

EDITORIAL

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur, kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmatnya sehingga jurnal BIOEKSPERIMEN Volume 6 No. 1 Maret 2020 dapat diterbitkan dengan tepat waktu. Sholawat serta salam kami panjatkan kepada nabi Muhammad Rosululloh SAW.

Pada edisi ini, redaksi menerbitkan artikel ilmiah hasil penelitian dan review dalam cakupan bidang ilmu murni dan terapan Biologi meliputi Botani, Zoologi, Lingkungan, dan Mikrobiologi. Khusus pada edisi ini terdapat 10 naskah baik internal maupun eksternal dengan tema yang beragam. Diharapkan artikel-artikel yang tercantum dalam edisi ini bisa memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu dan dapat menjadi referensi bagi peneliti lain untuk kelanjutan dan pengembangannya. Redaksi juga berharap peneliti lain untuk mempublikasikan hasil penelitiannya di BIOEKSPERIMEN pada edisi-edisi mendatang.

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada reviewer yang secara detail terdapat di lembar ucapan terimakasih dan kepada penulis. Semoga edisi ini dapat memberi manfaat yang sebesar-besarnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Aamiin...

Wassalamu'aaikum, Wr. Wb.

Dewan Redaksi



Biomasa di Atas Tanah dan Penghitungan Simpanan Karbon Hutan Kalibiru Kabupaten Kulon Progo Andy Arsalan, Evi Gravitiani, dan Heru Irianto.....	1-8
Variasi Pertumbuhan dan Pembuahan Klon Jati (<i>Tectona grandis</i> L.F.) Umur 11 Tahun Liliana Baskorowati, Hamdan Adma Adinugraha, Mudji Susanto, Mashudi.....	9-16
Analisis Kedalaman Laut Purba Batugamping Gorontalo Berdasarkan Kandungan Fosil Foraminifera Bentonik Aang Panji Permana, Sunarty Suly Eraku.....	17-23
Tingkat Keanekaragaman Hewan <i>Troglobionts</i> pada Ekosistem Gua di Tajur Bogor Jawa Barat Giry Marhento, Mashudi Alamsyah	24-28
Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigen Pengurai Lemak pada Limbah Cair Batik Tulungagung Hasminar Rachman Fidiastuti, Anis Samrotul Lathifah, Mohamad Amin, Yudhi Utomo	29-35
Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan Kombinasi <i>Plasticizer</i> Gliserol dengan Sorbitol dan Kitosan Aminah Asngad, Ervian Jan Marudin, Devi Setyaning Cahyo	36-44
Perbandingan Kemampuan Migrasi <i>Adipose-Derived Stem Cells</i> Asal Manusia pada Berbagai Medium Pertumbuhan Imam Rosadi, Karina, Komang A. Wahyuningsih, Iis Rosliana, Tias Widyastuti, Siti Sobariah, Irsyah Afini.....	45-51
Tree Community Composition and Structure of Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Based Agroforestry in West Sumatera, Indonesia Santhyami, Adi Basukriadi, Mufti Petala Patria, and Rochadi Abdulhadi	52-59
Studi Penerapan Bank Sampah dalam Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup di Kota Yogyakarta Sri Haryanti, Evi Gravitiani, Mahendra Wijaya	60-68
Media Alternatif Campuran Daun Pisang Kering dan Kulit Jagung untuk Meningkatkan Produktivitas Jamur Merang (<i>Volvariella volvacea</i> (Bull) Singer.) dalam Keranjang Suparti, Wardani Ana Safitri.....	69-73

Andy Arsalan, Evi Gravitiani, dan Heru Irianto. (2020). Biomasa di Atas Tanah dan Penghitungan Simpanan Karbon Hutan Kalibiru Kabupaten Kulon Progo. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 1-8 . Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

