

SAINS NATURAL

JURNAL ILMIAH ILMU-ILMU BIOLOGI DAN KIMIA



This cover has been designed using assets from Freepik.com



SAINS NATURAL

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia
Volume 13 No. 1 Januari 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.

JSSN

KATA PENGANTAR

Penerbitan Jurnal Sains Natural Volume 13 No.1, Bulan Januari 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: *Hubungan antara Persentase Radiasi Matahari di Bawah Naungan Tajuk Tegakan dengan Pertumbuhan Kapulaga, Isolat Asam Usnat dari Lichen Usnea sp. Asal Ciwidey, Jawa Barat, Keanekaragaman Mamalia pada Tegakan Trubusan Jati (Tectona grandis Linn. f) Unggul Nusantara (JUN) Umur 8 Tahun, Penurunan Kadar COD, pH dan Fosfat pada Air Limbah Laundry Menggunakan Metode Multi Soil Layering (MSL), Blood Glucose Level and Pancreas Histological Section of Male Rabbits after Being Fed Commercial, dan Keanekaragaman Hayati Ekosistem Kolam Mangrove Kawasan PT Antam Tbk. UPBB Logam Mulia.*

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, Januari 2023

Ketua Dewan Redaksi

JSSN

Sains Natural

Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Biologi dan Kimia

| Volume 13 | January 2023 | No. 1 |
|---|--------------|-------|
| <i>Research Articles</i> | | |
| 1. <i>The Relationship Between The Percentage of Solar Radiation Under The Shade of Stand and The Growth of Cardamom</i> Indriyanto | | 01-13 |
| 2. <i>Usnic Acid Isolated from Lichen Usnea sp. from Ciwidey, West Java</i> Dewi Meliati Agustini, Riga Riga, Sari Purbaya, Eva Selviana dan Muhammad Habibul Ikhsan | | 14-20 |
| 3. <i>Diversity of Mammals in 8 Years of Jati (Tectona grandis Linn. f) Unggul Nusantara (JUN)</i> Tun Susdiyanti, Ken Dara Cita, NiaYuliani, Noval Diantama, Dwi Agus Sasongko | | 21-30 |
| 4. <i>Reduction of Cod, pH and Phosphate Levels in Laundry Wastewater Using Multi Soil Layering (MSL) Method</i> Aster Rahayu, Maryudi, Nuraini, Nafira Alfi Zaini Amrillah, Irwan Mulyadi, Farah Fadillah Hanum | | 31-38 |
| 5. <i>Blood Glucose Level and Pancreas Histological Section of Male Rabbits after Being Fed Commercial Feed Supplemented with Cod Liver Oil</i> Ni Gusti Ayu Manik Ermayanti, Ida Bagus Made Suaskara, I Gusti Ayu Manik Widhyastini and Iriani Setyawati | | 39-46 |
| 6. <i>Biodiversity of Mangrove Pool Ecosystem in PT Antam UBPP Logam Mulia</i> Luluk Setyaningsih, Sofyan Iskandar, Budi Santoso, Marly Ancelina Pandin, Agus Kurniawan, Distiya Margasari, Oktaviani Andarista | | 47-56 |

JSSN



THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PERCENTAGE OF SOLAR RADIATION UNDER THE SHADE OF STAND AND THE GROWTH OF CARDAMOM

Indriyanto

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 Oct 2022,

Revised 12 Dec 2022,

Accepted 30 Dec 2022

Available online 16 Jan 2022

Keywords:

- ✓ cardamom
- ✓ forest gardens
- ✓ growth
- ✓ shade
- ✓ stand

*corresponding author:

indriyanto.1962@fp.unila.ac.id

[id](#)

Phone: +6281540903075

Doi:

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i1.451)

[13i1.451](#)

ABSTRACT

Cardamom can live under the shade of a stand but require adequate shade for optimum growth. This research aims to determine the relationship between the percentage of solar radiation under the shade of a stand on the growth of cardamom, to determine the stands that have the best effect on the growth of cardamom, and to estimate the percentage of solar radiation that affects the optimum growth of cardamom. The research was conducted in 5 farmer-cultivated areas planted with cardamom in Tahura Wan Abdul Rachman. In each farmer's arable area, three plots of 5 m x 5 m were made, which were placed randomly to observe the growth of cardamom. The data collected includes the growth of cardamom, tree species, solar radiation, air temperature, and humidity. The data were analyzed by quadratic regression at the 5% significance level. The results showed that the percentage of solar radiation intensity under the shade of forest garden stands significantly affected the growth of cardamom. The stands are composed by durian, clove, nutmeg, and petai trees with a distance of 3.55 m between trees, the percentage of solar radiation intensity under the stand is 54.0%, the air temperature is 28.5 °C, and the humidity is 86.3% the best effect on the number of pods and the good effect on the number of flower bunches compared to other stands. The highest number of cardamom pods was 10.7 per bunch, and the highest number of flower bunches was 23.6 flower bunches per clump. All cardamom growth variables were significantly related quadratic to the percentage of solar radiation in the shaded stands. It was predicted that the shade of the stands, which can be the optimum place for cardamom to grow, is the shade with a percentage of solar radiation in the range of 54.0% to 67.0%.

ABSTRAK

Hubungan antara Persentase Radiasi Matahari di Bawah Naungan Tajuk Tegakan dengan Pertumbuhan Kapulaga

Kapulaga dapat hidup di bawah naungan tegakan, akan tetapi membutuhkan naungan yang memadai untuk pertumbuhan optimum. Penelitian bertujuan untuk mengetahui hubungan persentase radiasi matahari di bawah naungan tegakan kebun hutan dengan pertumbuhan kapulaga, mengetahui tegakan yang berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan kapulaga, serta mengestimasi persentase radiasi matahari yang berpengaruh terhadap pertumbuhan optimum kapulaga. Penelitian dilakukan di 5 areal garapan petani yang ditanami kapulaga dalam Tahura Wan Abdul Rachman. Di setiap areal garapan petani dibuat petak ukur 5 m x 5 m sebanyak 3 buah yang peletakkannya dilakukan secara acak untuk pengamatan pertumbuhan kapulaga. Data yang dihimpun meliputi: pertumbuhan kapulaga, jenis pohon, radiasi matahari, temperatur udara, dan kelembapan udara. Data dianalisis regresi kuadratik pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan kebun hutan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kapulaga. Tegakan yang tersusun oleh pohon durian, cengkeh, pala, dan petai dengan jarak antarpohon 3,55 m, persentase intensitas radiasi matahari 54,0%, temperatur udara 28,5° C, dan kelembapan udara 86,3% berpengaruh paling baik terhadap jumlah buah dan berpengaruh baik terhadap jumlah tandan bunga dibandingkan dengan tegakan yang lain. Jumlah buah kapulaga paling banyak 10,7 buah/tandan dan jumlah tandan bunga paling banyak 23,6 tandan bunga/rumpun. Semua variabel pertumbuhan kapulaga berhubungan nyata secara kuadratik dengan persentase radiasi matahari di bawah naungan tegakan. Diprediksi bahwa naungan tegakan yang menjadi tempat tumbuhnya kapulaga secara optimum adalah naungan yang memiliki persentase radiasi matahari dalam kisaran sebesar 54,0% hingga 67,0%.

Kata kunci: kapulaga; kebun hutan; pertumbuhan; naungan; tegakan



PENDAHULUAN

Kapulaga merupakan salah satu golongan tanaman rempah (Qonita *et al.*, 2018) yang buahnya mempunyai nilai ekonomis tinggi (Murugan *et al.*, 2022) dan berprospek pasar yang baik (Siarudin *et al.*, 2021) karena diminati oleh banyak konsumen, baik konsumen dalam negeri maupun konsumen internasional (Direktorat Sayuran dan Tanaman Obat, 2019). Buah kapulaga selain dapat dimanfaatkan untuk bumbu masak dan bahan kosmetik (Nurzaman *et al.*, 2020), juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat alamiah yang diyakini oleh masyarakat memiliki banyak manfaat atau kegunaan untuk pengobatan tradisional (Janani, 2019; Mohammad *et al.*, 2022) misalnya untuk penyegar napas, anti radang, dan menyembuhkan batuk (Mohammad *et al.*, 2022). Ekstrak biji kapulaga dapat digunakan untuk obat gangguan pencernaan, obat demam, untuk mencegah kanker (Juwitaningsih *et al.*, 2020). Biji kapulaga tersebut juga dimanfaatkan dalam bidang kesehatan ternak ruminansia sebagai antiinflamasi dan untuk memacu pertumbuhan (Praditha *et al.*, 2020).

Nurzaman *et al.* (2020) mengemukakan bahwa di Indonesia dikenal dua jenis kapulaga yaitu kapulaga lokal (*Amomum compactum*) dan kapulaga sabrang (*Elletaria cardamomum*). Akan tetapi, para petani di Indonesia pada umumnya membudidayakan kapulaga lokal yang terdiri atas tiga varietas, yaitu kapulaga buah putih, kapulaga buah merah besar, dan kapulaga buah merah kecil, sedangkan kapulaga sabrang belum banyak dibudidayakan (Direktorat Sayuran dan Tanaman Obat, 2019).

Tanaman kapulaga tidak membutuhkan intensitas radiasi matahari penuh (Witarsa, 2019), dikategorikan sebagai tanaman bawah tahunan (Junaidi & Indrajaya, 2018) atau tanaman yang membutuhkan naungan (Alagupalamuthirsolai *et al.*, 2018; Janani, 2019), sehingga dapat dibudidayakan di bawah tegakan hutan. Bahkan Witarsa (2019) mengemukakan bahwa tanaman kapulaga akan tumbuh dengan baik jika mendapat pencahayaan pohon. Dengan demikian, tanaman kapulaga memiliki peluang besar menjadi salah satu jenis yang dapat dipilih dalam mengoptimalkan pemanfaatan lahan di bawah tegakan kebun hutan agar dapat menghasilkan tanaman yang produktif untuk menambah pendapatan petani hutan.

Pemanfaatan lahan di bawah tegakan hutan dengan cara membudidayakan tanaman yang tahan naungan seperti tanaman kapulaga

merupakan salah satu praktik agroforestri yang masih minim informasinya dan perlu terus dikaji keberhasilannya (Mohammad *et al.*, 2022). Tanaman kapulaga merupakan salah satu jenis tanaman herba yang berpotensi untuk dibudidayakan dalam sistem agroforestri, baik di kawasan hutan maupun di kebun (Mohammad *et al.*, 2022). Kualitas pertumbuhan tanaman dan produksi kapulaga yang memadai di bawah naungan tajuk tegakan mengindikasikan efektivitas pemanfaatan ruang tumbuh dalam hutan (Diniyati *et al.*, 2014). Hal tersebut akan memberikan manfaat ekonomis dari praktik agroforestri. Selain manfaat ekonomis, agroforestri juga dipandang sebagai strategi *win-win solution* untuk mencapai kelestarian fungsi ekologis dalam pengelolaan kawasan hutan maupun lahan di luar kawasan hutan (Triwanto & Muttaqin, 2013). Secara ekologi, sistem agroforestri dalam beberapa kasus telah berhasil menciptakan komposisi tanaman yang dibudidayakan tidak monokultur sehingga keseimbangan ekologis lebih terjamin serta mampu meningkatkan produksi tanaman (Murniati *et al.*, 2022; Tynsong *et al.*, 2017), serta mampu memelihara produktivitas tanaman yang berumur pendek seperti empon-empon (Aryadi & Fauzi, 2013).

Sistem agroforestri telah diterapkan oleh petani penggarap di areal garapannya dalam Blok-blok Tradisional Tahura Wan Abdul Rachman, Provinsi Lampung. Blok Tradisional merupakan bagian dari unit pengelolaan Tahura Wan Abdul Rachman yang ditetapkan sebagai areal untuk kepentingan pemanfaatan tradisional oleh masyarakat yang secara turun temurun mempunyai kebergantungan dengan sumber daya alam atau hutan (UPTD Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman, 2017). Pemanfaatan tradisional dalam Blok Tradisional tersebut berupa budidaya pohon dengan menerapkan teknik agroforestri MPTS (*multipurpose trees species*) sebagai bentuk partisipasi masyarakat di sekitar hutan dalam pengelolaan hutan secara lestari (Indriyanto & Asmarahman, 2019). Teknik agroforestri MPTS yang diterapkan oleh petani dalam membudidayakan pohon di areal garapannya senantiasa mengarah kepada terbentuknya tegakan kebun hutan (*forest garden*) untuk meningkatkan fungsi ekonomis bagi masyarakat maupun fungsi ekologis kawasan tahura (Indriyanto, 2022).

Sejak tahun 1998, sebanyak 594 petani anggota Gapoktanhut Wana Raya mulai menerapkan teknik agroforestri MPTS di areal

garapan yang total luasnya 649,95 ha dalam Tahura Wan Abdul Rachman. Jenis pohon yang dibudidayakan oleh petani di areal garapannya bervariasi antara 4 jenis dan 11 jenis pohon, akan tetapi jumlah keseluruhan jenis pohon ada sekitar 25 jenis yang didominasi oleh 7 jenis pohon, yaitu durian, pala, karet, petai, tangkil, duku, dan kemiri (Gapoktanhut Wana Raya, 2019). Saat ini ada sebanyak 5 orang petani yang memanfaatkan ruang tumbuh di bawah tegakan kebun hutan untuk membudidayakan tanaman kapulaga di areal garapannya mengingat sifat tanaman kapulaga yang membutuhkan naungan untuk pertumbuhannya, sehingga cocok apabila dibudidayakan di bawah tegakan kebun hutan.

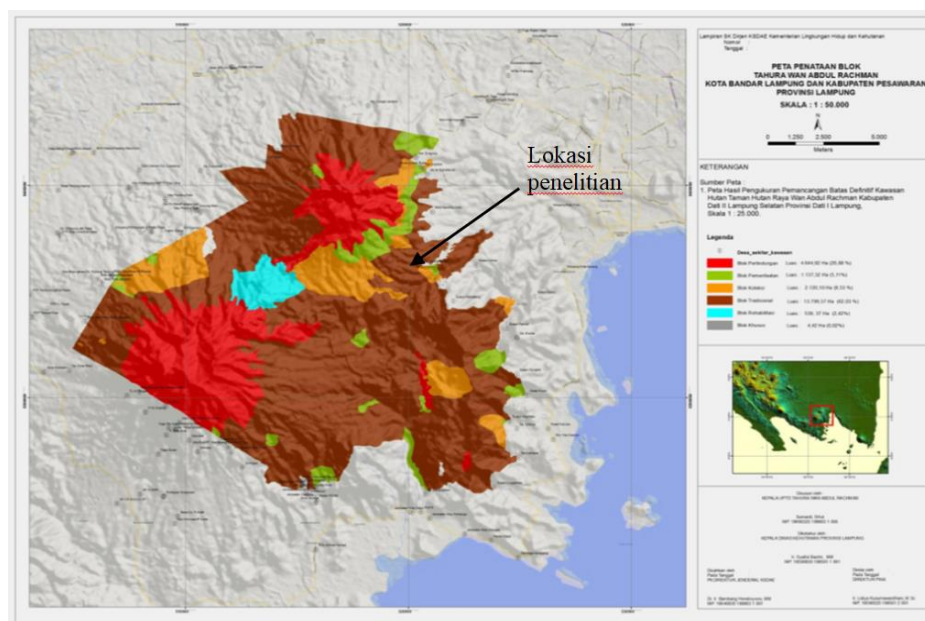
Kondisi intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk pohon yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kapulaga perlu diketahui karena radiasi matahari dengan intensitas tertentu memengaruhi pertumbuhan tanaman kapulaga (Murugan *et al.*, 2022). Sebagaimana dikemukakan oleh Mohammad *et al.* (2022) dan Prasetyo (2004) bahwa tingkat naungan yang sesuai kebutuhan tanaman kapulaga belum banyak diketahui. Padahal fungsi fisiologis optimum pada tanaman dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari sesuai kebutuhan optimumnya (Ranganathan, 2018). Kondisi lingkungan yang optimum, seperti kondisi radiasi matahari di bawah naungan sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman (Kumar *et al.*, 2012). Mengingat beragamnya

jenis pohon yang menyusun tegakan kebun hutan di areal garapan petani tersebut yang tentu saja setiap jenis pohon memiliki perbedaan intersepsi/penahanan intensitas radiasi matahari, sehingga intensitas radiasi matahari yang sampai di dasar/lantai hutan akan berbeda. Oleh karena itu, dipandang perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh naungan tajuk tegakan terhadap pertumbuhan kapulaga di areal garapan petani hutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan persentase radiasi matahari di bawah naungan tegakan kebun hutan dengan pertumbuhan kapulaga, mengetahui tegakan yang berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan kapulaga, serta mengestimasi persentase radiasi matahari yang berpengaruh terhadap pertumbuhan optimum kapulaga.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April 2022 sampai dengan bulan Mei 2022. Tempat penelitian adalah di areal garapan petani Gapoktanhut Wana Raya dalam Blok Tradisional Resor Bandar Lampung, kawasan Tahura Wan Abdul Rachman, Provinsi Lampung. Letak lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Letak areal garapan petani Gapoktanhut Wana Raya dalam Blok Tradisional Resor Bandar Lampung, kawasan Tahura Wan Abdul Rachman, Provinsi Lampung yang digunakan untuk lokasi penelitian

Tabel 1. Kondisi tegakan kebun hutan yang menjadi tempat budidaya kapulaga

| Tegakan kebun hutan | Nama pengelola lahan garapan | Komposisi jenis pohon penaung tanaman kapulaga | Rata-rata jarak antarpohon (m) | Rata-rata luas tajuk pohon (m ²) | Persentase penutupan tajuk pohon (%) |
|---------------------|------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1. | Pak Purwanto | Alpoket, durian, jengkol, kemiri, pala, tangkil. | 3,47 | 21,07 | 175,0 |
| 2. | Pak Salim | Durian, cengkeh, pala, petai. | 3,55 | 20,36 | 161,6 |
| 3. | Pak Tobri | Durian, pala, petai, tangkil. | 3,52 | 19,69 | 158,9 |
| 4. | Pak Badri | Duku, durian, kakao, karet. | 3,56 | 17,42 | 137,4 |
| 5. | Pak Sadiran | Duku, kakao, petai, karet. | 3,59 | 17,20 | 133,5 |

Kawasan Tahura Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung memiliki luas 22.245,50 ha, secara administrasi pemerintahan masuk ke dalam wilayah Kota Bandar Lampung dengan dua kecamatan (Kecamatan Kemiling dan Kecamatan Tanjungkarang Barat) dan wilayah Kabupaten Pesawaran dengan lima kecamatan (Kecamatan Kedondong, Kecamatan Way Lima, Kecamatan Gedong Tataan, Kecamatan Teluk Pandan, dan Kecamatan Padang Cermin), serta berbatasan langsung dengan 39 desa. Letak geografis tahura tersebut adalah pada 105° 02' 42,01" BT–105° 13' 42,09" BT dan pada 05° 23' 47,03" LS–05° 30' 34,86" LS, serta terletak pada wilayah berketinggian tempat 50 m–1.661 m dpl.

Areal garapan petani Gapoktanhut Wana Raya merupakan bagian dari areal dalam Blok Tradisional yang terletak pada wilayah berketinggian tempat 210 m–822 m dpl., sedangkan lokasi untuk penelitian berada pada wilayah berketinggian tempat 437 m–490 m dpl. Lokasi penelitian berbatasan langsung dengan Desa Talangmulya, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.

Jenis tanah dalam kawasan Tahura Wan Abdul Rachman terdiri atas *Dystropepts*, *Humitropepts*, dan *Kanhapludults*, akan tetapi yang dominan (94,31% dari luas kawasan tahura) adalah jenis tanah *Dystropepts* (UPTD Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman, 2017). Tanah *Dystropepts* dan *Humitropepts* merupakan jenis tanah dalam Ordo Inceptisol, sedangkan tanah *Kanhapludults* merupakan jenis tanah dalam Ordo Ultisol yang semua jenis tanah ini berkembang dari *tuff* atau bahan induk vulkanik (Busyra & Firdaus, 2010).

Tipe iklim dalam kawasan Tahura Wan Abdul Rachman termasuk ke dalam tipe iklim basah, yaitu zona iklim B berdasarkan klasifikasi

iklim *Schmidt-Ferguson*, dengan rata-rata curah hujan 1.627,2 mm/th, rata-rata temperatur udara 28,1° C, dan rata-rata kelembapan udara 81,7% (UPTD Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman, 2017).

Objek dan Alat

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegakan kebun hutan yang ada di areal garapan 5 petani anggota Gapoktan Wana Raya, serta tanaman kapulaga di lahan bawah naungan tegakan kebun hutan. Tegakan kebun hutan tersebut adalah hasil budidaya tradisional dengan menerapkan teknik agroforestri MPTS yang dilakukan sejak tahun 1998, sehingga pepohonan yang ditanam telah berumur lebih kurang 24 tahun. Kondisi tegakan kebun hutan di areal garapan 5 petani yang di bawah tegakannya sedang dimanfaatkan untuk budidaya kapulaga disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut. Adapun alat-alat yang digunakan untuk pengambilan data antara: meteran rol, tali raffia, haga meter, kamera, pita meter, lux-meter, lembar pengamatan (*tally sheet*), dan alat tulis.

Metode

Penetapan dan pembuatan petak ukur

Petak ukur (plot sampel) yang digunakan berbentuk bujur sangkar berukuran 5 m x 5 m. Penaungan tajuk tegakan kebun hutan di lima areal garapan petani digunakan sebagai perlakuan, sehingga dalam penelitian ini terdapat 5 perlakuan penaungan tajuk tegakan kebun hutan. Pada setiap areal garapan petani dibuat petak ukur sebanyak 3 buah yang peletakkan ketiga petak ukur ini dilakukan secara acak, sehingga 3 buah petak ukur dijadikan sebagai ulangan.

Tata letak petak ukur petak ukur secara acak di setiap areal garapan petani disajikan seperti denah peletakan pada Gambar 2,

sedangkan sketsa letak pohon penaung dan tanaman kapulaga pada setiap petak ukur disajikan pada Gambar 3.

d) Jumlah batang per rumpun, tinggi tanaman, jumlah daun per rumpun, jumlah tandan bunga per rumpun, dan jumlah buah per tandan buah.

Pengamatan

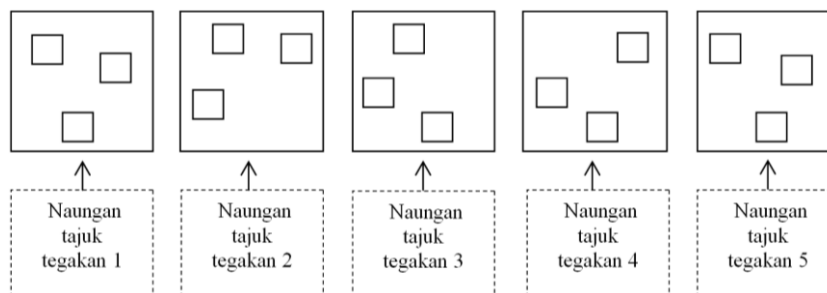
Pada setiap petak ukur yang telah dibuat di areal pertanaman kapulaga di bawah naungan tajuk tegakan kebun hutan diamati hal-hal sebagai berikut.

- a) Nama jenis-jenis pohon penyusun tegakan kebun hutan yang tajuknya menaungi plot pertanaman kapulaga.
- b) Intensitas radiasi matahari yang mencapai plot pertanaman kapulaga. Intensitas radiasi matahari diukur menggunakan lux-meter pada waktu pagi (pukul 08.00–10.00 WIB), siang (pukul 11.00–13.00 WIB, dan sore (14.00–16.00 WIB). Kemudian dihitung besarnya persentase intensitas radiasi matahari yang mencapai plot pertanaman kapulaga di bawah naungan tajuk tegakan kebun hutan.
- c) Temperatur dan kelembapan udara di plot pertanaman kapulaga diukur menggunakan thermohigrometer pada waktu pagi (pukul 08.00–10.00 WIB), siang (pukul 11.00–13.00 WIB, dan sore (14.00–16.00 WIB).

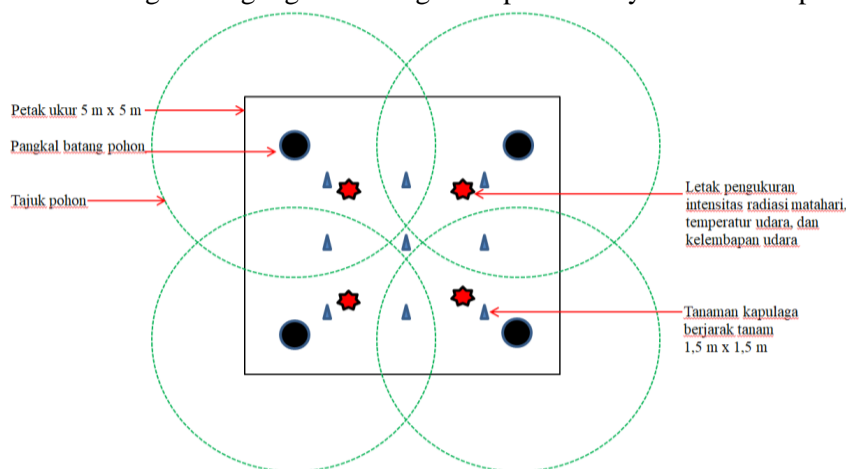
Analisis Data

Data dianalisis dengan One-Way Anova untuk mengetahui adanya pengaruh perbedaan besarnya persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan kebun hutan terhadap pertumbuhan kapulaga. Untuk mengetahui perbedaan pertumbuhan kapulaga antarpersentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan kebun hutan, maka dilakukan perbandingan nilai rata-rata setiap variabel pertumbuhan kapulaga dengan uji BNJ (HSD).

Kemudian dilakukan analisis regresi kuadratik untuk memprediksi besarnya persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan kebun hutan yang menghasilkan pertumbuhan maksimal bagi tanaman kapulaga, serta untuk mengetahui persamaan model regresi kuadratik. Semua analisis tersebut dilakukan dengan taraf nyata 5%.



Gambar 2. Peletakan 3 petak ukur, masing-masing berukuran 5 m x 5 m yang diletakkan secara acak di bawah masing-masing tegakan sebagai tempat budidaya tanaman kapulaga



Gambar 3. Sketsa letak pohon penaung, tanaman kapulaga, serta letak pengukuran intensitas radiasi matahari, temperatur udara, dan kelembapan udara dalam setiap petak ukur 5 m x 5 m

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis Pohon Penyusun Tegakan Kebun Hutan dan Kondisi Iklim Mikro di Bawah Naungan

Kapulaga (*Amomum compactum*) merupakan tanaman yang bersifat toleran yang dalam hidupnya menghendaki naungan dari tanaman lainnya (Diniyati *et al.*, 2014). Intensitas radiasi matahari yang dibutuhkan oleh tanaman kapulaga sekitar 30—70% (Achmad *et al.*, 2016), sehingga pada umumnya layak dibudidayakan di bawah naungan tajuk tegakan sebagai komponen kombinasi tanaman dalam agroforestri. Dengan demikian, kondisi naungan tajuk tegakan merupakan salah satu faktor sangat penting yang menentukan pertumbuhan tanaman kapulaga secara optimal.

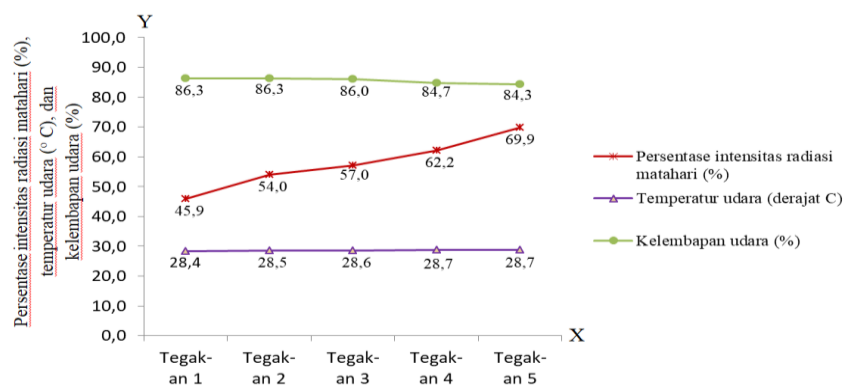
Tegakan kebun hutan yang menjadi penaung tanaman kapulaga tersusun oleh jenis-jenis pohon dengan komposisi yang berbeda antartegakannya yang tentu menyebabkan terjadinya perbedaan besarnya intensitas radiasi yang ada di bawah

masing-masing tegakan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa persentase intensitas radiasi matahari di bawah lima tegakan kebun hutan yang digunakan sebagai tempat budidaya kapulaga berbeda satu dengan yang lain. Hal ini juga menggambarkan adanya perbedaan kondisi naungan tajuk tegakan yang besarnya persentase intensitas radiasi matahari masing-masing 45,9%; 54,0%; 57,0%; 62,2%; dan 69,9% (Tabel 2).

Komposisi jenis pohon yang berbeda tersebut dapat menciptakan perbedaan kondisi iklim mikro di areal pertanaman kapulaga (Gambar 4). Semakin berat naungan tajuk, maka persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan semakin rendah, lalu temperatur udara semakin rendah, sedangkan kelembapan udara semakin tinggi. Hal ini sesuai pernyataan yang dikemukakan oleh Murugan *et al.* (2022) bahwa kondisi temperatur udara dan kelembapan udara dipengaruhi oleh kondisi naungan tajuk tegakan hutan dan intensitas radiasi matahari yang sampai di bawah naungan.

