of *Camellia sinensis* leaves from Sabah Tea Plantation in Sabah, Malaysia. *IFJR*, 20(1), 307-312
- Molyneux, P. (2004). The Use of The Stable Free Radical 2-2-diphenil-2-pikrilhidrazin (DPPH) for Esstimating Antioxidant Activity. *J Sci Technol*, 26(2), 211-219
- Ningdyah, AW., Andi, HA., Afghani, J. (2015). Uji Toksisitas dengan Metode BSLT (Brine Shrimp Lethality Test) Terhadap Hasil Fraksinasi Ekstrak Kulit Buah Tampoi (*Baccaurea macrocarpa*). *JKK*, 4(1), 75-83
- Novitaria, Alimuddin, A.H., & Lia, D. (2016). Isolasi dan Karakterisasi Golongan Senyawa Fenolik dari Kulit Batang Tampoi (*Baccaurea macrocarpa*) dan Uji Aktivitas Antioksidan. *JKK*, 5(2), 27-32

- Purwatresna, E. (2012). *Aktivitas Antidiabetes Ekstrak Air Dan Etanol Daun Sirsak Secara In Vitro Melalui Inhibisi Enzim A-Glukosidase* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Riwanti, P., Izazih, F., Amaliyah. (2020). Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Etanol pada Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol 50,70 dan 96% *Sargassum polycystum* dari Madura. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*, 2(2), 82-95
- Sarastani, D, Soekarto, S.T., Muchtadi, T.R., Fardiaz, D., & Apriyantono, A. (2002). Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Fraksi Ekstrak Biji Atung. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 13 (2), 149-156
- Tarsia, M, Sarah, U.Z., Desna, T.R, Ulfatur, R, Rahmadani F. (2021). *Tampoi Herbal Gel Penyembuh Luka: Produk Unggul Kombinasi VCO dan Buah Tampoi*. Universitas Riau. Pekanbaru
- Warsidah, E.T.N.I., & Jayuska, A. (2013). Analisa Proksimat, Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Pada Buah Tampoi (*Baccaurea macrocarpa*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 2 (1), 42-45.
- Yuhernita dan Juniarti. (2011). Analisis Senyawa Metabolit Sekunder Dari Ekstrak Metanol Daun Surian Yang Berpotensi Sebagai Antioksidan. *Makara Sains*, 15(1), 1



DIVERSITY OF ENDOPHYTIC FUNGI FROM LIME PLANTS (*Citrus aurantifolia*, Swingle)

Riza Umami, Ummi Hiras Habisukan*, Kurratul A'ini
Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 07 Feb 2023,

Revised 24 Apr 2021,

Accepted 11 Jul 2023,

Available online 30 Jul 2023

Keywords:

- ✓ endophytic fungi
- ✓ lime
- ✓ microorganisms
- ✓ isolation
- ✓ identification

*corresponding author:

ummihirashabisukan@radenfatah.ac.id

Phone: +62822 8009 4028

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.500>

Lime (Citrus aurantifolia, Swingle) is a plant with medicinal properties. This plant is needed on a large scale to produce biomass. Medicinal plants with decreasing numbers and populations can be developed through scientific technology by isolating endophytic fungi. Endophytic fungi are microorganisms that are found in plant tissues without causing damage to their host plants. This study uses the exploratory method, namely searching and finding. The purpose of this study was to identify endophytic fungi in lime plants. The study's results obtained ten isolates of endophytic fungi from different plant organs (leaves, stems, bark, roots, fruits). Endophytic fungi were identified through macroscopic and microscopic characteristics and then compared with an identification book of endophytic fungi. Eight genera were found, including Beltrania and Nigrospora on leaves, Fusarium and Chaetomium on fruit, Pythium on stems and bark, Paecilomyces on bark, Mucor and Mortierella on roots.

ABSTRAK

Diversitas Fungi Endofit Dari Tanaman Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*, Swingle)

Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*, Swingle) merupakan tanaman yang mempunyai khasiat obat. Tanaman ini diperlukan skala besar untuk menghasilkan biomassa. Tanaman obat yang jumlah dan juga populasinya semakin sedikit dapat dikembangkan melalui teknologi sains dengan cara mengisolasi fungi endofit. Fungi endofit adalah mikroorganisme yang terdapat di dalam jaringan tumbuhan tanpa menimbulkan kerusakan pada tanaman inangnya. Penelitian ini menggunakan metode eksplorasi, yaitu mencari dan menemukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jamur endofit yang berada pada tanaman jeruk nipis. Hasil penelitian mendapatkan sepuluh isolat fungi endofit dari organ yang berbeda (daun, batang, kulit batang, akar, buah) tanaman. Fungi endofit diidentifikasi melalui ciri makroskopis dan mikroskopis lalu dibandingkan dengan buku identifikasi jamur endofit. Hasil penelitian ini ditemukan 8 genus diantaranya *Beltrania* dan *Nigrospora* pada daun, *Fusarium* dan *Chaetomium* pada buah, *Pythium* pada batang dan kulit batang, *Paecilomyces* pada kulit batang, *Mucor* dan *Mortierella* pada akar.

Kata kunci: fungi endofit; jeruk nipis; mikroorganisme; isolasi; identifikasi.

PENDAHULUAN

Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*, Swingle) merupakan tanaman poliembrionik yang banyak tumbuh di berbagai negara di dunia dan tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Kulit buah jeruk nipis mempunyai aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ sebesar 54,458 µg/ml dan vitamin C sebesar 4,768 µg/ml. Senyawa aktif yang terkandung dalam kulit buah jeruk nipis yang berkhasiat sebagai antioksidan adalah golongan flavonoid dan vitamin C (Khasanah *et al.*, 2014).

Kegunaan tanaman herbal sangat banyak termasuk jeruk nipis, tanaman ini diperlukan

skala besar untuk menghasilkan biomassa yang tinggi, sehingga peneliti menggunakan biomassa fungi endofit sebagai alternatifnya. Fungi endofit tumbuh tanpa merusak inangnya karena terjadi transfer genetik antara tumbuhan dan fungi, sehingga fungi endofit dan inangnya menghasilkan senyawa sekunder yang serupa (Kumar *et al.*, 2013). Isolasi fungi endofit pada tanaman obat merupakan solusi yang baik bagi lingkungan (Mardiyah, 2017). Manfaat fungi endofit dalam dunia kesehatan adalah senyawa bioaktif dari mikroorganisme yang dapat digunakan secara luas sebagai antibakteri, antivirus, antikanker, antioksidan, dan



antidiabetes. Hal ini menunjukkan bahwa fungi endofit menjadi sumber antibiotik baru yang menjanjikan untuk mengatasi masalah patogen dan penyakit di dunia kesehatan. Fungi endofit tumbuh di ruang antar sel, korteks, epidermis, endodermis dan ikatan pembuluh jaringan tanaman, serta di dalam sel (simplas) (Singh, 2020).

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah gunting, pisau steril, *hot plate*, timbangan digital, autoklaf, oven, inkubator, cawan petri, jarum ose, bunsen, erlenmeyer, gelas beaker, tusuk gigi, *laminar air flow* (LAF), corong, pembakar bunsen, *wrapping*, aluminium foil, pinset, kapas, kasa, kertas label dan penggaris. Buku yang digunakan untuk identifikasi adalah *Larone's Medically Important Fungi* dan *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi*, buku *Medicinally Important Fungi* (Walsh *et al.*, 2018).

Bahan yang digunakan fungi endofit tanaman jeruk nipis (dari organ daun, batang, kulit batang, akar, dan buah), alkohol 70%, metanol, aquadest, *Potato Dextrose Agar* (PDA) MERCK, *Bayclin* dan kloramfenikol.

Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian yang menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif (Sidiq & Choiri, 2019). Metode yang digunakan adalah eksplorasi dengan cara mengisolasi dan mengidentifikasi jamur endofit dari organ tanaman jeruk. Sampel yang digunakan adalah organ tanaman jeruk nipis yaitu daun, batang, kulit batang, akar, dan buah (Putri, 2017).

Pengambilan sampel

Sampel tanaman jeruk nipis diperoleh dari kota Palembang, Sumatera Selatan. Sampel daun, buah, batang, kulit batang, dan akar yang segar dan sehat segera dibawa ke Laboratorium Terpadu UIN Raden Fatah Palembang. Sampel daun menggunakan 2 helai daun tua yang berwarna hijau pekat. Batang yang digunakan adalah batang muda berwarna hijau kecoklatan. Akar yang diambil adalah dari ujung akar sampai dengan pusat pohon. Buah yang digunakan adalah buah setengah matang (mengkal), agar tidak mudah rusak pada saat proses penelitian berlangsung.

Sterilisasi Alat

Sterilisasi alat menggunakan autoklaf dengan cara cawan petri disusun kedalam keranjang, dimasukan pula erlenmeyer yang berisi media PDA ke dalam keranjang. Kemudian, air suling ditambahkan ke dalam autoklaf sampai ketinggian air hingga tanda batas. Waktu yang digunakan untuk sterilisasi alat adalah 15 menit pada suhu 121°C dengan tekanan 15 *psi* (*per square inci*). Setelah selesai sterilisasi, alat dan media selama 60 menit dibiarkan hingga uap berkurang, jika suhu mencapai 80°C, kunci pada penutup autoklaf dapat dibuka.

Pembuatan Media

Media PDA ditimbang sebanyak 2,87 g dimasukan kedalam erlenmeyer dan dilarutkan dengan 330 mL aquades, serta ditambahkan klaramfenikol. Larutan dipanaskan diatas *hotplate* pada suhu 36°C-37°C, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen, dan disterilkan didalam autoklaf (suhu 121°C selama 15 menit, tekanan 1 atm).

Isolasi dan Pemurnian

Langkah-langkah isolasi fungi endofit dari bagian tanaman jeruk nipis adalah daun, akar, kulit batang, batang, dan buah di potong kira-kira 1 cm. Organ tanaman yang dipotong, dimasukan kedalam alkohol 70% selama 1 menit, natrium hipoklorit 2% selama 1 menit. Untuk menghilangkan natrium direndam dalam aquadest selama 30 detik. Sampel ditanam pada cawan petri yang sudah diberi media PDA dan diinkubasi pada suhu 27°C selama 1 sampai 3 x 24 jam.

Pemurnian bertujuan untuk mengisolasi fungi endofit dengan mengamati perubahan morfologi koloni. Isolat dimurnikan dengan mengumpulkan sedikit sampel yang tumbuh dengan jarum ose atau dengan memindahkan beberapa fungi ke media PDA yang baru secara aseptik. Hal ini juga dilakukan pada isolat fungi yang secara makroskopis menunjukkan morfologi koloni, dilakukan inkubasi selama 3-7 hari hingga diperoleh biakan murni. Proses pemurnian dilakukan duplo sebagai *stock culture*. *Stock culture* diinkubasi selama 3-7 hari dan disimpan pada suhu 4°C sebagai cadangan (Suhartina & Kandou., 2018).

Identifikasi Fungi Endofit

Fungi endofit diidentifikasi secara mikroskopis dan makroskopis dengan mengamati koloni dan morfologinya. Identifikasi

makroskopis dilakukan dengan mengamati permukaan koloni dan balik koloni, meliputi warna koloni, bentuk koloni pada cawan petri (konsentris dan nonsentrik), struktur koloni, dan pertumbuhan koloni (cm/hari). Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan metode *slide culture* dan diamati dibawah mikroskop (Wulandari, 2014). Adapun langkah *slide culture* adalah media PDA ukuran 1x1 cm diletakkan di atas kaca objek steril. Selanjutnya, isolat fungi endofit yang sudah dimurnikan, ditanam menggunakan jarum ose dengan cara digoreskan pada media PDA, ditutup bagian atas *slide culture* dengan *coverglass* secara perlahan, diinkubasi selama 3-7 hari pada suhu 20°C-25°C untuk selanjutnya dilakukan pengamatan secara mikroskopis dibawah mikroskop yang berisi jenis spora, diantaranya konidia (oval, bulat, tidak beraturan), sporangiospora dan blatospora. Kemudian dilihat dari hifa bersepta ataupun tidak, pertumbuhan hifa, warna hifa, sampai dengan rizoid (akar) (Putri, 2017).

Teknik Analisis Data Hasil Isolasi dan Identifikasi

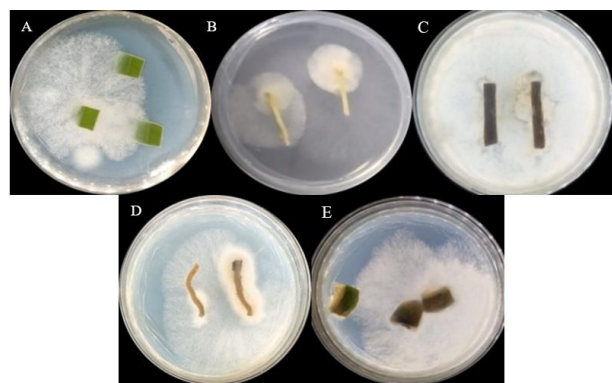
Teknik analisis data menggunakan deskriptif kualitatif, isolat fungi diidentifikasi morfologinya. Hasil dari pengamatan makroskopis dan mikroskopis dilampirkan dalam bentuk tabel dan gambar (dokumentasi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini diperoleh 10 isolat fungi endofit yang diisolasi dari berbagai organ tanaman jeruk nipis yaitu daun, batang, kulit batang, akar dan buah. Setelah lima sampel ditanam pada media PDA (satu sampel ditanam pada 2 media PDA) dan menghasilkan 10 isolat fungi endofit. Dalam satu isolat terdapat satu genus fungi endofit yang tumbuh. Pertumbuhan isolat jamur endofit ditandai dengan munculnya hifa di sekitar jaringan tanaman yang dipotong (Gambar 1). Koloni isolat jamur memiliki kenampakan yang berbeda. Pertumbuhan hifa masih terlihat pada sampel dengan dominasi koloni putih dan pigmentasi kuning pada sampel daun, batang dan kulit kayu, serta semburat hijau pada sampel buah dan akar.

Sampel pertama adalah isolat dengan kode CTD 1 merupakan jamur *Beltrania* dengan ciri makroskopis yaitu permukaan koloni ujungnya berwarna putih dan coklat kehijauan di bagian tengah, warna sebalik koloni putih, dengan tekstur

koloni seperti kapas. Pengamatan mikroskopisnya adalah jenis spora konidia simpodulospora yang mengandung 3-4 konidia, hifa bersepta, konidiofor coklat pucat. Isolat kedua CTD 2, diperoleh dari organ daun. Setelah pengamatan makroskopis dan mikroskopis, diidentifikasi sebagai genus terisolasi dari *Nigrospora*. Isolat CTD 2 memiliki ciri makroskopis berwarna abu-abu tua dan sebalik koloni berwarna abu kehitaman. Di bawah mikroskop, terlihat konidiofor bulat sederhana dengan konidia apikal sederhana. Konidia aleurioporous, berwarna hitam, dan hifanya bersepta (Watanabe, 2010). *Nigrospora* banyak ditemukan pada daun (Gemsih *et al.*, 2017).



Gambar 1. Koloni Fungi Endofit Mulai Muncul Setelah Hari ke-3 di Sekitar Masing-masing Organ *Citrus aurantifolia*; A) Daun; B) Batang; C) Kulit Batang; D) Akar; E) Buah.

Berdasarkan sifat makroskopis dan mikroskopis, isolat CTBA 1 dan CTBU 1 termasuk dalam genus *Fusarium*. Ciri makroskopisnya adalah permukaan atas koloni berwarna putih dengan sedikit warna oranye dan koloni sebalik berwarna keputihan, dengan tekstur seperti kapas dan tidak ada lingkaran konsentris (Fathoni & Radiastuti., 2017). Ciri-ciri mikroskopisnya adalah konidiofor sederhana, jarang bercabang secara apikal untuk membentuk sporodok. Makrokonidia hialin, sangat ramping dan berbentuk bulan sabit, memiliki hifa bersepta (Andre dan cahyono, 2016). Genus *Fusarium* dapat berkembang di kelembaban udara 84% (Rahayu, 2015).

Isolat CTBA 2 dan CTKBA 1 tergolong ke dalam *Pythium*. Ciri-ciri makroskopis *Pythium* yaitu memiliki permukaan koloni berwarna coklat keabu-abuan dan sebalik koloni berwarna putih, tekstur seperti kapas, halus dan tersebar di seluruh permukaan cawan petri. Ciri-ciri mikroskopis

konidia adalah bulat, padat dengan hifa dan spora di tengahnya, dengan dinding halus dan hifanya bersepta. Genus ini melimpah pada tanaman dengan iklim hangat, lembab dan termasuk dalam ordo *Mastigomycota* (Andre & Cahyono, 2016). *Phytium* berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah karena cendawan ini dapat hidup secara saprofit pada tanah yang lembab. *Pythium* menyerap banyak bahan dalam bentuk sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya.

Isolat selanjutnya adalah isolat berkode CTKBA 2, isolat ini termasuk dalam genus *Paecilomyces* karena memiliki ciri permukaan koloni berwarna putih keabuan dan sebaliknya koloni putih keabuan. Ciri makroskopisnya adalah miselium memiliki tekstur seperti *cottony* (kapas) dan tidak memiliki lingkaran konsentris. Awalnya, koloni jamur berwarna putih saat sporulasi (pembentukan spora) berubah menjadi abu-abu. Hifa *Paecilomyces* bersepta, konidia membulat, dan konidiofor bercabang membentuk pialida (Watanabe, 2010).

Genus *Mucor* adalah jamur endofit yang mempengaruhi banyak tumbuhan tingkat tinggi (parasit) dan sifatnya cukup kosmopolitan. *Mucor* hidup sebagai saprofit pada sisa-sisa tumbuhan dan hewan, sebagian besar berupa kotoran dan roti yang membusuk. Sporangium pecah, membentuk spora kecil, dan bereproduksi secara seksual, dan ini terjadi melalui gametangia (Alviolita *et al.*, 2017). Isolat CTA 1 memiliki permukaan koloni berwarna putih dan putih krem di sebaliknya koloni, tekstur kapas dan tidak ada lingkaran konsentris. Ciri-ciri mikroskopisnya adalah konidia bulat sempurna, spora tumbuh di semua bagian miselium. Sporangiofor sederhana dan hifa tidak bersepta (*asepta*), bercabang dan sederhana.

Secara mikroskopis, *Mucor* memiliki stolon tetapi tidak memiliki rizoid dan tidak memiliki sporangiofor pendek.