BIOMASA DI ATAS TANAH DAN PENGHITUNGAN SIMPANAN KARBON HUTAN KALIBIRU KABUPATEN KULON PROGO

Andy Arsalan¹⁾, Evi Gravitiani²⁾, dan Heru Irianto³⁾

Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, 57126 ¹⁾

Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Sebelas Maret ²⁾

Fakultas Pertanian, Jurusan Agribisnis, Universitas Sebelas Maret ³⁾

E-mail korespondensi: andy.arsalan@gmail.com

Paper submit : 21 Agustus 2017, Paper publish : Maret 2020

Abstract - Above Ground Biomass (AGB) forest ecosystem is one of the fundamental parameters to describe each of its functions. Carbon in the forest ecosystem accumulates through absorption of CO₂ in the atmosphere and is assimilated into biomass. The study of forest vegetation biomass is important for determining carbon storage in dominant tree components and calculating carbon cycles at regional and global levels. Kalibiru Forest carbon storage information is not yet available, so it is necessary to calculate carbon potential. This study aims to calculate aboveground biomass and estimate carbon stocks in the Kalibiru Forest. The study was conducted in Kalibiru Hamlet, Hargowilis Village, Kokap District, Kulon Progo Regency. The research conducted the indirect method (non-destructed) to calculate biomass and carbon by using the allometric equation. Base on the calculation, Kalibiru Forest has 5.086,52 tons of biomass or 175,40 tons per hectare in average. The potential for carbon storage in the Kalibiru Forest is 2.543,26 tons of carbon or 87,7 tons per hectare in average. This figure means that preserving 1 hectare of Kalibiru Forest can avoid the impact of atmospheric damage due to the greenhouse gas effect as many as 87,70 tons per year. Results of this study provide an insight for the surrounding community about the importance of the existence of the Kalibiru Forest as an absorber of CO₂ gas in the atmosphere. As another benefit, it provides motivation for the surrounding community to continue in preserving the forest.

Keywords: biomass, Kalibiru, carbon cycle, carbon storage

Pendahuluan

Perhatian tentang perubahan iklim dan pemanasan global terfokus pada penumpukan gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Karbon merupakan gas rumah kaca yang bertanggung jawab mempengaruhi pemanasan global. Sistem biologi, termasuk hutan, dapat menyimpan, menangkap, dan melepaskan karbon (Sedjo & Sohngen, 2012). Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer telah meningkat 30% sejak revolusi industri dimulai sampai dengan tahun 1992, karena pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan (Heil & Selden, 2001 dalam Terakunpisut, Gajaseni, & Ruankawe, 2007). Hutan tropis merupakan tempat penyimpanan karbon yang penting,

sekitar 47% dari total karbon global (Malhi et al., 2002).

Biomasa diatas tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) ekosistem hutan adalah salah satu parameter fundamental untuk menggambarkan masing-masing fungsinya (Behera et al., 2017). Karbon dalam ekosistem hutan terakumulasi melalui penyerapan CO₂ di atmosfer dan terasimilasi menjadi biomassa (Malhi et al., 2002). Biomassa dapat menjadi bagian dari jaringan pohon hidup atau mati, misalnya batang, cabang, daun, dan akar. Karbon disimpan di dalam sel tanaman. Sel tumbuhan, tidak seperti sel hewan, memiliki dinding sel yang memberikan struktur dan dukungan bagi organisme. Karbon diperlukan untuk membangun senyawa selulosa dan lignin oleh

karena itu akan terkumpul di dalam jaringan tanaman (Sedjo & Sohngen, 2012). Kurang lebih 50% dari biomassa kering pohon adalah karbon (Brown, 1997; Malhi et al., 2002; Sedjo & Sohngen, 2012).

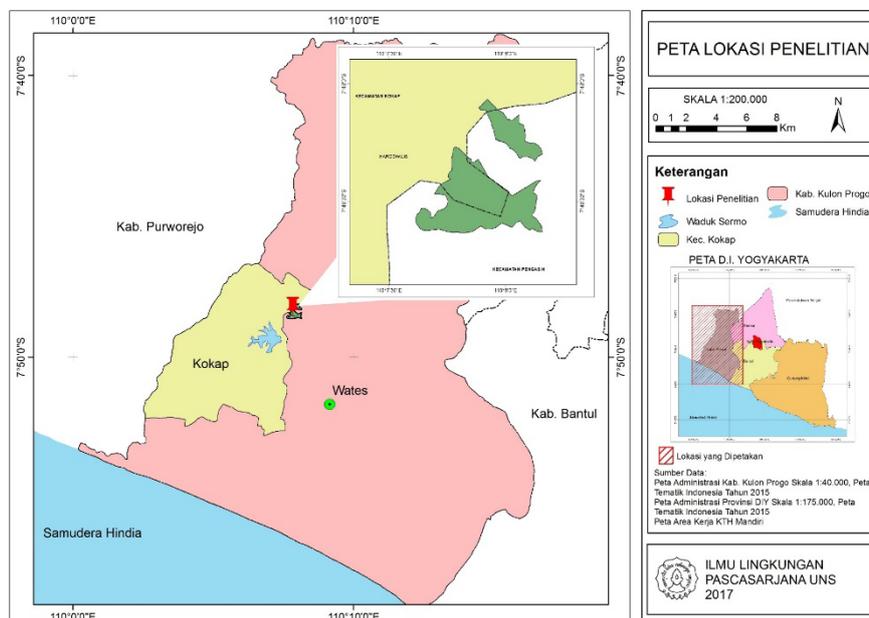
Studi tentang biomassa vegetasi hutan sangat penting untuk menentukan penyimpanan karbon dalam komponen pohon yang dominan dan menghitung siklus karbon di tingkat regional maupun global (Behera et al., 2017). Perkiraan simpanan karbon dan distribusinya pada ekosistem yang berbeda penting untuk memahami tingkat C yang teralokasi pada komponen labil dan stabil (Sierra et al., 2007). Hutan Kalibiru mempunyai peran penting bagi masyarakat sekitar khususnya dan Kabupaten Kulon Progo secara umum. Informasi simpanan karbon Hutan Kalibiru yang belum tersedia, sehingga perlu untuk dilakukan penghitungan potensi karbon. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung biomassa diatas tanah dan memperkirakan simpanan karbon Hutan Kalibiru.