Tabel 2. Kondisi intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan kebun hutan pada bulan April hingga Mei 2022

| Tegakan kebun hutan | Komposisi jenis pohon penaung tanaman kapulaga | Intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan kebun hutan (lux) | | | Intensitas radiasi matahari di tempat terbuka (lux) | | | Persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan (%) |
|---------------------|--|--|--------|-------|---|--------|-------|---|
| | | Pagi | Siang | Sore | Pagi | Siang | Sore | |
| Tegakan 1 | Alpoklat, durian, jengkol, kemiri, pala, tangkil. Jarak antarpohon= 3,47 m. | 1.521 | 29.499 | 1.382 | 3.311 | 63.797 | 3.033 | 45,9 |
| Tegakan 2 | Durian, cengkeh, pala, petai. Jarak antarpohon= 3,55 m. | 1.890 | 35.120 | 1.740 | 3.494 | 64.393 | 3.250 | 54,0 |
| Tegakan 3 | Durian, pala, petai, tangkil. Jarak antarpohon= 3,52 m. | 1.958 | 36.972 | 1.876 | 3.449 | 64.409 | 3.296 | 57,0 |
| Tegakan 4 | Duku, durian, kakao, karet. Jarak antarpohon= 3,56 m. | 2.163 | 40.100 | 2.114 | 3.472 | 64.100 | 3.422 | 62,2 |
| Tegakan 5 | Duku, kakao, petai, karet. Jarak antarpohon= 3,59 m. | 2.424 | 45.521 | 2.490 | 3.491 | 64.419 | 3.575 | 69,9 |



Gambar 4. Kondisi iklim mikro di bawah setiap tegakan kebun hutan yang menjadi naungan tanaman kapulaga

Tabel 3. Rekapitulasi hasil analisis keragaman pengaruh naungan tegakan terhadap jumlah batang, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah tandan bunga, dan jumlah buah tanaman kapulaga umur 1,5 tahun

| Parameter pertumbuhan | F _{hitung} | F _{(4;10)(5%)} |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1. Jumlah batang per rumpun | 59,876 * | 3,48 |
| 2. Tinggi tanaman | 89,564 * | 3,48 |
| 3. Jumlah daun per rumpun | 48,977 * | 3,48 |
| 4. Jumlah tandan bunga per rumpun | 7,832 * | 3,48 |
| 5. Jumlah buah per tandan buah | 64,800 * | 3,48 |

Keterangan: *= nyata pada taraf nyata 5%

Tabel 4. Jumlah batang, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah tandan bunga, dan jumlah buah tanaman kapulaga umur 1,5 tahun di bawah lima kondisi naungan tegakan

| Persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan (%) | Rata-rata jumlah batang tanaman kapulaga (batang/rumpun) | Rata-rata tinggi tanaman kapulaga (cm) | Rata-rata jumlah daun (helai/rumpun) | Rata-rata jumlah tandan bunga tanaman kapulaga (tandan bunga/rumpun) | Rata-rata jumlah buah tanaman kapulaga (buah/tandan) |
|---|--|--|--------------------------------------|--|--|
| 45,9 | 29,2 b | 106,1 c | 135,7 c | 18,2 a | 4,7 c |
| 54,0 | 46,4 a | 131,7 b | 218,0 b | 23,6 a | 10,7 a |
| 57,0 | 47,0 a | 139,1 a | 253,9 a | 22,0 a | 8,7 b |
| 62,2 | 47,4 a | 144,1 a | 208,4 b | 23,2 a | 5,7 c |
| 69,9 | 47,4 a | 146,9 a | 199,0 b | 21,9 b | 4,7 c |
| Nilai BNJ (5%) | 4,79 | 8,07 | 28,56 | 3,51 | 1,55 |

Pertumbuhan Kapulaga di Bawah Tegakan Kebun Hutan

Perbedaan persentase radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan kebun hutan berpengaruh nyata terhadap semua parameter pertumbuhan tanaman kapulaga umur 1,5 tahun yang meliputi: jumlah batang per rumpun, tinggi tanaman, jumlah daun per rumpun, jumlah tandan bunga per rumpun, dan jumlah buah per tandan (Tabel 3 dan Tabel 4).

Pertumbuhan kapulaga sangat bervariasi sesuai dengan variasi kondisi naungan tajuk tegakan kebun hutan. Mulai dari kondisi naungan tajuk yang berat menuju ke naungan tajuk yang

ringan, terjadi kecenderungan meningkatnya pertumbuhan kapulaga sampai batas kondisi naungan tertentu kemudian pertumbuhan akan menurun (Tabel 4). Hal ini mengindikasikan bahwa persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan berpengaruh dan memiliki hubungan yang memengaruhi terhadap pertumbuhan tanaman kapulaga. Hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk dengan semua parameter pertumbuhan tanaman kapulaga membentuk model regresi kuadratik yang nyata pada taraf nyata 5% (Tabel 5).

Tabel 5. Rekapitulasi hasil analisis keragaman regresi kuadratik hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan dengan masing-masing parameter pertumbuhan tanaman kapulaga umur 1,5 tahun

| Analisis keragaman regresi kuadratik | F _{hitung} | F _{(2;12)(5%)} | Koefisien korelasi (r) |
|--|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan jumlah batang tanaman kapulaga. | 66,899 * | 3,89 | 0,958 |
| Hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan tinggi tanaman kapulaga. | 208,051 * | 3,89 | 0,986 |
| Hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan jumlah daun tanaman kapulaga. | 22,098 * | 3,89 | 0,887 |
| Hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan jumlah tandan bunga tanaman kapulaga. | 10,175 * | 3,89 | 0,793 |
| Hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan jumlah buah tanaman kapulaga. | 8,796 * | 3,89 | 0,771 |

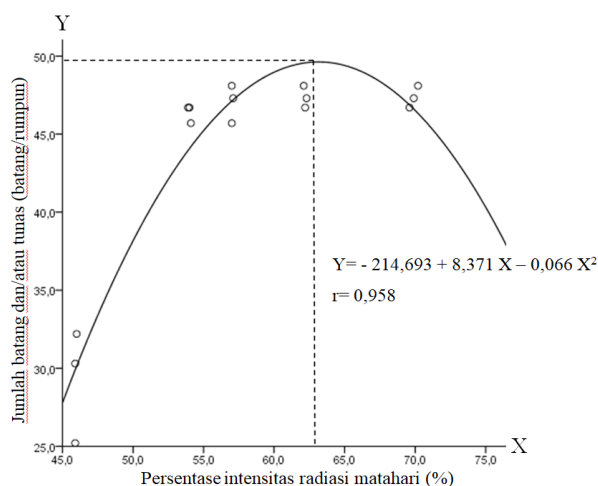
Keterangan: *= nyata pada taraf nyata 5%

Tabel 6. Model regresi kuadratik hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan (X) dengan masing-masing parameter pertumbuhan tanaman kapulaga umur 1,5 tahun

| Parameter pertumbuhan (Y) | Model regresi kuadratik | t_{hitung} | | t_{tabel} | |
|--------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | | Konstanta regresi (b_0) | Koefisien regresi (b_1) | Koefisien regresi (b_2) | $t_{(2;12)(2,5\%)}$ |
| Jumlah batang per rumpun | $Y = -214,693 + 8,371 X - 0,066 X^2$ | -6,952 * | 7,770 * | -7,154 * | 2,179 |
| Tinggi tanaman | $Y = -269,256 + 12,440 X - 0,093 X^2$ | -7,301 * | 9,670 * | -8,394 * | 2,179 |
| Jumlah daun per rumpun | $Y = -1.469,424 + 56,612 X - 0,470 X^2$ | -5,454 * | 6,024 * | -5,813 * | 2,179 |
| Jumlah tandan bunga per rumpun | $Y = -54,099 + 2,529 X - 0,021 X^2$ | -2,768 * | 3,709 * | -3,521 * | 2,179 |
| Jumlah buah per tandan buah | $Y = -80,930 + 3,156 X - 0,028 X^2$ | -3,513 * | 3,927 * | -4,020 * | 2,179 |

Keterangan: *= nyata pada taraf nyata 5%

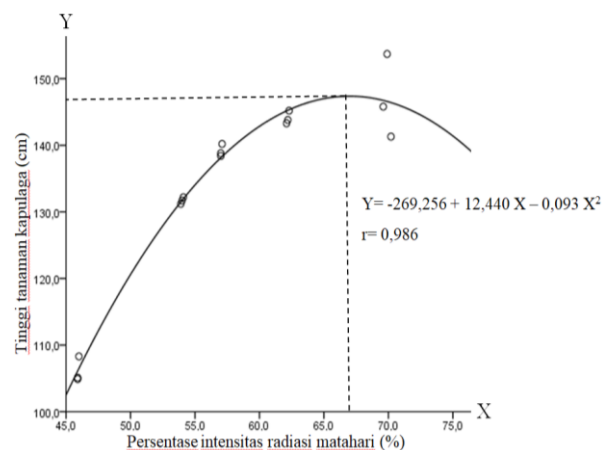
Adapun model regresi kuadratik masing-masing parameter pertumbuhan disajikan pada Tabel 6. Koefisien korelasi (r) antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan dengan jumlah batang per rumpun tanaman kapulaga sebesar 0,958, berarti bahwa hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan (X) dengan jumlah batang per rumpun tanaman kapulaga (Y) adalah sebesar 95,80%. Hubungan tersebut membentuk model regresi kuadratik $Y = -214,693 + 8,371 X - 0,066 X^2$ yang garis regresinya disajikan pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Garis regresi kuadratik hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan dengan jumlah batang dan/atau tunas per rumpun kapulaga

Nilai korelasi (r) antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan dengan jumlah daun

per rumpun kapulaga sebesar 0,986, berarti bahwa hubungan antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan tinggi tanaman per rumpun kapulaga adalah sebesar 98,60%. Hubungan tersebut membentuk model linear $Y = -269,256 + 12,440 X - 0,093 X^2$

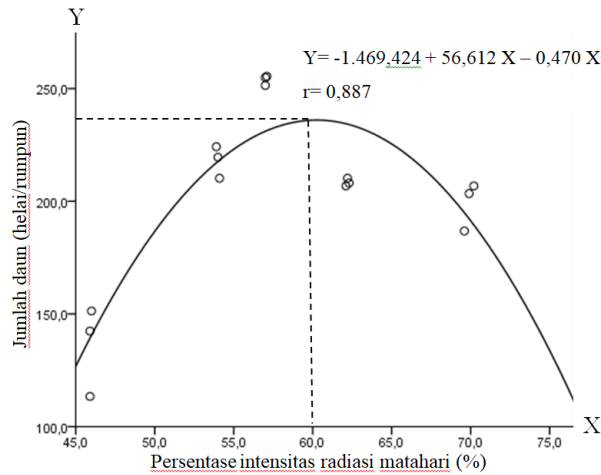


Gambar 6. Garis regresi kuadratik hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan dengan rata-rata tinggi tanaman kapulaga

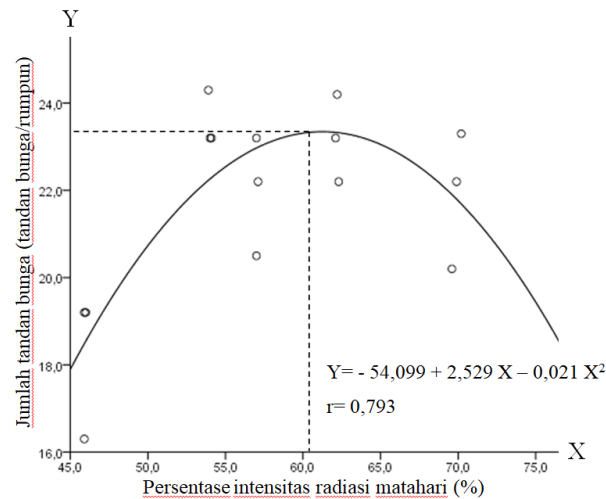
Nilai korelasi (r) antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan dengan jumlah daun per rumpun kapulaga sebesar 0,887, berarti bahwa hubungan antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan jumlah daun per rumpun kapulaga adalah sebesar 88,70%. Hubungan tersebut membentuk model linear $Y = -1.469,424 + 56,612 X - 0,470 X^2$

Nilai korelasi (r) antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan dengan jumlah batang

per rumpun kapulaga sebesar 0,793, berarti bahwa hubungan antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan jumlah tandan bunga per rumpun kapulaga adalah sebesar 79,30%. Hubungan tersebut membentuk model linear $Y = - 54,099 + 2,529 X - 0,021 X^2$



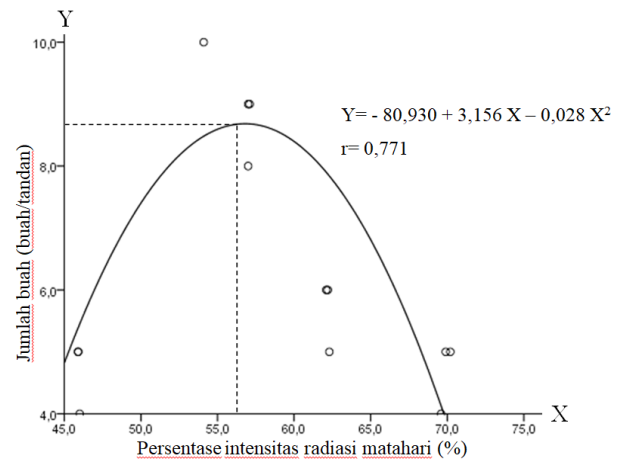
Gambar 7. Garis regresi kuadratik hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan dengan jumlah daun per rumpun kapulaga



Gambar 8. Garis regresi kuadratik hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan dengan jumlah tandan bunga per rumpun kapulaga

Nilai korelasi (r) antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan dengan jumlah batang per rumpun kapulaga sebesar 0,771, berarti bahwa hubungan antara intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dengan jumlah buah

per tandan buah kapulaga adalah sebesar 77,10%. Hubungan tersebut membentuk model linear $Y = - 80,930 + 3,156 X - 0,028 X^2$



Gambar 9. Garis regresi kuadratik hubungan antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk pohon dengan jumlah buah per tandan buah kapulaga

Berdasarkan garis regresi kuadratik (Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9) menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuk tegakan dibutuhkan oleh tanaman kapulaga dalam besarnya intensitas tertentu untuk pertumbuhan tanaman kapulaga secara optimal. Kondisi iklim mikro di areal pertanaman kapulaga di bawah tegakan kebun hutan dipengaruhi oleh naungan dari tajuk pohon-pohon penyusun tegakannya (Murugan *et al.*,2022). Naungan tajuk tegakan menentukan besarnya intensitas radiasi matahari, temperatur udara, dan kelembapan udara yang berada di areal pertanaman kapulaga.

Oleh karena itu, perbaikan pertumbuhan tanaman kapulaga bisa tercapai pada kondisi iklim mikro yang sesuai. Pertumbuhan vegetatif tanaman kapulaga, seperti jumlah batang, tinggi tanaman, dan jumlah daun tampak baik pada naungan agak ringan dengan persentase intensitas radiasi matahari antara 57,0—69,9 %, sedangkan pertumbuhan generatif tanaman kapulaga, seperti jumlah tandan bunga per rumpun dan jumlah buah per tandan tampak baik pada naungan agak berat dengan persentase intensitas radiasi matahari sebesar 54,0 %. Yang *et al.* (2021) mengemukakan bahwa pada umumnya tanaman saat fase pertumbuhan vegetatif membutuhkan intensitas radiasi matahari tinggi untuk proses fotosintesis, sehingga naungan ringan bisa

berpengaruh lebih baik terhadap pertumbuhan organ vegetatif tanaman. Adapun pada fase pertumbuhan generatif intensitas radiasi matahari yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan pada fase pertumbuhan vegetatif (Yang *et al.*, 2021), hal ini diduga bahwa daun tanaman makin memiliki kemampuan memanfaatkan energi radiasi matahari secara lebih efisien untuk proses pertumbuhan generatif. Amthor (2010) dan Mubarak *et al.* (2018) mengemukakan bahwa kondisi pertumbuhan tanaman bergantung kepada besarnya energi radiasi matahari yang ditangkap oleh tanaman dan bergantung efisiensi konversi energi yang diserap dalam proses fotosintesis tanaman.

Menurut Alagupalamuthirsolai *et al.* (2018), intensitas radiasi matahari yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat menyebabkan adanya fotoinhibisi yang menghambat pembentukan klorofil pada daun, mengganggu kenormalan aktivitas membuka dan menutupnya stomata, dan mengganggu efektivitas fotosintesis. Lebih lanjut Alagupalamuthirsolai *et al.* (2019) mengemukakan bahwa adanya fotoinhibisi juga menyebabkan konduktansi stomata akan berkurang sehingga efektivitas fotosintesis berkurang, dan hal ini diduga berakibat produksi buah kapulaga menurun. Sejalan dengan pernyataan Taufiq & Sundari (2012) bahwa radiasi matahari merupakan salah satu faktor dari banyak faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Pada intensitas radiasi matahari yang tinggi bisa menghambat laju fotosintesis tanaman terutama pada fase reproduktif (Taufiq & Sundari, 2012), sehingga akan terjadi fotoinhibisi yang dapat menurunkan produksi buah tanaman (Mubarak *et al.* (2018).

Selain radiasi matahari, bahwa pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh temperatur dan kelembapan udara. Setiap jenis tanaman memiliki besarnya kisaran toleransi faktor-faktor ekologis untuk pertumbuhannya, misalnya temperatur udara, kelembapan udara, radiasi matahari, dan lain sebagainya, sehingga selalu ada kondisi ekologis yang optimum untuk pertumbuhan tanaman (Indriyanto, 2017). Pada temperatur udara optimum bagi suatu jenis tanaman, menyebabkan laju pertumbuhan tanaman menjadi tinggi (Andriani & Karmila 2019). Nepal *et al.*(2022) mengemukakan bahwa untuk tanaman kapulaga, kondisi temperatur udara yang semakin rendah menyebabkan produktivitas tanaman kapulaga semakin tinggi, sebaliknya tempertur udara semakin tinggi berpengaruh buruk terhadap produktivitas tanaman kapulaga. Lebih lanjut

Nepal *et al.*(2022) mengemukakan bahwa pada kondisi kelembapan udara lebih dari 65% di areal pertanaman kapulaga di Sankhuwasabha (Nepal) menyebabkan produktivitas tanaman kapulaga lebih baik dibandingkan pada kondisi kelembapan udara 53%--64%.

Pertumbuhan jumlah batang kapulaga per rumpun yang paling baik diperkirakan terjadi pada persentase intensitas radiasi matahari sebesar 63,0% dengan jumlah batang kapulaga per rumpun sebanyak 49,5 batang/rumpun (Gambar 5). Pertumbuhan tinggi tanaman kapulaga yang paling baik diperkirakan terjadi pada persentase intensitas radiasi matahari sebesar 67,0% dengan rata-rata tinggi sebesar 146,74 cm (Gambar 6). Pertumbuhan jumlah daun tanaman kapulaga yang paling baik diperkirakan terjadi pada persentase intensitas radiasi matahari sebesar 60,0% dengan rata-rata jumlah daun per rumpun sebanyak 235,296 helai (Gambar 7).

Pertumbuhan generatif tanaman kapulaga, seperti jumlah tandan bunga dan jumlah buah per tandan buah tampak baik pada naungan agak berat. Pertumbuhan jumlah tandan bunga per rumpun yang paling baik diperkirakan terjadi pada persentase intensitas radiasi matahari sebesar 60,5% dengan jumlah tandan bunga per rumpun sebanyak 23,4 tandan (Gambar 8). Adapun pertumbuhan jumlah buah kapulaga yang paling baik diperkirakan terjadi pada persentase intensitas radiasi matahari sebesar 56,0% dengan jumlah buah sebanyak 8,7 buah/tandan (Gambar 9).

Seiring dengan variasi kondisi naungan tajuk dari lima tegakan kebun hutan yang diteliti, juga terjadi variasi pertumbuhan kapulaga yang dibudidayakan di bawah naungan tegakan ini. Di antara kelima tegakan kebun hutan tersebut, terindikasi bahwa tegakan 2 paling baik pengaruhnya terhadap pertumbuhan kapulaga (meliputi variabel tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah buah) dibandingkan dengan tegakan 1, tegakan 3, tegakan 4, dan tegakan 5. Tegakan 2 merupakan tegakan dengan komposisi jenis pohon terdiri atas empat jenis, yaitu durian, cengkeh, pala, dan petai yang persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tajuknya sebesar 54,0%, temperatur udara sebesar 28,5° C, dan kelembapan udara sebesar 86,3%. Penaung tanaman kapulaga tidak harus merupakan tegakan pohon secara monokultur atau homogen jenisnya, tetapi bisa juga tegakan kebun hutan tanaman dengan komposisi beberapa jenis pohon. Koirala *et al.* (2022) mengemukakan

bahwa komposisi dari jenis-jenis pohon tertentu akan membentuk kondisi habitat atau tempat tumbuh yang sesuai bagi tanaman asosiasinya yang dibudidayakan di bawahnya, misalnya kapulaga.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Terdapat hubungan secara nyata antara persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan kebun hutan dengan pertumbuhan kapulaga yang ditanam di bawah tegakan kebun hutan. Perbedaan persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan kebun hutan berpengaruh terhadap pertumbuhan kapulaga. Kondisi naungan tegakan 2 yang komposisi jenis pohonnya terdiri atas pohon durian, cengkeh, pala, dan petai dengan persentase intensitas radiasi matahari sebesar 54,0% berpengaruh paling baik terhadap tinggi tanaman kapulaga, jumlah daun, dan jumlah buah dibandingkan dengan tegakan yang lainnya. Semua variabel pertumbuhan kapulaga berhubungan secara kuadrat dengan persentase intensitas radiasi matahari di bawah naungan tegakan, sehingga diprediksi kisaran persentase intensitas radiasi matahari untuk pertumbuhan optimal tanaman kapulaga adalah 54,0% hingga 67,0%.

Saran

Disarankan menanam kapulaga di areal bawah tegakan hutan, tegakan kebun, maupun tegakan kebun hutan yang jarak antarpohonnya lebih kurang 3,55 m agar intensitas radiasi matahari di bawah tegakan memenuhi kisaran yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal tanaman kapulaga. Disarankan melakukan penelitian pemupukan untuk lebih meningkatkan pertumbuhan tanaman kapulaga serta untuk menganalisis ada atau tidak adanya interaksi antara pemberian pupuk dengan intensitas radiasi matahari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung yang telah memfasilitasi pembiayaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para petani anggota

Gapoktanhut Wana Raya yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, B., Purwanto, R. H., Sabarnuridin, S., & Sumardi. (2016). "Pola tanam dan pendapatan petani hutan rakyat di region atas Kabupaten Ciamis." *Jurnal Kawistara* 6(3):225–324. DOI: 10.22146/kawistara.23014
- Alagupalamuthirsolai, M., Ankegowda, S. J., & Krishnamurthy, K. S. (2018). "Effect of different shade levels on growth, physiology and biochemical characteristics of small cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton.)." *Current Journal of Applied Science and Technology* 28(1):1–9. DOI: 10.9734/CJAST/2018/42040
- Alagupalamuthirsolai, M., Ankegowda, S. J., Murugan, M., Sivaranjani, R., Rajkumar, B., & Akshitha, H. J. (2019). "Influence of light intensity on photosynthesis, capsule yield, essential oil and insect pest incidence of small cardamom (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton)." *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 22(5):1172–81. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1690587>
- Amthor, J. S. (2010). "From sunlight to phytomass: on the potential efficiency of converting solar radiation to phyto-energy." *New Phytologist* (188):939–959. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03505.x
- Andriani, V. & Karmila, R. (2019). "Pengaruh temperatur terhadap kecepatan pertumbuhan kacang tolo (*Vigna Sp.*)" *Stigma* 12(1):49–53.
- Aryadi, M. & Fauzi, H. (2013). "Pengelolaan sistem sgroforestri tradisional (Dukuh) oleh masyarakat Desa Sungai Langsat Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan." Pp. 673–78 in *Prosiding Seminar Nasional Agroforestri 2013: Agroforestri untuk Pangan dan Lingkungan yang Lebih Baik*, edited by Kuswantoro, D. P., Widyaningsih, T. S., Fauziyah, E., & Rachmawati, R. Malang: Balai Penelitian Teknologi Agroforestry, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, World Agroforestry

- Centre (ICRAF), & Masyarakat Agroforestri Indonesia.
- Busyra, B. S. & Firdaus. (2010). *Rekomendasi pemupukan tanaman padi dan palawija pada lahan kering di Provinsi Jambi*. First ed. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Diniyati, D., Fauziah, E., & Widyaningsih, T. S. (2014). “Upaya peningkatan kualitas dan produktivitas tanaman kapulaga sebagai tanaman sela di hutan rakyat.” *Jurnal Penelitian Agroforestry* 2(1):21–34.
- Direktorat Sayuran dan Tanaman Obat. (2019). *Standar Operasional Prosedur (SOP) Kapulaga (Amomum cardamomum) Kabupaten Tasik Malaya*. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian.
- Gapoktanhut Wana Raya. (2019). *Profil Kelompok Tani Hutan Wana Raya*. Pesawaran: Desa Talangmulya Kecamatan Teluk Pandan.
- Indriyanto. (2017). *Ekologi Spesies Pohon*. Yogyakarta: Plantaxia.
- Indriyanto & Asmarahman, C. (2019). “Jenis tanaman penyusun tegakan sebagai sumber pangan di areal garapan petani gabungan KPPH Sumber Agung dalam Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman.” Pp. 372–382 in *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Biologi Indonesia XXV*. Bandar Lampung: Perhimpunan Biologi Indonesia Cabang Lampung.
- Indriyanto. (2022). “Komposisi, dominansi, dan tingkat kesamaan tegakan antarpetak garapan petani di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman.” *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 11(2):139–51. <http://dx.doi.org/10.18330/jwallacea.2022.vol11i2ss2pp139-151>
- Janani, P. (2019). “Shade management in cardamom: towards higher productivity.” *Agrobios Newsletter XVIII(01):53–54*. <https://www.researchgate.net/publication/334965104>
- Junaidi, E. & Indrajaya, Y. (2018). “Respon hidrologi akibat penerapan pola agroforestri pada penggunaan lahan yang tidak sesuai kesesuaian lahan: studi kasus di DAS Cimuntur.” *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 7(1):69–81. <http://dx.doi.org/10.18330/jwallacea.2018.vol7iss1pp69-81>
- Juwitaningsih, T., Jahro, L. S., & Sari, S. A. (2020). “Evaluation of North Sumatera cardamom seed (*Amomum compactum*) extract as antibacterial and anticancer.” *Journal of Physics: Conference Series* 1485(012019):1–6. DOI:10.1088/1742-6596/1485/1/012019
- Koirala, B. S., Suberi, B., Sherub, K., Chhetri, R., & Gyeltshen, T. (2022). “Agroforestry species composition and growth of black cardamom in different habitats along altitudinal gradient, Bhutan.” *Research Square* 1–12. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2302980/v1>
- Kumar, K. P., Hrideek, T. K., Paul, J., & Kuruvilla, K. M. (2012). “Shade trees and its importance in cardamom plantations.” *Indian Journal of Arecanut, Spices, & Medicinal Plants* 14(4):22–26. <https://www.researchgate.net/publication/280131535>
- Mohammad, R., Cahyo, P., Syahrul, K., & Arfarita, N. (2022). “Improving land management and productivity of cardamom (*Amomum compactum*) based agroforestry system for fulfilment of anti Covid 19 biopharmaceutical raw materials.” *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences* 2(122):74–83. DOI 10.18551/rjoas.2022-02.09
- Mubarak, S., Impron, & June, T. (2018). “Efisiensi penggunaan radiasi matahari dan respon tanaman kedelai (*Glycine max* L.) terhadap penggunaan mulsa reflektif.” *Jurnal Agronomi Indonesia* 46(3):247–53. <https://dx.doi.org/10.24831/jai.v46i3.18220>
- Murniati, Suharti, S., Minarningsih, Nuroniah, H. S., Rahayu, S., & Dewi, S. (2022). “What makes agroforestry a potential restoration measure in a degraded conservation forest.” *Forests* 13(267):1–17. <https://doi.org/10.3390/f13020267>
- Murugan, M., Ashokkumar, K., Alagupalamuthirsolai, M., Anandhi, A., Ravi, R., Dhanya, M. K., & Sathyan. T. 2022. “Understanding the effects of

- cardamom cultivation on its local environment using novel systems thinking approach-the case of Indian cardamom Hills.” *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6(728651):1–12. DOI: 10.3389/fsufs.2022.728651
- Nepal, M., Gupta, S. P., & Adhikari, B. (2022). “Effect of temperature, rainfall, cloud, and humidity on production of large cardamom in Sankhuwasabha, Nepal.” *Middle European Scientific Bulletin* (21):50–61. <https://www.researchgate.net/publication/359841078>
- Nurzaman, M., Pridani, S. R. D., & Setiawati, T. (2020). “Respon pertumbuhan kapulaga lokal (*Amomum compactum* Soland Ex. Maton) dan kapulaga sabrang (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton Var. Mysore) terhadap cekaman kekeringan.” *Jurnal Pro-Life* 7(1):27–41. <https://doi.org/10.33541/jpvol6Iss2pp102>
- Praditha, A. N., Hartady, T., & Atik, N. (2020). “Kajian pustaka: pemanfaatan biji kapulaga jawa (*Amomum compactum*) sebagai antiinflamasi dan antibiotic growth promoter alternatif untuk ternak.” *Indonesia Medicus Veterinus* 9(6):959–69. DOI: 10.19087/imv.2020.9.6.959
- Prasetyo. (2004). “Budidaya kapulaga sebagai tanaman sela pada tegakan sengon.” *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 6(1):22–31.
- Qonita, A., Riptanti, E. W., & Uchyani, R. (2018). “Sustainability of aardamom comparative advantage in Central Java Province, Indonesia.” *Preprints* 2018070573. 10.20944/preprints201807.0573.v1
- Ranganathan, V. (2018). “Chasing productivity in cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton).” *Indian Journal of Plant and Soil* 5(1):5–12. <http://dx.doi.org/10.21088/ijps.2348.9677.5118.1>
- Siarudin, M., Rahman, S. A., Artati, Y., Indrajaya, Y., Narulita, S., Ardha, M. J., & Larjavaara, M. (2021). “Carbon sequestration potential of agroforestry systems in degraded landscapes in West Java, Indonesia.” *Forests* 12(714):1–13. <https://doi.org/10.3390/f12060714>
- Taufiq, A. & Sundari, T. 2012. “Respon tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh.” *Buletin Palawija* 23:13–26.
- Triwanto, J. & Muttaqin, T. (2013). “Analisis usaha tani masyarakat pada berbagai tingkat perkembangan agroforestry di RPH Pujon Kidul, BKPH Pujon, KPH Malang.” Pp. 635–44 in *Prosiding Seminar Nasional Agroforestri 2013: “Agroforestri untuk Pangan dan Lingkungan yang Lebih Baik”*. Malang: Balai Penelitian Teknologi Agroforestry Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, World Agroforestry Centre (ICRAF), & Masyarakat Agroforestri Indonesia.
- Tynsong, H., Tiwari, B. K., & Dkhar, M. 2017. “Plant diversity in betel leaf agroforestry of South Meghalaya, Northeast India.” *Asian Journal of Forestry* 2(1):1–11. 10.13057/asianjfor/r020101
- UPTD Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. (2017). *Blok Pengelolaan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman Provinsi Lampung*. Bandar Lampung: Dinas Kehutanan Provinsi Lampung.
- Witarsa, U. (2019). “PLBT dengan Kapulaga.” https://Dlhc.Bantenprov.Go.Id/Upload/Article/2019/PLBT_dengan_kapolaga.pdf. Diakses pada tanggal 20 Januari 2022.
- Yang, Y., Guo, X., Liu, G., Liu, W., Xue, J., Ming, B., Xie, R., Wang, K., Hou, P., & Li, S. (2021). “Solar radiation effects on dry matter accumulations and transfer in maize.” *Frontiers in Plant Science* 12(727134):1–13. DOI:10.3389/fpls.2021.727134



USNIC ACID ISOLATED FROM LICHEN *Usnea* sp. FROM CIWIDEY, WEST JAVA

Dewi Meliati Agustini¹⁾, Riga Riga^{2)*}, Sari Purbaya¹⁾, Eva Selviana¹⁾ dan Muhammad Habibul Ikhsan²⁾

¹⁾Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Informatika, Universitas Jenderal Achmad Yani

²⁾Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

ARTICLE INFO

Article history:

Received 09 Dec 2022,

Revised 29 Dec 2022,

Accepted 31 Dec 2022,

Available online 16 Jan 2023

Keywords:

- ✓ *Usnic acid*
- ✓ *Lichen*
- ✓ *Usnea sp.*

*corresponding author:

rigakimia@fmipa.unp.ac.id

Phone: +62 853 6300 8810

Doi:

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i1.395)

[13i1.395](https://doi.org/10.31938/jsn.v13i1.395)

ABSTRACT

Indonesia is a tropical country that has a variety of plants. Plants are one potential source of medicine. One of them is Lichen *Usnea* sp., which is used by the community to treat several diseases, so further research is needed to study the chemical composition contained and other potentials of this plant. Research on the chemical constituent of Lichen *Usnea* sp. consists of various stages: sample preparation, maceration using methanol, fractionation by Vacuum Liquid Chromatography (VLC) and radial chromatography guided by Thin Layer Chromatography (TLC) eluting with *n*-hexane, chloroform and ethyl acetate obtaining an isolated compound. The isolated compound was analyzed by various spectroscopic data (UV-Vis, FT-IR, ¹H-NMR and ¹³C-NMR). Based on the spectra, the isolated compound was usnic acid.