Selanjutnya, fungi dari genus *Mortierella* juga ditemukan pada isolat CTA 2. Ciri makroskopisnya adalah memiliki permukaan koloni berwarna putih kekuningan dan sebaliknya koloni berwarna kuning tua, berbulu (*wooly*) dan tidak memiliki lingkaran konsentris. Ciri-ciri mikroskopis adalah spora hialin, tegak, berangsur-angsur meruncing ke puncak, sederhana dan bercabang di bawah. Konidia berwarna coklat kekuningan, besar dan banyak terdapat pada protoplas, hifa bersepta (Ramadhani, 2017).

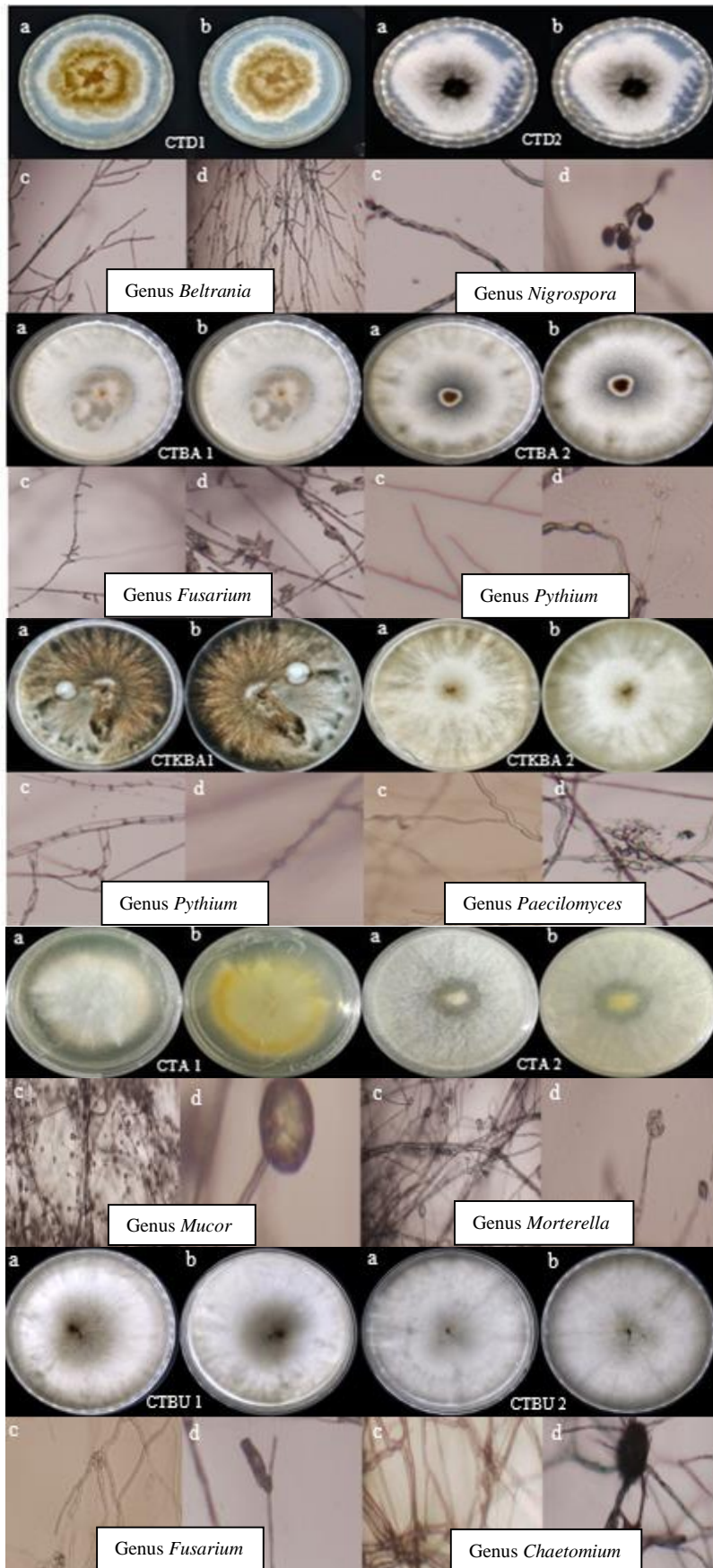
Isolat dengan kode CTBU2 merupakan jamur *Chaetomium*. Jamur ini tumbuh dengan cepat, jamur tampak halus, pada awalnya berwarna putih, dengan permukaan koloni yang lebih tua berubah menjadi abu-abu dan coklat, dan warna sebaliknya koloni adalah putih keabuan. Di bawah mikroskop, *Chaetomium* memiliki askospora kecil berwarna cokelat muda, "oranye/seperti lemon" atau bulat. Hifa genus *Chaetomium* ini bersepta. Spora yang terbentuk dilepaskan ke luar dan disebarkan oleh angin, serangga, dan aliran air (Suada, 2017).

Fungi endofit hampir ada pada semua organ tanaman, mulai dari daun, batang, dan akar (Herlina, 2017). Keragaman jenis fungi endofit dipengaruhi oleh kondisi tanaman. Pada tanaman jeruk nipis ini banyak ditemukan keanekaragaman fungi endofit yang bisa bermanfaat bagi dunia kesehatan, karena jeruk nipis merupakan tanaman obat yang memiliki berbagai manfaat (Prasetyoputri & Ines, 2006).

Tabel 1. Karakteristik Makroskopik Fungi Endofit Diisolasi dari Organ Tanaman Jeruk Nipis.

No	Isolat	Warna Koloni	Warna Balik Koloni	Tekstur	Topografi	Lingkaran Konsentris	Genus
G	CTD1	Coklat Kekuningan	Putih	kapas	Zonate	-	<i>Beltrania</i>
2	CTD2	Abu kehitaman	Abu kehitaman	kapas	Zonate	-	<i>Nigrospora</i>
3	CTBA1	Putih Keorangean	Putih keabuan	kapas	Zonate	-	<i>Fusarium</i>
4	CTBA2	Abu kecoklatan	Putih	kapas	Zonate	-	<i>Pythium</i>
5	CTKBA1	Hitam Coklat	Coklat	kapas	Zonate	-	<i>Pythium</i>
6	CTKBA2	Putih Keabuan	Putih keabuan	kapas	Zonate	-	<i>Paecilomyces</i>
7	CTA1	Putih	Putih ke krem an	kapas	Zonate	-	<i>Mucor</i>
8	CTA2	Putih kekuningan	Kuning pekat	Wol	Zonate	-	<i>Mortierella</i>
9	CTBU1	Hijau kehitaman	Putih keabuan	kapas	Zonate	-	<i>Fusarium</i>
10	CTBU2	Hijau kehitaman	Putih keabuan	kapas	Zonate	-	<i>Chaetomium</i>

Keterangan: (-) = Karakteristik tidak muncul; (√) = Karakteristik muncul



Gambar 2. Morfologi Fungi Endofit pada Tanaman Jeruk Nipis; a. Permukaan koloni, b. Sebalik koloni, c. Hifa, d. Spora.

Tabel 2. Karakteristik Mikroskopik Fungi Endofit Diisolasi dari Organ Tanaman Jeruk Nipis.

No	Isolat	Jenis Spora	Bentuk Spora	Hifa	Genus
1	CTD1	Konidia	Globose	Septate	<i>Beltrania</i>
2	CTD2	Konidia	Globose	Septate	<i>Nigrospora</i>
3	CTBA1	Konidia	Hialin	Septate	<i>Fusarium</i>
4	CTBA2	Klamidospora	Ellipsoidal	Septate	<i>Pythium</i>
5	CTKBA1	Klamidospora	Globose	Septate	<i>Pythium</i>
6	CTKBA2	Konidia	Ellipsoidal	Septate	<i>Paecilomyces</i>
7	CTA1	Konidia	Globose	Aseptate	<i>Mucor</i>
8	CTA2	Konidia	Hialin	Septate	<i>Mortierella</i>
9	CTBU1	Konidia	Hialin	Septate	<i>Fusarium</i>
10	CTBU2	Konidia	Subglobose	Septate	<i>Chaetomium</i>

Gambar 2 merupakan morfologi fungi endofit dari tanaman jeruk nipis, melalui pengamatan mikroskopis dengan menggunakan mikroskop *hirox*. Berdasarkan data secara keseluruhan, menghasilkan 10 isolat fungi endofit dan setelah diidentifikasi didapatkan hasil bahwa genus yang ditemukan berbeda, terdapat 8 genus diantaranya *Beltrania*, *Nigrospora*, *Fusarium*, *Pythium*, *Paecilomyces*, *Mucor*, *Mortierella*, dan *Chaetomium*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dapat terlaksana dengan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada laboran dan teknisi Laboratorium Mikrobiologi-Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alviolita, Z., Oramahi, A. H., Diba, F. (2017). Inhibition Damping Off Fungi Cause on Tusam Seed (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) With Liquid Smoke from Laban Wood (*Vitex pubescens* Vahl). *Jurnal Pertanian*, 1(1), 5–24.
- Andre, A. W. A. dan Cahyono, A. (2016). Molecular phylogeny and Taxonomy of Genus *Phytium*. *Mycological Research*, 108(12), 1363–1383.
- Gemsih, M., Djufri, & Supriatno. (2017). Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit pada Daun Jamblang (*Syzygium cumini* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Unsyiah*, 2(1), 78–89.
- Khasanah, I., Ulfah, M., & Sumantri, S. (2014). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanolik Kulit Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). *E-Publikasi Fakultas Farmasi*, 11(2), 9–17.
- Kumar, A., Deepak P., Pattuparambil, R. R., and Absar, H. (2013). Isolation, Purification and Characterization of Vinblastine and Vincristine from Endophytic Fungus *Fusarium oxysporum* Isolated from *Catharanthus roseus*. *World J Ploa One*, 8(9), 2–3.
- Mardiyah, S. (2017). Fungi Endofit Pada Berbagai Tanaman Berkhasiat Obat di Kawasan Hutan Evergreen Taman Nasional Baluran dan Potensi Pengembangan Sebagai Petunjuk Praktikum Mata Kuliah Mikologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(1), 64–71.
- Prasetyoputri, A., & Ines, A. (2006). Mikroba endofit: Sumber molekul acuan baru yang berpotensi. *BioTrends: Majalah Populer Bioteknologi*, 1(2), 13–15.
- Putri. (2017). Identifikas Isolat Bakteri Endofit A1 dan B1 dari akar tanaman Ubi Jalar (*Ipoma batatas* Var)Papua Patippi Berdasarkan Karakter Fenotipik. *Lanteria Bio*, 6(3), 62–69.
- Rahayu, L. A. (2015). Identifikasi Dan Deskripsi Fungi Penyebab Penyakit Pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.). *Universitas Islam Negeri SYariff Hidayatullah. Skripsi. Pendidikan Biologi*.
- Ramadhani, H. (2017). Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Pada Daun Jomblang (*Syzygium cumini* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Keguruan Dan Ilmu*

- Pendidikan Unsyiah*, 2(2), 2.
- Sidiq, U dan Choiri, M. (2019). Metode Penelitian Kualitatif di Bidang Pendidikan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Singh. (2020). Knowledge and Perception Towards Universal Safety Precautions During Early Phase of the COVID-19 Outbreak in Nepal. *Of Community Health*.
- Suada. (2017). Mikroba Potensial dalam Pengendalian Biologi Patogen Tumbuhan. Mengenal Mikroba Sahabat Petani. *Pelawa Sari*, 1(1), 2.
- Suhartina, Kandou F, S. M. F. (2018). Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Pada Tumbuhan Paku *Asplenium nidus*. *Jurnal Mipa UNSRAT*, 7(2), 24–28.
- Walsh, T. J., Hayden, R. T., & Larone, D. H. (2018). Larone's Medically Important Fungi. In *Larone's Medically Important Fungi*. <https://doi.org/10.1128/9781555819880>
- Watanabe. (2010). Pictorial atlas of soil and seed Fungi morphologies of cultured fungi and key to species. *CRC Press*, 5(2), 74.
- Wulandari. (2014). Identifikasi fungi endofit tanaman jeruk nipis. *Bioma*, 1(1), 23–25.



TRADE GROUP ANATOMY STRUCTURE AND USAGE OF NYATOH WOOD IN THE GENUS OF *Palaquium*

Kustin Bintani Meiganati^{1)*}, Widya Gumilar Yuldareza Harta¹⁾, Ina Lidiawati¹⁾ dan Kridianto²⁾

¹⁾Prodi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Nusa Bangsa,
Jl. KH Soleh Iskandar, Bogor, 16166, Indonesia

²⁾ Direktur Bina Pengolahan dan Pemasaran Hasil Hutan, Direktorat Jenderal PHL, KLHK,
Blok I It 11, Gd. Manggala Wanabakti, Jl. Gatot Subroto, Senayan, Jakarta, 10270, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 09 May 2023,

Revised 16 Jul 2023,

Accepted 18 Jul 2023,

Available online 30 Jul 2023

Keywords:

- ✓ Anatomical structure
- ✓ Nyatoh
- ✓ *Palaquium*
- ✓ Commercial Wood

*corresponding author:

kb1nt41n1.m31@gmail.com

Phone: +62085693948747

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.575)

[13i3.575](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.575)

ABSTRACT

Based on the classification of trade timber species based on the Decree of the Ministry of Forestry No. 163 of 2003, wood species originating from the genera *Palaquium*, *Payena*, and *Ganua/Madhuca* are categorized as Nyatoh wood. The three genera most commonly found in the Indonesian timber trade are wood from the genus *Palaquium*. The utilization of wood and its economic value can be determined by looking at the characteristics of its anatomical structure. Therefore, it is necessary to observe the anatomical structure of the genus *Palaquium* wood. Observation of the anatomical structure of wood using the book "Microscopic Characteristics for Identification of Broadleaf Wood" by the Committee of the International Association of Wood Anatomists showed that Nyatoh wood has large fiber sizes with thin walls. In addition, there are prismatic crystals in the parenchyma canals. The prismatic crystal is a latex known as gutta-percha, which can be processed into a good electrical insulator. Another use is for raw materials for pencil rods and veneer raw materials. In assessing the beauty of wood, Nyatoh wood can go up to the commercial beautiful class I, according to the trading timber group assessment system developed by the Forest Products Research and Development Center.

ABSTRAK

Struktur Anatomi Kelompok Perdagangan dan Penggunaan Kayu Nyatoh Pada Genus *Palaquium*

Berdasarkan klasifikasi jenis kayu perdagangan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan No. 163 Tahun 2003, jenis kayu yang berasal dari genus *Palaquium*, *Payena* dan *Ganua/Madhuca* termasuk kayu Nyatoh. Tiga marga yang paling banyak dijumpai dalam perdagangan kayu Indonesia adalah kayu dari genus *Palaquium*. Pemanfaatan kayu dan nilai ekonomisnya dapat diketahui dengan melihat karakteristik struktur anatominya. Oleh karena itu, perlu diperhatikan struktur anatomi kayu genus *Palaquium*. Pengamatan anatomi struktur kayu dengan menggunakan metode mikroskopik pembesaran sampai 100x, hasil pengamatan dibandingkan dengan panduan buku "Microscopic Characteristics for Identification of Broadleaf Wood" oleh International Association of Wood Anatomist (IAWA). Hasilnya kayu Nyatoh memiliki ukuran serat yang besar dengan dinding yang tipis, selain itu ada adalah kristal prisma di kanal parenkim. Kristal prisma adalah lateks yang dikenal sebagai getah perca yang dapat diolah menjadi isolator listrik yang baik. Kegunaan lain adalah untuk bahan baku batang pensil dan bahan baku veneer. Dalam menilai keindahan kayu, kayu Nyatoh bisa naik kelas komersial indah I, menurut sistem penilaian kelompok perdagangan kayu yang dikembangkan oleh Balai Penelitian Hasil Hutan dan Pusat Pengembangan.

Kata kunci: Anatomi; Kayu Nyatoh; *Palaquium*; Kayu Perdagangan

PENDAHULUAN

Nyatoh merupakan salah satu nama kelompok dagang kayu yang termasuk dalam

kelompok jenis meranti atau kelompok komersial I (Kementrian Kehutanan, 2003). Kayu Nyatoh memiliki nama daerah Suntain, Balam, Jongkong, Hangkang, Katingan, Mayang Batu, Bunut,



Kedang, Bakalaung, Ketiau, Jengkot, Nantu, Nato, Tanjungan dan Kolan. Genus yang masuk dalam kelompok dagang Nyatoh adalah *Palaquium*, *Payena* dan *Madhuca* dari famili Sapotaceae (Kementrian Kehutanan, 2003).

Anatomi kayu merupakan karakteristik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis kayu dan membedakan antara genus atau spesies. Identifikasi kayu yang baik dan benar sangat penting dilakukan karena dapat menentukan harga kayu dan pemanfaatan kayu. Kesalahan dalam identifikasi kayu dapat merugikan secara ekonomi dan dapat terjadi kesalahan dalam pengolahan kayu. Salah satu contohnya adalah pada genus *Palaquium* ditemukan getah perca yang menjadi bahan baku mainan anak-anak atau bisa menjadi bahan perekat pembuatan kayu lapis (Karliati et al., 2012). Jika terjadinya kesalahan dalam identifikasi kayu, maka kesalahan yang terjadi akan membuat hilangnya potensi yang terkandung dalam kayu tersebut.

Salah satu genus kayu Nyatoh yang memiliki karakteristik berbeda dari yang lainnya adalah dari genus *Palaquium*. Hal ini karena ditemukan adanya kandungan getah perca (Karliati et al., 2012). Selain itu, genus *Palaquium* lebih banyak ditemukan di perdagangan kayu. Pada umumnya, pemanfaatan kayu Nyatoh digunakan sebagai bahan baku meubel (Augustina et al, 2020), padahal pemanfaatan kayu Nyatoh bisa digunakan untuk yang lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengamatan anatomi kayu dari genus *Palaquium* spp. dan pemanfaatannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menjelaskan anatomi kayu dan pemanfaatannya berdasarkan karakteristik anatominya.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mikrotom, mikroskop, *scanner*, lup, kamera mikroskop, alat tulis, pisau/cutter, komputer, perangkat lunak *axio vision*, dan dinolite. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah kayu Nyatoh dari genus *Palaquium* yang didapatkan dari koleksi Xylarium Bogoriensis (*P. leiocarpum*, *P. obtusifolium*, *P. obovatum* dan *P. multiflorum*), asam fluoride (HF), alkohol, gliserin, etanol absolut, dan *entellan*.

