

Volume 26, Nomor 1, April 2021

P-ISSN : 1412-3991

E-ISSN : 2528-7036

JURNAL PENELITIAN
Saintek

JURNAL PENELITIAN SAINTEK

Volume 26, Nomor 1, April 2021

LPPM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Saintek

SAINTEK

Volume
26

Nomor
1

Halaman
1 - 96

YOGYAKARTA

P-ISSN : 1412-3991
E-ISSN : 2528-7036

JURNAL PENELITIAN **Saintek**

Penerbit:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Negeri Yogyakarta

Pemimpin Umum/Penanggung Jawab:

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Negeri Yogyakarta

Redaksi:

Penanggung Jawab : Ketua LPPM
Ketua : Prof. Dr. Sri Atun
Sekretaris : Retno Arianingrum, M.Si
Anggota Redaksi : Dr. Heru Kuswanto
Dr. Agus Budiman
Dr. Sri Handayani
M. Khairudin, Ph.D.
Dr. Suyanta
Sativa, M.T.
Dr. Pramudi Utomo
Sunar Rochmadi, M.S.
Sekretariat : Nita Maghfiratul Jannah, S.Pd
Setting dan Tata Letak : Rini Astuti, S.I.P.

Alamat Redaksi/Tata Usaha:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)
Universitas Negeri Yogyakarta
Gg. Guru, Kampus Karangmalang, Yogyakarta 55281
Telepon (0274) 550840, Fax. (0274) 550839
Website: <https://journal.uny.ac.id/index.php/saintek>
Email: saintek@uny.ac.id

Jurnal Penelitian Saintek merupakan lanjutan dari Jurnal Penelitian Iptek
dan Humaniora
Frekuensi terbit: setiap bulan April dan Oktober

Semua tulisan yang ada dalam Jurnal Penelitian Saintek bukan merupakan cerminan sikap dan/atau pendapat Dewan Redaksi. Tanggung jawab terhadap isi dan/atau akibat dari tulisan tetap terletak pada penulis.

Daftar Isi	i
Keanekaragaman Organisme pada Rhizosfer Gulma Siam di Lahan Vulkanik, Pesisir, dan Karst <i>(Organism Diversity in The Rhizosphere of Siam Weeds in Volcanic, Coastal and Karst Land)</i> Tien Aminatun, Siti Umniyatie, Anna Rakhmawati, Aji Suhandy, Nrangwesthi Widyaningrum, dan Kurnia Cahyani	1 - 16
Potensi Infusa Daun Nangka sebagai Obat Kumur Herbal <i>(The Potency of Jackfruit Leaf Infusion as a Herbal Mouthwash)</i> Christ Alfianus Tosubu, Nunung Sulistyani, dan Nur Khikmah	17 - 23
Analisis Potensi Energi Terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Manokwari Selatan <i>(The Analysis of Renewable Energy Potential of Microhydro Power Plant in South Manokwari)</i> Elias K. Bawan, Antonius D. Palintin, dan Eric A. Patandianan	24 - 34
Variasi dan Hubungan Fenetik Aksesori Kunyit di Yogyakarta dan Sekitarnya <i>(Variation and Phenetic Relationship of Tumeric Accessions in Yogyakarta and Surrounding Areas)</i> Aditiana Vimala Guna dan Purnomo	35 - 56
Kajian Potensi Antioksidan Alami Berbagai Limbah Tanaman <i>(The Study of Potential Natural Antioxidants from Plant Waste)</i> Rukiah Lubis, Nur Hidayah, dan Nopriyeni	57 - 63
Penentuan Aktivitas Ekstrak Etanol Cabai Merah dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri <i>(The Ability of Red Chili Ethanol Extract in Inhibiting The Growth of Bacteria)</i> Alfi Sapitri, Eva Diansari Marbun, dan Ulfayani Mayasari	64 - 73
<i>Exploring The Potential Energy of Lodagung Mini-Hydropower Plant in Blitar, West Java, Indonesia</i> Etty Susilowati dan Raymond Valiant Ruritan	74 - 84

Perbandingan Aktivitas Sitotoksik Ekstrak dan Minyak Atsiri Rimpang
Curcuma Mangga Val. terhadap Sel MCF-7

*(The Comparison Between The Activities of Cytotoxic Extracts and
Essential Oils of Rhizome Curcuma Mango Val. Toward MCF-7 Cells)*

Putri Khaerani Cahyaningrum, Purwanto, dan Retno S. Sudibyo

85 - 96

**KEANEKARAGAMAN ORGANISME PADA RHIZOSFER GULMA SIAM
DI LAHAN VULKANIK, PESISIR, DAN KARST****(ORGANISM DIVERSITY IN THE RHIZOSPHERE OF SIAM WEEDS
IN VOLCANIC, COASTAL AND KARST LAND)****Tien Aminatun, Siti Umniyatie, Anna Rakhmawati, Aji Suhandy, Nrangwesthi
Widyaningrum, dan Kurnia Cahyani**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta

Jl. Colombo No. 1, Yogyakarta, Indonesia - 55281

email: tien_aminatun@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kondisi edafik, hubungan antara kondisi edafik dan keanekaragaman organisme tanah, serta perbedaan keanekaragaman organisme tanah pada berbagai ekosistem rhizosfer gulma Siam (*Chromolaena odorata*) yang tumbuh di lahan vulkanik, pesisir, dan karst. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari ekosistem rhizosfer gulma Siam di lahan vulkanik, karst, dan pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta; mengamati komposisi organisme tanah di laboratorium, yaitu collembola, nematoda, dan mikoriza. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah pada rhizosfer gulma Siam yang tumbuh di lahan karst menunjukkan tingkat kesuburan tertinggi yang ditunjukkan oleh kandungan N, K, dan C-organik tanah, sedangkan tanah pesisir memiliki kandungan P tertinggi. Tekstur tanah pada rhizosfer gulma Siam lebih berpengaruh terhadap keanekaragaman organisme tanah dibandingkan kandungan hara tanah dan sifat tanah lainnya yang diteliti. Keragaman organisme tanah rhizosfer gulma Siam lebih besar di lahan pesisir dibandingkan di lahan karst dan vulkanik. Implikasi dari hasil tersebut adalah bahwa tanah dengan tekstur berpasir akan lebih bermanfaat bagi pertumbuhan gulma Siam dengan keanekaragaman organisme rhizosfer yang lebih tinggi.

Kata kunci: *Chromolaena odorata*, kondisi edafik, lahan karst, rhizosfer

Abstract

The research aims to compare the edaphic condition, the relationship between the edaphic condition and soil organism diversity, and the differences of soil organism diversity in different rhizosphere ecosystems of Siam weed growing in volcanic, coastal and karst areas. The research was conducted by taking soil samples from the Siam weed rhizosphere ecosystems in volcanic, karst and coastal areas of the Special Region of Yogyakarta and observing the composition of the soil organisms in the laboratory, including collembola, nematode, and mycorrhiza. The results find that soil from rhizosphere of Siam weed growing in karst area shows the highest level of fertility indicated by the N, K, and C-organic contents of the soil, whereas soil from coastal area has the highest P content. Soil texture in the rhizosphere of Siam weed has more effect on the diversity of soil organisms than the soil nutrient content and other soil properties investigated. The diversity of soil organisms of Siam weed rhizosphere is greater in coastal area than those in karst and volcanic areas. The implication of the results is that soil with a sandy texture will be more beneficial for the growth of Siam weed with a higher diversity of rhizosphere organisms.

Keywords: *Chromolaena odorata*, edaphic condition, karst area, rhizosphere

PENDAHULUAN

Gulma Siam (*Chromolaena odorata*) merupakan gulma terestrial invasif terburuk di daerah tropis dan subtropis yang sulit dikendalikan. Tanaman ini memiliki sifat yang sangat kompetitif dan tahan terhadap kondisi kering yang ekstrim (te Beest *et al.*, 2013) dan mudah tumbuh di berbagai jenis tanah, bahkan di tanah kering (Zachariades *et al.*, 2009). Resistensi terhadap kondisi ini dimungkinkan karena sistem perakarannya yang baik.

Sistem perakaran sangat menentukan produktivitas suatu tanaman. Banyaknya akar mempengaruhi efektivitas penyerapan air, hara, dan senyawa volatil. Akar juga melepaskan eksudat sebagai sumber substrat dan energi untuk organisme rhizosfer (Gregory, 2006). Eksudat akar dapat mempengaruhi kandungan nitrogen pada tanah sekitarnya (Castoldi *et al.*, 2013), bekerja sama dengan siderofor yang dihasilkan oleh mikroba rhizosfer yang membantu efektivitas penyerapan zat besi (Nuzzo *et al.*, 2018), bersifat alelopatik atau menekan pertumbuhan tumbuhan lain di sekitarnya (Wardani *et al.*, 2018), serta mempengaruhi perilaku dan perubahan komposisi organisme rhizosfer sebagai respons terhadap eksudat (Rasmann *et al.*, 2012).

Organisme rhizosfer bertindak sebagai agen perubahan fisik, kimia, dan biologi

di dalam tanah. Mereka berinteraksi satu sama lain dan berkontribusi dalam agregasi tanah (Lehmann *et al.*, 2017). Aktivitas mikroorganisme rhizosfer juga memberikan manfaat bagi tanaman melalui sintesis fitohormon, pelarutan mineral, produksi siderofor, peningkatan serapan hara, luas daun, klorofil, dan kandungan protein terlarut daun, serta menghasilkan enzim antioksidan untuk melindungi tanaman dari tekanan lingkungan yang dapat menyebabkan kerusakan sel (Flores-Gallegos & Nava-Reyna, 2018). Oleh karena itu, keanekaragaman organisme rhizosfer merupakan komponen yang sangat penting dalam biologi tanah dan perlu dipelihara. Keanekaragaman spesies dan tipe interaksi berperan penting dalam menjaga keanekaragaman hayati suatu ekosistem (Mougi & Kondoh, 2012).

Studi tentang hubungan fungsional antara keanekaragaman organisme tanah dengan ekosistem tanah masih sangat terbatas, terutama karena setiap lokasi memiliki keanekaragaman organisme tanah dan peran yang berbeda-beda. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi pola umum makroekologi yang berkaitan dengan sebaran dan fungsi organisme tanah (Guerra *et al.*, 2020). Pada penelitian ini organisme tanah di rhizosfer gulma Siam yang diteliti adalah *Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM)*, nematoda, dan collembola.

VAM adalah mikroorganisme rhizosfer yang penting. Banyak tumbuhan yang memiliki hubungan endosimbiosis dengan VAM untuk meningkatkan mekanisme pertahanan terhadap serangan parasit (Miyata *et al.*, 2014), penyerapan hara (Buendia *et al.*, 2016), dan serapan air dan hara mineral oleh akar tanaman dengan cara merangsang pertumbuhan dan percabangan akar (Maillet *et al.*, 2011).

Nematoda berperan penting dalam mengatur siklus biogeokimia dan dinamika komunitas vegetasi serta merupakan indikator aktivitas biologi tanah (van den Hoogen *et al.*, 2020). Nematoda juga paling melimpah di ekosistem tanah, karena kemampuannya memakan berbagai sumber makanan di dalam tanah, berkembang biak dengan cepat dan bertahan dalam kondisi lingkungan yang kontras (Schratzberger *et al.*, 2019). Interaksi antara nematoda parasit dan mikroba tanah dapat memperparah serangan penyakit akar (Kanfra *et al.*, 2018). Interaksi nematoda dengan bakteri pelarut fosfat dapat mempengaruhi ketersediaan P dalam tanah (Irshad & Yergeau, 2018); meningkatkan ketersediaan N, P, dan unsur hara dalam tanah sehingga secara signifikan meningkatkan produksi biomassa tanaman (Gebremikael *et al.*, 2015). Selain itu, nematoda juga merupakan bioindikator penting perubahan lingkungan dan kondisi tanah, karena sedikit perubahan pada sifat tanah akibat perubahan

iklim dapat menyebabkan perubahan besar pada komunitas nematoda tanah (Sun *et al.*, 2013).

Collembola merupakan *detritivora* penting, karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, konsentrasi hara pada jaringan dan ekspresi gen pada tanaman. *Collembola* di *rhizosfer* meningkatkan pertahanan tanaman terhadap jamur dan herbivora (Graf *et al.*, 2019). *Collembola* juga dapat berperan dalam merehabilitasi lahan yang rusak, karena dapat berperan sebagai spesies pionir (Vanhée & Devigne, 2018).

Penelitian keanekaragaman organisme tanah pada ekosistem rhizosfer gulma Siam yang tumbuh di berbagai lahan, dalam hal ini diwakili oleh lahan vulkanik, pesisir, dan karst, dengan jenis dan sifat tanah yang berbeda menjadi penting untuk dilakukan. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kondisi tanah dan lingkungan mempengaruhi keanekaragaman organisme tanah, antara lain VAM, nematoda, dan collembola. Keanekaragaman VAM dipengaruhi oleh perubahan musim dan jenis tanah (Kartika dkk., 2019). Penggunaan lahan dan tipe vegetasi mempengaruhi komposisi spesies, keanekaragaman VAM, dan kepadatan spora (Sarkar *et al.*, 2014). Sifat kimia tanah seperti C, N, P, dan logam berat berkontribusi terhadap kepadatan; sedangkan keragaman spora VAM, kandungan C dan N berkorelasi

negatif dengan kepadatan spora (Husna *et al.*, 2015). Ketinggian berhubungan dengan jenis infeksi, ukuran populasi dan persentase infeksi VAM (Marizal *et al.*, 2017). Kelimpahan nematoda menunjukkan korelasi positif terhadap karbon organik tanah dan nitrogen (Treonis *et al.*, 2018). Invasi collembola dipengaruhi oleh kondisi dan kandungan nutrisi seresah yang menunjukkan adanya interaksi antara komposisi seresah dengan aktivitas collembola (Leinaas *et al.*, 2015). Pengolahan tanah secara signifikan mengurangi kelimpahan invertebrata tanah dan berdampak negatif pada degradasi tanah primer dan sekunder (Liu *et al.*, 2016). Kepadatan mikroarthropoda menurun seiring dengan peningkatan kedalaman dan elevasi tanah, terutama karena ketersediaan bahan organik (Illig *et al.*, 2010). Ekosistem tanah yang terbentuk dengan pengaruh antropogenik namun memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dapat menjadi habitat yang baik bagi organisme tanah khususnya cacing dan collembola (Kolesnikova *et al.*, 2019).

Penelitian tentang hubungan antara pertumbuhan gulma Siam di berbagai kondisi bentuk lahan dengan keanekaragaman organisme tanah yang hidup di ekosistem rhizosfer gulma Siam belum pernah dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung informasi terkait sifat invasif gulma Siam di berbagai bentang alam. Oleh karena itu, penelitian

ini bertujuan untuk mengetahui: kondisi edafik pada ekosistem rhizosfer gulma Siam yang tumbuh di lahan vulkanik, pesisir, dan karst; hubungan keanekaragaman organisme tanah (collembola, nematoda, dan mikoriza) dengan kondisi edafik; dan perbedaan struktur komunitas organisme tanah (collembola, nematoda, dan mikoriza) pada ekosistem rhizosfer gulma Siam yang berbeda.

METODE

Eksplorasi lapangan dilakukan di lahan vulkanik, karst, dan pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1). Objek penelitian adalah organisme tanah, yaitu komunitas nematoda, collembola, dan VAM yang terdapat di ekosistem rhizosfer gulma Siam yang tumbuh di lahan vulkanik, karst, dan pesisir. Variabel penelitian ini adalah jenis lahan meliputi lahan vulkanik, karst, dan pesisir; sifat edafik tanah yang terdiri dari kandungan N, P, K, bahan organik, kelembaban, suhu, dan pH tanah; dan struktur komunitas nematoda, collembola, dan VAM.

Peralatan penelitian meliputi alat-alat yang digunakan untuk melakukan *sampling* tanah, ekstraksi dan isolasi nematoda dan VAM, pengukuran morfologi collembola, identifikasi nematoda (Mai & Lyon, 1975), mikroskop, dan optilab. Pengumpulan data dibagi menjadi beberapa tahap. *Pertama*,

Gambar 1

Lokasi Pengambilan Sampel: Titik 1 Lahan Vulkanik ($7^{\circ} 38'31.9$ "LS, $110^{\circ} 25'42.3$ " BT); Titik 2 Lahan Pesisir ($8^{\circ} 00'34.8$ "S, $110^{\circ} 17'58.0$ " E); Titik 3 lahan karst ($7^{\circ} 58'39.8$ "S, $110^{\circ} 22'34.4$ " BT)



memilih tanaman gulma siam. Dalam hal ini, gulma Siam yang dipilih memiliki tinggi sekitar 1 sampai 1,5 meter dan luas tajuk $\pm 1 \text{ m}^2$. *Kedua*, pengambilan sampel tanah. Pengambilan sampel tanah dari rhizosfer gulma Siam yang ter-*sampling*, dilakukan di 10 titik yang ditentukan secara reguler di setiap lokasi pengambilan sampel. Dilakukan pengambilan sampel tanah secara monolit pada areal di sekitar gulma Siam dengan luas $20 \times 20 \text{ cm}$, dengan gulma Siam sebagai titik pusatnya, dan kedalaman $\pm 20 \text{ cm}$ untuk sampel nematoda. Untuk *sampling* VAM, sampel tanah diambil dari titik diagonal sebanyak lima titik pada daerah rizosfer gulma Siam pada kedalaman $\pm 0-20 \text{ cm}$ (lapisan humus) diambil sebanyak $\pm 100 \text{ gram}$ pada areal perakaran, sedangkan untuk *sampling* collembola dengan membuat plot

berukuran $30 \times 30 \text{ cm}$ dengan gulma Siam sebagai titik pusatnya dan kedalaman $\pm 20 \text{ cm}$. Sampel tanah yang diambil kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label (Kesaulya *et al.*, 2015). *Ketiga*, isolasi spora VAM. Isolasi spora VAM dilakukan dengan metode penyaringan dan penuangan basah (Brundrett *et al.*, 1996). Pengamatan mikroskopis jaringan akar gulma Siam yang telah diwarnai dilakukan di bawah mikroskop untuk melihat adanya infeksi VAM.

Jumlah genus VAM yang ditemukan di tiga lahan berbeda dan persentase akar terinfeksi dianalisis secara deskriptif. Selain itu, hubungan antara faktor fisika dan kimia tanah dengan genus VAM di sekitar rizosfer gulma Siam juga dianalisis secara deskriptif.

Collembola dihitung berdasarkan jumlah masing-masing spesies dan indeks keanekaragaman didasarkan pada rumus Shannon-Wiener (Fachrul, 2008) untuk menentukan tingkat keragamannya di setiap lahan. Perbedaan kelimpahan dan keanekaragaman antarlahan dianalisis secara deskriptif. Demikian pula, hubungan antara faktor edafik dan struktur komunitas nematoda, VAM, dan collembola juga dilakukan secara deskriptif. Analisis signifikansi perbedaan persentase infeksi VAM pada akar rhizosfer gulma Siam di ketiga bentuk lahan dilakukan dengan uji Anova.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi edafik ekosistem rhizosfer gulma Siam dari tiga bentuk lahan disajikan pada Tabel 1.

Kondisi edafik merupakan faktor penting yang mempengaruhi keberadaan VAM, collembola, dan nematoda. Sebagai

contoh, kandungan hara yang rendah menyebabkan persentase infeksi VAM yang tinggi pada akar. Hal ini erat kaitannya dengan peran VAM dalam transfer hara. Infeksi VAM pada tanaman membantu meningkatkan penyerapan unsur hara terutama unsur P sehingga P tersedia bagi tanaman. Berkenaan dengan hal tersebut dapat dikatakan bahwa semakin rendah unsur P maka infeksi VAM pada tanaman semakin tinggi. Namun pada kondisi P mencukupi, akar tanaman dapat berperan sebagai organ penyerap hara sehingga tanaman mengakumulasi P dalam jumlah yang tinggi. P yang tinggi menghambat VAM secara langsung dengan menekan perkecambahan spora dan pertumbuhan hifa dari spora yang berkecambah (Masria, 2008). Oleh karena itu, lahan karst yang memiliki kandungan P_2O_5 lebih rendah dibandingkan lahan lainnya (Tabel 1), memiliki tingkat infeksi VAM tertinggi (Tabel 2). Berdasarkan uji

Tabel 1
Sifat Fisik dan Kimia Sampel Tanah di Ketiga Lahan

Parameter	Bentuk Lahan		
	Karst	Pesisir	Vulkanik
Total-N (%)	0.11	0.05	0.08
Potential P_2O_5 (mg/100g)	81	220	211
Potential K_2O (mg/100g)	15	6	12
Organic-C (%)	0.82	0.53	0.67
Soil pH	5.5	6.88	6.64
Soil humidity (%)	100	15.8	36
Soil temperature	28.8	30	24.8
Soil texture	Clay soil	Sandy soil	Clay-sand soil

Tabel 2
Persentase Infeksi VAM pada Akar Gulma Siam













Bentuk Lahan	Persentase Infeksi VAM pada Akar Gulma Siam Ulangan (%)					Rerata (%)	Kelas Infeksi
	1	2	3	4	5		
Karst	100	96	96	100	100	98,4	Sangat tinggi
Pesisir	84	88	92	80	80	84,8	Sangat tinggi
Vulkanik	32	40	96	56	84	61,6	Tinggi

beda dengan Anova diperoleh hasil bahwa angka sig. 0,012 (lebih kecil dari 0,05) sehingga perbedaan persentase infeksi VAM pada akar gulma Siam antara lahan karst, pesisir, dan vulkanik tersebut adalah

signifikan. Identifikasi spora VAM yang berhasil diisolasi dari rhizosfer gulma Siam disajikan pada Tabel 3.

Perbedaan sifat fisik dan kimia tanah dari ketiga jenis lahan menyebabkan

Tabel 3
Hasil Isolasi dan Identifikasi VAM yang Diperoleh dari Rhizosfer Gulma Siam di Tiga Lahan Berbeda

No	Tipe Spora Glomus dg Perbesaran 100x	Deskripsi	No	Tipe Spora Gigaspora dg Perbesaran 100x	Deskripsi
1		<i>Glomus</i> sp.1, globe-shaped, black, 95.5µm;	1		<i>Gigaspora</i> sp.1, globe-shaped, gray, 240.8 µm;
2		<i>Glomus</i> sp.2, globe-shaped, gray, 71.1µm	2		<i>Gigaspora</i> sp.2, globe-shaped, black, 279.5 µm
3		<i>Glomus</i> sp.3, globe-shaped, blackish-orange, 87.4µm;	3		<i>Gigaspora</i> sp.3, globe-shaped, yellow, 265.7 µm; Bulbous suspensor (pointed)
4		<i>Glomus</i> sp.4, globe-shaped, black, 74.9 µm. Subtending hyphae (pointed)	4		<i>Gigaspora</i> sp.4, globe-shaped, blackish-orange, 198.7 µm
5		<i>Glomus</i> sp.5, globe-shaped, yellowish, 84.1 µm	5		<i>Gigaspora</i> sp.5, globe-shaped, brownish-orange, 305.3 µm
6		<i>Glomus</i> sp.6, globe-shaped, hyalin-colored, 45.3µm			
7		<i>Glomus</i> sp.7, globe-shaped, brownish-black, 95.3µm			

perbedaan komposisi genus VAM yang ditemukan. Ditemukan enam spesies VAM di lahan karst yang mempunyai tekstur tanah liat, empat spesies berasal dari genus *Glomus* dan dua spesies adalah *Gigaspora*. Lahan pesisir memiliki 10 spesies VAM, lima di antaranya adalah *Glomus* dan sisanya adalah *Gigaspora*. Pada lahan vulkanik yang bertekstur tanah lempung berpasir ditemukan 10 jenis VAM, enam di antaranya adalah *Glomus* dan empat di antaranya adalah genus *Gigaspora*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kecilnya pori-pori tanah pada kawasan karst yang berdampak pada berkurangnya spora VAM. *Gigaspora* banyak ditemukan di pantai berpasir karena pasir memiliki pori-pori yang lebih besar dari jenis tanah lainnya sehingga cocok untuk pertumbuhan *Gigaspora* yang ukurannya relatif besar (Suamba *et al.*, 2014).

Tekstur tanah berkaitan dengan ukuran partikel dan pori tanah. Tekstur tanah yang semakin kasar menyebabkan pori-pori tanah semakin membesar sehingga semakin banyak lapisan udara yang terikat dalam butiran tanah. Ini merupakan bukti bahwa cekaman hidrologi merupakan faktor pembatas bagi keanekaragaman komunitas bakteri dari organisme tanah lainnya. Keanekaragaman bakteri dan organisme tanah akan mempengaruhi proses penguraian bahan organik dalam tanah, sedangkan aktivitas biokimia komunitas

organisme tanah akan mempengaruhi pH tanah (Chau *et al.*, 2011).

Penelitian pada tanah lempung berlempung dengan kisaran pH 8,3 sampai 4,0; penurunan pH; penurunan pertumbuhan bakteri lima kali lipat tetapi pertumbuhan jamur meningkat lima kali lipat; dan penurunan mineralisasi karbon total; sedangkan pH <4,5 kerja mikroba terhambat akibat pelepasan aluminium bebas dan penurunan produktivitas tanaman (Rousk *et al.*, 2009). Pengaruh pH tanah terhadap organisme tanah sangat dipengaruhi oleh perbedaan jenis tanah, tutupan vegetasi dan kondisi iklim setempat. Berdasarkan Tabel 1, kawasan karst memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan kawasan vulkanik dan pesisir. Hal tersebut tidak akan berdampak negatif pada kelimpahan nematoda, karena menurut (Ravinndra *et al.*, 2017) nematoda memiliki rentang toleransi pH yang cukup besar; bahkan banyak spesies yang dapat bertahan hidup pada pH 3,5. Larva nematoda bahkan tahan terhadap kondisi kering.

Hasil pengamatan (Tabel 4) menunjukkan bahwa terdapat 55 marga dari 33 famili nematoda. Struktur komunitas nematoda di kawasan karst jelas didominasi oleh genus tertentu yang dapat dilihat dari hasil perhitungan Indeks Diversitasnya (Gambar 2). Indeks Diversitas (H') dari ketiga lokasi menunjukkan tingkat keanekaragaman nematoda sedang ($1,5 \leq H' \leq 3,5$). Namun

Indeks Keanekaragaman di kawasan karst ($H' = 1,82$) lebih rendah dibandingkan di pesisir ($H' = 2,91$) dan di kawasan vulkanik ($H' = 3,06$).

Tekstur tanah menentukan distribusi pori dan kelembaban. Nematoda bergerak di antara pori-pori dengan diameter 20-30 μm atau lebih besar. Tekstur tanah menunjukkan

Tabel 4
Keberlimpahan Relatif (KR) Nematoda yang Diisolasi dari Sampel Tanah Rhizosfer Gulma Siam

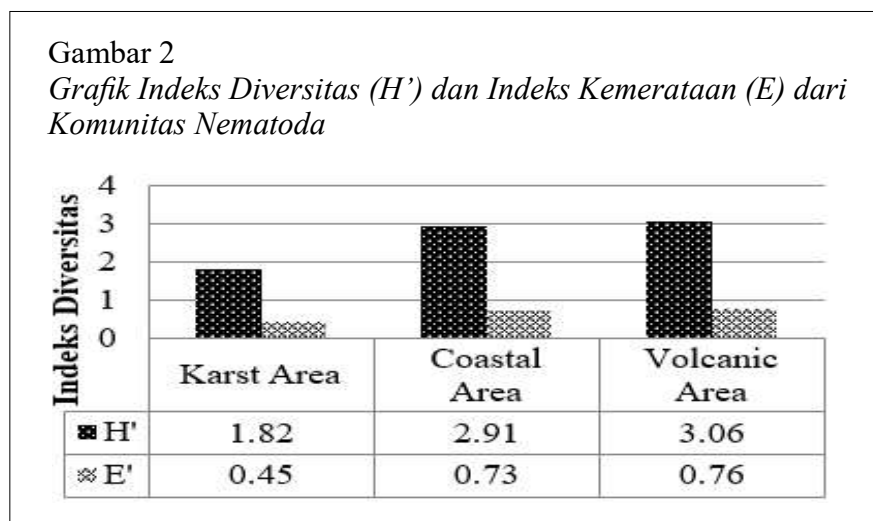
No	Familia	Genus	Karst		Pesisir		Vulkanik	
			Σ Rerata (Individu/100cc tanah)	KR (%)	Σ Rerata (Individu/100cc tanah)	KR (%)	Σ Rerata (Individu/100cc tanah)	KR (%)
1	Alaimidae	<i>Alaimus</i>	1,2	0,77	0	0,00	0,6	0,29
2	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i>	0	0,00	1,2	0,85	0	0,00
		<i>Nothotylenchus</i> sp1	11	7,06	27,6	19,60	15,2	7,31
		<i>Nothotylenchus</i> sp2	0	0,00	3	2,13	0,6	0,29
3	Aphelenchoididae	<i>Aphelen1</i>	0,2	0,13	1,2	0,85	1,4	0,67
4	Cephalobidae	<i>Acrobeles</i>	0	0,00	0,4	0,28	0	0,00
		<i>Cephalobus</i>	0,2	0,13	0	0,00	0,2	0,10
		<i>Chiloplacus</i>	0	0,00	6,6	4,69	3,6	1,73
		<i>Eucephalobus</i>	0	0,00	1,2	0,85	3,2	1,54
		Cepha 1	0	0,00	0	0,00	0,4	0,19
		Cepha 2	1,2	0,77	9	6,39	3,8	1,83
5	Criconeematidae	<i>Mesocriconema</i>	0	0,00	0	0,00	6	2,88
6	Diplogasteridae	<i>Pristionchus</i>	0	0,00	0	0,00	0,6	0,29
7	Dorylaimidae	<i>Eudorylaimus</i>	0	0,00	0,4	0,28	0,2	0,10
		<i>Labronema</i>	12,4	7,96	0,8	0,57	8,4	4,04
		<i>Mesodorylaimus</i>	0	0,00	0,6	0,43	1,8	0,87
		<i>Prodorylaimus</i>	14,8	9,50	3,8	2,70	14	6,73
8	Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus</i> sp1	11	7,06	0	0,00	1,4	0,67
		<i>Helicotylenchus</i> sp2	0,2	0,13	0,2	0,14	0,6	0,29
		<i>Hoplolaimus</i>	0	0,00	4,6	3,27	1	0,48
9	Longidoridae	<i>Longi 1</i>	2,4	1,54	0,4	0,28	2	0,96
10	Mononchidae	<i>Mylonchulus</i>	4,8	3,08	0	0,00	10,8	5,19
11	Nygolaimidae	<i>Nygolaimus</i> sp1	2,4	1,54	3,8	2,70	15,8	7,60
		<i>Nygolaimus</i> sp2	2	1,28	0	0,00	0,4	0,19
		<i>Nygolaimus</i> sp3	1,2	0,77	0	0,00	0	0,00
		<i>Nygolaimus</i> sp4	0	0,00	0	0,00	23,4	11,25
		<i>Nygolaimus</i> sp5	0	0,00	0,2	0,14	0	0,00
12	Plectidae	<i>Wilsonema</i>	0	0,00	4	2,84	0	0,00
13	Panagrolaimidae	<i>Panagrolaimus</i> sp1	0,8	0,51	14,2	10,09	9,4	4,52
		<i>Panagrolaimus</i> sp2	0	0,00	0,4	0,28	1,6	0,77
14	Pratylenchidae	<i>Pratylenchus</i> sp1	3,6	2,31	0	0,00	2,8	1,35
		<i>Pratylenchus</i> sp2	82,4	52,89	2,2	1,56	15,6	7,50
15	Prismatolaimidae	<i>Prisma 1</i>	0,6	0,39	0,6	0,43	0	0,00

Lanjutan Tabel 4

Keberlimpahan Relatif (KR) Nematoda yang Diisolasi dari Sampel Tanah Rhizosfer Gulma Siam

No	Familia	Genus	Karst		Pesisir		Vulkanik	
			Σ Rerata (Individu/100cc tanah)	KR (%)	Σ Rerata (Individu/100cc tanah)	KR (%)	Σ Rerata (Individu/100cc tanah)	KR (%)
16	Rhabditidae	<i>Rhabditis</i> sp1	0	0,00	0,4	0,28	0	0,00
		<i>Rhabditis</i> sp2	0	0,00	0,4	0,28	0	0,00
17	Rhabdolaimidae	<i>Monochromadora</i> sp1	0	0,00	0,6	0,43	6,6	3,17
		<i>Monochromadora</i> sp2	0,4	0,26	1	0,71	0	0,00
		<i>Rhabdolaimus</i>	0	0,00	10,2	7,24	24,2	11,63
18	Seinuridae	<i>Seimura</i>	0	0,00	0,2	0,14	0,4	0,19
19	Tylenchidae	<i>Tylencholaimus</i>	0	0,00	8,4	5,97	0	0,00
		Tylen 1	0	0,00	1,4	0,99	0,6	0,29
20	Tylenchorhynchidae	<i>Tylenchorhynchus</i>	1,2	0,77	0	0,00	10,8	5,19
21	Nematode	N1	0,2	0,13	0,4	0,28	0,4	0,19
		N2	0,2	0,13	0	0,00	3,2	1,54
		N3	0,8	0,51	4,8	3,41	0,2	0,10
		N4	0,2	0,13	0	0,00	0,6	0,29
		N5	0,2	0,13	0	0,00	0,4	0,19
		N6	0,2	0,13	0,4	0,28	0,2	0,10
		N7	0	0,00	0	0,00	1,6	0,77
		N8	0	0,00	0	0,00	0	0,00
		N9	0	0,00	4	2,84	8	3,85
		N10	0	0,00	13,8	9,80	0	0,00
		N11	0	0,00	0,6	0,43	0	0,00
		N12	0	0,00	5	3,55	0,8	0,38
		N13	0	0,00	2,8	1,99	5,2	2,50
<i>Total</i>			155,8	100,00	140,8	100,00	208	100,00

Keterangan: Nematoda (N): Nematoda yang tidak teridentifikasi berdasarkan karakter morfologi.



bahwa lahan karst mengandung 34% pasir, 18% debu, dan 48% lempung. Lahan pesisir mengandung 98% pasir, 1% debu, dan 1% tanah liat. Lahan vulkanik mengandung 78% pasir, 14% debu, dan 8% tanah liat (Tabel 1). Dropkin (1992) menjelaskan bahwa partikel dengan diameter kurang lebih 2 μm dapat membentuk lempung. Debu tersusun dari partikel dengan diameter 2-50 μm sedangkan pasir mengandung partikel dengan diameter berkisar antara 50 hingga 2000 μm . Perbedaan komposisi tanah akan berpengaruh pada ketersediaan pori. Meskipun nematoda hanya bergerak beberapa sentimeter dari satu tempat ke tempat lain, mereka dapat tetap hidup selama mereka dapat bergerak di tanah dan air. Hal ini memungkinkan terjadinya perbedaan keanekaragaman karena pori-pori tanah memberikan akses mobilitas bagi nematoda. Tekstur tanah juga berkaitan erat dengan sebaran ukuran pori tanah dan perilaku air tanah.