ABSTRAK

Isolat Asam Usnat dari Lichen *Usnea* sp. Asal Ciwidey, Jawa Barat

Indonesia adalah negara tropis dengan banyaknya spesies tumbuhan. Tumbuhan adalah salah satu sumber bahan baku yang potensial untuk obat-obatan. Salah satunya Lichen *Usnea* sp. yang digunakan masyarakat dalam pengobatan beberapa penyakit, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui senyawa kimia yang terkandung dan potensi lainnya dari tanaman ini. Penelitian kandungan kimia dari Lichen *Usnea* sp. asal Ciwidey, Jawa Barat, terdiri dari berbagai tahapan, yaitu, persiapan sampel, maserasi dengan pelarut metanol, fraksinasi dan pemurnian dengan metode Kromatografi Cair Vakum (KCV) dan kromatografi radial yang dipandu dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dengan eluen *n*-heksana, kloroform dan etil asetat dan menghasilkan satu senyawa. Senyawa yang diperoleh tersebut dianalisis dengan berbagai data spektroskopi (UV, IR, ¹H-NMR, dan ¹³C-NMR). Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah asam usnat.

Kata kunci: Asam usnat; Lichen; *Usnea* sp.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara tropis yang kaya akan berbagai jenis tumbuhan. Banyaknya jenis tumbuhan tersebut memberikan banyak manfaat untuk masyarakat. Salah satu manfaatnya adalah penggunaan tumbuhan obat sebagai bahan baku pada industri kimia dan industri farmasi. Salah satu tumbuhan obat yang dilaporkan memiliki beragam senyawa bioaktif adalah Lichen (lumut kerak) *Usnea* sp. (Jannah *et al.*, 2022; Maulidiyah *et al.*, 2021).

Lichen memiliki keunikan, karena merupakan simbiosis antara cendawan, jamur (*fungi*) dan ganggang (*algae*). Fakta tersebut

menjadikan Lichen termasuk ke dalam tumbuhan suku rendah, sebab tidak mempunyai kelengkapan seperti halnya pada tumbuhan tingkat tinggi. Tumbuhan tingkat tinggi mempunyai organ seperti akar, batang dan daun dimana organ tersebut tidak dimiliki oleh Lichen (Galinato, 2018; Jannah *et al.*, 2022). Laporan menunjukkan bahwa Lichen telah banyak digunakan mengobati berbagai penyakit di berbagai negara sehingga dijadikan sebagai obat alternatif. Di masa lalu, orang asli Amerika menggunakan Lichen *U. longissima* sebagai obat penghalus kulit. Di India, Lichen digunakan untuk menyembuhkan beberapa penyakit mulai dari asma, bronkitis, sakit perut, alergi, keretakan



tulang sampai obat untuk gangguan hati dan darah. Pemanfaatan Lichen berbeda-beda tergantung pada spesies Lichen tersebut. *U. misaminensis* banyak dimanfaatkan sebagai obat antidiare, influenza, dan batuk, sementara itu *U. barbata* dan *U. dasygoga* digunakan untuk mengobati tuberkulosis (Azis *et al.*, 2014; Sepahvand *et al.*, 2021).

Laporan fitokimia mengindikasikan bahwa *Usnea* dapat mensintesis berbagai senyawa aktif yang berpotensi sebagai obat seperti yang telah dilaporkan sebelumnya (Choudhary *et al.*, 2005; Oh *et al.*, 2018; Popovici *et al.*, 2020; Salgado *et al.*, 2018; Vu *et al.*, 2015). Lichen *U. longissima* memiliki senyawa fenolik *longissiminone A* yang memiliki aktivitas anitinflamasi. Senyawa (-)-asam usnat yang diisolasi dari *Usnea* sp. memiliki aktivitas sitotoksik terhadap sel *murine* leukemia P388 dengan IC_{50} sebesar 5,738 $\mu\text{g/mL}$ (aktif) (Azis *et al.*, 2014). Selanjutnya, Lichen *U. longissima* menghasilkan dua turunan derivat asam usnat yaitu, usenamin A–F, usenon dan isouson. Senyawa usenamin A dan B menunjukkan efek penghambatan pada pertumbuhan sel hepar HepG2 manusia dengan IC_{50} sebesar 6,0 – 53,3 μM . Senyawa usenon dan isouson menunjukkan efek penghambatan lemah pada jamur *Trichophyton rubrum* sp. dengan nilai MIC 41,0 μM (Yu *et al.*, 2016). Dua senyawa baru yaitu baileksanton dan bailesidon dilaporkan dari ekstrak aseton *U. baileyi*. Kedua senyawa tersebut menunjukkan aktivitas dengan kategori sedang terhadap sel A549 (sel karsinoma paru – paru manusia) dengan nilai IC_{50} berurutan 81,11 dari 92,94 μM (Van Nguyen *et al.*, 2018).

Laporan penelitian tersebut mengindikasikan bahwa *Usnea* sp. mensintesis metabolit sekunder dengan beragam aktivitas biologi seperti sitotoksik dan antijamur. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melanjutkan isolasi metabolit sekunder dari Lichen *Usnea* sp. Pada kesempatan ini, sampel *Usnea* sp. diperoleh dari daerah Ciwidey, Jawa Barat dan senyawa asam usnat berhasil diisolasi dari sampel asal Ciwidey tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam studi ini yaitu Lichen *Usnea* sp., akuades, berbagai pelarut teknis (*n*-heksana, etil asetat, diklorometana, dan metanol), kloroform p.a.,

H_2SO_4 10% dalam metanol, silika gel Merck G 60, silika gel Merk 60 (0,2 – 0,5 mm), silika gel Merck GF254 dan pelat KLT (Silika gel Merck GF254 pada pelat Al).

Alat-alat yang digunakan dalam studi kali ini yaitu *chamber* KLT, kolom kromatografi, *rotary evaporator* (Heidolph Laborota 4000), lampu ultraviolet merk Vilber Lourmat VL-8.LC, neraca analitik, satu set alat destilasi, pipa kapiler, pinset, satu set alat kromatografi radial, labu semprot penampak noda, spektrofotometer FTIR (Prestige-21 Shimadzu 2450), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 160), spektrofotometer NMR (Jeol USA JNM), *melting point apparatus* (Buchi B-540 17), dan satu set alat maserasi yang terdiri dari wadah perendaman sampel dan batang pengaduk.

Metode

Preparasi dan Maserasi Sampel

Lichen *Usnea* sp. sebanyak 5 kg diambil dari daerah Ciwidey, Bandung Selatan kemudian dibersihkan lalu dikeringkan. Sampel kemudian dipotong kecil-kecil menggunakan gunting, sehingga diperoleh sampel dengan ukuran yang lebih kecil seberat 2 kg.

Potongan kecil Lichen *Usnea* sp. sebanyak 2 kg tersebut dimasukkan ke dalam dua wadah perendaman. Metanol redestilasi dimasukkan ke dalamnya sehingga semua Lichen *Usnea* sp. di dalam wadah terendam dan didiamkan 1 x 24 jam. Campuran tersebut disaring setelah 24 jam sehingga diperoleh maserat metanol dari Lichen *Usnea* sp. dan residunya. Maserat yang dihasilkan diaplikasikan pada KLT untuk memonitor masih terdapatnya kandungan metabolit sekunder. Jika masih ada noda pada pelat KLT, residunya dilakukan perendaman kembali. Filtrat yang diperoleh diuapkan pelarutnya dengan alat *rotary evaporator* dan dihasilkan ekstrak kental (30,8 gram).

Fraksinasi dan Pemurnian Senyawa

Seperangkat peralatan KCV dibersihkan, dikeringkan, dan dirangkai. Dalam keadaan vakum, silika gel 60 G yang telah diaktifkan, dimasukkan ke dalam kolom kromatografi dimana perbandingan massa sampel dan silika adalah 1 : 20. Sementara itu, ekstrak pekat Lichen *Usnea* sp. (20 gram) ditambahkan aseton hingga tepat larut dan diimpregnasi menggunakan silika gel 60 dimana perbandingan massa sampel dan silika adalah 1 : 2. Setelah kering, sampel yang telah diimpregnasi tadi dimasukkan ke dalam kolom kromatografi yang

telah berisi silika gel 60. Sampel kemudian dielusui menggunakan perbandingan eluen *n*-heksana dan EtOAC yang ditingkatkan kepolarannya secara gradien seperti yang disajikan pada Tabel 1. Fraksi-fraksi yang diperoleh, dianalisis dengan KLT dan dilakukan penggabungan berdasarkan spot noda yang sama sehingga didapat sembilan fraksi utama (Fraksi A-I).

Tabel 1. Perbandingan Eluen KCV

| Eluen | Perbandingan | Jumlah |
|---------------------------|--------------|------------|
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 10 : 0 | 1 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 9 : 1 | 2 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 8 : 2 | 3 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 7 : 3 | 2 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 5 : 5 | 3 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 3 : 7 | 3 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 2 : 8 | 2 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 1 : 9 | 1 x 250 mL |
| <i>n</i> -heksana : EtOAC | 0 : 10 | 2 x 250 mL |

Fraksi C (112,8 mg) difraksinasi kembali dengan kromatografi radial menggunakan silika gel 60 GF254. Sampel dielusui dengan menggunakan pelarut *n*-heksana dan kloroform dengan perbandingan 1 : 9. Pengelusian sampel menghasilkan komponen berupa lingkaran sepusat yang dapat diamati bercaknya dengan lampu UV. Hasil kromatografi radial menghasilkan senyawa murni yang kemudian diuji kemurniannya melalui KLT 3 eluen, yaitu *n*-heksana : MTC (6 : 4), *n*-heksana : CHCl₃ (4 : 6) dan *n*-heksana : etil asetat (6,5 : 3,5).

Penentuan Struktur Senyawa

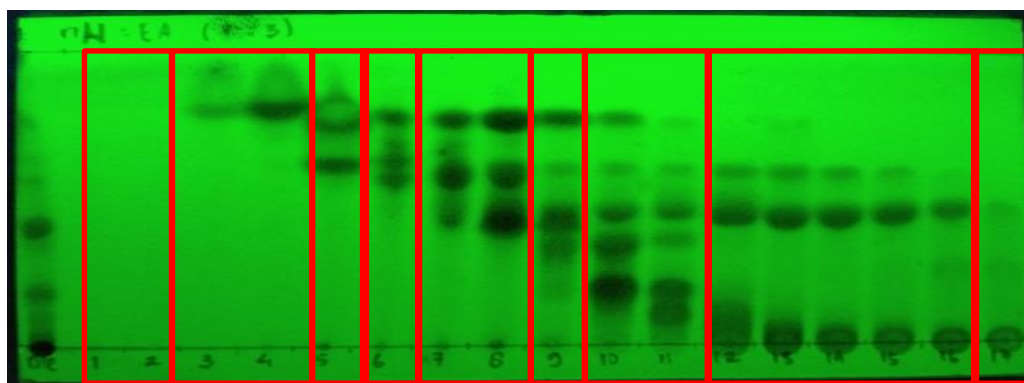
Senyawa yang berhasil diisolasi dikarakterisasi strukturnya menggunakan berbagai data spektroskopik (UV-Vis, FTIR dan NMR).

HASIL DAN PEMBAHASAN

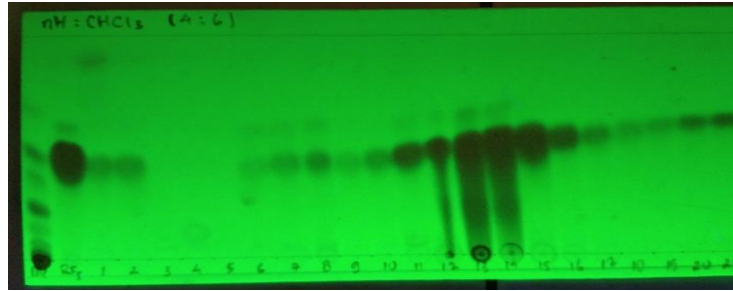
Isolat Ekstrak Metanol *Usnea sp.*

Potongan kecil Lichen *Usnea sp.* dimaserasi dengan pelarut metanol sehingga diperoleh 30,8 gram ekstrak kental. Ekstrak kental itu selanjutnya difraksinasi dengan metode kromatografi vakum cair menggunakan sistem eluen yang ditampilkan pada metode kerja. Proses fraksinasi dengan metode KCV tersebut menghasilkan 17 fraksi. Semua fraksi yang diperoleh dimonitoring dengan KLT. Hasil KLT ditampilkan pada Gambar 1. Pola KLT pada Gambar 1 menunjukkan bahwa perlu dilakukan penggabungan fraksi berdasarkan kemiripan pola kromatogram sehingga diperoleh sembilan fraksi hasil penggabungan (fraksi A - I).

Dari sembilan fraksi yang ada, fraksi C menghasilkan kristal dan memberikan pola noda KLT yang lebih sederhana sehingga dimurnikan lebih lanjut. Fraksi C yang terbentuk kristal dilakukan pembilasan terlebih dahulu menggunakan *n*-heksana, dimana pada proses pembilasan tersebut pengotor akan larut di dalam *n*-heksana. Dari hasil pembilasan, diperoleh endapan C (EC) dan supernatan C (SC). Fraksi EC yang diperoleh seberat 112,8 mg. Fraksi EC (112,8 mg) dimurnikan dengan kromatografi radial menggunakan eluen *n*-heksana : kloroform (1 : 9). Elusi sampel dengan kromatografi radial tersebut menghasilkan lingkaran-lingkaran komponen yang terkandung dalam sampel. Komponen tersebut keluar dengan gaya sentrifugal dan ditampung dalam vial. Hasil kromatografi radial tersebut menghasilkan 21 fraksi yang diberi nomor 1-21 dan kemudian diKLT dengan eluen *n*-heksana : kloroform (4 : 6). Hasil KLT tersebut ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Kromatogram Hasil KCV dan Penggabungan Fraksi Berdasarkan Kesamaan Pola Noda

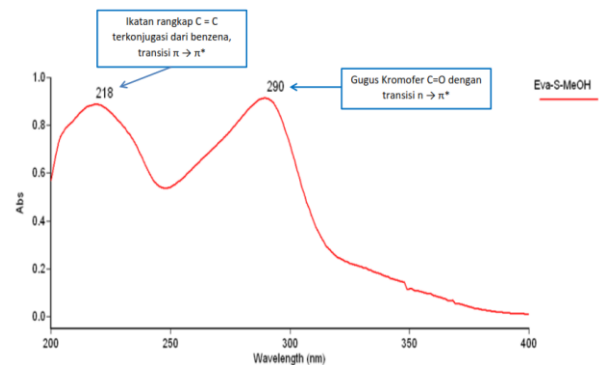
Gambar 2. Kromatogram Hasil Kromatotron Fraksi EC di Bawah Sinar UV λ 254 nm

Gabungan fraksi 16-21 terpantau satu noda dan diuji kemurniannya menggunakan KLT dengan tiga jenis eluen yang berbeda yaitu *n*-heksana : CH_2Cl_2 (6 : 4); *n*-heksana : CHCl_3 (4 : 6); dan *n*-heksana : EtOAc (6,5 : 3,5) dan disimpulkan sebagai senyawa murni. Senyawa hasil isolasi berbentuk kristal jarum berwarna kuning keemasan, tidak berbau, dan mudah larut dalam CH_2Cl_2 dan CHCl_3 .

Elusidasi Struktur Senyawa

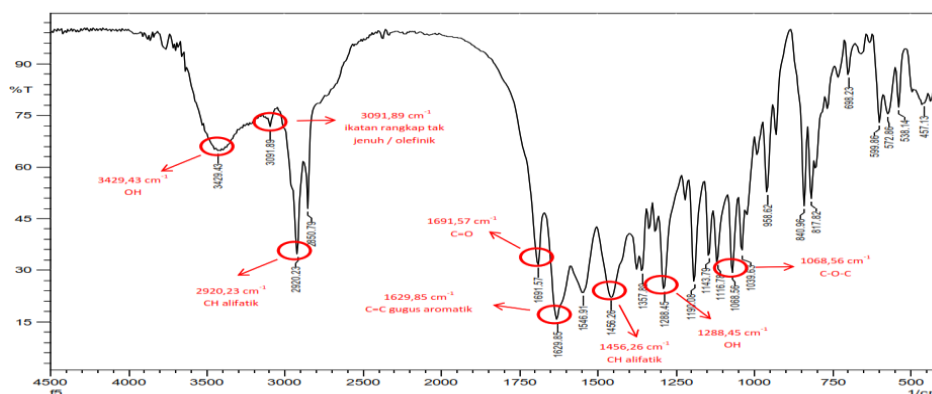
Senyawa murni hasil isolasi tersebut dikarakterisasi strukturnya menggunakan berbagai data spektroskopi diantaranya UV-Vis, FT-IR dan NMR (^1H dan ^{13}C -NMR).

Data UV-Vis senyawa diperoleh dengan mengukur sampel menggunakan pelarut metanol pada panjang gelombang 200 – 400 nm dan menghasilkan serapan maksimum pada $\lambda = 218$ nm dan 290 nm (Gambar 3). Data ini mengindikasikan bahwa $\lambda_{\text{max}} = 218$ nm tersebut merupakan gugus kromofor ikatan rangkap C=C terkonjugasi pada benzena dengan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$. Data ini juga didukung dengan spektrum FTIR berupa kehadiran gugus aromatik pada bilangan gelombang $1629,85 \text{ cm}^{-1}$. Lebih lanjut kehadiran $\lambda_{\text{max}} = 290$ nm pada spektrum UV-Vis menunjukkan gugus kromofor C=O, dimana jenis transisinya adalah $n \rightarrow \pi^*$. Gugus C=O ini juga didukung oleh data FTIR pada bilangan gelombang $1691,57 \text{ cm}^{-1}$.

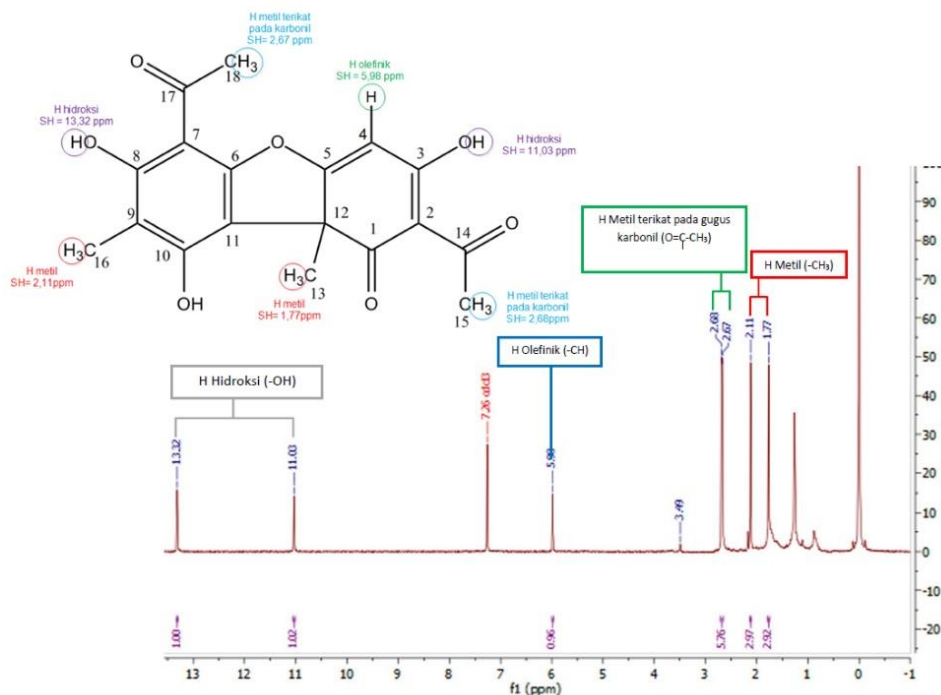


Gambar 3. Spektrum UV Vis Senyawa Hasil Isolasi

Puncak lainnya yang terdeteksi pada data FTIR (Gambar 4) adalah pada bilangan gelombang $3429,43 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan kehadiran gugus hidroksi (-OH), serapan $2920,23 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur asimetrik gugus CH_3 yang diperkuat oleh adanya serapan pada bilangan gelombang $1456,26 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi tekuk dari gugus CH_3 . Lebih lanjut terdapat serapan pada bilangan gelombang $1629,85 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan cincin aromatik, serapan pada $1068,56 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C-O-C (eter). Data spektrum FTIR ini menunjukkan bahwa senyawa isolasi memiliki gugus hidroksi (-OH), keton (C=O), gugus eter (C-O-C), gugus CH_3 , dan gugus aromatik. Data FTIR senyawa hasil isolasi bersesuaian dengan data FTIR yang pernah dilaporkan sebelumnya (Maulidiyah *et al.*, 2022).

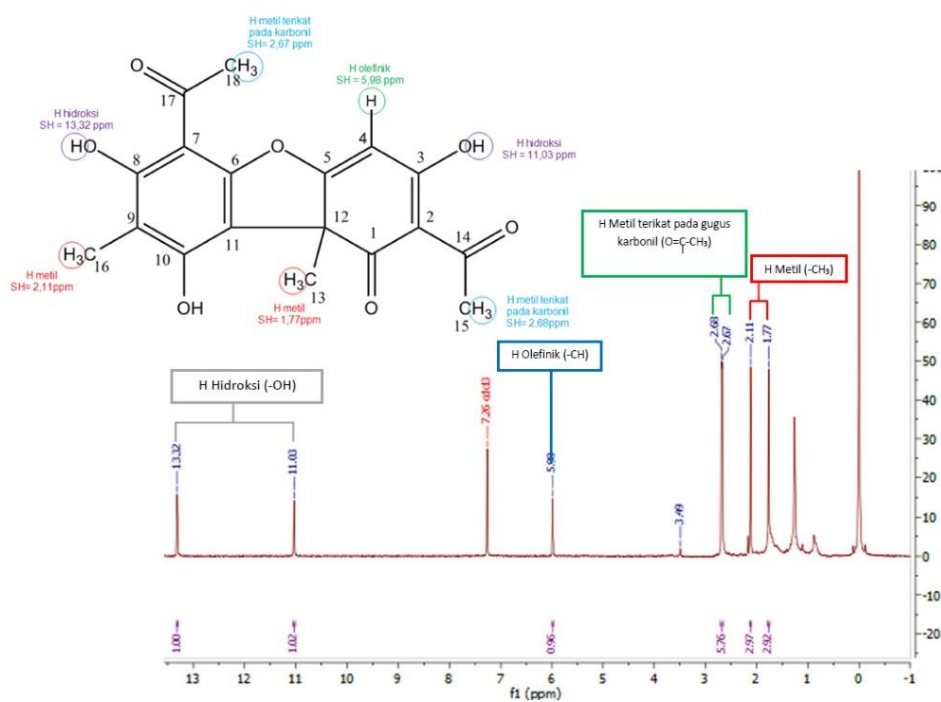


Gambar 4. Spektrum FTIR Senyawa

Gambar 4. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ Senyawa

Hasil analisis spektrum $^1\text{H-NMR}$ senyawa (Gambar 4) memberikan puncak dimana semua multiplitas sinyal tersebut adalah *singlet*. Geseran kimia $\delta_{\text{H}} = 1,76$ dan $2,11$ ppm mengindikasikan kehadiran dua gugus metil dan puncak pada $\delta = 2,66$ dan $2,68$ ppm menunjukkan dua gugus metil yang terikat pada gugus karbonil. Puncak $\delta_{\text{H}} = 5,98$ ppm mengindikasikan

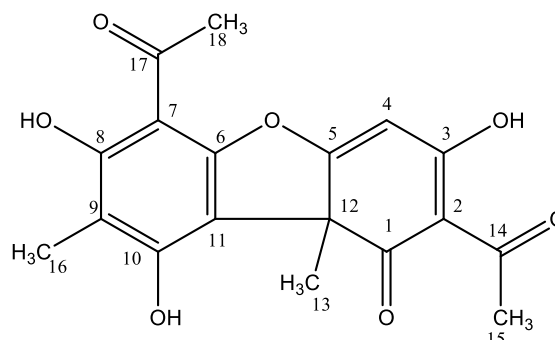
kehadiran proton olefinik. Proton olefinik ini juga didukung dengan kehadiran sinyal FTIR pada bilangan gelombang $3091,89 \text{ cm}^{-1}$. Selanjutnya sinyal pada geseran kimia $\delta_{\text{H}} = 11,03$ dan $13,31$ ppm mengindikasikan kehadiran dua gugus $-\text{OH}$ yang berinteraksi melalui ikatan hidrogen dengan gugus karbonil.

Gambar 5. Spektrum $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa

Spektrum ^{13}C -NMR (Gambar 5) memberikan informasi bahwa isolat murni C memiliki 18 karbon. Tiga di antara 18 karbon tersebut adalah karbon pada gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) pada pergeseran $\delta\text{c} = 198,2$; $200,48$; dan $201,93$ ppm. Dua gugus metil ditunjukkan dengan kehadiran sinyal pada geseran $\delta\text{c} = 7,69$ dan $28,05$ ppm. Selanjutnya kehadiran dua gugus metil yang terikat pada gugus karbonil ditunjukkan oleh sinyal pada geseran $\delta\text{c} = 31,43$ dan $32,27$ ppm. Sinyal karbon lainnya yang terdeteksi pada spektrum ini adalah lima gugus metil ($-\text{CH}$) pada geseran $\delta\text{c} = 101,69$; $155,37$; $157,62$; $164,05$; dan $98,49$ ppm serta lima gugus C kuartener yang lain ditunjukkan pada geseran $\delta\text{c} = 59,24$; $104,11$; $105,39$; $109,50$; dan $179,55$ ppm.

Uraian data spektroskopi tersebut mengindikasikan bahwa senyawa hasil isolasi adalah asam usnat (Gambar 6). Data spektroskopi senyawa hasil isolasi tersebut kemudian dibandingkan dengan senyawa asam

usnat literatur dan menunjukkan bahwa senyawa hasil isolasi memiliki kemiripann data spektroskopi dengan asam usnat yang pernah dilaporkan sebelumnya (Azis *et al.*, 2014; Maulidiyah *et al.*, 2021; Millot *et al.*, 2013; Petrová *et al.*, 2022). Perbandingan data NMR tersebut ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 6. Struktur Metabolit Sekunder Hasil Isolasi (Asam Usnat)

Tabel 2. Pebandingan Sinyal ^1H dan ^{13}C -NMR Senyawa (Asam Usnat) dengan Literatur

| No | Senyawa Hasil Isolasi | | Asam Usnat (Maulidiyah <i>et al.</i> , 2021) | |
|----|-----------------------|-----------------|--|-----------------|
| | ^1H | ^{13}C | ^1H | ^{13}C |
| 1 | - | 198,22 | - | 198,20 |
| 2 | - | 179,55 | - | 179,47 |
| 3 | 11,03 (1H, s) | 155,37 | 11,01 (1H, s) | 155,33 |
| 4 | 5,98 (1H, s) | 98,49 | 5,92 (1H, s) | 98,46 |
| 5 | - | 101,69 | - | 101,64 |
| 6 | - | 191,87 | - | 191,85 |
| 7 | - | 109,50 | - | 109,41 |
| 8 | 13,32 (1H, s) | 157,62 | 13,29 (1H, s) | 157,62 |
| 9 | - | 104,11 | - | 104,09 |
| 10 | - | 164,05 | - | 163,99 |
| 11 | - | 105,39 | - | 105,36 |
| 12 | - | 59,24 | - | 59,20 |
| 13 | 1,77 (3H, s) | 28,05 | 1,74 (3H, s) | 28,04 |
| 14 | - | 200,48 | - | 200,47 |
| 15 | 2,68 (3H, s) | 32,27 | 2,66 (3H, s) | 32,28 |
| 16 | 2,11 (3H, s) | 7,69 | 2,07 (3H, s) | 7,68 |
| 17 | - | 201,93 | - | 201,92 |
| 18 | 2,67 (3H, s) | 31,43 | 2,64 (3H, s) | 31,43 |

KESIMPULAN

Satu metabolit sekunder berhasil diisolasi dari Lichen *Usnea* sp. Data sifat fisik, spektrum (UV Vis, FT-IR dan NMR) dan studi literatur senyawa tersebut mengkonfirmasi bahwa senyawa tersebut merupakan asam usnat dengan rumus molekul $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_7$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan untuk Jurusan Kimia FSI Unjani atas bantuan dan dukungan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, T., Hadijah Sabarwati, S., & Nurdin, M. (2014). Isolasi dan identifikasi senyawa (-)-asam usnat dari lichen *usnea* sp. serta aktivitas sitotoksiknya terhadap sel murine leukemia P388. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 13(1), 40–44.
- Choudhary, M. I., Azizuddin, Jalil, S., & Atta-ur-Rahman. (2005). Bioactive phenolic compounds from a medicinal lichen, *Usnea longissima*. *Phytochemistry*, 66(19), 2346–2350.
- Galinato, M. (2018). Review of the lichen genus *Usnea* in the Philippines. *Studies in Fungi*, 3(1), 39–48.
- Jannah, M., A`yun, Q., Afifah, N., Prasetya, E., & Hariri, M. R. (2022). *Usnea* in west java : a potential source of bioactive secondary metabolites. *Berkala Penelitian Hayati*, 28(1), 26–31.
- Maulidiyah, M., Darmawan, A., Ahmad, E., Musdalifah, A., Wibowo, D., Salim, L. O. A., Arham, Z., Mustapa, F., Nurdin, I. F. A., & Nurdin, M. (2021). Antioxidant activity-guided isolation of usnic acid and diffractaic acid compounds from lichen genus *Usnea* sp. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 11(2), 075–083.
- Maulidiyah, M., Darmawan, A., Wahyu, W., Musdalifah, A., Salim, L. O. A., & Nurdin, M. (2022). Potential of usnic acid compound from lichen genus *Usnea* sp. as antidiabetic agents. *Journal of Oleo Science*, 71(1), 127–134.
- Millot, M., Kaouadji, M., Champavier, Y., Gamond, A., Simon, A., & Chulia, A. J. (2013). Usnic acid derivatives from *Leprocaulon microscopicum*. *Phytochemistry Letters*, 6(1), 31–35.
- Oh, J. M., Kim, Y. J., Gang, H. S., Han, J., Ha, H. H., & Kim, H. (2018). Antimicrobial activity of divaricatic acid isolated from the Lichen *Evernia mesomorpha* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 23(12).
- Petrová, K., Bačkorová, M., Demčišáková, Z., Petrovová, E., Goga, M., Vilková, M., Frenák, R., Bačkor, M., Mojžiš, J., & Kello, M. (2022). Usnic acid isolated from *Usnea antarctica* (Du Rietz) reduced in vitro angiogenesis in VEGF- and bFGF-stimulated HUVECs and ex ovo in quail chorioallantoic membrane (CAM) Assay. *Life*, 12(9).
- Popovici, V., Bucur, L. A., Schröder, V., Gherghel, D., Mihai, C. T., Caraiane, A., Badea, F. C., Vochița, G., & Badea, V. (2020). Evaluation of the cytotoxic activity of the *Usnea barbata* (L.) F. H. Wigg dry extract. *Molecules*, 25(8).
- Salgado, F., Albornoz, L., Cortéz, C., Stashenko, E., Urrea-Vallejo, K., Nagles, E., Galicia-Virviescas, C., Cornejo, A., Ardiles, A., Simirgiotis, M., García-Beltrán, O., & Areche, C. (2018). Secondary metabolite profiling of species of the genus *Usnea* by UHPLC-ESI-OT-MS-MS. *Molecules*, 23(1), 1–16.
- Sepahvand, A., Studzińska-Sroka, E., Ramak, P., & Karimian, V. (2021). *Usnea* sp.: Antimicrobial potential, bioactive compounds, ethnopharmacological uses and other pharmacological properties; a review article. *Journal of Ethnopharmacology*, 268(July 2020).
- Van Nguyen, K., Duong, T. H., Nguyen, K. P. P., Sangvichien, E., Wonganan, P., & Chavasiri, W. (2018). Chemical constituents of the lichen *Usnea baileyi* (Stirt.) Zahlbr. *Tetrahedron Letters*, 59(14), 1348–1351.
- Vu, T. H., Lamer, A. C. Le, Lalli, C., Samson, J. B. M., Dévéhat, F. L. Le, & Seyec, J. Le. (2015). Depsides: Lichen metabolites active against hepatitis C virus. *PLoS ONE*, 10(3), 1–14.
- Yu, X., Guo, Q., Su, G., Yang, A., Hu, Z., Qu, C., Wan, Z., Li, R., Tu, P., & Chai, X. (2016). Usnic acid derivatives with cytotoxic and antifungal activities from the Lichen *Usnea longissima*. *Journal of Natural Products*, 79(5), 1373–1380.