Metode

Pengamatan dilakukan secara langsung dengan dua metode yaitu: (1) *Pengamatan makroskopik*, yaitu pengamatan dengan mata tanpa alat dan menggunakan lup dengan pembesaran 5-10x. Beberapa metode pengamatan makroskopik dapat menggunakan alat dinolite dengan pembesaran maksimal 100x. Sampel kayu diperoleh dari ruang koleksi Xylarium Bogoriensis berupa kayu autentik. Kayu sampel disayat dengan cutter/pisau untuk memperoleh permukaan yang segar dan jelas (Amalia et al, 2022). Ciri-ciri dan sifat yang diamati, yaitu warna, tekstur, arah serat, kilap, kesan raba dan kekerasan. Selain itu, penilaian dilakukan terhadap keindahan dan kualitas kayu dengan sistem skoring yang dikembangkan oleh Puslitbang KLH oleh Djarwanto et al. (2017) seperti dalam Tabel 1 dan 2:

Tabel 1. Kriteria Seleksi Keindahan Kayu

No	Keindahan	Komersial Indah I Skor 8-10	Komersial Indah II Skor 5-7	Tidak Termasuk Indah Skor 1-4
1	Corak	Bercorak, kontras	Bercorak, samar	Tidak bercorak (polos)
2	Warna	Merata-teratur (Homogen)	Kurang merata/ kurang teratur	Tidak merata/ tidak teratur
3	Orientasi serat	Lurus	Bergelombang	Menyimpang (berpadu, diagonal, terpilin)
4	Tekstur	Halus	Sedang/ agak kasar	Kasar
5	Kilap	Mengkilap	Sedang/ kurang	Kusam/ Tidak mengkilap

Keterangan: Kelas Komersial Indah I Total Skor = 40-50; Kelas Komersial Indah II = 30-39; Kurang dari 30 = Tidak Termasuk Kelas Indah.

Sumber : Drjarwanto dkk, 2017.

Tabel 2. Kriteria Seleksi Kualitas Kayu

Kriteria	Tinggi		Sedang		Rendah	
	Kisaran	Nilai	Kisaran	Nilai	Kisaran	Nilai
Berat Jenis	> 0,9	10	0,65-0,75	7	0,35-0,4	4
	0,85-0,9	9	0,55-0,65	6	0,3-0,35	3
	0,75-0,85	8	0,4-0,55	5	0,25-0,3	2
Kelas Awet					< 0,25	1
	I	10	II/III	7	IV	4
	II/III	9	III	6	IV/V	3
	II	8	III/IV	5	V	2

Keterangan : Kelas Komersial I, nilai ≥ 16 ; Kelas Komersial II, nilai 10-15; Kelas Komersial III, nilai ≤ 9 .

Sumber: Djarwanto et al., 2017.

Pengamatan mikroskopik (2), yaitu pengamatan menggunakan mikroskop pembesaran diatas 100x. Tahapan dalam pengamatan mikro adalah:

Pembuatan preparat. Kayu sampel dipotong ukuran 2 x 1 x 1 cm dan direbus bahan dalam air hingga tenggelam, atau selama kurang lebih 1 jam. Selanjutnya, kayu direndam dalam asam fluoride (HF) 30% selama 4-6 minggu dan kayu dicuci dengan air mengalir selama 2 jam sampai larutan asam fluoridanya hilang. Setelah itu, balok kayu tadi disayat dengan pisau mikrotom setipis mungkin (setebal 1 sel), kayu disayat pada 3 arah, yaitu longitudinal, radial dan longitudinal. Kemudian, kayu disimpan dalam larutan alkohol dan gliserin (1:1). Proses dehidrasi dilakukan menggunakan alkohol secara bertahap dari 30, 50, 70, 80, 96 sampai dengan etanol absolut 100%. Setelah kering, sayatan diletakkan di atas kaca objek, larutan gliserin 30% diteteskan di atas bahan, diberikan 1-2 tetes *entellan*, ditutup dengan *cover glass* dan diamati di bawah mikroskop (Wati dan Harnelly, 2022).

Ciri- ciri yang diamati berpedoman pada buku *International Association of Wood Anatomist* (IAWA) berupa lingkaran tumbuh, sel pembuluh atau pori-pori, serat, parenkima, jari-jari dan inklusi mineral (Gasim et al, 2013).

Pengukuran beberapa bagian sel berupa tinggi jari-jari, frekuensi jari-jari, ceruk, diameter pembuluh dan frekuensi pembuluh. Pengukuran ceruk dan jari-jari diukur dari bidang tangensial, sedangkan pengukuran pembuluh dari bidang longitudinal (Fakhruzy & Nurrachmania, 2019). Pengukuran tinggi jari-jari, frekuensi jari-jari, diameter pembuluh dan frekuensi pembuluh dilakukan perbesaran mikroskop 25x. Sedangkan, pengukuran ceruk dilakukan perbesaran 200x (Neneng et al, 2020).

Pengambilan gambar atau foto mikro menggunakan mikroskop yang dilengkapi kamera yang disebut optilab. Pengukuran dan pengambilan gambar menggunakan perangkat lunak *Axio Vision* (Rulliaty, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan dari 4 spesies kayu Nyatoh genus *Palaquium* dijelaskan sebagai berikut:

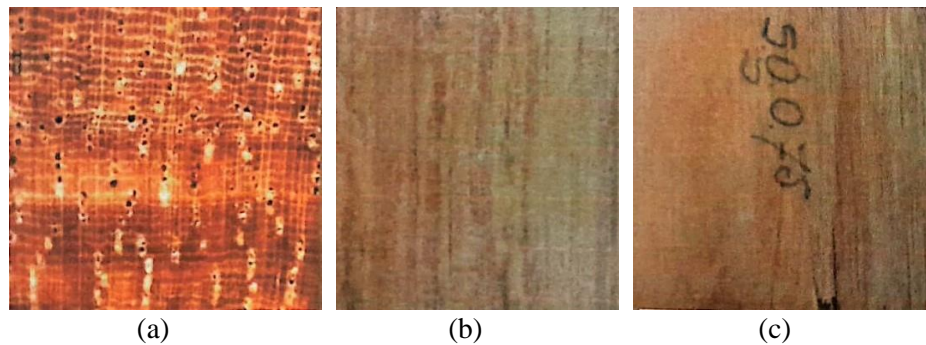
Palaquium leiocarpum Boerl

Ciri- ciri makroskopik

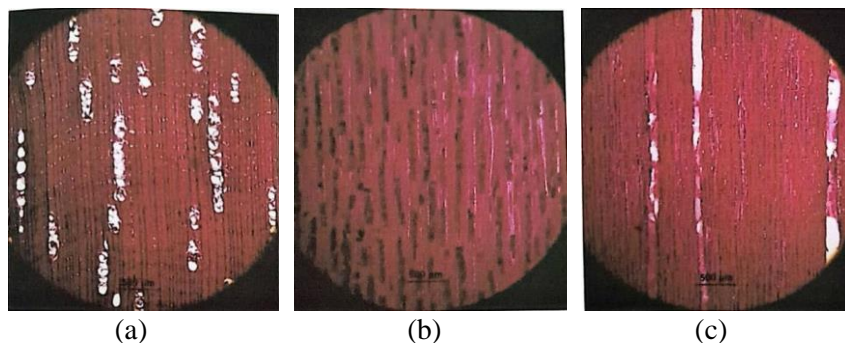
Ciri-ciri makroskopik pada kayu ini adalah kayu berwarna putih sampai coklat tua agak kuning, tekstur: kasar, arah serat: lurus, kilap: tidak mengkilap, kesan raba: agak licin, kekerasan: agak keras. Gambar kayu penampang melintang, radial dan tangensial dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil penilaian jenis kelompok kayu perdagangan berdasarkan sistem yang dikembangkan di Puslitbang Hasil Hutan (Djarwanto et al., 2017) adalah sebagai berikut: keindahan : corak = 7; warna = 10; orientasi serat = 10; tekstur = 4; kilap = 4; kualitas : berat jenis = 7; kelas awet = 5 dan jumlah = 47 (termasuk Kelas Komersial Indah II).

Ciri-ciri mikroskopik

P. leiocarpum memiliki ciri-ciri mikroskopis yang pengamatannya dilakukan di bawah mikroskop dengan pembesaran 25–200x. Hasil pengamatan mikroskop disesuaikan dengan buku IAWA (Tabel 3). Hasil foto mikroskop karakter mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Ciri-Ciri Makroskopik *P. leiocarpum*: (a) Penampang melintang (pembesaran 55x); (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.



Gambar 2. Ciri- Ciri Mikroskopik *P. leiocarpum* (perbesaran 200x): (a) Penampang longitudinal/melintang; (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.

Tabel 3. Hasil Pengamatan pada IAWA

No Karakter	Jenis Karakter	Penjelasan
2	Batas lingkaran tumbuh tidak jelas atau tidak ada	Lingkaran tumbuh yang samar ditandai oleh perubahan struktur yang hanya terjadi secara berangsur pada zona tertentu, atau sama sekali tidak dapat dilihat dengan jelas
5	Kayu berpori tata baur	Kayu dengan pembuluh yang diameternya kurang lebih sama di seluruh lingkaran tumbuh
7	Pembuluh dalam pola diagonal dan atau radial	Pembuluh tersusun radial atau antara tangensial dan radial (miring atau diagonal)
10	Pembuluh berganda radial 4 atau lebih biasa dijumpai	Berjajar rapat 4 atau lebih pembuluh searah radial biasa dijumpai
22	Ceruk antar pembuluh selang seling	Ceruk antar pembuluh yang tersusun berupa deretan diagonal
32	Ceruk pembuluh jejari dengan halaman yang sangat dipersempit sampai tampaknya sederhana	Ceruk horizontal, bentuk tangga atau jala sampai vertikal (pagar/palisade)
56	Tilosis biasa dijumpai	Pertumbuhan lebih dari sel jari-jari atau yang bersebelahan melalui ceruk dalam satu dinding pembuluh sehingga sebagian maupun seluruhnya menyumbat lumen pembuluh tersebut dan biasa dijumpai (kecuali pada gubal sebelah luar)
65	Serat bersekat ada	Serat dengan dinding lintang tipis tidak berceruk
66	Serat tak bersekat ada	Serat tanpa sekat
69	Serat berdinding tipis sampai tebal	Diameter lumen kurang dari 3 kali tebal dua dinding serat dan masih terlihat terbuka
88	Parenkim aksial bentuk tangga	Adalah parenkim yang berbentuk garis tangensial kontinyu, yang lebarnya kira-kira sama dengan jari-jari, sehingga terlihat seperti bentuk jala, yaitu jarak antar jari-jari, sehingga terlihat seperti bentuk jala, yaitu jarak antar jari-jari sama dengan jarak antar pita parenkim
94	Lebih dari 8 sel per untai parenkim	
96	Jari-jari seluruhnya 1 seri	
105	Seluruh sel jari-jari tegak atau bujur sangkar	
119	Jari-jari rendah bertingkat, jari-jari tinggi tidak bertingkat	

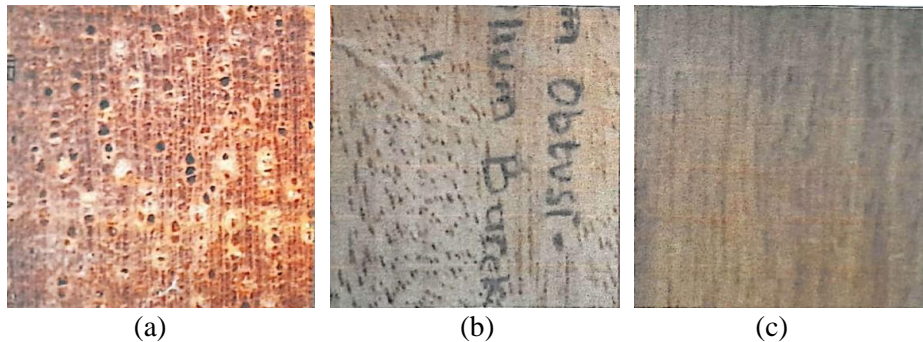
Palaquium obtusifolium* Burck.Ciri-ciri makroskopik*

Warna: kuning sampai coklat tua, tekstur: kasar, arah serat: lurus atau berpadu, kilap: agak mengkilap, kesan raba: kesat, kekerasan: lunak. Bentuk kayu penampang melintang, radial dan tangensial dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil penilaian jenis kelompok kayu perdagangan berdasarkan sistem yang dikembangkan di Puslitbang Hasil Hutan (Djarwanto et al., 2017) adalah keindahan : corak = 4; warna = 10; orientasi serat = 10; tekstur =4; kilap = 5; kualitas

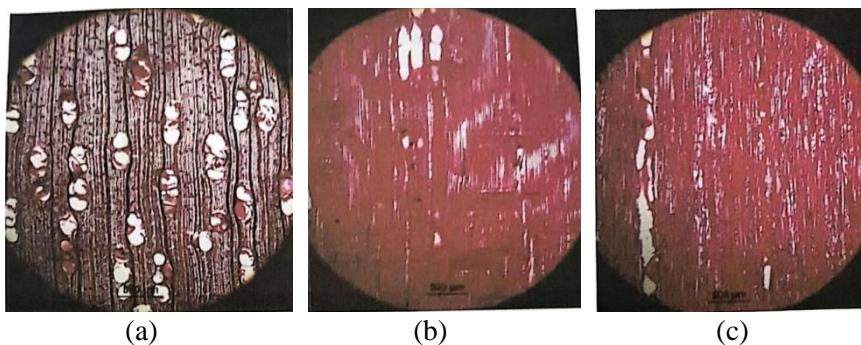
: berat jenis = 6; kelas awet = 3, dan jumlah = 42 (termasuk Kelas Komersial Indah II).

Ciri-ciri mikroskopik

P. obtusifolium memiliki ciri-ciri mikroskopis yang pengamatannya dilakukan di bawah mikroskop dengan pembesaran 25–200x. Hasil pengamatan mikroskop disesuaikan dengan buku IAWA (Tabel 4). Hasil foto mikroskop karakter mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Ciri- Ciri Makroskopik *P. obtusifolium*: (a) Penampang melintang (perbesaran 55x); (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.



Gambar 4. Ciri- Ciri Mikroskopik *P. Obtusifolium* (perbesaran 200x): (a) Penampang longitudinal/ melintang; (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.

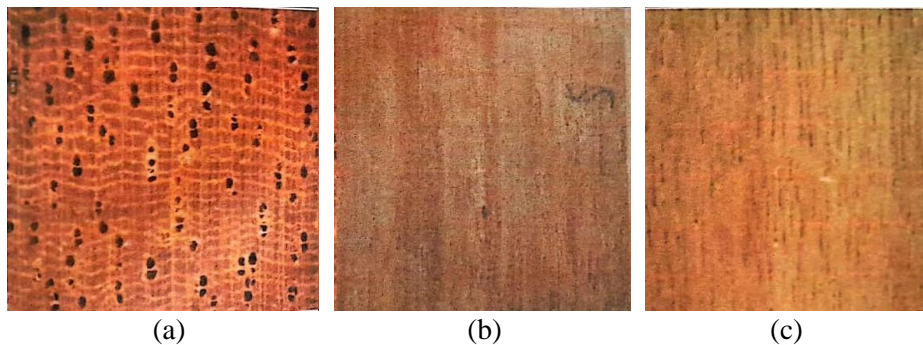
Palaquium obovatum* (Griff) Engl.Ciri-ciri makroskopik*

Warna: Kuning sampai coklat agak kuning, Tekstur: kasar, Arah serat: lurus atau berpadu, Kilap: agak mengkilap, Kesan raba: kesat, Kekerasan: agak lunak. Bentuk penampang melintang, radial dan tangensial kayu *P. obovatum* dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil

penilaian jenis kelompok kayu perdagangan berdasarkan sistem yang dikembangkan di Puslitbang Hasil Hutan (Djarwanto et al., 2017) adalah keindahan : corak = 4; warna = 10; orientasi serat = 10; tekstur =4; kilap = 5; kualitas : berat jenis = 7; kelas awet = 4 dan jumlah = 44 (termasuk Kelas Komersial Indah II).

Tabel 4. Hasil Pengamatan pada IAWA

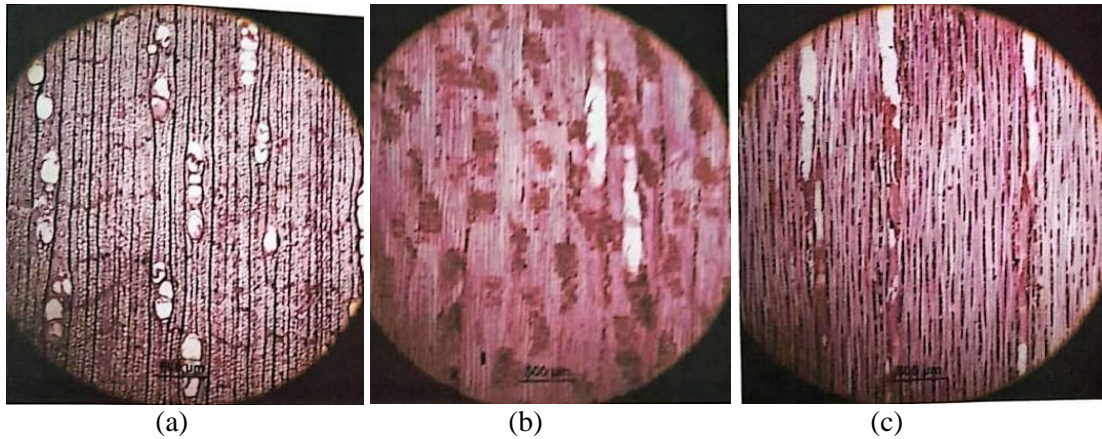
No Karakter	Jenis Karakter	Penjelasan
2	Batas lingkaran tumbuh tidak jelas atau tidak ada	Lingkaran tumbuh yang samar ditandai oleh perubahan struktur yang hanya terjadi secara berangsur pada zona tertentu, atau sama sekali tidak dapat dilihat dengan jelas
5	Kayu berpori tata baur	Kayu dengan pembuluh yang diameternya kurang lebih sama di seluruh lingkaran tumbuh
7	Pembuluh dalam pola diagonal dan atau radial	Pembuluh tersusun radial atau antara tangensial dan radial (miring atau diagonal)
10	Pembuluh berganda radial 4 atau lebih biasa dijumpai	Berjajar rapat 4 atau lebih pembuluh searah radial biasa dijumpai
13	Bidang perforasi sederhana	Bidang perforasi dengan bukaan tunggal bundar atau elips
23	Bentuk ceruk selang seling polygonal	Garis luar bersegi dan lebih dari 4 sisi bila dilihat pada permukaan (bidang longitudinal)
32	Ceruk pembuluh jejari dengan halaman yang sangat dipersempit sampai tampaknya sederhana	Ceruk horizontal, bentuk tangga atau jala sampai vertical (pagar/ palisade)
56	Tilosis biasa dijumpai	Pertumbuhan lebih dari sel jari-jari atau yang bersebelahan melalui ceruk dalam satu dinding pembuluh sehingga Sebagian maupun seluruhnya menyumbat lumen pembuluh tersebut dan biasa dijumpai (kecuali pada gubal sebelah luar)
65	Serat bersekat ada	Serat dengan dinding lintang tipis tidak bersekat
66	Serat tak bersekat ada	Serat tanpa sekat
68	Serat berdinding sangat tipis	Diameter lumen tiga kali lipat atau lebih dari tebal dua dinding serat
77	Parenkim aksial kelompok baur (diffuse – in – aggregate)	Untaian parenkim terkumpul ke dalam baris tangensial atau miring pendek
93	Delapan (5-8) sel per untai parenkim	
97	Lebar jari-jari 1-3 sel	Lebar jari-jari 2 sel
107	Sel tubuh jari-jari baring dengan umumnya 2-4 baris sel tegak atau b.s. marginal	
119	Jari-jari rendah bertingkat, jari-jari tinggi tidak bertingkat	
136	Kristal prismatic ada	Kristal-kristal bentuk rhomboidal atau octahedral yang terdiri dari kalsium oksalat, yang jika dilihat dengan sinar polarisasi memantulkan warna berkilauan. Sinonim: Kristal rhomboidal.
141	Kristal prismatic dalam parenkim aksial tak berbintik	
152	Kristal bentuk lain (umumnya kecil)	
155	Dua ukuran kristal yang berbeda dalam satu sela tau bilik	

Gambar 5. Ciri-Ciri Makroskopik *P. obovatum*: (a) Penampang melintang (perbesaran 55x); (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.