Berdasarkan hasil analisis, perbedaan indeks keanekaragaman nematoda pada ketiga jenis tanah tersebut dipengaruhi oleh tekstur tanah. Ketika nematoda mampu bergerak lebih leluasa, kemungkinan mendapatkan makanan untuk bertahan hidup juga semakin tinggi. Selain itu, pori-pori tanah juga memudahkan pergerakan air, dan nematoda mudah didistribusikan oleh aliran air.

Faktor lingkungan juga menentukan struktur komunitas Collembola. Keaneka-

ragaman Collembola menunjukkan tingkat toleransi terhadap lingkungan (Husamah *et al.* 2016). Tingginya keanekaragaman Collembola di lahan pesisir (Tabel 5) diduga karena adanya vegetasi yang banyak menghasilkan sampah organik. Leinaas *et al.* (2015) menjelaskan bahwa keaktifan Collembola sangat ditentukan oleh banyaknya vegetasi yang banyak menghasilkan sampah organik karena merupakan sumber nutrisi bagi Collembola. Hal ini terkait dengan peran Collembola sebagai pengurai sampah organik.

Lahan karst mempunyai kandungan N dan C organik tertinggi (Tabel 1). Kandungan N dan C organik tanah sangat mempengaruhi keberadaan Collembola, karena berperan aktif dalam mengontrol rasio C/N di dalam tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Liu *et al.* (2019) yang menemukan bahwa Collembola merupakan organisme tanah dominan yang berperan dalam pelepasan karbon dari proses dekomposisi serasah, yang perannya semakin berkurang dengan bertambahnya ketinggian. Tingginya keragaman organisme tanah akan mempercepat dekomposisi serasah.

Pada penelitian ini nilai C/N di lahan vulkanik, pesisir, dan karst masing-masing adalah 8,37; 10,6; dan 7,45. Nilai indeks diversitas Collembola tertinggi terdapat di wilayah pesisir, diikuti oleh wilayah vulkanik dan karst. Dengan demikian,

Tabel 5
Komposisi Genus Collembola yang Diisolasi dari Rhizosfer Gulma Siam di Ketiga Bentuk Lahan

No	Ordo	Familia	Genus	Keberlimpahan (Individu)			
				Lahan Vulkanik	Lahan Pesisir	Lahan Karst	
1	Poduromorpha	Hypogastruridae	Xenylla	0	24	0	
			Neanuridae	Anura	0	2	0
				Pseudachorutes	0	1	0
				Gnatholonche	0	0	1
				Blaseonura	5	0	0
2	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotomiella	5	0	0	
			Entomobryidae	Acrocyrtus	2	4	4
		Lepidocyrtus		3	10	12	
		Pseudosinella		0	2	0	
		Entomobrya		0	16	0	
		Paronellidae		Callyntrura	0	35	9
				Salina	12	62	6
		3	Symphypleona	Sminthuridae	Cyphoderopsis	0	10
Sphyrotheca	0				1	0	
Total				27	167	32	
Indeks Diversitas (H')				1,42	1,79	1,41	

kawasan dengan rasio C/N tertinggi juga memiliki indeks diversitas tertinggi atau Collembola paling beragam.

Ke *et al.* (2004) mengungkapkan bahwa pH yang rendah mempengaruhi perkembangan, reproduksi, pertumbuhan, dan kelangsungan hidup Collembola. Tanah asam bisa berbahaya bagi komunitas Collembola. Artinya, rendahnya keragaman collembola di kawasan karst dipengaruhi oleh tingkat keasaman pH kawasan tersebut. Seperti disajikan pada Tabel 1, daerah pesisir cenderung memiliki tingkat pH netral, sedangkan daerah karst lebih asam (5,56). Hal ini menunjukkan bahwa eksudat yang

dihasilkan oleh gulma Siam pada lingkungan yang berbeda mempengaruhi tingkat pH lingkungan (rhizosfer). Eksudat menarik Collembola untuk mendapatkan nutrisi, sedangkan Collembola mendegradasi bahan organik dan memberikan nutrisi dalam tanah. Kondisi asam juga dipengaruhi oleh nitrogen. akar melepaskan asam-asam organik yang akan menjadi sumber makanan bagi mikroorganisme dan organisme tanah yang lain. Rhizosfer merupakan area mikroorganisme tanah terpenting yang menentukan dinamika dan siklus karbon serta nutrient lain dan air di ekosistem tanah, yang dapat dilihat

dari parameter kandungan C, nutrient, pH, aktivitas enzim, dan mikroorganisme tanah. Proses ini memungkinkan rhizosfer menjadi lingkungan paling dinamis di dalam tanah (Adeleke *et al.*, 2017).

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah pada rhizosfer gulma Siam yang tumbuh di lahan karst menunjukkan tingkat kesuburan tertinggi yang ditunjukkan oleh kandungan N, K, dan C-organik tanah, sedangkan tanah pesisir memiliki kandungan P tertinggi. Tekstur tanah pada rizosfer gulma Siam lebih berpengaruh terhadap keanekaragaman organisme tanah dibandingkan kandungan hara tanah dan sifat tanah lainnya yang diteliti. Keragaman organisme tanah rizosfer gulma Siam lebih besar di daerah pesisir dibandingkan di lahan karst dan vulkanik. Implikasi dari hasil tersebut adalah bahwa tanah dengan tekstur berpasir akan lebih bermanfaat bagi pertumbuhan gulma Siam dengan keanekaragaman organisme rhizosfer yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Adeleke, R., Nwangburuka, C., & Oboirien, B. (2017). Origins, roles and fate of organic acids in soils: A review. *South African Journal of Botany*, 108, 393-406. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.002>.

Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., & Malajczuk, N. (1996). Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Dalam *Australian*

Centre for International Agricultural Research, 32. <https://www.aciar.gov.au/publication/working-mycorrhizas-forestry-and-agriculture>.

- Buendia, L., Wang, T., Girardin, A., & Lefebvre, B. (2016). The LysM receptor-like kinase SLYK10 regulates the arbuscular mycorrhizal symbiosis in tomato. *New Phytologist*, 210(1), 184-195. <https://doi.org/10.1111/nph.13753>.
- Castoldi, G., dos Reis, J. G., Pivetta, L. A., & Rosolem, C. A. (2013). Dinâmica do nitrogênio no solo após a dessecação de brachiarias. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 37(6), 1620-1627. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600018>.
- Chau, J. F., Bagtzoglou, A. C., & Willig, M. R. (2011). The effect of SOil texture on richness and diversity of bacterial communities. *Environmental Forensics*, 12, 333-341. <https://doi.org/10.1080/15275922.2011.622348>.
- Dropkin, V. H. (1992). *Pengantar nematologi tumbuhan*. (Supratoyo, Terj.). Mada University Press.
- Fachrul, M. F. (2008). *Metode sampling bioteknologi*. Bumi Aksara.
- Flores-Gallegos, A. C., & Nava-Reyna, E. (2018). Plant growth-promoting microbial enzymes. *Enzymes in food biotechnology: Production, applications, and future prospects*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00030-X>.
- Gebremikael, M. T., Steel, H., Bert, W., Maenhout, P., Sleutel, S., & De Neve, S. (2015). Quantifying the contribution of entire free-living nematode communities to carbon mineralization under contrasting C and N availability. *PLoS ONE*, 10(9), 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136244>
- Graf, M., Bönn, M., Feldhahn, L., Kurth, F., Grams, T. E. E., Herrmann, S.,

- Tarkka, M., Buscot, F., & Scheu, S. (2019). Collembola interact with mycorrhizal fungi in modifying oak morphology, C and N incorporation and transcriptomics. *Royal Society Open Science*, 6(3). <https://doi.org/10.1098/rsos.181869>.
- Gregory, P. J. (2006). Roots, rhizosphere and soil: The route to a better understanding of soil science? *European Journal of Soil Science*, February(57), 2-12. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.00778.x>.
- Guerra, C. A., Heintz-Buschart, A., Sikorski, J., Chatzinotas, A., Guerrero-Ramírez, N., Cesarz, S., Beaumelle, L., Rillig, M. C., Maestre, F. T., Delgado-Baquerizo, M., Buscot, F., Overmann, J., Patoine, G., Phillips, H. R. P., Winter, M., Wubet, T., Küsel, K., Bardgett, R. D., Cameron, E. K., ... Eisenhauer, N. (2020). Blind spots in global soil biodiversity and ecosystem function research. *Nature Communications*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17688-2>.
- Husamah, H., Rohman, F., & Sutomo, H. (2016). Struktur komunitas collembola pada tiga tipe habitat sepanjang daerah aliran sungai Brantas Hulu Kota Batu. *Bioedukasi*, 9(1), 45-50. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v9i1.3886>.
- Husna, Budi, S. W., Mansur, I., & Kusmana, D. C. (2015). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the growth habitat of Kayu Kuku (*Pericopsis mooniana* Thw.) in Southeast Sulawesi. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 18(1), 1-10. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2015.1.10>.
- Illig, J., Norton, R. A., Scheu, S., & Maraun, M. (2010). Density and community structure of soil- and bark-dwelling microarthropods along an altitudinal gradient in a tropical montane rainforest. *Experimental and Applied Acarology*, 52(1), 49-62. <https://doi.org/10.1007/s10493-010-9348-x>.
- Irshad, U., & Yergeau, E. (2018). Bacterial subspecies variation and nematode grazing change P dynamics in the wheat rhizosphere. *Frontiers in Microbiology*, 9(SEP), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01990>.
- Kanfra, X., Liu, B., Beerhues, L., Sørensen, S. J., & Heuer, H. (2018). Free-living nematodes together with associated microbes play an essential role in apple replant disease. *Frontiers in Plant Science*, 9(November), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01666>.
- Kartika, E., Duaja, M. D., & Gusniwati. (2019). Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi from Liberica Tungkal Jambi Coffee plant rhizosphere on peatland. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 391(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/391/1/012058>.
- Ke, X., Yang, Y., Yin, W., & Xue, L. (2004). Effects of low pH environment on the collembolan *Onychiurus yaodai*. *Pedobiologia*, 48, 545-550. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.07.001>.
- Kesaulya, H., Baharuddin, Zakaria, B., & Syaiful, S. A. (2015). Isolation and Physiological Characterization of PGPR from Potato Plant Rhizosphere in Medium Land of Buru Island. *Procedia Food Science*, 3, 190–199. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.021>.
- Kolesnikova, A. A., Baturina, M. A., Shadrin, D. M., Konakova, T. N., & Taskaeva, A. A. (2019). New records of lumbricidae and collembola in anthropogenic soils of east European tundra. *ZooKeys*, 2019(885), 15-25. <https://doi.org/10.3897/zookeys.885.37279>.
- Lehmann, A., Zheng, W., & Rillig, M. C. (2017). Soil biota contributions to soil

- aggregation. *Nat Ecol Evol.*, 1(12), 1828-1835. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0344-y>.Soil.
- Leinaas, H. P., Bengtsson, J., Janion-Scheepers, C., & Chown, S. L. (2015). Indirect effects of habitat disturbance on invasion: Nutritious litter from a grazing resistant plant favors alien over native Collembola. *Ecology and Evolution*, 5(16), 3462-3471. <https://doi.org/10.1002/ece3.1483>.
- Liu, W., Zhang, J., Norris, S. L., & Murray, P. J. (2016). Impact of grassland reseeding, herbicide spraying and ploughing on diversity and abundance of soil arthropods. *Frontiers in Plant Science*, 7(AUG2016), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01200>
- Liu, Y., Wang, L., He, R., Chen, Y., Xu, Z., Tan, B., Zhang, L., Xiao, J., Zhu, P., Chen, L., Guo, L., & Zhang, J. (2019). Higher soil fauna abundance accelerates litter carbon release across an alpine forest-tundra ecotone. *Scientific Reports*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47072-0>.
- Mai, W. F., & Lyon, H. H. (1975). *Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes* (4th ed.). Cornell University Press.
- Maillet, F., Poinso, V., André, O., Puech-Pagés, V., Haouy, A., Gueunier, M., Cromer, L., Giraudet, D., Formey, D., Niebel, A., Martinez, E. A., Driguez, H., Bécard, G., & Dénarié, J. (2011). Fungal lipochitooligosaccharide symbiotic signals in arbuscular mycorrhiza. *Nature*, 469(7328), 58-64. <https://doi.org/10.1038/nature09622>.
- Marizal, S., Muzakir, & Syariyah, A. (2017). The diversity of Arbuscular Mycorrhiza Fungus (AMF) indigenous in peanuts (*Arachis Hypogaea* L) rhizosphere under different elevation. *Journal of Tropical Soils*, 21(2), 109-114. <https://doi.org/10.5400/jts.2016.v21i2.109-114>.
- Masria. (2008). Peranan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) untuk meningkatkan resistensi tanaman terhadap cekaman kekeringan dan ketersediaan P pada lahan kering. *Partner*, 15(1), 48-56. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35726/jp.v15i1.110>.
- Miyata, K., Kozaki, T., Kouzai, Y., Ozawa, K., Ishii, K., Asamizu, E., Okabe, Y., Umehara, Y., Miyamoto, A., Kobae, Y., Akiyama, K., Kaku, H., Nishizawa, Y., Shibuya, N., & Nakagawa, T. (2014). The bifunctional plant receptor, OsCERK1, regulates both chitin-triggered immunity and arbuscular mycorrhizal symbiosis in rice. *Plant and Cell Physiology*, 55(11), 1864-1872. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcu129>.
- Mougi, A., & Kondoh, M. (2012). Diversity of interaction types and ecological community stability. *Science*, 337(6092), 349-351. <https://doi.org/10.1126/science.1220529>.
- Nuzzo, A., De Martino, A., Di Meo, V., & Piccolo, A. (2018). Potential alteration of iron-humate complexes by plant root exudates and microbial siderophores. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40538-018-0132-1>.
- Rasmann, S., Ali, J. G., Helder, J., & van der Putten, W. H. (2012). Ecology and evolution of soil nematode chemotaxis. *Journal of Chemical Ecology*, 38(6), 615-628. <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0118-6>.
- Ravinndra, H., Sehgal, M., Narasimhamurthy, H. B., Jayalakshmi, K., & Khan, H. I. (2017). Rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) an emerging problem. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 6(8), 3143-3171. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.376>.
- Rousk, J., Brookes, P. C., & Baath, E. (2009). Contrasting Soil pH Effects on Fungal

- and Bacterial Growth Suggest Functional Redundancy in Carbon Mineralization. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(6), 1589-1596. <https://doi.org/10.1128/AEM.02775-8>
- Sarkar, U., Choudhary, B. K., & Sharma, B. K. (2014). Vascular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) spore diversity and density across the soil of degraded forest and rubber plantation in Tripura, India. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 14(10), 1080-1088. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2014.14.10.12432>.
- Schratzberger, M., Holterman, M., Van Oevelen, D., & Helder, J. (2019). A Worm's World: Ecological Flexibility Pays off for Free-Living Nematodes in Sediments and Soils. *BioScience*, 69(11), 867-876. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz086>.
- Suamba, I. W., Wirawan, I. G. P., & Adiartayasa, W. (2014). Isolasi dan identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) secara mikroskopis pada rizosfer tanaman jeruk (Citrus Sp.) di Desa Kerta, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 3(4), 201-208.
- Sun, X., Zhang, X., Zhang, S., Dai, G., Han, S., & Liang, W. (2013). Soil nematode responses to increases in nitrogen deposition and precipitation in a temperate forest. *PLoS ONE*, 8(12), 1-8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082468>.
- te Beest, M., Elschot, K., Olf, H., & Etienne, R. S. (2013). Invasion success in a marginal habitat: An experimental test of competitive ability and drought tolerance in chromolaena odorata. *PLoS ONE*, 8(8), e68274. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068274>.
- Treonis, A. M., Unangst, S. K., Kepler, R. M., Buyer, J. S., Cavigelli, M. A., Mirsky, S. B., & Maul, J. E. (2018). Characterization of soil nematode communities in three cropping systems through morphological and DNA metabarcoding approaches. *Scientific Reports*, 8(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20366-5>.
- Van den Hoogen, J., Geisen, S., Wall, D. H., Wardle, D. A., Traunspurger, W., de Goede, R. G. M., Adams, B. J., Ahmad, W., Ferris, H., Bardgett, R. D., Bonkowski, M., Campos-Herrera, R., Cares, J. E., Caruso, T., Caixeta, L. D. B., Chen, X., Costa, S. R., Creamer, R., e Castro, J. M. D. C., ... Crowther, T. W. (2020). A global database of soil nematode abundance and functional group composition. *Scientific Data*, 7(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0437-3>.
- Vanhée, B., & Devigne, C. (2018). Differences in collembola species assemblages (Arthropoda) between spoil tips and surrounding environments are dependent on vegetation development. *Scientific Reports*, 8(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36315-1>.
- Wardani, D. K., Darmanti, S., & Budihastuti, R. (2018). Allelochemical effect of *Ageratum conyzoides* L. leaf extract on Soybean [*Glycine max* (L.) Merr. cv Grobogan] growth. *Journal of Physics: Conference Series*, 1025(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1025/1/012044>.
- Zachariades, C., Day, M. D., Muniappan, R., & Reddy, G. V. P. (2009). *Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson (Asteraceae). Dalam R. Muniappan, G. V. Reddy, & A. Raman (Eds.), *Biological control of tropical weeds using arthropods*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511576348.008>.

POTENSI INFUSA DAUN NANGKA SEBAGAI OBAT KUMUR HERBAL***(THE POTENCY OF JACKFRUIT LEAF INFUSION AS A HERBAL MOUTHWASH)*****Christ Alfianus Tosubu, Nunung Sulistyani, dan Nur Khikmah**

Akademi Analis Kesehatan Manggala Yogyakarta

Jl. Bratajaya No. 25 Banguntapan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia - 55198

email: nunungsulistyani@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi daun nangka (*Artocarpus heterophyllus*) sebagai obat kumur herbal dengan melihat jumlah pertumbuhan koloni bakteri rongga mulut sebelum dan sesudah berkumur dengan infusa daun nangka. Daun nangka berwarna hijau muda yang diperoleh dari Babadan, Banguntapan, Bantul dibuat simplisia. Penentuan potensi dilakukan dengan menentukan perbedaan jumlah pertumbuhan koloni bakteri rongga mulut sebelum dan sesudah berkumur dengan infusa daun nangka. Uji potensi infusa daun nangka sebagai obat kumur dilakukan dengan menghitung perbedaan jumlah koloni bakteri rongga yang diperoleh dengan melakukan *swab* pada pangkal lidah sebelum dan sesudah berkumur. Perhitungan koloni bakteri dilakukan menggunakan metode hitung cawan (*total plate count*) pada media *plate count agar (PCA)*. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata jumlah koloni bakteri sebelum dan sesudah berkumur dengan infusa daun nangka yaitu $1,78 \times 10^7$ CFU/mL dan $7,71 \times 10^6$ CFU/mL. Perlakuan pemberian obat kumur infusa daun nangka secara signifikan mampu menurunkan jumlah koloni bakteri rongga mulut. Infusa daun nangka berpotensi sebagai alternatif obat kumur herbal.

Kata kunci: daun nangka, infusa, antibakteri, obat kumur herbal

Abstract

This study was conducted to examine the potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) leaves as a herbal mouthwash by identifying the growth of bacterial colonies in the oral cavity before and after gargling with jackfruit leaf infusion. The light green jackfruit leaves obtained from Babadan, Banguntapan, Bantul were made simplicia. The determination of potency was done by determining the difference in the number of bacterial colony growth in the oral cavity before and after gargling with jackfruit leaf infusion. The potential test of jackfruit leaf infusion as a mouthwash was carried out by calculating the difference in the number of cavity bacterial colonies obtained by swab at the base of the tongue before and after gargling. Bacterial colonies were counted using the total plate count method on plate count agar (PCA) media. The results showed that the average number of bacterial colonies before and after rinsing with jackfruit leaf infusion was 1.78×10^7 CFU/mL and 7.71×10^6 CFU/mL. The treatment of giving jackfruit leaf infusion mouthwash was significantly able to reduce the number of bacterial colonies in the oral cavity. Jackfruit leaf infusion has the potential as an alternative to herbal mouthwash.

Keywords: jackfruit leaf, infusion, antibacterial, herbal mouthwash

PENDAHULUAN

Obat kumur banyak digunakan oleh masyarakat sebagai salah satu cara untuk menjaga kesehatan gigi dan mulut. Gangguan kesehatan gigi dan mulut antara lain karies gigi, periodontal, dan kanker. Hasil riset kesehatan dasar pada tahun 2018 menunjukkan bahwa masalah kesehatan gigi di Indonesia meliputi gigi rusak/berlubang/sakit menempati proporsi terbesar (45,3%). Masalah kesehatan mulut mayoritas adalah gusi bengkak dan/atau keluar bisul abses (14%) (Kemenkes RI, 2019).

Gangguan kesehatan gigi dan mulut yang terjadi pada masyarakat dapat menyebabkan hilangnya tingkat kepercayaan diri dan menurunkan produktivitas kerja. Kemenkes RI (2019) menyatakan salah satu faktor resiko gangguan kesehatan gigi dan mulut yaitu kurangnya menjaga kesehatan gigi dan mulut. Perilaku yang buruk dalam menjaga kesehatan gigi dan mulut dapat meningkatkan perkembangan bakteri dalam mulut. Bakteri-bakteri rongga mulut yang berdampak secara langsung ataupun tidak langsung pada kesehatan rongga mulut antara lain *Streptococcus mutans*, *Streptococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Staphylococcus aureus*, dan *Enterobacter* (Parahitiyawa, *et al.* (2010).

Obat kumur dapat digunakan untuk mengurangi pertumbuhan bakteri dalam mulut. (Sinaredi *et al.*, 2014; Shin & Nam, 2018). Adanya senyawa antiseptik dan antiplak pada obat kumur dapat mencegah

terjadinya plak, karies gigi, gingivitis, dan bau mulut (Anyanwu *et al.*, 2011).

Obat kumur non herbal yang banyak beredar di pasaran banyak mengandung alkohol. Adanya kandungan alkohol pada obat kumur dapat menimbulkan efek samping bagi penggunaannya. Efek tersebut diantaranya adanya keluhan sensasi terbakar pada rongga mulut (Blanc & Baruzzi, 2007; Lemos-Junior & Villoria, 2008), menimbulkan nyeri pada mulut (Satpathy *et al.*, 2013) dan menyebabkan perubahan warna gigi (Moreira *et al.*, 2013).

Saat ini banyak diproduksi obat kumur berbahan dasar tanaman herbal. Penggunaan obat kumur herbal dapat mengurangi efek samping obat kumur nonherbal. Salah satu tanaman yang berpotensi digunakan sebagai obat kumur yaitu daun nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Hal tersebut kemungkinan dikarenakan adanya senyawa aktif yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.

Yusriana dkk. (2014) menyatakan infusa daun nangka memiliki daya hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Sunaryono (2005) menjelaskan bahwa daun nangka memiliki manfaat bagi kesehatan karena mengandung antibakteri antara lain flavonoid, tanin, dan saponin.

Secara empiris masyarakat di desa Buanasari Parigi Sulawesi Tengah menggunakan rebusan daun nangka sebagai alternatif pengobatan, namun belum dilaku-

kan pengujian secara ilmiah. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi daun nangka sebagai obat kumur herbal dengan melihat jumlah pertumbuhan koloni bakteri rongga mulut sebelum dan sesudah berkumur dengan infusa daun nangka.

METODE

Daun nangka berwarna hijau muda yang diperoleh dari Babadan, Banguntapan, Bantul dibuat simplisia. Infusa daun nangka dibuat dengan mengekstraksi simplisia dengan air pada suhu 90°C selama 15 menit. Filtrat yang diperoleh merupakan infusa daun nangka dengan konsentrasi 100%. Uji potensi infusa daun nangka sebagai obat kumur dilakukan dengan menghitung perbedaan jumlah koloni bakteri rongga mulut. Jumlah koloni bakteri dihitung menggunakan metode hitung cawan (*total plate count*) pada medium *plate count agar* (PCA) dan dinyatakan dalam satuan CFU/mL.

Responden yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 14 responden yang dibagi dalam 2 kelompok, yaitu kelompok berkumur dengan infusa daun nangka dan kelompok berkumur dengan obat kumur komersial (bahan aktif metil salisilat 0,6 mg/mL dan tiomol 0,64 mg/mL). Masing-masing kelompok responden berkumur sebanyak 20 mL selama 30 detik. Sebelum dilakukan uji potensi infusa daun nangka, responden diberikan penjelasan untuk tidak

mengonsumsi makanan dan minuman 1 jam sebelum berkumur.

Koloni bakteri rongga mulut diperoleh dengan melakukan *swab* pada pangkal lidah sebelum dan sesudah berkumur. Hasil *swab* pangkal lidah kemudian dimasukkan ke dalam tabung berisi 10 mL NaCl fisiologis sebagai suspensi uji. Selanjutnya, menyiapkan tabung pengenceran bertingkat yaitu 10¹, 10², 10³, 10⁴, 10⁵ yang masing-masing berisi 9 mL NaCl fisiologis. Pada tabung pengenceran 10¹ ditambahkan 1 mL (suspensi uji), kemudian dihomogenkan. Pada tabung pengenceran 10² ditambahkan 1 mL larutan dari tabung pengenceran sebelumnya, kemudian dihomogenkan. Hal yang sama dilakukan sampai tabung pengenceran 10⁵. Inokulasi 0,1 mL dari tabung pengenceran 10⁵ pada medium PCA secara *spread plate*; diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Pembacaan hasil dilakukan dengan mengamati dan menghitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh pada medium PCA.

Data yang diperoleh dianalisis dengan Uji normalitas Saphiro-Wilk dilakukan dengan taraf signifikansi >0,05. Selanjutnya untuk membandingkan perbedaan jumlah koloni sebelum dan sesudah pada kelompok perlakuan menggunakan uji *T* berpasangan dengan taraf signifikansi <0,05 dan uji *T* tidak berpasangan dengan taraf signifikansi <0,05 untuk membandingkan penurunan jumlah koloni antarkelompok perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan pertumbuhan koloni bakteri pada medium PCA dihitung dengan metode *total plate count* (TPC) pada pengenceran 10^5 . Pada masing-masing kelompok dilakukan perhitungan jumlah koloni sebelum dan sesudah berkumur. Hasil perhitungan rerata jumlah koloni bakteri pada masing-masing kelompok terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah koloni bakteri sebelum dan sesudah berkumur pada masing-masing kelompok. Uji *T* berpasangan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penurunan jumlah koloni bakteri pada masing-masing kelompok. Uji *T* dilakukan setelah diketahui normalitas data menggunakan uji normalitas Saphiro-Wilk. Hasil uji normalitas data pada masing-masing kelompok sebelum

dan sesudah berkumur terlihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa data pada masing-masing kelompok perlakuan memiliki distribusi normal dengan nilai signifikansi $>0,05$. Selanjutnya, dilakukan uji *T* berpasangan seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan bermakna pada masing-masing kelompok dengan nilai signifikansi $<0,05$. Berdasarkan uji statistik tersebut terdapat perbedaan penurunan jumlah koloni bakteri rongga mulut antara sebelum dan sesudah berkumur. Hal ini menunjukkan bahwa baik infusa daun nangka dan obat kumur komersial dapat menurunkan jumlah koloni bakteri rongga mulut.

Infusa daun nangka dalam menurunkan jumlah koloni bakteri rongga mulut menunjukkan adanya aktivitas antibakteri

Tabel 1
Rerata Jumlah Koloni Bakteri Rongga Mulut pada Kelompok Perlakuan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Berkumur

Kelompok Perlakuan	Jumlah Koloni Bakteri (CFU/mL)	
	Sebelum Berkumur	Sesudah Berkumur
Infusa Daun Nangka	$1,78 \times 10^7$ CFU/mL	$7,71 \times 10^6$ CFU/ mL
Obat Kumur Komersial	$1,19 \times 10^7$ CFU/ mL	$5,58 \times 10^6$ CFU/ mL

Tabel 2
Hasil Uji Normalitas Saphiro-Wilk pada Kelompok Perlakuan Sebelum dan Sesudah Perlakuan Berkumur

Kelompok Perlakuan	P value	
Infusa Daun Nangka	Jumlah Koloni Bakteri Sebelum Berkumur	0,521
	Jumlah Koloni Bakteri Sebelum Berkumur	0,259
Obat Kumur Komersial	Jumlah Koloni Bakteri Sebelum Berkumur	0,551
	Jumlah Koloni Bakteri Sebelum Berkumur	0,449

Tabel 3
 Hasil Uji *T* Berpasangan Antarkelompok Sebelum dan Sesudah Berkumur

Kelompok Perlakuan	Jumlah Koloni Bakteri		P value
	Sebelum Berkumur	Sesudah Berkumur	
Infusa Daun Nangka	1,78 x 10 ⁷ CFU/ mL	7,71 x 10 ⁶ CFU/ mL	0,000
Obat Kumur Komersial	1,19 x 10 ⁷ CFU/ mL	5,58 x 10 ⁶ CFU/ mL	0,001

pada infusa daun nangka. Ekstrak etanol daun nangka mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* (Kusumawati dkk., 2017) dan *Staphylococcus aureus* (Mambang & Rezi, 2018). Septama dan Panichayupakaranant (2018) menyatakan bahwa *Artocarpus heterophyllus* dapat menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*.

Kemampuan aktivitas antibakteri infusa daun nangka diduga karena adanya kandungan senyawa antibakteri pada infusa daun nangka. Daun nangka memiliki senyawa antibakteri, seperti flavonoid, tanin, dan saponin (Tjay & Rahardja, 2007).

Flavonoid mempunyai efek antivirus dan antibakteri dikarenakan gugus fenol yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara bereaksi dengan sel protein bakteri sehingga terjadi denaturasi atau kerusakan pada dinding sel bakteri yang menyebabkan lisis. Tanin mempunyai aktifitas antibakteri yang berhubungan dengan kemampuannya untuk mematikan sel mikroba dan enzim (Redha, 2010). Tanin juga mempunyai target pada polipeptida dinding sel sehingga pembentukan dinding

sel bakteri menjadi kurang sempurna. Hal ini menyebabkan sel bakteri menjadi lisis karena tekanan osmotik maupun fisik sehingga sel akan mati. Saponin sebagai antibakteri memiliki mekanisme dalam menurunkan tegangan permukaan sehingga mengakibatkan kebocoran sel dan sitoplasma keluar dari dalam sel (Sari & Sari, 2011).

Untuk membandingkan penggunaan infusa daun nangka dan obat kumur komersial pada penurunan jumlah koloni bakteri rongga mulut dilakukan uji perbandingan antarkelompok berdasarkan rerata penurunan jumlah koloni bakteri pada masing-masing kelompok menggunakan uji *T* tidak berpasangan. Sebelumnya dilakukan uji normalitas Saphiro-Wilk antarkelompok perlakuan (Tabel 4).

Tabel 4 menunjukkan bahwa data antarkelompok perlakuan memiliki distribusi normal dengan nilai signifikansi >0,05. Selanjutnya, dilakukan uji *T* tidak berpasangan seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan adanya perbedaan bermakna antar kelompok perlakuan dengan nilai signifikansi <0,05 yang ditandai dengan adanya penurunan jumlah koloni bakteri

Tabel 4
Hasil Uji Normalitas Saphiro-Wilk Antarkelompok Perlakuan

Kelompok Perlakuan	Penurunan Jumlah Koloni	P value
Infusa Daun Nangka	101 x 10 ⁴ CFU/mL	0,151
Obat Kumur Komersial	64 x 10 ⁴ CFU/ mL	0,9

Tabel 5
Hasil Uji T Tidak Berpasangan Antarkelompok Perlakuan

Kelompok Perlakuan	Rerata Penurunan Jumlah Koloni	P value
Infusa Daun Nangka	101 x 10 ⁴ CFU/ mL	0,025
Obat Kumur Komersial	64 x 10 ⁴ CFU/ mL	

rongga mulut lebih banyak pada penggunaan infusa daun nangka dibandingkan dengan obat kumur komersial. Hal ini diduga konsentrasi kecil senyawa aktif antibakteri infusa daun nangka mampu menghambat pertumbuhan bakteri.

Obat kumur komersial yang digunakan dalam penelitian ini mengandung bahan aktif metil salisilat 0,6 mg/mL dan tiomol 0,64 mg/mL sebagai antibakteri. Christian dkk. (2012) menunjukkan bahwa obat kumur yang mengandung metil salisilat tidak mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus* dan *Streptococcus* asal rongga mulut yang ditandai dengan tidak terbentuknya zona hambat di sekitar kertas cakram. Senyawa aktif Artocarpin *Artocarpus heterophyllus* menunjukkan aktivitas kuat dalam menghambat pertumbuhan *S. mutans* pada konsentrasi hambat minimal sebesar 1,95 µg/mL (Septama & Panichayupakaranant, 2018).

SIMPULAN

Perlakuan pemberian obat kumur infusa daun nangka konsentrasi 100% secara signifikan mampu menurunkan jumlah koloni bakteri rongga mulut. Infusa daun nangka berpotensi sebagai alternatif obat kumur herbal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anyanwu, O. C., Baugh, K. K., Bennett, S. B., Johnson, J. M., Madlock, R. L., Pollard, N. E., & Chikwem, J. O. (2011). Comparison of the antibacterial effectiveness of alcohol-containing and non-alcohol-containing mouthwashes. *J Sci*, 2, 7-12.
- Blanc, S. A. L. D., & Baruzzi, A. M. (2007). Mouthrinses containing alcohol and oral cancer: Revision of epidemiological studies. *Brazilian Oral Research*, 21(SPE), 16-22.
- Christian, V. B., Indrawati, R., & Sidarningsih. (2012). *Perbedaan daya hambat obat kumur ekstrak teh hijau dan metil salisilat terhadap pertumbuhan bakteri rongga mulut* (Thesis tidak diterbitkan). Universitas Airlangga, Surabaya.
- Kementerian Kesehatan RI [Kemenkes RI]. (2019). *Laporan nasional riset*

- kesehatan dasar 2018. Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Kesehatan RI [Kemenkes RI]. (2019). *InfoDatin: Kesehatan gigi nasional*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kusumawati, E., Apriliana, A., & Yulia, R. (2017). Kemampuan antibakteri ekstrak etanol daun nangka (*Artocarpus heterophyllus*) terhadap *Escherichia coli*. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(7), 327-332.
- Lemos-Júnior, C. A., & Villoria, G. E. M. (2008). Reviewed evidence about the safety of the daily use of alcohol-based mouthrinses. *Brazilian oral research*, 22, 24-31.
- Mambang, D. E. P., & Rezi, J. (2018). Efektivitas antibakteri ekstrak etanol daun nangka (*Artocarpus heterophyllus* L.) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Agroteknosains*, 2(1), 179-187.
- Moreira, A. D., Mattos, C. T., de Araújo, M. V. A., de Oliveira Ruellas, A. C., & Sant'Anna, E. F. (2013). Chromatic analysis of teeth exposed to different mouthrinses. *Journal of Dentistry*, 41, e24-e27.
- Parahitiyawa, N. B., Scully, C., Leung, W. K., Yam, W. C., Jin, L. J., & Samaranayake, L. P. (2010). Exploring the oral bacterial flora: Current status and future directions. *Oral Diseases*, 16, 136-145. doi:10.1111/j.1601-0825.2009.01607.x
- Redha, A. (2010). Flavonoid: Struktur, sifat antioksidatif dan peranannya dalam sistem biologis. *Jurnal Belian*, 9(2), 196-202. <http://repository.polnep.ac.id/xmlui/handle/123456789/144>.
- Sari, F. P., & Sari, S. M. (2011). *Ekstraksi zat aktif antimikroba dari tanaman yodium sebagai bahan baku alternatif antibiotik alami* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Satpathy, A., Ravindra, S., Porwal, A., Das, A. C., Kumar, M., & Mukhopadhyay, I. (2013). Effect of alcohol consumption status and alcohol concentration on oral pain induced by alcohol-containing mouthwash. *Journal of Oral Science*, 55(2), 99-105.
- Septama, A. W., & Panichayupakaranant, P. (2018). Artocarpin isolated from *Artocarpus heterophyllus* heartwoods alters membrane permeability of *Streptococcus mutans*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(06), 059-064. <http://www.japsonline.com>. DOI: 10.7324/JAPS.2018.8608.
- Shin A .R. & Nam, S. H. (2018). The effects of various mouthwashes on the oral environment change for oral health care. *Biomedical Research*, 29(8), 1724-1729. DOI: 10.4066/biomedicalresearch.29-18-534.
- Sinaredi, B. R., Pradopo, S., & Wibowo, T. B. (2014). Daya antibakteri obat kumur chlorhexidine, povidone iodine, fluoride suplementasi zinc terhadap, *Streptococcus mutans* dan *Porphyromonas gingivalis* (Antibacterial effect of mouth washes containing chlorhexidine, povidone iodine, fluoride plus zinc on Strep. *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*, 47(4), 211-214.
- Sunaryono. (2005). *Tumbuhan berguna Indonesia (Jilid II)*. Balai Litbang Kehutanan.
- Tjay, T. H., & Rahardja, K. (2007). *Obat-obat penting khasiat, penggunaan dan efek-efek sampingnya* (Edisi keenam). PT Eles Media Komputindo.
- Yusriana, C. S., Budi, C. S., & Dewi, T. (2014). Uji daya hambat infusa daun nangka (*Artocarpus heterophyllus*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Permata Indonesia*, 5(2), 1-7.