DIVERSITY OF MAMMALS IN 8 YEARS OF JATI (*Tectona grandis* Linn. f) UNGGUL NUSANTARA (JUN)

Tun Susdiyanti¹⁾, Ken Dara Cita^{2)*}, Nia Yuliani³⁾, Noval Diantama¹⁾, Dwi Agus Sasongko¹⁾

¹⁾Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Nusa Bangsa,

Jl. KH Sholeh Iskandar KM.4; Tanah Sareal, Kota Bogor, 16166, Indonesia

²⁾Jurusan Kehutanan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Sriwigama,

Jl. Demang IV No.9, Lorok Pakjo, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30137, Indonesia

³⁾Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa,

Jl. KH Sholeh Iskandar KM.4; Tanah Sareal, Kota Bogor, 16166, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 01 Apr 2022,

Revised 10 Aug 2022,

Accepted 02 Jan 2023

Available online 16 Jan 2023

Keywords:

- ✓ Diversity
- ✓ Mammals
- ✓ Cogreg
- ✓ Habitat

*corresponding

author:kendarac@gmail.com

Doi:

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i1.463>

ABSTRACT

Mammals had several ecological functions and roles. The existence of mammals plays an essential role in the balance of natural ecosystems. The Experimental garden in Cogreg Village is one of the possible places to become a habitat for a diversity of mammals. The diversity of mammals found and identified in the Cogreg Experimental Garden consists of 6 types: *Pteropus vampyrus*, *Tupaia javanica*, *Callosciurus notatus*, *Rattus argentiventer*, *Herpestes javanicus*, and *Suncus murinus*, with a total of 165 individuals. The mammal habitat found in the Cogreg Experimental Garden is secondary forest or JUN Forest (*Tectona grandis* Linn. f) with INP Index of 195.91%.

Keanekaragaman Mamalia pada Tegakan Trubusan Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara (JUN) Umur 8 Tahun

ABSTRAK

Mamalia memiliki beberapa fungsi dan peran ekologis. Keberadaan mamalia sangat berperan penting dalam keseimbangan ekosistem alam. Kebun Percobaan di Desa Cogreg adalah salah satu tempat yang memungkinkan untuk menjadi habitat bagi keanekaragaman mamalia. Keanekaragaman mamalia yang ditemukan dan teridentifikasi di Kebun Percobaan Cogreg terdiri dari 6 jenis mamalia *Pteropus vampyrus*, *Tupaia javanica*, *Callosciurus notatus*, *Rattus argentiventer*, *Herpestes javanicus*, dan *Suncus murinus* dengan jumlah total keseluruhan 165 individu. Habitat mamalia yang terdapat di Kebun Percobaan Cogreg yaitu hutan sekunder atau hutan tegakan Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara (JUN) dengan indeks nilai penting (INP) sebesar 195,91%.

Kata Kunci: Keanekaragaman; Mamalia; Cogreg; Habitat

PENDAHULUAN

Mamalia memiliki peranan yang esensial dalam menjaga keseimbangan ekosistem termasuk menjaga kesejahteraan hidup manusia (Etana *et al.*, 2021). Mamalia menempati berbagai tingkat trofik dalam rantai makanan (Ferreira *et al.*, 2020), yang dimulai dari kelas herbivora sebagai predator tumbuhan pada kategori terendah terbawah hingga kelas karnivora sebagai pemangsa pada kategori tertinggi (*top predator*) (Cita *et al.*, 2022). Mamalia memiliki persebaran yang cukup luas di Indonesia dengan kekayaan jenis mencapai lebih dari 500 jenis dan beberapa termasuk ke dalam kategori jenis satwa dilindungi

karena populasinya yang terancam punah (Mustari *et al.*, 2014). Hasil riset Maryanto dan Noerdjito, 2006 menemukan bahwa 127 jenis diantaranya tersebar di Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. Adapun peranan ekologis mamalia dalam menjaga keberlangsungan hidup yaitu menjaga kesuburan tanah, menghasilkan pupuk organik, pengendali hama, pemencar biji, penyerbukan, berperan dalam proses daur ulang mineral dari tumbuhan, serta sebagai bioindikator rusaknya habitat hutan dan indikator pencemaran udara oleh logam berat (Poor, 2019; Suyanto, 2002). Namun, mamalia memiliki resiko tinggi dalam ancaman kepunahan terutama pada satwa yang memiliki bobot di atas 3 Kg dengan ukuran



besar, laju reproduksi yang rendah serta membutuhkan wilayah jelajah yang luas, maka dengan fragmentasi habitat yang semakin massif akan berdampak pada ancaman kepunahan yang tinggi (Cardillo *et al.*, 2005).

Atas dasar hal tersebut, maka lokasi yang menjadi habitat mamalia harus terjaga untuk mempertahankan populasinya. Habitat tersebut mencakup ketersediaan sumber pakan, air, tempat berlindung (*shelter and cover*) serta tempat untuk berkembang biak. Salah satu lokasi yang masih mendukung keanekaragaman satwa liar khususnya mamalia adalah Kebun Percobaan Desa Cogreg Kecamatan Parung, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat.

Kebun Percobaan di Desa Cogreg memiliki area yang cukup luas, terdapat sumber pakan dan relatif minim gangguan khususnya aktivitas manusia. Area ini terdapat tegakan Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara (JUN) yang merupakan varietas baru dengan pertumbuhan yang cepat dan diperoleh dari kultur jaringan. JUN sebagai tegakan berpotensi dalam habitat mamalia (Kurnia, 2003). Informasi mengenai keanekaragaman mamalia di Kebun Percobaan Desa Cogreg tersebut dapat dijadikan salah satu dasar pengelolaan dan sebagai upaya perlindungan populasi dan habitat mamalia khususnya di Kabupaten Bogor.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan data penelitian dilaksanakan selama satu bulan yaitu pada bulan Maret tahun 2021 bertempat di Kebun Percobaan Desa Cogreg, Kecamatan Parung, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat.

Bahan dan Alat

Kegiatan penelitian ini membutuhkan alat dan bahan untuk mencari data dan menyusun laporan. Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam kegiatan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Metode

Jenis data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung di lapangan, meliputi jenis dan jumlah mamalia, waktu, lokasi aktivitas mamalia dan karakteristik habitat yang terdiri dari komponen abiotik atau komponen fisik (sumber air dan jenis pakan), serta komponen biotik (vegetasi, fauna dan manusia) di lokasi pengamatan. Data sekunder merupakan aktivitas pengumpulan data yang telah ada berupa peta kawasan, topografi dan luas wilayah yang bersumber dari studi pustaka. Jenis dan metode penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

| No. | Alat dan Bahan | Fungsi |
|-----|--|---|
| 1 | Kamera | Mendokumentasikan seluruh kegiatan penelitian |
| 2 | Alat tulis / PC | Menulis laporan hasil penelitian |
| 3 | Binokuler | Mengamati mamalia dari jarak jauh |
| 4 | Tally Sheet | Mencatat jenis mamalia yang ditemukan |
| 5 | Meteran | Mengukur jalur dan pengambilan data vegetasi |
| 6 | Kalkulator | Menghitung data terkait analisa dilapangan |
| 7 | Jam / Stopwatch | Menghitung waktu pada saat penelitian |
| 8 | Kompas | Mengukur sudut penemuan mamalia |
| 9 | Field Guide | Menentukan jenis mamalia yang ditemukan |
| 10 | Peta kawasan | Menentukan plot di lapangan |
| 11 | Tali | Membuat jalur analisis vegetasi |
| 12 | Perangkap | Menangkap jenis mamalia kecil |
| 13 | Termometer | Mengukur suhu di lokasi pengamatan |
| 14 | GPS (<i>Global Positioning System</i>) | Menentukan titik temuan mamalia |
| 15 | Arc. GIS (<i>Software</i>) | Membuat peta kerja hasil temuan mamalia |
| 16 | Mamalia dan Habitat | Sebagai bahan penelitian |

Tabel 2. Metode dan Cara Pengumpulan Data

| No | Jenis Data | Data yang Diambil | Metode Pengumpulan Data |
|----|------------------------|---|---|
| 1 | Keanekaragaman Mamalia | 1. Jenis 2. Jumlah individu 3. Waktu penemuan 4. Lokasi penemuan 5. Aktivitas satwa | 1. <i>Rapid Assessment</i> 2. <i>Line Transect</i> 3. Jejak Satwa 4. Perangkap Hidup |
| 2 | Habitat Mamalia | 1. Vegetasi 2. Kondisi fisik | 1. Analisis vegetasi 2. Observasi |

Analisis Data Penelitian

1. Kualitatif

Analisis data kualitatif merupakan suatu analisis yang menguraikan sumber daya dengan kondisi di lapangan sesungguhnya. Pengambilan data mamalia berkaitan dengan jenis, jumlah, aktivitas dan tipe habitat satwa yang ditemukan. Data tersebut dideskripsikan secara detail dengan memberikan suatu gambaran mengenai satwa, kemudian dideskripsikan hal tentang satwa dan habitat agar dipahami dengan mudah dan dapat diinterpretasikan.

2. Kuantitatif

Analisis data kuantitatif merupakan suatu analisis dengan memperhatikan hasil pengamatan terhadap mamalia untuk mendapatkan indeks keanekaragaman jenis dengan diawali penentuan indeks kelimpahan. Data habitat dianalisis menggunakan analisis vegetasi yaitu sebagai berikut.

Indeks Kekayaan Jenis (D_{mg})

Indeks kekayaan jenis dicari dengan tujuan untuk mengetahui keanekaragaman jenis di suatu kawasan. Indeks kekayaan jenis satwa dapat dihitung menggunakan rumus Margalef (Magurran, 1988) yaitu sebagai berikut.

$$D_{mg} = \frac{S(ke-i)}{N}$$

Keterangan:

- D_{mg} = Indeks Kekayaan Jenis
- S = Jumlah Jenis Spesies (ke – i)
- N = Jumlah Total Pengamatan Individu

Analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan indeks kekayaan jenis pada analisis vegetasi. Hasil dari klasifikasi nilai indeks kekayaan jenis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Indeks Kekayaan Jenis (D_{mg})

| Nilai Indeks | Kategori |
|--------------|-------------------------------|
| > 4 | Tingkat kekayaan jenis tinggi |
| 2,5 – 4 | Tingkat kekayaan jenis sedang |
| < 2,5 | Tingkat kekayaan jenis rendah |

Indeks Keanekaragaman Jenis (H')

Indeks keanekaragaman jenis menggunakan rumus (Shannon – Wiener, 1949) yaitu sebagai berikut.

$$H' = \sum Pi \ln Pi$$

Keterangan:

- \sum = Indeks Kemerataan (Nilai Antara 0 – 10)
- H' = Keanekaragaman Jenis Mamalia
- Pi = Jumlah Kekayaan Jenis

Hasil dari nilai Indeks Keanekaragaman Jenis diklasifikasikan menurut (Shannon – Wiener, 1949) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman Jenis (H')

| Nilai Indeks | Kategori |
|--------------|--|
| > 3 | Keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap spesies tinggi dan kestabilan komunitas tinggi. |
| 1 - 3 | Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas sedang. |
| < 1 | Keanekaragaman rendah, penyebaran jumlah individu tiap spesies rendah dan kestabilan komunitas rendah. |

Indeks Kemerataan (E)

Kestabilan pada komunitas digambarkan dengan indeks kemerataan dengan nilai antara 0 sampai 1. Penyebaran komunitas yang merata ditandai dengan nilai indeks mendekati 1, dan sebaliknya (Krebs, 1978). Rumus indeks kemerataan yaitu sebagai berikut.

$$E = H' / \log S$$

Keterangan :

E = Indeks Kemerataan (Nilai antara 0 – 10)

H' = Indeks Shannon - Wiener

S = Jumlah Spesies

Kriteria komunitas lingkungan berdasarkan indeks kemerataan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Kemerataan (E)

| Nilai Indeks Kemerataan | Kategori |
|-------------------------|-------------------------------|
| 0,00 < E < 0,05 | Komunitas Lingkungan Tertekan |
| 0,05 < E < 0,75 | Komunitas Lingkungan Labil |
| 0,75 < E < 1,00 | Komunitas Lingkungan Stabil |

HASIL DAN PEMBAHASAN**Kekayaan jenis mamalia**

Kekayaan jenis mamalia yang ditemukan berdasarkan data di lapangan yaitu 6 jenis mamalia dari 6 famili. Mamalia yang ditemukan melalui perjumpaan secara langsung (perjumpaan) dan tidak langsung (suara, jejak kaki, sarang, kotoran yang ditinggalkan serta bekas makan). Kekayaan jenis mamalia di Kebun Percobaan Desa Cogreg dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan hasil rata-rata untuk indeks kekayaan jenis mamalia yang ditemukan di

Kebun Percobaan Desa Cogreg termasuk kategori kekayaan jenis rendah dengan nilai 1,83 (Tabel 6). Kekayaan jenis mamalia yang paling banyak ditemukan adalah kalong kapauk (*Pteropus vampyrus*) dengan jumlah sebanyak 66 individu. Kalong kapauk memiliki kebiasaan hidup di hutan - hutan sekunder dan perkebunan. Hal tersebut sesuai dengan kondisi hutan di Kebun Percobaan Desa Cogreg yang termasuk hutan sekunder yang didominasi oleh tegakan pohon jati dan dikelilingi lahan perkebunan serta pertanian. Kondisi lingkungan juga sangat berpengaruh terhadap perkembangan kalong kapauk. Hasil yang didapat didukung dengan pernyataan Alikodra (2002), tentang pola adaptasi dapat terjadi di suatu tempat karena kondisi lingkungan yang cocok untuk mendukung kehidupan mamalia. Hal ini sangat menentukan komposisi, penyebaran dan produktivitas organisme dilantai hutan. Jenis mamalia yang paling sedikit ditemukan adalah garangan jawa (*Herpestes javanicus*). Garangan jawa paling sedikit ditemukan dengan jumlah sebanyak 5 individu. Status konservasi pada mamalia ini menurut Permen LHK P106 Tahun 2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa dilindungi yaitu garangan jawa tidak dilindungi namun status konservasi menurut *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) tahun 2020 adalah resiko rendah / LC (*Least Concern*) dan masuk kedalam CITES Appendix III*. Mamalia ini umumnya terlihat berada di semak-semak dan rerumputan yang tinggi dari pada di hutan yang rapat dan membuat sarang di lubang dalam tanah berdekatan dengan aliran sungai. Garangan jawa cukup aktif berburu pada siang hari (*diurnal*), sering terlihat menyeberangi jalan setapak di Kebun Percobaan Desa Cogreg dengan badan rendah diatas tanah dan ekor lurus dibelakangnya.

Tabel 6. Kekayaan Jenis Mamalia

| No. | Nama Lokal | Nama Ilmiah | Famili | Perjumpaan | | Jumlah | D _{mg} |
|--------------|---------------|-----------------------------|---------------------|------------|----|------------|-----------------|
| | | | | L | TL | | |
| 1 | Bajing Kelapa | <i>Callosciurus notatus</i> | <i>Sciuridae</i> | √ | - | 23 | 1,83 |
| 2 | Garangan Jawa | <i>Herpestes javanicus</i> | <i>Herpestidae</i> | √ | - | 5 | |
| 3 | Kalong Kapauk | <i>Pteropus vampyrus</i> | <i>Pteropodidae</i> | √ | - | 66 | |
| 4 | Munggis Rumah | <i>Suncus muricus</i> | <i>Soricidae</i> | √ | - | 8 | |
| 5 | Tikus Sawah | <i>Rattus argentiventer</i> | <i>Muridae</i> | √ | - | 44 | |
| 6 | Tupaia Kekes | <i>Tupaia javanica</i> | <i>Muridae</i> | √ | - | 19 | |
| Total | | | | | | 165 | |

Keterangan: L = Langsung, TL = Tidak Langsung dan D_{mg} = Indeks Kekayaan Jenis

Tabel 7. Indeks Keanekaragaman Jenis Mamalia

| No. | Nama Lokal | Rata – rata (D_{mg}) | H' |
|--------------------|---------------|--------------------------|-------------|
| 1 | Bajing Kelapa | 1,53 | 0,27 |
| 2 | Garangan Jawa | 0,33 | 0,11 |
| 3 | Kalong kapauk | 4,40 | 0,37 |
| 4 | Munggis Rumah | 0,53 | 0,15 |
| 5 | Tikus Sawah | 2,93 | 0,35 |
| 6 | Tupai Kekes | 1,27 | 0,25 |
| Jumlah | | 11,0 | 1,50 |
| Rata – rata | | 1, 83 | |

Menurut Lekagul dan McNelly (1988) faktor lain yang menyebabkan sedikitnya jumlah penemuan pada garangan jawa yaitu sifat mamalia yang sensitif terhadap kehadiran manusia. Kekayaan spesies dan keanekaragaman spesies memiliki korelasi positif, namun kondisi lingkungan kawasan bersifat heterogen, sehingga menurunnya kekayaan spesies dapat disertai meningkatnya keanekaragaman spesies (Santosa *et al.*, 2008). Kondisi tersebut dapat terjadi karena jumlah individu di tiap tipe habitat berbeda. Kehomogenan dan pemerataan yang maksimum terjadi jika banyaknya individu pada setiap spesies sama pada setiap lokasi pengamatan, namun jarang terjadi karena kemampuan adaptasi dan pola tiap spesies berbeda, serta kondisi lingkungan yang kompleks dan bervariasi (Anggaritas, 2017). Hutan produksi sekunder dan perkebunan memiliki vegetasi yang lebih banyak sebagai pakan mamalia dan tempat berlindung dibandingkan pada lahan terbuka. Sesuai dengan pendapat Odum (1996) bahwa penyebaran satwa berdasarkan atas faktor makanan. Satwa akan cenderung tinggal di suatu wilayah yang mudah bagi mereka untuk mendapatkan makanan. Boleh ditambahkan kondisi di Kebun Percobaan Desa Cogreg bagaimana kondisinya sehingga spesies yang ditemukan tidak terlalu banyak

Indeks Keanekaragaman Jenis Mamalia (Shannon-Wiener)

Tingkat keanekaragaman jenis mamalia di Kebun Percobaan Desa Cogreg diperoleh dari hasil perhitungan nilai menggunakan Indeks Shannon dan Wiener (H') berdasarkan data perjumpaan langsung yang ada dalam jalur pengamatan. Indeks H' di Kebun Percobaan Desa Cogreg dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan hasil identifikasi mengenai keanekaragaman jenis mamalia dapat disimpulkan bahwa nilai indeks Shannon - Wiener (H') yaitu 1,50 termasuk dalam kategori

sedang. Jenis mamalia yang ditemukan di Kebun Percobaan Desa Cogreg pada tegakan hutan Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara (JUN) lebih banyak dibandingkan dengan jenis mamalia yang ditemukan di lahan perkebunan dan pekarangan sekitar rumah warga. Keanekaragaman tipe habitat dan kualitasnya akan sangat berpengaruh terhadap jumlah dan jenis satwa liar (Jenaro 2019). Kecukupan sumber pakan baik jumlah maupun jenisnya menjadi indikator baiknya suatu habitat (Junaidi, 2012). Jenis mamalia yang ditemukan di Kebun Percobaan Desa Cogreg sedikit karena kurangnya ketersediaan vegetasi pohon pakan dan tempat berlindung untuk menunjang kehidupan mamalia di hutan tegakan jati. Tingkat keanekaragaman jenis yang rendah dapat disebabkan oleh cadangan makanan yang menurun jumlahnya, hilangnya habitat mikro yang penting, habitat yang lebih terbuka dan terganggu serta pengurangan sumber daya yang kritis seperti makanan, lokasi kawin, tempat berlindung dan bersarang (Kuswanda, 2010). Jenis mamalia yang dapat hidup di kawasan tersebut merupakan mamalia yang tidak terganggu dengan adanya manusia serta dapat berinteraksi langsung dengan kehadiran manusia.

Indeks Kemerataan Mamalia

Nilai indeks kemerataan (E) dapat menggambarkan kestabilan suatu komunitas di Kebun Percobaan Desa Cogreg. Untuk mengetahui tingkat kemerataan dan kelimpahan individu antar suatu jenis spesies mamalia dihitung menggunakan nilai indeks kemerataan. Selain itu nilai indeks kemerataan dapat digunakan sebagai indikator adanya gejala dominansi diantara tiap jenis dalam komunitas. Indeks kemerataan jenis mamalia dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Indeks Kemerataan Mamalia

| No. | Nama Lokal | H' | Kemerataan (E) |
|--------------------|---------------|-------------|----------------|
| 1 | Bajing Kelapa | 0,27 | 0,68 |
| 2 | Garangan Jawa | 0,11 | 0,26 |
| 3 | Kalong Kapauk | 0,37 | 0,91 |
| 4 | Munggis Rumah | 0,15 | 0,36 |
| 5 | Tikus sawah | 0,35 | 0,88 |
| 6 | Tupai Kekes | 0,25 | 0,62 |
| Jumlah | | 1,50 | 3,72 |
| Rata - rata | | | 0,62 |

Berdasarkan hasil identifikasi pada tingkat kemerataan jenis yang didapatkan dari hasil pembagian jumlah indeks Shannon-Wiener (H') dibagi jumlah spesies yang ditemukan dengan nilai rata-rata 0,62. Hal tersebut menunjukkan bahwa individu untuk setiap jenis penyebarannya labil. Hasil nilai indeks juga dipengaruhi secara langsung maupun tidak langsung oleh jumlah penemuan spesies mamalia. Hal tersebut dapat terjadi karena jumlah individu pada setiap tipe berbeda. Kemerataan akan menjadi maksimum dan homogen apabila semua spesies mamalia memiliki jumlah individu yang sama pada setiap lokasi pengamatan, namun hal tersebut jarang terjadi di alam karena setiap jenis spesies mempunyai pola adaptasi dan pola hidup yang berbeda. Tegakan hutan jati pada Kebun Percobaan di Desa Cogreg dengan jarak tanam antar pohon bervegetasi rapat yaitu 2 x 5 meter sebagai tempat berlindung dan mencari sumber

pakan yang lebih baik dibandingkan lahan terbuka. Menurut Odum (1971) bahwa penyebaran satwa berdasarkan faktor makanan. Satwa akan cenderung tinggal di suatu wilayah yang mudah bagi mereka untuk menemukan makanan.

Pola distribusi mamalia

Distribusi merupakan upaya yang digunakan oleh satwa liar untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya (Alikodra, 1990). Pola sebaran satwa liar terbagi menjadi vertikal dan horizontal yang dapat terbentuk secara acak, seragam atau berkelompok. Pola sebaran ditentukan berdasarkan individu setiap jenis yang teridentifikasi di Kebun Percobaan Desa Cogreg. Pola sebaran mamalia dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1. dapat diketahui bahwa pola sebaran untuk setiap jenis mamalia berbeda-beda. Pola sebaran mamalia berdasarkan gaya hidupnya yang ditemukan di Kebun Percobaan Desa Cogreg terbagi menjadi dua tipe yaitu mamalia yang hidup di pohon (tempat tinggi) atau bergelantung (arboreal) serta hidup dipermukaan tanah, dibawah kayu dan bebatuan (terrestrial). Jenis mamalia yang hidup di pohon atau bergelantung yaitu bajing kelapa (*Callosciurus notatus*), kalong kapauk (*Pteropus vampyrus*) dan tupai kekes (*Tupaia javanica*). Mamalia yang hidup di tanah, semak dan bebatuan yaitu tikus sawah (*Rattus argentiventer*), garangan jawa (*Herpestes javanicus*) dan munggis rumah (*Suncus murinus*).



Gambar 1. Pola Sebaran Mamalia

Habitat Mamalia

Analisis Vegetasi

Pengambilan data analisis vegetasi dilakukan di titik perjumpaan yang sering dilalui mamalia saat sedang beraktivitas. Jalur yang digunakan sebagai plot contoh untuk menginventarisasi vegetasi yaitu sama dengan jalur pengamatan pada perjumpaan mamalia. Untuk mengetahui daya dukung habitat terhadap kebutuhan mamalia dilakukan penentuan komposisi dan struktur vegetasi di lokasi penelitian.

Dapat diketahui bahwa parameter vegetasi di kawasan tersebut meliputi Kerapatan (K), Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi (F), Frekuensi Relatif (FR), Dominansi (D), Dominansi Relatif (DR) dan Indeks Nilai Penting (INP) dalam rangka mengetahui jenis pohon yang dibutuhkan mamalia di Kebun Percobaan Desa Cogreg. Data indeks nilai penting dapat dilihat pada Tabel 9.

Berdasarkan tabel INP diatas, habitat di Kebun Percobaan Desa Cogreg memiliki tingkat pertumbuhan vegetasi yaitu tingkat semai, pancang, tiang dan pohon yang didominasi oleh JUN. Habitat merupakan aspek yang penting bagi keberlangsungan hidup mamalia karena habitat merupakan tempat untuk mencari makan, minum, tempat berlindung dan berkembang biak. Pengertian lain habitat yaitu “kawasan yang terdiri dari beberapa kawasan baik fisik dan biotik yang merupakan kesatuan dan dipergunakan sebagai tempat hidup serta berkembangnya satwa liar” (Anggrita *et al.*, 2017).

Kondisi habitat secara langsung dan tidak langsung akan mempengaruhi jumlah dan jenis spesies yang yang ditemukan (Cita & Budiman, 2019). Mamalia yang ditemukan dan teridentifikasi di Kebun Percobaan Desa Cogreg

merupakan jenis mamalia yang dapat bertahan hidup pada hutan tegakan Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara (JUN) umur 8 tahun. Kondisi tanah pada kawasan tersebut basah yang mengandung bahan-bahan organik, sehingga kondisi pohon tumbuh tinggi sama rata dengan bentuk tajuk yang lebar dan jarak tanam antar pohon rapat yaitu 2 x 5 meter. Habitat mamalia di Kebun Percobaan Desa Cogreg yaitu hutan tegakan jati. Perkebunan dan lahan pertanian yang berada disekitar tempat penelitian dikelola oleh masyarakat sekitar kawasan Desa Cogreg. Aspek lain yang mempengaruhi habitat mamalia yaitu ketersediaan air dan pakan, keberadaan satwa lain serta aktivitas manusia (Cassano *et al.*, 2014).

Berdasarkan hasil analisis vegetasi pada jalur pengamatan didapatkan 4 jenis vegetasi yang terdiri dari 4 jenis pada tingkat pohon, 1 jenis pada tingkat tiang, 1 jenis pada tingkat pancang dan 1 jenis pada tingkat semai yang didominasi jenis pohon Jati (*Tectona grandis* Linn. f) (Tabel 12). Tingkat dominansi komposisi pada vegetasi habitat mamalia dapat diidentifikasi melalui nilai INP. Semakin tinggi nilai INP dari suatu jenis vegetasi, maka semakin tinggi dominansi jenis tersebut di kawasan Desa Cogreg. Pada lokasi penelitian ditemukan jenis strata vegetasi semai dan pancang didominasi jenis Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara (JUN) dengan nilai INP sebesar 200,00%, vegetasi tingkat tiang ditemukan satu jenis yang didominasi oleh JUN sebesar 300,00%, sedangkan vegetasi tingkat pohon ditemukan 4 jenis pohon yang didominasi oleh JUN sebesar 165,91%, Sengon (*Albizia falcataria*) 42,76%, Angsana (*Pterocarpus indicus*) 43,08% dan Mangga (*Mangifera indica*) 48,25%. Jika dijumlahkan maka hasil INP pada tingkatan pohon sebesar 300,00%.

Tabel 9. Indeks Nilai Penting

| Tingkat | No. | Jenis | Nama Latin | KR (%) | FR (%) | DR (%) | INP (%) |
|---------------|-----|--------------|--------------------------------|--------|--------|--------|------------|
| Semai | 1 | Trubusan JUN | <i>Tectona grandis</i> Linn. f | 100 | 100 | - | 200 |
| Pancang | 1 | JUN | <i>Tectona grandis</i> Linn. f | 100 | 100 | - | 200 |
| Tiang | 1 | JUN | <i>Tectona grandis</i> Linn. f | 100 | 100 | 100 | 300 |
| | 1 | JUN | <i>Tectona grandis</i> Linn. f | 90,55 | 55,56 | 19,80 | 165,91 |
| Pohon | 2 | Sengon | <i>Albizia falcataria</i> | 1,57 | 11,11 | 30,03 | 42,76 |
| | 3 | Angsana | <i>Pterocarpus indicus</i> | 3,15 | 11,11 | 28,82 | 43,08 |
| | 4 | Mangga | <i>Mangifera indica</i> | 4,72 | 22,22 | 21,30 | 48,25 |
| Jumlah | | | | | | | 300 |

Keterangan: KR = Kerapatan Relatif, FR = Frekuensi Relatif, DR = Dominansi Relatif dan INP = Indeks Nilai Penting.