Ciri-ciri mikroskopik

P. obovatum memiliki ciri-ciri mikroskopis yang pengamatannya dilakukan di bawah mikroskop dengan pembesaran 25 – 200 x. Hasil

pengamatan mikroskop disesuaikan dengan buku IAWA (Tabel 5). Hasil foto mikroskop karakter mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 6.



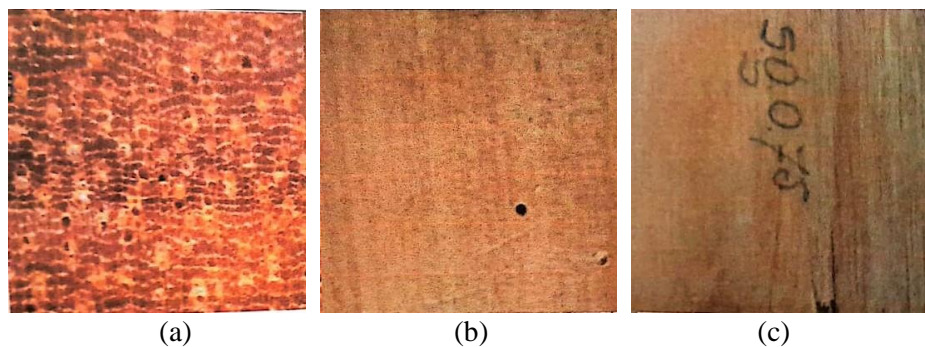
Gambar 6. Ciri-Ciri Mikroskopik *P. Obovatum* (perbesaran 200x): (a) Penampang longitudinal/melintang; (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.

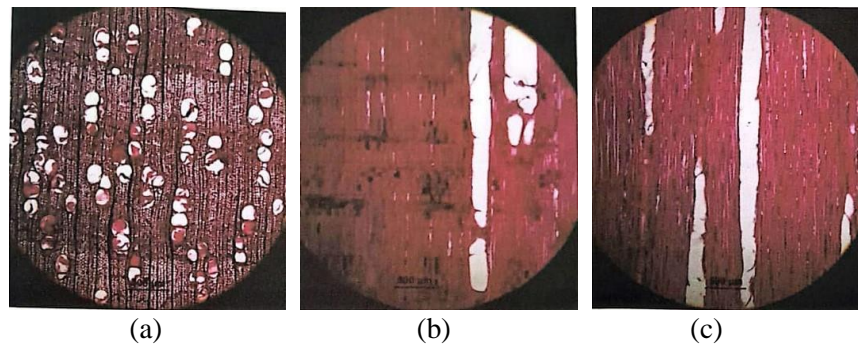
Tabel 5. Hasil Pengamatan pada IAWA

No Karakter	Jenis Karakter	Penjelasan
2	Batas lingkaran tumbuh tidak jelas atau tidak ada	Lingkaran tumbuh yang samar ditandai oleh perubahan struktur yang hanya terjadi secara berangsur pada zona tertentu, atau sama sekali tidak dapat dilihat dengan jelas
5	Kayu berpori tata baur	Kayu dengan pembuluh yang diameternya kurang lebih sama di seluruh lingkaran tumbuh
7	Pembuluh dalam pola diagonal dan atau radial	Pembuluh tersusun radial atau antara tangensial dan radial (miring atau diagonal)
10	Pembuluh berganda radial 4 atau lebih biasa dijumpai	Berjajar rapat 4 atau lebih pembuluh searah radial biasa dijumpai
13	Bidang perforasi sederhana	Bidang perforasi dengan bukaan tunggal bundar atau elips
23	Bentuk ceruk selang seling polygonal	Garis luar bersegi dan lebih dari 4 sisi bila dilihat pada permukaan (bidang longitudinal)
32	Ceruk pembuluh jari dengan halaman yang sangat dipersempit sampai tampaknya sederhana	Ceruk horizontal, bentuk tangga atau jala sampai vertical (pagar/ palisade)
33	Ceruk pembuluh jari dua macam ukuran atau tipe pada sel jari yang sama	
56	Tilosis biasa dijumpai	Pertumbuhan lebih dari sel jari-jari atau yang bersebelahan melalui ceruk dalam satu dinding pembuluh sehingga Sebagian maupun seluruhnya menyumbat lumen pembuluh tersebut dan biasa dijumpai (kecuali pada gubal sebelah luar)
65	Serat bersekat ada	Serat dengan dinding lintang tipis tidak berceruk
66	Serat tak bersekat ada	Serat tanpa sekat
68	Serat berdinding sangat tipis	Diameter lumen tiga kali lipat atau lebih dari tebal dua dinding serat
77	Parenkim aksial kelompok baur (diffuse – in – aggregate)	Untaian parenkim terkumpul ke dalam baris tangensial atau miring pendek
93	Delapan (5-8) sel per untai parenkim	
97	Lebar jari-jari 1-3 sel	Lebar jari-jari 2 sel
107	Sel tubuh jari-jari baring dengan umumnya 2-4 baris sel tegak atau b.s. marjinal	
119	Jari-jari rendah bertingkat, jari-jari tinggi tidak bertingkat	

Tabel 6. Hasil Pengamatan pada IAWA

No Karakter	Jenis Karakter	Penjelasan
2	Batas lingkaran tumbuh tidak jelas atau tidak ada	Lingkaran tumbuh terlihat samar ditandai oleh perubahan struktur yang hanya terjadi secara perlahan pada zona tertentu, atau tidak dapat dilihat dengan jelas
5	Kayu Berpori tata baur	Kayu dengan pembuluh yang diameternya kurang lebih sama di seluruh lingkaran tumbuh
7	Pembuluh dalam pola diagonal dan atau radial	Pembuluh tersusun radial atau antara tangensial dan radial (miring atau diagonal)
10	Pembuluh berganda radial 4 atau lebih biasa dijumpai	Berjajar rapat 4 atau lebih pembuluh searah radial biasa dijumpai
13	Bidang perforasi sederhana	Bidang perforasi dengan bukaan tunggal bundar atau elips
22	Ceruk antar pembuluh muncul secara selang seling	Ceruk antar pembuluh muncul tersusun berupa deretan diagonal
23	Bentuk ceruk selang seling polygonal	Garis luar bersegi dan lebih dari 4 sisi bila dilihat pada permukaan (bidang longitudinal)
32	Ceruk pembuluh jari dengan halaman yang sangat dipersempit sampai tampaknya sederhana	Ceruk horizontal, bentuk tangga atau jala sampai vertical (pagar/palisade)
33	Ceruk pembuluh jari dua macam ukuran atau tipe pada sel jari yang sama	
56	Tilosis biasa dijumpai	Pertumbuhan lebih dari sel jari-jari atau yang bersebelahan melalui ceruk dalam satu dinding pembuluh sehingga Sebagian maupun seluruhnya menyumbat lumen pembuluh tersebut dan biasa dijumpai (kecuali pada gubal sebelah luar)
65	Serat bersekat ada	Serat dengan dinding lintang tipis tidak berceruk
66	Serat tak bersekat ada	Serat tanpa sekat
68	Serat berdinding sangat tipis	Diameter lumen tiga kali lipat atau lebih dari tebal dua dinding serat
77	Parenkim aksial kelompok baur (diffuse – in – aggregate)	Untaian parenkim terkumpul ke dalam baris tangensial atau miring pendek
93	Delapan (5-8) sel per untai parenkim	
97	Lebar jari-jari 1-3 sel	Lebar jari-jari 2 sel
107	Sel tubuh jari-jari baring dengan umumnya 2-4 baris sel tegak atau b.s. marginal	
119	Jari-jari rendah bertingkat, jari-jari tinggi tidak bertingkat	
136	Kristal prismatic ada	Kristal-kristal bentuk rhomboidal atau octahedral yang terdiri dari kalsium oksalat, yang jika dilihat dengan sinar polarisasi memantulkan warna berkilauan. Sinonim: Kristal romboidal.
141	Kristal prismatic dalam parenkim aksial tak berbintik	
152	Kristal bentuk lain (umumnya kecil)	
154	Lebih dari satu kristal dalam satu sela tau bilik	Terdapat 4-7 kristal dengan ukuran hampir sama dalam satu bilik pada parenkim

Gambar 7. Ciri-Ciri Makroskopik *P. multiflorum*: (a) Penampang melintang (perbesaran 55x); (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.



Gambar 8. Ciri-Ciri Mikroskopik *P. multiflorum* (perbesaran 200x): (a) Penampang longitudinal/melintang; (b) Penampang radial; (c) Penampang tangensial.

Tabel 7. Tabel Pengukuran Ceruk, Pembuluh dan Jari-jari

No	Spesies	Pengukuran Struktur Anatomi				
		Ceruk (μm)	TR (μm)	FR	Θ P (μm)	FP
1	<i>Palaquium leiocarpum</i>	5,813	459,338	14,033	122,341	18,53
2	<i>Palaquium obtusifolium</i>	5,569	511,868	9,666	199,206	5,93
3	<i>Palaquium obovatum</i>	7,834	560,072	8,9	142,623	3,83
4	<i>Palaquium multiflorum</i>	6,879	382,172	9,86	149,375	8,7
Rata-rata		6.523	478.362	10.614	153.386	9.247

Palaquium multiflorum Pierre ex Dubard

Ciri-ciri makroskopik

Warna: Putih sampai coklat kemerahan, Tekstur: kasar, Arah serat: lurus atau berpadu, Kilap: agak mengkilap, Kesan raba: kesat, Kekerasan: agak lunak. Bentuk penampang melintang, radial dan tangensial kayu *P. multiflorum* dapat dilihat pada Gambar 7.

Ciri-ciri mikroskopik

P. multiflorum memiliki ciri-ciri mikroskopis yang pengamatannya dilakukan di bawah mikroskop dengan pembesaran 25 – 200 x. Hasil pengamatan mikroskop disesuaikan dengan buku IAWA (Tabel 6). Hasil foto mikroskop karakter mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 8.

Struktur anatomi dapat dideskripsikan dalam ukuran diantaranya ukuran ceruk, tinggi jari-jari (TR), frekuensi jari-jari (FR), diameter pembuluh (Θ P) dan Frekuensi Pembuluh (FP). Ukuran struktur anatomi empat spesies dari genus *Palaquium* ditampilkan pada Tabel 7.

Hasil pengamatan ciri-ciri makroskopik kayu Nyatoh genus *Palaquium* berdasarkan jenis kelompok kayu perdagangan sistem yang dikembangkan oleh Puslitbang Hasil Hutan (Djarwanto et al., 2017) yaitu genus *Palaquium* memiliki nilai keindahan yang cukup dengan rata-rata nilai keindahan corak: 5,5; warna: 9,25; orientasi serat: 8,75; tekstur: 5; kilap: 4,5; jumlahnya adalah 33. Nilai kualitas berat jenis: 7,75 dan kelas awet 5; jumlah kualitas: 12,25.

Sehingga, *Palaquium* yang sebelumnya berada di kelas komersial I pada SK Kemenhut No. 63/Kpts-II Tahun 2003, naik menjadi kelas komersial indah I berdasarkan sistem yang dikembangkan oleh Puslitbang Hasil Hutan.

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopik terdapat kristal prisma (IAWA no. 136) pada dua spesies dari 4 spesies yang ada, yaitu *P. obtusifolium* dan *P. multiflorum*. Kristal prisma ini merupakan getah perca yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku mainan anak-anak atau bisa menjadi bahan perekat pembuatan kayu (Karliati et al., 2012). Penghasil getah perca adalah jenis pohon-pohon *Palaquium gutta*, *P. obovatum*, *P. oblongifolium* dan *P. oxleyanum* (Iqbal & Septina, 2018). Berdasarkan komposisi kimia, getah perca sangat baik untuk bahan non konduktor, sehingga sering digunakan sebagai isolasi/ kabel di bawah laut dan bawah tanah, juga digunakan untuk penutup bola golf, peralatan bedah dan perekat (Iqbal & Septina, 2018).

Kayu Nyatoh mempunyai parenkim bentuk pita berjarak rapat, frekuensi jari-jarinya lebih banyak dari kayu jelutung, warna coklat merah, dan cocok digunakan sebagai bahan baku batang pensil (Mandang & Suhaendra, 2003). Barisan parenkim dan jari-jari yang rapat berfungsi sebagai cacahan dalam kayu sehingga memudahkannya untuk diserut (Mandang & Suhaendra, 2003). Kayu Nyatoh dari genus *Palaquium* sesuai dengan persyaratan bahan baku

batang pensil, sehingga kayu Nyatoh dapat juga digunakan untuk bahan baku batang pensil.

Salah satu karakteristik fisika kayu yang dapat digunakan untuk menentukan pemanfaatannya adalah kerapatan kayu. Misalnya, kayu untuk bahan baku produksi vinir pada umumnya menggunakan kayu yang memiliki kerapatan 0,40-0,70 g/cm³, kekerasan yang tergolong agak lunak sehingga mudah dikupas dalam kondisi dingin, tekstur agak halus, arah serat lurus, permukaan kayu agak mengkilap dan kesan raba agak kesat, sehingga vinir yang dihasilkan dapat digunakan baik untuk vinir tengah maupun vinir muka pada produk kayu lapis (Lempang, 2016). Menurut penelitian Mandang & Suhaendra (2003) dan informasi dari Atlas Kayu Jilid I (Martawijaya et al., 2005): kayu Nyatoh memiliki kerapatan 0,40-0,60 g/cm³, kekerasan kayunya lunak sampai agak keras, teksturnya halus, seratnya lurus dan ada yang berpadu, permukaan agak mengkilap sampai mengkilap, kesan raba agak licin sampai kesan (kebanyakan kesat). Hal ini sesuai dengan pernyataan Lempang (2016) bahwa kayu Nyatoh juga cocok untuk bahan baku kayu lapis (untuk pembuatan vinir).

KESIMPULAN

Struktur anatomi kayu Nyatoh genus *Palaquium* yang menonjol adalah adanya kristal prismatic pada saluran pembuluhnya, dimana kristal prismatic ini dikenal dengan getah perca. Anatomi lainnya yang hampir sama dengan struktur anatomi dari genus yang lain, seperti adanya parenkim pita, ceruk, frekuensi jari-jari dan pembuluh. Pengamatan ciri makroskopik kayu Nyatoh genus *Palaquium* menunjukkan bahwa kualitas dan nilai keindahannya layak untuk naik ke kelas komersial indah I menurut sistem yang dikembangkan oleh Puslibang Hasil Hutan (Djarwanto et al, 2017).

Berdasarkan pengamatan anatomi baik makroskopik maupun mikroskopik kayu Nyatoh *Palaquium* menunjukkan pemanfaatan yang luas. Kayu Nyatoh dari *Palaquium* dapat digunakan untuk bahan baku batang pensil, bahan baku vinir atau pemanfaatan yang sejenis. Pemanfaatan yang berbeda dari kayu Nyatoh genus lainnya adalah adanya getah perca, yang menjadi bahan baku isolator atau bahan non-konduktor, bahan perekat dan bahan baku mainan anak-anak.