ANALISIS POTENSI ENERGI TERBARUKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI MANOKWARI SELATAN***(THE ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY POTENTIAL OF MICROHYDRO POWER PLANT IN SOUTH MANOKWARI)*****Elias K. Bawan¹, Antonius D. Palintin¹, dan Eric A. Patandianan²**¹Fakultas Teknik Universitas Papua²Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Universitas Papua

Jl. Gunung Salju Amban Manokwari, Papua Barat, Indonesia - 98314

email: e.bawan@unipa.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi energi listrik di kabupaten Manokwari Selatan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2019 di Kabupaten Manokwari Selatan pada tiga Distrik. Survei geologi dilakukan dengan pendekatan geologi regional Lembar Ransiki. Untuk analisis hidrologi dan kemiringan lereng dilakukan dengan menggunakan citra satelit, *Digital Elevation Model (DEM)* dan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) serta pengukuran di lapangan untuk penentuan debit lapangan. Kondisi hidrologi yang menjadi kajian meliputi potensi debit dan curah hujan. Perhitungan debit air pada DAS menggunakan metode FJ. Mock. Data evapotranspirasi potensial dihitung dengan menggunakan metode Penman Modifikasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa debit andalan pada sungai Susmorof mencapai 1500 L/dt masing-masing untuk kepentingan pengembangan sistem. Total potensi PLTMH di dua lokasi yang dikaji adalah sebesar 30,4 kW di sungai Bengko kampung Sihu dan 73,4 kW. Untuk pengembangan PLTMH di Kampung Susmorof hal ini penting untuk ditindaklanjuti pada tahapan studi kelayakan dan penyusunan perencanaan detail desain.

Kata kunci: pembangkit listrik tenaga mikrohidro, FJ Mock, metode Penman, Manokwari Selatan

Abstract

The purpose of this study was to analyze the potency of electrical energy in South Manokwari district. The research was conducted in July 2019 in South Manokwari Regency in three districts. The geological survey was carried out using the Ransiki Sheet regional geological approach. For hydrological and slope analysis, satellite imagery, Digital Elevation Model (DEM) and Indonesian Earth Map (RBI) and Geographic Information System (GIS) applications as well as measurements in the field were used to determine field discharge. The hydrological conditions under study include the potential for discharge and rainfall. Calculation of water discharge in the watershed uses the FJ Mock method. Potential evapotranspiration data were calculated using the Modified Penman method. This study shows that the mainstay discharge in the Susmorof river reaches 1500 L/s each for the purpose of system development. The total potential for MHP in the two locations studied are 30.4 kW in the Bengko river, Sihu village and 73.4 kW. For the development of MHP in Susmorof Village, this is important to be followed up at the stage of feasibility studies and preparation of detailed design planning.

Keyword: Micro hydro power plant, FJ Mock, Penman method, South Manokwari

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas 8,3 juta km², sekitar 77% merupakan permukaan air dan sebanyak 17.504 pulau. Sekitar 111 di antaranya berada di pulau terluar yang berbatasan langsung dengan negara-negara lain (Reinders, 2020).

Di daerah yang memiliki jumlah industri yang besar memiliki akses tenaga listrik yang sangat bagus termasuk di daerah Jawa dan beberapa daerah lainnya sedangkan di daerah lain termasuk bagian Timur Indonesia memiliki akses yang cukup rendah. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyatakan asumsi dasar makro sektor energi dan sumber daya mineral dalam rancangan RAPBN 2020 menyebutkan rasio elektrifikasi pada tahun 2020 mencapai 99,99% (Agustus 2019). Paparan ESDM hingga 2018 masih terdapat 1,7% wilayah yang belum teraliri listrik dan pada Juli 2019 mencapai 98,2% dan daerah yang terendah adalah Papua dan NTT. Jaringan listrik di Indonesia baru menjangkau 85% dari 82.190 desa. Sebanyak 2.519 desa bahkan belum merasakan layanan listrik sama sesungai, 2.376 di antaranya ada di pulau Papua. Sisanya belum mendapat layanan secara penuh dalam 24 jam menurut data ESDM (Kementerian ESDM, 2016).

Masyarakat yang tinggal di pulau-pulau kecil atau daerah pedesaan, di mana

jaringan distribusi tenaga listrik tidak ada atau secara teknis dan ekonomi sangat sulit untuk membangun jaringan transmisi dan distribusi tenaga listrik (Tan *et al.*, 2014). Membangun pembangkit tenaga listrik di daerah terpencil membutuhkan biaya yang besar dan kesulitan yang tinggi. Oleh karena itu, pada beberapa tahun sebelumnya, pembangkit listrik yang paling populer bagi daerah kepulauan dan pedesaan adalah generator disel, selain oleh karena instalasi yang sederhana tetapi juga biaya investasi awal yang rendah (Galvez, 2015).

Sistem kelistrikan di Provinsi Papua Barat masih terisolasi. Meskipun relatif kaya dengan sumber daya energi (baik fosil maupun nonfosil) yang dimanfaatkan untuk kelistrikan. Permintaan listrik terus meningkat namun tidak sebanding dengan kemampuan kapasitas pembangkit yang telah ada. Percepatan pembangunan pembangkit energi terbarukan segera dilaksanakan seperti air, angin dan tenaga matahari) untuk memenuhi permintaan secara total dan disisi lain meminimalkan kebiasaan mengandalkan listrik berbahan bakar minyak seperti PLTD (Oktaviani, 2016).

Potensi energi air di Papua Barat cukup besar, beberapa di antaranya adalah di Kabupaten Pegunungan Arfak antara lain Pasalli dan Rehiara (2014) telah melakukan studi perencanaan design PLTMH di sungai Hingk dengan potensi maksimal 25,2 kW

dengan *head* 8,6 meter dan debit air 0,3 m³/detik dan produksi energi listrik 17,32 kW. Potensi PLTMH beberapa sungai lainnya di pegunungan Arfak seperti sungai Indabri 26,4 kW, sungai Demaisi 22,1 kW, sungai Sururey 9,7 kW dan sungai Kopo 5,9 kW (Palintin, 2020). Potensi PLTMH di kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat sebesar 10 kW dengan debit 2 liter/detik memanfaatkan debit 0,65 m³/detik dengan faktor koreksi 0,75 oleh karena kondisi air sungai mengalir sepanjang tahun (Tobi & Van Harling, 2017).

Energi baru terbarukan (EBT) adalah sumber-sumber energi yang terus menerus dibaharui oleh alam dan berasal langsung dari matahari (seperti termal, foto-kimia, dan foto-listrik), secara tidak langsung dari matahari (seperti angin, tenaga air, dan energi fotosintesis yang tersimpan di biomassa), atau dari gerakan dan mekanisme

alami lingkungan lainnya seperti energi panas bumi (Ellabban *et al.*, 2014).

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi alternatif dan dapat dioptimalkan terutama di daerah yang belum mendapatkan akses jaringan distribusi tenaga listrik PLN seperti pedesaan, kepulauan dan pegunungan. Papua Barat memiliki potensi air yang cukup besar sehingga berpeluang untuk membangkitkan energi listrik dari tenaga air. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dengan kapasitas tidak lebih dari 100 kW yang bisa berasal dari saluran irigasi, sungai, atau terjun air alam dengan memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan debit air.

Kabupaten Manokwari Selatan merupakan salah daerah pemekaran secara administratif dari kabupaten Manokwari pada bulan November 2012 selain kabupaten Pegunungan Arfak. Kabupaten Manokwari

Tabel 1
Distribusi Penduduk menurut Distrik dan Luas Wilayah

No	Distrik	Luas Wilayah (Km ²)	Jumlah Penduduk (ribu)	Jumlah Rumah Tangga	Kepadatan Penduduk (jiwa/Km ²)	Jumlah Desa
1	Tahota	604,15	622	156	1,03	4
2	Dataran Isim	862,86	2.203	583	2,55	12
3	Neney	249,55	1.271	294	5,09	7
4	Momi Waren	456,18	2.687	610	5,89	7
5	Ransiki	273,24	10.184	2029	37,28	13
6	Oransbari	366,46	6.650	1492	18,15	14
	Jumlah	2812,44	23.617	5164	8,40	57

Selatan terdiri dari 6 distrik dan 57 desa dengan luas wilayah 2.812,44 km². Dilihat dari komposisi jumlah desa dan kelurahan, Distrik Oransbari memiliki jumlah desa terbanyak yaitu 14 desa sedangkan distrik Tahota yang paling sedikit yaitu 4 desa. Secara rinci, demografi Kabupaten Manokwari Selatan dapat dilihat pada Tabel 1. Penduduk Kabupaten Manokwari Selatan berdasarkan hasil proyeksi penduduk tahun 2019 sebanyak 24.220 jiwa yang terdiri atas 11.970 laki-laki dan 11.013 perempuan.

Kepadatan penduduk pada tahun 2018 mencapai 8,40% jiwa/Km². Kepadatan penduduk di empat distrik cukup beragam dengan kepadatan penduduk tertinggi terletak di Distrik Ransiki dengan kepadatan sebesar 37,28 jiwa/Km² dan terendah di Distrik Tahota sebesar 1,03 jiwa/Km² (BPS Kabupaten Manokwari, 2019)

Wilayah Kabupaten Manowkari Selatan yang berada di pegunungan dan dengan adanya sungai membuka peluang pengembangan pembangkit listrik tenaga air khususnya skala mikrohidro untuk memenuhi kebutuhan penduduk akan energi listrik. Di Manokwari Selatan terdapat enam sungai besar yang ada seperti pada Tabel 2. Akan tetapi, pemanfaatan potensinya seringsungai dibatasi oleh ketersediaan data karena terbatasnya studi dan penelitian terkait.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi energi listrik di kabupaten

Manokwari Selatan di empat kampung yaitu kampung Inyuara, Sihu, Skajo, dan Susmorof.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2019 di Kabupaten Manokwari Selatan pada tiga Distrik Dataran Isim Kampung Tahosta, Inyuara, Umousi, Duhuges, dan Tubes; Distrik Tahota Kampung Sihu; dan Distrik Kampung Susmorof. Penentuan lokasi penelitian ini didasarkan atas pertimbangan bahwa daerah tersebut belum dialiri oleh listrik dan diduga memiliki potensi sungai yang baik untuk PLTMH serta masukan dari pemerintah daerah dan PT. PLN Cabang Manokwari.

Survei geologi dilakukan dengan pendekatan geologi regional Lembar Ransiki (Pieters, 1990) dan Lembar Steenkol (Robinson, 1990). Untuk analisis hidrologi dan kemiringan lereng dilakukan dengan menggunakan citra satelit, Digital Elevation Model (DEM), Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), dan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) serta pengukuran di lapangan untuk penentuan debit lapangan yang nantinya akan menjadi perbandingan dengan hasil perhitungan debit andalan. Kondisi hidrologi yang menjadi kajian meliputi potensi debit dan curah hujan dimana termasuk di dalamnya terkait perubahan iklim (Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2009).

Perhitungan debit air pada DAS menggunakan metode FJ. Mock memerlukan data klimatologi dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG). Data evapotranspirasi potensial dihitung dengan menggunakan metode Penman Modifikasi (Pratama, 2016; Nugroho dkk., 2017).

Hasil perhitungan debit setiap bulan selama beberapa tahun kemudian disusun dan ditentukan tingkat keandalannya yang dipilih berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus *Weibull* dan membentuk kurva yang dinamakan *Flow Duration Curve (FDC)*.

$$P = \frac{i}{n + 1} \times 100\% \quad (1)$$

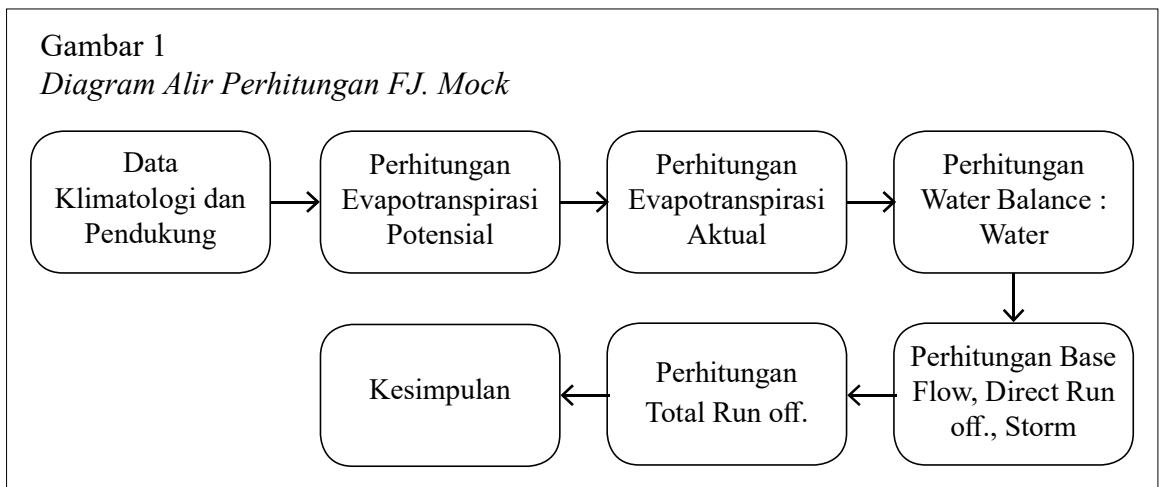
Dengan *i* adalah nomor urut debit dengan urutan kejadian dari besar ke kecil, *n* adalah jumlah data, dan *P* adalah probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%). Dalam kajian ini dipilih debit andalan dengan persentase 80%-96% (Kusumastuti dkk., 2016).

Untuk mendapatkan daya hidrolik (P_h) yang merupakan potensi sumber daya

energi air pada suatu wilayah, didapatkan dengan persamaan (2). Potensi hidrolik adalah potensi energi yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat gravitasi bumi. Potensi energi mikrohidro yang tersedia di alam adalah merupakan potensi hidrolik dalam bentuk energi potensial. Besarnya potensi hidrolik dipengaruhi oleh besarnya debit dan ketinggian/kemiringan suatu sungai atau *head* (Sogen, 2017).

$$P_h = Q \times H \times g \quad (2)$$

Potensi daya listrik (PLTMH) yang dapat dibangkitkan berdasarkan hasil perhitungan potensi hidrolik. Energi dalam bentuk potensial hidrolik tidak semuanya dikonversi menjadi tenaga listrik. Pada saat konversi dari energi potensial menjadi energi listrik sebagian energi akan hilang dalam bentuk *losses*. Selain hal tersebut, juga sangat dipengaruhi oleh besarnya efisiensi komponen seperti turbin dan generator yang digunakan pakai rumus (Nugroho dkk., 2017, p. 169). Nilai efisiensi yang digunakan



adalah 0,68. Kapasitas daya pembangkit (P_e) disajikan pada persamaan (3).

$$P_e = \eta_T \times \eta_G \times \eta_M \times P_h \quad (3)$$

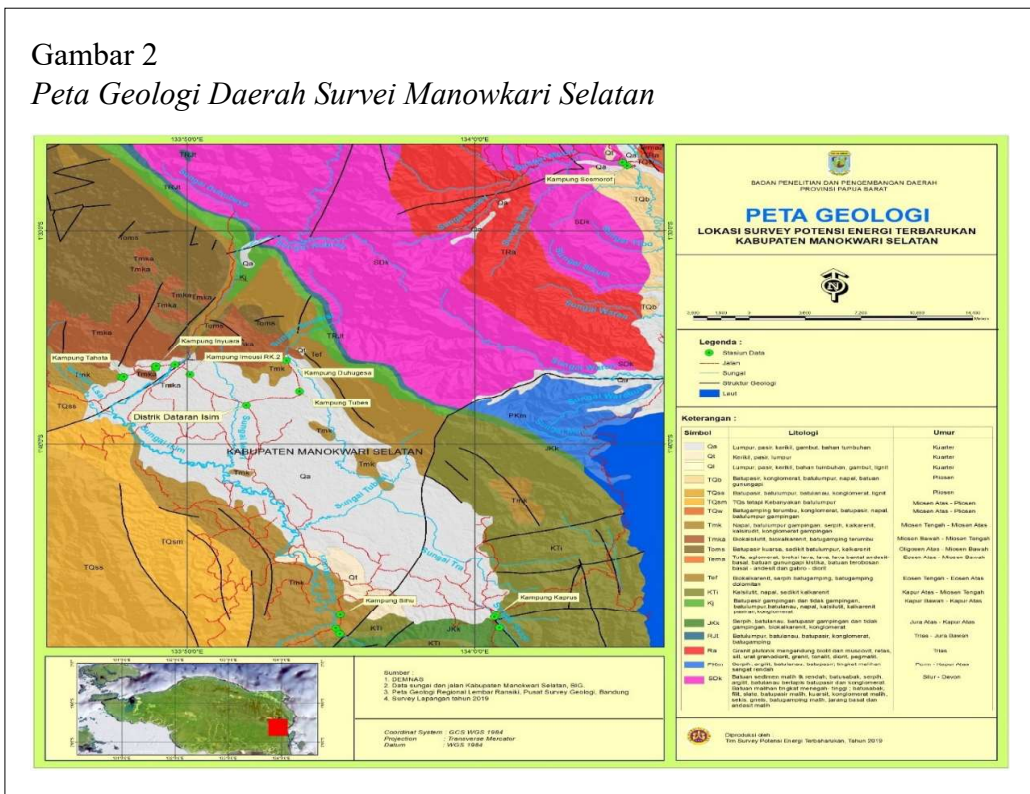
Dengan P_h adalah potensi hidrolik (kW), P_e adalah potensi daya listrik (kW), η_T adalah efisiensi turbin, η_G adalah efisiensi generator, η_M adalah efisiensi transmisi mekanik, g adalah gaya gravitasi ($9,8 \text{ m/dt}^2$), Q adalah debit andalan (m^3/dt) dan H adalah tinggi efektif (m).

HASIL DAN PEMBAHASAN

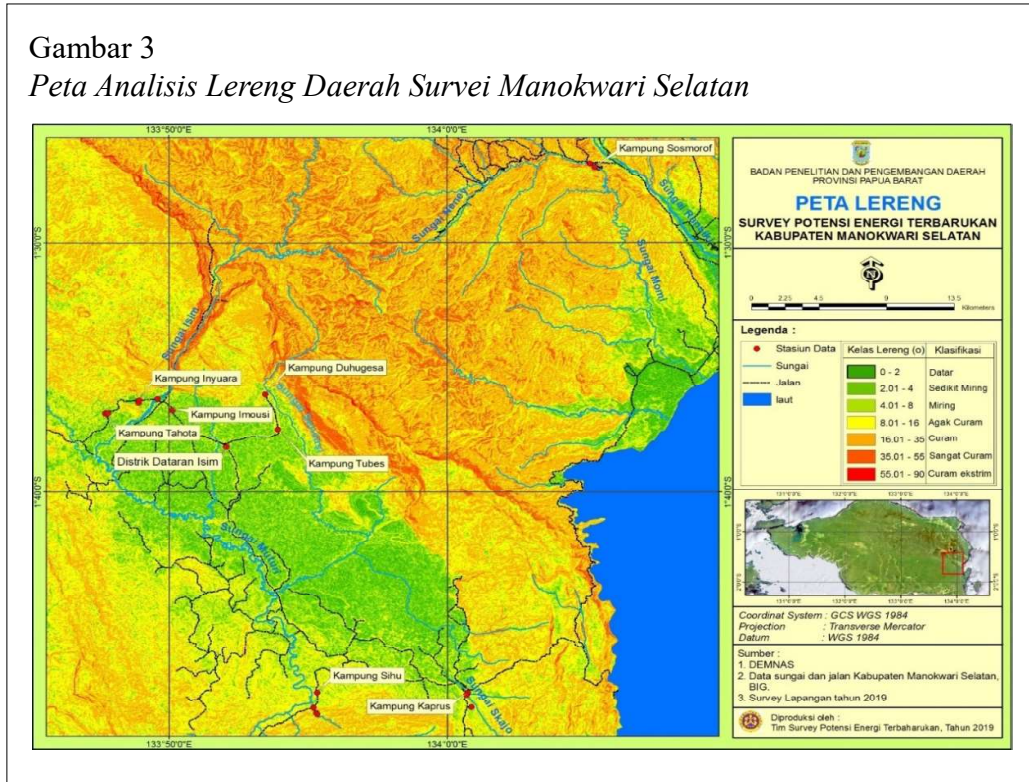
Daerah survei potensi energi terbarukan di Kabupaten Manokwari Selatan terdiri atas berbagai variasi litologi pada tiap formasi batuan. *Pertama*, Kampung Sosmorof terletak pada Formasi Kemum

(SDk) yang merupakan batuan sedimen malih tingkat rendah berupa batusabak, serpih, argilit, batulanau berlapis batupasir, dan konglomerat. Batuan malihan tingkat sedang – tinggi berupa batusabak, filit, slate, batupasir malih, kuarsit, konglomerat malih, sekis, gneis, batugamping malih, basal dan andesit malih. Sedangkan pada Sungai Sosmorof yang lokasi pengukuran berada pada Formasi Aluvium (Qa) merupakan pasir, kerikil, gambut dan bahan tumbuhan, juga melewati Formasi Kemum (SDk) dan Formasi Granit Anggi (Ra) berupa litologi Granit. *Kedua*, Distrik Dataran Isim terletak pada Formasi Aluvium (Qa) berupa bahan rombakan pasir, kerikil, gambut, dan bahan tumbuhan. *Ketiga*, Kampung Sihu terletak

Gambar 2
Peta Geologi Daerah Survei Manowkari Selatan



Gambar 3
Peta Analisis Lereng Daerah Survei Manokwari Selatan



pada Formasi Klasafet (Tmk) dengan litologi Napal, batu lumpur gampingan, serpih, kalkarenit, kalsirudit, dan konglomerat gampingan. Sungai Bengko yang terletak di Kampung Sihu juga melewati Formasi Kelompok klembangan (JKk) berupa litologi serpih, batulanau, batupasir gampingan, dan tidak gampingan, biokalkarenit dan konglomerat serta Formasi Batugamping Imskin (KTi) berupa litologi Kalsilitut, napal, dan kalkarenit. *Keempat*, Kampung Kaprus terdapat Sungai Skajo terletak pada Formasi Kelompok Kembelangan (JKk) dan Formasi Batugamping Imskin (KTi).

Morfologi Daerah Distrik Dataran Isim yang terdiri atas Kampung Tahosta, Inyuara, Umousi, Duhugesia, dan Tubes

masuk dalam satuan dataran dan daerah rata aluvium dan litoral dengan kemiringan lereng dalam klasifikasi Van Zuidam Tahun 1985 merupakan daerah dengan morfologi yang rata sampai sedikit miring dengan kemiringan lereng 2-4°. Kampung Sihu dan Kampung Kaprus masuk dalam satuan fisiografis Pegunungan Imskin-Kaputih dengan morfologi agak curam sampai curam dengan kemiringan lereng 8-35°. Sedangkan Kampung Sosmorof masuk dalam fisiografis Pegunungan Bagian tengah Kepala Burung dengan morfologi curam sampai sangat curam dengan kemiringan lereng 16-55°.

Di wilayah Kabupaten Manokwari Selatan terdapat 6 buah sungai yang cukup panjang. Sungai Momi merupakan sungai

yang terpanjang, yaitu 34 km sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Sungai-sungai di Kabupaten Manokwari Selatan umumnya membentuk pola aliran dendritik, serta tipe genetik konsekuen dan obsekuen. Sebagian besar anak sungai yang mengalir ke sungai utama berjenis sungai permanen atau mengalir sepanjang tahun yang menyuplai air ke sungai utama.

Adapun sungai-sungai yang disurvei di Kabupaten Manokwari Selatan yang berpotensi untuk PLTMH adalah Sungai Bengko dengan debit pengukuran sebesar 114,6 L/s dengan luas Daerah Aliran Sungai 4,17 Km², serta Sungai Sosmorof dengan

debit 4917,6 L/s dengan luas Daerah Aliran Sungai 123,88 Km².

Pengukuran debit air di Kabupaten Manokwari Selatan dilakukan di empat sungai, yaitu Sungai Bahames di Kampung Inyuara, Sungai Skajo di Kampung Kaprus, Sungai Bengko di Kampung Sihu dan Sungai Susmorof di Kampung Susmorof. Dokumentasi pengukuran dan hasil debit pengukuran lapangan ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 3.

Analisis debit andalan dilakukan dengan model F. J Mock yang memerlukan data suhu, kelembaban, curah hujan, penyinaran matahari, dan kecepatan angin.

Tabel 2
Nama Sungai di Kabupaten Manokwari Selatan

No	Nama Sungai	Panjang (Km)	Q (m ³ /s)	Lokasi/Distrik
1	Momi	34	NA	Ransiki
2	Ransiki	32	76,153	Ransiki
3	Waren	19	NA	Ransiki
4	Masabui	18	18,958	Oransbari
5	Warbiadi	16	NA	Oransbari
6	Muari	10	NA	Oransbari

Gambar 4

Pengukuran Debit Air di Sungai Susmorof (kiri) dan Sungai Bengko (kanan)



Tabel 3
 Hasil Pengukuran Debit Beberapa Lokasi di Kabupaten Manokwari Selatan

No	Sungai/Kampung	Titik Data	Lokasi		Debit (m3/det)	Potensi Head (m)
			Lintang	Bujur		
1	Baharmes/ Inyuara	Titik 1	-1.607333	133.815139	0,0052	2
		Titik 2	-1.607333	133.815222		
2	Bengko/Sihu	Titik 1	-1.813759	133.921307	0,1146	70
		Titik 2	-1.810722	133.919694		
3	Sosmorof/ Sosmorof	Titik 1	-1.446833	134.08575	4,9176	10
		Titik 2	-1.449388	134.0885		
4	Skajo/Kaprus	Titik 1	-1.805437	134.013617	0,001	13
		Titik 2	-1.80062	134.012234		

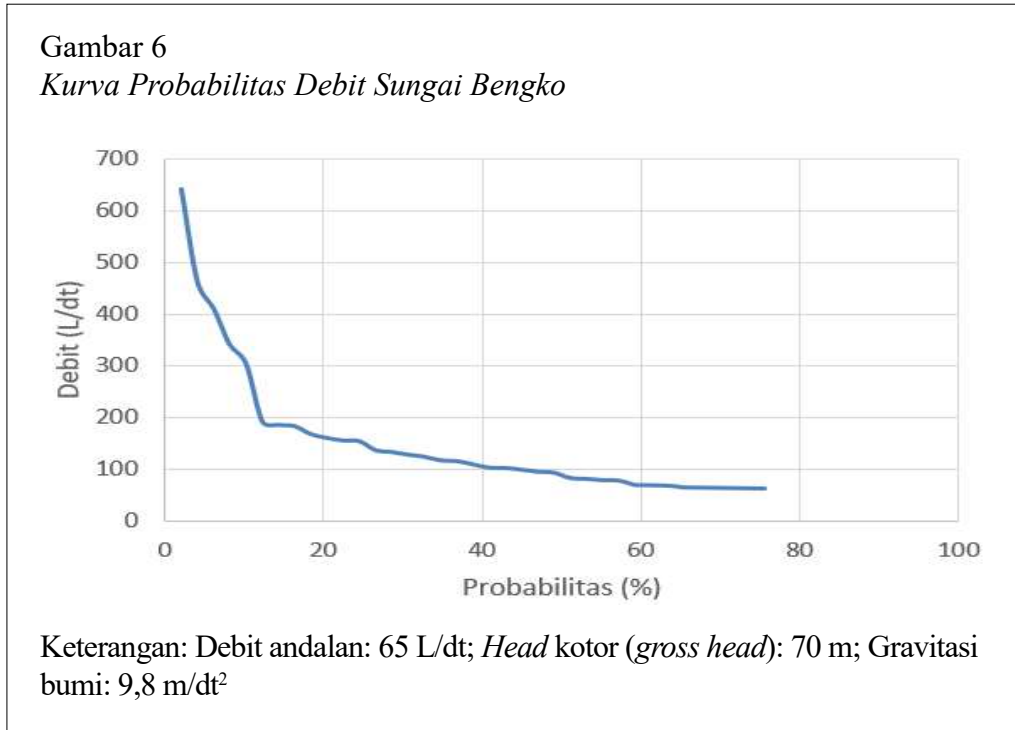
Gambar 5
 Salah Satu Peta Lokasi Survei PLTMH di Kampung Susmorof



Model ini dihasilkan dari penelitian empiris dengan memasukkan data hujan bulanan, evapotranspirasi potensial bulanan, dan parameter-parameter fisik lainnya yang sifatnya juga bulanan sehingga menghasilkan debit aliran simulasi bulanan. Untuk analisis debit andalan sungai-sungai di Kabupaten

Manokwari Selatan menggunakan data selama empat tahun dari tahun 2015-2018.

Penentuan *head* bersih dipengaruhi oleh jarak dari rencana bendung ke rumah pembangkit (*power house*). Untuk sungai Bengkok diperoleh hasil perhitungan *head* bersih sebesar 69,74 m. Dengan *head* bersih



Tabel 4
Perhitungan Potensi PLTMH Di Kabupaten Manokwari Selatan

No	Sungai/Kampung	Debit Pengukuran (L/dt)	Debit Andalan (L/dt)	Potensi Head (m)	Net Head (m)	Potensi Hidrolik (kW)	Daya PLTMH (kW)
1	Bengko/Sihu	114,6	65	70	69,74	44,4	30,4
2	Sosmorof (Untuk <i>redesign PLTMH Existing</i>)	4917,6	500	10	6,24	30,6	21
3	Sosmorof (Potensi Pengembangan)	4917,6	1500	10	7,29	107,1	73,4

sebesar itu diperoleh potensi hidrolik (P_h) sebesar 44,4kW.

Potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan berdasarkan perhitungan potensi hidrolik adalah sebagai berikut.

Efisiensi turbin : 0,76
 Efisiensi generator : 0,92
 Efisiensi mekanis : 0,98
 Kapasitas daya pembangkit (P_e) : 30,4kW

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa debit andalan pada sungai Susmorof mencapai 1500 L/dt masing-masing untuk kepentingan pengembangan sistem; total potensi PLTMH di dua lokasi yang dikaji adalah sebesar 30,4 kW di sungai Bengko kampung Sihu dan 73,4 kW untuk pengembangan PLTMH di

Kampung Susmorof; dan PLTMH Susmorof penting untuk ditindaklanjuti pada tahapan studi kelayakan dan penyusunan perencanaan detail desain.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kabupaten Manokwari. (2019). *Kabupaten Pegunungan Arfak dalam angka 2019*. BPS Kabupaten Manokwari.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. (2009). *Buku 2A pedoman studi kelayakan hidrologi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748-764.
- Kementerian ESDM. (2016). *2.519 desa belum teraliri listrik*. Kementerian ESDM.
- Galvez, B. M. (2015). *Investing in renewable energy generation and power transmission in Eastern Indonesia*. Asian Development Bank.
- Kusumastuti, D. I., Winarno, D. J., Humaidi, Falah, M. N., & Robiyanto. (2016). Estimasi potensi PLTMH dengan metode regionalisasi pada ungauged catchments di Kecamatan Suoh. *Jurnal Teknik Sipil*, 63-74.
- Tan, Y., Meegahapola, L., & Muttaqi, K. M. (2014). A review of technical challenges in planning and operation of remote area power supply systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 876-889.
- Nugroho, D., Suprajitno, A., & Gunawan. (2017). Desain pembangkit listrik tenaga mikrohidro di air terjun Kedung Kayang. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(3), 161-171.
- Oktaviani, K. (2016). *Prakiraan penyediaan dan pemanfaatan energi skenario optimalisasi EBT Daerah*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Kementerian ESDM.
- Palintin, A. D. (2020). Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Kabupaten Pegunungan Arfak. *Igya Ser Hanjop*, 11-24.
- Pieters, P. E. (1990). *Geologi lembar Ransiki, Irian Jaya*. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Pratama, F. S. (2016). *Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro dan pemanfaatannya untuk masyarakat di Daerah Aliran Sungai Cikurai* (Disertasi doktor tidak diterbitkan). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Pasalli, Y. R., & Rehiara, A. B. (2014). Design planning of micro-hydro power plant in Hink River. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 55-63.
- Reinders, K. K. (2020). *The electricity grid in Indonesia*. Springer.
- Robinson, G. P. (1990). *Geologi lembar Steenkool, Irian Jaya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sogen, M. D. (2017). Studi perencanaan pembangunan PLTMH di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat. *Electro Luceat*.
- Tobi, M. D., & Van Harling, V. N. (2017). Studi perencanaan pembangunan PLTMH di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat. *Electro Luceat*, 3(1), 32-43.