Kerapatan suatu jenis dalam komunitas merupakan jumlah individu atau jenis per luas unit contoh. Nilai kerapatan tertinggi pada tingkat semai yaitu JUN sebesar 25 individu per hektar. Nilai kerapatan tertinggi pada tingkat pancang yaitu JUN sebesar 125 individu per hektar. Nilai kerapatan tertinggi pada tingkat tiang yaitu JUN sebesar 130 individu per hektar, kemudian kerapatan tertinggi pada tingkat pohon didominasi oleh JUN sebesar 635 individu per hektar.

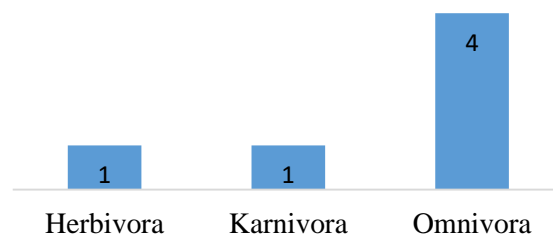
Vegetasi Sumber Pakan Mamalia

Vegetasi sumber pakan merupakan salah satu komponen biotik yang sangat penting bagi kehidupan mamalia di Kebun Percobaan Desa Cogreg (Nugraha *et al.*, 2017). Hal tersebut dikarenakan vegetasi sumber pakan merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan populasi satwa liar khususnya mamalia (Cita *et al.*, 2022). Semakin tinggi keanekaragaman jenis vegetasi yang ditemukan didalam habitat, maka semakin tinggi alternatif vegetasi sebagai sumber pakan (Susdiyanti *et al.*, 2020). Analisis vegetasi sumber pakan berhubungan langsung dengan pemilihan terhadap jenis makanan pada mamalia yang ditemukan. Keanekaragaman jenis mamalia dikelompokkan ke dalam 3 tingkat tropik (pemilihan terhadap jenis makanan) yaitu herbivora, karnivora dan omnivora. Herbivora adalah satwa pemakan tumbuhan (daun, buah). Karnivora adalah satwa pemakan daging, sedangkan Omnivora adalah satwa pemakan segala (tumbuhan dan daging).

Jenis vegetasi pohon buah yang teridentifikasi sering dimanfaatkan mamalia sebagai sumber pakan di Kebun Percobaan Desa Cogreg dapat dilihat pada Tabel 10. Pada lokasi penelitian terdapat 6 jenis vegetasi yang merupakan sumber pakan bagi mamalia. Berdasarkan vegetasi yang dikonsumsi mamalia yaitu buah-buahan. Mamalia yang memanfaatkan

vegetasi tersebut adalah mamalia yang termasuk jenis herbivora (kalong kapauk) dan omnivora (bajing kelapa, munggis rumah, tikus sawah dan tupai kekes). Data jenis vegetasi sumber pakan mamalia (Tabel 10) yang didapat berdasarkan temuan dilapangan. Jumlah jenis mamalia yang ditemukan berdasarkan tingkat tropik dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan gambar diatas terdapat 1 jenis mamalia yang merupakan satwa herbivora yaitu kalong kapauk, 1 jenis mamalia yang termasuk satwa karnivora yaitu garangan jawa, serta 4 jenis mamalia yang termasuk satwa omnivora yaitu bajing kelapa, munggis rumah, tikus sawah dan tupai kekes. Hasil tingkat trofik menunjukkan bahwa keseimbangan ekosistem Kebun Percobaan di Desa Cogreg tergolong baik, hal ini dapat terlihat dari adanya keseimbangan antara jumlah herbivora dan karnivora. Menurut Noerdjito *et al.*, (2005), secara alami keseimbangan ekosistem didapatkan melalui mekanisme rangkaian penyediaan dan jejaring makanan yang seimbang. Mamalia yang tidak mampu berkompetisi dalam mendapatkan pakan maka akan berpindah mencari habitat lain atau mati. Maka diperlukan adanya monitoring pakan mamalia dan pengkayaan jenis pakan mamalia untuk menjaga keberlangsungan hidup mamalia terutama bagi satwa yang sulit ditemukan seperti jenis garangan jawa.



Gambar 2. Tingkat Trofik Mamalia

Tabel 10. Vegetasi Sumber Pakan Mamalia

| No. | Jenis Vegetasi | Bagian yang dimanfaatkan | Mamalia yang memanfaatkan |
|-----|---|--------------------------|--------------------------------|
| 1 | Jambu Biji (<i>Psidium guava</i> sp.) | Buah | Mamalia Herbivora dan Omnivora |
| 2 | Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>) | | |
| 3 | Mangga (<i>Mangifera indica</i>) | | |
| 4 | Markisa (<i>Passiflora edulis</i>) | | |
| 5 | Pisang (<i>Musa acuminata</i>) | | |
| 6 | Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>) | | |

KESIMPULAN

Keanekaragaman mamalia yang ditemukan dan teridentifikasi di Kebun Percobaan Desa Cogreg terdiri dari 6 jenis mamalia dari 6 famili yaitu Kalong Kapauk (*Pteropus vampyrus*), Tupai Kekes (*Tupaia javanica*), Bajing Kelapa (*Callosciurus notatus*), Tikus Sawah (*Rattus argentiventer*), Garangan Jawa (*Herpestes javanicus*) dan Munggis Rumah (*Suncus murinus*) dengan jumlah total keseluruhan 165 individu. Kalong Kapauk merupakan mamalia yang paling banyak ditemukan dengan jumlah total 66 individu sedangkan mamalia yang paling sedikit ditemukan yaitu Garangan Jawa dengan jumlah total 5 individu.

Habitat mamalia yang terdapat di Kebun Percobaan Desa Cogreg yaitu hutan sekunder atau hutan tegakan Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara (JUN). Kondisi kerapatan jenis di hutan JUN cukup rapat dengan jarak tanam antar pohon 2 x 5 meter dan total luas Kebun Percobaan di Desa Cogreg adalah 11 hektar. Jenis yang mendominasi berdasarkan tingkat semai, pancang, tiang dan pohon adalah JUN dengan indeks nilai penting (INP) sebesar 195,91%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggritas, Nasihin, I., Nendrayana, Y. (2017). Keanekaragaman Jenis dan Karakteristik Habitat Mamalia Besar di Kawasan Hutan Bulat Bahohor Desa Citapen, Kecamatan Hantara Kabupaten Kuningan. *Wanaraksa*, 11(1), 21-29.
- Cardillo, M., et al. (2015). Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. *Science*, 309 (5738), 1239 - 1241.
- Cassano, C.R., Barlow, J., Pardini, R. (2014). Forest loss or management intensification? Identifying causes of mammal decline in cacao agroforests. *Biological Conservation*. 169, 14-22.
- Cita, K. D., Adila, R. A., Hardianto, R. I., Adib, M. F., & Setyaningsih, L. (2022). Wildlife Camera Trapping: Estimating the Abundance of Sumatran Tiger's Prey in Way Kambas National Park. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 959(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/959/1/012020>
- Cita, K. D., & Budiman, M. A. K. (2019). Bird Diversity and Its Association in Mangrove Habitats of Teluk Bintuni Regency, West Papua. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 394(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/394/1/012006>
- Etana, B., Atickem, A., Tsegaye, D., Bekele, A., Beenhouwer, M., Hundera, K., Lens L., Fashing P.J., Stenseth, N.C. (2021). Traditional shade coffee forest systems act as refuges for medium- and large-sized mammals as natural forest dwindles in Ethiopia. *Biological conservation*. 260, 1-11.
- Ferreira, A.S., Peres, C.A., Dodonov, P., Cassano, C.R. (2020). Multi scale mammal responses to agroforestry landscapes. *Agrofor syst*, 1-11
- Jenaro, A. V., Lidiawati, I., & Rusli, A. R. (2019). Biaya Produksi Penebangan Dan Penyaradan Kayu Jati (*Tectona grandis* Linn. f) Unggul Nusantara di Kebun Percobaan Universitas Nusa Bangsa. *Jurnal Nusa Sylva*, 18 (2), 73 - 81.
- Junaidi, Rizaldi, Novarino W. (2012). Inventarisasi Jenis-Jenis Mamalia di Hutan Pendidikan dan Penelitian Biologi (HPPB) Universitas Andalas dengan Menggunakan Camera Trap. *Jurnal Biologi Universitas Andalas (J.Bio UA)*, 1(1), 27-34.
- Kuswanda, W., & Abdullah, S.M. (2010). Pengelolaan Populasi Mamalia Besar Terrestrial di Taman Nasional Batang gadis, Sumatra Utara. *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 7(1): 59-74.
- Lekagul, B. & J. cNeely. (1988). *Mammals of Thailand*: 566-568. Association for the Conservation of Wildlife, Bangkok.
- Maryanto. (2003). Taxonomic status of the ricefield rat *Rattus argentiventer* (Robinson and Kloss, 1916) (Rodentia) from Thailand, Malaysia and Indonesia based on morphological variation. *Records of the Western Australian Museum* 22, 47 - 65.
- Mustari, A.H., Surono, H., Mansyur, F.I. (2011). Keanekaragaman Jenis Mamalia di

- Taman Nasional Bantimurung Bulusarung, Sulawesi Selatan. *Media Konservasi*, 16 (3), 156 - 161.
- Mustari, A.H., Zulkarnain, I., Rinaldi, D. (2014). Keanekaragaman Jenis dan Penyebaran Mamalia di Kampus Dramaga Bogor. *Media Konservasi* 19 (2), 117 - 125.
- Nugara, T.H., Susdiyanti, T., Setyaningsih, L. (2017). Keanekaragaman Satwa Liar Pada Tegakan Jati Unggul Nusantara (JUN) Umur 5 Tahun di Kebun Percobaan Universitas Nusa Bangsa Bogor. *Jurnal Nusa Sylva*. 2 (2), 143-154.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamental of Ecology*. WB Soundres Co. Philadelphia – London. Toronto.
- Poor, E.E., Shao, Y., Kelly, M.J. (2019). Mapping and Predicting Forest Loss in Sumatran Tiger Landscape from 2002 to 2050. *J Environ Manage*, 231, 397-404
- Santosa, Y., Ramadhan, E.P, Rahman, D.A. (2008). Studi Keanekaragaman Mamalia pada Beberapa Tipe Habitat di Stasiun Penelitian Pondok Ambung Taman Nasional Tanjung Puting Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*, 13(3), 1-7.
- Susdiyanti, T., Cita, K.D., Izzatin, A., & Kusno, W. (2020). Distribution Patterns And Habitat Of Mammals In Mandalawangi Resort Of Mount Gede Pangrango National Park. *In Indonesian Journal of Applied Research*, 1.
- Suyanto, A., & Semiadi, G. (2004). Keragaman Mamalia Disekitar Daerah Penyangga di Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Lebak. *Berita Biologi*, 7 (1 & 2), 87 - 94.
- Suyanto ,A. (2008). Keanekaragaman Mamalia Kecil di Hutan Lindung Gunung Lumut, Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur. *Zoo Internasia*, 17(1), 1-6.



REDUCTION OF COD, pH AND PHOSPHATE LEVELS IN LAUNDRY WASTEWATER USING MULTI SOIL LAYERING (MSL) METHOD

Aster Rahayu*, Maryudi, Nuraini, Nafira Alfi Zaini Amrillah, Irwan Mulyadi, Farah Fadillah Hanum
Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, D. I. Yogyakarta

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 Oct 2022,

Revised 14 Dec 2022,

Accepted 30 Dec 2022

Available online 17 Jan 2023

Keywords:

- ✓ MSL
- ✓ Phosphate
- ✓ COD
- ✓ Laundry Industry
- ✓ Andosol soil

*corresponding author:

aster.rahayu@che.uad.ac.id

Phone: +62 852 13500747

Doi:

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i1.450>

ABSTRACT

The growth of laundry services is directly proportional to the use of detergent. Detergent is a cleaning product that contains high levels of COD and phosphate. One method that can be used to overcome this problem is Multi Soil Layering (MSL). This research focussed on the flow rate's effect on decreasing pH, COD, and phosphate levels in industrial laundry waste. MSL was installed using a mixture of andosol soil and activated charcoal from coconut shells. Laundry wastewater was let into MSL with flowrate: 10, 50, and 100 ml/minute. The waste degradation system is placed anaerobically by optimising the anaerobic process in the andosol soil. The pH, COD, and phosphate levels were achieved at 7, 90.9%, and 80.7% by draining the laundry industry waste into the MSL system. This MSL method has a residence time of 266 minutes for a flowrate of 100 mL/minute, 532 minutes for a flowrate of 50 mL/minute and 2660 for a flowrate of 10 mL/minute.

ABSTRAK

Penurunan Kadar COD, pH dan Fosfat pada Air Limbah Laundry Menggunakan Metode Multi Soil Layering (MSL)

Pertumbuhan jasa laundry berbanding lurus dengan penggunaan detergen. Detergen merupakan produk pembersih yang mengandung COD dan fosfat dalam kadar tinggi. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah *Multi Soil Layering* (MSL). Penelitian ini berfokus pada pengaruh laju alir terhadap penurunan pH, COD, dan kadar fosfat pada limbah laundry industri. MSL dipasang menggunakan campuran tanah andosol dan arang aktif dari tempurung kelapa. Air limbah laundry dimasukkan ke dalam MSL dengan debit aliran: 10, 50, dan 100 mL/menit. Sistem degradasi sampah ditempatkan secara anaerobik dengan mengoptimalkan proses anaerobik di tanah andosol. Kadar pH, COD, dan fosfat dicapai pada 7, 90,9%, dan 80,7% dengan mengalirkan limbah industri laundry ke dalam sistem MSL. Metode MSL ini memiliki waktu tinggal 266 menit untuk laju alir 100 mL/menit, 532 menit untuk laju alir 50 mL/menit dan 2660 untuk laju alir 10 mL/menit.

Kata kunci: MSL; Fosfat; COD; Industri Laundry; Tanah Andosol

PENDAHULUAN

Limbah yang paling banyak mencemari lingkungan adalah limbah cair. Salah satu penghasil limbah cair yang paling banyak adalah limbah cair rumah tangga, khususnya laundry (Apriliyani, 2017). Limbah rumah tangga memiliki dampak yang buruk bagi lingkungan apabila disalurkan langsung ke alam bebas tanpa adanya pengolahan. Limbah rumah tangga mengandung zat-zat kimia dan berbagai bakteri yang dapat menyebabkan terganggunya

keberlangsungan hidup ekosistem. Limbah laundry yang didominasi oleh kandungan detergen itu sendiri merupakan hasil samping dari penyulingan minyak bumi yang diberi berbagai tambahan zat kimia, seperti surfaktan (bahan pembersih), *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS), fosfat yang berfungsi sebagai penghasil busa serta bahan pengurai senyawa organik. Komponen terbesar dari detergen, yaitu bahan *builders* antara 70-80%, bahan dasar sekitar 20-30%, dan bahan aditif relatif sedikit antara 2-8%. Pemakaian detergen akan menghasilkan limbah karena



setelah pemakaian, air bekas cucian yang telah mengandung detergen di buang ke lingkungan (Apriliyani, 2017). Kandungan detergen dan fosfat yang berlebihan dalam badan air dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Salah satu dampak negatifnya adalah dapat menurunkan kemampuan perkembangbiakan organisme perairan (Fajri et al., 2021; Nadayil et al., 2015). Adapun kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada badan air akan mempengaruhi kualitas air tersebut, sehingga bisa ditentukan baik atau tidaknya air yang akan digunakan tersebut yang merujuk kepada baku mutu air limbah detergen.

Aktivitas pembuangan limbah tersebut dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti masalah kesehatan, pencemaran air, dan penurunan kualitas air. Kelestarian lingkungan suatu perairan dapat dijaga dengan memperhatikan pemakaian jenis detergen sintetis dan menghindari pembuangan sampah detergen ini secara berlebihan ke dalam suatu lingkungan perairan (Manik & Edward, 1987). Oleh sebab itu, pengolahan limbah yang tepat sangatlah penting bagi lingkungan. Air limbah detergen telah menjadi isu penting yang muncul sejalan dengan terus meningkatnya populasi manusia dan kemajuan pembangunan yang semakin pesat. Air limbah detergen merupakan bahan buangan proses yang banyak mengandung bahan kimia yang sulit untuk dihilangkan dan berbahaya, sehingga air limbah detergen tersebut harus diolah agar tidak mencemari dan tidak membahayakan kesehatan lingkungan (Adi et al., 2016).

Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia pada tahun 2014 menyatakan bahwa 60-70 % sungai di Indonesia telah tercemar limbah detergen/domestik. Pada umumnya, karakteristik dari air limbah detergen/domestik adalah TSS 25-183 mg/L, COD 100-700 mg/L, BOD 47-466 mg/L, total *coliform* 58-8,03 x 10⁷ CFU/100 mL (Putra & Fitri, 2018). Penanggulangan pencemaran limbah detergen, terutama yang berasal dari rumah tangga sangatlah rumit. Kemampuan penjernihan air dan tempat pembuangan sampah yang terbatas tidak sesuai dengan jumlah limbah yang terus bertambah seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Beberapa metode pengolahan limbah yang dapat digunakan dalam menurunkan nilai surfaktan dan fosfat ini adalah biodegradasi, elektroagulasi, membran dan biofilter (Sintya Dewi & Dwipayanti, 2022).

Salah satu alternatif untuk pengolahan limbah menggunakan teknik pengolahan limbah

secara biologi, yaitu penggunaan mikroba. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tingkat keracunan senyawa organik dan logam berat pada lingkungan. Pendekatan pengelolaan ini mengacu pada teknik bioremediasi. Pada teknik ini menggunakan mikroba sebagai pendekompos zat pencemar dan proses ini dikenal dengan bioremoval, salah satunya adalah metode *Multi Soil Layering* (MSL) (Multi et al., 2014). MSL merupakan salah satu metode pengolahan air limbah dan air bersih yang terbukti ekonomis, tidak membutuhkan lahan yang luas dan mudah dioperasikan. MSL mampu mengoptimalkan proses filtrasi, adsorpsi, dan proses membran dalam suatu sistem reaktor MSL (Sofyan et al., 2009). Sistem MSL menggunakan sejumlah besar bahan-bahan alami untuk menghasilkan kualitas air yang baik bagi lingkungan atau pertanian. Selain itu, sistem ini dapat dipertahankan dan dioperasikan dengan biaya rendah, hanya membutuhkan lahan kecil, dan sangat ideal untuk daerah perkotaan (Nadayil et al., 2015).

Metode MSL telah berhasil menurunkan kadar parameter pencemar biologi, seperti BOD, COD, TSS, DO, pH, bau, dan kekeruhan serta parameter pencemar logam berat seperti Fe dan Mn (Putra & Fitri, 2019). Pada penelitian yang telah banyak dilakukan, seperti contohnya pada penelitian pada air limbah detergen MSL dapat menurunkan BOD sekitar 68,67- 87,63%, COD sekitar 71,42-87,73%, dan TSS sekitar 69,11-77,12% (Sofyan et al., 2009). Selanjutnya, pada penelitian Hardah (2019), air limbah industri minyak goreng proses MSL dapat menurunkan kadar BOD sekitar 86-99%, COD sekitar 71-96%, TSS sekitar 77-88%, dan pH dari 6,37-6,95 menjadi 6,99-7,24 (Wiroesoedarmo et al., 2018). Selain dapat menurunkan kadar TSS dan COD, metode MSL telah diujicobakan dalam penyerapan limbah kalium dari persawahan di daerah Tunggang, Kelurahan Pasar Ambacang, Kecamatan Pauh, Kota Padang. Hasil analisis karakteristik limbah cair tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi melebihi standar konsentrasi kalium pada air (Ihsan et al., 2013). Beberapa penelitian tersebut menunjukkan adanya tingkat keberhasilan pengolahan dengan MSL sehingga metode tersebut digunakan pada penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui proses pengolahan limbah *laundry* nya. Pada penelitian ini akan dilakukan observasi pengaruh laju alir *inlet* limbah *laundry* ke dalam reaktor MSL yang difokuskan pada penurunan nilai fosfat dan COD pada air limbah.

BAHAN DAN METODE

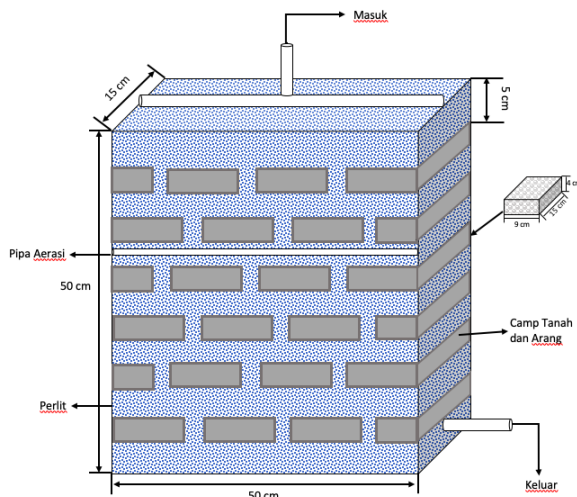
Bahan dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor yang dirancang menggunakan beberapa bahan dan material yang digunakan dan Spektrofotometer UV-Vis. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah andosol, arang batok kelapa, *zeolite* alam, kerikil, limbah industri *laundry*, serta beberapa bahan pembantu untuk analisis, meliputi *Ferro Ammonium Sulfat*, H_2SO_4 , $K_2Cr_2O_7$, Ag_2SO_4 , Kalium antimonil tartrat, Ammonium molibdat, asam askorbat dan akuades.

Metode

Instalasi MSL

Proses instalasi diawali dengan merakit reaktor dalam bentuk bak akrilik dengan ukuran 50 cm x 15 cm x 50 cm. Pada lapisan dasar reaktor MSL di isi dengan kerikil setinggi 4 cm. Setelah itu, lapisan dasar tersebut ditimpa dengan zeolit yang berukuran antara 6-8 mesh setinggi 4 cm. Zeolit digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi pada reaktor MSL. Selanjutnya, campuran arang batok kelapa dan tanah andosol dibuat dengan perbandingan 1:2. Campuran tersebut dibuat menjadi balok seperti batu bata dengan ukuran 4 cm x 9 cm x 15 cm yang dikemas dengan net atau jaring seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Instalasi MSL

Degradasi limbah laundry dengan metode MSL

Limbah *laundry* disaring terlebih dahulu sebelum dialirkan ke dalam MSL. Proses pengaliran limbah *laundry* yang telah dipersiapkan, terlebih dahulu dilakukan beberapa pengaturan kondisi, seperti kecepatan alir *inlet*.

Adapun variasi kecepatan alir *inlet* dari sistem limbah *laundry* ini, yaitu, 10, 50 dan 100 mL/menit. Hasil proses sampel air bersih yang didapatkan setiap selang waktu 10 menit dianalisis menggunakan beberapa parameter, yaitu kadar fosfat dan COD. Analisa COD menggunakan metode uji SNI 6989.72:2009, dimana metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam air yang dioksidasi oleh $C_2O_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $Cr_2O_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 420 nm. Analisa fosfat menggunakan metode uji SNI 06.6989.31-2005 yang dilakukan dengan menggunakan amonium molibdat dan kalium antimonil tartrat yang bereaksi dengan ortofosfat sehingga membentuk asam fosfomolibdat, direduksi oleh asam askorbat menjadi kompleks biru molibdat dan diukur dengan spektrofotometer panjang gelombang 800 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Degradasi limbah laundry dengan metode MSL

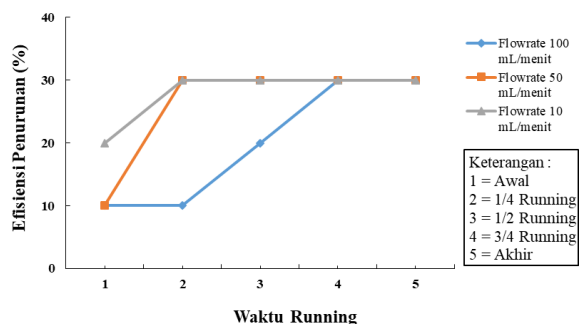
Tanah andosol yang disusun dalam reaktor menciptakan kondisi anaerob. Pada kondisi tersebut, mikroorganisme tidak dapat tumbuh dalam kondisi kurang atau tidak terdapat oksigen. Kemudian, arang batok kelapa digunakan sebagai arang aktif untuk adsorben dalam proses adsorpsi pada reaktor MSL. Arang batok kelapa dipecah menjadi pecahan yang lebih kecil. Adsorbat akan semakin banyak terserap apabila ukuran partikel semakin kecil (Ahmad & Danish, 2018).

Pada reaktor ini disusun atas empat lapisan setelah lapisan dasar. Sistem ini dibuat dalam bentuk lapisan untuk meningkatkan fungsi tanah melalui strukturnya sebagai media utama dalam pengolahan air, yang dibentuk dalam susunan batu bata dengan komposisi tertentu, seperti campuran tanah dengan arang (karbon), material organik dan lainnya dengan batuan (kerikil dan zeolit).

Pada sistem MSL, proses biodegradasi limbah cair dapat terjadi secara anaerob melalui bantuan mikroorganisme didalamnya. Lapisan pertama dan ketiga tersusun atas empat balok campuran tanah dan arang, sedangkan lapisan kedua dan keempat tersusun atas tiga balok campuran tanah dan arang. Perbedaan jumlah balok campuran ini menyesuaikan tempat yang

ada dalam reaktor. Lapisan campuran tanah dan arang tersebut merupakan bagian dari zona anaerob, tempat berlangsungnya proses adsorpsi. Pori-pori arang yang kecil dapat menyerap dan menghilangkan zat organik karena bidang adsorpsi semakin luas. Hal ini sejalan dengan penelitian (Hadrach et al., 2019), pada zona anaerob terjadi proses penyisihan COD yang menunjukkan keberadaan zat organik serta mereduksi senyawa fosfat dan senyawa organik lainnya (Ivontianti et al., 2022). Mikroorganisme yang ada dalam zona anaerob MSL, hidup dengan melakukan simbiosis mutualisme dan melakukan degradasi berantai oleh bakteri yang ada dalam MSL. Kemudian, diantara lapisan campuran tanah dan arang ditutup dengan zeolit setinggi 4 cm. Batuan zeolit dan kerikil yang digunakan dalam MSL merupakan bagian dari zona aerob. Partikel-partikel tersuspensi dari air limbah cair akan menempel pada permukaan kerikil dan zeolit, sehingga terjadilah proses adsorpsi. Hal ini dapat terjadi akibat batuan kerikil dan zeolit memiliki pori-pori yang dapat menyerap partikel tersebut. Campuran tanah dan permukaan zeolit akan menyerap material organik yang ada di dalam air (Mutia et al., 2015).

Sampel yang digunakan berupa limbah detergen yang kemudian diolah menggunakan metode MSL dengan variasi *flowrate* yang dimasukkan dalam reaktor. Proses filtrasi terjadi pada saat air limbah detergen dimasukkan ke dalam reaktor. Ukuran partikel penyusun lapisan aerob dan anaerob dapat memengaruhi proses filtrasi. Semakin kecil material penyusun maka zat-zat yang tersuspensi pada air limbah akan tertahan dengan sempurna (Mutia et al., 2015).



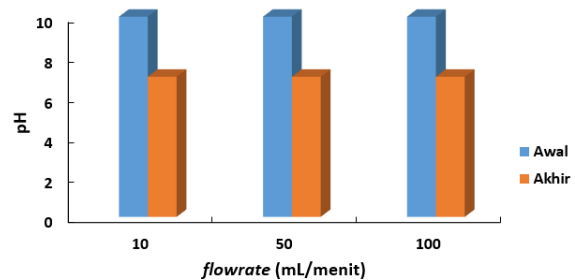
Gambar 2. Pengaruh *Flowrate* terhadap Efisiensi Penurunan pH

Air limbah yang telah diproses dalam reaktor MSL pada setiap *flowrate* mengalami perubahan warna yang cukup signifikan dari abu-abu keruh menjadi bening. Perubahan warna pada air limbah terjadi karena bahan media cukup efektif dalam

menyerap kadar warna dan zat-zat lain seperti fosfat, surfaktan, dan juga logam yang ada pada air limbah (Sintya Dewi & Dwipayanti, 2022). Menurut Herman, dkk., (2017), pengolahan dengan metode MSL menggunakan material organik, karbon dan material lainnya seperti arang dalam campuran tanah sebagai lapisan anaerob dapat menambah luas permukaan adsorben dan pori-pori yang lebih kecil untuk proses penyaringan (Herman et al., 2017).

Pengaruh kecepatan alir inlet terhadap nilai pH

Metode MSL ini dapat menurunkan pH cairan limbah detergen dari basa menjadi netral. Hal ini dapat dilihat dari presentase penurunan masing-masing *flowrate* yang mengalami kenaikan dari 10% menjadi 30%, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan pH akan naik dengan meningkatnya waktu *running*. Pengukuran dan perhitungan efisiensi penurunan pH dilakukan pada beberapa waktu *running*, yaitu mulai dari awal limbah yang keluar hingga limbah terakhir yang keluar dari sistem MSL. Selanjutnya, jika semakin lama limbah berinteraksi didalam sistem MSL maka efisiensi penurunan pH akan semakin besar, sehingga nilai pH limbah yang telah di olah dengan sistem MSL lebih rendah daripada pH awal (Gambar 3). Selama proses pengaliran sampel, terjadi penguraian asam lemak dan senyawa organik oleh mikroorganisme tanah pada sistem MSL. Kation basa yang terkandung dalam tanah, seperti Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ dan kation asam seperti Al^{3+} dan H^+ menyebabkan tanah dapat menetralkan pH. Apabila tanah dengan pH basa, kation basa akan berukar dengan kation asam, begitu juga sebaliknya. Hal itulah yang menyebabkan terjadinya perubahan pH oleh tanah. Semakin kecil nilai pH maka semakin besar presentase penurunan pH (Putra & Fitri, 2019).

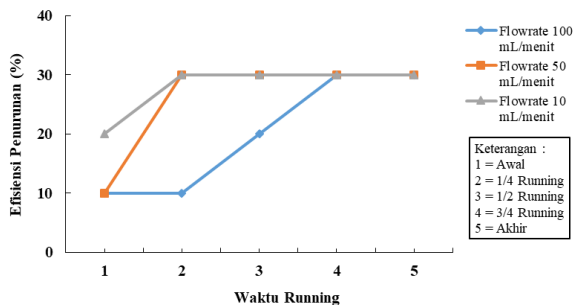


Gambar 3. Perbandingan pH awal dan akhir perlakuan dengan MSL

Konsentrasi pH awal pada masing-masing *flowrate* adalah 10. Setelah sampel limbah *laundry* mengalami proses pengolahan menggunakan MSL, maka setiap sampel untuk masing-masing *flowrate* mengalami penurunan nilai pH hingga menjadi netral dengan efisiensi mencapai 30%. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pH berpengaruh terhadap *flowrate* jika dilihat dari pengaruh masing-masing *flowrate* terhadap pH dengan perbandingan pH awal dan akhir perlakuan dengan MSL.