Hasil penilaian jenis pengelompokan kayu perdagangan, kayu Nyatoh dapat dinaikkan kelas

dari kelas komersial I ke kelas komersial indah I, hal ini perlu dipertimbangkan agar nilai ekonomi kayu Nyatoh dapat meningkat. Kegunaan kayu Nyatoh dari *Palaquium* sangat luas, sehingga disarankan pengembangan budidaya tanaman kayu Nyatoh untuk ditanam di Hutan Tanaman Industri (HTI), sehingga dapat memenuhi kebutuhan kayu secara nasional dan dapat melestarikan jenis kayu Nyatoh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu kami dalam penelitian ini, terutama kepada bapak Krisdianto yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk memperoleh sampel penelitian dan juga kepada pihak Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan yang telah memberikan kepada kesempatan untuk melakukan penelitian di Laboratorium lingkup Puslitbang yaitu Laboratorium Anatomi Kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, H., Aliamat, Yunita. (2022). Aplikasi Mobile Sistem Informasi Pengolahan Kayu *Xylarium Bogoriense*. *Jurnal Teknik Komputer*. 8(1), 22-27.
- Augustina, S., Wahyudi, I., Darmawan, I.W., Malik, J. (2020). Ciri Anatomi, Morfologi Serat, dan Sifat Fisis Tiga Jenis Lesser-Used Wood Species Asal Kalimantan Utara, Indonesia. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 25(4), 599-609
- Djarwanto, Damayanti, R., Jamal, B., Efrida, B., Jasni, Sulastiningsih, I. M., Andianto, Martono, D., Pari, G., Sopandi, A., Mardiansyah, Krisdianto. (2017). Pengelompokan Jenis Kayu Perdagangan Indonesia. Forda Pres. Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Fakhrzy & Nurrachmania, M. (2019). Struktur Anatomi Kayu Andalas (*Morus mocroura* Miq) Asal Sumatera Barat. *Jurnal Menara Ilmu*, 13(10), 22–27. <https://www.jurnal.umsb.ac.id/index.php/menarailmu/article/view/1620>
- Gasim, Harjoko, A., Seminar, K.B. & Hartati, S. (2013). Image Blocks Model for Improving Accuracy in Identification Systems of

- Wood Type. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 4(6), 48-53.
- Iqbal, M. & Septina, A.D. (2018). Pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu oleh Masyarakat Lokal di Kabupaten Sanggu, Kalimantan Barat. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 4(1), 19-34.
- Karliati, T., Febrianto, F., Syafii, W., Wahyudi, I., & Program Pascasarjana, M. (2012). Karakterisasi Getah Perca dan Pemanfaatannya sebagai Perekat Kayu Lapis (Characterization of Gutta Percha and Its Application as Plywood Adhesive). In *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 10(1).
- Kementrian Kehutanan. (2003). SK Menteri Kehutanan RI Nomor 163/Kpts-II/2003 tentang Pengelompokan Jenis Kayu Sebagai Dasar Pengenaan Iuran Kehutanan. Jakarta.
- Lempang, M. (2016). Sifat Dasar dan Potensi Kegunaan Kayu Saling-Saling Mody Lempang Sifat Dasar dan Potensi Kegunaan Kayu Saling-Saling (*Basic Properties and Potential Uses of Saling-Saling Wood*). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 5(1), 79-90.
- Mandang, Y. I., & Suhaendra, H. (2003). Sifat-sifat Kayu Nyatoh (*Palaquium obtusifolium* Birck) Sehubungan dengan Kemungkinan Penggunaannya Sebagai Bilah Pensil. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 21(1), 1-14.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., Prawira, S.A. (2005). *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Bogor: Departemen Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Neneng, Putri, N.U., Susanto, E.R., (2020). Klasifikasi Jenis Kayu Menggunakan Support Vector Machine Berdasarkan Ciri Tekstur Local Binary Pattern. *Cybernetichs*, 4(2), 93-100.
- Rulliaty, S. (2014). Identifikasi dan Kualitas Serat Lima Jenis Kayu Andalan Setempat Asal Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(4), 297-312.
- Wati, S., & Harnelly, E. (2022). Studi Anatomi Kayu Medang Kuli (*Actinodaphne nitida*) Di Kabupaten Gayo Lues (Studi of Wood Anatomy Anatomy of Medang Kuli (*Actinodaphne nitida*) in Gayo Lues District). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(4). www.jim.unsyiah.ac.id/JFP



CHARACTERIZATION OF CELLULOSE ACETATE MEMBRANE FROM NUTMEG SHELLS

Bhayu Gita Bhernama¹⁾*, Nurhayati²⁾, Surya adi saputra¹⁾, Jihan Amalia¹⁾

¹⁾Program studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Jln Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam, Kota Banda Aceh, 23111, Indonesia

²⁾Program studi Teknik Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Jln Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam, Kota Banda Aceh, 23111, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 Dec 2022,

Revised 05 Jun 2023,

Accepted 27 Jul 2023,

Available online 10 Aug 2023

Keywords:

- ✓ nutmeg shell
- ✓ cellulose acetate membrane
- ✓ flux
- ✓ rejection

*corresponding author:

deta.chavez1678@gmail.com

Phone: +6285274105116

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.465>

ABSTRACT

The membrane is a semipermeable selective thin layer that is used as a barrier between two phases, the feed phase and the permeate phase. Several studies have been carried out on the synthesis of cellulose acetate membranes, but research on cellulose acetate membranes from nutmeg shell waste is still rare. Therefore, the characterization of cellulose acetate membrane from a nutmeg shell was conducted. This study aims to characterize cellulose acetate membranes from nutmeg shells using the phase inversion method with variations in the weight of cellulose acetate 0.1 and 0.2 grams. The plasticizers used are polyvinyl chloride (PVC) and dope solution. Characterization was carried out in thickness, tensile strength, morphology by Scanning Electron Microscope (SEM), functional groups, membrane permeability, rejection value, degree of swelling, and membrane standards. The results obtained for good morphological characterization were found in membranes number 2 and 4, the value of rejection and flux on membrane number 2 ($t = 1$ minute) was 31.1%, and the flux value was 4.6 L/m².h for membrane number 3 ($t = 3$ minutes) 31.6% and the flux value was 0.3 L/m² per hour. The good thickness and strength of the membrane are found in the number 1 membrane, with a thickness of 0.11 mm and tensile strength of 3.06 MPa. Swelling degree and suitable membranes are found in membrane number 1, 59.52%, and 32.2%, respectively. The functional groups contained in the FTIR spectrum include the C – H group, which is located in the wave number range of 2959.79 cm⁻¹, C = O is located at 1722.06 cm⁻¹, C – O acetyl is located at 1271.04 cm⁻¹ and C – O stretching is located at 1072.13 cm⁻¹, and the presence of a PVC group is located at 742.12 cm⁻¹. The conclusion is that membrane number 1 is good for further application.

ABSTRAK

Karakteristik Membran Selulosa Asetat dari Cangkang Biji Pala

Membran merupakan suatu lapisan tipis selektif semipermeabel yang digunakan sebagai pembatas antara dua fasa, fasa umpan dan fasa permeat. Beberapa penelitian tentang sintesis membran selulosa asetat sudah banyak dilakukan, akan tetapi penelitian membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian karakterisasi membran selulosa asetat dari cangkang biji pala. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi membran selulosa asetat dari cangkang biji pala menggunakan metoda inversi fasa dengan variasi berat selulosa asetat 0,1 dan 0,2 gram, pemplastis yang digunakan adalah poli vinil klorida (PVC) dan larutan *Dope*. Karakterisasi yang dilakukan berupa ketebalan, kuat tarik, morfologi, gugus fungsi, permeabilitas membran, nilai rejeksi, derajat *swelling*, dan stabilitas membran. Hasil untuk karakterisasi morfologi yang baik terdapat pada membran nomor 2 dan 4, nilai rejeksi dan fluks terdapat pada membran nomor 2 ($t = 1$ menit) 31,1% dan nilai fluks 4,6 L/m².jam untuk membran nomor 3 ($t = 3$ menit) 31,6% dan nilai fluks 0,3 L/m².jam. Ketebalan dan kekuatan membran yang baik terdapat pada membran nomor 1, ketebalan 0,11 mm dan kuat tarik 3,06 MPa. *Swelling* dan stabilitas membran yang baik terdapat pada membran nomor 1 yaitu 59,52% dan 32,2%. Gugus fungsi yang terdapat pada spektrum FTIR tersebut diantaranya gugus C–H yang terletak pada rentang bilangan gelombang 2959,79 cm⁻¹, C=O terletak pada 1722,06 cm⁻¹, C–O asetil terletak pada 1271,04 cm⁻¹ dan C–O ulur terletak pada 1072,13 cm⁻¹, dan yang menandakan adanya gugus PVC terdapat pada 742,12 cm⁻¹. Kesimpulan diperoleh yaitu, membran nomor 1 merupakan membran yang baik untuk diaplikasikan lebih lanjut.

Kata kunci: cangkang biji pala; membran selulosa asetat; fluks; rejeksi



PENDAHULUAN

Membran merupakan suatu lapisan tipis selektif semipermeabel yang digunakan sebagai pembatas antara dua fasa, fasa umpan dan fasa permeat. Membran memiliki pori-pori dengan ukuran tertentu yang dapat menghambat komponen lain yang lebih besar dari ukuran membran dan melewatkan komponen yang memiliki ukuran yang lebih kecil daripada ukuran membran itu sendiri (Murni, 2010). Pertama kali membran diperkenalkan oleh *Loub* dan *Sourirajan* dengan menggunakan bahan dasar selulosa asetat pada proses penyaringan air. Lambat laun penelitian terhadap teknologi membran menjadi sangat diperhatikan dan berkembang. Perkembangan teknologi membran mengarah kepada bahan-bahan polimer selain selulosa asetat, seperti polisulfon, poli etersulfon, poliuretan, dan lainnya (Fitriyano & Abdullah, 2016). Proses sintesis membran yang perlu diperhatikan adalah pemilihan bahan dasarnya berupa sifat dan struktur. Proses sintesis membran selulosa asetat biasanya dilakukan inversi fasa dengan proses pencelupan. Inversi fasa ini memiliki dua tipe komposisi cetak yaitu komposisi cetak aditif anorganik dan aditif organik (Handayani et al., 2017).

Selulosa adalah polimer dari monosakarida. Selulosa dibentuk dari ikatan $\beta - 1,4$ glikosidik. Struktur kristal dari selulosa tidak mudah larut dan terurai secara fisik dan kimia. Selulosa biasanya terbentuk bersama dengan senyawa lain seperti lignin dan hemiselulosa membentuk dinding sel tanaman (Lismeri et al., 2016). Pemisahan selulosa dilakukan dengan cara ekstraksi, delignifikasi, dan *bleaching* (Fitriyano & Abdullah, 2016). Pemisahan selulosa dengan sokletasi diperoleh rendemen 81,16% (Sapitri, 2021). Sementara itu, ekstraksi selulosa menggunakan refluks diperoleh rendemen selulosa 42,88-42,91% (Dewi et al., (2017).

Hasil sintesis dari selulosa, asam asetat anhidrat, asam asetat glasial, dan asam sulfat berupa selulosa asetat (Lismeri et al., 2016). Selulosa asetat dikelompokkan menjadi monoasetat, diasetat, dan triasetat. Aplikasi dari selulosa asetat di bidang industri film, plastik *biodegradable*, bahan pelapis kertas, logam, dan kaca, sebagai perekat film topografi hingga sebagai bahan baku utama dalam proses sintesis membran (Thaiyibah et al., 2016). Menurut Riani et al., (2019), penggunaan selulosa asetat sebagai membran memiliki kelebihan yaitu biaya pengolahan yang rendah, sangat selektif pada

proses penyerapan (adsorpsi), larut pada berbagai jenis pelarut, bersifat hidrofilik, serta bersumber dari sumber daya alam yang dapat diperbarui.

Kandungan senyawa kimia dari limbah cangkang biji pala terdiri dari 21,34% selulosa, 12,93% lignin, 53,67% *crude fiber*, 6,16% abu, 0,11% fenol, dan 0,38% karbonil (Salindeho et al., 2018). Pemanfaatan dari selulosa dan lignin pada limbah cangkang biji pala cukup besar yaitu sebagai karbon aktif (Sagita et al., 2020), briket, bahan adsorben (Sagita et al., 2020), dan asap cair (Salindeho et al., 2018).

Beberapa penelitian tentang sintesis membran selulosa yang telah dilakukan seperti sintesis membran dari tanda kosong kelapa sawit menggunakan perbandingan selulosa asetat dan pelarut 1:6 dan melakukan variasi konsentrasi polietilen glikol (PEG) 10, 20, dan 30% (b/b) dengan karakteristik morfologi memperlihatkan ukuran yang halus pada penambahan konsentrasi PEG 10% (Apriani et al., 2017). Sintesis membran dari eceng gondok yang dilakukan oleh Rachmawaty et al., (2013) dengan variasi terhadap selulosa asetat 13, 14 dan 15% (b/b) dan waktu penguapan pelarut 0,5, 10, dan 15 detik dengan penambahan PEG 5% didapatkan hasil terbaik pada selulosa asetat dengan konsentrasi 15% dan waktu 15 detik. Karakterisasi membran selulosa dari eceng gondok juga telah dilakukan oleh Thaiyibah et al., (2016) yang menghasilkan konsentrasi selulosa asetat yang baik sebagai membran pada konsentrasi 6% (b/b). Silvia et al., (2016) melakukan variasi selulosa asetat untuk desalinasi air payau pada konsentrasi 16, 17, 18, 19, dan 20% (b/b) dan menyatakan semakin besar konsentrasi selulosa asetat semakin kecil nilai fluks.

Penelitian mengenai selulosa asetat dari cangkang biji pala belum banyak dilakukan. Oleh sebab itu, dilakukan karakterisasi membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala menggunakan metode sokletasi, dengan variasi berat selulosa asetat, 0,10 dan 0,20 gram, polivinil klorida 0,3 dan 0,4 gram, serta pelarut tetra hidrofuran 10 mL. Dari penelitian ini diharapkan dapat dihasilkan membran selulosa asetat yang bermanfaat dan dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, seperti pemurnian limbah cair.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan diantaranya yaitu, 5 Kg limbah cangkang biji pala yang berasal dari

Aceh Selatan, asam asetat glasial p.a (smartLab), asam asetat anhidrida (merck), asam sulfat (H₂SO₄) (p) (smartLab), *Poli Vinil Chlorida* (PVC), Tetrahidrofuran (THF) dan larutan *Dope*.

Alat-alat yang digunakan diantaranya kolom kromatografi, buret, timbangan analitik, tanur, oven, *magnetic stirrer*, *hote plate*, seperangkat alat sokletasi, FTIR, XRD, *micrometer scrub*, Spektrofotometer UV-Vis dan peralatan gelas.

Metode

Sintesis Selulosa Asetat Limbah Cangkang Biji Pala

Sintesis selulosa asetat limbah cangkang biji pala dilakukan dengan variasi komposisi berdasarkan penelitian Apriani et al.(2017) dan Rachmawaty et al.(2013).

Sintesis Membran Selulosa Asetat

Masing-masing 0,3 gram PVC dimasukkan ke dalam dua buah gelas Beaker ukuran 25 mL, dilarutkan dengan 10 mL THF, ditambahkan 15 tetes *Dope* dan diaduk hingga larut. Setelah itu, campuran tersebut dimasukkan selulosa asetat dengan variasi berat 0,1 dan 0,2 gram dan ditutup rapat, serta diaduk selama 4 jam. Setelah 4 jam, sampel dituang ke dalam *petridish* dan didiamkan selama 1 jam untuk menghilangkan udara yang ada pada larutan. Setelah terbentuk membran, sampel dianalisis permeabilitas dan selektivitasnya. Hal yang sama dilakukan untuk 0,4 gram PVC. Membran selulosa asetat cangkang biji pala juga dianalisis ketebalan, kuat tarik, morfologi, gugus fungsi, permeabilitas membran, nilai rejeksi, derajat *swelling*, dan stabilitas membran (Apriani et al., 2017) dan (Rachmawaty et al., 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Membran adalah lapisan tipis semipermeable. Proses pemisahan dilakukan

berdasarkan sifat fisiknya. Membran adalah proses pemindahan materi secara selektif disebabkan oleh gaya yang berhubungan pada parameter tertentu antara dua media. Pemindahan materi disebabkan oleh perbedaan potensial listrik, kimia, dan tekanan (Prasetyo, Adiarto & Soedjono., 2003). Teknik pembuatan membran terjadi karena proses polimerisasi dari bahan dasar membrane, sehingga memiliki berat molekul yang besar dan memiliki rongga antar rantai polimer yang membentuk pori. Membran yang dihasilkan dari teknik pembuatan membran tersebut diharapkan memiliki permeabilitas (fluks) dan selektivitas (rejeksi) yang tinggi (Ernawati, 2014).

Teknik pembuatan membran yang digunakan adalah teknik inversi fasa. Teknik inversi fasa menghasilkan membran yang berpori. Penelitian yang dilakukan ini adalah pembuatan membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala dengan menggunakan teknik inversi fasa dan PVC sebagai bahan pembentuk membran dan THF sebagai pelarut. Variasi komposisi bahan pembentuk membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 memberikan gambaran terkait dengan komposisi bahan dari membran selulosa asetat yang dibuat. Variasi dari komposisi membran selulosa asetat tersebut berbeda-beda sehingga mempengaruhi proses kinerja dari membran. Bahan yang digunakan dalam pembuatan membran diantaranya adalah PVC yang berfungsi untuk memperkuat sifat mekanik dari membran selulosa asetat, sehingga membran tersebut tidak mudah robek. PVC bersifat kaku dan keras maka ditambahkan larutan *Dope*, sehingga membran yang dihasilkan memiliki sifat yang lentur, elastis, dan memudahkan partikel dari selulosa asetat masuk kedalam rantai polimer PVC. Selain itu juga, variasi dari selulosa yang ditambahkan juga berpengaruh terhadap kemampuan daya serap dari membran yang dihasilkan (Thaiyibah et al., 2016).

Tabel 1. Komposisi dan Variasi Bahan Pembentuk Membran Selulosa Asetat dari Limbah Cangkang Biji Pala

Kode Sampel	Berat Poli Vinil Klorida (PVC) (gram)	Berat Selulosa Asetat (gram)	Tetrahidrofuran (THF) (mL)	<i>Dope</i> (Tetes)
1	0,3	0,1	10	15
2	0,4	0,1	10	15
3	0,3	0,2	10	15
4	0,4	0,2	10	15

Analisis Morfologi Membran Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)

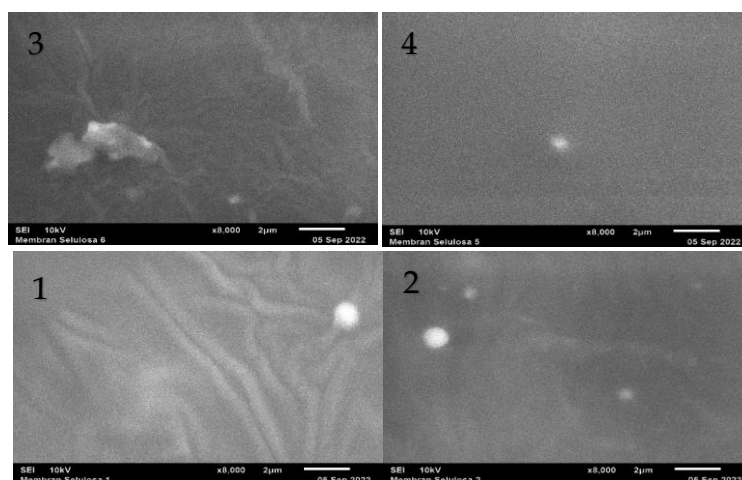
Hasil uji morfologi dari membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala menggunakan analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat morfologi permukaan dengan perbesaran 8000 kali dari membran 1, 2, 3, dan 4. Membran 1 memiliki komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,1 gram. Hasil uji morfologi permukaan, terlihat struktur permukaan yang masih kasar dan kurang rapat dibandingkan dengan membran 2 yang memiliki komposisi PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,1 gram. Hal ini karena masih terdapat serat dari selulosa asetat. Selain itu, semakin banyak jumlah PVC yang ditambahkan dalam proses pembuatan membran, maka akan semakin halus dan rata permukaan membran tersebut. Begitu juga halnya untuk membran 3 dan 4. Membran 3 dengan komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,2 gram memiliki permukaan yang kasar, tidak rata dan terlihat serat dari selulosa asetat (Gambar 1.3). Berbeda halnya membran 4 dengan komposisi PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,2 gram yang memiliki permukaan membran yang halus dan rata tanpa serat (Gambar 1.4).