**VARIASI DAN HUBUNGAN FENETIK AKSESI KUNYIT
DI YOGYAKARTA DAN SEKITARNYA****(VARIATION AND PHENETIC RELATIONSHIP OF TUMERIC ACCESSIONS
IN YOGYAKARTA AND SURROUNDING AREAS)****Aditiana Vimala Guna dan Purnomo**Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada
Jl. Teknik Selatan, Yogyakarta, Indonesia - 55281
email: aditiana.vimala.guna@mail.ugm.ac.id**Abstrak**

Tujuan penelitian ini adalah menentukan variasi morfologis dan anatomis tiap aksesori *Curcuma longa*, serta hubungan fenetik pada spesies antar aksesori *Curcuma longa*. Sebanyak 13 sampel diambil di area Yogyakarta dan sekitarnya, karakter morfologis yang dibandingkan bersumber dari akar, rimpang, daun meliputi bentuk dan ukuran. Karakter anatomis diamati pada daun dan rimpang. Penentuan karakter morfologis berdasarkan *Protection of Plant Varieties dan Farmers' Rights Authority*. Hubungan fenetik menggunakan perbandingan karakter morfologis dan anatomis spesies *Curcuma longa* yang diteliti. Hasil penelitian menunjukkan variasi morfologis *Curcuma longa* di Yogyakarta dan sekitarnya memiliki perbedaan tinggi tanaman, morfologis daun, serta morfologis akar dan rimpang. Variasi karakter anatomis *Curcuma longa* memiliki perbedaan ketebalan epidermis daun, ukuran dan densitas stomata, ketebalan berkas pengangkut, ketebalan epidermis dan hipodermis rimpang. Berdasarkan analisis fenetik *Curcuma longa* di Yogyakarta dan sekitarnya dapat diketahui bahwa hubungan kekerabatan fenetik berdasarkan karakter morfologis terbagi menjadi dua klaster besar dan empat subklaster, sedangkan berdasarkan karakter anatomis terbagi menjadi dua klaster dan enam subklaster.

Kata kunci: *Curcuma longa*, morfologi dan fenetik

Abstract

The purpose of this study was to determine the morphological and anatomical variations of each accession of *Curcuma longa*, as well as the phenetic relationship among accessions of *Curcuma longa*. A total of 13 samples were taken in the Yogyakarta and surrounding areas, the morphological characters compared from roots, rhizomes, leaves include shape and size. The anatomical characters were observed in the leaves and rhizomes. The determination of morphological characters based on Protection of Plant Varieties and Farmers' Rights Authority. The phenetic relationship used a comparison of the morphological and anatomical characters of the *Curcuma longa* species studied. The results showed that the morphological variations of *Curcuma longa* in Yogyakarta and its surroundings had differences in plant height, leaf morphology, and root and rhizome morphology. Variations in anatomical characters of *Curcuma longa* have differences in leaf epidermis thickness, stomata size and density, carrier bundle thickness, epidermis and rhizome hypodermis thickness. Based on the phenetic analysis of *Curcuma longa* in Yogyakarta and its surroundings, it shows phenetic relationship based on morphological characters is divided into two large clusters and four sub-clusters, while based on anatomical characters it is divided into two clusters and six sub-clusters.

Keywords: *Curcuma longa*, morphology and phenetic

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dilintasi garis khatulistiwa sehingga beriklim tropis. Hal tersebut mendukung adaptasi flora dan fauna yang beranekaragam. Keanekaragaman tersebut menciptakan berbagai bahan baku untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Iskandar, 2016). *Curcuma longa* L. atau kunyit merupakan anggota familia Zingiberaceae yang banyak ditemukan di Indonesia. *C. longa* memiliki karakteristik berupa tumbuhan menahun, batang bermodifikasi menjadi rimpang, daun menyirip berligula, bunga biseksual, *zigomorf*, daun pelindung tipis, kelopak menabung, mahkota memanjang dengan warna merah muda hingga ungu, serta buah dan biji berbentuk elips (Trimanto dkk., 2017). Hasil penelitian dari Trimanto dkk. (2017) juga menyebutkan struktur anatomis rimpang menyerupai batang yang mana terdiri dari epidermis, hipodermis, parenkim, dan berkas pengangkut. Penelitian mengenai struktur organ *C. longa* masih sedikit diteliti, terutama pada struktur anatomis.

Keanekaragaman variasi spesies *C. longa* tentunya merupakan potensi penelitian yang dapat dikembangkan. Proses evolusi yang menyebabkan keanekaragaman tersebut tentunya merupakan salah satu kajian yang penting, terutama dalam ilmu Sistematika Tumbuhan. Hubungan kekerabatan aksesi dari setiap spesies *C. longa* mampu

menunjukkan proses evolusi yang terjadi karena berbagai macam faktor. Informasi hubungan kekerabatan pada tingkat dibawah spesies *C. longa* dapat menjadi sumbangan dalam klasifikasi tumbuhan *C. longa*. Hubungan kekerabatan berdasarkan karakter fenotip juga dapat menjadi dasar penelitian untuk memperoleh suatu bibit unggul dari kedekatan suatu spesies dengan spesies lainnya (Fajar dkk., 2016).

Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui variasi morfologis dan anatomis, serta hubungan kekerabatan fenetik pada aksesi kunyit di Yogyakarta dan sekitarnya.

METODE

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah berbagai sampel aksesi dari spesies *Curcuma longa* L. yang diperoleh dari Yogyakarta dan sekitarnya, serta bahan kimia untuk pembuatan preparat antara lain safranin 1%, alkohol 70%, kertas label, tisu, gelas benda, gelas penutup, botol flakon, dan akuades. Alat yang digunakan untuk koleksi sampel dan dokumentasi antara lain *Ziplock* berbagai ukuran, etiket gantung atau kertas label, sekop kecil, dan kamera. Alat yang digunakan pada pembuatan dan pengamatan preparat antara lain *cutter*, pinset, pipet tetes, kuas, gelas beker, cawan petri, *Sliding microtome*, mikroskop, dan optilab. Alat yang digunakan untuk pengukuran parameter lingkungan antara

lain termometer, soil tester, higrometer, altimeter, dan luxmeter.

Pengambilan sampel dilakukan di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya, serta mengukur parameter lingkungan di setiap titik pengambilan sampel. Penentuan karakter morfologis berdasarkan *Protection of Plant Varieties and Farmers' Rights Authority* (PPV dan FRA) Tahun 2007, dilakukan dengan pengamatan langsung dan dilakukan pengambilan foto dengan kamera pada karakter spesifik. Karakter kuantitatif diukur dengan mistar. Pembuatan preparat anatomis dilakukan dengan metode *free hand sectioning* dengan bentuk preparat akhir semi permanen. Rimpang dibersihkan kemudian dipotong menggunakan *sliding microtome* dengan ketebalan $\pm 20 \mu\text{m}$. Irisan diambil dengan menggunakan kuas dan dimasukkan ke dalam botol flakon berisi alkohol 70%. Sebelum pengamatan menggunakan mikroskop dan optilab, irisan diwarnai dengan menggunakan safranin 1% dalam alkohol 70% selama 5-10 menit. Selanjutnya dibilas dengan alkohol sebanyak 3 kali. Irisan kemudian diletakkan di atas kaca benda dan ditutup dengan kaca penutup. Daun yang digunakan untuk pengamatan merupakan daun pertama atau kedua, ketiga, dan keempat pada tanaman sebagai ulangan. Bagian yang diamati merupakan *midrib* daun. Proses pembuatan preparat daun dilakukan seperti pada pembuatan preparat

rimpang. Ketentuan karakter anatomis berdasarkan penelitian Roy *et al.* (2013), serta penambahan berdasarkan karakter yang teramati.

Pengamatan sel yang mengandung minyak eteris dilakukan dengan melakukan pengirisan rimpang utama segar menggunakan *sliding microtome*, kemudian diletakkan pada kaca benda yang ditetesi akuades dan ditutup menggunakan kaca penutup. Selanjutnya, densitas sel minyak diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 4x10. Pada pengamatan bagian paradermal daun diamati jenis dan densitas stomata. Daun yang diamati merupakan daun pertama atau kedua, ketiga, dan keempat pada tanaman sebagai ulangan. Daun disayat tipis menggunakan *cutter*, kemudian sayatan diambil menggunakan kuas dan diletakkan pada cawan petri yang berisi campuran alkohol 70% dan safranin 1%. Setelah 5 menit sayatan diletakkan pada kaca benda kemudian diberi larutan dan ditutup dengan kaca penutup. Pengamatan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 10x10 dan 40x10 kemudian diambil foto dengan optilab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koleksi sampel yang berjumlah 13 aksesori merupakan tanaman budidaya dan tanaman liar. Dari 13 sampel yang diperoleh, sampel aksesori 1, 3, 5, 10, 11, 12, dan 13

merupakan tanaman budidaya. Tiap aksesi memiliki kisaran altitude antara 112 mdpl hingga 955 mdpl. Titik pengambilan sampel yang kurang merata dikarenakan karakter morfologis dari kunyit memiliki kemiripan dengan karakter temu mangga (*Curcuma amada* Roxb.). Hal ini menjadi salah satu hambatan dalam koleksi sampel, dikarenakan untuk mengetahui perbedaan spesies *C. longa* dengan tanaman lainnya diperlukan pemeriksaan lebih lanjut pada bagian rimpang. Rimpang kunyit memiliki warna oranye, sedangkan rimpang temu mangga memiliki warna kekuningan (Naik, 2012).

Karakter morfologis yang diamati yaitu daun, rimpang, dan akar. Organ bunga tidak dapat dijadikan karakter pengamatan dikarenakan hanya terdapat satu tanaman

yang memiliki organ bunga. Fase perbungaan kunyit berlangsung antara 109-155 hari setelah ditanam, dengan waktu pemekaran sekitar 7-11 hari (Ravindran *et al.*, 2007). Ravindran *et. al.* (2007) juga menyebutkan periode perbugaan *C. longa* berlangsung antara bulan September hingga Desember. Berikut merupakan variasi morfologis yang telah diamati.

Pertama, variasi morfologis. Perawakan yang digunakan sebagai karakter adalah tinggi tanaman. Menurut Dinas Pertanian Provinsi Yogyakarta dan Pusat Penyuluhan Pertanian Kementerian Pertanian tanaman kunyit memiliki tinggi habitus 40-100 cm. Berdasarkan ketentuan PPV dan FRA (2007), tinggi tanaman kunyit dibedakan menjadi pendek (< 85cm), sedang (85-100 cm), dan

Tabel 1
Parameter Lingkungan Terukur pada masing-masing Lokasi Pengambilan Sampel

Nomor Aksesi	Parameter lingkungan	Lokasi
Aksesi 1	Alt: 699, s.u.: 29, l.u.49: , i.c.: 237x100, s.t.: 33, l.t.: 80, pH: 6.8	Pakem, Sleman
Aksesi 2	Alt: 621, s.u.: 30, l.u.: 49, i.c.: 621x100, s.t.: 27, l.t.: 55, pH: 6.4	Girimulyo, Kulon Progo
Aksesi 3	Alt: 112, s.u.: 34, l.u.: 55, i.c.: 286x100, s.t.: 32, l.t.: 75, pH: 7	Banguntapan, Bantul
Aksesi 4	Alt: 133, s.u.: 33, l.u.: 40, i.c.: 36x100, s.t.: 28.5, l.t.: 55, pH: 6.8	Nanggulan, Kulon Progo
Aksesi 5	Alt: 334, s.u.: 28, l.u.: 45, i.c.: 254x100, s.t.: 29, l.t.: 45, pH: 6.8	Dlingo, Bantul
Aksesi 6	Alt: 159, s.u.: 32, l.u.: 67, i.c.: 561x100, s.t.: 28, l.t.: 40, pH: 6.6	Depok, Sleman
Aksesi 7	Alt: 168, s.u.: 33, l.u.: 46, i.c.: 51.4x100, s.t.: 29, l.t.: 55, pH: 6.5	Depok, Sleman
Aksesi 8	Alt: 202, s.u.: 33, l.u.: 51, i.c.: 136.6x100, s.t.: 28, l.t.: 85, pH: 6.8	Wonosari, Gunung Kidul
Aksesi 9	Alt: 427, s.u.: 30, l.u.: 62, i.c.: 82.5x100, s.t.: 28, l.t.: 40, pH: 6.8	Pakem, Sleman
Aksesi 10	Alt: 140, s.u.: 30, l.u.: 62, i.c.: 478x100, s.t.: 29, l.t.: 50, pH: 6.8	Depok, Sleman
Aksesi 11	Alt: 141, s.u.: 31, l.u.: 55, i.c.: 333x100, s.t.: 28, l.t.: 68, pH: 6.8	Depok, Sleman
Aksesi 12	Alt: 955, s.u.: 27, l.u.: 72, i.c.: 175x100, s.t.: 28, l.t.: 100, pH: 6.6	Pringsurat, Temanggung
Aksesi 13	Alt: 130, s.u.: 29, l.u.: 65, i.c.: 50.64x100, s.t.: 31, l.t.: 75, pH: 6.6	Gamping, Sleman

Keterangan: Alt: altitude (mdpl), s.u.: suhu udara, l.u.: kelembapan udara, i.c.: intensitas cahaya, s.t.: suhu tanah, l.t.: kelembapan tanah.

tinggi (>100 cm). Namun, dikarenakan tinggi tanaman yang terukur pada kisaran 85-130 cm sehingga hasil yang digunakan untuk perbandingan adalah sedang (<100 cm) dan tinggi (>100 cm). Gambar 1a merupakan aksesori 7 yang memiliki ketinggian mencapai 130 cm, sedangkan Gambar 1b merupakan aksesori 12 yang memiliki ketinggian 85,5 cm.

Aksesori 7 merupakan tanaman liar dengan tidak adanya perawatan, sedangkan aksesori 12 merupakan tanaman budidaya yang diberi perawatan. Kondisi lingkungan aksesori 7 memiliki intensitas cahaya terukur sebesar 51,4 x 100 lux dengan naungan kanopi di sekitarnya. Berbeda dengan aksesori 7, pada aksesori 12 memiliki intensitas

cahaya terukur sebesar 175 x 100 lux tanpa naungan kanopi di sekitarnya. Hal ini kemungkinan dapat menjadi pengaruh perbedaan tinggi tanaman. Pergerakan tumbuhan yang mendekati arah cahaya (fototropisme) merupakan respon adaptif dari tumbuhan untuk memperoleh energi fotosintesis (Campbell *et al.*, 2012). Pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh aktivitas hormon seperti auksin (IAA), sitokinin, giberelin, asam absisat (ABA), dan etilen. Salah satu hormon yang merangsang pemanjangan sel adalah auksin. Hormon auksin dapat merangsang pemanjangan sel dengan konsentrasi 0,9 g/l. Produksi auksin yang banyak akan

Gambar 1
Perawatan Tanaman Curcuma longa Aksesori 7(a) dan 12(b)



Keterangan: H; helaian daun, T; tangkai daun, P; pelepah daun, A; akar, R; rimpang.

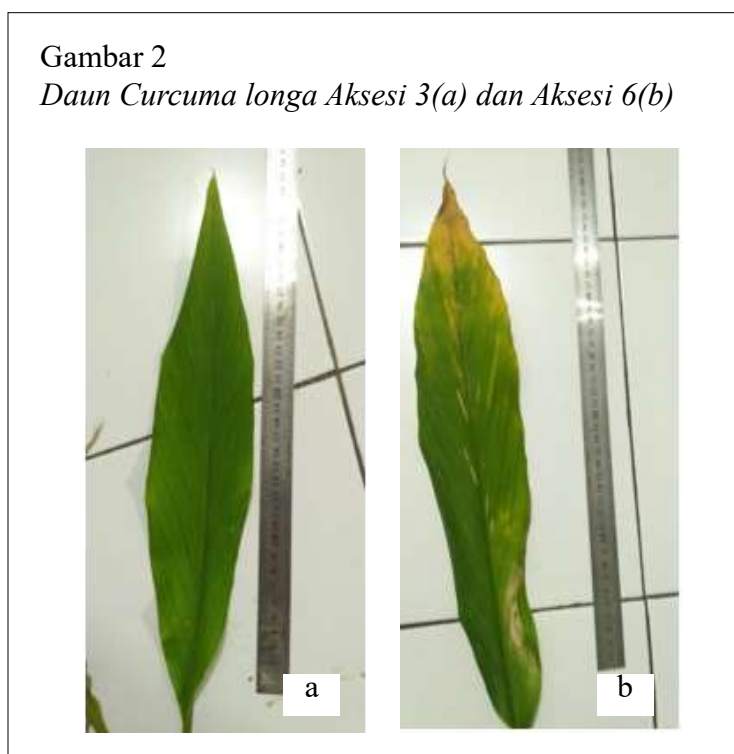
memicu tanaman mensintesis hormon etilen yang dapat meng-hambat pertumbuhan (Pujiasmanto, 2020).

Organ daun seluruh aksesi *Curcuma longa* memiliki bentuk bulat memanjang (*oblongus*) (Gambar 2). Hal tersebut dikarenakan dalam penentuan bentuk daun digunakan perbandingan panjang : lebar dari helaian daun. Bentuk bulat memanjang memiliki perbandingan panjang : lebar helaian yaitu 2,5-5 : 1 (Nugroho dkk., 2012). Berdasarkan sampel tiap aksesi yang diperoleh, perbandingan panjang : lebar daun pada sampel termasuk dalam kategori tersebut.

Lebar helaian daun tiap aksesi menjadi salah satu karakter pembeda. Aksesi 3 (Gambar 2a) yang merupakan tanaman

budidaya memiliki karakter daun dengan lebar daun lebih besar dibandingkan pada aksesi 6 (Gambar 2b) yang merupakan tumbuhan liar. Lebar daun tersebut berpengaruh terhadap nilai luas permukaan daun. Luas permukaan daun dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan hara.

Intensitas cahaya terukur di titik *sampling* aksesi 3 adalah 286x100 lux, sedangkan pada titik *sampling* aksesi 6 adalah 561x100. Intensitas cahaya tinggi dapat menurunkan kadar klorofil sehingga akan menunjukkan perubahan daun menjadi kekuningan (Anni dkk., 2013). Perubahan tersebut ditunjukkan pada daun aksesi 6 (Gambar 2b) yang mengalami perubahan warna menjadi kekuningan. Daun yang memiliki luas



permukaan lebih kecil beradaptasi untuk mengurangi proses penguapan sehingga ketersediaan air pada tumbuhan tercukupi. Ketersediaan air dan hara pada aksesori 3 dapat dikatakan tercukupi karena dilakukan perawatan sehingga dapat mengimbangi laju respirasi.

Karakter lain yang teramati adalah pola venasi pada helaian daun. Lebar antara dua vena paralel yang berdekatan diamati secara visual untuk dikategorikan arakturnya. Hasil yang diamati menunjukkan terdapat pola venasi rapat dan berjarak yang ditampilkan pada Gambar 3. Aksesori yang memiliki pola venasi rapat terdapat pada aksesori 3, 7, dan 10.

Selanjutnya terdapat karakter pola batang semu yang merupakan bentuk perlekatan dari pelepah daun. Variasi perlekatan pelepah daun dibedakan menjadi kompak dan terbuka Gambar 4). Hasil yang

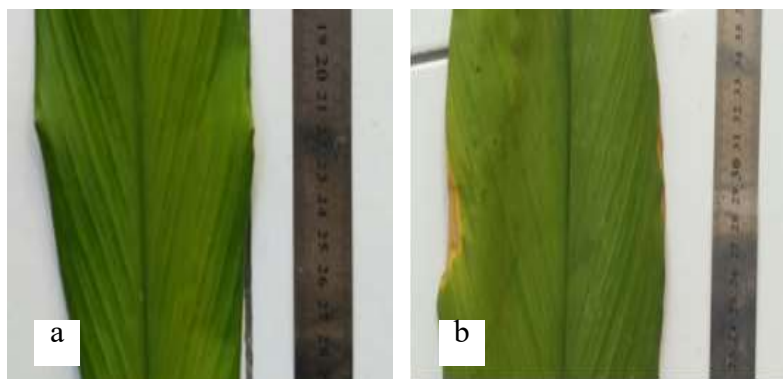
diperoleh menunjukkan pada aksesori 11, 12, dan 13 memiliki pola batang semu yang terbuka.

Bentuk helaian daun *Curcuma longa* juga memiliki dua macam bentuk tepi yaitu bergelombang dan rata. Hasil yang diperoleh menunjukkan pada aksesori 1, 5, 6, 11, 12, dan 13 memiliki bentuk tepi bergelombang. Perbedaan bentuk tepi dapat dilihat pada Gambar 5.

Curcuma longa L. memiliki organ batang yang mengalami metamorfosis menjadi rimpang. Bagian rimpang ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat secara tradisional ataupun moderen, terutama pada bagian rimpang samping.

Kunyit dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bumbu masak, obat tradisional ataupun moderen, antioksidan, antibakteri, antiinflamatori, dan antiprotozoa (Silalahi, 2017). Karakter morfologis pada rimpang

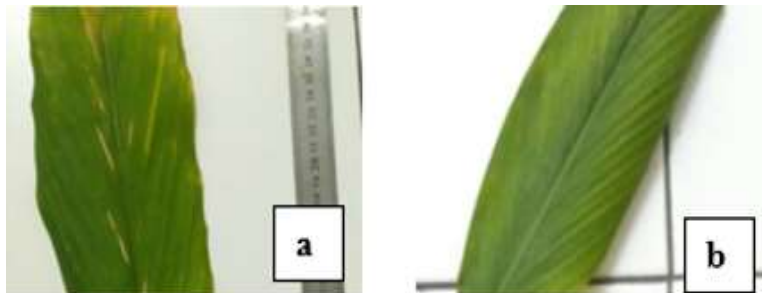
Gambar 3
Perbedaan Pola Venasi pada Aksesori 2 yang Berjarak (a) dan Aksesori 7 yang Rapat (b)



Gambar 4
Perbedaan antara Batang Semu yang Terbuka pada Aksesori 12(a) dan Batang Semu yang Kompak pada Aksesori 1(b)



Gambar 5
Bentuk Tepi Daun yang Bergelombang pada Aksesori 6(a) dan Bentuk Tepi Daun Rata pada Aksesori 9(b)



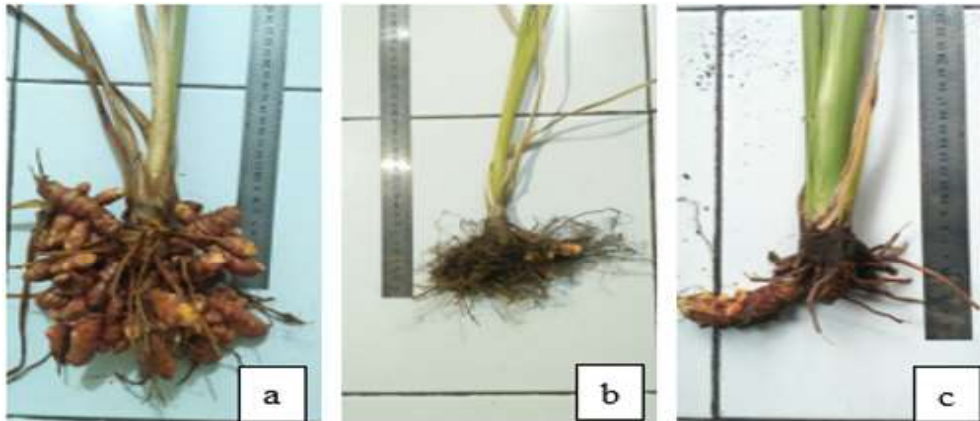
menghasilkan 15 karakter termasuk perakaran.

Aksesori 5 memiliki kerimbunan rimpang samping yang banyak, tetapi memiliki kerimbunan akar yang sedikit (Gambar 6a). Kondisi akar pada aksesori 6 memiliki kerimbunan yang banyak, tetapi memiliki kerimbunan rimpang samping yang sedikit

(Gambar 6b). Berbeda dengan keduanya, pada aksesori 11 memiliki kerimbunan akar dan kerimbunan rimpang yang sedikit (Gambar 6c). Berdasarkan habitat ketiga aksesori tersebut, aksesori 5 dan 11 merupakan tanaman budidaya, sedangkan aksesori 6 merupakan tumbuhan liar. Kebutuhan hara pada tanaman budidaya dapat dikatakan tercukupi sehingga

Gambar 6

Kerimbunan Akar dan Rimpang Curcuma longa pada Aksesori 5(a), Aksesori 6(b), dan Aksesori 11(c) (Dokumen pribadi)



mampu menghasilkan rimpang samping yang rimbun. Rimpang memiliki peranan fisiologis salah satunya sebagai tempat menyimpan cadangan makanan (Nugroho dkk., 2012). Aksesori 5 yang merupakan tanaman budidaya memperoleh unsur hara yang cukup sehingga pembentukan cadangan makanan lebih banyak. Berbeda dengan aksesori 5, pada aksesori 6 memiliki kerimbunan rimpang samping yang sedikit. Kurangnya nutrisi tanah dapat menjadi sebab kerimbunan akar yang banyak pada aksesori 6. Kondisi cekaman kekeringan dapat mempengaruhi sistem perakaran pada jumlah atau volume akar (Lynch & Brown, 2012). Perakaran pada aksesori 6 mengalami penambahan akar dan mengalami pengurangan volume akar. Aksesori 11 memiliki kerimbunan rimpang samping dan kerimbunan akar yang sedikit. Hal ini kemungkinan dikarenakan usia tanaman

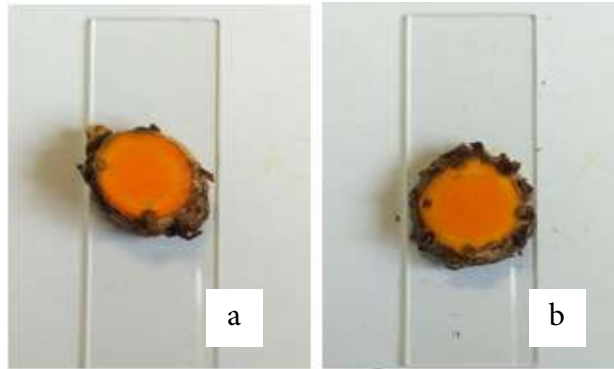
yang belum dewasa sehingga pertumbuhan masih terbatas.

Bentuk rimpang juga menjadi karakter yang berperan selain kerimbunan akar dan rimpang. Rimpang aksesori 1 memiliki bentuk lebih elips (Gambar 7a), sedangkan pada rimpang aksesori lainnya memiliki bentuk silindris. Pengaruh bentuk rimpang ini dapat dikarenakan media tanam yang sempit sehingga bentuk rimpang menyesuaikan kondisi lahan.

Selain bentuk diagonal rimpang utama, bentuk rimpang samping memiliki variasi berbentuk lurus dan melengkung (Gambar 8). Aksesori yang memiliki bentuk rimpang samping melengkung terdapat pada aksesori 3, 5, 6, 7, 11, dan 12. Perbedaan bentuk rimpang tersebut ditampilkan pada Gambar 9.

Warna kulit rimpang samping juga menjadi karakter pembeda pada beberapa

Gambar 7
*Potongan Melintang Rimpang Utama Curcuma longa
Aksesi 1(a) dan Aksesi 9(b)*



Gambar 8
*Bentuk Rimpang Samping yang Melengkung pada Aksesi 3(a)
dan Bentuk Rimpang Samping yang Lurus pada Aksesi 13(b)*



aksesi. Kulit rimpang samping menunjukkan warna oranye dan warna kecoklatan (Gambar 9). Kulit rimpang samping aksesori 3 memiliki warna kecoklatan (Gambar 9a), sedangkan pada aksesori 12 menunjukkan warna oranye (Gambar 9b). Warna yang terbentuk dapat disebabkan oleh ketebalan dari kulit rimpang samping. Daging rimpang samping secara

keseluruhan memiliki warna oranye, sehingga kulit rimpang samping yang lebih tipis akan menunjukkan gradasi warna lebih oranye.

Karakter morfologis yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk tabulasi data berbentuk biner, dan dilakukan pemberian skor. Terdapat 25 karakter morfologis yang

Gambar 9
Rimpang Samping Curcuma longa Aksesori 3(a) dan Aksesori 12(b)



telah diubah menjadi data biner dengan skor yang ditampilkan pada Tabel 2.

Penentuan karakter untuk rekonstruksi dendrogram pada tingkat takson infraspecies memiliki jumlah yang lebih sedikit dibandingkan pada taksa species. Karakter untuk tingkat infraspecies yang kurang dari 50 masih dapat digunakan dalam analisis fenetik (Salimpour *et al.*, 2012).

Hasil skor karakter kemudian diolah menggunakan program *Multivariate Stastitical Package (MVSP)* untuk menampilkan dendrogram. Hubungan kekerabatan yang dianalisis dengan MVSP memiliki dasar persamaan atau perbedaan karakter yang dimiliki. Dalam konstruksi dendrogram digunakan metode pengklasteran dengan algoritma *average linkage* atau *Unweighted Pair Group Method (UPGMA)*. Pengukuran similaritas pada konstruksi dendrogram

digunakan indeks similaritas SSM (*Simple-Matching Coefficient*). Metode pengklasteran digunakan untuk pengelompokan aksesori berdasarkan indeks similaritas. Nilai yang tertera pada garis cabang menunjukkan hubungan kekerabatan dari aksesori yang berpasangan. Garis cabang tersebut akan membentuk suatu klaster yang kemudian membentuk dendrogram (Dharmayanti, 2011).

Dendrogram diberi garis fenon pada nilai indeks similaritas 0,6. Beberapa argumen menyatakan bahwa garis fenon pada tingkat species berada pada ambang 80%, 65%, dan 45% (Singh, 2004). Namun, penentuan garis fenon merupakan sewenang-wenang dan pengelompokan relatif (Naik, *Taxonomy of Angiosperms*, 2006). Garis dendrogram yang mendekati angka satu menunjukkan persamaan karakter yang lebih

Tabel 2
Presensi dan Absensi setiap Karakter Morfologis dan Anatomis yang Dibandingkan

No	Karakter	OTU												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Tinggi maksimal	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
2	Keimbunan akar	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
3	Diameter akar	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
4	Kerimbunan rimpang samping	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Bentuk diagonal rimpang utama	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Bentuk rimpang samping	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
7	Panjang rimpang utama	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
8	Panjang rimpang samping	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
9	Panjang cabang rimpang samping	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
10	Jarak antar nodus rimpang utama	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
11	Jarak antar nodus rimpang samping	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
12	Jarak antar nodus cabang rimpang samping	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
13	Diameter rimpang utama	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
14	Diameter rimpang samping	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
15	Diameter cabang rimpang samping	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
16	Warna kulit rimpang samping	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
17	Jumlah Daun	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
18	Pola batang semu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
19	Panjang pelepah daun	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
20	Bentuk perlekatan pelepah dengan rimpang	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	Panjang tangkai daun	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
22	Lebar helaian daun	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
23	Panjang helaian daun	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
24	Bentuk tepi helaian daun	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
25	Pola venasi	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1

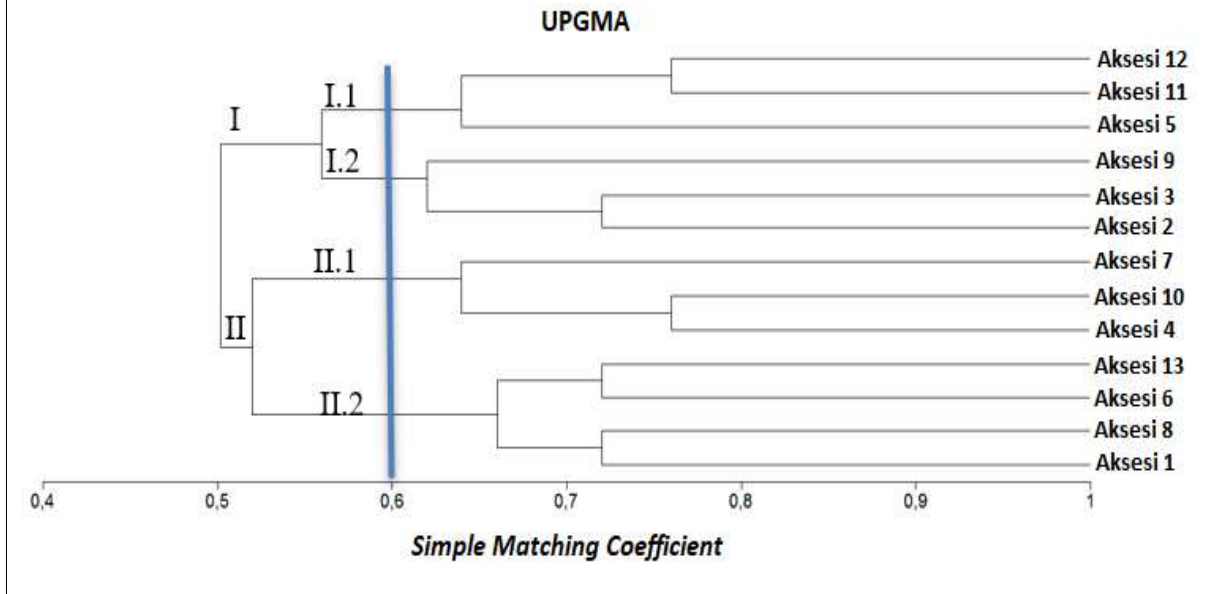
banyak sehingga dapat dikatakan hubungan kekerabatan *Operational Taxonomy Unit (OTU)* semakin dekat. Hasil analisis karakter menunjukkan 13 aksesi *C. longa* membentuk dua klaster dengan masing-masing klaster memiliki dua subklaster (Gambar 10). Subklaster I.1 terdiri dari aksesi 5, 11, dan

12, serta subklaster I.2 terdiri dari aksesi 9, 3, dan 2. Subklaster II.1 terdiri dari aksesi 7, 10, dan 4, serta subklaster II.2 terdiri dari aksesi 13, 6, 8, dan 1.