Pengaruh kecepatan alir inlet terhadap nilai COD

Penentuan kadar COD dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup secara titrimetri. Metode ini menggunakan pengoksidasi, yaitu $K_2Cr_2O_7$ yang mendidih dalam keadaan asam untuk penentuan nilai COD. Besarnya presentase penurunan COD limbah detergen dapat diketahui dengan melakukan pengukuran kadar COD sebelum pengolahan dan sesudahnya. Penurunan nilai COD dipengaruhi proses adsorpsi zat organik pada karbon aktif dan zeolit, proses oksidasi dari komponen organik pada pipa aerasi, variasi laju alir masuk, dan adanya penguraian komponen organik oleh mikroorganisme tanah. Selain itu, waktu kontak tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan kadar COD pada air limbah detergen (Herman et al., 2017). COD menunjukkan banyaknya O_2 yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang terkandung di dalam substrat dan reaksi fermentasi pada zone anaerob sehingga terurai menjadi CO_2 dan H_2O . Pada hasil pengukuran COD menunjukkan nilai penurunan yang tinggi. Hal ini dikarenakan reaksi pada kedua zona berlangsung sempurna dan menghasilkan produk CO_2 dan metan (Komala et al., 2012).

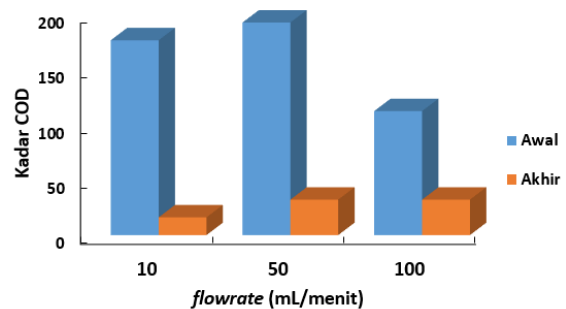


Gambar 4. Pengaruh *Flowrate* terhadap Efisiensi Penurunan kadar COD

Pada Gambar 4 menunjukkan pengaruh kecepatan alir terhadap penurunan nilai COD.

Nilai awal COD pada *flowrate* 100 mL/menit, 50 mL/menit dan 10 mL/menit secara berturut-turut sebelum melalui reaktor MSL sebesar 112 mg/L, 192 mg/L, dan 176 mg/L. Setelah diolah menggunakan metode MSL pada *flowrate* 100 mL/menit kadar COD mengalami penurunan dari 112 mg/L menjadi 32 mg/L. Pada *flowrate* 50 mL/menit, penurunan kadar COD dari 192 mg/L menjadi 32 mg/L. Setelah perlakuan dengan MSL, didapatkan efisiensi penurunan kadar COD 70-90 %. Pada *flowrate* 10 mL/menit, penurunan kadar COD dari 176 mg/L menjadi 16 mg/L.

Presentase penurunan kadar COD limbah *laundry* cenderung mengalami peningkatan pada masing-masing *flowrate*. Presentase penurunan pada *flowrate* 100 mL/menit mencapai 71,4%, untuk *flowrate* 50 mL/menit mencapai 83,3% dan *flowrate* 10 mL/menit mencapai 90,9%. Metode MSL dapat digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah cair dan mampu menurunkan konsentrasi COD pada limbah industri *laundry* sebesar 89,75% (Novela & Dewata, 2019). Pada metoda MSL, penguraian kandungan pada limbah melalui pemanfaatan bakteri aerob dan anaerob. Kandungan bakteri pengurai sangat berperan untuk meningkatkan efisiensi metoda MSL dalam menguraikan senyawa organik limbah cair industri *laundry* (Wiroesoedarmo, 2018). Pengaruh *flowrate* terhadap nilai awal dan akhir COD dapat terlihat pada Gambar 5. Hasil penelitian yang terlihat pada Gambar 5 menunjukkan terjadinya penurunan nilai COD yang sangat signifikan pada aliran *flowrate* 10, 50 dan 100 mL/menit adalah sebesar 91%, 83% dan 71%, secara berurutan pada akhir perlakuan dengan MSL.



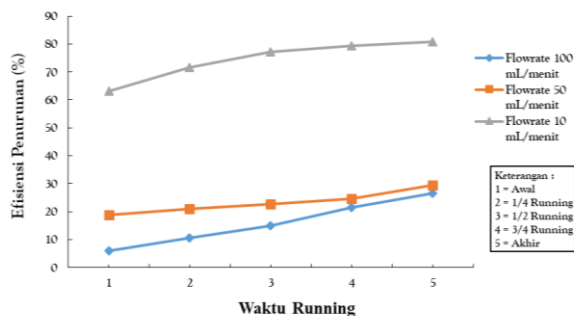
Gambar 5. Pengaruh Setiap *Flowrate* Terhadap Nilai COD

Pengaruh kecepatan alir inlet terhadap nilai Fosfat

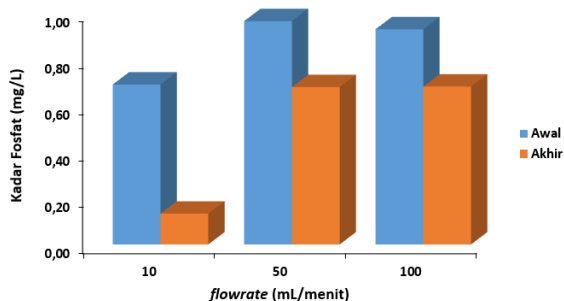
Pada proses degradasi kandungan fosfat dalam MSL didasarkan pada proses pertukaran ion dalam sistem MSL yang menyebabkan adanya

penurunan kadar fosfat. Pada batuan zeolit, banyak terdapat senyawa yang dapat mengikat anion fosfat, seperti aluminium, mangan dan oksida besi. Pada sistem MSL, fosfat dihilangkan dengan kontak antara limbah detergen dan tanah sebagai media utama penurunan fosfat dengan proses kimia-fisika dalam tanah, keberadaan mikroorganisme mampu mengabsorpsi fosfat sebagai nutrisi pertumbuhannya dan menghasilkan enzim untuk mengikat melalui pertukaran ion. Penurunan kadar fosfat juga disebabkan oleh arang aktif, yaitu arang batok kelapa (Putra & Fitri, 2019). Semakin lama waktu kontak semakin banyak konsentrasi fosfat yang dapat diserap oleh arang aktif. Efisiensi penurunan senyawa organik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak meskipun peningkatan yang terjadi tidak terlalu tinggi (Haribowo et al., 2019).

Presentase penurunan kadar fosfat dari limbah laundry pada *flowrate* 100 mL/menit berada pada range 5,9%-26,7%, untuk *flowrate* 50 mL/menit berada pada range 18,9%-29,5% serta untuk 10 mL/menit memiliki penurunan kadar pada range 63,1%-80,7% seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh *Flowrate* Efisiensi Penurunan kadar Fosfat



Gambar 7. Pengaruh Setiap *Flowrate* Terhadap Nilai Fosfat

Penurunan kadar fosfat dapat dilihat dari hasil absorbansi sampel yang semakin menurun

pada pengukuran dengan menggunakan spektrofotometer. Semakin kecil nilai absorbansi maka presentase penurunan semakin meningkat karena kadar fosfat semakin menurun. Pada Gambar 7 menunjukkan pengaruh masing-masing *flowrate* terhadap efisiensi pengolahan MSL pada limbah laundry maka didapatkan diagram yang menunjukkan perbandingan kadar fosfat awal dan akhir setelah melalui proses MSL.

Pengaruh kecepatan alir terhadap waktu kontak pada reaktor MSL

Reaktor MSL yang berupa bak memiliki volume total kurang lebih 27 liter. Observasi terhadap perubahan *flowrate* akan berdampak pada waktu tinggal limbah laundry yang digunakan pada reaktor MSL. Waktu tinggal semakin besar seiring dengan semakin kecilnya laju alir umpan sehingga memengaruhi kualitas air yang keluar dari reaktor. Hal ini disebabkan semakin lama waktu tinggal maka laju dekomposisi akan terjadi secara perlahan sehingga laju dekomposisi berlangsung lebih sempurna (Sy, 2011). Lamanya waktu tinggal mempengaruhi laju dekomposisi yang dilakukan mikroorganisme dalam lapisan tanah dan kerikil. Waktu kontak yang singkat akan mengurangi laju dekomposisi karena proses dekomposisi berjalan dengan cepat. Pengaruh *flowrate* terhadap waktu tinggal dapat dilihat pada Tabel 1. Semakin besar *flowrate* yang digunakan maka waktu tinggal semakin kecil sehingga laju dekomposisi semakin cepat. Sebaliknya, semakin kecil *flowrate* yang digunakan maka waktu tinggal akan semakin besar dan laju dekomposisi dapat berjalan lebih sempurna.

Tabel 1. Hubungan *Flowrate* dengan Waktu Tinggal Reaktor.

| No | <i>Flowrate</i> (mL/menit) | Waktu Tinggal (Menit) |
|----|----------------------------|-----------------------|
| 1 | 100 | 266 |
| 2 | 50 | 532 |
| 3 | 10 | 2660 |

Tabel 2. Perbandingan nilai COD, pH dan fosfat limbah laundry outlet sistem MSL dan Baku mutu air limbah P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu (Kadar maksimum) | Outlet sistem MSL |
|----|-----------|--------|----------------------------|-------------------|
| 1 | pH | - | 6-9 | 7 |
| 2 | Fosfat | mg/L | 2 | 0,13 |
| 3 | COD | mg/L | 100 | 16 |

Secara keseluruhan, nilai COD, pH dan fosfat dari limbah laundry setelah diolah dengan menggunakan metoda MSL pada flowrate optimum, yaitu 10 mL/menit, dilakukan perbandingan dengan nilai baku mutu limbah menurut Permen-LHK-Nomor 68-2016 (Tabel 2). Pada Tabel 2 dapat terlihat bahwa kualitas limbah laundry setelah diolah dengan menggunakan metode MSL berada di bawah kadar maksimum baku mutu air limbah. Sehingga, sistem MSL ini efektif dalam pengolahan limbah laundry khususnya pada parameter pH, COD dan fosfat.

KESIMPULAN

Pengolahan air limbah laundry menggunakan metode MSL efektif mereduksi kadar COD, fosfat dan pH. Pada sistem MSL, kecepatan alir 10 mL/menit merupakan kecepatan alir yang efektif dalam pengolahan limbah cair laundry dibandingkan dengan flowrate 100 dan 50 mL/menit. Keefektifan MSL terbukti dengan adanya penurunan kadar COD, pH serta fosfat sebesar 90,91 %, 30 % dan 80,72 % secara berurutan. Nilai akhir setelah melalui pengolahan dengan MSL berdasarkan kadar COD, pH dan fosfat adalah 16 mg/L, 7 mg/L dan 0,13 mg/L. Nilai tersebut sudah memenuhi baku mutu limbah menurut Permen-LHK-Nomor 68-2016, sehingga sistem MSL ini menjadi salah satu alternatif yang efektif dalam pengolahan limbah laundry.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Pengabdian dan Penelitian Universitas Ahmad Dahlan atas Hibah Penelitian Dasar dengan nomor PD-054/SP3/LPPM-UAD/VII/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, H. P., Razif, M., & Moesriati, A. (2016). Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 937. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16937>
- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Apriliyani, N. (2017). Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), 37–44.
- Fajri, J. A., Wulandari, D., Nurmiyanto, A., & Rahayu, A. (2021). Penurunan Kandungan Hidrokarbon Menggunakan Constructed Wetland Reactor Dalam Mengolah Limbah Minyak Removal of Hydrocarbon Compounds Using Constructed Wetland Reactor to Treat Oily Wastewater. *Open Science and Technology*, 01(02), 246–256.
- Hadrah, H., Kasman, M., & Septiani, K. T. (2019). Analisis Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Laundry dengan Multi Soil Layering (MSL). *Jurnal Daur Lingkungan*, 2(1), 36. <https://doi.org/10.33087/daurling.v2i1.122>
- Haribowo, R., Megah, S., & Rosita, W. (2019). Efisiensi Sistem Multi Soil Layering Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Perkotaan Padat Penduduk. *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(1), 11–27. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2019.010.01.2>
- Herman, W., Darmawan, D., & Gusnidar, G. (2017). Pemanfaatan Tanah Vulkanik Dalam Sistem Multiple Soil Layering (Msl) Terhadap Pemurnian Air Irigasi Terpolusi. *Jurnal BiBieT*, 2(2), 49. <https://doi.org/10.22216/jbbt.v2i1.3085>
- Ihsan, T., Indah, S., & Helard, D. (2013). Penyisihan Kalium Dari Limbah Cair Persawahan Dengan Metode Multi Soil Layering (Msl). *Jurnal Dampak*, 10(2), 133–141.2013. <https://doi.org/10.25077/dampak.10.2.133-141.2013>
- Ivontianti, W. D., Sitanggang, E. P. O., & Rezeki, E. S. (2022). Pengolahan Limbah Cair Lindi Menggunakan Multi Soil Layering (MSL) Bebas Lumpur PDAM. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 5(3), 228–237. <https://doi.org/10.26760/jrh.v5i3.228-237>
- Komala, P. S., Helard, D., & Delimas, D. (2012). Identifikasi Mikroba Anaerob Dominan Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet Dengan Sistem Multi Soil Layering (Msl) Identification of Anaerobic Dominant Microbes in Rubber Industrial Waste Water

- Treatment with Multi Soil Layering (MSL) System. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 9(1), 74–88.
- Manik, J. M., & Edward. (1987). The properties of detergent and its effects on environment. *Oseana*, XII(1), 25–34.
- Multi, D., Layering, S., Biomineral, M. S. L., & Penyaringan, U. (2014). *LIMBAH CAIR KILANG MINYAK GUNA AIR IRIGASI Multi Soil Layering (MSL) -Biomineral Design for Filtrationthe Oil Refinery Wastewater Pollutants as Irrigation Water Oleh Tamad dan Joko Maryanto Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman ISSN: 1410-0. 18(2)*.
- Mutia, R., Elystia, S., & Yenie, E. (2015). Metode Multiv Soil Layering dalam Penyisihan Parameter TSS Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Variasi Hydraulic Loading Rate (HLR) dan Material Organik pada Lapisan Anaerob. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 2(1), 1–6.
- Nadayil, J., Mohan, D., Dileep, K., Rose, M., Rose, R., & Parambi, P. (2015). A Study on Effect of Aeration on Domestic Wastewater. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations*, 3(2), 10–15.
- Novela, D., & Dewata, I. (2019). Penurunan COD, BOD DAN TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Melalui Sistem Multy Soil Layering (MSL) Menggunakan Arang Karbon Ampas Tebu. *Journal of Residu*, 3(21), 8–14.
- Putra, A., & Fitri, W. E. (2018). Efektivitas Penurunan TSS, BOD, COD, Dan E.Coli Limbah Cair Industri Santan Kelapa Dengan Metode MSL (Multi Soil Layering) Yang Dimodifikasi. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan (SENPLING) 2018*, 209–217.
- Putra, A., & Fitri, W. E. (2019). Efektivitas Multi Soil Layering Dalam Mereduksi Limbah Cair Industri Kelapa. *Dalton: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 1–15. <https://doi.org/10.31602/dl.v2i2.2394>
- Sy, S., dan Sofyan (2011). Aplikasi MSL (Multi Soil Layering) untuk Mengolah Edible Oil. *Jurnal Riset Industri*, 5(3), 227–238.
- Sintya Dewi, N. L. P. I., & Dwipayanti, N. M. U. (2022). Metode Pengolahan Air Limbah Domestik Untuk Penurunan Kadar Amonia: Studi Literatur. *Archive of Community Health*, 8(3), 409. <https://doi.org/10.24843/ach.2021.v08.i03.p03>
- Sofyan, Sy, S., & Ardinal. (2009). Kombinasi Sistem Anaerobik Filter dan Multi Soil Layering (MSL) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil Menengah Makanan. *Jurnal Riset Industri* 3(2), 118–127.
- Wiroesoedarmo, R., Kurniati, E., & Ardika, J. (2018). Adsorption of Total Phosphate (PO₄) in Laundry's Wastewater Using Modified Zeolit. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 2(5), 35–42.



BLOOD GLUCOSE LEVEL AND PANCREAS HISTOLOGICAL SECTION OF MALE RABBITS AFTER BEING FED COMMERCIAL FEED SUPPLEMENTED WITH COD LIVER OIL

Ni Gusti Ayu Manik Ermayanti^{1)*}, Ida Bagus Made Suaskara¹⁾, I Gusti Ayu Manik Widhyastini²⁾ and Iriani Setyawati³⁾

¹⁾Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

²⁾Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nusa Bangsa

³⁾Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Manado

ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 Sep 2022,

Revised 30 Des 2022,

Accepted 30 Des 2022

Available online 24 Jan 2023

Keywords:

- ✓ fatty acid
- ✓ glucose
- ✓ cod liver oil
- ✓ pancreas
- ✓ rabbit

*corresponding author:

manikermayanti@unud.ac.id

Doi:

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i1.441>

ABSTRACT

Fish oil contains eicosapentaenoic acid (E.P.A.) and docosahexaenoic acid (D.H.A.) which are beneficial for heart health, controlling blood glucose, reducing atherosclerosis, and lowering the risk of cancer. This study aims to determine the effect of commercial feed supplemented with cod liver oil on blood glucose levels and pancreatic histology of male rabbits. Twenty rabbits were divided into four groups, namely commercial feed supplemented with cod liver oil 3% (P1), 4.5% (P2), 6% (P3), and commercial feed without cod liver oil supplementation (control). Each group consisted of five rabbits, and the treatment was given for four weeks. The parameters observed were blood glucose levels in the 1st, 2nd, 3rd, 4th, and 5th weeks and the histology of the male rabbits' pancreas. Data were analyzed by Anova. The results showed that in the 1st, 2nd, and 3rd weeks there was no significant difference ($P > 0.05$). In contrast, in the 4th and 5th weeks, there was a significant difference ($P < 0.05$) between the control and treatment of cod liver oil supplementation on blood glucose levels in male rabbits, and the observational results on the histology of rabbits showed normal pancreatic histology. In conclusion, cod liver oil supplementation on commercial feed controlled blood glucose levels, and there was no disturbance in the histological structure of the pancreas of male rabbits.

INTRODUCTION

Blood glucose levels are controlled by hormones that work antagonistically, namely insulin and glucagon, which aim to maintain homeostasis in the body. Pancreatic beta cells secrete insulin which regulates blood glucose levels by helping to transport glucose from the blood to neighboring cells. Diabetes melitus (D.M.) occurs in conditions of insulin resistance, in which the pancreas produces little or no insulin. The cells can no longer absorb glucose from the blood, resulting in hyperglycemia. Hyperglycemia is responsible for most symptoms and complications of Diabetes mellitus (D.M.) (Alizadeh, 2020).

Each year, the number of people suffering from D.M. continues to increase globally. It is estimated that by 2040 it will grow up to 642 million people (International Diabetes Federation,

2013). D.M. can be prevented or delayed by keeping blood sugar levels within the normal range so that metabolism can be appropriately controlled. Blood sugar levels can be maintained by adopting a healthy lifestyle (Juwita & Fibrin, 2018). Risk prevention can be carried out in healthy individuals with the aim of keeping this group of people within the normal range to prevent possible risks (Ministry of Health, 2012).

Consumption of foods that contain excessive amounts of calories, high in saturated fats and sugars, low in fiber, and low in micronutrients are eating patterns that can lead to D.M. (Juwita & Fibrin, 2018). Fat is one of the components in the feed that is very important for life because it is the most significant energy contributor. Not all fats should be shunned, mainly unsaturated fatty acids (U.F.A.); however, foods that contain saturated fatty acids (S.F.A.) should be avoided. Fish oil is an example of a food source containing



polyunsaturated fatty acids (PUFAs) (Ermayanti *et al.*, 2018).

PUFAs are essential fatty acids needed by the body that cannot be synthesized by the body itself and, therefore, must be available in feed (Spector and Kim, 2015). PUFAs have broad physiological effects (Ristic-Medic *et al.*, 2013). PUFAs regulate various physiological processes, including the vascular and immune systems (Auger *et al.*, 2016), the brain, and the nervous system (Fenton *et al.*, 2013). PUFAs are essential components of the membrane's phospholipid bilayer (Samuelsson, 2012), which are precursors for synthesizing bioactive lipid mediators, prostaglandins, thromboxanes, leukotrienes, and lipoxins (Gurr *et al.*, 2016). PUFAs have an anti-inflammatory role (Vangaveti *et al.*, 2016) and are associated with gut health (Menni *et al.*, 2017), and can improve lipid profiles (Ermayanti *et al.*, 2018).

In addition, fish oil which is rich in PUFA content, namely omega-3 (n-3), especially eicosapentaenoic acid (D.H.A.) and docosahexaenoic acid (E.P.A.), is known to increase adiponectin hormone levels which are associated with insulin sensitivity (Adi *et al.*, 2016). Decreased adiponectin levels contribute to atherosclerosis, cardiovascular disease, insulin resistance, and inflammation; adiponectin is said to have antidiabetic, antiatherogenic, and anti-inflammatory effects (Sukumar *et al.*, 2012). The results also show that hilsa fish oil (*Tenulosa illisha*) is beneficial in treating D.M. because it has a hypolipidemic effect (Minarul *et al.*, 2014).

The fish oil diet is a good and healthy diet because it contains fiber, high protein, and unsaturated fats (D.H.A. and E.P.A.). Several research results show the benefits of fish oil in the treatment and prevention of certain diseases, such as atherosclerosis and cardiovascular disease (Oppedisano *et al.*, 2020). Although fish oil is considered capable of effective disease prevention, concern over the possibility of increased lipid peroxidation caused by a diet rich in PUFAs remains a problem. In general, fish oil rich in PUFA is easily oxidized because the incorporation of PUFA in cell membranes makes cells more susceptible to oxidation (Osterud & Elvevoll, 2011). PUFA can cause lipid peroxide because it can react with free radicals, and free radicals can damage normal tissue (Ayala *et al.*, 2014). In addition, Djosee *et al.* (2011) stated that there was an increased risk of type 2 diabetes (T2D) in women aged ≥ 45 years who were given high doses of n-3 fatty acids (≥ 0.20 g n-3/day).

This study aims to determine blood glucose levels and pancreatic histological features of male rabbits after being given commercial feed supplemented with cod liver oil with different groups, namely 0.3%, 4.5%, and 6%. The research results are expected to add references and be helpful in developing science.

MATERIALS AND METHODS

Test animal

Experimental animals were taken from Riang Gede Tabanan, and each was kept in iron cages measuring 45x30x40 cm. A total of 20 local male rabbits were used, aged four months old, and weighing between 1450-1500 g. Rabbits as experimental animals in this study have been approved by the Animal Ethics Committees of the Faculty of Veterinary Medicine, Udayana University Denpasar, with an animal ethical approval certificate Number: B/154/UN14.2.9/PT.01.04/2021.

Feed

The feed pellets tested were commercial feed supplemented with cod liver oil (CLO). Commercial feed pellets produced by P.T. Japfa Comfeed Indonesia. The CLO used is a commercial CLO emulsion produced by P.T. Merck Tbk, Jakarta. Every 10 mL of CLO contains 4000 IU of vitamin A and 200 mg of CLO. Feed is as much as 120 g/day (the average feed requirement for adult rabbits).

Experimental design

The experimental design used was a complete randomized design (C.R.D.). Twenty local male rabbits were randomized into four treatments, including control, each with five replications. Each treatment tested was P0: commercial feed without CLO supplementation as a control, commercial feed supplemented with 3% CLO (P1), commercial feed supplemented with cod liver oil 4.5% (P2), and commercial feed supplemented with cod liver oil 6 % (P3). The feeding treatment lasted for one month, starting when the rabbit was four months old and ending when the rabbit was five months old.

Blood glucose

Blood glucose levels measured were fasting blood sugar levels using the auto check method. Blood is taken from the rabbit's ear using a needle (lancet). The blood that comes out is then attached

to a glucose strip. Blood glucose levels will be measured and appear on the auto-check screen after 5 seconds, expressed in mg/dl. Glucose measurements were carried out five times, on the 1st (before treatment), 2nd, 3rd, 4th, and 5th weeks.

Preparation of pancreatic histology preparations

The day after the treatment ended, the rabbits were sacrificed and dissected to make pancreatic histology preparations. The preparation of pancreatic histology was carried out using the paraffin method, 10% N.B.F. fixative, 5 mm thick incision, and H-E staining (Alturkistani *et al.*, 2016). Histological observations were counted in 5 fields of view using an optilab XSZ-107BN microscope camera with a magnification of 400x.

Data analysis

Statistical analysis was done using SPSS for Windows version 22. Normality test was done using the Kolmogorof-Smirnof test, and then the data were analyzed by Way ANOVA and DMRT for further analysis.

and P3. It shows that on weeks 1st, 2nd, and 3rd, the treatment of cod liver oil supplementation does not affect rabbit blood glucose levels. On the 4th and 5th weeks the P2 treatment was able to produce a decrease in rabbit blood glucose levels, while in the P3 treatment, there was no longer a decrease in blood glucose levels. Thus, the P2 (4.5%) treatment was able to affect the rabbits' blood glucose levels, but if the cod liver oil supplementation level was increased to 6% (P3), it did not affect on rabbit blood glucose.

Figure 2 shows the pancreatic histology of male rabbits after being fed commercial feed supplemented with CLO. At P0 (control) and treatment P1 (3%), P2 (4.5%), and P3 (6%), the histology of the rabbit's pancreas was normal. At P0, P1, P2 and P3 showed an orderly arrangement of cells that spread across the islets of Langerhans, and there was no empty space in the middle of the islets of Langerhans. Histology of the pancreas consists of the islets of Langerhans as endocrine glands, and between the islets of Langerhans, there are acini cells as exocrine glands. Each islet of Langerhans consists of many cells.

RESULTS

Observation results of male rabbit blood glucose levels for four weeks can be seen in Figure 1. Figure 1 shows the results of measuring blood glucose levels in local male rabbits for four weeks of observation. Based on the words listed in Figure 1, it appears that on weeks 1st, 2nd, and 3rd between control (P0) and cod liver oil supplementation (P1, P2, and P3), the results were not significantly different ($P > 0.05$) on the mean blood glucose levels of male rabbits. On the 4th and 5th weeks, there was no significant difference between P0 and P1 ($P > 0.05$), but there was a significant difference ($P < 0.05$) between P0 and P2

DISCUSSION

Research on n-3 PUFAs for the treatment and prevention of disease has increased in recent years. The benefits of ω -3 PUFA in patients with various health conditions and diseases, such as cardiovascular disease, diabetes, cancer, depression rheumatoid arthritis, Alzheimer's disease, dementia, brain development, and maternal and child health, have been studied. (Shahidi & Ambigaipalan, 2018). In addition, there is some controversy about specific side effects of fish oil on human health, including bleeding and giving fish oil can increase blood glucose.

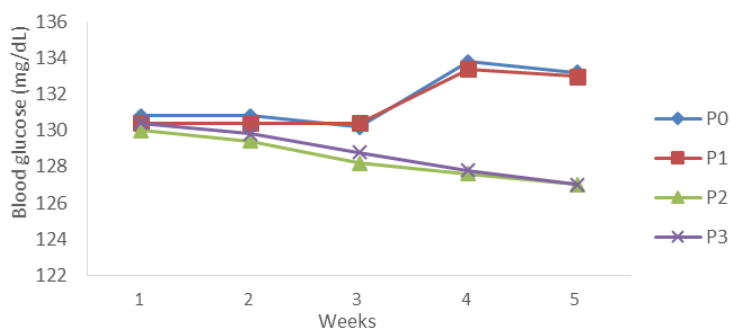


Figure 1. Rabbit blood glucose levels; P0 (control): without CLO supplementation, P1: 3% CLO supplementation, P2: 4.5% CLO supplementation, P3: 6% CLO supplementation.

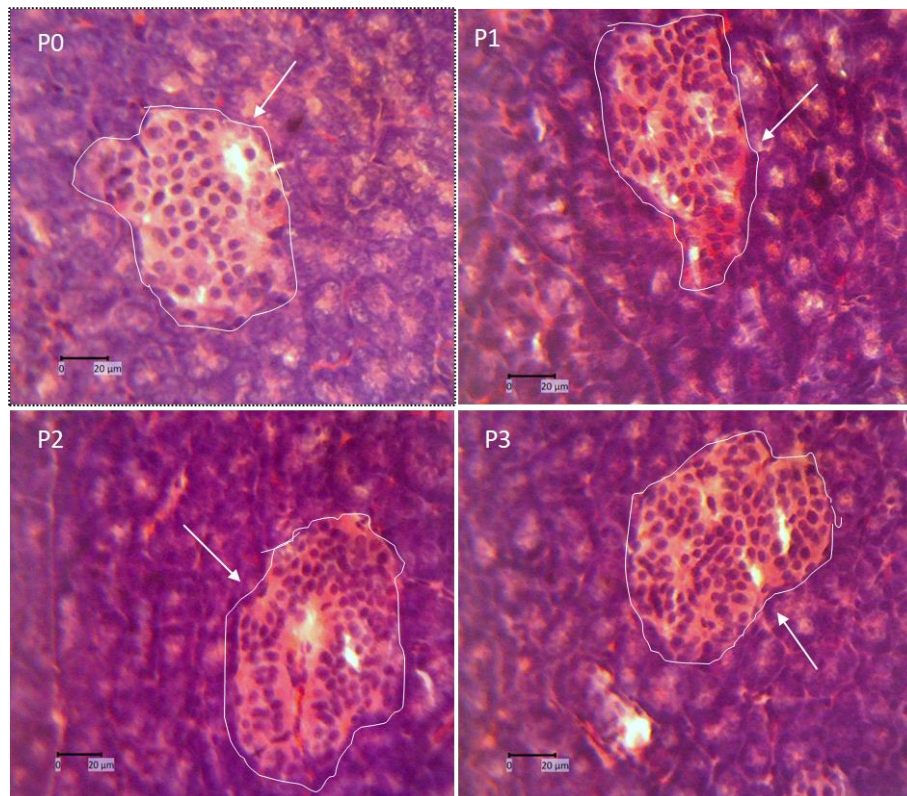


Figure 2. Histology of the male rabbit pancreas (400x, HE); P0 (control): without CLO supplementation, P1: 3% CLO supplementation, P2: 4.5% CLO supplementation, P3: 6% CLO supplementation 6%, islets of Langerhans (arrow)

In this study, based on measurements of blood glucose levels in rabbits supplemented with cod liver oil on commercial feed, the results were 130.0 – 133.8 mg/dL (Figure 1). These results represent the normal range of blood glucose levels in rabbits. According to Smith (2013), normal blood glucose levels in rabbits range from 75.6-140.4 mg/dL, although there are slight differences between those published. Male local rabbits have an average blood glucose content of 178.50 mg/dL (Nuriyasa, 2012), 75.6-149.4 mg/dL (Common, 2016), 50-135 mg/dL (Barus & Rahmi, 2021). Blood glucose levels up to 15mmol/L (270mg/dL) can cause hyperglycemia in rabbits (Harcout-Brown & Harcourt-Brown, 2012). This shows that giving fish oil with different levels can control blood glucose levels in rabbits so that it can be used for the treatment and prevention of diabetes.