Penentuan Permeabilitas (Fluks) dan Rejeksi Membran

Fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan luas permukaan membran dengan waktu tertentu yang dipengaruhi oleh adanya tekanan. Nilai fluks dipengaruhi oleh

komposisi membran dan tekanan. Suatu volume dari permeat yang melewati membran selulosa asetat dipengaruhi oleh komposisi atau jumlah selulosa asetat. Semakin besar jumlah komposisi selulosa asetat yang terdapat pada membran semakin kecil nilai fluks yang dihasilkan, dan semakin kecil ukuran pori pada permukaan membran atau semakin sedikit jumlah pori yang terbentuk pada permukaan membran. Sebaliknya, semakin besar komposisi jumlah dari selulosa asetat semakin besar pula nilai rejeksi yang dihasilkan (Silvia, Pinem & Irianty, 2016). Nilai fluks dan rejeksi dari membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala dapat dilihat pada Tabel 2.

Nilai fluks memiliki tujuan untuk melihat porositas membran, baik bentuk pori maupun ukuran pori. Semakin besar porositas maka nilai fluks dan laju alir dari membran makin besar. Nilai fluks terbesar terdapat pada membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala nomor 2 dan 4 dengan waktu 1 menit. Komposisi yang terdapat pada membran selulosa nomor 2 diantara PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,1 gram dan membran selulosa nomor 4 diantara PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,2 gram dengan nilai fluks 4,69 L/m².jam (dapat dilihat pada Tabel 2). Hal ini disebabkan komposisi polimer yang terdapat pada membran yang sedikit, sehingga derajat ikatan yang terjadi juga sedikit dan menghasilkan porositas yang besar. Porositas besar menghasilkan nilai fluks yang besar (Prasetyo, Adiarito & Soedjono., 2003).



Gambar 1. Morfologi Permukaan Membran Selulosa Asetat dari Limbah Cangkang Biji Pala, (1) PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,1 gram, (2) PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,1 gram, (3) PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,2 gram dan (4) PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,2 gram

Tabel 2. Nilai Fluks dan Rejeksi dari Membran Selulosa Asetat Limbah Cangkang Biji Pala

Kode Sampel	Waktu (menit)	Volume Permeat (mL)	Luas Penampang (cm ²)	Fluks (L/m ² .jam)	Rejeksi (%)
1	1	1	4	1,56	23
	3	6	4	0,3	25,4
	5	9	4	2,71	28,5
2	1	3	4	4,69	31,1
	3	7	4	3,5	25,7
	5	11	4	3,3	25,4
3	1	3,5	4	5,46	27,5
	3	6	4	0,3	31,6
	5	8	4	2,42	41
4	1	3	4	4,69	16,7
	3	8	4	4	21,8
	5	12	4	3,61	29,5

Dari Tabel 2. dapat dilihat, pada penambahan selulosa asetat 0,1 dan 0,2 gram dengan berat PVC 0,4 gram, nilai fluks yang dihasilkan dari penambahan selulosa asetat 0,1 gram meningkat seiring bertambahnya waktu. Akan tetapi, pada penambahan selulosa asetat 0,2 gram pada kondisi waktu yang sama nilai fluks yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini karena pada saat pengujian penambahan 0,2 gram selulosa asetat kurang baik dalam penentuan laju alir yang menyebabkan nilai fluks bertambah. Selain itu, semakin besar komposisi jumlah PVC, semakin besar nilai fluks yang dihasilkan dan semakin kecil nilai rejeksinya. Hal ini karena peningkatan nilai fluks memperbesar pori membran yang terbentuk. Dari Tabel 1 memperlihatkan membran 1 dan membran 2 merupakan variasi penambahan jumlah PVC 0,3 dan 0,4 gram. Nilai fluks dan rejeksi dari membran 1 dan membran 2 dapat dilihat pada Tabel 2. Pada waktu yang sama sekitar 5 menit membran 1 dan membran 2 mengalami peningkatan terhadap nilai fluks yaitu sebesar 2,71 dan 3,3 L/m².jam dan nilai rejeksi yang mengalami penurunan sebesar 28,5 dan 25,4%.

Dari Tabel 2, juga dapat dilihat bahwa nilai fluks terkecil terdapat pada membran 1 dan 3 pada menit ke-3. Komposisi membran 1 yaitu PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,1 gram dan untuk membrane 3 memiliki komposisi PVC 0,3 gram

dan selulosa asetat 0,2 gram. Menurut Suseno et al., (2003), pori-pori membran terbentuk karena adanya matrik polimer penyusun membran sehingga semakin banyak selulosa asetat maka polimer semakin rapat dan pori semakin kecil.

Selektivitas membran dinyatakan melalui koefisien rejeksi, dapat diartikan sebagai ukuran terhadap kemampuan membran untuk menahan atau melewati suatu spesi tertentu. Selektivitas membran ini bergantung kepada interaksi membran dengan partikel terlarut, ukuran pori dan ukuran partikel zat yang akan melewati pori membran tersebut (Silvia, Pinem & Irianty, 2016).

Nilai rejeksi yang tinggi memperlihatkan bahwa membran memiliki sifat pemisahan yang baik. Jika nilai rejeksi dikaitkan dengan masa molekul dari permeat yang berbeda, maka dapat diperoleh nilai *Molecular Weight Cutt Off* (MWCO). MWCO ini menyatakan suatu batasan nilai berat molekul yang dapat ditahan oleh membran dengan nilai batas rejeksinya diatas 95% (Apriani et al., 2017). Nilai selektivitas membran juga dipengaruhi oleh tekanan. Nilai selektivitas membran berkurang seiring dengan bertambahnya tekanan. Tekanan menyebabkan pori yang ada pada permukaan membran melebar sehingga partikel-partikel yang seharusnya dapat ditahan oleh membran menjadi tidak dapat ditahan (Effendi et al., 2018).

Tabel 3. Nilai Ketebalan dan Kuat Tarik Membran Selulosa Asetat Limbah Cangkang Biji Pala

Kode Sampel	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (Mpa)	Elastic Modulus (Mpa)	Elongation (%)
1	0,11	3,06	0,88	347,39
2	0,17	1,45	0,48	302,31
3	0,13	0,80	0,44	182,45
4	0,20	1,06	0,54	196,81

Ketebalan dan Kuat Tarik Membran

Ketebalan suatu membran erat kaitannya dengan ketahanan membran. Apabila membran yang dihasilkan semakin tebal, ketahanan membran yang dihasilkan juga besar, kekuatan membran meningkat dan nilai fluks yang dihasilkan menjadi kecil. Akan tetapi untuk nilai rejeksi, ketebalan membran dinilai tidak berpengaruh (Prasetyo, Adiarto & Soedjono., 2003). Ketebalan suatu membran juga erat kaitannya dengan kuat tarik membran, semakin tebal membran yang dihasilkan semakin besar nilai kuat tarik. Kuat tarik suatu membran berkaitan dengan sifat mekaniknya. Semakin sulit membran untuk ditarik, maka semakin baik membran tersebut digunakan dalam pengaplikasiannya. Pengujian kuat tarik ini merupakan parameter yang penting karena kuat tarik akan menjadi pertimbangan dalam pemilihan membran yang akan digunakan pada aplikasinya. Sifat mekanik diantaranya berupa kekuatan, kekerasan, kekakuan dan elastisitas membran (Maryam et al., 2019). Hasil uji ketebalan dan kuat tarik membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. memperlihatkan nilai ketebalan dan kuat tarik membran selulosa asetat dari cangkang biji pala. Ketebalan membran yang besar terdapat pada membran 4 yaitu 0,20 mm dan membran yang kecil pada membran 1 yaitu 0,11 mm. Hasil kuat tarik dari membran 4 yaitu 1,06 MPa dengan nilai *elongation* 196,81% dan kuat tarik dari membran 1 yaitu 3,06 MPa dengan nilai *elongation* sebesar 347,39%. Hal ini menandakan gaya yang diberikan untuk menarik membran semakin besar (Apipah, Irmansyah & Juansah., 2014). Peningkatan nilai kuat tarik dipengaruhi oleh ukuran serat penyusun selulosa asetat. Semakin kecil ukuran serat selulosa asetat semakin tinggi nilai kuat tarik yang dihasilkan. Hasil uji tarik dari membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala belum memenuhi standar minimal kuat tarik (Apriani et al., 2017). Batas minimal kuat tarik untuk membran selulosa asetat adalah 30 MPa, sedangkan untuk PVC adalah 20 MPa (Hartanto et al., 2007).

Swelling dan Ketahanan Membran

Derajat *swelling* merupakan kemampuan suatu membran untuk menyerap air. Derajat *swelling* biasanya digunakan untuk menentukan kualitas dari suatu membran atau dengan kata lain

menunjukkan parameter dari kualitas suatu membran (Gunawan et al., 2017). Proses mendapatkan derajat *swelling* ini dengan cara perendaman selama 24 jam di dalam air dan dikeringkan. Hasil derajat *swelling* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Derajat *Swelling* dan Stabilitas Membran Selulosa Asetat Limbah Cangkang Biji Pala

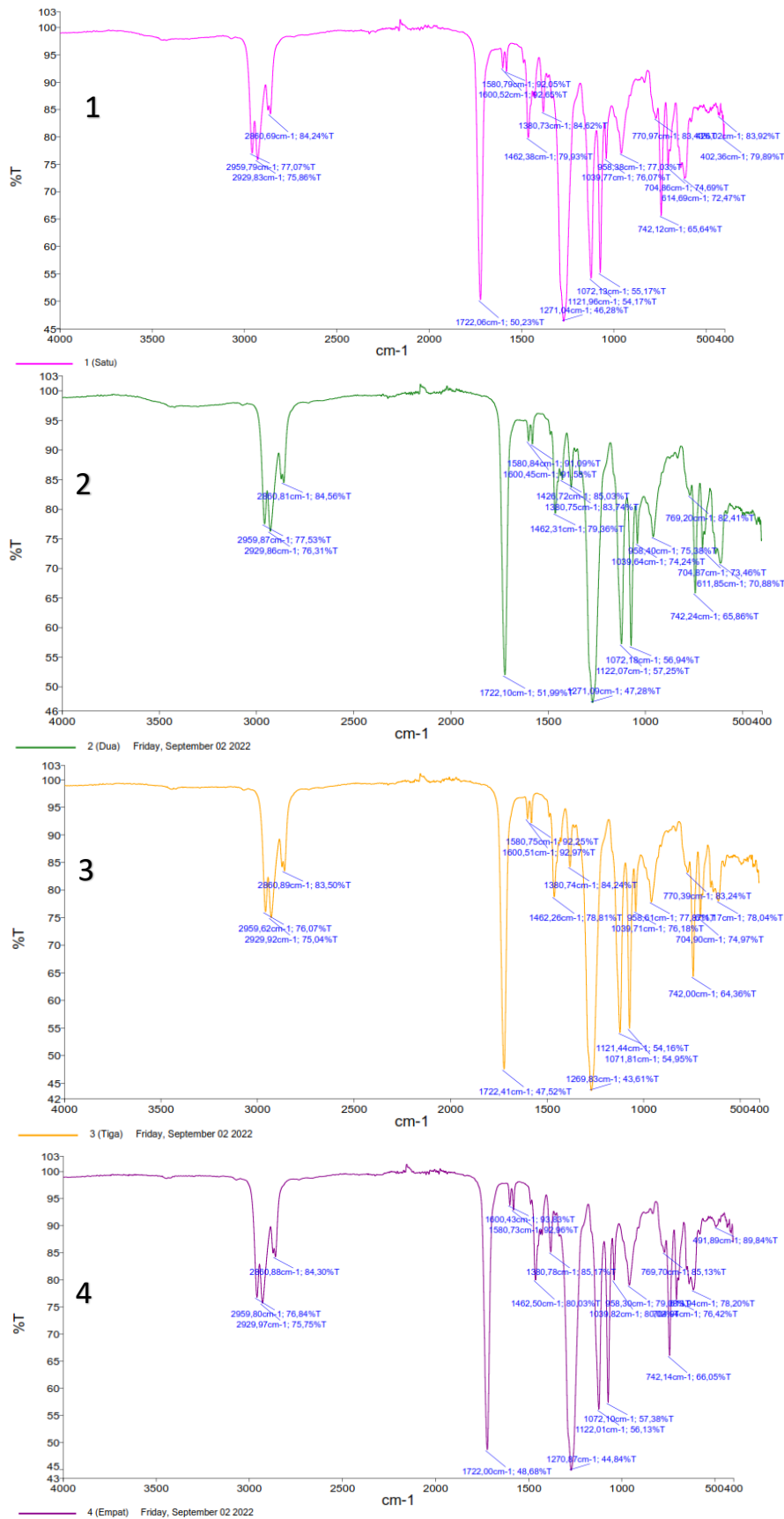
Kode Sampel	Derajat <i>Swelling</i> (%)	Stabilitas Membran (%)
1	59,52	32,2
2	16,44	8,75
3	4,65	9,34
4	24,06	2,72

Tabel 4 memaparkan derajat *swelling* dari membran selulosa asetat. Membran 1 memiliki nilai derajat *swelling* yang besar yaitu 59,52% dan derajat *swelling* terkecil terdapat pada membran 3 yaitu 4,65%. Membran 1 memiliki komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,1 gram sedangkan membran 3 memiliki komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,2 gram.

Uji stabilitas membran merupakan salah satu bagian dari parameter uji membran yang sangat penting dilakukan, karena uji stabilitas membran ini menjadi penentu dari kualitas membran yang dihasilkan. Uji stabilitas membran biasanya menggunakan pelarut asam, karena dalam aplikasinya membran digunakan terhadap limbah cair yang bersifat asam. Penelitian ini melakukan perendaman membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala kedalam larutan asam sulfat 5 N selama 24 jam. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4. Dari data pada Tabel 4., membran 1 memiliki nilai stabilitas membran yang lebih besar dibandingkan membran lainnya.

Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Karakterisasi membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala menggunakan FTIR bertujuan untuk melihat gugus yang terdapat pada membran tersebut. Gambar 2 merupakan spektrum FTIR dari membran selulosa asetat berdasarkan variasi berat selulosa asetat dan variasi PVC yang digunakan. Hasil yang diperoleh yaitu terdapat 4 spektrum dengan intensitas sinar dan puncak serapan yang hampir sama.



Gambar 2. Spektrum FTIR dari Membran Selulosa Cangkang Biji Pala (1) PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,1gram, (2) PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,1 gram, (3) PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,2 gram dan (4) PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,2 gram

Gugus fungsi yang terdapat pada spektrum FTIR tersebut diantaranya gugus C–H yang terletak pada panjang gelombang $2959,79\text{ cm}^{-1}$, C = O terletak pada $1722,06\text{ cm}^{-1}$, C – O asetil terletak pada $1271,04\text{ cm}^{-1}$ dan C – O ulur terletak di $1072,13\text{ cm}^{-1}$, dan yang menandakan adanya gugus PVC terdapat pada $742,12\text{ cm}^{-1}$. Nilai intensitas pada membran 2, 3 dan 4 mendekati nilai intensitas dari gugus fungsi yang ada pada membran 1.

KESIMPULAN

Membran 2 dengan komposisi PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,1 gram dan nomor 4 dengan komposisi PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,2 gram memiliki karakter morfologi yang baik dibandingkan membran lainnya. Nilai rejeksi dan fluks yang terdapat pada membran 2 ($t=1$ menit) masing-masing adalah 31,1% dan $4,6\text{ L/m}^2\cdot\text{jam}$ dan untuk membran nomor 3 ($t=3$ menit) sebesar 31,6% dan $0,3\text{ L/m}^2\cdot\text{jam}$. Ketebalan dan kekuatan membran yang baik terdapat pada membran 1 dengan masing-masing bernilai 0,11 mm dan 3,06 Mpa. *Swelling* dan stabilitas membran yang baik terdapat pada membran 1 yaitu masing-masing sebesar 59,52% dan 32,2%. Gugus fungsi yang terdapat pada spektrum FTIR membran selulosa asetat diantaranya gugus C–H, C=O, C–O asetil, dan C–O, serta gugus penanda PVC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Pusat Penelitian dan Publikasi UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah memberikan sumber pendanaan penelitian ini melalui DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

DAFTAR PUSTAKA

- Apipah, Irmansyah, J. (2014). Sintesis dan karakteristik membran nilon yang berasal dari limbah benang. *Jurnal Biofisika*, 10(1), 8–18.
- Apriani, R., Rohman, T., & Mustikasari, K. (2017). Sintesis dan karakterisasi membran selulosa asetat dari tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 9(2), 91–98.
- Dewi, A. M. P., Kusumaningrum, M. Y., Pranoto, Y., & Darmadji, P. (2017). Ekstraksi dan karakterisasi selulosa dari limbah ampas sagu. *Prosiding SNST Ke-8 Tahun 2017*, 1(1), 6–9.
- Effendi, F., Elvia, R., & Amir, H. (2018). Preparasi dan karakterisasi mikrokrystalin selulosa (MCC) berbahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS). *Alotrop*, 2(1), 52–57.
<https://doi.org/10.33369/atp.v2i1.4672>
- Ernawati. (2014). Pembuatan membran selulosa asetat termodifikasi zeolit alam lampung untuk pemisahan etanol-air secara pervaporasi. *Chimica et Natura Acta*, 2(1), 101–104.
- Fitriyano, G., & Abdullah, S. (2016). Sintesis selulosa asetat dari pemanfaatan limbah kulit pisang diaplikasikan sebagai masker asap rokok. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1(1), 1–7.
- Gunawan, R., Shofiyani, A., & Zaharah, T. A. (2017). Pengaruh penambahan karbon aktif. ISSN 2303-1077. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(1), 1–9.
- Handayani, S., Husnil, Y. A., & Latifa, P. (2017). Pembuatan membran selulosa asetat untuk aplikasi pemekatan jus buah. *Polimer Indonesia*, 20(1), 38–49.
- Hartanto, S., Handayani, S., Marlina, L., (2007). Karakteristik membran *swelling* air dan metanol pada membran. *Indonesian Journal Of Materials Science*, 8(3), 205–208.
- Lia Lismeri, Poppy Meutia Zari, Tika Novarani, Y. Da. (2016). Sintesis selulosa asetat dari limbah batang ubi kayu. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 11(2), 82–91.
- Maryam, M., Rahmad, D., & Yunizurwan, Y. (2019). Sintesis mikro selulosa bakteri sebagai penguat (*reinforcement*) pada komposit bioplastik dengan matriks PVA (*polivinil alcohol*). *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 41(2), 110.
<https://doi.org/10.24817/jkk.v41i2.4055>
- Murni, S. W. (2010). Preparasi membran selulosa asetat untuk penyaringan nira tebu. *Eksergi*, 10(2), 36.
- Nafi'ah & Primadevi. (2020). Sintesis membran