Melalui dendrogram pada gambar 10 dapat dikehui pasangan aksesi 11 dan 12 serta aksesi 10 dan 4, kedua pasangan

Gambar 10

*Dendrogram Hubungan Fenetik Antaraksesi *Curcuma longa* di Yogyakarta dan Sekitarnya Berdasarkan Karakter Morfologis Menggunakan Indeks Similaritas SSM*



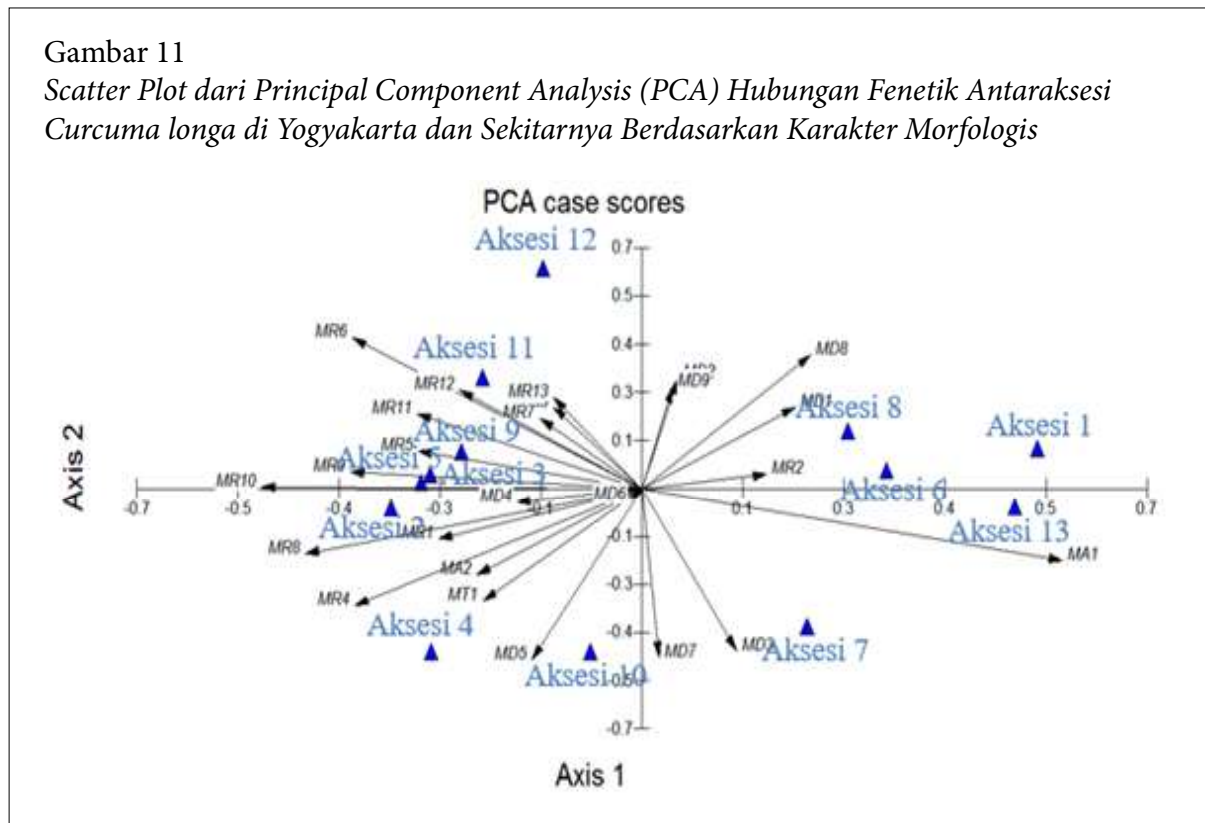
tersebut sama-sama memiliki tingkat similaritas tertinggi dibandingkan pasangan aksesori lain. Berdasarkan PCA, karakter yang berpengaruh pada pasangan aksesori 11 dan 12 adalah MR3 atau bentuk rimpang samping dan MR7 atau jarak antarnodus rimpang utama (Gambar 11). Bentuk rimpang samping kedua aksesori tersebut adalah melengkung, sedangkan jarak antarnodus rimpang utama aksesori 11 adalah 0,6 cm dan aksesori 12 adalah 0,57 cm. Kedua pasangan aksesori ini memiliki 19 karakter biner yang sama. Karakter yang berpengaruh terhadap pasangan aksesori 4 dan 10 adalah MD5 yang merupakan singkatan dari karakter tangkai daun. Panjang rerata tangkai daun kedua aksesori tersebut relatif mirip yaitu 26,67 dan

25,33. Selain MD5; karakter MT1 atau tinggi habitus juga memiliki kemiripan ukuran yaitu 120,5 cm pada aksesori 4 dan 119 cm pada aksesori 10. Dari 25 karakter morfologis, aksesori 4 dan 10 memiliki 15 karakter biner yang sama.

Pengamatan karakter anatomis dilakukan pada organ daun dan rimpang. Organ daun dan rimpang dijadikan sebagai objek karakter anatomis karena dinilai memiliki karakter yang variatif dan lebih mudah dalam pembuatan preparat. Karakter anatomis yang diamati secara keseluruhan merupakan karakter kuantitatif dikarenakan tidak ditemukan perbedaan yang jelas. Karakter anatomis yang diamati adalah penampang melintang dan paradermal daun,

Gambar 11

Scatter Plot dari Principal Component Analysis (PCA) Hubungan Fenetik Antaraksesi *Curcuma longa* di Yogyakarta dan Sekitarnya Berdasarkan Karakter Morfologis



serta penampang melintang dari rimpang utama.

Karakter anatomis yang diamati meliputi ketebalan jaringan, densitas stomata, dan ukuran sel. Penampang melintang dilakukan pengamatan pada bagian midrib dan lamina daun, sedangkan penampang paradermal digunakan untuk pengamatan densitas stomata dan ukuran stomata. Pengamatan stomata dilakukan pada sisi abaksial daun menunjukkan distribusi stomata pada berbagai tanaman banyak terdapat pada sisi abaksial daun (Dlory dkk., 2013; Megia dkk., 2015; Papuangan dkk., 2014).

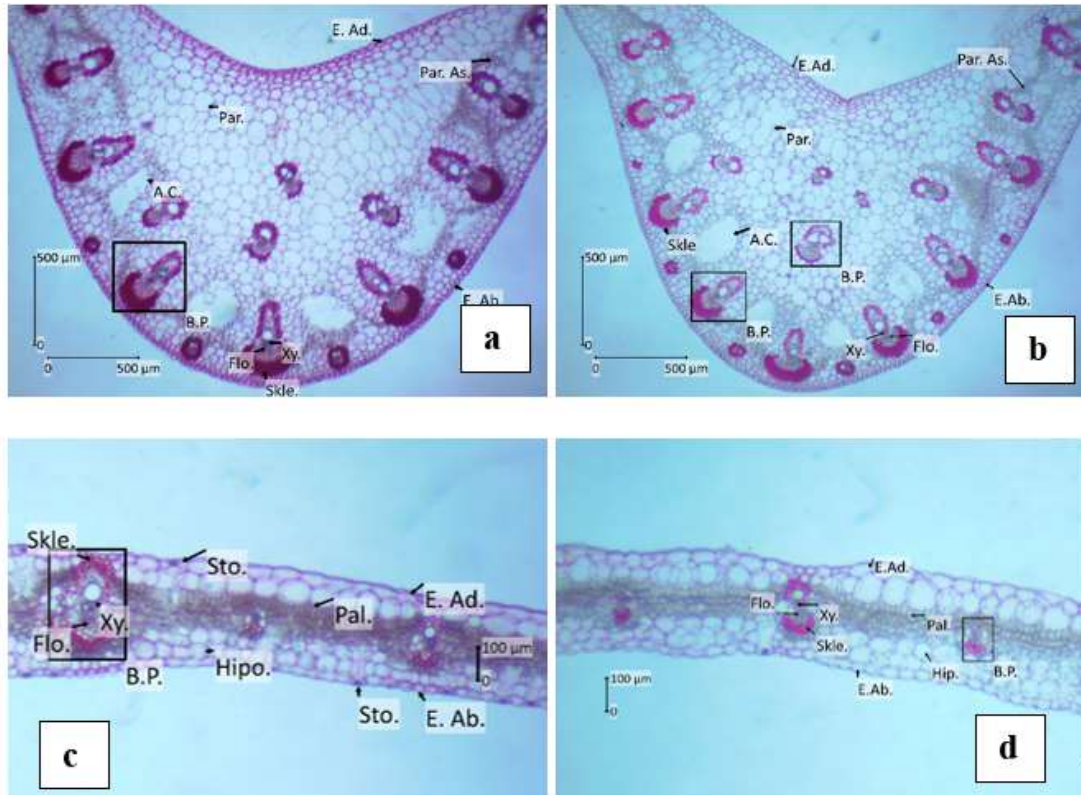
Pembuatan preparat melintang daun dilakukan secara semi permanen sehingga

sampel yang telah dipotong menggunakan mikrotom harus segera disimpan dalam alkohol 70% setelah diamati (Gambar 12). Ketebalan yang cukup pada bagian midrib daun membuat sampel dapat langsung dipotong menggunakan *sliding microtome* tanpa perlu melakukan proses *embedding*. Selain hal tersebut, pembuatan preparat tanpa *embedding* juga dinilai lebih praktis dan dapat mengurangi biaya.

Daun *Curcuma longa* terdiri dari jaringan pelindung (epidermis dan derivatnya), jaringan dasar (mesofil), jaringan pengangkut, dan jaringan penguat (palisade). Jaringan pelindung *C. longa* tersusun atas epidermis adaksial dan epidermis abaksial.

Gambar 12

Penampang Melintang Midrib (a & b) dan Lamina (c&d) *Curuma longa* Aksesori 1 (a & c) serta Aksesori 9 (b & d)



Keterangan: E.Ad.; epidermis adaksial, Par. As.; parenkim asimilasi, Par.; parenkim, A.C.; ruang udara, B.P.; berkas pengangkut, E.Ab; epidermis abaksial, Xy.; xilem, Flo.; floem, Skle.; sklerenkim, Sto.; stomata, Pal.; palisade, Hipo.; hipodermis.

Ukuran epidermis pada bagian midrib hampir sama antara bagian adaksial dan abaksial. Semakin menuju ke arah lamina, ukuran jaringan epidermis mengalami perubahan lebih besar pada bagian adaksial. Derivat epidermis yang terlihat adalah stomata yang banyak terdapat dibagian abaksial. Stomata juga terlihat pada bagian adaksial walaupun dalam jumlah sedikit (Gambar 12c) sehingga disebut daun amfistomatik

(Ningsih dkk., 2011). Berdasarkan posisinya, stomata *C. longa* terletak sejajar dengan epidermis sehingga termasuk stomata paneropor (Nugroho dkk., 2012). Mesofil daun *C. longa* tersusun atas palisade yang berbentuk silindris, tegak pada permukaan daun, lebih dari satu lapis sel, dan tersusun rapat. Berkas pengangkut *C. longa* terletak dekat epidermis abaksial dan terdapat ruang udara diantara berkas pengangkut. Berkas-

berkas pengangkut kecil juga terlihat seperti penghubung antara berkas pengangkut besar. Susunan xilem terletak di sebelah dalam floem dan tidak ditemukan adanya kambium, sehingga tipe berkas pengangkut *C. longa* adalah kolateral tertutup. Jaringan penguat pada *C. longa* merupakan jaringan sklerenkim yang dijumpai pada berkas pengangkut.

Pengukuran pada penampang melintang midrib dilakukan pada jaringan epidermis yaitu epidermis adaksial dan epidermis abaksial. Ketebalan epidermis dapat berbeda karena pengaruh faktor lingkungan. Ketebalan epidermis merupakan salah satu bentuk adaptasi tumbuhan dengan tujuan mengurangi laju transpirasi (Tihurua dkk., 2020). Ketebalan jaringan palisade dapat berbanding lurus terhadap kandungan kloroplast. Hal ini dikarenakan fungsinya untuk menangkap cahaya, kepadatan jaringan palisade dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Berdasarkan pengukuran anatomis lamina *C. longa*, hasil yang diperoleh tidak sesuai teori. Aksesori 8 memiliki ketebalan tertinggi serta aksesori 6 memiliki ketebalan terendah. Intensitas cahaya pada aksesori 8 sebesar 136,6 x 100 lux dan pada aksesori 6 sebesar 561 x 100 lux. Hal ini dapat dikarenakan faktor yang berpengaruh tidak hanya intensitas cahaya, namun juga ketersediaan air dan hara. Jaringan palisade di antaranya tersusun atas kloroplas, yang dalam proses

pembentukannya membutuhkan kecukupan unsur hara seperti Cu, Mn, dan Fe (Gunawan, 2011). Berdasarkan pengukuran kelembapan tanah aksesori 8 memiliki tingkat kelembapan 85%, sedangkan aksesori 6 memiliki tingkat kelembapan 40%. Hal ini menjadi faktor ketersediaannya molekul air pada tanah.

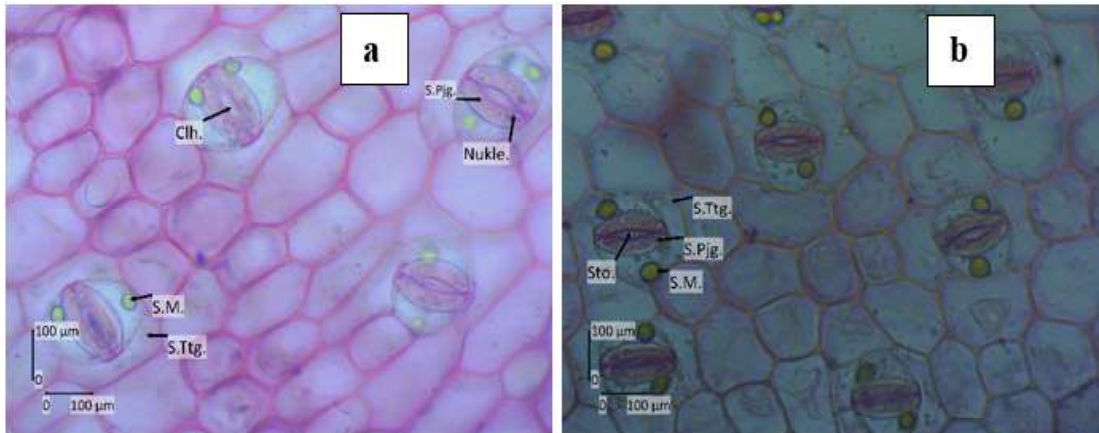
Pengamatan paradermal daun bertujuan mengetahui densitas dan ukuran stomata (Gambar 13). Ukuran dari stomata dipengaruhi oleh kondisi sel penjaga. Apabila sel penjaga terbuka maka lebar stomata dapat bertambah. Tanaman beradaptasi terhadap cekaman kekeringan salah satunya dengan mengurangi ukuran atau densitas stomata (Lestari, 2006). Lebar stomata terbesar dimiliki oleh aksesori 1 dengan lebar stomata mencapai 26,52 μ , sedangkan lebar stomata terkecil dimiliki oleh aksesori 10 dengan lebar stomata hanya 22,09 μ .

Densitas stomata pada aksesori *C. longa* memiliki rentang nilai 65-84 per 10 kali perbesaran mikroskop. Densitas stomata paling sedikit ditemukan pada aksesori 7, sedangkan densitas stomata terbanyak pada aksesori 11. Hal ini dapat dikarenakan panjang dan lebar stomata pada aksesori 7 lebih besar dari aksesori 11 sehingga kerapatan yang terlihat pada aksesori 7 lebih sedikit.

Kedua, penampang melintang rimpang. Karakter anatomis yang diamati pada rimpang *C. longa* berdasarkan ketebalan jaringan rimpang dan densitas sel minyak.

Gambar 13

Preparat Paradermal Daun *Curcuma longa* Aksesori 1(a) dan Aksesori 10(b)



Keterangan: Clh; celah stomata, S.M; sel minyak, S.Ttg; sel tetangga, S.Pjg; sel penjaga, Sto; stomata, Nukle; nukleus.

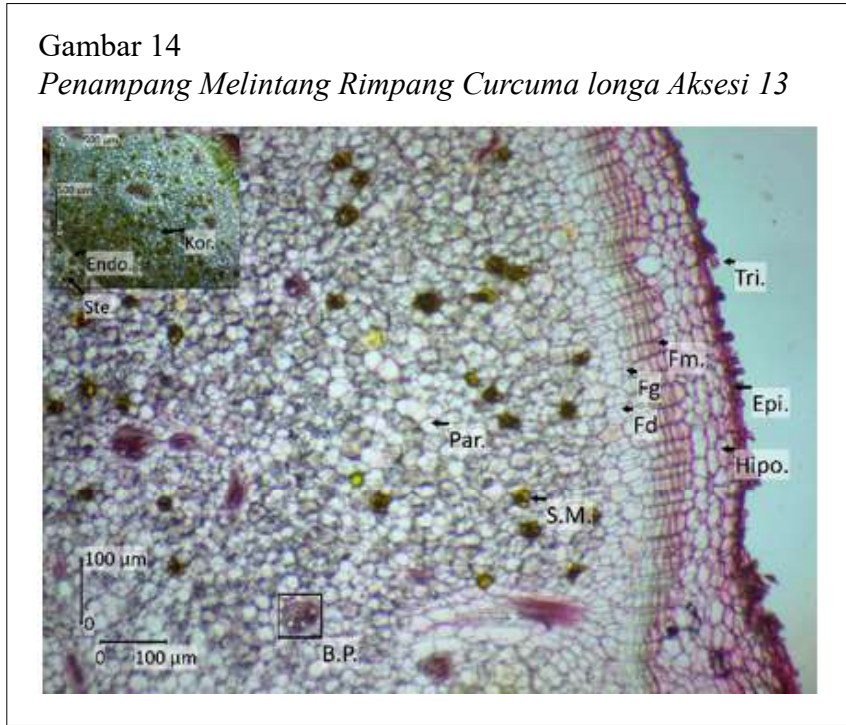
Struktur rimpang *C. longa* tersusun atas epidermis, korteks, dan stele (Gambar 8). Bagian epidermis *C. longa* berwarna lebih gelap sehingga pengukuran epidermis digabung dengan hipodermis. Rimpang *C. longa* mengalami pertumbuhan sekunder sehingga membentuk kambium gabus (felogen) yang berkembang keluar menjadi gabus (felem) dan ke dalam menjadi parenkim (feloderm). Korteks rimpang *C. longa* tersusun atas sel-sel parenkim, berkas pengangkut, dan sel minyak. Di antara jaringan korteks dan stele dipisahkan oleh endodermis. Berkas pengangkut pada *C. longa* memiliki struktur xilem yang terletak berdampingan dengan floem tanpa adanya kambium sehingga tipe berkas pengangkut ini termasuk kolateral tertutup. Pengukuran

ketebalan berkas pengangkut diperoleh kisaran ketebalan yaitu 168µ hingga 392µ.

Ketebalan epidermis dan hipodermis rimpang berada pada kisaran 196µ hingga 877µ. Rimpang yang memiliki ketebalan epidermis dan hipodermis terkecil adalah rimpang aksesori 11, sedangkan ketebalan terbesar dimiliki oleh aksesori 3. Ketebalan jaringan gabus rimpang diukur dari felem hingga feloderm. Ketebalan jaringan gabus berada pada kisaran 129µ hingga 217µ. Ketebalan korteks yang terukur pada kisaran 2,1mm hingga 3,4mm. Jaringan gabus dengan ukuran terkecil dimiliki oleh aksesori 1, sedangkan ukuran terbesar dimiliki oleh aksesori 2. Ketebalan korteks yang terbesar dimiliki oleh aksesori 12, sedangkan ketebala terkecil dimiliki oleh aksesori 1. Ketebalan

Gambar 14

Penampang Melintang Rimpang Curcuma longa Akses 13



korteks dan stele dapat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, dikarenakan rimpang menjadi tempat menyimpan cadangan makanan. Selain ketersediaan nutrisi yang cukup, usia rimpang juga menjadi faktor yang berpengaruh terhadap ketebalan rimpang. Pengukuran diambil dari tiga bidang pandang kemudian diambil rata-rata ketebalan.

Pengukuran densitas sel minyak pada rimpang dilakukan dengan perbesaran 4x dan diperoleh jumlah densitas 89-213 sel per 4x perbesaran mikroskop. Dari rentang nilai tersebut kemudian dilakukan pengolahan data menjadi biner untuk dijadikan skor karakter. Sel minyak rimpang kunyit merupakan minyak atsiri yang memiliki kandungan metabolit sekunder. Banyaknya densitas sel minyak menjadi potensi

banyaknya kandungan metabolit sekunder pada rimpang.

Ketiga, hubungan fenetik aksesori Curcuma longa berdasarkan karakter anatomis. Karakter anatomis yang telah diperoleh merupakan karakter kuantitatif yang kemudian digunakan untuk tabulasi data berbentuk biner, dan dilakukan pemberian skor. Terdapat 14 karakter anatomis yang telah diubah menjadi data biner dengan skor yang ditampilkan pada Tabel 7.

Seperti pada karakter morfologis, karakter anatomis juga digunakan untuk rekonstruksi dendrogram menggunakan program *Multi Variate Statistical Package (MVSP)* dengan metode klustering dengan algoritma *Unweighted Pair Group Method With Arithmetic Mean (UPGMA)* dan

Tabel 7
Presensi dan Absensi Setiap Karakter Anatomis yang Dibandingkan

No	Karakter	OTU												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Lebar stomata daun	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
2	Panjang stomata daun	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
3	Densitas stomata daun	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
4	Ketebalan epidermis adaksial midrib	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
5	Ketebalan epidermis abaksial midrib	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1
6	Ketebalan epidermis adaksial lamina	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1
7	Ketebalan epidermis abaksial lamina	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
8	Ketebalan ikatan pembuluh daun	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
9	Ketebalan jaringan palisade	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Ketebalan jaringan epidermis dan hipodermis rimpang	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
11	Lebar jaringan gabus rimpang	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
12	Lebar jaringan korteks rimpang	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
13	Ketebalan berkas pengangkut rimpang	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
14	Jml sel minyak rimpang per 4x perbesaran	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1

pengukuran similaritas dengan indeks similaritas *Simple-Matching Coefficient (SSM)*.

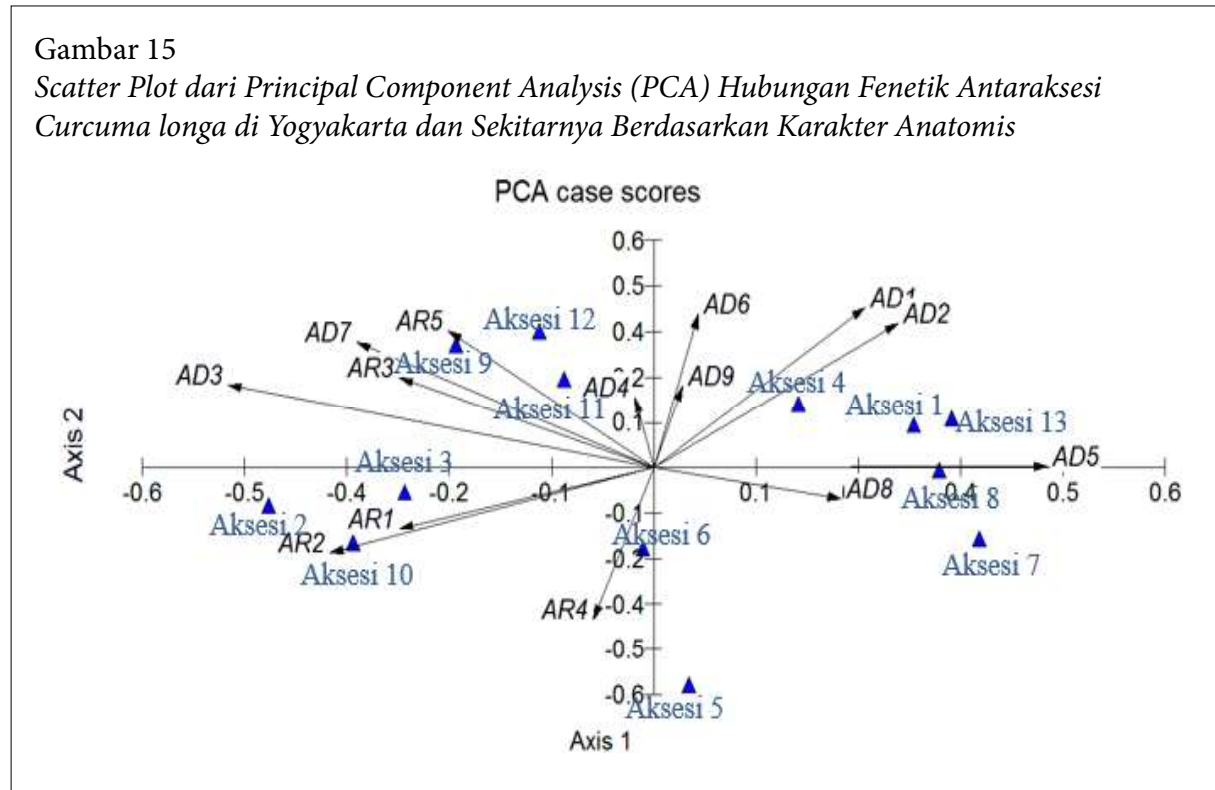
Hasil analisis kluster pada Gambar 10 menunjukkan terdapat dua kluster yang terbagi menjadi empat subkluster dan dua subkluster. Kluster I.1 terdiri dari aksesori 6, kluster I.2 terdiri dari aksesori 5, kluster I.3 terdiri dari aksesori 10 dan 3, kluster I.4 terdiri dari aksesori 2. Kluster II.1 terdiri dari aksesori 12, 11, dan 9, sedangkan aksesori II.2 terdiri dari aksesori 8, 7, 13, 4, dan 1. Berdasarkan gambar 10, diketahui aksesori yang memiliki hubungan fenetik terdekat adalah aksesori 11 dan 9, 8 dan 7, serta 4 dan 1. Aksesori 11 dan 9 memiliki 12 karakter biner yang sama, sedangkan aksesori 8 dan 7 serta aksesori 4

dan 1 masing-masing memiliki 11 karakter biner yang sama. Tingkat similaritas ketiga pasangan tersebut memiliki nilai indeks similaritas diatas 75%. Berdasarkan analisis PCA, karakter yang berpengaruh terhadap similaritas aksesori 9 dan 11 adalah AR5 atau densitas sel minyak rimpang per satuan luas perbesaran 4x mikroskop. Densitas terhitung pada aksesori 9 adalah 161 sel, sedangkan pada aksesori 11 memiliki densitas terhitung yaitu 155 sel. Densitas terhitung pada seluruh aksesori memiliki kisaran 89-213 sel minyak.

Penggunaan koefisien similaritas pada penelitian ini menggunakan SSM. Namun, percobaan juga dilakukan menggunakan koefisien similaritas *Jaccard coefficient*, *euclidean coefficient*, dan *sorensen's*

Gambar 15

Scatter Plot dari Principal Component Analysis (PCA) Hubungan Fenetik Antaraksesi *Curcuma longa* di Yogyakarta dan Sekitarnya Berdasarkan Karakter Anatomis



coefficient. Hasil dendrogram menunjukkan nilai similaritas yang sangat kecil. Sedangkan percobaan menggunakan *Gower General Similarity Coefficient* menghasilkan bentuk dendrogram dan PCA yang sama. Hal ini dikarenakan prinsip dari *Gowe General Similarity Coefficient* adalah membagi jumlah atribut yang sama dengan jumlah variabel (Romesburg, 2004). Koefisien similaritas SSM juga memiliki prinsip yang sama (Verma & Aggarwal, 2019).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh kesimpulan bahwa variasi morfologis *Curcuma longa* di Yogyakarta dan sekitarnya antara lain warna

kulit dan bentuk rimpang samping, tinggi tanaman, ukuran daun, venasi helaian daun, panjang tangkai daun, serta kerimbunan akar dan rimpang samping. Variasi anatomis yang telah diamati antara lain ketebalan epidermis adaksial lamina, ketebalan berkas pengangkut di *midrib*, densitas sel minyak rimpang, serta ketebalan jaringan epidermis dan hipodermis rimpang. Berdasarkan analisis fenetik *Curcuma longa* di Yogyakarta dan sekitarnya dapat diketahui bahwa hubungan kekerabatan fenetik berdasarkan karakter morfologis terbagi menjadi dua klaster besar dan empat subklaster, sedangkan berdasarkan karakter anatomis terbagi menjadi dua klaster dan enam subklaster.

DAFTAR PUSTAKA

- Anni, I. A., Saptiningsih, E., & Haryanti, S. (2013). Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) di Bandungan, Jawa Tengah. *Jurnal Biologi*, 2(3), 31-40.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2012). *Biologi: Edisi 8 Jilid 2*. (D. T. Wulandari, Terj.) Jakarta: Erlangga.
- Dharmayanti, I. N. (2011). *Makalah filogenetika molekuler: Metode taksonomi organisme berdasarkan sejarah evolusi*. Balai Besar Penelitian Veteriner.
- Dlory, Ningrum, R. K., Suryantari, N. K., & Anindita, F. L. R. (2013). Studi anatomi daun dari tiga anggota suku Malvaceae di Kawasan Waduk Jatiluhur. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 611-618.
- Fajar, M. T. I., Purnomo, & Handayani, N. S. N. (2016). Hubungan kekerabatan fenetik *Lycopersicon esculentum* Mill. Kultivar Betavila F1, Fortuna F1, dan Tymoti F1 berdasarkan tingkat kesamaan fenotip. *Biota*, 1(2), 91-97.
- Gunawan, S. H. (2011). *Untung besar: Dari usaha pembibitan kayu*. AgroMedia.
- Iskandar, J. (2016). Etnobiologi dan keragaman budaya di Indonesia. *Indonesian Journal of Anthropology*, 1(1), 27-42.
- Lestari, E. G. (2006). Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Biodiversitas*, 7(1), 44-48.
- Lynch, J. P., & Brown, K. M. (2012). New roots for agriculture: Exploiting the root phenome. *Philosophical of Transaction of the Royal Society B: Biological Science*, 367, 1598-1604.
- Megia, R., Ratnasari, & Hadisunarso. (2015). Karakteristik morfologi dan anatomi, serta kandungan klorofil lima kultivar tanaman penyerap polusi udara *Sansevieria trifasciata*. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 1(2), 34-40.
- Naik, V. N. (2006). *Taxonomy of angiosperms*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Naik, V. N. (2012). *Identification of common Indian medicinal plants*. Scientific Publishers.
- Ningsih, R., Darwanti, I., Meiga, R., & Roostika, I. (2011). Karakter anatomi daun kultur purwoceng pascakonservasi in vitro. *Buletin Plasma Nutfah*, 17(1), 30-39.
- Nugroho, L. H., Purnomo, & Sumardi, I. (2012). *Struktur & perkembangan tumbuhan*. Penebar Swadaya.
- Papuangan, N., Nurhasanah, & Djurumudi, M. (2014). Jumlah dan distriusi stomata pada tanaman penghujan di Kota Ternate. *Jurnal Bioedukasi*, 3(1), 287-292.
- Protection of Plant Varieties and Farmers' Right Authority [PPV & FRA]. (2007). *Guidelines for the conduct of test for distinctiveness, uniformity and stability on Turmeric (*Curcuma longa* L.)*. Government of India. <https://www.google.com/>.
- Pujiasmanto, B. (2020). *Peran dan manfaat hormon tumbuhan: Contoh kasus paclobutrazol untuk penyimpanan benih*. Yayasan Kita Menulis.
- Ravindran, P. N., Babu, K. N., & Sivaraman, K. (2007). *Turmeric: The genus curcuma*. CRC Press.
- Romesburg, H. C. (2004). *Cluster analysis for researchers*. Diunduh dari Lulu.com.
- Roy, B., Jana, B. K., & Maiti, G. G. (2013). Morpho-anatomical diversity of the rhizomes of some medicinal and aromatic plants of zingiberaceae. *International Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2(8), 197-203.
- Salimpour, F., Ebrahimiyan, M., Sharifnia, F., & Tajadod, G. (2012). Numerical taxonomy of eight *Salvia* L. species using anatomical properties. *Annals of Biological Research*, 3(2), 795-805.

- Silalahi, M. (2017). Pemanfaatan *Curcuma longa* (L.) oleh masyarakat lokal di Indonesia dan kandungan metabolit sekundernya. *Pro-Life*, 4(3), 430-440.
- Singh, G. (2004). *Plant systematics: An intergrated approach*. Science Publishers.
- Tihurua, E. F., Agustiani, E. L., & Rahmawati, K. (2020). Karakter anatomi daun sebagai bentuk adaptasi tumbuhan penyusun zonasi mangrovedi banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(2), 255-264.
- Trimanto, Dwiyantri, D., & Indriyani, S. (2017). Morfologi, anatomi, dan uji histokimia rimpang *Curcuma aeruginosa* Roxb; *Curcuma longa* L.; dan *Curcuma heyneana* Valetton dan Zipp. *Jurnal Berita Biologi LIPI*, 17(2), 123-133.
- Verma, V., & Aggarwal, R. K. (2019). A new similarity measure based on simple matching coefficient for improving the accuracy of collaborative recommendations. *International Journal Information Technology and Computer Science*, 6(1), 37-49.

KAJIAN POTENSI ANTIOKSIDAN ALAMI BERBAGAI LIMBAH TANAMAN**(THE STUDY OF POTENTIAL NATURAL ANTIOXIDANTS FROM PLANT WASTE)****Rukiah Lubis¹, Nur Hidayah², dan Noprieni¹**¹FKIP Universitas Muhammadiyah Bengkulu
Jl. Bali PO. BOX 119 Kota Bengkulu, Indonesia²Fakultas Pertanian Universitas Tidar

Jl. Kapten S. Parman 39 Potrobangsari, Magelang, Jawa Tengah, Indonesia - 56116

email: rukiah2507@umb.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan antioksidan (antosianin, vitamin A, C, dan E) dari limbah kulit buah senduduk (*Melastoma malabathricum* L.), jantung pisang, jengkol. Penelitian dilaksanakan selama enam bulan. Analisa antosianin dan vitamin A, C, dan E dilakukan di Balai Besar Industri Agro, Bogor. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari kulit buah senduduk, jantung pisang, dan jengkol. Analisis kandungan vitamin A dilakukan pada sampel menggunakan alat *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*. Penentuan kadar antosianin dihitung menggunakan metode perbedaan pH. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan alami yang paling tinggi menurut analisis kandungan vitamin A, C, E dan antosianin dari ketiga limbah tanaman (buah senduduk, jantung pisang, kulit jengkol), terdapat pada kulit buah senduduk dan kulit jantung pisang yaitu kandungan vitamin C (111.33 dan 263.33 mg/kg) dan kandungan antosianin (684.008 dan 174.289 mg/100g). Dapat disimpulkan bahwa buah senduduk dan jantung pisang bisa dijadikan sebagai antioksidan alami yang baik berdasarkan hasil analisis kandungan vitamin A, C, E, dan kandungan antosianin.

Kata kunci: antioksidan alami, limbah tanaman, antosianin

Abstract

This study was aimed at analyzing the content of antioxidants (anthocyanins, vitamins A, C, and E) from the rind of sanduduk's fruit (*Melastoma malabathricum* L.), Blossom of the banana plant (*Musa acuminata Colla*), jengkol (*Archidendron pauciflorum*) fruit. The research was conducted for six months. Analysis of anthocyanins and vitamins A, C, and E was performed at Balai Besar Industri Agro, Bogor. The materials used in this research consisted of sanduduk rind, banana blossom, and jengkol fruit. Vitamin A content analysis was performed on the samples using High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The determination of anthocyanin levels was calculated using the pH difference method. The data obtained were analyzed descriptively. The results showed that the highest natural antioxidant activity according to the analysis of vitamin A, C, E and anthocyanin content from the three wastes, found in sanduduk rind and banana blossom which contain vitamin C (111.33 and 263.33 mg/kg) and anthocyanin (684.008 and 174.289 mg/100g). It can be concluded that sanduduk fruit and banana blossom can be used as a good natural antioxidant based on the results of analysis of vitamin A, C, E, and anthocyanin content.