Fish oil supplements, rich in n-3 PUFAs, are known to increase levels of the hormone adiponectin, which is linked to insulin sensitivity. Adiponectin is one of the specific proteins secreted by adipose tissue and can be detected in circulation. Adiponectin has a protective effect as an antidiabetic, antiatherogenic, and anti-inflammatory (Sukumar *et al.*, 2012). Clinical and

experimental studies have shown that decreased adiponectin levels contribute to obesity-related diseases, type 2 diabetes, dyslipidemia, and insulin resistance (Hariawan, 2010). Insulin resistance causes postprandial hyperglycemia, hyperinsulinemia, and pancreatic β -cell dysfunction (Lalia & Lanza 2016).

Adiponectin has many biological functions, including regulating metabolism (glucose and fatty acids) and functioning in several cellular processes (proliferation, inflammation, and oxidative stress) (Polito *et al.*, 2020). Adiponectin is insulin-sensitizing, antiatherogenic, and anti-inflammatory, which plays a role in preventing the progression of D.M. disease (Park & Sweeney, 2012). Omega-3 PUFAs contained in fish oil could control blood glucose levels and increase insulin production in Langerhans beta cells (Minarul *et al.*, 2014), and the benefits of intake of n-3 PUFAs in the prevention and treatment of type 1 diabetes (Purdel *et al.*, 2021).

Adiponectin can prevent insulin resistance by increasing glucose utilization by muscle cells and improving insulin sensitivity by reducing hepatic glucose production (gluconeogenesis), stimulating glucose and fatty acid metabolism, and increasing glucose transporter-4 (GLUT-4)

translocation in muscle cells. Adiponectin is helpful in the maintenance of insulin sensitivity (Polito et al., 2020). In addition, anti-inflammatory adiponectin can suppress the expression of proinflammatory cytokines, namely tumor necrosis factor- α (TNF- α) and interleukin 6 (IL-6), which play a role in inducing insulin resistance (Chimen et al., 2015).

Hyperlipidemia is a significant risk factor for diabetes and cardiovascular disease (CVD). Polyunsaturated fatty acids, especially omega-3, can contribute to the management of dyslipidemia and the prevention of D.M. and CVD (Kantostathi et al., 2021). The results of research conducted by Minarul et al. (2014) showed that hilsa fish oil (*Tenualosa illisha*) is helpful in the treatment of D.M. because it has a hypolipidemic effect. Its hypolipidemic effect may represent a protective mechanism against the development of atherosclerosis usually associated with D.M. Takkunen et al. (2016) reported that administration of serum long-chain omega-3 fatty acids can improve insulin sensitivity in groups of people who have a high risk of D.M. Rocha et al. (2022) reported that the prevention and treatment of dyslipidemia could be done by improving nutrition, namely replacing saturated fatty acids in food with MUFA or PUFA.

In this study, the organ observed was the pancreas because it is the most crucial organ in relation to blood glucose levels. The pancreatic islets of Langerhans function as endocrine glands that secrete insulin and glucagon hormones (Mescher, 2018). Insulin and glucagon work antagonistically to maintain blood glucose levels within the normal range. Insulin is an anabolic hormone because it inhibits gluconeogenesis and glycogenolysis while glucagon promotes gluconeogenesis and glycogenolysis. Insulin promotes the storage of nutrients as glycogen in the liver and muscles and as triacylglycerols in adipose tissue. In response to high blood glucose levels, insulin is secreted by pancreatic β cells. Impaired insulin secretion and sensitivity can lead to metabolic diseases, such as type 2 diabetes mellitus (T2D) (Roder et al., 2016).

Based on the observational results of the pancreatic histology of male rabbits fed commercial feed supplemented with cod liver oil, there was no change in the histology of the rabbit pancreas (Figure 2). The histology of the rabbit pancreas appeared normal, the cells appeared to be arranged in an orderly and compact manner, and there were no empty spaces in the islets of Langerhans. Zubaidah (2015) reported that the

islets of Langerhans are said to be expected if there is an orderly arrangement of endocrine cells that spread in the islets of Langerhans with uniform cell shapes, rounded shapes, and clear cell nuclei and no disturbed cells (edema, necrosis, degeneration).

Several researchers have reported changes in the histology of the islets of Langerhans in D.M. patients. These changes can occur both quantitatively and qualitatively. Quantitative changes include a reduction in the number or size of the islets of Langerhans, and qualitative changes include necrosis, degeneration, and amyloidosis in the cells of the islets of Langerhans. Many factors trigger the destruction of the beta cells of the islets of Langerhans, including infection by germs, genetic factors, nutrition, diabetogenic substances, and free radicals (oxidative stress) (Suarsana et al., 2010).

Free radicals can cause oxidative stress due to an imbalance between oxidants and antioxidants that have implications for various diseases, including heart failure, atherosclerosis, D.M., hypertension, stroke, and other chronic diseases (Ray et al., 2012; Kim et al., 2016). Fish oil can provide an antioxidant effect by increasing the expression of antioxidant enzymes. Based on previous research, Rocha et al. (2022) found that the administration of fish oil can reduce malondialdehyde (M.D.A.) levels and increase superoxide dismutase (S.O.D.) in rats. Ayala et al. (2014) stated SOD works by catalyzing the dismutation reaction of superoxide anion radicals into H_2O_2 .

Fish oil is an antioxidant because it can inhibit lipid peroxide, counteract free radicals and increase antioxidant enzymes. CLO exerts an antioxidant effect through increasing the expression of antioxidant enzymes, such as glutathione peroxidase (GSHPx) and catalase (CAT). Treatment with CLO can control blood glucose and lipid metabolism and improve the activity of endogenous antioxidant enzymes in various tissues in diabetic rats (Hunkar et al., 2002). As antioxidants, these enzymes inhibit the formation of free radicals, by breaking the chain reaction (polymerization), then turning them into more stable products. The enzymes GSH-Px and CAT work by converting H_2O_2 to H_2O and O_2 (Ayala et al., 2014). In addition, Hunkar et al. (2002) stated that vitamin A contained in CLO is a potent antioxidant that functions in the prevention of diabetes-induced damage so that it can reduce the risk of complications in diabetes.

Diabetes mellitus is a metabolic syndrome disease associated with dyslipidemia. Supplementation with n-3 PUFAs can be used as a complementary therapy for dyslipidemia because it has an antihyperlipidemic effect (Kantostathi *et al.*, 2021). Fish oil supplementation can reduce serum triglyceride concentrations by decreasing the occurrence of liver lipogenesis and suppressing the expression of sterol regulatory element-binding protein-1c (SREBP-1c) so that there is a decrease in the face of cholesterol, fatty acids, and enzymes that synthesize triglyceride formation (Lupei *et al.*, 2020). Based on previous research was done by Ermayanti *et al.* (2018), they stated that local rabbits supplemented with 4.5% CLO on commercial feed were able to reduce triglyceride and low-density lipoprotein (LDL) levels.

CONCLUSION

The cod liver oil supplementation on commercial feed was able to control blood glucose levels, and there is no disturbance in the pancreatic histology of male rabbits.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks to the Institute for Research and Community Service (LPPM) of Udayana University, which has provided research funds through DIPA PNBPN UNUD FY-2021. As well as the Faculty of Mathematics and Natural Sciences (FMIPA) of Udayana University for facilitating this research can be completed on

REFERENCE

- Adi, N., Adi, J., Lassance-Soares, R. M., Kurlansky, P., Yu, H., Webster, K. A. (2016). A High Protein/Fish Oil Diet Prevents Hepatic Steatosis in NONcNZO10 Mice; association with diet/genetics-regulated micro-RNAs. *J. Diabetes Metab*, 7(6):1-20.
- Alizadeh, A. H. M. (2020). Diabetes Mellitus and Pancreas: An overview. *JOP.J Pancreas*, 22(4):72-73.
- Alturkistani, H. A., Tashkandi, F. M., Mohammedsahleh, Z. M. (2016). Histological Stains: A Literature Review and Case Study. *Glob. J. Health Sci.*, 8(3):72-79.
- Auger C., Said, A., Nguyen, P. N., Chabert, P., Idriskhodja, N., Schini-kerth, V. B. (2016). Potential of Food and Natural Products to Promote Endothelial and Vascular Health. *J. Cardiovasc. Pharmacol.*, 68:11-18.
- Ayala, A., Munoz, M. F., Arguelles, S. (2014). Lipid Peroxidation: Production, Metabolism, and Signaling Mechanisms of Malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxid Med Cell Longev*, 360438:1-30.
- Barus, B. R., Rahmi, S. (2021). Aktivitas Ekstrak Daun Asam Jawa (*Tamarandus indica* L.) Terhadap Kadar Glukosa Darah Kelinci Jantan Yang Diinduksi Streptozotosin. *Jurnal Biosains*, 7(3):148-151.
- Chimen, M., McGettrick, H. M., Apta, B., Kuravi, S. J., Yates, C. M., Kennedy, A., Odedra, A., Alassiri, L., Harrison, M., Martin, A, Barone, F., Nayar, S., Hitchcock, J.R., Cunningham, A.F., Raza, K., Filer, A., Copland, D.A., Dick, A.D., Robinson, J., Kalia, N., Walker, L.S.K., Buckley, C.D., Nash, G.B., Narendran, P., Rainger, G.E. (2015). Homeostatic regulation of T cell trafficking by a B cell-derived peptide is impaired in autoimmune and chronic inflammatory diseases. *Nat. Med.*, 21(5):467-475.
- DeCubellis, J. (2016). Common Emergencies in Rabbits, Guinea Pigs, and Chinchillas. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract.*, 19(2):411-429.
- Djosse, L., Gaziano, J. M., Buring, J. E., Lee, I-M. (2011). Dietary omega-3 fatty acids and fish Consumption and Risk of Type 2 Diabetes. *Am.J.Clin.Nutr*, 93(1):143-150.
- Ermayanti, N. G. A. M., Oka, I G. L., Mahardika, I G., Suyadnya, I P. (2018). Profil Lipid Kelinci (*Lepus* sp.) Jantan Lokal yang diberi pakan komersial disuplementasi minyak hati ikan kod. *Jurnal Biologi Udayana*, 22(3):7-12.
- Fenton, J. I., Hord, N. G., Ghosh, S. Gurzell, E. A. (2013). Immunomodulation by Dietary long-chain omega-3 fatty acids and The Potential for Adverse Health

- Outcomes. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 89(6):379-390.
- Gurr, M.I., Harwood, J.L., Frayn, K. N., Murphy, D. J., Michell, R.H. (2016). *Lipids: Biochemistry, Biotechnology, and Health*, 6th ed., Wiley/Blackwell: Oxford, U.K.
- Hariawan, H. (2010). Kadar Adiponektin pada Subyek Obes dengan maupun tanpa resistensi insulin. *Jurnal Kedokteran Yarsi*, 18(1):021-028.
- Harcourt-Brown, F. M., Harcourt-Brown, S. F. (2012). Clinical value of blood glucose measurement in pet rabbits. *Vet.Record*, 170(26):656-680.
- Hollesh, J. E., Aslam, S., Martin, A. (2021). *Physiology, Carbohydrates*. StatPearls Publishing. Treasure Island (F.L.).
- Hunkar, T., Aktan, F., Ceylan, A. Z., Karasu, C. (2002). Effects of cod liver oil on tissue antioxidant pathways in normal and streptozotocin-diabetic rats. *Cell Biochem Funct*, 20:297-302.
- International Diabetes Federation. (2013). *I.D.F. Diabetes Atlas*. 6th eds. Brussels: International Diabetes Federation.
- Juwita, L., Febrin, W. (2018). Model Pengendalian Kadar Gula Darah Penderita Diabetes Mellitus. *Jurnal Endurance*, 3(1):102-111.
- Kementerian Kesehatan R.I. (2012). Petunjuk Teknis Pos Pembinaan Terpadu Penyakit Tidak Menular (POSBINDU PTM). Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Direktorat Pengendalian Penyakit Tidak Menular.
- Kim, H., Yun, J., Kwon, S. M. (2016). Therapeutic Strategies for Oxidative Stress-related Cardiovascular Diseases: Removal of Excess Reactive Oxygen Species in Adult Stem Cells. *Oxid Med Cell Longev*. Hindawi Publishing Corporation.
- Kontostathi, M., Isou, S., Mostratos, D., Vasdekis, V., Demertzis, N., Kourounakis, A., Vitsos, A., Kyriazi, M., Melissos, D., Tsitouris, C., Karalis, E., Klamarias, L., Dania, F., Papaioannou, G.T., Roussis, V., Polychronopoulos, E., Anastassopoulou, J., Theophanides, T., Rallis, M-C., Black, H.S.(2021). Influence of omega-3 fatty acid-rich fish oils on hyperlipidemia: effect of eel, sardine, trout, and cod oils on hyperlipidemic mice. *J. Med Food*, 24(7):749-755.
- Lalia, Z., Lanza, R. (2016). Insulin-Sensitizing Effects of Omega-3 Fatty Acids: Lost in Translation? *Nutrients*, 8(6):329.
- Lupei, S. G., Ciubotariu, D., Danciu, M., Lupusoru, R.V., Ghiciuc, C.M., Cernescu, I., Ghetu, N., Lupei, M., Lupusoru, C.E. (2020). Improvement in serum lipids and liver morphology after fish oil supplementation of the diet is more evident under normal feeding conditions than under high-fat or mixed diets in rats. *Lipids Health Dis.*, 19(162):1-18.
- Menni, C., Zierer, J., Pallister, T., Jackson, M. A., Long, T., Mohny, R.P., Steves, C.J., Spector, T.D., Valdes, A.M. (2017). Omega-3 fatty acids correlate with gut microbiome diversity and production of N-carbamylglutamate in middle-aged and older women. *Sci. Rep.*, 7(11079):1-11.
- Mescher, A. L. (2018). Junqueira's *Basic Histology Text and Atlas*. McGraw-Hill Education.
- Minarul, I., Manirujjaman, M., Khan, M. M. H., Matiar, R., Ziaul, A.M., Uddin, A.M.M., Shahangir, B., Islam, M.A. (2014). Effects of Conjugated Linoleic Acid and Hilsha Fish Oil (*Tenuulosa Ilisha*) on Alloxan-Induced Diabetes Mellitus in Sprague Dawley rats. *J Diabetes Metab*, 5(8):1-4.
- Nuriyasa, I. M. (2012). Respon Biologi Serta Pendugaan Kebutuhan Energi dan Protein Ternak Kelinci (*Lepus nigricollis*) pada Kondisi Lingkungan Berbeda Daerah Dataran Rendah Tropis. *Disertasi*. Program Doktor Progran Studi Ilmu Peternakan Program Pascasarjana Universitas Udayana.
- Oppedisano, F., Macri, R., Gliozzi, M., Musolino, V., Carresi, C., Maiuolo, J., Bosco, F., Nucera, S., Zito, M.C., Guarnieri, L., Scarano, F., Nicita, C., Coppoletta, A.R., Ruga, S., Scicchitano, M., Mollace, R., Palma, E., Mollace, V. (2020). The Anti-Inflammatory and

- Antioxidant Properties of n-3 PUFAs: Their Role in Cardiovascular Protection. *Journal Biomedicines*, 8(9):306.
- Osterud, B., Elvevoll, E. O. (2011). Dietary omega-3 fatty acids and risk of type 2 Diabetes: Lack of Antioxidants? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 94(Issue 2): 617–618
- Polito, R., Monda, V., Nigro, E., Messina, A., Di Maio, G., Giuliano, M.T., Orru, S., Imperlini, E., Calcagno, G., Mosca, L., Mollica, M.P., Trinchese, G., Scarinci, A., Sessa, F., Salerno, M., Marsala, G., Buono, P., Mancini, A., Monda, M., Daniele, A., Messina, G. (2020). The important role of adiponectin and orexin-A, two key proteins improving healthy status: focus on physical activity. *Front. Physiol.*, 11(356):1-17.
- Purdel, C., Ungurianu, A., Margina, D. (2021). Metabolic and metabolomic insights regarding the omega-3 PUFAs intake in Type 1 Diabetes Mellitus. *Front. Mol. Biosci*, 783065.
- Ray, P. D., Huang, P. W., Tsuji, Y. (2012). Reactive Oxygen Species (R.O.S.) Homeostasis and Redox Regulation in Cellular Signaling. *Cell Signal*, 24:981-990.
- Ristic-Medic D., Vucic, V., Takic, M., Karadzic I, Glibetic, M. (2013). Polyunsaturated Fatty Acids in Health and Disease. *J. Serb. Chem. Soc.* 78(9):1269-1289.
- Rocha, J. E .L., Furtado, M. M., Neto, R. S. M., da Silva Mendes, A.V., da Silva Brito, A. K., de Almeida, J. O. C., Queiroz, E. I. R., de Sousa Franca, J.V., Primo, M.G.S., de Carvalho Cunha Sales, A. L., Vasconcelos, A.G., Cabral, W.F., Kuckelhaus, S.A.S., de Almeida Leite, J.R.de S., Lustosa, A.K.M.F., Lucarini, M., Durazzo, A., Arcanjo, D.D.R., de Carvalho e Martins, M. do C. (2022). Effects of Fish Oil Supplementation on Oxidative Stress Biomarkers and Liver Damage in Hypercholesterolemic Rats. *Nutrients*, 14(426):1-15.
- Roder, P.V., Wu, B., Liu, Y., Han, W. (2016). Pancreatic Regulation of Glucose Homeostasis. *Exp.Mo;.Med.*, 48(3):e219
- Samuelsson, B. (2012). Role of Basic Science in the Development of New Medicines: Examples from the Eicosanoid Field. *J. Biol. Chem.* 287: 10070-10080.
- Shahidi, F., Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. *Annu. Rev. Food Sci. Technol*, 9:345-381.
- Smith, M.V. (2013). *Textbook of Rabbit Medicine*. 2nd ed. Elsevier, 111–136.
- Spector A, Kim H-Y. (2015). Discovery of Essential Fatty Acids. *J. Lipid Res.*, 56:11–21.
- Suarsana, I.N., B.P. Priosoeryanto, M. Bintang dan T. Wresdiyati. (2010). Profil Glukosa Darah dan Ultrastruktur Sel Beta Pankreas Tikus yang Diinduksi Senyawa Aloksan. *JITV*, 15(2):118-123.
- Sukumar, P., Sedo, A., Li, J., Wilson, L.A., O'Regan, D., Lippiat, D., Porter, K.E, Keamey, M.T, Ainscough, J.FX, Beech, D.J. (2012). Constitutively-active TRPC Channels of Adipocytes Confer a Mechanism for Sensing Dietary Fatty Acids and Regulating Adiponectin. *Circ Res.*, 111(2):191-200.
- Takkunen, M.J., Schwab, U.S., de Mello, V.D.F., Eriksson, J.G., Lindstrom, J., Tuomilehto, J. (2016). Longitudinal Associations of Serum Fatty Acid Composition with Type 2 Diabetes Risk and Markers of Insulin Secretion and Sensitivity in the Finnish Diabetes Prevention Study. *Eur. J. Nutr*, 55(3):967-979.
- Vangaveti, V.N., Jansen, H, Kennedy, R.L., Malabu, U.H. (2016). Hydroxy-octadecadienoic Acids: Oxidized Derivatives of Linoleic Acid and their role in Inflammation Associated with Metabolic Syndrome and Cancer. *Eur. J. Pharmacol.*, 785:70-76.
- Zubaidah, E. (2015). Pengaruh Pemberian Cuka Apel dan Cuka Salak Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar yang diberi Diet Tinggi Gula. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(3):163-169.



BIODIVERSITY OF MANGROVE POOL ECOSYSTEM IN PT ANTAM UBPP LOGAM MULIA

Luluk Setyaningsih^{1)*}, Sofyan Iskandar¹⁾, Budi Santoso²⁾, Marly Ancelina Pandin²⁾, Agus Kurniawan²⁾, Distiya Margasari²⁾, Oktaviani Andarista²⁾

¹⁾Fakultas Kehutanan, Universitas Nusa Bangsa.

Jl. Kh. Sholeh Iskandar Km 4, Tanah Sareal, Bogor

²⁾PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia.

Jl Pemuda No. 01, Jl Raya Bekasi Km 16, Pulogadung, Jakarta 12010

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 Dec 2022,

Revised 05 Jan 2023,

Accepted 13 Jan 2023

Available online 24 Jan 2023

Keywords:

- ✓ Pool
- ✓ Mangroves
- ✓ Biodiversity
- ✓ *Rhizophora mucronata*

*corresponding author:

luluk.setya03@gmail.com

Doi:

<https://doi.org/10.31938/jsn.v13i1.464>

ABSTRACT

*Planting Mangroves in the ponds of PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia, Pulogadung, Jakarta, is one of the environmental management activities in the reforestation area as a form of social and environmental responsibility. The existence of mangrove plants in ponds which have reached the age of 2 years recently, could have an ecological impact. Field observations were made by measuring the type and density of flora in the pond by census, and the frequency of biological encounters based on time search for fauna. The results showed that there were 4 types of plants in the ponds, namely mangrove (*Rhizophora mucronata*), lotus (*Nymphaea lotus*), needle grass (*Adropogon aciculatus*), and Moss (*Taxiphyllum barbieri*). Identified as many as 11 species of fauna, 5 species of insects, 1 species of aves, 1 species of macro benthic, and 3 species of fish. The diversity index of flora and fauna in the ponds was still in the low category ($H' < 1$). The growth of *R. mucronata* type mangroves aged 2 years in ponds reached an average height of 47 cm with a diameter of 1.3 cm, with a total biomass of 36.77 kg and contributed to absorbing CO₂ of 54.41 kg or 5.4 ton/ha. Biodiversity in the pond ecosystem of PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia has the potential to continue to grow and contribute to carbon sequestration.*

ABSTRAK

Keanekaragaman Hayati Ekosistem Kolam Mangrove Kawasan PT Antam Tbk. UPBB Logam Mulia

Penanaman mangrove pada kolam PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia di Pulogadung, merupakan salah satu kegiatan pengelolaan lingkungan di area penghijauan sebagai wujud tanggung jawab sosial dalam mendukung pelestarian lingkungan. Keberadaan tanaman mangrove pada kolam yang saat ini telah mencapai umur 2 tahun, diharapkan dapat memberikan dampak ekologis. Untuk mengetahui dampak tersebut dilakukan observasi lapangan dengan mengidentifikasi jenis dan kerapatan tumbuhan secara sensus, dilakukan juga perhitungan frekuensi pertemuan jenis fauna berdasarkan periode tertentu (*time search*). Hasil pengamatan menunjukkan terdapat sebanyak 4 jenis tumbuhan pada kolam, yaitu mangrove (*Rhizophora mucronate* Poir.), teratai (*Nymphaea lotus*L.), rumput jarum (*Adropogon aciculatus* Retz.), dan lumut (*Taxiphyllum barbieri*). Teridentifikasi sebanyak 11 jenis flora, 5 jenis insekta, 1 jenis aves, 1 jenis makro bentos, dan 3 jenis ikan. Indeks Keanekaragaman flora dan fauna pada kolam masih dalam katagori rendah ($H' < 1$). Pertumbuhan mangrove jenis *R. mucronata* umur 2 tahun pada kolam mencapai rata-rata tinggi 47 cm dengan diameter 1,3 cm, dengan biomasa total mencapai 36,77 kg dan berkontribusi dalam menyerap CO₂ sebesar 5,4 ton/ha. Biodiversitas pada ekosistem kolam PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia berpotensi senantiasa berkembang dan berkontribusi dalam penyerapan karbon.

Kata kunci: Kolam; Mangrove; Indeks keanekaragaman hayati; *Rhizophora mucronata*



PENDAHULUAN

PT Antam Tbk. Unit Bisnis Pengelolaan dan Pemurnian (UBPP) Logam Mulia (LM), selanjutnya disebut PT Antam LM, merupakan salah satu BUMN yang bergerak dalam pengolahan dan pemurnian logam mulia. Keikutsertaan PT Antam Tbk UBPP LM dalam praktik bisnis industri berkewajiban pula melakukan kegiatan pengelolaan lingkungan hidup. Salah satu kegiatannya adalah melakukan perlindungan keanekaragaman hayati pada ekosistem, khususnya yang berada di sekitar area operasionalnya. Komitmen perusahaan terhadap pemenuhan kinerja pengelolaan lingkungan hidup selaras dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 1 Tahun 2021 mengenai Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (PROPER). Proper adalah evaluasi kinerja penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan di bidang pengelolaan lingkungan hidup, yang akan memeringkat kinerja perusahaan dalam kategori hitam, merah, biru, hijau dan emas (Peraturan Menteri LHK, 2021).

Salah satu aspek penilaian dalam PROPER adalah kinerja perusahaan dalam upaya menjaga keanekaragaman hayati (Kehati). Kehati dapat dimaknai sebagai semua makhluk hidup yang berasal dari berbagai sumber dalam suatu ekosistem. Berbagai jenis dalam suatu ekosistem saling berhubungan dan membutuhkan satu dengan lainnya untuk tumbuh dan berkembang sehingga membentuk suatu sistem kehidupan. Kehati juga merujuk keanekaragaman pada semua jenis tumbuhan, hewan dan jasad renik (mikroorganisme), serta proses-proses ekosistem maupun ekologis dimana semua komponen biotik-abiotik menjadi bagiannya (Widjaja et al., 2015).

Salah satu kegiatan pengelolaan lingkungan di area penghijauan PT Antam LM, adalah penanaman mangrove jenis *Rhizophora mucronata* Lamk., dalam kolam bekas galian pada tahun 2020, melalui program konservasi tanaman mangrove dengan pemberian sirkulasi pompa di area kolam. Penanaman kurang lebih 100 bibit *R. mucronata* dilakukan dengan melibatkan

masyarakat setempat. Pemilihan mangrove tersebut didasarkan pada pertimbangan kesesuaian habitat, dan jenis ini diperkirakan mempunyai kemampuan melakukan serapan CO₂ terbesar diantara jenis lainnya. Hal ini didukung dengan hasil penelitian hutan mangrove dapat menyimpan lebih dari tiga kali rata-rata penyimpanan karbon per hektar dibandingkan hutan tropis daratan (Donato et al., 2012). Fungsi optimal penyerapan karbon oleh mangrove mencapai hingga 77,9 %, dimana karbon yang diserap tersebut disimpan dalam biomassa mangrove yaitu pada beberapa bagian seperti pada batang, daun, dan sedimen (Bachmid et al., 2018). Karena fungsinya yang sangat penting inilah menjadi bahan pertimbangan penting untuk mendukung konservasi kawasan.

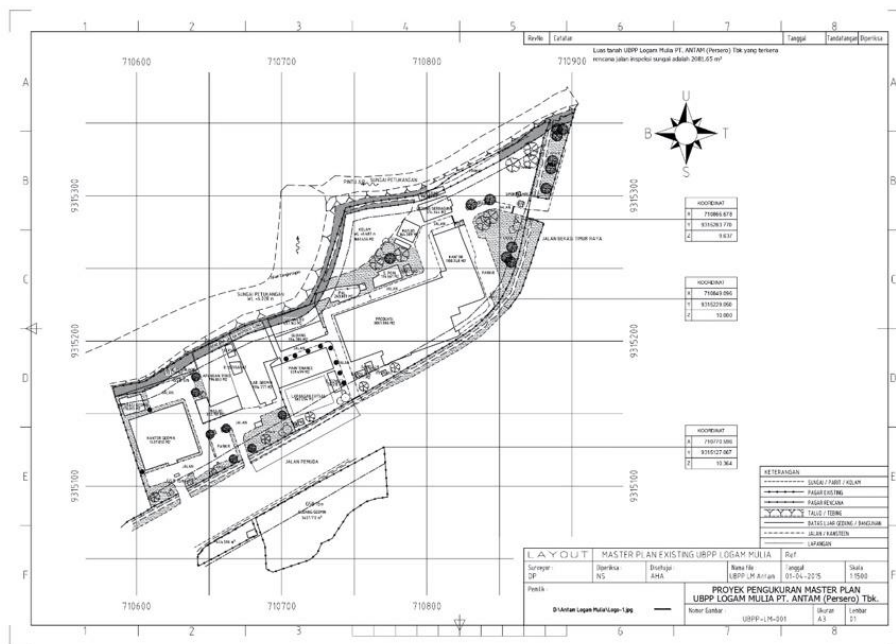
Keberadaan tanaman *R. mucronata* pada kolam telah mencapai umur 2 tahun, dan diyakini dapat memberikan dampak terhadap permasalahan sosial dan ekologis kawasan. Dampak ekologis yang diperkirakan muncul antara lain, terjadinya peningkatan jumlah jenis keanekaragaman hayati, potensi serapan karbon dioksida, potensi cadangan karbon, dan kualitas air kolam. Besaran dampak dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman mangrove.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, perlu dilakukan monitoring pertumbuhan *R. mucronata* dan keanekaragaman hayati pada ekosistem kolam buatan PT Antam LM. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui (1) *baseline* kondisi kehati ekosistem kolam, (2) performa pertumbuhan semai *R. mucronata* umur 2 tahun, dan (3) kemampuan serapan karbon *R. mucronata*.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Kegiatan pengamatan dilakukan pada kolam PT Antam LM di Rawamangun, Kecamatan Pulo Gadung, Jakarta Timur, DKI Jakarta, pada September 2022. Luas kolam adalah 110,25 m² yang berada pada area internal perusahaan (seluas 1661 m²). Tanaman mangrove jenis *R. mucronata*, sebanyak 100 semai ditanam pada tahun 2020. Peralatan ukur yang digunakan antara lain: pita ukur, jaring ikan, *stop watch*, tali rafia dan caliper.



Gambar 1. Layout Lokasi Kolam di PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia

Pengukuran Pertumbuhan Mangrove

Luas area pengamatan yang kurang dari 0,5 ha dan jumlah tanaman tidak lebih dari 200 semai, maka pengamatan pertumbuhan bakau jenis *R. mucronata* dilakukan secara sensus, dalam 17 petak pengamatan berukuran 2 m x 2m (Indriyanto, 2012).

Variabel pertumbuhan yang diamati adalah tinggi dan diameter batang semai. Tinggi semai diukur dari pangkal akar hingga ujung pertumbuhan tertinggi, menggunakan pita ukur.

Diameter diukur pada ketinggian 10 cm dari atas batas akar penunjang, menggunakan caliper. Tata cara pengukuran berdasarkan SNI 7724, 2011 (BSN, 2011).

Pendugaan Biomasa Semai Mangrove

Biomasa semai mangrove diukur tanpa melakukan pemanenan semai, namun dilakukan pendugaan berdasarkan persamaan alometrik. Pendugaan biomassa mangrove didasarkan persamaan *allometrik* dengan menggunakan variabel diameter semai yang dikembangkan Kittredge, (1944), sesuai pada persamaan (1).

$$Y = a \cdot D^b \tag{1}$$

Keterangan:

- Y : Kandungan biomasa
- D : Diameter pohon
- a,b : konstanta

Untuk jenis *R mucronata*, nilai a = 0,1466; dan b = 2,3136 (Darmawan, 2013).