- selulosa asetat termodifikasi Na₂EDTA dari bagas tebu untuk adsorpsi logam Pb. *Cendiakia Utama*, 9(3), 272–281.
- Prasetyo., Adiarto., S. (2003). Rekayasa pembuatan membran selulosa asetat untuk pemisahan larutan deterjen. *Jurnal Purifikasi*, 4(3), 127–132.
- Rachmawaty, R., Meriyani, M., & Slamet Priyanto, I. (2013). Sintesis selulosa diasetat dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan potensinya untuk pembuatan membran. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), 8–16. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki>Telp/Fax:
- Rachmawaty, Meriyani, P. (2013). Membran selulosa dari eceng gondok. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), 8–16.
- Riani, P., Putri, A., Padang, P. A. T. I., Email, P., Padang, P. A. T. I., & Email, P. (2019). Pembuatan dan karakterisasi membran selulosa asetat dari limbah kulit kakao (*Theobroma cacao L.*) dengan metode inversi fasa untuk adsorpsi logam timbal. *ACE Conference 6th*, 1018–1027.
- Sagita, N., Aprilia, H., & Arumsari, A. (2020). Penggunaan karbon aktif tempurung pala (*Myristica fragrans Houtt*) sebagai adsorben untuk pemurnian minyak goreng bekas pakai. *Prosiding Farmasi*, 6(1), 74–80.
- Salindeho, N., Mamuaja, C., & Pandey, E. (2018). Potential of liquid smoke product of pyrolysis of nutmeg shell as smoking raw material. *International Journal of ChemTech Research*, 11(06), 239–245. <https://doi.org/10.20902/ijctr.2018.110630>
- Sapitri, R. A. (2021). Ekstraksi dan karakterisasi selulosa dari kulit buah aren (*Arenga pinnata*) untuk penyerapam ion logam Cr(VI). In *Skripsi* (Issue Universitas Jambi).
- Silvia, Pinem, I. (2016). Sintesis membran selulosa asetat untuk desalinasi air payau. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–9.
- Suseno, N., Adiarto, T., Atie, S., Kimia, J. T., Teknik, F., & Surabaya, U. (2003). Selulosa asetat dan optimasi membran selulosa asetat pada proses mikrofiltrasi bakteri. *Unitas*, 11(2), 29–45.
- Thaiyibah, N., Alimuddin, & Panggabean, A. S. (2016). Pembuatan dan karakterisasi membran selulosa asetat-PVC dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk adsorpsi logam tembaga (II). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 14(1), 29–35.



EFFECT OF RHIZOBIUM INOCULATION AND PHOSPHATE FERTILIZER ON THE GROWTH OF SOYBEAN (*Glycine max* L) GROBOGAN VARIETY

Muhamad Nasir^{1)*}, Endang Tadjudin^{S2)}, Dwi Purnomo²⁾, Amran Jaenudin²⁾, dan Maryuliyanna³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Magister Agronomi Pascasarjana UGJ, 45132, Indonesia.

²⁾ Dosen Program Studi Magister Agronomi Pascasarjana UGJ, Cirebon, 45132, Indonesia.

³⁾ Alumni Program Studi Magister Agronomi Pascasarjana UGJ, Cirebon, 45132, Indonesia.

ARTICLE INFO

Received 09 Dec 2022,

Revised 05 Jun 2023,

Accepted 16 Jun 2023,

Available online 18 Aug 2023

Keywords:

- ✓ Soybean
- ✓ Grobogan Variety
- ✓ Phosphate Fertilizer
- ✓ Rhizobium
- ✓ Inoculation

*corresponding author:

nasir.agict2068@gmail.co

[m](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.462)

Phone: +6287736906020

[https://doi.org/10.31938/jsn.](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.462)

[v 13i3.462](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i3.462)

ABSTRACT

Various strategic efforts to increase food production continue to be made in an effort to achieve self-sufficiency and food security. Soybean is a national strategic commodity to support government programs in an effort to increase production with the aim of achieving self-sufficiency. The purpose of this study was to determine the effect of the combination of phosphate fertilizer and rhizobium biofertilizer on the growth of soybean (*Glycine max* L) Grobogan variety. The research was conducted from June to September 2022 at the Ma'had Al Zaytun Agricultural Complex, Indramayu Regency. The method used is the method of randomized block design with a combination pattern. There were 9 treatment combinations of SP-36 phosphate fertilizer and rhizobium inoculation. SP-36 Fertilizer consists of 3 levels, namely 100, 150 and 200 kg/ha and Rhizobium with 3 levels, namely 0.05, 0.10 and 0.15 g/planting hole. Each combination was repeated three times so that there were 27 trial plots. Each experimental plot is 6 m². The observed data were processed using analysis of variance and the Scott-Knott test. The results showed that the combination of SP-36 Phosphate fertilizer and Rhizobium inoculation had a significant effect on all observations both plant height, number of trifoliolate leaves, number of branches, root volume.

ABSTRAK

Pengaruh Pupuk Fosfat dan Inokulasi Rhizobium terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L) Varietas Grobogan

Berbagai upaya strategi peningkatan produksi pangan terus dilakukan dalam upaya pencapaian swasembada dan ketahanan pangan. Kedelai merupakan komoditas strategis nasional yang diupaya guna mendukung program pemerintah dalam peningkatan produksi dengan sasaran mencapai swasembada. Tujuan dari penelitian ini adalah agar dapat diketahui pengaruh kombinasi pupuk fosfat dan inokulasi rhizobium terhadap pertumbuhan tumbuhan kedelai (*Glycine max* L) varietas Grobogan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga September 2022 di Kompleks Pertanian Ma'had Al Zaytun Kab. Indramayu. Metode yang digunakan adalah dengan metode RAK pola kombinasi. Terdapat 9 kombinasi perlakuan pupuk fosfat SP-36 dan inokulasi rhizobium. Pupuk SP-36 terdiri dari 3 taraf yaitu 100, 150 dan 200 kg/ha dan Rhizobium dengan 3 taraf yaitu 0,05, 0,10 dan 0,15 g/lubang tanam. Setiap kombinasi diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 27 petak percobaan. Setiap petak percobaan berukuran 6 m². Data hasil pengamatan diolah menggunakan analisis sidik ragam dan uji lanjut Scott-Knott. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pupuk Fosfat SP-36 dan inokulasi.Rhizobium memberi pengaruh yang nyata terhadap semua amatan baik tinggi tanaman, jumlah daun trifoliolate, jumlah cabang, volume akar.

Kata kunci: Kedelai; Varietas Grobogan; Pupuk Fosfat; nokulasi;Rhizobium

PENDAHULUAN

Pertanian adalah satu diantara berbagai sektor kehidupan yang sangat pokok dalam menyokong pembangunan ekonomi.nasional. Pemerintah menghendaki pembangunan bidang pertanian sehingga dapat menciptakan kedaulatan pangan dan pertanian berkelanjutan, guna

memenuhi keperluan hasil dari produksi pangan negeri, melakukan kebijakan pangan secara independen dan melindungi serta menyejahterakan petani yang menjadi pelaku utama usaha pertanian pangan (Kementerian Pertanian, 2020).

Dalam mendukung ketahanan pangan nasional, salah satu tanaman yang menjadi



komoditas untuk mendukung pelaksanaan program sekaligus terwujudnya keanekaragaman pangan di Indonesia adalah kedelai. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, diversifikasi pangan berbahan kedelai menjadi makanan sangat direkomendasikan karena kandungan gizi yang baik dan seimbang (Permenkes, 2014).

Sumber protein nabati bagi masyarakat Indonesia salah satunya adalah kedelai (*Glycine max L.*). Selain bahan pangan kedelai juga dimanfaatkan sebagai bahan pakan bahkan menjadi bahan baku utama berbagai industri manufaktur dan olahan. Menurut hasil penelitian Banobe *et al.*, (2019) menyatakan hasil analisis kedelai mengandung kadar air rendah sebesar 5,43%, kadar protein tinggi sebesar 27,43%, kadar lemak rendah sebesar 15,94%, karbohidrat rendah sebesar 49,38% dan total flavonoid tinggi sebesar 0,33 mg/mL.

Pengelompokan tumbuhan yang dibedakan ke dalam jenis atau spesies tertentu sehingga mempunyai kesamaan berdasarkan sifat-sifat tertentu dari kelompok lain dinamakan kultivar. Kultivar kedelai yang dianjurkan biasanya memiliki sifat-sifat unggul seperti waktu panen, hasil per hektar, ketahanan atas serangan organisme pengganggu tanaman, serta sudah bersertifikat (Andrianto *et al.*, 2014). Penggunaan kultivar unggul menjadi satu diantara kegiatan tidak mengeluarkan biaya mahal untuk meningkatkan produksi kedelai. Ketersediaan kultivar unggul sangat penting bagi petani dalam menyesuaikan kondisi lahan, baik dalam penentuan kultivar yang digunakan antar musim, memastikan bahwa petani tidak menanam satu kultivar secara berkelanjutan dan mencegah serangan hama penyakit. Deskripsi kultivar merupakan parameter untuk memahami identifikasi kultivar yang unggul.

Kedelai termasuk jenis tanaman yang responsif terhadap pemupukan. Pemupukan dilakukan sebagai upaya menambah berbagai zat penambah tumbuh baik makro maupun mikro yang esensial untuk tanaman, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil. Pemupukan dapat dilakukan secara kimiawi berupa pupuk anorganik yang mengandung berbagai bahan kimia dengan persentase kandungan hara tertentu, maupun secara biologis berupa pupuk hayati yaitu pemberian bakteri yang dapat kontribusi pada akar tumbuhan.

Menurut Setyawan (2015), ketersediaan Nitrogen (N) yang melimpah pada tumbuhan Legum (polong-polongan) karena adanya bakteri

rhizobium yang berimbiosis dengan tanaman tersebut. Secara biologis, fiksasi N sangat membantu tumbuhan terhadap ketergantungan N dari luar (N sintesis). Hubungan saling menguntungkan antara rhizobium dengan Legum (polong-polongan) ditandai dengan munculnya bintil akar sebagai tempat terjadinya fiksasi N dari udara. Hasil penelitian Setyawan (2015), menyatakan perlakuan inokulum rhizobium dan pemberian pupuk organik Petroganik memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan kacang tanah.

Berdasarkan penelitian Akpalu, *et al.* (2014) menyatakan memberikan perlakuan pupuk fosfat dan inokulasi rhizobia pada kedelai berperan sangat nyata dalam meningkatkan nodulasi, pembentukan dan perkembangan polong, serta hasil. Selain itu, penelitian tersebut menyampaikan bahwa fiksasi N yang optimal dan memaksimalkan produktivitas kedelai, perlu aplikasi pupuk fosfat untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan rhizobia yang sesuai.

Kombinasi inokulasi rhizobium dan pupuk fosfat berpengaruh terhadap tanaman kedelai (Irhamudin, 2016). Pada penelitian Wiradinata *et al.*, (2016) menunjukkan rata-rata tinggi tanaman umur 21 Hari Setelah Tanam (HST), jumlah daun umur 35 HST, volume akar dan jumlah bintil akar umur 25 dan 45 HST menunjukkan pengaruh yang nyata pada perlakuan kombinasi inokulasi rhizobium dan pupuk fosfat. Kemudian, Sukmasari, *et al.*, (2021) menyampaikan bahwa dosis 150 Kg/ha rock fosfat menunjukkan hasil terbaik dalam menambah tinggi tanaman. Inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* dengan mikroba pelarut *phosphate* dan dosis 150 Kg/ha mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai dan hasil yang lebih baik (Dani, U, & Salman, S., 2021).

Pemberian pupuk fosfat dan inokulasi rhizobium secara simultan dalam menyediakan hara yang dibutuhkan tanaman kedelai yaitu menghidrolisis kompleks fosfor menjadi bentuk yang tersedia dan dapat meningkatkan serapan hara bagi tanaman. Dalam penelitian ini, apakah pemberian pupuk fosfat dan inokulasi rhizobium secara simultan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max L.*) varietas Grobogan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kedelai varietas Grobogan. Varietas

ini dipilih karena memiliki potensi hasil 2,77 ton per hektar, umur panennya 76 hari (Nugrahaeni, 2011). Periode berbunga yang serempak dan tahan penyakit bercak daun (deskripsi terlampir (Balitkabi, 2014). Pupuk hayati berupa inokulan rhizobium dan pupuk kimia dengan komposisi SP 36-(36% P₂O₅), pupuk dasar KCL-(60% K₂O), 50 Kg Urea (46 % N), insektisida dan fungisida. Sedangkan, alat-alat yang dipergunakan adalah cangkul, kored, sekop, pompa air, ceret, parang, timbangan analitis, oven, dan alat pendukung pertanian lainnya.

Metode

Penelitian dilaksanakan di Kompleks Pertanian Kampus Ma'had Al-Zaytun Desa Mekarjaya Kecamatan Gantar, Kabupaten Indramayu selama 4 bulan dari bulan Juni–September 2022. Lokasi penelitian berada di daerah dengan ketinggian ± 50 mdpl, terindikasi jenis tanah Latosol dan curah hujan 27-400 mm/tahun (Gumilang *et al.*, 2020). Menurut Schmidt dan Fergusson bahwa tipe curah hujan di daerah ini termasuk tipe-C atau agak basah. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) terdiri dari 9 kombinasi perlakuan pupuk fosfat dan inokulasi rhizobium. Pengolahan hasil pengamatan menggunakan Microsoft Excel Smartstat 2010. Pengolahan data digunakan uji statistik model linier yaitu:

$$X_{ij} = \mu + r_i + t_j + e_{ij}$$

Keterangan :

X_{ij} = Hasil pengamatan pada ulangan ke-*i*, perlakuan ke-*j*.

μ = Nilai rata-rata umum

r_i = Pengaruh ulangan ke-*i*

t_j = pengaruh perlakuan ke-*j*

e_{ij} = pengaruh random dari ulangan ke-*i* dan perlakuan ke-*j*.

Analisis sidik ragam menentukan apakah perlakuan berbeda nyata atau homogen pada taraf nyata 5%, didukung Uji Gugus *Scott-Knott* menggunakan rumus :

$$\lambda = \frac{\Sigma Bo \max}{2So^2 (\pi - 2)} = 1,376 \quad \frac{Bo \max}{So^2}$$

$$So^2 = \frac{\Sigma(y_i - y_{...})^2 + aSy^2}{a + t}$$

Bila didapati λ (lamda) < Chi-Kuadrat (χ^2), maka gugus rata-rata perlakuan sudah homogen.

Sedangkan, jika λ (lamda) > Chi-Kuadrat (χ^2), maka gugus nilai rata-rata perlakuan tidak homogen, dan akan dilanjutkan pada tiap-tiap pecahan gugus dan dihentikan jika nilai rata-rata perlakuan antara gugus homogen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman adalah rata-rata tinggi tanaman, diukur mulai dari pangkal sampai dengan titik tumbuh tunas tertinggi. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, rata-rata tinggi tanaman pada umur 21 HST dan 28 HST berpengaruh nyata. Sedangkan, umur 35 HST tidak berpengaruh nyata. Hal ini didukung hasil analisis *Scott Knott* dengan indeks yang beragam atau heterogen (Tabel 2). Kombinasi perlakuan P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 lubang menunjukkan hasil tanaman dengan rata-rata tertinggi pada pengamatan 21, 28 dan 35 HST masing-masing sebesar 19,9; 28,1; dan 44,8 cm.

Kombinasi pupuk fosfor 150 Kg/ha ditambah pupuk hayati 10,l/ha memberikan perbedaan pengaruh dibandingkan dengan perlakuan lainnya terhadap tinggi tanaman (Irwan *et al.*, 2018). Pemberian pupuk *rock-fosfat* dengan dosis 150 Kg/ha meningkatkan tinggi tanaman sampel (Sukmasari *et al.*, 2021). Inokulasi *B. japonicum* dengan mikroba pelarut fosfat dan dosis 150 Kg/ha mampu menghasilkan pertumbuhan tanaman dan hasil yang lebih baik (Syarullah, 2021). Pupuk fosfat memiliki pengaruh terhadap laju respirasi dan fotosintesis, pembentukan asam nukleat, perkembangan bibit tanaman dan penghasil buah, serta perangsang perkembangan akar, sehingga memungkinkan tanaman akan lebih tahan terhadap efek kekeringan dan mempercepat umur panen sehingga dapat mengurangi resiko keterlambatan lamanya-panen (Balitkabi, 2018). Selain itu, untuk menghasilkan pertumbuhan yang tinggi diperlukan hara dalam jumlah cukup dan seimbang (Endriani *et al.*, 2017). Hasil-hasil penelitian-penelitian tersebut mendukung penelitian ini. Pada pengamatan tinggi tanaman terdapat pengaruh yang nyata karena adanya kombinasi pupuk fosfat dan inokulasi rhizobium yang berpengaruh terhadap daya respirasi, fotosintesis, penyusunan asam nukleat, pembentukan bibit tanaman dan merangsang perkembangan akar.

Tabel 1. Daftar Sidik-Ragam

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}
Ulangan. (r)	2	$\sum X_{i..}^2/t - X...^2/rt$	JNr/DBr	KTr/KTg
Perlakuan-(t)	8	$\sum X_{.jk}^2/r - X...^2/rt$	JNt/DBt	KTt/KTg
Galat.(g)	16	JNt - JNr - JNt	JNg/DBg	
Total (T)	26	$\sum X_{ijk}^2 - X...^2/rt$		

Sumber : Kemas Ali (2012)

Jumlah Daun

Pengaruh perlakuan kombinasi fosfat dan inokulasi rhizobium terhadap jumlah daun pada 21 HST, 28 HST dan 35 HST tersaji dalam Tabel 3. Berdasarkan pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara perlakuan kombinasi pupuk fosfat dan inokulasi rhizobium pada rata-rata jumlah daun di umur 28 HST. Perlakuan E dan H menunjukkan hasil yang terbaik dari pada perlakuan lainnya. Hal ini diduga bahwa pertumbuhan jumlah daun pada tanaman kedelai dipengaruhi oleh unsur hara yang cukup yang diserap oleh akar dan lingkungan tempat tumbuh yang baik,

serta pengaruh cahaya matahari dalam proses fotosintesis. Apabila tanaman kelebihan atau kekurangan unsur hara dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal (Mukhlis, 2017). Hasil percobaan yang sama dengan penelitian Irhamudin (2016) menyatakan bahwa terdapat pengaruh antara kombinasi perlakuan pupuk fosfat dan inokulasi rhizobium terhadap jumlah daun umur 35 HST. Unsur hara fosfor (P) merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman setelah N, akan tetapi unsur P menjadi salah satu pembatas utama pertumbuhan tanaman pada lahan kering (Hendrianto *et al.*, 2017).