Keywords: natural antioxidant, plant waste, anthocyanins

PENDAHULUAN

Tingginya mobilitas kendaraan bermotor dan kegiatan perindustrian menyebabkan

perubahan keseimbangan ekologi, salah satunya pencemaran udara. Pencemaran udara berdampak negatif bagi kesehatan

manusia. Berbagai penyakit seperti paru-paru, radang saluran pernapasan, dan kanker merupakan efek negatif polusi udara yang masih harus dicari solusinya. Di Indonesia yang berpenduduk sekitar 225 juta orang setiap tahun terdapat 0,1 persen atau 225.000 penderita baru penyakit kanker. Setiap tahun ada penambahan sekitar 6-10 juta penderita kanker di dunia. Badan Kesehatan Dunia (*World Health Organization/WHO*) memprediksi bahwa pada tahun 2030 jumlah penderita kanker di Indonesia akan meningkat tujuh kali lipat. Kanker paru, hati, usus, kolorektal, payudara dan serviks merupakan beberapa jenis kanker yang paling banyak ditemukan di Indonesia. Lima besar penyakit kanker yang sering terjadi di Indonesia adalah kanker leher rahim, payudara, kelenjar getah bening, nasofaring, dan kulit (Okezone, 2018)

Polusi udara menghasilkan zat oksidan atau yang dikenal dengan nama radikal bebas. Radikal bebas membahayakan kesehatan karena sifatnya yang merusak jaringan tubuh. Zat ini selain berasal dari luar juga dihasilkan di dalam tubuh melalui proses metabolisme. Radikal bebas akan mengambil elektron dari sel tubuh manusia yang dapat menyebabkan perubahan struktur DNA. Radikal bebas dapat bereaksi dengan membran fosfolipida sehingga mengakibatkan mutasi, inisiasi dan perubahan asam nukleat,

memicu terjadinya kanker serta kerusakan sel. Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi atau suatu zat yang dapat menetralkan atau menangkap radikal bebas (Kumaran & Karunakaran, 2006). Antioksidan eksogen (dari luar tubuh) yang umum digunakan adalah vitamin C, vitamin E, β -karoten, dan komponen-komponen yang terkandung dalam tanaman seperti polifenol dan bioflavonoid.

Beberapa limbah tanaman yang diduga berpotensi menjadi sumber antioksidan alami yaitu kulit buah senduduk, jantung pisang, dan jengkol. Limbah ini memiliki ciri warna kulit yang keunguan mirip seperti kulit manggis dengan kandungan antosianin yang tinggi. Kulit-kulit tanaman ini hanya dibuang tanpa dimanfaatkan secara optimal. Sementara buah atau bijinya dimanfaatkan sebagai makanan ataupun obat tradisional. Buah dan biji jengkol diketahui mengandung senyawa bioaktif tanin, saponin, flavonoid, alkaloid, glikosida, dan steroid. Diduga kulitnya memiliki kemiripan dengan buah atau bijinya yang mengandung senyawa bioaktif ataupun senyawa lain yang berpotensi digunakan sebagai antioksidan alami. Sampai saat ini belum banyak informasi mengenai persentase kandungan antioksidan dari kulit tanaman buah senduduk, jantung pisang dan jengkol.

Penelitian ini bermaksud untuk mengeksplorasi potensi kandungan antioksidan limbah tanaman (kulit buah senduduk, jantung pisang, jengkol) yang jumlahnya melimpah di Provinsi Bengkulu namun belum dimanfaatkan secara optimal. Target utama dari penelitian ini yaitu memanfaatkan limbah kulit tanaman tersebut yang selama ini hanya dibuang menjadi alternatif sumber antioksidan alami.

METODE

Penelitian dilaksanakan selama enam bulan. Analisa antosianin dan vitamin A, C, dan E dilakukan di Balai Besar Industri Agro, Bogor. Bahan yang digunakan terdiri dari kulit buah senduduk, jantung pisang, dan jengkol. Seperangkat alat dan bahan untuk antosianin, vitamin A, C, dan E. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

Tahap analisis parameter antioksidan sebagai berikut. *Pertama*, persiapan sampel. Limbah tanaman yang terdiri dari kulit buah senduduk, jantung pisang, dan jengkol dikering anginkan (kering layu) selama 5-6 jam dibawah terik matahari. Setelah itu dikeringkan dengan menggunakan matahari sampai didapatkan bobot sampel yang stabil. Sampel yang sudah kering digiling dengan menggunakan mesin penggiling untuk mendapatkan sampel bahan dalam bentuk tepung.

Kedua, vitamin A, C, E (IU). Analisis kandungan vitamin A dilakukan pada sampel menggunakan alat *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*. Kuning telur yang dianalisis merupakan hasil komposit dari setiap ulangan dalam perlakuan.

Ketiga, antosianin. Identifikasi antosianin dengan cara identifikasi ekstrak meliputi identifikasi warna dengan HCl dan NaOH, identifikasi dengan Spektrofotometer Uv-Vis, dan identifikasi Gugus Fungsi dengan FTIR. Penentuan kadar antosianin dihitung menggunakan metode perbedaan pH yaitu pada pH 1 dan pH 4,5. Dua larutan sampel disiapkan dari masing masing filtrat, pada sampel pertama digunakan larutan pH 1,0 dan untuk sampel kedua digunakan larutan pH 4,5. Diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. Absorbansi dari setiap larutan pada panjang gelombang maksimum dan panjang gelombang 700 nm. Kadar total antosianin dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (1) dan (2).

$$A = (A_{\lambda_{max}} - A_{700})_{pH 1.0} - (A_{\lambda_{max}} - A_{700})_{pH 4.5} \quad (1)$$

$$\text{Total Anthocyanin (mg/L)} = A \times BM \times DF \times 1000/exl \quad (2)$$

Keterangan:

BM = berat molekul Sianidin-3-rutinosida (445,2 g/mol)

DF = faktor pengenceran

E = absorptivitas molar sianidin-3-rutinosida (28.800 L/(mol.cm))

L = tebal kuvet (1 cm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui senyawa antioksidan yang terkandung didalam beberapa limbah tanaman, maka salah satu analisis yang dapat dilakukan dengan melihat kandungan vitamin A, C, dan vitamin E. Vitamin A, vitamin C dan vitamin E merupakan senyawa antioksidan alami yang sering digunakan sebagai senyawa pembanding dalam pengujian aktivitas antioksidan (Lung & Destiani, 2017). Hal ini dikatakan demikian karena senyawa antioksidan alami relative aman dan tidak menimbulkan toksisitas. Tabel 1 menunjukkan rata-rata kandungan vitamin yang terdapat pada sampel yang diteliti.

Pertama, vitamin A. Dari analisis yang dilakukan, pada rata-rata kandungan vitamin A dapat dilihat bahwa dari semua sampel memiliki kandungan vitamin A yang rendah yaitu berada pada kisaran <0,50 IU/100g. Salah satu penyebab rendahnya kandungan vitamin A dipengaruhi oleh pengeringan yang dilakukan di bawah sinar matahari. Kandungan vitamin A sangat sensitif terhadap cahaya, udara, dan suhu yang tinggi. Kandungan vitamin A pada ubi

jalar mentah lebih tinggi (1165 mg/100g) dibandingkan dengan ubi jalar rebus (18,3 mg/100g) (Rosmalina & Permaesih, 1997). Pengeringan buah di matahari dan caradehidrasi lain menyebabkan kehilangan sebagian darivitamin A (Azrimaidaliza, 2007). Vitamin A banyak terdapat pada tumbuhan berupa Beta-karoten dengan salah satu cirinya yaitu berwarna kuning sampai orange. Penelitian Kemal dkk. (2013) mengenai analisis kandungan β -karoten dan vitamin c dari berbagai varietas ubi jalar (*Ipomoea Batatas*), didapatkan bahwa kandungan Beta-karoten ubi jalar kuning (0,2503 mg/100g) dan orange (0,8001 mg/100g) lebih tinggi dibandingkan ubi jalar ungu (0,1244 mg/100g). Hal tersebut menunjukkan bahwa warna buah juga mempengaruhi banyak atau sedikitnya kandungan vitamin A yang dimiliki.

Kedua, vitamin C. Kandungan vitamin C yang paling banyak terdapat pada kulit jantung pisang dan kulit buah senduduk yaitu sebesar 263,33 dan 111,33 mg. Pada kulit jengkol memiliki sedikit kandungan vitamin C yaitu <0,70. Kandungan vitamin C yang dimiliki oleh jantung pisang

Tabel 1
Rataan Kandungan Vitamin Sampel

No	Nama Bahan	Vit A (IU/100g)	Vit C (mg/kg)	Vit E (mg/100g)
1	Kulit Senduduk	< 0,50 ± 0,00	111,33 ± 0,58	0,91 ± 0,01
2	Kulit Jantung Pisang	< 0,50 ± 0,00	263,33 ± 1,15	0,92 ± 0,00
3	Kulit Jengkol	< 0,50 ± 0,00	< 0,70 ± 0,00	0,92 ± 0,00

dan buah senduduk ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan buah jeruk, kiwi, dan jambu biji yang merupakan sumber vitamin C. Kadar vitamin C pada buah Jambu biji merah (*Psidium guajava* L.) sebesar 0,429 mg/gram atau 42,9 mg/100 gram (penelitian (Padang & Maluku, 2019). Veratamala (2017) menemukan bahwa buah jambu biji memiliki kandungan vitamin C sebesar 200 mg/100g, kiwi 84 mg/100g, dan jeruk 59-83 mg/100g. Kandungan vitamin C pada buah jeruk 58.30mg/100g (Najwa & Azlan, 2017). Tingginya kandungan vitamin C yang dimiliki oleh jantung pisang dan buah senduduk sehingga bisa dijadikan sumber antioksidan yang baik, sebab vitamin C merupakan salah satu sumber antioksidan. Vitamin C adalah salah satu zat gizi yang berperan sebagai antioksidan efektif atau mengatasi radikal bebas yang dapat merusak sel atau jaringan termasuk melindungi lensa dari kerusakan oksidatif yang ditimbulkan oleh radiasi Wardani (2012).

Ketiga, vitamin E. Rata-rata kandungan vitamin E yang dimiliki oleh keempat sampel hampir sama. Kulit jantung pisang dan kulit jengkol memiliki kandungan vitamin E

sebesar 0,92 mg/100g. Kulit buah senduduk sebesar 0,91 mg/100g. Kandungan vitamin E jenis tumbuhan tersebut tergolong rendah dibandingkan dengan kandungan vitamin E pada minyak kecambah dan bunga matahari (Lamid, 2012). Kandungan vitamin E minyak kecambah (177,97 IU/100 mg) dan minyak bunga matahari (72,56 IU/100 mg). Tocopherol (vitamin E) alami terkandung pada minyak nabati misalnya minyak kedelai, minyak kecambah biji kapas, minyak kecambah gandum, dan minyak kecambah biji-bijian yang lain (Pamungkas, 2013).

Tabel 2 menunjukkan bahwa kulit buah senduduk memiliki kandungan antosianin yang tinggi (684.008 mg/100g). Tingginya kandungan antosianin pada buah senduduk membuktikan bahwa buah senduduk merupakan salah satu sumber antioksidan alami. Banyaknya kandungan antosianin yang ada pada buah senduduk salah satunya disebabkan oleh faktor zat warna yang dimiliki oleh buah senduduk yaitu memiliki warna ungu pekat. Dengan adanya warna alami yang pekat pada buah senduduk sehingga banyak penelitian yang meneliti tentang ekstrak pigmen

Tabel 2
Hasil Analisis Kandungan Antosianin Sampel

No	Nama Bahan	Antosianin (mg/100g)
1	Kulit Senduduk	684.008
2	Kulit Jantung Pisang	174.289
3	Kulit Jengkol	166.718

antosianin buah senduduk untuk dijadikan sebagai pewarna alami pada olahan makanan (Purba, 2018; Sulasono, 2014).

Dilihat dari semua sampel bisa dijadikan sebagai antioksidan alami tinggal tingkatan kandungannya ada yang banyak dan tidak. Yang berpotensi sebagai antioksidan alami dilihat dari analisis kandungan vitamin A, C, E, dan kandungan antosianin; maka didapatkan bahwa buah senduduk dan jantung pisang bisa dijadikan sebagai antioksidan alami yang baik.

SIMPULAN

Aktivitas antioksidan alami yang paling tinggi menurut analisis kandungan vitamin A, C, E dan antosianin dari ketiga limbah tanaman (buah senduduk, jantung pisang, kulit jengkol), terdapat pada kulit buah senduduk dan kulit jantung pisang yaitu kandungan vitamin C (111,33 dan 263,33 mg/kg) dan kandungan antosianin (684,008 dan 174,289 mg/100g).

DAFTAR PUSTAKA

- Azrimaidaliza, A. (2007). Vitamin A, imunitas dan kaitannya dengan penyakit infeksi. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 1(2), 90-96.
- Kemal, N. N., Karim, A., & Asmawati, S. (2013). Analisis kandungan β -karoten dan vitamin C dari berbagai varietas Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.). *Jurnal Indonesia Chimia Acta*, 1-5.
- Kumaran, A., & Karunakaran, R. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1), 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.032>.
- Lamid, A. (2012). Vitamin E sebagai antioksidan. *Media of Health Research and Development*, 5. <https://doi.org/10.22435/mpk.v5i01Mar.701>.
- Lung, J. K. S., & Destiani, D. P. (2017). Uji aktivitas antioksidan vitamin A, C, E dengan metode DPPH. *Farmaka*, 15(1), 53-62.
- Najwa, R. F. & Azlan, A. (2017). Comparison of vitamin C content in citrus fruits by titration and high performance liquid chromatography (HPLC) methods. *International Food Research Journal*, 24(2), 726-733.
- Okezone. (2018). *WHO prediksi penderita kanker di Indonesia naik 7 kali lipat pada 2030*. Diunduh dari <https://lifestyle.okezone.com/>.
- Padang, S. A., & Maliku, R. M. (2019). Penetapan kadar vitamin C pada buah jambu biji merah (*Psidium guajava* L.) dengan metode titrasi Na-2,6 Dichlorophenol Indophenol (DCIP). *Media Farmasi*, 13(2), 30-35. <https://doi.org/10.32382/mf.v13i2.879>.
- Pamungkas, W. (2013). Aplikasi vitamin E dalam pakan: Kebutuhan dan peranan untuk meningkatkan reproduksi, sistem imun, dan kualitas daging pada ikan. *Media Akuakultur*, 8(2), 145. <https://doi.org/10.15578/ma.8.2.2013.145-150>.
- Purba, S. R. (2018). *Pemanfaatan zat pewarna alami dari buah senduduk bulu (clidemia hirta) sebagai pengganti zat pewarna sintetik pada pembuatan es krim serta uji daya terimanya* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Kesehatan Masyarakat Unviersitas Sumatera Utara, Medan.
- Rosmalina, Y., & Permaesih, D. (1997). Hasil analisis vitamin a dan β -karoten bahan makanan sumber vitamin A dan karoten dengan metode HPLC. *Penelitian Gizi dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research)*, 20.
- Sulasono, J. T., Martono, A., Ratnawati, D. (2014). *Pemanfaatan ekstrak*

- buah senduduk ungu (Melastoma malabathricum L.) sebagai pewarna dan pengawet pada tahu* (Tesis tidak diterbitkan). Universitas Bengkulu.
- Veratamala, A. (2017). 6 buah yang paling tinggi vitamin C, selain jeruk. *Hellosehat.com*. <https://hellosehat.com/>.
- Wardani, L. A. (2012). *Validasi metode analisis dan penentuan kadar vitamin C pada minuman buah kemasan dengan spektrofotometri UV-visible* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.

**PENENTUAN AKTIVITAS EKSTRAK ETANOL CABAI MERAH
DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI****(THE ABILITY OF RED CHILI ETHANOL EXTRACT
IN INHIBITING THE GROWTH OF BACTERIA)****Alfi Sapitri¹, Eva Diansari Marbun¹, dan Ulfayani Mayasari²**¹Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan Universitas Sari Mutiara
Jl. Kapten Muslim No.79, Helvetia Tengah, Kota Medan, Indonesia - 20124²Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara

Jl. IAIN No. 1, Medan Timur, Kota Medan, Indonesia - 20235

email: alfi.syahfitri@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji fitokimia terhadap ekstrak etanol Cabai merah (*Capsicum annum* L.) dan uji aktivitasnya terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Pengujian aktivitas antibakteri ini menggunakan metode difusi agar dengan menggunakan kertas cakram dengan tiga kali pengulangan. Ekstrak etanol cabai merah dibuat dengan konsentrasi 45, 60, 75, dan 90%. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode Kirby Bauer. Media yang digunakan sebagai uji antibakteri pada penelitian ini yaitu Mueller-Hinton Agar (MHA). Hasil skrining fitokimia terhadap ekstrak etanol cabai merah menunjukkan adanya senyawa metabolit sekunder. Senyawa metabolit sekunder tersebut yaitu alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan steroid/triterpenoid. Steroid berfungsi sebagai antimikroba. Hasil penelitian ini juga mengungkapkan adanya kandungan senyawa capsaicin yang terkenal sebagai senyawa aktif antimikroba. Ekstrak etanol cabai merah memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* zona bening terendah pada konsentrasi 45% dan zona bening tertinggi pada konsentrasi 90%. Dapat disimpulkan bahwa ekstrak cabai merah memiliki aktivitas antibakteri terhadap penghambatan pertumbuhan bakteri.

Kata kunci: ekstrak etanol, *Capsicum annum* L, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

Abstract

This study aimed to perform a phytochemical test on the ethanolic extract of red chili (*Capsicum annum* L.) and test its activity against the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria. This antibacterial activity test used the agar diffusion method using disc paper with three repetitions. Red chili ethanol extract was made with concentrations of 45%, 60%, 75% and 90%. The antibacterial activity test was carried out using the Kirby Bauer method. The medium used as an antibacterial test in this study was Mueller-Hinton Agar (MHA). The results of phytochemical screening of red chili ethanol extract showed the presence of secondary metabolites. The secondary metabolites are alkaloids, flavonoids, tannins, saponins, and steroids/triterpenoids. Steroids serve as antimicrobials. The results of this study also revealed the presence of capsaicin compounds which are known as active antimicrobial compounds. Red chili ethanol extract had antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria in the lowest clear zone at a concentration of 45% and the highest clear zone at a concentration of 90%. It can be concluded that red chili extract has antibacterial activity against bacterial growth inhibition.

Keywords: ethanol extract, *Capsicum annum* L., *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*

PENDAHULUAN

Pemakaian tanaman obat cenderung meningkat pada saat ini. Biasanya, tanaman obat yang dipergunakan berbentuk simplisia. Simplisia tersebut berasal dari akar, daun, bunga, biji, buah, terna, dan kulit batang (Purwanto, 2016, p. 12). Penggunaan tanaman sebagai obat perlu ditingkatkan, sebagai salah satu alternatif pengobatan. Selain harganya relatif murah, tidak memiliki efek samping jika penggunaannya sesuai aturan dan tingkat bahannya yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan obat kimia (Susetya, 2012).

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan komoditas hortikultura yang penting bagi kebutuhan konsumsi manusia. Cabai sangat bermanfaat untuk berbagai keperluan, baik yang berhubungan dengan kegiatan rumah tangga maupun untuk keperluan lain seperti untuk bahan ramuan obat tradisional, bahan makanan serta industri (Nurahmi *et al.*, 2011).

Rahim dkk. (2014) menyatakan bahwa ekstrak cabai rawit yang juga memiliki kandungan serupa dengan cabai merah, memiliki diameter daya hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi maksimum 100% sebesar 10,8 mm. Ekstrak cabai rawit dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada konsentrasi minimum 25% dengan diameter daya hambat sebesar 8,0 mm dan konsentrasi

maksimum 100% memiliki diameter daya hambat sebesar 11,2 mm (Lestari dkk., 2016). Gayathri *et al.* (2016) menyatakan bahwa ekstrak cabai gendol atau cabai gendot pada konsentrasi 60% memiliki diameter daya hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 21 mm, dan pada *Escherichia coli* sebesar 14 mm.

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini dilakukan uji fitokimia terhadap ekstrak etanol Cabai merah (*Capsicum annum* L.) dan uji aktivitasnya terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dengan tahapan-tahapan penelitian yaitu pengumpulan dan pengolahan bahan, identifikasi tumbuhan, pembuatan ekstrak etanol cabai merah (*Capsicum annum* L.), pembuatan larutan pereaksi, skrining fitokimia, dan pengujian aktivitas antibakteri dengan metode difusi agar menggunakan kertas cakram terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) dan *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium foil, autoklaf, batang pengaduk, *beaker glass*, kertas saring whatman, timbangan analitik, mikropipet, cawan petri, gelas beker, erlenmeyer,

aluminium foil, batang pengaduk, benang wol, jangka sorong, jarum ose, bunsen, kapas, penangas air, kertas cakram, pinset, inkubator, gelas ukur, cawan porselin, kertas perkamen, rotary evaporator, pipet tetes, toples kaca, tabung reaksi, mikroskop, gelas ukur, dan *Laminar Air Flow*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak cabai merah (*Capsicum annum* L.), Aquadest, DMSO (Dymetil sulfoxide), kloramfenikol, Etanol 96%, NaCl 0,9 %, Nutrient agar (NA), Larutan Mc Farland, Media Mueller Hinton Agar (MHA). Pereaksi Mayer, Pereaksi Bouchardart, Pereaksi Dragendroff, Besi (III), dan Kloralhidrat.

Alat-alat yang digunakan dalam uji daya hambat antibakteri ini, disterilkan terlebih dahulu sebelum dipakai. Alat-alat gelas disterilkan di dalam oven pada suhu 170°C selama 2 jam. Media disterilkan di autoklaf pada suhu 121°C selama 15-20 menit. Jarum ose dan pinset dengan lampu Bunsen (Dima dkk., 2016)

Serbuk simplisia diekstraksi dengan cara maserasi dengan menggunakan pelarut etanol 96%. Etanol umum digunakan sebagai pelarut karena lebih selektif, kapang dan kuman sulit tumbuh dalam konsentrasi alkohol lebih dari 20% sehingga dapat mencegah tumbuhnya jamur pada ekstrak (Kusumawati dkk., 2017). Simplisia cabai merah ditimbang sebanyak 500 g dimasukkan

ke dalam toples kaca dan diekstraksi dengan pelarut etanol 96%. Ekstrak yang didapat kemudian diuapkan dengan menggunakan rotary evaporator pada suhu 50°C sampai diperoleh ekstrak kental (Ditjen POM, 1979). Karakterisasi Serbuk dan skrining fitokimia dilakukan terhadap ekstrak etanol cabe merah.

Variasi konsentrasi ekstrak cabai merah (*Capsicum annum* L.) dibuat dengan melarutkan ekstrak dengan DMSO dengan konsentrasi 45, 60, 75, dan 90%. Kemudian dilakukan uji aktivitas antibakteri ekstrak cabai merah terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Esherichia coli*. Uji aktiaktivitas antibakteri dilakukan dengan metode Kirby Bauer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skiring Fitokimia terhadap ekstrak cabai merah meliputi pemeriksaan alkaloid, flavonoid, tanin, saponin dan steroid/triterpenoid. Hasil uji fitokimia pada ekstrak etanol cabe merah disajikan pada Tabel 1.

Pada pemeriksaan alkaloid, serbuk simplisia, ekstrak etanol cabai merah, dengan penambahan pereaksi mayer akan terbentuk endapan putih/kuning, pada penambahan pereaksi bouchardat akan terbentuk endapan coklat hitam, pada penambahan pereaksi dragendroff akan terbentuk endapan merah bata. Pada pemeriksaan flavonoid dengan penambahan serbuk Mg dan asam klorida

Tabel 1
Skrining Fitokimia Cabai Merah

No	Senyawa	Pereaksi	Ekstrak Cabai Merah	Perubahan yang Terjadi
1	Alkaloid	Mayer	+	Endapan putih/ kuning
		Bouchardat	+	Endapan coklat hitam
		Dragendroff	+	Endapan merah bata
2	Flavonoid	Mg + HCl (p)	+	Larutan warna merah/kuning
3	Tanin	FeCl ₃ 1%	+	Larutan warna biru/hijau kehitaman
4	Saponin	Aquadest + HCl 2 N	+	Terbentuk busa setinggi 1-10 cm.
5	Steroid/Triterpenoid	n-heksan, (CH ₃ CO) ₂ O, H ₂ SO ₄ (P)	+	Merah jingga/Hijau

Keterangan: (+) = Menunjukkan adanya golongan senyawa, sedangkan. (-) = Menunjukkan tidak adanya golongan senyawa

akan menghasilkan warna merah/kuning. Pada pemeriksaan tanin dengan penambahan FeCl₃ 1% akan menghasilkan warna biru/hijau kehitaman. Pada pemeriksaan saponin dengan penambahan aquadest panas, didinginkan kemudian dikocok kuat-kuat selama 10 detik akan timbul busa setinggi 1-10 cm yang stabil tidak kurang dari 10 menit dan tidak hilang dengan penambahan HCl 2N dan pada pemeriksaan steroid/triterpenoid dengan penambahan asam asetat anhidrat dan asam sulfat pekat. Timbul

warna ungu/merah berarti positif terpenoid dan warna hijau/biru menandakan positif steroid (Ditjen POM, 1995).

Penetapan kadar air pada simplisia (Tabel 2) dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam simplisia yang digunakan. Kadar air simplisia ditetapkan untuk menjaga kualitas simplisia karena kadar air berkaitan dengan kemungkinan pertumbuhan jamur atau kapang. Hasil penetapan kadar air diperoleh lebih kecil dari 10% yaitu 6,99%

Tabel 2
Hasil Pemeriksaan Karakterisasi Serbuk Simplisia Cabai Merah

No	Parameter	Hasil	Referensi (FHI)
1	Kadar air	6,99%	<10%
2	Kadar sari larut air	8,43%	>7%
3	Kadar sari larut etanol	18,90%	>3%
4	Kadar abu total	4,08%	<15%
5	Kadar abu tidak larut asam	0,39%	<1%

menunjukkan bahwa simplisia memiliki kadar air yang sulit ditumbuhi jamur dan memenuhi persyaratan dari Farmakope Herbal Indonesia (FHI), kadar air yang lebih 10% dapat menjadi media yang baik untuk pertumbuhan mikroba, keberadaan jamur atau serangga, serta mendorong kerusakan simplisia (Handoko, 2002).

Penetapan kadar sari dilakukan menggunakan dua pelarut, yaitu air dan etanol. Penetapan kadar sari larut air adalah untuk mengetahui kadar senyawa kimia bersifat polar yang terkandung di dalam simplisia, sedangkan kadar sari larut dalam etanol dilakukan untuk mengetahui kadar senyawa larut dalam etanol, baik senyawa polar maupun nonpolar (Salni, 2011).

Hasil karakteristik simplisia cabai merah menunjukkan kadar sari yang larut dalam air sebesar 8,43% sedangkan kadar sari yang larut dalam etanol sebesar 18,90%, hasil memenuhi persyaratan yang tertera pada FHI sehingga dapat dikatakan untuk mengetahui kandungan senyawa-senyawa aktif yang terkandung didalam simplisia cabai merah menggunakan etanol lebih baik karena etanol memiliki kemampuan menyari dengan polaritas yang lebar mulai dari senyawa nonpolar sampai polar (Saifuddin dkk., 2011).

Penetapan kadar abu total dilakukan dengan tujuan untuk memberikan gambaran kandungan mineral internal dan eksternal

yang berasal dari proses awal sampai terbentuknya simplisia. Kadar abu total berkaitan dengan mineral baik senyawa organik maupun anorganik yang diperoleh secara internal maupun eksternal (Depkes RI, 2000, pp. 1-19). Kadar abu tidak larut asam untuk menunjukkan jumlah silikat, khususnya pasir yang ada pada simplisia dengan cara melarutkan abu total dalam asam klorida (Sari dkk., 2013). Penetapan kadar abu total sebesar 4,08% dan kadar abu tidak larut asam sebesar 0,39%. Kadar abu total dan abu tidak larut asam pada simplisia memenuhi persyaratan yang tertera pada FHI sehingga dapat dikatakan kadar pencemaran logam pada simplisia cabai merah memenuhi persyaratan sebagai simplisia yang baik (Depkes RI, 1995).

Penelitian yang dilakukan mengenai uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol cabai merah terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dilakukan dengan metode difusi agar menggunakan kertas cakram dengan menggunakan media *Mueller Hinton Agar (MHA)*. Hasil pengukuran diameter zona hambat disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Hasil pengukuran aktivitas antibakteri ekstrak cabai merah terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ditunjukkan dengan adanya zona hambat berupa zona bening di sekitar kertas cakram yang diukur dengan jangka sorong. Hasil pengujian antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*

Tabel 3
 Hasil Zona Hambat Ekstrak Etanol Cabai Merah terhadap *Staphylococcus aureus*

Sampel	Konsentrasi	Diameter Zona Hambat (mm)			Zona Hambat Rata-Rata (mm) & SD
		P1	P2	P3	
Ekstrak Etanol Cabai merah	45%	9,1	8,7	8,3	8,7 ± 0,4
	60%	11,1	10,9	10,4	10,8 ± 0,36
	75%	14,1	12,9	13,7	13,56 ± 0.61
	90%	17	15,8	16,8	16.53 ± 0.64
Kloramfenikol (+)	31,5				31,5 ± 0
Aquadest (-)		0			0

Tabel 4
 Hasil Zona Hambat Ekstrak Etanol Cabai Merah terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli*

Sampel	Konsentrasi	Diameter Zona Hambat (mm)			Zona Hambat Rata-rata (mm) & SD
		P1	P2	P3	
Cabai merah	45%	9,8	9,2	9,1	9,3±0,38
	60%	10,2	10,3	10,7	10,4±0,26
	75%	11,4	12,7	12,2	12,1±0,66
	90%	14,1	15,3	14,2	14,5±0,66
Kloramfenikol (+)		28,5			28,5±0
Aquadest(-)		0			0

disajikan pada Tabel 3. Konsentrasi terkecil (45%) dengan diameter zona hambat sebesar 8,7 mm termasuk dalam respon hambatan sedang dan untuk konsentrasi terbesar (90%) dengan zona hambat sebesar 16,53 mm termasuk respon hambatan kuat. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat penghambatan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* oleh ekstrak cabai merah mengalami kenaikan dari konsentrasi 45 sampai 90%. Zona hambat efektif pada konsentrasi 75% sebesar 13,56 mm dan 90% sebesar 16,53 mm. Hal ini sesuai dengan Farmakope

Indonesia Edisi IV tentang penetapan potensi antibiotika secara mikrobiologi menghasilkan batas daerah hambat dinilai efektif apabila memiliki diameter daya hambat lebih kurang 14 mm sampai 16 mm (Ditjen POM, 1995).

Hasil dari data uji aktivitas ekstrak etanol cabai merah terhadap *Staphylococcus aureus* kemudian dilakukan uji analisa statistik dengan menggunakan uji anova sebelum dilakukan uji anova data harus dilakukan uji normalitas kepada seluruh konsentrasi ekstrak etanol terhadap

Staphylococcus aureus berdistribusi normal dengan nilai signifikan $0,000 > \alpha=0,05$. Semua data berdistribusi normal, maka dilakukan uji Anova untuk melihat pengaruh ekstrak etanol cabai merah terhadap *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan hasil uji anova diperoleh bahwa nilai signifikan perlakuan terhadap diameter zona hambat *Staphylococcus aureus* diperoleh nilai signifikansi $0,000 < \alpha=0,05$.

Hasil pengujian antibakteri terhadap *Escherichia coli* dapat ditunjukkan pada Tabel 4. Konsentrasi terkecil (45%) dengan diameter zona hambat sebesar 9,3 mm dalam respon hambatan sedang dan untuk konsentrasi terbesar (90%) dengan diameter zona hambat sebesar 14,5 mm termasuk respon hambatan kuat. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat penghambatan pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* oleh ekstrak cabai merah mengalami kenaikan dari konsentrasi 45 sampai 90% dan zona hambat yang efektif berada di konsentrasi 90% sebesar 14,5 mm hal ini sesuai dengan Farmakope Indonesia Edisi IV batas nilai hambat dinilai efektif apabila memiliki diameter daya hambat lebih kurang 14 mm sampai 16 mm (Ditjen POM, 1995). Hasil ini menunjukkan bahwa ukuran zona hambat yang terbentuk berbeda-beda pada konsentrasi. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak cabai merah, maka semakin besar zona hambat yang terbentuk. Begitu juga sebaliknya, semakin

rendah konsentrasi ekstrak maka semakin kecil zona hambat yang terbentuk. Hal ini dikarenakan pengaruh oleh besar kecilnya konsentrasi atau kandungan zat aktif yang terkandung di dalamnya serta kecepatan difusi bahan aktibakteri kedalam medium agar. Ekstrak etanol cabai merah memiliki senyawa metabolit sekunder yang terdiri atas alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan steroid/triterpenoid yang bekerja sebagai anti-bakteri. Selain lima kandungan senyawa di atas, kandungan capsaicin yang terkandung dalam cabai merah yang merupakan senyawa fenol yang bertanggung jawab terhadap rasa pedas pada cabai. Selain itu, capsaicin juga terkenal sebagai senyawa aktif antimikroba (penghambat pertumbuhan mikroorganisme). Mekanisme capsaicin dalam menghambat mikroorganisme dimulai dengan penetrasi capsaicin ke dalam sel mikroba, kemudian akan menghambat sintesis protein serta merusak DNA (Maharani & Warsiki, 2014).

Hasil dari data uji Anava ekstrak etanol cabai merah terhadap *Escherichia coli* bahwa seluruh konsentrasi berdistribusi normal dengan nilai signifikan $0,000 > \alpha = 0,05$. Kemudian dilanjutkan uji Anava untuk melihat pengaruh ekstrak etanol cabai merah terhadap *Escherichia coli*. Berdasarkan hasil uji Anava diperoleh bahwa nilai signifikan perlakuan terhadap diameter zona hambat *Escherichia coli* diperoleh nilai signifikansi $0,000 < \alpha = 0,05$.

Pengukuran hasil penelitian dengan zona hambat ekstrak etanol cabai merah yang telah dibuat konsentrasi 45, 60, 75, dan 90%, terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* terlihat daerah bening disekitar kertas cakram (*Paper disk*). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa zona hambat dari ekstrak etanol cabai merah semakin tinggi konsentrasi maka zona hambatnya semakin besar dari konsentrasi 45 sampai 90%. Hal ini sesuai dengan Pelczar dan Chan (1986) menyatakan semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka senyawa aktif antimikroba yang terkandung makin banyak sehingga kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroba semakin tinggi pula.

Pada bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* terdapat perbedaan hasil dari pengukuran zona bening pada masing-masing kelompok perlakuan disebabkan beberapa faktor antara lain jenis bakteri yang dipakai yaitu *Escherichia coli* tergolong bakteri gram negatif dan *Staphylococcus aureus* adalah golongan bakteri gram positif. Zona hambat yang terbentuk pada bakteri *Staphylococcus aureus* lebih besar dari pada *Escherichia coli*. Hal ini sesuai penelitian Lestari dkk. (2016) yang menyatakan beberapa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terbentuknya zona hambat adalah kepekaan pertumbuhan bakteri, reaksi antara bahan aktif dengan medium dan suhu inkubasi.