Pengukuran Kandungan Karbon dalam Biomassa

Perhitungan karbon dalam biomassa menggunakan rumus berdasarkan SNI 7724, 2011 (BSN, 2011) sesuai persamaan (2).

$$Cb = B \times \% C \text{ organik} \tag{2}$$

Keterangan:

- Cb : Kandungan karbon dari biomassa, dinyatakan dalam kilogram (kg)
- B : Total biomassa dinyatakan dalam kilogram (kg)
- % C organik : Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran karbon.

Serapan CO₂

Serapan karbon dioksida dihitung menggunakan rumus (Baharuddin et al., 2014) sesuai persamaan (3).

$$\text{Serapan } CO_2 = \left(\frac{264}{180}\right) \times \text{Biomassa} = 1,4667 \times \text{Biomassa} \tag{3}$$

Identifikasi Vegetasi

Identifikasi vegetasi menggunakan pengenalan jenis serta dibantu aplikasi perangkat *mobile* PlantNet pada *smartphone*. Setiap gambar data set PlantNet dikaitkan dengan metadata yang

mencakup identifikasi pengamatan tanaman, tanggal dan waktu pengamatan, nama takson yang lengkap dengan data base botani (*regnum, class, subclass, superoder, order, family, genus, spesies*), identitas kelas, nama vernakular, dan nama penulis gambar (Goëau et al., 2013).

Identifikasi Aves

Pengamatan burung dilakukan secara langsung, untuk melihat setiap individu burung yang teramati serta melalui tanda lainnya sesuai suaranya. Sedangkan untuk mengidentifikasi spesies burung tersebut didasarkan pada Panduan Lapangan Burung-burung di Sumatra, Jawa, Bali dan Kalimantan (MacKinnon et al., 2000)

Metode yang digunakan untuk menghitung keanekaragaman burung yaitu dengan metode titik hitung atau *Indices Ponctuels d'Abondance* (IPA). Pengamatan dilakukan pada pagi hari pukul 07:30 – 10:30 WIB dan sore hari pukul 15:00 – 17:00 WIB. Sebanyak 2 titik hitung berukuran jari-jari 10 m diamati selama 5-10 menit per titik. Pengamatan setiap titik akan berhenti jika selama dua menit tidak lagi dijumpai individu lain.

Identifikasi Insekta

Pengamatan insekta dilakukan dengan turun langsung ke area kolam, dengan cara melihat atau mengambil insek yang hinggap pada mangrove menggunakan tangan atau jaring insekta. Pengamatan dilakukan pada pukul 07:30 – 10:30 WIB dan 15:00 – 17:00 WIB. Identifikasi jenis serangga menggunakan panduan Ensiklopedia Insekta (Mareta et al., 2020)

Identifikasi Ikan dan bentos makro

Pengamatan ini dilakukan dalam kolam dengan sampel ikan menggunakan jaring ikan berdiameter 2 mm, pada plot pengamatan.

Analisa Data

Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati dianalisis dengan menghitung Indeks Keanekaragaman Jenis (H') dan Indeks Kekayaan Jenis (D).

Indeks Keanekaragaman Jenis

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener (Odum, 2017) dengan rumus pada Persamaan (4).

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right] \quad (4)$$

Keterangan:

H' : Shannon index of general diversity

N_i : Jumlah individu pada jenis ke – i

N : Jumlah individu pada seluruh jenis

Nilai Indeks Keanekaragaman Jenis diklasifikasikan dalam beberapa tingkatan, yaitu:

- Rendah jika $H' < 1$
- Sedang jika $1 \leq H' \leq 3$
- Tinggi jika $H' > 3$

Indeks Kekayaan Jenis Margalef

Nilai Indeks Kekayaan Jenis Margalef (Magurran, 2004) dihitung pada persamaan sebagai berikut:

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln(N)} \quad (5)$$

Keterangan

D_{mg} = Indeks Kekayaan Jenis Margalef

S = Jumlah Jenis Dalam Suatu Habitat

N = Jumlah Individu Pada Seluruh Jenis Suatu Habitat

Kriteria untuk nilai indeks kekayaan jenis, yaitu:

- Rendah, jika $D_{mg} < 3,5$
- Sedang, jika $3,5 \leq D_{mg} \leq 5,0$
- Tinggi, jika $D_{mg} > 5,0$

Indeks Nilai Penting Vegetasi

Tingkat penting jenis tanaman pada suatu kawasan dianalisis dengan menghitung Indeks Nilai Penting (INP). Indeks Nilai Penting (INP) merupakan penjumlahan dari Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR) dan Dominasi Relatif (DR)(Cox, 1985).

Tingkat Semai dan Pancang:

$$INP = FR + KR \quad (6)$$

Tingkat Tiang dan Pohon:

$$INP = FR + KR + DR \quad (7)$$

Keterangan:

INP : Indeks Nilai Penting

KR : Kerapatan Relatif (%)

FR : Frekuensi Relatif (%)

DR : Dominasi Relatif (%)

Kerapatan

$$\text{Kerapatan (pohon/ha)} = \frac{\text{Jumlah Individu Suatu Jenis}}{\text{Luas Seluruh Plot}} \quad (8)$$

Kerapatan Relatif (KR):

$$\text{Kerapatan Relatif (\%)} = \frac{\text{Kerapatan Suatu Jenis}}{\text{Kerapatan Seluruh Jenis}} \times 100\% \quad (9)$$

Dominasi:

$$\text{Dominasi (m}^3 \text{ / ha)} = \frac{\text{Basal area suatu jenis}}{\text{Luas seluruh plot}} \quad (10)$$

Dominasi Relatif (DR):

$$\text{Dominasi Relatif (\%)} = \frac{\text{Dominasi Suatu Jenis}}{\text{Dominasi Seluruh Jenis}} \times 100\% \quad (11)$$

Frekuensi:

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Jumlah petak terisi suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh petak}} \quad (12)$$

Frekuensi Relatif (FR):

$$\text{Frekuensi Relatif (\%)} = \frac{\text{Frekuensi Suatu Jenis}}{\text{Frekuensi Seluruh Petak}} \times 100\% \quad (13)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan, Biomasa dan potensi serapan CO₂ Bakau

Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman mangrove di bulan September 2022, menunjukkan bahwa *R. mucronata* mampu tumbuh pada kolam PT Antam LM yang berisi air tawar bukan air asin, tumbuh sehat, yang ditandai dengan warna daun hijau, serta tidak terlihat ada gejala penyakit pada permukaan daun atau batang. Tinggi semai bervariasi, berkisar 19-106 cm, dengan rata-rata tinggi 46,2 cm, sedangkan diameter batang berkisar 0,65 – 2,22 cm, dengan rata-rata diameter mencapai 1,3 cm. Performa pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman mangrove disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tanaman mangrove termasuk dalam kelompok halofit, atau jenis tanaman yang mampu tumbuh di pantai atau laut, mampu beradaptasi secara fisiologis dengan kandungan NaCl tinggi. Namun kemampuan *R. mucronata* tumbuh pada air tawar, sangat terkait dengan sifat tanaman mangrove yang bukan halofit obligat, berarti dapat tumbuh pada air tawar, walaupun pertumbuhan maksimum akan terjadi jika berada pada area dengan pertengahan air tawar dan air laut (Noakes, 2015). Pertumbuhan antar individu semai *R. mucronate* pada kolam, tampak bervariasi baik tinggi maupun diameternya. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan bervariasinya waktu penanaman, tinggi bibit saat ditanam, serta kedalaman solum tanah pada dasar kolam.

Walaupun tumbuh sehat, dengan riap tinggi setahun 5,6 cm dan riap diameter setahun 0,7 cm, pertumbuhan *R. mucronata* dalam kolam tidak maksimal. Pertumbuhan tersebut lebih rendah

dibandingkan laju pertumbuhan semai *R. apiculata* di persemaian yang mencapai pertumbuhan tinggi tunas 2,54 cm/bulan atau setara 30 cm setahun dan pertumbuhan diameter tunas rata-rata 1,33 mm/bulan atau setara 1,6 cm setahun (Ardani et al., 2018). Pertumbuhan yang tidak maksimal tersebut diduga disebabkan oleh rendahnya solum tanah lantai kolam, dan input nutrisi yang terbatas. Hal tersebut dipertegas oleh penjelasan pengelola kolam bahwa beberapa bagian dasar kolam terdapat beton dan batuan, sehingga dapat menghambat pertumbuhan akar. Pemupukan diberikan sekali setahun yang diduga belum mencukupi kebutuhan pertumbuhan. Pertumbuhan tanaman mangrove sangat dipengaruhi kandungan pada unsur hara media tumbuhannya, diantaranya unsur makro yaitu N, P, S, K, Ca dan Mg, serta unsur mikro yang terdiri dari Zn, Mn dan Cu (Aksomkoe, 1993). Pertumbuhan *R. mucronata* tidak maksimal, kemungkinan juga disebabkan oleh kurangnya salinitas pada kolam yang berisi air tawar, sementara *R. mucronata* pernah dilaporkan tumbuh baik pada kisaran salinitas 12 - 30 ppt (Kusmana, 1982).

Berdasarkan pendugaan biomasa mangrove dengan persamaan alometrik terhadap diameter semai, menunjukkan bahwa rata-rata biomasa individu semai *R. mucronata*, sebesar 0,33 kg/individu. Kerapatan tanaman sebesar 1,1 per m², sedangkan total biomasa seluruh tanaman mangrove pada kolam seluas 110,25 m² yang terdiri dari 111 semai adalah sebesar 36,77 kg, atau diperkirakan setara dengan 3334,81 kg per ha. Sebaran biomasa individu semai mangrove pada kolam sebagaimana pada Tabel 1. Biomasa semai *R. mucronata* di kolam PT Antam LM lebih besar daripada semai *R. mucronata* yang ditemukan di hutan mangrove Pangarengan, Cirebon, yang berdiameter ujung 0,4 cm dengan tinggi 60 cm, mempunyai biomasa sebesar 21 – 47 g/individu (Mulyana et al., 2021).

Jika 0,47 bagian dari biomasa berupa karbon C organik, maka rata-rata kandungan karbon (Cb) individu semai *R. mucronata* sebesar 0,16 kg atau sebanyak 17,28 kg yang tersimpan pada seluruh semai di kolam. Sedangkan 1,4667 bagian dari biomasa mangrove merupakan jumlah serapan karbon dioksida (CO₂), maka kontribusi *R. mucronata* di kolam PT Antam LM dalam menyerap CO₂ mencapai 54,41 kg atau setara dengan 5,44 ton/ha (Tabel 1).

Tabel 1. Performa biomasa, kandungan karbon dan serapan CO₂ semai *R mucronata* pada kolam PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia

| Ukuran | Tinggi/Diameter (cm) | Biomasa (kg) | Kandungan Karbon /Cb | Serapan CO ₂ (kg) |
|-------------------|----------------------|--------------|----------------------|------------------------------|
| Individu | 19-106 / 0,65 – 2,22 | 0,33 | 0,16 | 0,485 |
| Total dalam kolam | - | 36,77 | 17,28 | 54,411 |
| Dalam hektar (ha) | - | 3364,81 | 1581,44 | 5441,101 |

Tabel 2. Jenis Tumbuhan pada kolam bakau PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia

| Jenis | Nama Latin | Jumlah | Satuan | Kerapatan | KR | Frekuensi | FR | INP |
|--------------|-----------------------------------|--------|--------|-----------|---------|-----------|-------|-------|
| Bakau | <i>Rhizophora mucronata</i> Lamk. | 111 | semai | 1,007 | 70,258 | 17 | 34,7 | 105,0 |
| Teratai | <i>Nymphaea lotus</i> Willd. | 2 | rumpun | 0,018 | 1,266 | 2 | 4,1 | 5,3 |
| Rumput jarum | <i>Adropogon aciculatus</i> Retz. | 20 | rumpun | 0,181 | 12,659 | 5 | 10,2 | 22,9 |
| Lumut | <i>Taxiphyllum barbieri</i> | 25 | petak | 0,227 | 15,824 | 25 | 51,0 | 66,8 |
| TOTAL | | 158 | | 1,433 | 100,007 | 49 | 100,0 | 200,0 |

Keterangan: KR = Kerapatan relatif; FR=Frekuensi relatif, INP = Indeks Nilai Penting

Gambar 2. *Rhizophora mucronata* pada kolam bakau PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia pada September tahun 2022

Keanekaragaman tumbuhan pada kolam

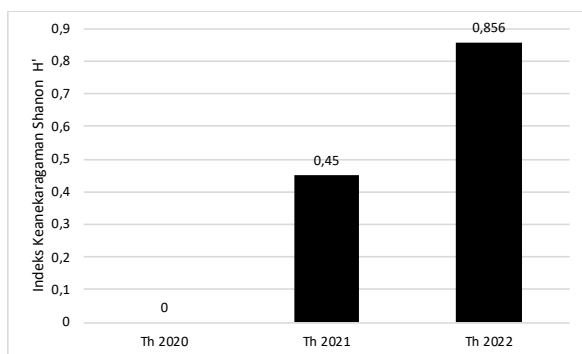
Selain mangrove jenis *R. mucronata*, pada kolam PT Antam LM, ditemukan pula 3 jenis tanaman air lainnya, yaitu teratai, lumut dan rumput jarum. Keseluruhan jenis tanaman yang ditemukan pada kolam masuk dalam status IUCN 'least concern'. Keberadaan 3 jenis tanaman selain tanaman mangrove, merupakan kemunculan secara alami atau tanpa ditanam. Sebaran pertumbuhan mangrove dan keberadaan tumbuhan lain sebagaimana pada Tabel 2.

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa *R. mucronata* ditemukan dengan jumlah terbanyak (111 semai), dengan indeks nilai penting (INP) tertinggi, didukung dengan kerapatan yang mencapai 1 semai per m², dengan

frekuensi ditemukan mencapai 34,7% yang mendominasi pada sebagian dari kolam. Lumut ditemukan pada seluruh bagian dari kolam, namun dengan kerapatan hanya mencapai 0,227 rumpun, dengan indeks nilai penting berada pada urutan ke dua setelah tanaman mangrove. Formasi tanaman mangrove pada kolam PT Antam LM sebagaimana pada Gambar 2. Nilai keanekaragaman tanaman bawah, Indeks Shannon (H'), sebagai *baseline* tumbuhan bawah di area kolam bakau PT Antam LM sejak tahun 2020 dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 3. memberikan ilustrasi bahwa nilai Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener (H') untuk vegetasi di kolam PT Antam LM masih dibawah 1 (H' < 1) atau kategori

rendah. Walau demikian telah terjadi peningkatan Indeks H' dari 0 di tahun 2020, H' tahun 2021= 0,45 dan H' tahun 2022= 0,856. Pada tahun 2020, kolam baru dikembangkan dengan penanaman satu jenis tanaman mangrove saja, sehingga Indeks Kehatinya belum terukur. Dalam perkembangannya, muncul beberapa tanaman bawah lainnya seperti rumput, lumut dan teratai dalam kolam, hingga H' meningkat. Sedangkan, nilai Indeks Kekayaan Jenis (Margalef) tumbuhan bawah juga termasuk rendah dengan nilai 0,77 ($Dm < 3,5$). Kemunculan vegetasi lain selain tanaman mangrove pada kolam diduga berasal sebaran biji oleh insekta, burung atau terbawa oleh angin dari tempat lain.



Gambar 3. Nilai indeks keanekaragaman (H') tanaman pada kolam PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia

Indeks Keanekaragaman Jenis yang rendah pernah pula dilaporkan pada kolam buatan yang baru dikembangkan, seperti pada Kolam Habitat Semi Ex Situ (HSE) di Kawasan Maninjau, Sumatera Barat, dengan nilai H' sebesar 0,06-0,46 (Ibrahim et al., 2020).

Berdasarkan nilai Indeks keanekaragaman Shannon maupun nilai Indeks Kekayaan Margalef yang masih dalam katagori keanekaragaman rendah, menunjukkan bahwa ekosistem kolam PT Antam LM dalam kondisi pertumbuhan awal. Untuk menuju ekosistem yang lebih stabil, maka perlu dipastikan pertumbuhan tanaman dapat terjaga, tidak banyak mengalami gangguan dan perlu dilakukan pengayaan tanaman, serta melakukan beberapa aksi yang disarankan *Convention for Biological Diversity* seperti merestorasi lingkungan yang rusak, menanam pohon, semak atau tanaman lokal, dukungan perusahaan yang berkomitmen terhadap standar etika lingkungan dan keanekaragaman hayati (Hijauku, 2022).

Keanekaragaman Aves Dan Insekta

Pada saat pengamatan dilakukan pada September 2022, ditemukan satu jenis burung yang beraktifitas pada tanaman dan kolam bakau PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia, yaitu burung gereja (*Passer montanus*), yang termasuk dalam status IUCN *Least concern*. Aktifitas *P. montanus* terlihat sepanjang hari pengamatan, pagi (9.00) hingga sore hari (17.00). Jumlahnya mencapai 15-20 ekor, dengan tersebar pada sisi kolam yang terdapat tanaman mangrove maupun pada sisi lainnya. Beberapa aktifitas *P. montanus* yang terlihat diantaranya makan dan minum, terbang, lompat (antar dahan), dan jalan (lompat di tanah), meregang kaki/sayap, menggaruk kepala, preening, mandi, bersiul. Namun, belum ditemukan adanya sarang pada tanaman *R. mucronata*. Aktifitas *P. montanus* sebagian besar dilakukan pada bagian pucuk tanaman bakau, rumput dan atau diatas air diantara tanaman bakau. Pada saat pengamatan tidak ditemukan adanya aktifitas jenis aves lainnya, seperti bebek, angsa atau lainnya. Nilai indeks kehati untuk burung belum dapat diukur karena hanya satu jenis burung yang teramati saat kegiatan monitoring.

Keanekaragaman burung akan berbeda dari suatu wilayah dengan wilayah lainnya karena dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu distribusi vertikal dari dedaunan atau keanekaan tinggi tajuk, ketersediaan bunga dan buah, dan gangguan manusia, serta alam (MacArthur, 1972). Keberadaan burung di suatu habitat sangat berkaitan erat dengan faktor fisik lingkungan seperti tanah, air, temperatur, cahaya matahari, serta faktor-faktor biologis yang meliputi vegetasi dan satwa lainnya. Penggunaan habitat oleh burung tergantung pada kondisi habitat yang menyediakan makanan (Anneahira, 2016).

Hasil pengamatan terhadap insekta, teridentifikasi sebanyak 5 jenis insecta terdapat di kolam bakau PT Antam LM yaitu terdiri dari: capung jarum, capung ciwet, belalang coklat, lebah madu dan kupu-kupu putih, dengan sebaran pertemuan dan jumlah sebagaimana pada Tabel 3.

Dengan sebaran insek sebagaimana pada tabel diatas, nilai Indeks Keanekaragaman (H') insek pada kolam PT Antam LM sebesar 0,867 atau masih dibawah 1 ($H' < 1$). Sedangkan nilai Indeks Kekayaan Jenis Margalef (Dm) sebesar 1,084 atau di bawah 3 ($Dm < 3$). Dengan demikian keduanya dalam kategori keanekaragaman insek rendah.

Tabel 3. Jenis Insekta Ditemukan Di Kawasan Internal Kolam Bakau PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia

| Nama Lokal | Jenis | | Waktu pertemuan | Jumlah individu /pertemuan (ekor) |
|------------------|------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|
| | Nama Latin | | | |
| Capung Jarum | <i>Enallagma cyathigerum</i> | Charpentier, 1840 | 09:30-12:00 | 30 |
| Capung Ciwet | <i>Pantala flavescens</i> | Fabricius | 09:30-11:00 | 5 |
| Belalang Cokelat | <i>Valanga nigricornis</i> | Burmeister, 1838 | 09:50-09:51 | 1 |
| Lebah Madu | <i>Apis mellifera</i> | L | 09:54-10:15 | 2 |
| Kupu-Kupu Putih | <i>Pieris brassicae</i> | Linnaeus | 10:00-10:02 | 2 |

Kondisi keanekaragaman insek rendah pada kolam bakau PT Antam LM, dapat dipahami mengingat kolam tersebut baru dikembangkan. Namun demikian dengan telah ditemukannya 5 jenis insek di dalam kolam telah menunjukkan adanya perkembangan yang baik dari yang sebelumnya. Insekta ditemukan berinteraksi dengan tanaman dan air pada kolam. Lebah terlihat hinggap pada bunga teratai, capung mengambang pada air kolam, kupu-kupu berterbangan di atas tanaman mangrove.

Serangga diketahui ada yang bersifat merugikan, namun juga sebagian memberikan dampak positif. Sebagian bersifat sebagai predator, parasitoid, atau musuh alami, dan sebagian lain, seperti kelompok lebah, belalang, jangkrik, semut dapat membantu dalam proses penyerbukan, dekomposer, predator bahkan sebagai bioindikator (Meilin & Nasamsir, 2016).

Keanekaragaman Ikan Dan Makro Bentos

Hasil pengamatan terhadap ikan, teridentifikasi sebanyak 3 jenis ikan yang terdapat di kolam bakau PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia yaitu, sapu-sapu (*Hypostomus plecostomus* Linnaeus, 1758), Ikan patin (*Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878), ikan cere (*Gambusia affinis* Baird & Girard, 1853).

Keberadaan ikan patin hasil penanaman, sedangkan 2 jenis lainnya muncul tanpa penanaman. Sebaran jumlah individu ikan pada Tabel 4.

Dengan sebaran ikan yang demikian, nilai Indeks Keanekaragaman (H') ikan pada kolam bakau PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia sebesar 0,502 atau masih dibawah 1. Nilai Indeks Kekayaan Jenis Margalef (Dm) sebesar 0,58 atau dibawah 3. Dengan demikian keduanya dalam kategori keanekaragaman ikan rendah.

Rendahnya keanekaragaman ikan pada kolam bakau PT Antam Tbk Logam Mulia, disebabkan baru dikembangkannya kolam penelitian, sehingga masih dalam tahap awal pertumbuhan keanekaragaman hayatinya. Namun demikian dengan telah ditemukannya 2 jenis ikan lainnya selain ikan patin di kolam, telah menunjukkan adanya perkembangan yang baik dari yang sebelumnya.

Ikan cere ditemukan hampir pada seluruh bagian kolam, juga pada bagian tempat tanaman bakau tumbuh. Rizosfer pada bakau diduga telah menjadi tempat pemijahan ikan, tempat ikan mendapatkan nutrisi dan tempat berlindung dari predator. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan *R. mucronata* telah menjadi pendorong munculnya keanekaragaman ikan dan sekaligus sebagai ruang hidup ikan.

Tabel 4. Jenis Ikan ditemukan dalam kolam PT Antam Tbk. UBPP Logam Mulia

| Nama Lokal | Jenis | | Waktu pertemuan | Jumlah individu /pertemuan (ekor) |
|------------|--------------------------------|--|-----------------|-----------------------------------|
| | Nama Latin | | | |
| Sapu-sapu | <i>Hypostomus plecostomus</i> | | 12:30-12:40 | 1 |
| Ikan Patin | <i>Pangasius hypophthalmus</i> | | Sepanjang waktu | 53 |
| Ikan Cere | <i>Gambusia affinis</i> | | Sepanjang waktu | 110 |

Salah satu makro bentos yang ditemukan pada kolam PT Antam LM, adalah keong panjang (Thiarididae) dari jenis *Cerithidea cingulate* pada bagian dasar kolam. *C. cingulate* merupakan jenis Gastropoda pendegradasi serasah mangrove, sehingga serasah mangrove akan lebih cepat mengalami degradasi. Hasil degradasi tersebut akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk diubah menjadi NO_3 dan PO_4 (Mustofa, 2015). Unsur NO_3 dan PO_4 merupakan unsur yang sangat diperlukan oleh fitoplankton untuk pertumbuhan dan perkembangannya, memiliki kandungan karbon organik tinggi, dapat menjadikan spesies ini sebagai bioindikator adanya cemaran bahan organik. Hal tersebut juga didukung oleh kemampuannya sebagai pendegradasi serasah mangrove, sehingga dapat mempercepat proses perubahan serasah mangrove menjadi bahan organik (Widjaja et al., 2015)

KESIMPULAN

Pertumbuhan mangrove jenis *R. mucronata* umur 2 tahun pada kolam PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia mencapai rata-rata tinggi 47 cm dengan diameter 1,3 cm, dengan biomasa total mencapai 36.77 kg. Terdapat 4 jenis flora pada kolam yang teridentifikasi, yaitu mangrove (*R. mucronata*), teratai (*Nymphaea lotus*), rumput jarum (*Adropogon aciculatus*), dan Lumut (*Taxiphyllum barbieri*). Terdapat 11 jenis fauna yang teridentifikasi, yaitu 5 jenis insekta, 1 jenis aves, 1 jenis makro bentos, dan 3 jenis ikan. Keanekaragaman flora dan fauna pada kolam PT Antam Tbk UBPP Logam Mulia masih dalam katagori rendah ($H' < 1$). Tanaman semai mangrove pada kolam berkontribusi dalam menyerap CO_2 sebesar 54,41 kg atau setara 5,44 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksomkoe, S. (1993). *Ecology and Management of Mangrove*. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WTL-024.pdf>
- Anneahira. (2016). *Habitat Burung*. <http://www.anneahira.com/habitat-burung.htm>
- Ardani, Surbakti, H., & Sarno. (2018). Pertumbuhan Rhizopora apiculata Dengan Dua Teknik Persemaian Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique) Dan Tradisional. *MASPARI JOURNAL*, 10(2), 115–122.
- Bachmid, F., Sondak, C., & Kusen, J. (2018). Estimasi Penyerapan Karbon Hutan Mangrove Bahowo Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken. *JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS*, 6(1), 8. <https://doi.org/10.35800/jplt.6.1.2018.19463>
- Baharuddin, Sanusi, D., Daud, M., & Ferial. (2014). Potensi biomassa, Cadangan Karbon dan serapan Karbon dioksida serta Persamaan allometrik pendugaan Biomassa pada Tegakan Bambu Betung pada Hutan Bambu Rakyat di Kabupaten Tanah Toraja. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu, Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan Kementrian*. Proseding pada Seminar nasional Hasil penelitian teknologi Hasil Hutan Bukan Kayu, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementrian, Lombok.
- BSN. (2011). *SNI 7724-2011 Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. BSN Jakarta. <https://bsilhk.menlhk.go.id/standarlhk/2022/08/11/sni-7724-2011-pengukuran-dan-penghitungan-cadangan-karbon/>
- Cox, G. W. (1985). *Laboratory manual of general ecology*. McGraw-Hill.
- Darmawan, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Remaja Rosdakarya.
- Donato, D. c, Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kannine, M. (2012). Mangrove Salah Satu Hutan Terkaya Karbon di Daerah Tropis. *Brief Cifor*, 12, 1–12.
- Goëau, H., Joly, A., Bonnet, P., Bakic, V., Barthélémy, D., Boujemaa, N., & Molino, J.-F. (2013). The imageCLEF plant identification task 2013. *Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Multimedia Analysis for Ecological Data - MAED '13*, 23–28. <https://doi.org/10.1145/2509896.2509902>

- Hijauku. (2022). 22 aksi keanekaragaman hayati. <https://Hijauku.Com/2022/05/17/22-Aksi-Untuk-Keanekaragaman-Hayati/>.
- Ibrahim, A., Imroatushshoolikhah, I., Sudarso, Y., Lukman, L., & Syawal, M. S. (2020). Kolonisasi Makrozoobentos pada Kolam Habitat Semi Ex Situ (HSE) di Kawasan Maninjau, Sumatera Barat. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(1), 36. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v17i1.3285>
- Indriyanto. (2012). *Ekologi hutan*. Bumi Aksara.
- Kittredge, J. (1944). Estimation of the Amount of Foliage of Trees and Stands. *Journal of Forestry*, 42(12), 905–912.
- Kusmana, C. (1982). *Analisa Vegetasi Hutan Mangrove di Muara Angke Jakarta*. Institut Pertanian Bogor.
- MacArthur, R. H. (1972). *Geographical ecology; patterns in the distribution of species*. Harper & Row.
- MacKinnon, J., Phillipps, K., & Bas van Balen. (2000). *Burung-burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan: Termasuk sabah, sarawak dan brunei darussalam*. Puslitbang Biologi.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Pub.
- Mareta, C., Maretha, D., & Asnilawati. (2020). *Ensiklopedia Insekta*. Noer Fikri.
- Meilin, A., & Nasamsir. (2016). Serangga dan Peranannya dalam Bidang Pertanian dan Kehidupan. *Jurnal Media Pertanian*, 1(1), 18. <https://doi.org/10.33087/jagro.v1i1.12>
- Mulyana, B., Purwanto, R. H., Intan Sari, P., Atika Marpaung, A., Faqih Hidayatullah, M., Satria Raditya Putra, I., Dwika Putra, A., & Reorita, R. (2021). Allometric model to estimate biomass and carbon of seedling in Pangarengan mangrove forest, Cirebon, West Java. *Jurnal Galam*, 2(1), 29–40. <https://doi.org/10.20886/glm.2021.2.1.29-40>
- Mustofa, A. (2015). Kandungan Nitrat dan Posfat sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Panta. *E-Journal-Unisnu*, 6(1). <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.34001/jdpt.v6i1.193>
- Noakes. (2015). Mangrove. *FAO Tropical Silviculture*, 2, 379–404.
- Odum, E. P. (2017). *Fundamental of Ecology* (3rd ed.). WB Saunders Company.
- Peraturan Menteri LHK. (2021). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 1 Tahun 2021*. (2021). Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (PROPER). <https://jdih.maritim.go.id/id/peraturan-menteri-lingkungan-hidup-dan-kehutanan-no-1-tahun-2021>
- Widjaja, E. A., R, Y., SR, J., U, R., M, I., BW, E., & S, G. (Eds.). (2015). *Kekinian keanekaragaman hayati Indonesia, 2014* (Cetakan kedua). LIPI Press.

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. 1, Tahun 2023. Berikut ini adalah daftar nama pakar/mitra bestari/rekan setara yang berpartisipasi :

1. Dr. Ade Heri Mulyati, S.Si., M.Si (Jurusan Kimia, Universitas Pakuan)
2. Dr. Fitriah Basalamah, M.Si (Konservasi Biologi, Universitas Nasional)
3. Dr. Murtihapsari, S.Pd., M.Si (Jurusan Kimia, Universitas Papua)
4. Dr. Sofian Iskandar (Ekologi Satwa Liar, Universitas Nusa Bangsa)
5. Dr. Joeni Setijo Rahajoe (Research Center for Biology, BRIN)
6. Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc (Biodiversitas & Konservasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
7. Dra. Desak Made Malini, M.Si (Fisiologi Hewan, Universitas Padjadjaran)
8. Ni Luh Putu Rischa Phadmacanty, M.Sc (Research Center for Biology, BRIN)
9. Srikandi, M.Si (Bioteknologi, Universitas Nusa Bangsa)
10. Nina Ariesta, M.Si (Kimia Analitik, Universitas Nusa Bangsa)
11. Devy Susanty, M.Si (Kimia Analitik, Universitas Nusa Bangsa)
12. Mia Azizah, M.Si (Bioteknologi, Universitas Nusa Bangsa)

JSSN

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).