Tabel 2. Pengamatan Rata-rata Tinggi Tanaman Umur 21, 28 dan 35 HST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)		
	21 HST	28 HST	35 HST
A P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	15,4 a	24,2 a	39,7 a
B P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	15,4 a	25,1 a	38,6 a
C P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	16,5 a	26,2 a	40,7 a
D P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	17,3 b	26,2 a	38,7 a
E P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	19,9 b	28,1 b	44,8 a
F P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	18,6 b	25,8 a	40,2 a
G P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	18,1 b	25,8 a	36,7 a
H P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	18,6 b	26,8 b	40,8 a
I P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	18,3 b	27,1 b	40,3 a

Keterangan : Angka rata – rata dengan disertai huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Scott Knott pada taraf nyata 5 %.

Tabel 3. Pengamatan Rata-rata Jumlah Daun Umur 21, 28 dan 35 HST

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)		
	21 HST	28 HST	35 HST
A P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	3,56 a	6,17 a	11,83 a
B P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	3,72 a	6,50 a	12,00 a
C P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	3,50 a	6,39 a	11,39 a
D P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	3,89 a	7,17 a	11,89 a
E P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	4,17 a	8,56 b	13,94 a
F P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	4,33 a	7,06 a	12,06 a
G P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	3,33 a	6,89 a	11,94 a
H P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	3,94 a	7,28 b	12,56 a
I P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	3,50 a	6,11 a	11,17 a

Keterangan: Angka rata – rata dengan disertai huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Gugus Scott Knot pada taraf nyata 5 %.

Tabel 4. Pengamatan Rata-rata Jumlah Cabang Umur 21, 28 dan 35 HST

Perlakuan	Jumlah Cabang (buah)		
	21 HST	28 HST	35 HST
A P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	0,61 a	1,61 a	2,39 a
B P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	0,50 a	1,72 a	2,06 a
C P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	0,61 a	1,67 a	2,17 a
D P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	0,72 a	2,00 a	2,33 a
E P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	0,72 a	2,33 a	2,61 a
F P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	0,72 a	1,89 a	2,50 a
G P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	0,61 a	2,0 a	2,50 a
H P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	0,61 a	1,94 a	2,39 a
I P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	0,67 a	1,83 a	2,22 a

Keterangan : Angka rata – rata dengan disertai huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Gugus Scott Knot pada taraf nyata 5 %.

Tabel 5. Pengamatan Rata-rata Volume Akar Pada Umur 21, 28 dan 35 HST

Perlakuan	Volume Akar (ml)		
	21 HST	28 HST	35 HST
A P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	0,43 a	1,33 a	2,93 a
B P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	0,43 a	1,47 a	3,23 a
C P 100 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	0,43 a	1,53 a	3,47 a
D P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	0,53 a	1,67 a	3,87 b
E P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	0,83 b	2,17 b	4,77 c
F P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	0,80 b	1,97 b	4,43 c
G P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,05 g/lubang	0,70 b	1,70 a	3,77 b
H P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang	0,43 a	1,47 a	3,37 a
I P 200 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,15 g/lubang	0,70 b	1,93 b	3,97 c

Keterangan : Angka rata – rata dengan disertai huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Scott Knott pada taraf nyata 5 %.

Jumlah Cabang

Hasil analisis uji sidik ragam dan hasil uji lanjut *Scott Knott* dalam pengamatan jumlah cabang tanaman kedelai umur 21, 28, dan 35 HST tersaji pada Tabel 4. Hasil analisis uji lanjut *Scott.Knott* tidak terdapat perbedaan yang nyata pada pengamatan jumlah cabang umur 21, 28 dan 35 HST. Pemberian kombinasi perlakuan pupuk fosfat dan rhizobium menunjukkan adanya perbedaan jumlah cabang pada setiap perlakuannya. Kemudian, pada pengamatan umur 28 dan 35 HST perlakuan P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang menunjukkan jumlah cabang yang lebih banyak dari pada perlakuan lainnya. Pada fase vegetatif, pertumbuhan kedelai dapat meningkat cepat yaitu pada 28-35 HST dan pertumbuhannya melambat pada saat tanaman mulai berbunga yaitu pada umur 35 HST. Hal ini sejalan dengan penelitian Palobo *et al.*, (2016) menyatakan efisiensi yang rendah dari beberapa unsur hara pada tanaman dapat terjadi jika kekurangan maupun kelebihan unsur hara.

Volume Akar

Hasil analisis sidik ragam dan hasil uji lanjut *Scott Knott* pada pengamatan volume akar tanaman kedelai umur 21, 28, dan 35 HST tersaji pada Tabel 5. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa volume akar tanaman kedelai menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada setiap pengamatan. Perlakuan kombinasi P 150 Kg SP 36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang menunjukkan rata-rata volume akar terbaik dari pada perlakuan lainnya di setiap umur pengamatan dengan nilai masing-masing 0,83, 2,17 dan 4,77 ml. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan pupuk fosfat dan rhizobium meningkatkan volume akar tanaman dikarenakan nodul akar atau bintil akar dibentuk oleh bakteri Rhizobium di dalam akar tanaman. Sedangkan, unsur yang dapat merangsang pertumbuhan akar adalah unsur P yang berfungsi sebagai tempat bintil akar (Adisarwanto, 2013). Keseimbangan pada jumlah unsur dapat meningkatkan pertumbuhan pada tanaman kedelai. Efek buruk pada tanaman terjadi apabila kekurangan atau kelebihan unsur hara (Arina *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pertumbuhan tanaman kedelai yang terbaik adalah perlakuan kombinasi P 150 Kg SP36/ha dan rhizobium 0,10 g/lubang berdasarkan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, dan volume akar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada Kemendikbudristek yang telah memberikan bantuan dana hibah penelitian dengan skema PPS-PTM, seluruh civitas Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon dan Syaykh Al-Zaytun, Ketua Yayasan Pesantren Indonesia dan Pimpinan, serta seluruh jajaran di Ma'had Al-Zaytun Indramayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto. (2013). *Budidaya dengan Pemupukan yang Efektif dan Pengoptimalan Peran Bintil Akar Kedelai*. Bogor: Penebar Swadaya.
- Akpalu, M.M., Siewobr, H., Oppong-Sekyere, D, & Akpalu, S.E. (2014). Phosphorus Application and Rhizobia Inoculation on Growth and Yield of Soybean (*Glycine max L. Merrill*). *Journal of Experimental Agriculture International*, 4(6), 674-685.
- Andrianto, T.T., & Indarto, N. (2014). *Budidaya Dan Analisis Tani Kedele, Kacang Hijau, Kacang Panjang*. Yogyakarta: Penerbit Absolute.
- Balitkabi. (2014a). Deskripsi Varietas Unggul Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Retrieved July 2, 2015, from <https://bpksejangkung.files.wordpress.com>
- Balitkabi. (2014b). Produksi Benih Dasar Kedelai. Retrieved from <http://www.litbang.pertanian.go.id/>
- BPS. (2014). Produksi, Jagung, dan Kedelai. Produksi Kedelai Enam Tahun Terakhir Indonesia. Retrieved from <http://jatim.bps.go.id/>
- Dani, U, & Salman, S. (2021). Sinergisme Inokulasi Bradyrhizobium Japonicum Dan Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Peternakan*, 9(2), 167-175.
- Endriani, Ghulamahdi, M., & Sulistyono, E. (2017). Pertumbuhan dan Hasil Kedelai di Lahan Rawa Lebak dengan Aplikasi Pupuk Hayati dan Kimia. *J. Agron. Indonesia*, 45(3), 263-270. DOI: <https://dx.doi.org/10.24831/jai.v45i3.14488>
- Ervina, O., Andjarwati, & Historiwati. (2016). Pengaruh umur bibit pindah tanam dan macam pupuk daun terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terong (*Solanum melongena L.*) Varietas Antaboga 1. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 1(1), 12-22.
- Fitriana, D. A, Islami T., & Sugito Y. (2014). Pengaruh dosis Rhizobium serta macam pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) varietas kancil. *Jurnal Produksi Tanaman*. 3(7), 547-555.
- Ginting A. K. (2017). *Pengaruh Pemberian Nitrogen Dan Fosfor Terhadap Pertumbuhan Legum Calopogonium Mucunoides, Centrosema Pubescens Dan Arachis Pintoi* (Skripsi). Universitas Jambi. Jambi.
- Hendrianto, Suharjono, M.F., & Rahayu, S. (2017). Aplikasi Inokulasi Rhizobium dan Pupuk SP-36 Terhadap Produksi dan Mutu Benih Kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*) Varietas Dering. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(1), 94- 103.
- Hanafiah, K.A. (2012). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Perkasa.
- Irwan, A. W. & Nurmala, T. (2018). Pengaruh pupuk hayati majemuk dan pupuk fosfor terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di inceptisol Jatiningor. *Jurnal Kultivasi*, 17 (3).
- Kementerian Pertanian. (2020). Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor: 259/Kpts/Rc.020/M/05/2020. Renstra Kementerian Pertanian 2020-2024
- Manasikana, A., Kuswanto, L., & Kusrinah. (2019). Pengaruh Dosis Rhizobium Serta Macam Pupuk NPK Terhadap

- Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max*) Varietas Anjasmoro. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 2 (1), 133-143.
- Mar'ah, Khotimah, K., & Prasetya, H. (2011). Pengaruh Pupuk P (Fosfor) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*). PKM Institut Pertanian Bogor.
- Novriani. (2011). Peranan Rhizobium dalam Meningkatkan Ketersediaan Nitrogen Bagi Tanaman Kedelai. *Agronobis*, 3 (5), 35-42.
- Nugrahaeni, G.W.A. Santoso, & Purwantoro. (2011). Kemajuan Seleksi Dan Penampilan Galur Generasi F2–F4 Pada Perakitan Kedelai Berumur Genjah Dan Ukuran Biji Besar Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2011*.
- Palobo F, Ayakeding E, Nunuela M, Marwoto. (2016). Pengaruh waktu aplikasi pupuk npk phonska terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi: 198–206*.
- Permenkes. (2014). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 Tentang Pedoman Gizi Seimbang. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
- Purwaningsih, S. (2015). Pengaruh inokulasi rhizobium terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine Max L*) varietas wilis di rumah kaca. *Berita biologi*, 14(1), 69-76.
- Rahayu, S. (2017). Aplikasi Inokulasi Rhizobium dan Pupuk SP-36 Terhadap Produksi dan Mutu Benih Kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*) Var. Dering. *Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1(1).
- Schmidt, F.H. & Ferguson, J. H. A. (2013). *Rain Fall Types Based On Wet an Dry Period Rations For Indonesia With Western New Guinea*. Jakarta: Jawatan Meteorologi dan Geofisik.
- Setyawan, F., Santoso, M., & Sudiarso. 2015. Pengaruh Aplikasi Inokulum Rhizobium dan Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogea L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(8), 697 – 705
- Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sukmasari, M.D., Wijaya, A.A., Dani, U., & Umyati, S. (2021). Potensi mikroba penambat nitrogen dan pelarut fosfat untuk optimalisasi pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. *AGROMIX*, 12(1), 68-73.
- Wiradinata, R., Sungkaawa, I, & Irhamudin. (2016). Pengaruh Inokulasi Rhizobium Dan Pupuk Fosfat Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max (L) Merrill*) Kultivar Argomulyo. *Agros wagati : Jurnal Agronomi*, 4(2), 473-483.

PEDOMAN PENULISAN

A. Pedoman Umum

1. Naskah merupakan hasil penelitian otentik yang belum dipublikasikan di media publikasi atau penerbitan lainnya.
2. Naskah tidak mengandung unsur plagiarisme. Dewan redaksi akan langsung menolak teks yang terindikasi plagiarisme.
3. Naskah yang telah ditulis berdasarkan pedoman Sains Natural (dalam format MS Word, sesuai template), harus dikirim melalui Sistem Submission Online dengan menggunakan Open Journal System (OJS) di portal e-jurnal Sains Natural (<http://ejournalunb.ac.id/index.php/JSN>). Kemudian, daftarkan diri sebagai salah satu penulis atau reviewer.
4. Naskah yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Sains Natural akan dikembalikan kepada penulis sebelum proses *review*.
5. Naskah bisa ditulis baik dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dengan bahasa standar. Naskah harus terdiri dari sepuluh (10) sampai tiga belas (13) halaman termasuk gambar dan tabel. Naskah ditulis di atas kertas ukuran A4 (210x297 mm), dengan margin 3 cm (kiri, kanan, bawah dan atas).
6. Teks naskah harus menggunakan huruf Times New Roman, ukuran huruf 11pt, 1 spasi baris, dalam satu kolom.
7. Kata-kata yang tidak umum atau dari bahasa asing dituliskan dengan format *Italic*. Untuk naskah dalam Bahasa Indonesia, sebaiknya hindari istilah asing. Setiap paragraf dimulai 10 mm dari sisi kiri perbatasan sementara tidak ada spasi di antara paragraf.
8. Tabel dan gambar ditempatkan di grup teks setelah teks. Setiap gambar harus diberi judul (Gambar) di bawah gambar dan diberi nomor dalam format penomoran Arab yang diikuti oleh judul gambar. Setiap tabel harus diberi judul tabel dan diberi nomor dalam format penomoran arab di atas tabel diikuti dengan judul tabel. Gambar lampiran jelas (ukuran font, resolusi dan ruang garis terlihat jelas). Gambar, tabel, dan bagan harus ditempatkan di tengah antara kelompok teks. Jika memiliki ukuran lebih besar, bisa diletakkan di tengah halaman. Tabel tidak boleh berisi garis vertikal, sedangkan garis horisontal hanya diijinkan untuk hal penting.

B. Teks Naskah

1. Judul

Judul harus ringkas dan informatif. Judul naskah harus ditulis dengan maksimal 12 (dua belas) kata (dalam Bahasa Indonesia) dan 10 (sepuluh) kata dalam bahasa Inggris, font berukuran 12pt, UPPERCASE, BOLD, dan dalam format teks rata tengah.

2. Nama penulis dan afiliasinya

Nama dari masing-masing penulis dicantumkan dengan jelas dan harus menunjukkan penulis yang berperan sebagai koresponden. Alamat afiliasi penulis (tempat kerja sebenarnya dilakukan) dicantumkan di bawah nama. Tanggung jawab koresponden ini mencakup menjawab pertanyaan tentang Metodologi dan Bahan. Penulis juga mencantumkan alamat e-mail dan rincian kontak.

3. Abstrak

Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Teks ditulis dalam format Times New Roman, ukuran huruf 9pt, 1 spasi baris, sebanyak 75-250 kata dan diikuti oleh lima kata kunci. Abstrak harus menyatakan secara singkat tujuan penelitian, hasil utama, dan kesimpulan utama.

4. Pendahuluan

Pada pendahuluan, sebutkan tujuan dan latar belakang yang memadai. Hindari survei literatur terperinci atau ringkasan hasilnya.

5. Bahan dan Metode

Metode ini diimplementasikan untuk memecahkan masalah, termasuk metode analisis. Metode yang digunakan dalam pemecahan masalah penelitian dijelaskan pada bagian ini.

6. Hasil dan Pembahasan

Hasil harus jelas dan ringkas. Pembahasan harus mengeksplorasi signifikansi hasil kerja, bukan mengulanginya. Hindari kutipan yang luas dan diskusi literatur yang dipublikasikan.

7. Kesimpulan

Kesimpulan utama penelitian ini dapat disajikan dalam bagian Kesimpulan singkat.

8. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih dicantumkan pada bagian terpisah di bagian akhir artikel sebelum referensi. Pada ucapan terima kasih dicantumkan nama/organisasi/institusi yang memberikan bantuan selama penelitian (misal, Memberikan bantuan bahasa, menulis bantuan atau bukti membaca artikel, dll.).

9. Referensi dan kutipan

Semua referensi yang digunakan harus diambil dari sumber utama (jurnal ilmiah dan yang paling sedikit adalah 80% dari semua referensi) yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir. Setiap naskah harus memiliki setidaknya sepuluh referensi. Referensi harus menggunakan "Mendeley" sebuah aplikasi manajemen referensi. Format penulisan yang digunakan dalam Sains Natural mengikuti format yang diterapkan oleh APA 6th Edition (American Psychological Association).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada para pakar/mitra bestari/rekan setara yang telah diundang sebagai penelaah oleh *Jurnal Sains Natural* dalam Volume 13 No. 3, Tahun 2023. Berikut ini adalah daftar nama pakar/mitra bestari/rekan setara yang berpartisipasi :

1. Prof. Dr. Adi Santoso, M.Si (Kimia Analitik, Puslitbang Kehutanan)
2. Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si (Surfactant and Bioenergy Research Center, IPB University)
3. Dr. Murthapsari, S.Pd., M.Si (Kimia, Universitas Papua)
4. Dr. Ni Made Susun Parwanayoni, S.Si., M.Si (Biologi, Universitas Udayana)
5. Dr. Lany Nurhayati, M.Si (Kimia Organik, Universitas Nusa Bangsa)
6. Dr. Junita Hardini, Dra., M.Si (Biologi, Universitas Udayana)
7. Lisna Efiyanti, S.Si, M.Sc (Ilmu kayu dan teknologi hasil hutan, BRIN)
8. Irvan Fadli Wanda, S.Si., M.Si (Research Center for Biosystematics and Evolution, BRIN)
9. Messalina Lovenia Salampey, S.Hut., M.Si (Konservasi, Universitas Nusa Bangsa)
10. Dra. Nia Yuliani, M.Pd. (Department of Biology, Universitas Nusa Bangsa)
11. Srikandi, S.Si., M.Si (Mikrobiologi Tanah dan Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa)
12. Gladys Ayu P. K. Wardhani, S.Si., M.Si (Inorganic Chemistry, Universitas Nusa Bangsa)
13. Amri Yahya, S.Si., M.Si (Material, Universitas Nusa Bangsa)