Perbedaan hasil zona bening disekitar cakram pada kedua bakteri terlihat berbeda dikarenakan adanya kepekaan yang berbeda antara bakteri Gram negatif dan bakteri Gram positif. Radji (2013) menyatakan bahwa jenis bakteri gram positif memiliki struktur dinding sel yang lebih sederhana dibandingkan dengan bakteri gram negatif memiliki kandungan lemak yang relatif lebih tinggi sehingga lebih tahan terhadap perubahan lingkungan yang disebabkan oleh bahan kimia. Hal inilah yang diduga mengakibatkan dinding sel bakteri gram positif mudah rusak oleh senyawa antibakteri dan ekstrak etanol cabai merah dari pada gram negatif.

Perbedaan aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* diduga disebabkan oleh penggunaan jenis pelarut etanol karena bersifat polar. Naufalin dkk. (2009) menyatakan bahwa ekstrak etanol (polar) buah cabai merah menghasilkan komponen alkaloid, flavonoid, saponin, tannin, steroid/triterpenoid. Komponen fitokimia yang terlarut dalam pelarut polar inilah yang menyebabkan ekstrak etanol cabai merah memiliki daya hambat yang berbeda dan lebih besar pengaruhnya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Qomar dkk. (2018) mengenai ekstrak daun kayu manis terhadap *Staphylococcus epidermidis* memiliki zat yang memberikan

efek antimikroba seperti minyak atsiri, flavonoid, saponin, tanin, dan alkaloid. Hal ini juga didukung oleh pendapat Ningtyas (2010) yang menyatakan bahwa senyawa yang bersifat polar sukar untuk melalui dinding sel gram negatif karena kandungan dinding sel bakteri gram negatif lebih banyak dari pada sel bakteri gram positif. Kontrol positif yang digunakan yaitu kloramfenikol. Mekanisme kerja kloramfenikol dalam menghambat pertumbuhan bakteri adalah dengan menghambat sintesis protein yang kuat pada mikroorganisme dan antibakteri yang bersifat bakteristatik dan berspektrum luas. Obat ini menghalangi pelekatan asam amino pada rantai peptida yang baru timbul pada unit 50S pada ribosom, dengan mengganggu daya kerja peptidil transferase (Brooks dkk., 2013). Hasil penelitian Lestari dkk. (2016) pada ekstrak daun cabe rawit (*Capsicum frutescens* L.) memiliki aktivitas antibakteri terhadap penghambatan pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% memiliki daya hambat masing-masing 8,0; 9,1; 10,1; dan 11,2 mm.

SIMPULAN

Hasil skrining fitokimia terhadap ekstrak etanol cabai merah menunjukkan adanya senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan Steroid/triterpenoid sebagai antimikroba

serta kandungan senyawa capsaicin yang terkenal sebagai senyawa aktif antimikroba. Ekstrak etanol cabai merah memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* zona bening terendah pada konsentrasi 45% dan zona bening tertinggi pada konsentrasi 90%.

DAFTAR PUSTAKA

- Brooks, G. F., Butel, J. S., Morse, S. A., & Mudihardi, E. (2013). *Jawetz, Melnick, & Adelberg's mikrobiologi kedokteran*. (Aryadhito Widhi Nugroho dkk., Terj.). Salemba Medika.
- Depkes RI. (1995). *Materia medika Indonesia* (Jilid VI). Departemen Kesehatan RI.
- Depkes RI. (2000). *Parameter standar umum ekstrak tumbuhan obat* (Cetakan pertama). Departemen Kesehatan RI.
- Dima, L. L. R. H., Fatimawali, & Lolo, W. A. (2016). Uji aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Pharmakon Jurnal Ilmiah Farmasi*, 5(2), 282-289.
- Ditjen POM RI. (1995). *Farmakope Indonesia* (Edisi IV). Departemen Kesehatan RI.
- Gayathri, N., Gopalakrishnan, M., & Sekar, T. (2016). Phytochemical screening and antimicrobial activity of *Capsicum chinense* Jacq. *International Journal of Advances in Pharmaceutics*, 5(1), 12-20.
- Handoko, C. (2002). *Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan, produksi dan mutu bangle (Zingiber purpureum Roxb.) pada beberapa taraf pemupukan nitrogen* (Skripsi tidak diterbitkan). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kusumawati, E., Apriliana, A., & Khatimah, K. (2017). Uji aktivitas antibakteri

- ekstrak etanol daun kerehau (*Callicarpa longifolia* Lam) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 2(2), 166-172.
- Lestari, A. P., Rosyid, A., & Wahyudin, I. (2016). Aktivita ekstrak cabe rawit (*Capsi.sum annum* L.) terhadap penghambatan pertumbuhan bakteri *Echerchia coli* secara invitro. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 1(2), 1-6.
- Maharani, U., & Warsiki, E. (2014). *Pemanfaatan oleoresin cabai untuk film antimikroba penghambat pertumbuhan Escherichia coli* (Skripsi tidak diterbitkan). IPB, Bogor.
- Naufalin, R., H. S. Rukmini, T. Yanto, & Erminawati. (2009). *Formulasi dan produksi pengawet alami dari kecombrang (Nicolaia speciosa Horan)* (Laporan Penelitian Hibah Kompetensi). Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Ningtyas, R. (2010). *Uji antioksidan antibakteri ekstrak air daun kecombrang (Etlingera elation (Jack.) R. M, Smith) sebagai pengawet alami terhadap Escherichia coli dan Staphylococcus aureus* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Sains dan Teknologi Universita Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Nurahmi, E., Mahmud, T., & Sylvia, R., S. (2011). Efektivitas pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil cabai merah. *Jurnal Floratek*, 6(1), 158-164.
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (1986). *Dasar-dasar mikrobiologi*. UI-Press.
- Purwanto, Ns. B. (2016). *Obat herbal andalan keluarga*. Flashbook.
- Qomar, M. S., Budiyanto, M. A. K., Sukarsono, S., Wahyuni, S., & Husamah, H. (2018). Efektivitas berbagai konsentrasi ekstrak daun kayu manis (*Cinnamomum burmannii* [Ness.] BI) terhadap diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Biota*, 4(1), 12-18.
- Radji, M. (2013). *Buku ajar mikrobiologi panduan mahasiswa farmasi & kedokteran*. Kedokteran EGC.
- Rahim, A., Wahyudin, I., Lusyana, E., Aprilianti, E., Shofa, Z. N., Widyaningrum, N., & Sari, N. P. (2014). Efektifitas antibakteri ekstrak cabe rawit (*Capsium annum* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi uji pendahuluan potensi tanaman obat tradisional sebagai alternatif pengobatan saluran pernafasan. *Prosiding SNST ke-5*, 1(1), 7-12.
- Saifuddin, A., Teruna, H. Y., & Rahayu, V. (2011). *Standarisasi bahan obat alam*. Graha Ilmu.
- Sari, D. L. N., Cahyono, B., & Kumoro, A. C. (2013). Pengaruh jenis pelarut pada ekstraksi Kurkuminoid dari rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb). *Jurnal Chem Info*, 1(1), 101-107.
- Susetya, D. (2012). *Khasiat & manfaat daun ajaib binahong*. Pustaka Baru Press.

EXPLORING THE POTENTIAL ENERGY OF LODAGUNG MINI-HYDROPOWER PLANT IN BLITAR, WEST JAVA, INDONESIA

Etty Susilowati¹ dan Raymond Valiant Ruritan²

¹PT Jasa Tirta Energi (JTE), Indonesia

Mega Glodok Kemayoran, Kantor Blok C-16 Jl. Angkasa Kav B-6, Jakarta Indonesia - 10610

²Jasa Tirta I Public Corporation

Surabaya Street 2A, Malang, Indonesia - 65145

email: ettysslwt@gmail.com

Abstract

Renewable energy in Indonesia is not optimally developed. Most existing renewable energy power plants come from water and geothermal, but the utilized capacity is far away from significant. Lodagung mini-hydro power plant was built by The Public Corporation, Jasa Tirta I with an installed capacity of 2x650 kW utilizing water from the Lodagung Irrigation Channel, Wlingi Dam to generate electricity in Blitar Regency, East Java. The plant has become the first to use Siphon technology in its operation. This study aims to analyse the potential power generated by Lodagung Mini-hydropower plant using primary and secondary data. The data processing was done by calculating the reliable discharge of the irrigation channel for three years since 2011 to 2013; calculating the water discharge in the siphon pipe; and calculating the estimated power generated by the plant. The findings indicate that the maximum discharge of the Lodagung irrigation channel is 13.78 m³/second, and the minimum discharge is 8.89 m³/second. The design discharge is 13.78 m³/second, and the maximum discharge in the siphon pipe is 3.96 m³/second/pipe. Based on the need, the expected power generated ranges from 16.48 kWh/day to 28.66 kWh/day.

Keywords: renewable energy, Mini-hydropower plant, design discharge, electric power, Lodagung

INTRODUCTION

Indonesia has enormous potential electrical energy sources that can be developed as renewable energy such as air, solar, biomass, wind and geothermal energy. However, the potential sources have not been optimally used. The potential electrical energy that can be generated from renewable energy could produce 432 GW or 7 to 8 times from the total power plants currently installed. Most existing renewable energy power plants used now

come from the air and geothermal energy.

About 7 GW capacity that has been utilized commercially; 66% is hydroelectric power while 27% is geothermal power generation (Institute for Essential Services Reform, 2019).

Rapid population and economic growth in Indonesia have forced for more electricity supply per year. The State Electricity Company, PT Perusahaan Listrik Negara, as the only national electricity provider, is still unable to fulfill the electricity supply target

in all over Indonesia. The electrification ratio in rural areas only reached 98.30% in 2018. The provision of electricity in rural areas is relatively difficult since it highly cost. It has to reach remote areas with widespread housing and faraway from primary power plants or substations so that adding networks cost is relatively high. In addition, the low electricity purchasing power of rural people has an impact on higher electricity subsidies (Ministry of Energy and Mineral Resources of Indonesia, 2019).

One possible solution to provide electricity in rural areas is by utilizing local energy sources through hydropower. Utilization of hydropower is also a part of the development of renewable energy, on a small scale such as Mini-hydropower plants.

One of Mini-hydropower plants is Lodagung which is located in Blitar, East Java. It was built by the Public Corporation, Jasa Tirta I with an installed capacity of 2x650 kW utilizing water from the Lodagung Irrigation Channel, Wlingi Dam. It has been operating since 2018 (Riady, 2018). Mini-hydropower plants have advantages over other larger hydropower plants, including low development and operating costs due to its small scale, relatively short construction time and being able to adjust output power quickly, pollutant-free, and low risks

(European Small Hydropower Association, 2010).

This study aims to analyse the potential power generated by Lodagung mini-hydro power plant. Previous studies regarding to the potential analysis of other Mini-hydropower plants in Indonesia have been carried out (Dwiyanto *et al.*, 2016; Anggraini *et al.*, 2018; Pranoto *et al.*, 2018; Dewi, 2020). The potential analysis for electric power generated by Lodagung mini-hydro power plant is still significant. It is because the shallow development of renewable energy in Indonesia and the studies conducted will contribute to the further development of mini-hydro power in various parts of Indonesia and increase the electrification ratio, especially in the rural areas.

Mini-hydropower plant is a small-scale power plant with the energy capacity less than 100 kW (Dwiyanto *et al.*, 2016). The working system of mini hydropower as follows. The flow of the water will produce kinetic energy. The kinetic energy of the flowing water will rotate the turbine propeller to convert the kinetic energy into mechanical energy. The turbine rotates the generator rotor which then converts the mechanical energy into electrical energy (Penche, 1998). The first hydroelectric power plant was developed in the 1880s (Nasir, 2013).

Mini-hydropower plant is a form of renewable energy sources. Mini-hydropower plant has some advantages over fossil or nuclear power plants. It can generate electricity at times of need, reduce power loss during transmission and supply electricity more economically with varying peak load demands whereas fossil fuel or nuclear power plants can only provide the baseload due to the complex operational requirements and start-up times which takes time. The construction of mini-hydro powerplants relatively take short time and it can adjust output power quickly. Mini-hydropower plant also do not pollute water and it has relatively low operating costs and risks.

Compared to the other sources of electrical energy such as wave, wind, and solar power plants; mini-hydropower plant has the highest efficiency (approximately 70-90%); higher capacity factor (>50%) than solar power plants (10%) and wind power plants (30%); relatively stable output power (European Small Hydropower Association, 2010). Mini-hydropower plant is more efficient than small hydropower with a maximum capacity of up to 10 MW.

Mini-hydropower plant is chosen since its low cost, small in size, easy to build in remote areas and the ability to serve people who are usually unable to be served by large state-owned or private power companies

(Nasir, 2013). Besides, the construction of Mini-hydropower plants does not damage the environment as caused by large-scale power plants.

Generally, there are four essential components of Mini-hydropower plants. The components are designed to flow water to the turbine. **Water turbines** is used to convert water energy to rotate the generator shaft; **a drive system** is aimed to transmit power from the turbine to the generator shaft; **a generator** to convert mechanical energy into electrical energy; and **a control system** (Harvey *et al.*, 1993).

The working principle is to utilize potential energy from flowing water. The water is piped to the powerhouse in order to power the turbines. The rotation of the turbine shaft converts mechanical energy into electrical energy through a generator. The Mini-hydropower plant is usually built by diverting the water flow to one side of the river and then dropping it back into the same river to obtain the height of the waterfall. Today's, the potential energy changes into kinetic energy. The flowing water will hit and rotate the turbines in the powerhouse and convert kinetic energy into mechanical energy. The rotation of the turbine will drive a generator that converts mechanical energy into electrical energy (Maali, 2017).

METHOD

This study was conducted on the Lodagung irrigation channel which receives water from Wlingi Dam, Blitar, East Java. The data used are primary and secondary data. The primary data were collected in the form of the data on irrigation canals, river flow velocity, height difference from the weir to the mill, and water level on pipes. The secondary data consists of 10 daily discharge data for irrigation channels since 2011 to 2013 and the construction history of Wlingi Dam from the Wlingi multipurpose project report on groundwater in limestone foundation and dam safety.

The research method was carried out in the following stages: collecting primary and secondary data, calculating the reliable discharge of irrigation channels for three years, calculating the water discharge in the siphon pipe, and calculating the estimated energy produced by Lodagung Mini-hydropower plant.

The mainstay discharge of irrigation channels was calculated using the Weibull equation as follows (Limantara, 2010):

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \quad (1)$$

Where:

P = the exceeded probability (%)

m = discharge serial number

n = amount of discharge data

After calculating the mainstay discharge, the generator planned discharge (Q_d) was determined. The planned discharge used to calculate the amount of power and energy for the three years that have been calculated previously. Installed capacity and electrical energy produced each year (E) were calculated using equations (2) and (3).

$$P = \eta_t \times \eta_g \times \eta_{tr} \times g \times Q_d \times H_n \quad (2)$$

$$E = \xi \times P \times 8760 \quad (3)$$

Where:

P = installed capacity (kW)

η_t = turbine efficiency; maximum 93% and minimum 70%

η_g = generator efficiency (97%)

η_{tr} = transformation efficiency (98%)

Q_d = planned discharge (m³/second)

H_n = effective head = H_g - losing head (m)

H_g = head gross (m)

E = annual energy (kWh)

ξ = capacity factor

Furthermore, the estimation of flow conditions in the siphon pipe was calculated using the Food and Agriculture Organization (FAO) method using equation (4).

$$Q = CA\sqrt{2gH} \quad (4)$$

Where:

C = discharge coefficient

A = cross-sectional area (m²)

H = head gross (m)

Discharge coefficient (C) was calculated using equation (5).

$$C = \frac{1}{1 + \lambda \frac{L}{d} + \sum k} \quad (5)$$
$$= \frac{1}{1 + \frac{\text{Total head loss}}{\frac{V^2}{2g}}}$$

Where:

λ = pipe surface roughness coefficient (0,02)

L = the total length of the channel

d = siphon diameter

$\sum k$ = the total loss coefficient along the pipe

FINDINGS AND DISCUSSION

Lodagung Mini-hydropower plant is a hydroelectric power plant that was built in 2016. It was planned, funded and operated independently by Jasa Tirta I Public Corporation. The construction of this project took approximately 18 months and was officially inaugurated on 20 February 2018. The aim is to produce and overcome the shortage of electricity supply by exploiting the potential of natural resources that have not been optimally utilized in various regions in Indonesia.

Lodagung Mini-hydropower plant utilizes irrigation water that flows through the Lodagung irrigation channel from Wlingi Dam, Blitar Regency, East Java. Before being utilized by Lodagung Mini-hydropower plant, the irrigation water was used to irrigate approximately

12,000 hectares of rice fields in Blitar and Tulungagung Regencies.

The irrigation water is available throughout the year with a discharge of 8 to 14 cubic meters/second. The potential for a high fall between the average water level in the reservoir and the water level in the irrigation channel is 12.5 meters. The irrigation water is utilized using intake siphon technology to absorb water and flow it through a penstock pipe. This action rotates turbines and generators to generate electricity. The turbine has a Kaplan S-type Turbine specification. In contrast, the generator has a Synchronous generator specification produced by a European manufacturer with a total length of siphon pipe and penstock of approximately 460 m and a thickness of 12 mm (Jasa Tirta I, 2020).

The rationalization of using siphon turbines is also due to the geological and safety considerations of Wlingi Dam. It indicates that there has been water leakage in limestone soil. It has caused an elevation of the groundwater level to be parallel to the land in residential areas around the downstream reservoir and the powerhouse. This phenomenon has led to grouting cracks in the dam, and influences the design of the penstock pipe which was initially connected to the outlet of the existing irrigation channel. This channel uses the siphon principle that sucks water directly from the reservoir. There

are concerns that the risk of water leakage in the lime soil will reoccur due to the vibration of heavy equipment while digging the soil in the former grouting area. Since Lodagung Mini-hydropower plant uses a siphon pipe, the pipe can be lied down on the ground level.

Widhiatmaka (2010) states that Siphon technology is an appropriate technology for Mini-hydropower plant since it can directly use existing irrigation canal water. Before the technology existed, Mini-hydropower plants used a soaking tub before the water was absorbed. The siphon components consist of penstock, turbine, generator, transmission system, ball valve, and draft tube.

A penstock is a channel that carries water from the irrigation channel to the turbine. The channel must be placed at a certain depth so that it can be operated both in the rainy and dry season. The tip of the penstock is given a filter so that it can filter out rubbish and dirt carried by water.

Siphon turbine is used to absorb water with a rotation of between 400 to 800 and an efficiency level of 80%. Generators are useful for converting mechanical energy into electrical energy. The transmission system functions to increase the turbine rotation so that it reaches the minimum limit of generator rotation to generate electricity. Siphon turbines usually use a pulley and v-belt transmission systems. The ball valve is placed at the end of the penstock pipe,

which functions to encourage and break the siphoning effect. Finally, the draft tube is a pipe that functions to reduce the speed of water leaving the turbine. The working principle of the siphon turbine is first to encourage the siphoning effect by setting the ball valve in a closed position. After that, water enters the turbine room, and the ball valve opens to suck water to turn the turbine. The turbine rotates to produce mechanical energy. The mechanical energy is used to drive a generator and generate electricity. The higher the waterfall, the greater the electrical energy generated (Widhiatmaka, 2010; Imanudin *et al.*, 2016; Putra *et al.*, 2018).

A hydrological analysis is performed to estimate the reliable discharge provided by the Lodagung irrigation channel. The calculation method records ten daily discharge and irrigation canal data for three years from 2011 to 2013. The determination of the primary ten days is following the hydrological feasibility study conducted by Directorate General of Electricity and Energy Utilization, Ministry of Energy and Mineral Resources of Indonesia in 2009.

The calculation results are presented in Table 1. It is found that the maximum discharge of the Lodagung irrigation channel is 13.78 m³/second with a probability of 2.70% and the minimum discharge is 8.89 m³/second with a probability of 97.30%. From

Table 1
The Mainstay Discharge of Lodagung Irrigation Channel from 2011 to 2013

No	Month	Decade	Probability (%)	Average Discharge
1	January	1	35,14	13,09
2	February	1	16,22	13,37
3	March	1	8,11	13,55
4	April	1	21,62	13,33
5	May	1	54,05	12,61
6	June	1	59,46	11,84
7	July	1	56,76	12,36
8	August	1	62,16	11,57
9	September	1	75,68	10,23
10	October	1	89,19	9,53
11	November	1	83,78	9,69
12	December	1	40,54	12,76
13	January	2	29,73	13,11
14	February	2	27,03	13,25
15	March	2	5,41	13,68
16	April	2	24,32	13,29
17	May	2	45,95	12,62
18	June	2	48,65	12,62
19	July	2	67,57	11,00
20	August	2	70,27	10,66
21	September	2	78,38	9,88
22	October	2	94,59	9,05
23	November	2	86,49	9,63
24	December	2	37,84	13,02
25	January	3	13,51	13,37
26	February	3	18,92	13,35
27	March	3	10,81	13,42
28	April	3	32,43	13,1
29	May	3	43,24	12,64
30	June	3	51,35	12,62
31	July	3	64,86	11,21
32	August	3	81,08	9,73
33	September	3	91,89	9,22
34	October	3	97,30	8,89
35	November	3	72,97	10,24
36	December	3	2,70	13,78

the flow rate calculation, a planned discharge (Q_d) of 13.78 m³/second is determined because all available outflows are used to generate power and electrical energy due to the relatively small fluctuation of outflow of 5 m³/second (the difference between the maximum and minimum discharges).

The mainstay discharge analysis for Lodagung Mini-hydropower plant is carried out to estimate the maximum discharge that the siphon pipe can flow. Through the calculation method recommended by the Food and Agriculture Organization (FAO), it is found that the maximum discharge of siphon pipes without regulation is 15.28 m³/second. The pipe is regulated with two pipes with a diameter of 1.5 m each. The water flow in each pipe becomes 3.96 m³/second. The total pipe length is 410.46 m, and the dam peak evaluation ranges from 167 m (Figure 1).

The analysis of the generated electrical power was carried out to estimate the electric power that could be produced by Lodagung Mini-hydropower plant. The calculation of electric power is based on the discharge of the Lodagung irrigation channel. The assumption used is that two turbines are operating until the irrigation discharge decreases by up to 40%. Therefore, a minimum value of 2.76 m³/second is obtained for each turbine. The value is still below the minimum discharge of the Lodagung irrigation channel, which is 8.89 m³/second. It is estimated that the turbine can operate all year round except during repair and maintenance. The results of calculations using a 10-day discharge period based on the Reservoir Operation Pattern and Water Allocation at efficiency level of 70 to 90% suggests that the energy that can be generated ranges are from 16.48 kWh/day to 28.66 kWh/day (Table 2). Lodagung Mini-

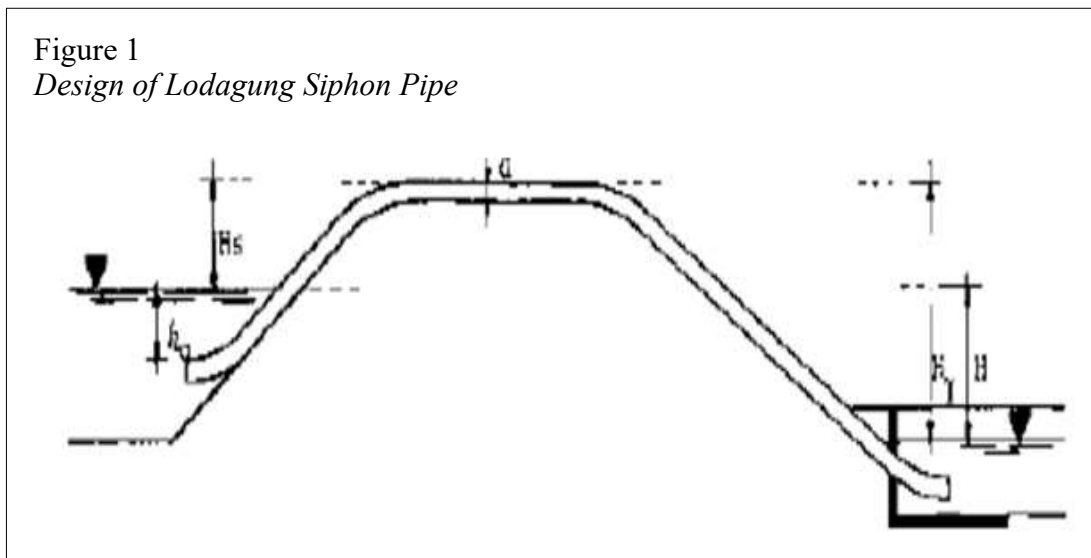


Table 2
The Potential Energy Produced by Lodagung Mini-Hydropower Plant

Month	Decade	Irrigation Channel Discharge (m ³ /sec)	1 st Turbine Discharge (m ³ /sec)	2 nd Turbine Discharge (m ³ /sec)	1 st Turbine Efficiency (%)	2 nd Turbine Efficiency (%)	Energy (kWh/day)
January	1	13,09	6,54	6,54	90	90	27,33
February	1	13,37	6,69	6,69	90	90	27,89
March	1	13,55	6,77	6,77	90	90	28,22
April	1	13,33	6,67	6,67	90	90	27,81
May	1	12,61	6,31	6,31	90	90	26,40
June	1	11,84	5,92	5,92	89	89	24,62
July	1	12,36	6,18	6,18	90	90	25,82
August	1	11,57	5,79	5,79	89	89	24,01
September	1	10,23	5,11	5,11	86	86	20,81
October	1	9,53	4,77	4,77	84	84	18,94
November	1	9,69	4,84	4,84	85	85	19,44
December	1	12,76	6,38	6,38	90	90	26,69
January	2	13,11	6,56	6,56	90	90	27,38
February	2	13,25	6,63	6,63	90	90	27,65
March	2	13,68	6,84	6,84	90	90	28,47
April	2	13,29	6,65	6,65	90	90	27,73
May	2	12,62	6,31	6,31	90	90	26,41
June	2	12,62	6,31	6,31	90	90	26,41
July	2	11,00	5,50	5,50	88	88	22,68
August	2	10,66	5,33	5,33	87	87	21,84
September	2	9,88	4,94	4,94	86	86	19,97
October	2	9,05	4,52	4,52	81	81	17,42
November	2	9,63	4,82	4,82	85	85	19,26
December	2	13,02	6,51	6,51	90	90	27,21
January	3	13,37	6,69	6,69	90	90	27,89
February	3	13,35	6,68	6,68	90	90	27,84
March	3	13,42	6,71	6,71	90	90	27,98
April	3	13,10	6,55	6,55	90	90	27,36
May	3	12,64	6,32	6,32	90	90	26,45
June	3	12,62	6,31	6,31	90	90	26,41
July	3	11,21	5,60	5,60	88	88	23,17
August	3	9,73	4,86	4,86	85	85	19,56
September	3	9,22	4,61	4,61	82	82	17,96
October	3	8,89	4,45	4,45	80	80	16,95
November	3	10,24	5,12	5,12	86	86	20,83
December	3	13,78	6,89	6,89	90	90	28,66

hydropower plant contributes to providing electricity to residents in Blitar.

CONCLUSION

The findings from this study indicate that the maximum discharge of the Lodagung irrigation channel is 13.78 m³/second and the minimum discharge is 8.89 m³/second. From the calculation of the mainstay discharge, the planned discharge is 13.78 m³/second. The maximum discharge in the siphon pipe is 3.96 m³/second/pipe. The potential power generated ranges from 16.48 to 28.66 kWh/day. This study has limitations since it calculates the planned discharge of irrigation channels, siphon pipes, and the potential for electric power generated.

REFERENCES

- Anggraini, F. R., Juwono, P. T., & Suhartanto, E. (2018). Studi potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Desa Kepil, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, 1(2), 14.
- Dewi, R. P. (2020). Analisis potensi daya listrik aliran sungai cibuni. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 25-29.
- Dwiyanto, V., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisis pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(3), 407-422.
- European Small Hydropower Association. (2010). Energy recovery in existing infrastructures with small hydropower plants. *Sixth framework programme*. Mhylab, Montcherand.
- Harvey, A., Hettiarachi, P., & Iversin, A. R. (1993). *Micro hydro design manual*. ITDG, UK.
- Imanudin, F. A., Rusdinar, A., & Darlis, D. (2016). Rancang bangun pembangkit listrik mikrohidro (PLTMH) pada pipa saluran pembuangan air hujan vertikal. *eProceedings of Engineering*, 3(1).
- Institute for Essential Services Reform. (2019). *Laporan status energi bersih Indonesia: Potensi, kapasitas terpasang, dan rencana pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan 2019*. http://iesr.or.id/wp-content/uploads/2019/07/IESR_Infographic_Status-Energi-Terbarukan-Indonesia.pdf.
- Jasa Tirta I. (2020). *Peresmian PLTM Lodagung Perum Jasa Tirta I*. http://jasatirta1.co.id/id_ID/2018/02/20/5571/ (diakses 11 September 2020).
- Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. (2019). *Rencana umum ketenagalistrikan nasional 2019-2038*. <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Kepmen-esdm-143-Thn%202019%20RUKN%202019.pdf>.
- Limantara, L. M. (2010). *Hidrologi praktis*. Bandung: Lubuk Agung.
- Maali, N. (2017). *Perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) Kepung Kabupaten Kediri* (Doctoral dissertation). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nasir, B. A. (2013). Design of micro-hydro-electric power station. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2(5), 39-47.
- Penche, C. (1998). *Layman's guidebook on how to develop a small hydro site*. DG XVII, European Commission.

- Pranoto, B., Aini, S. N., Soekarno, H., Zukhrufiyati, A., Al Rasyid, H., & Lestari, S. (2018). Potensi energi mikrohidro di daerah irigasi (Studi Kasus di Wilayah Sungai Serayu Opak). *Jurnal Irigasi*, 12(2), 77-86.
- Putra, I. G., Weking, A. I., & Jasa, L. (2018). Analisa pengaruh tekanan air terhadap kinerja PLTMH dengan menggunakan turbin archimedes screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(3), 385-392.
- Riady, E. (2018). *PLTM Lodagung, air jadi listrik yang dinikmati warga Blitar*. <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-3876517/pltm-lodagung-air-jadi-listrik-yang-dinikmati-warga-blitar>.
- Widhiatmaka. (2010). Pengembangan PLTMH turbin siphon: Prospek dan hambatannya di Indonesia. *Energi dan Ketenagalistrikan*, 8(3), 82-87.

PERBANDINGAN AKTIVITAS SITOTOKSIK EKSTRAK DAN MINYAK ATSIRI RIMPANG *Curcuma mangga* Val. TERHADAP SEL MCF-7**(THE COMPARISON BETWEEN THE ACTIVITIES OF CYTOTOXIC EXTRACTS AND ESSENTIAL OILS OF RHIZOME *Curcuma mango* Val. TOWARD MCF-7 CELLS)****Putri Khaerani Cahyaningrum, Purwanto, dan Retno S. Sudibyo**Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada
Jl. Sekip Utara Yogyakarta, Indonesia - 55281
email: Purwanto_fa@ugm.ac.id**Abstrak**

Rimpang *Curcuma mangga* Val. banyak digunakan sebagai obat herbal antikanker payudara. Penelitian aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker payudara banyak dilakukan utamanya untuk minyak atsiri rimpang, dan hanya sedikit penelitian terhadap ekstrak. Walaupun demikian belum ada yang membandingkan aktivitas sitotoksik dari ekstrak dan minyak atsiri tersebut terhadap sel kanker payudara; meskipun kandungan senyawa keduanya berbeda. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan membandingkan aktivitas sitotoksik dari ekstrak dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. secara *in vitro* terhadap sel kanker payudara MCF7. Ekstrak rimpang dibuat secara maserasi menggunakan pelarut *n*-heksana; sedangkan minyak atsiri dibuat melalui destilasi uap irisan rimpang selama 5 jam. Uji aktivitas sitotoksik *in vitro* dilakukan menggunakan metoda MTT Assay. Rendemen minyak dari ekstrak *n*-heksana rimpang *C. mangga* Val. adalah $1,15 \times 10^{-2}$ % sedangkan rendemen minyak atsiri adalah $6,3 \times 10^{-2}$ %. Hasil uji sitotoksik menghasilkan IC_{50} ekstrak 106,414 $\mu\text{g/ml}$ ($R^2=0,9677$) dan minyak atsiri 198,557 $\mu\text{g/ml}$ ($R^2=0,8037$). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak rimpang *C. mangga* Val. lebih sitotoksik terhadap sel kanker payudara MCF-7 daripada minyak atsirinya, karena kandungan ekstrak mayoritas diterpenoid (53,18%) sedangkan minyak atsiri mayoritas monoterpenoid (51,34%).

Kata kunci: *Curcuma mangga* Val., sel MCF7, aktivitas sitotoksik, minyak atsiri, ekstrak *n*-heksana

Abstract

Curcuma mangga Val. rhizome has been used as herbal anti breast cancer. Researches on cytotoxic activity towards breast cancer cells have been done especially to the rhizome's essential oil; and only few researches done to the extract. However there is no cytotoxic activity comparison of the extract and essential oil towards breast cancer cells; even though their substance contents are different. Therefore, this study aimed to compare the cytotoxic activity *in vitro* of the extract and essential oil of *C. mangga* Val. rhizomes towards breast cancer cells of MCF-7. The rhizome extract was prepared by maceration using *N*-hexane; while the essential oil was prepared by steam distillation for 5 hours of the sliced rhizomes. The *in vitro* cytotoxic test was carried out using MTT Assay. The yield of oil from rhizome extract was 1.15×10^{-2} %; while the yield of essential oil was 6.3×10^{-2} %. The IC_{50} of extract oil was 106.414 $\mu\text{g/ml}$ ($R^2=0.9677$) and the IC_{50} of essential oil was 198.557 $\mu\text{g/ml}$ ($R^2=0.8037$). It shows that rhizome extract of *C. mangga* Val. was more cytotoxic towards MCF-7 than the oil because the majority content of extract were diterpenoids (53.18%) while the oil were monoterpenoids (51.34%).

Keywords: *Curcuma mangga* Val., MCF-7 cell line, cytotoxic activity, essential oil, *n*-hexane extract

PENDAHULUAN

Rimpang *Curcuma mangga* Val. banyak digunakan sebagai obat herbal antikanker payudara oleh masyarakat di sekitar Yogyakarta. Penelitian aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker payudara telah dilakukan dari berbagai macam ekstrak dan fraksi rimpang *Curcuma mangga* Val. (Astuti, 2015; Malek *et al.*, 2011; Sudibyo & Taryono, 2020; Verlianara, 2004; Wahyuningsih dkk., 2003). Pada penelitian Malek (2011), ekstrak *n*-heksana memberikan nilai IC₅₀ paling kecil ($8,1 \pm 0,2 \mu\text{g/ml}$) dibandingkan ekstrak metanol ($27,9 \pm 0,3 \mu\text{g/ml}$) maupun etil asetat ($47,1 \pm 0,5 \mu\text{g/ml}$) terhadap sel MCF-7. Uji sitotoksitas ekstrak *n*-heksana terhadap sel T47D memberikan nilai IC₅₀ beragam antara 15,875-106,772 $\mu\text{g/ml}$ (Sudibyo & Taryono, 2020).

Selain ekstrak, minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. telah diujikan pula terhadap berbagai sel kanker seperti sel raji, myeloma, HeLa, SiHa, dan T47D (Astuti dkk., 2014b; Verlianara, 2004). Verlianara (2004) menyebutkan bahwa minyak atsiri *C. mangga* Val. menginduksi apoptosis pada sel myeloma namun tidak pada sel Raji. Sedangkan Astuti (2015) menunjukkan potensi minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. sangat tinggi terhadap berbagai sel; SiHa $2,01 \pm 0,1 \mu\text{g/ml}$, Myeloma $1,62 \pm 0,14 \mu\text{g/ml}$; T47D $1,74 \pm 0,04 \mu\text{g/ml}$, HeLa $1,66 \pm 0,07 \mu\text{g/ml}$ dan Raji $1,51 \pm 0,05 \mu\text{g/ml}$.

Walaupun banyak penelitian telah melaporkan beragam potensi ekstrak dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val., akan tetapi belum ada yang membandingkan aktivitas sitotoksik dari ekstrak dan minyak atsirinya terhadap sel kanker payudara; meskipun kandungan senyawa keduanya berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini membandingkan senyawa kandungan dan aktivitas sitotoksik dari ekstrak dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. secara *in vitro* terhadap sel kanker payudara MCF7.

METODE

Bahan untuk pembuatan ekstrak dan minyak atsiri adalah rimpang *Curcuma mangga* Val. yang didapat dari Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Bahan uji sitotoksik adalah sel kanker payudara MCF-7 dari koleksi laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran UGM; media *Dulbecco Modified Eagle Medium (DMEM)* (Gibco), *fetal bovine serum (FBS)* (Gibco), penisilin-streptomisin, dan 1 mg/ml larutan 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) (MTT).

Rimpang *C. mangga* Val. disiapkan dengan diiris tipis lalu dikeringkan pada suhu 30°C selama 5 hari hingga didapatkan simplisia kering untuk pembuatan ekstrak dan minyak atsiri. Ekstrak *n*-heksana dibuat dengan metode maserasi dengan

perbandingan simplisia:pelarut (1:3) selama 3 hari, diikuti dengan remaserasi selama 2 hari. Maserat diuapkan dalam vacuum rotary evaporator hingga didapatkan ekstrak kental. Sedangkan minyak atsiri didapatkan dari destilasi uap air 1 kg simplisia kering selama 5 jam. Minyak atsiri dikeringkan dari tapak-tapak air menggunakan natrium sulfat anhidrat. Ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri disimpan pada suhu -20°C .

Pembuatan seri konsentrasi ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. dilakukan dengan melarutkan 10 mg sampel ke dalam 1 ml media kultur yang mengandung 0,1% DMSO. Konsentrasi seri kadar ekstrak dan sampel adalah 7,813; 15,625; 31,25; 62,5; 125; 250; dan 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$.

Untuk uji sitotoksik, sel MCF-7 ditumbuhkan dalam media kultur DMEM dengan penambahan 10% FBS dan 1% penisilin-streptomisin dan diinkubasi pada inkubator CO_2 dengan suhu 37°C selama 24 jam. Sejumlah 10^4 sel dipindahkan ke dalam masing-masing sumuran dari 96-well plate lalu diinkubasi kembali selama 24 jam. Sel kemudian diberi perlakuan seri kadar ekstrak dan minyak atsiri lalu diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C . Selanjutnya, setiap sumuran diberi 100 μl larutan MTT (1mg/ml dalam DMEM) dan diinkubasi selama 4 jam pada suhu 37°C . Larutan MTT dibuang setelah terbentuk

kristal formazan, lalu diberi 100 μl larutan stopper (SDS 10%), dan *plate* dibungkus dengan aluminium foil dan diinkubasi pada suhu ruang selama satu malam. Absorbansi sel diukur menggunakan ELISA reader pada panjang gelombang 595 nm. Penentuan IC_{50} dilakukan menggunakan kurva regresi persentase viabilitas sel terhadap log konsentrasi sampel.

Fraksinasi dan identifikasi senyawa dalam ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. dilakukan dengan GC-MS (Thermoscientific Trace 1310 - MS ISQ LT) menggunakan kolom HP-5MS UI (panjang 30 m; diameter 0,25 mm; ketebalan film 0,25 μm ; dan temperatur maksimum $325/350^{\circ}\text{C}$). Gas pembawa yang digunakan adalah gas Helium UHP (He) dengan kecepatan alir 50 ml/menit. Suhu injektor dan detektor berturut-turut adalah 260°C dan 250°C ; larutan uji diinjeksikan sebanyak 200 μl . Senyawa diidentifikasi berdasarkan waktu retensi, nama senyawa, struktur senyawa, berat molekul, *similarity index* (SI), dan kelimpahan relatif (%). Ditentukan senyawa dan derivat senyawa dengan kelimpahan relatif terbanyak dalam ekstrak dan minyak atsiri *C. mangga* Val.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

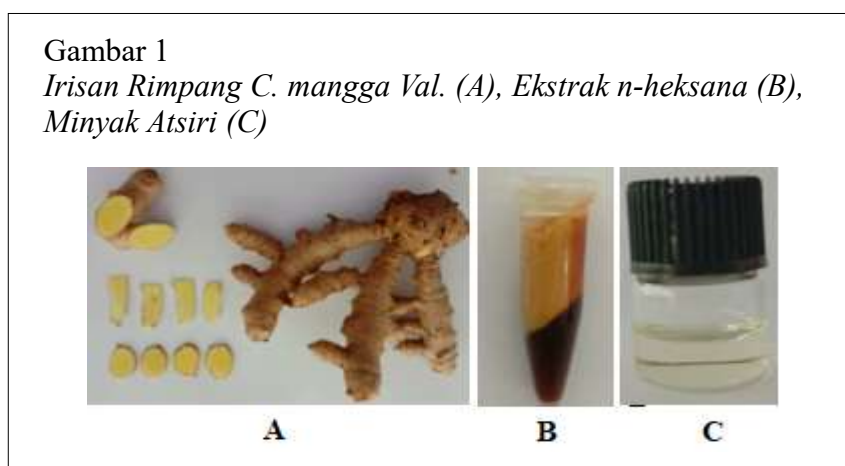
Rimpang *C. mangga* Val. dan hasil pembuatan ekstrak dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. terlihat pada

Gambar 1. Dari ekstrak *n*-heksana yang didapat, setelah dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 13.500 rpm selama 10 menit, didapatkan 2 lapisan lemak di bagian atas dan minyak di bagian bawah. Bagian minyak dari ekstrak *n*-heksana digunakan dalam uji sitotoksitas (Gambar 1B). Hasil destilasi didapatkan minyak atsiri berwarna kuning pucat (Gambar 1C). Adapun rendemen dari ekstrak dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. tercantum dalam Tabel 1.

Hasil uji sitotoksik ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. terhadap sel MCF-7 terdapat pada Gambar

2 A dan B; sedangkan kurva regresi antara persentase viabilitas sel MCF-7 terhadap log konsentrasi minyak ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. terdapat pada Gambar 3 dan 4.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa hubungan antara viabilitas sel MCF-7 dan perubahan konsentrasi minyak ekstrak *n*-heksana lebih kuat ($R^2=0,9677$) daripada perubahan konsentrasi minyak atsiri ($R^2=0,8037$), sedangkan potensi sitotoksitas minyak ekstrak *n*-heksana juga lebih kuat ($IC_{50} = 106,41 \mu\text{g/ml}$) (Gambar 3) daripada minyak atsiri ($IC_{50} = 198,56 \mu\text{g/}$

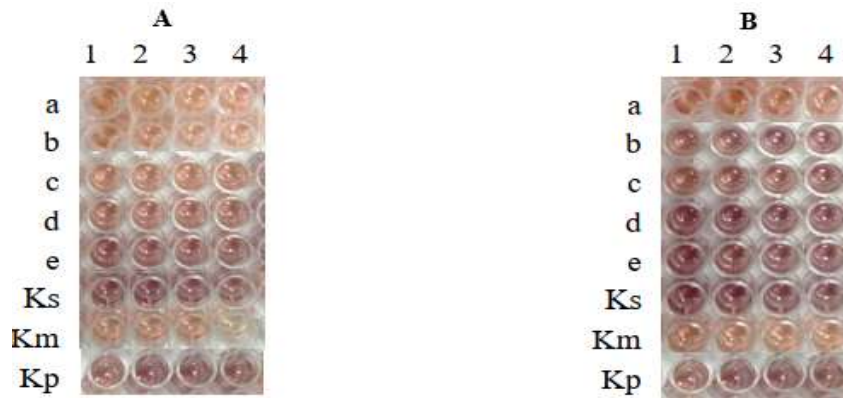


Tabel 1
Rendemen Ekstrak dan Minyak Atsiri Rimpang C. Mangga Val.

No	Bahan/Rendemen	Ekstrak	Minyak Atsiri
1	Simplisia Segar	1.900 g	6.000 g
2	Simplisia Kering	300 g	1.000 g
3	Bobot ekstrak	$2,2 \times 10^{-1}$ g	-
4	Bobot lemak	3,155 g	-
5	Bobot minyak atsiri	-	3,791 g
6	Rendemen terhadap rimpang segar	$1,15 \times 10^{-2}$ % (fraksi minyak) $1,66 \times 10^{-1}$ % (fraksi lemak)	$6,3 \times 10^{-2}$ %

Gambar 2

Uji Sitotoksik (A), Minyak n-heksana (B), Minyak Atsiri Rimpang *C. mangga Val.* terhadap Sel MCF-7

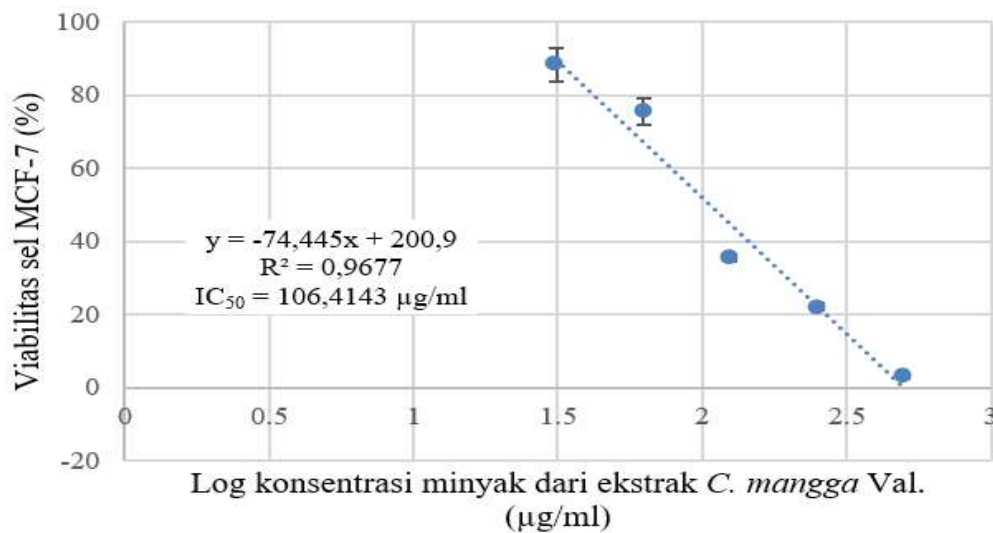


a. 31,25 µg/ml, b. 62,5 µg/ml, c. 125 µg/ml, d. 250 µg/ml, e. 500 µg/ml, Ks = Kontrol sel, Km = kontrol media, Kp = Kontrol pelarut

a. 15,625 µg/ml, b. 31,25 µg/ml, c. 62,5 µg/ml, d. 125 µg/ml, e. 250 µg/ml, Ks = Kontrol sel, Km = kontrol media, Kp = Kontrol pelarut

Gambar 3

Kurva Sitotoksik Minyak dari Ekstrak *C. mangga Val.* terhadap Sel MCF-7 dengan Replikasi 3 kali, $R^2 = 0,9677$ dan $IC_{50} 106,41 \mu\text{g/ml}$

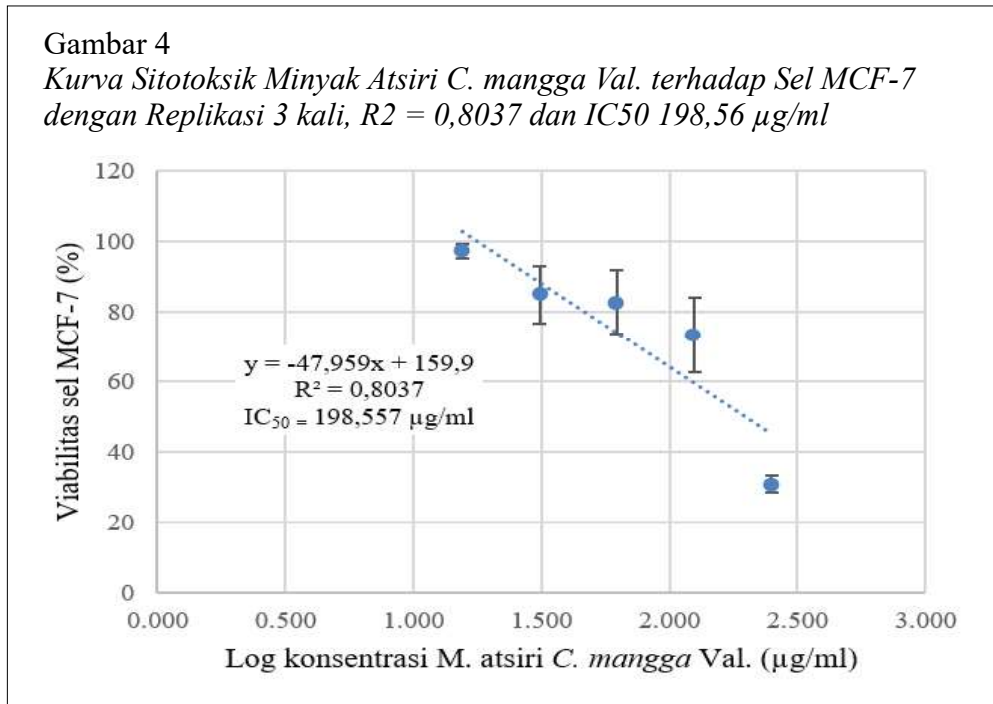


ml) (Gambar 4). Kedua potensi sitotoksitas di atas masuk dalam golongan cukup kuat

menurut *National Cancer Institute* (NCI) karena $IC_{50} > 100 \mu\text{g/ml}$ (Boyd MR, 2004).

Gambar 4

Kurva Sitotoksik Minyak Atsiri *C. mangga* Val. terhadap Sel MCF-7 dengan Replikasi 3 kali, $R^2 = 0,8037$ dan $IC_{50} 198,56 \mu\text{g/ml}$

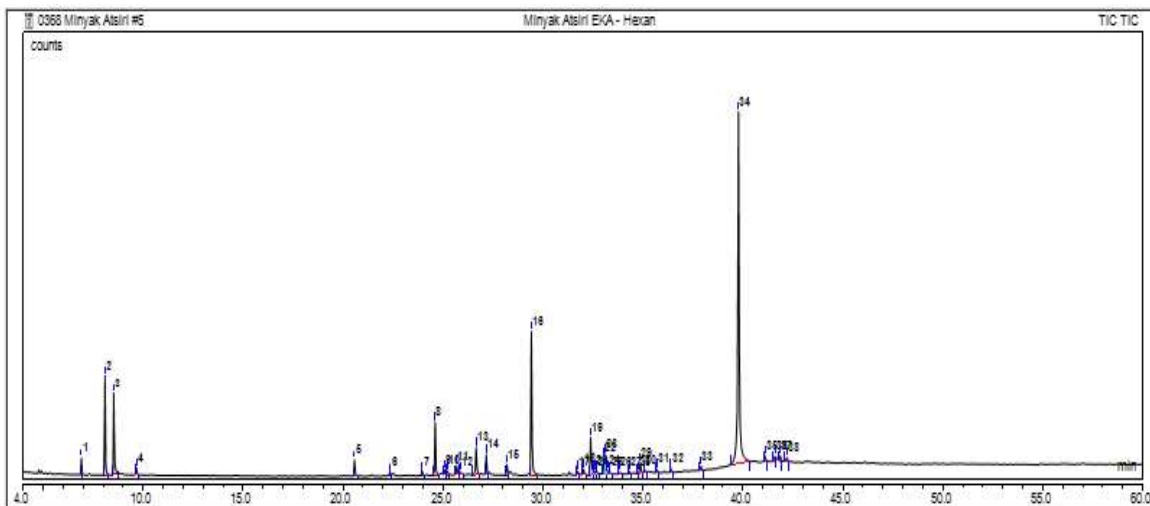


Hasil fraksinasi ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. terdapat pada Gambar 5 dan 6. Fraksinasi ekstrak *n*-heksana rimpang *C. mangga* Val.

menghasilkan 38 puncak kandungan senyawa (Gambar 5); sedangkan fraksinasi minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. menghasilkan 41 puncak kandungan senyawa (Gambar

Gambar 5

Kromatogram Fraksinasi Ekstrak *n*-heksana Rimpang *C. mangga* Val.



6). Hasil identifikasi dan seleksi kandungan senyawa dari ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. berdasarkan *Similarity Index* (SI) ≥ 850 dan Kelimpahan Relatif (Area relatif) $\geq 1\%$ berturut-turut terdapat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2 dan 3 menunjukkan bahwa kandungan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. mayoritas adalah golongan monoterpenoid (51,34%); sedangkan kandungan ekstrak *n*-heksana mayoritas adalah golongan diterpenoid (53,18%). Sedangkan kandungan sesquiterpene untuk minyak atsiri dan ekstrak *n*-heksana rimpang *C. mangga* Val. hampir sama, yaitu berturut-turut 14,06 dan 22%.

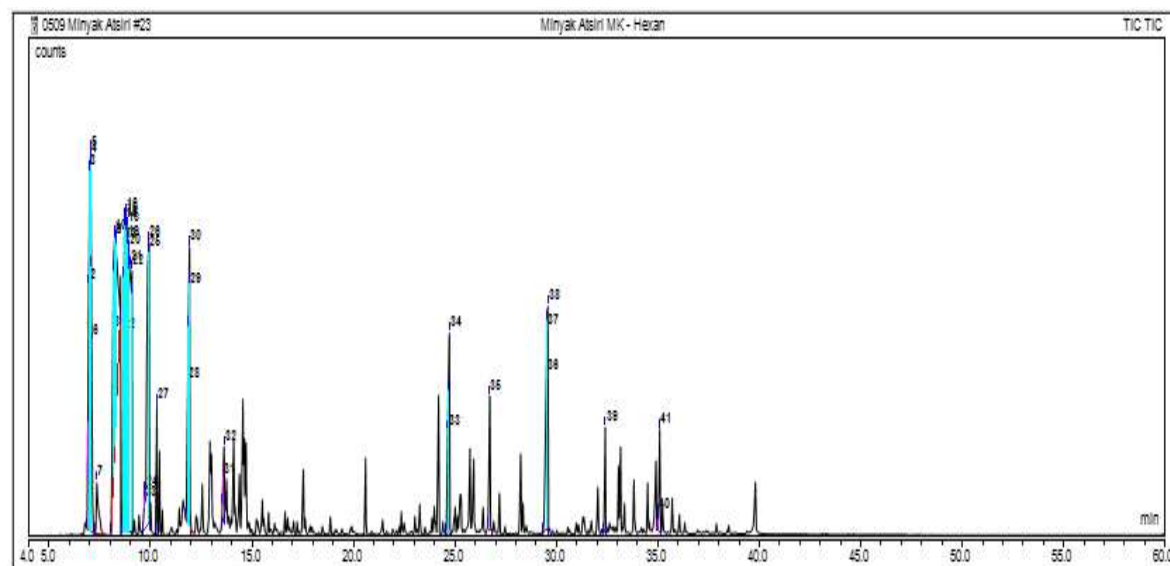
Studi *molecular docking* terhadap reseptor ER α menunjukkan bahwa kandung-

an senyawa minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. yang termasuk dalam golongan sesquiterpen memberikan *docking score* yang lebih baik dibandingkan senyawa yang masuk dalam golongan monoterpenoid (Khudzaifi, 2021). Kandungan golongan sesquiterpene dan juga diterpene lebih banyak terdapat pada ekstrak *n*-heksana daripada minyak atsiri, maka sejalan dengan uji sitotoksitasnya, terbukti bahwa ekstrak *n*-heksana lebih sitotoksik dibanding minyak atsirinya.

Malek dkk. (2011) menjelaskan bahwa ekstrak *n*-heksana rimpang *C. mangga* Val. mengandung senyawa-senyawa yang tidak terdapat dalam minyak atsirinya, yaitu seperti (E)-Labda-8(17),12-diene-15,16-dial yang merupakan senyawa diterpene



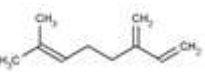
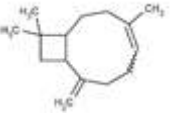
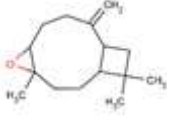
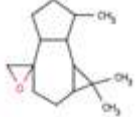
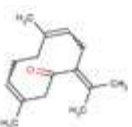
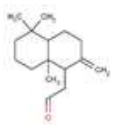
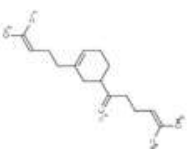
Gambar 6

Kromatogram Fraksinasi Minyak Atsiri Rimpang *C. mangga* Val.

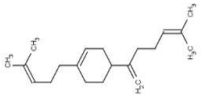
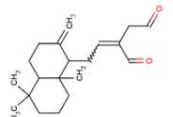
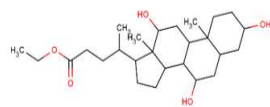

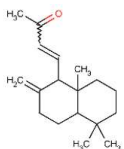


Tabel 2

Senyawa Kandungan Ekstrak n-heksana Rimpang C. mangga Val. dengan SI ≥ 850 dan Kelimpahan Relatif (Area Relatif) $\geq 1\%$

No.	Waktu Retensi (min)	Nama Senyawa	Struktur kimia	Berat Molekul	SI	Area Relatif (%)
Monoterpenoid = 13.43%						
1	6,91	α -Pinene		136	873	0,93
2	8,09	β -Pinene		136	915	6,19
3	8,53	β -Myrcene		136	891	6,31
Sesquiterpenoid = 22%						
4	20,57	Caryophyllene		204	861	1,29
5	24,60	Caryophyllene oxide		220	907	4,37
6	26,65	Alloaromadendrene oxide-(1)		220	816	2,83
7	27,16	Germacrone		218	859	1,32
8	29,42	Ambrial		234	926	12,19
Diterpenoid = 53,18%						
9	32,38	m-Camphorene		272	904	3,91

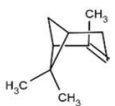
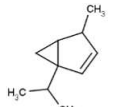
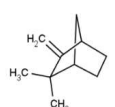
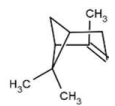
Lanjutan Tabel 2

No.	Waktu Retensi (min)	Nama Senyawa	Struktur kimia	Berat Molekul	SI	Area Relatif (%)
10	33,05	p-Camphorene		272	840	1,26
11	39,78	(E)-Labda-8(17),12-diene-15,16-dial		302	918	46,09
Non-terpenoid = 6,49%						
12	33,24	Ethyl iso-allocholate		436	725	4,99
13	32,03	1-Heptatriacotanol		536	732	1,50
Diterpenoid = 53,18%						
14	33,12	(E)-15,16-Dinorlabda-8(17),11-dien-13-one		260	779	1,92

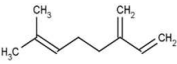
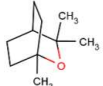
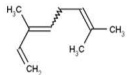
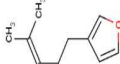
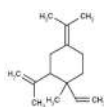
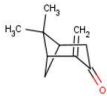
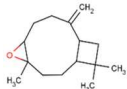
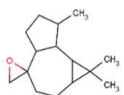
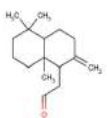
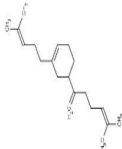
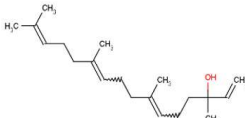
Keterangan: * kelimpahan relatif kandungan berdasarkan golongan senyawa: Monoterpenoid = 13,43%; Sesquiterpenoid = 22%; Diterpenoid = 53,18%; Non-terpenoid = 6,49%

Tabel 3

Senyawa Kandungan Minyak Atsiri Rimpang C, mangga Val, dengan SI ≥ 850 dan Kelimpahan Relatif (Area Relatif) $\geq 1\%$ *

No.	Waktu Retensi (min)	Nama Senyawa	Formula Kimia	Berat Molekul	SI	Area Relatif (%)
Monoterpenoid = 51,34%						
1	7,09	α -Pinene		136	922	9,7
2	7,02	β -Thujene		136	906	5,43
3	7,35	Camphene		136	943	1,73
4	8,14	β -Pinene		136	912	14,03

Lanjutan Tabel 3

No.	Waktu Retensi (min)	Nama Senyawa	Struktur kimia	Berat Molekul	SI	Area Relatif (%)
5	8,66	β -Myrcene		136	912	14,03
6	9,90	Eucalyptol		154	913	9,97
7	10,31	β -Ocimene		136	932	1,50
8	11,83	Perillene		150	871	4,36
9	11,92	Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene-		150	782	3,32
10	13,62	Pinocarvone		150	806	1,30
Sesquiterpenoid = 14,06%						
11	24,64	Caryophyllene oxide		220	915	4,89
12	26,71	Aromadendrene oxide-(2)		220	851	2,31
13	29,50	Ambrial		234	900	6,86
Diterpenoid = 2,82%						
14	32,41	m-Camphorene		272	926	1,30
15	35,09	Geranyllinalool		290	715	1,52

Keterangan: * kelimpahan relatif kandungan berdasarkan golongan senyawa: Monoterpenoid = 51,34%; Sesquiterpenoid = 14,06%; Diterpenoid = 2,82%

yang memiliki potensi sitotoksik terhadap sel MCF-7. Sedangkan minyak atsiri rimpang *C. mangga* Val. mengandung senyawa monoterpene dan sesquiterpene yang mudah menguap; tidak mengandung senyawa diterpene (Astuti dkk., 2014a; Sudiby, 2000). Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pelaksanaan ekstraksi kandungan rimpang *C. mangga* Val. dalam pengembangannya sebagai obat herbal terstandar atau fitofarmaka.

SIMPULAN

Rendemen minyak dari ekstrak *n*-heksana rimpang *C. mangga* Val. adalah $1,15 \times 10^{-2}$ % sedangkan rendemen minyak atsiri adalah $6,3 \times 10^{-2}$ %. Aktivitas sitotoksik minyak dari ekstrak *n*-heksana rimpang *C. mangga* Val. lebih kuat daripada isolat minyak atsirinya karena IC_{50} minyak dari ekstrak *n*-heksana = 106,414 μ g/ml lebih kecil dibandingkan dengan IC_{50} minyak atsiri = 198,557 μ g/ml. Meskipun demikian, potensi sitotoksik keduanya (ekstrak *n*-heksana dan minyak atsiri) masih termasuk dalam golongan cukup kuat.

DAFTAR PUSTAKA

Astuti, E. (2015). *Selektivitas dan mekanisme molekuler antikanker ekstrak aktif rimpang curcuma mangga Val* (Disertasi tidak diterbitkan). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Astuti, E., Sunarminingsih, R., Jenie, U.A., & Mubarika, S. (2014a). Pengaruh lokasi

tumbuh, umur tanaman dan variasi jenis destilasi terhadap komposisi senyawa minyak atsiri rimpang curcuma mangga produksi beberapa sentra di Yogyakarta. *J. Manusiadan Lingkungan*, 21(3), 323-330.

Astuti, E., Sunarminingsih, R., Jenie, U.A., Mubarika, S., & Sismindari, S. (2014b). Impact of Curcuma mangga Val. rhizome essential oil to p53, Bcl-2, H-Ras and Caspase-9 expression of myeloma cell line. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 19, 23-32.

Boyd, M. R. (2004). *The NCI in vitro anticancer drug discovery screen, anticancer drug development guide dalam preclinical screening, clinical trials, and approval*. Humana Press Inc.

Khudzaifi, M. (2021). *Isolasi dan karakterisasi minyak atisiri curcuma mangga val. serta identifikasi dan studi molecular docking senyawa aktif antikanker payudara* (Tesis tidak diterbitkan). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

Malek, S. N. A., Lee, G. S., Hong, S. L., Yaacob, H., Wahab, N. A., Faizal Weber, J. F., & Shah, S. A. A. (2011). *Phytochemical and cytotoxic investigations of Curcuma mangga rhizomes*. *Molecules*, 16(6), 4539-4548.

Sudiby, R. S. (2000). Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of the main content of volatile oil isolated from Curcuma mangga. *BMIPA*, 10, 55-6.

Sudiby, R. S., & Taryono. (2020). Pemupukan dan induksi curcuma mangga Val. untuk peningkatan zat antikanker dan uji sitotoksitasnya pada T47D. *Jurnal Penelitian Saintek*, 25(1), 1-10.

Verlianara, I. (2004). *Efek in vitro minyak atsiri Curcuma mangga Val pada*

sitotoksitas, antiproliferatif dan apoptosis sel raji dan mieloma (Tesis tidak diterbitkan). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wahyuningsih, M. S. H., Mubarika, S., Bolhuis, R. L. H., Nooter, K., & Oostrum, R. G. (2003). Sitotoksitas rimpang

temu mangga (*Curcuma mangga* val. & V. zipp.) dan kunir putih (*Curcuma zedoria* i.) terhadap beberapa sel kanker manusia (in vitro) dengan metoda SRB. *Journal of the Medical Sciences (Berkala Ilmu Kedokteran)*, 35(4).

BERITA PENGIRIMAN UANG LANGGANAN JURNAL PENELITIAN SAINTEK

Dengan ini saya kirimkan uang sebesar Rp. (.....
.....) untuk berlangganan / pembelian Jurnal
Penelitian Sainstek edisi

Uang tersebut telah saya kirimkan melalui:

Bank

Nomor Rekening:

a.n.

.....

(.....)

FORMULIR BERLANGGANAN JURNAL PENELITIAN SAINTEK

Mohon dicatat sebagai pelanggan Jurnal Penelitian Sainstek

Nama :

Status : Lembaga / Perorangan (coret yang tidak diperlukan)*)

Alamat : (kode pos

Mulai Edisi :

.....

(.....)

***) Biaya Langganan**

Rp/tahun (2 edisi), ditambah ongkos kirim.

*****) Ongkos kirim**

Wilayah Jawa : Rp/eksemplar

Wilayah luar Jawa : Rp/eksemplar

Wilayah Papua, Sulawesi, NTT, NTB : Rp/eksemplar

Terhitung mulai terbitan Edisi, penulis yang artikelnya dimuat, dimohon untuk memberikan kontribusi biaya cetak, biaya berlangganan, dan biaya pengiriman selama 1 tahun (2 edisi) sebesar Rp. (..... Rupiah).

KETENTUAN NASKAH JURNAL PENELITIAN SAINTEK (JPS)

1. Naskah merupakan artikel asli yang berkaitan dengan pengembangan ilmu pengetahuan alam dan teknologi berdasar hasil penelitian yang belum pernah diterbitkan baik di dalam maupun di luar negeri. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia dengan jarak 1,5 spasi; sepanjang 10-15 halaman A4. Naskah dikirim atau diserahkan ke sekretariat JURNAL PENELITIAN SAINTEK rangkap dua disertai *softcopy file*, dilengkapi biodata penulis dan alamat lengkap (kantor dan rumah). Naskah bias juga dikirim lewat email: saintek.lppmuny@gmail.com atau saintek@uny.ac.id.
2. Judul naskah menggambarkan isi pokok tulisan, ditulis secara ringkas, dan jelas
3. Nama Penulis disertai lembaga dan alamat lengkap
4. Abstrak dan kata kunci naskah diketik satu spasi dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Abstrak ditulis dalam satu paragraph yang menggambarkan intisari dari permasalahan, metode, hasil, dan simpulan. Panjang abstrak maksimal 200 kata, sedangkan jumlah kata kunci 3-5 kata.
5. Pendahuluan meliputi uraian tentang latar belakang masalah, ruang lingkup penelitian, dan telaah pustaka yang terkait dengan permasalahan yang dikaji serta rumusan hipotesis (jika ada)
6. Metode Penelitian meliputi uraian rinci tentang bahan, alat yang digunakan, metode yang dipilih, teknik, dan cakupan penelitian.
7. Hasil dan Pembahasan merupakan uraian objektif tentang hasil-hasil penelitian dan pembahasannya.
8. Simpulan berisi temuan penelitian yang berupa jawaban atas pertanyaan penelitian.
9. Daftar Pustaka hanya memuat sumber-sumber yang dirujuk, dan semua sumber yang dirujuk harus tercantum dalam daftar pustaka. Perujukan dan pengutipan menggunakan teknik rujukan berkurung (nama pengarang, tahun). Sumber rujukan minimal 80% berupa pustaka terbitan 10 tahun terakhir. Rujukan yang digunakan adalah sumber-sumber primer berupa artikel-artikel penelitian dalam jurnal atau laporan penelitian (termasuk skripsi, tesis, disertasi). Daftar pustaka disusun berdasarkan abjad, dan disesuaikan dengan rincian berikut:
Artikel dalam jurnal atau majalah
Aswita, D., Sarong, M.A., & Sugianto. (2014). Evaluasi kesesuaian perairan Pantai Teupin Layeu Iboih sebagai ekowisata bahari. *Jurnal Penelitian Saintek*, 20(1), 1-9.
Suryaningsih, A. (2013, Desember 10). Tiga pilar pendidikan. *Sinar Harapan*, 4.
Artikel dalam jurnal online
Aswita, D., Sarong, M.A., & Sugianto. (2014). Evaluasi kesesuaian perairan Pantai Teupin Layeu Iboih sebagai ekowisata bahari. *Jurnal Penelitian Saintek*, 20(1), 1-9. Dari: <http://journal.uny.ac.id/index.php/saintek/article/view/5608>. (cantumkan DOI, jika ada).
Makalah
Wilujeng, I., Masruri, M. S., & Wangid, M. N. (2016, April). *Pengembangan subject specific pedagogy tematik untuk mengembangkan karakter siswa sekolah dasar*. Makalah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Penelitian dan PPM untuk Mewujudkan Insan Unggul, Yogyakarta.
Buku
Brown, D. H. (2001). *Teaching by principles: an interactive approach to language pedagogy*. San Francisco: Addison Wesley Longman, Inc.
Winch, C. (2006). Graduate attributes and changing conceptions of learning. Dalam P. Hager & S. Holland, *Graduate attributes, learning and employability* (pp. 67-90). Dordrecht: Springer.
Skripsi/tesis/disertasi
Kumara, P. (2011). *Optimization of performance and assesment of material cost of the refrigerator condenser* (Master's Thesis). KTH School of Industrial Engineering and Management, Stockholm.
10. Tabel diberi nomor urut dan judul yang ditulis di tepi kiri atas, tanpa garis-garis kolom vertikal dan horizontal
11. Ilustrasi dapat berupa gambar, grafik, diagram, peta, foto diberi nomor urut dan judul ditaruh di atas gambar, dari kiri, dan diberi jarak 1 spasi (*at least 12*) dari gambar.