Manfaat penelitian ini dapat menjadi sumber informasi bagi pembuat kebijakan untuk pengelolaan Hutan Kalibiru yang lestari. Hasil penelitian dapat memberikan gambaran bagi masyarakat sekitar, arti penting keberadaan Hutan Kalibiru sebagai penyerap gas CO₂ di atmosfer. Manfaat lainnya, dapat memberikan motivasi bagi masyarakat sekitar agar tetap menjaga kelestarian hutan.

METODE PENELITIAN

1. Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan di Hutan Kalibiru, Dusun Kalibiru, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. Kabupaten Kulon Progo terletak di bagian barta-laut Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayahnya mempunyai topografi berbukit yang sebagian besar merupakan Perbukitan Menoreh. Luas hutan di wilayah Kabupaten Kulon Progo sekitar 856,5 ha (1,5%) dari luas wilayah kabupaten (58.627,54 ha).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian penelitian

Sumber: (Peta Tematik Indonesia, 2013; Tentang Hutan Kemasyarakatan, 2001)

Hutan Kalibiru merupakan bagian dari Hutan di Perbukitan Menoreh yang berada di sebelah utara Kabupaten Kulon Progo. Hutan Kalibiru yang dijadikan lokasi penelitian

terletak pada petak 28 dan 29 dengan luas 29 ha. Penelitian dilakukan selama tiga bulan, yaitu Januari – Maret 2017.

2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pohon *sample* di kawasan Hutan Kalibiru. Peralatan yang digunakan adalah pita ukur/meteran, GPS, kompas, peta, patok, palu, laptop, dan software *Excel*.

3. Metode dan Desain Penelitian

Perkiraan simpanan karbon Hutan Kalibiru dapat diketahui dengan terlebih dahulu menghitung berat biomassa diatas permukaan tanah (AGB). Biomassa pohon dalam satuan kilogram. Metode yang digunakan untuk menghitung AGB dengan metode tidak langsung (*non-destruktif*), yaitu dengan menggunakan persamaan allometrik. Metode tersebut digunakan karena Hutan Kalibiru berstatus hutan lindung, sehingga tidak memungkinkan menggunakan metode destruktif.

Sampel diambil dengan cara *simple random sampling*, dengan pertimbangan belum ada data awal perkiraan sebaran cadangan karbon. Jumlah plot sampel ditentukan dengan menggunakan rumus yang umum digunakan dalam inventarisasi hutan (Manuri et al., 2011) yakni dengan pendekatan dari Indriyanto (2012):

$$n = \frac{i \cdot N}{A} \quad (1)$$

n adalah jumlah plot sampel, i adalah intensitas sampling, N adalah luas hutan yang disurvei (m^2), dan A adalah luas plot sampel utama (m^2). Intensitas sampling menurut Indriyanto (2012) sebesar 2%-10%, dengan mengambil intensitas sampling 5% dan luas Hutan Kalibiru 29 ha maka jumlah plot sample adalah:

$$n = \frac{5\% \cdot 290.000 m^2}{2.000 m^2} = 7,25 \text{ plot sampel} \sim 8 \text{ plot sampel}$$

Delapan plot sampel tersebut ditempatkan secara random pada Hutan Kalibiru. Plot sampel ditempatkan dengan pertimbangan rata-rata tutupan vegetasi dan dapat mewakili kawasan Hutan Kalibiru. Ukuran plot sampel utama adalah 20 m x 100 m dan sub plot ukuran 10 m x 50 m.

4. Teknik Pengumpulan Data

Data untuk keperluan penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa nama lokal pohon, jumlah pohon, dan diameter setinggi dada orang dewasa (dbh). Data sekunder berupa nama latin pohon dan berat jenis kayu.

Biomassa pancang berdiameter 5-30 cm dihitung dengan menginventarisasi jenis pohon, diameter (dbh), jumlah pohon yang terdapat dalam sub plot berukuran 10mx50m ($500m^2$). Biomassa pohon berdiameter >30 cm dihitung dengan menginventarisasi jenis pohon, jumlah pohon, dan diameter (dbh) yang terdapat dalam plot utama berukuran 20mx100m ($2.000m^2$). hasil inventarisasi dicatat dalam lembar hasil pengukuran lapangan (*tally sheet*) (Lugina et al., 2011).

5. Analisis dan Interpretasi Data

Biomassa pada pohon berdaun lebar dihitung dengan persamaan allometrik yang dikembangkan oleh Chave *et al.* (2005):

$$Y = \rho \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3) \quad (2)$$

Pohon berdaun jarum (*conifer*) menggunakan persamaan dari Brown (1997):

$$Y = \exp\{-1.170 + 2.119 \ln(D)\} \quad (3)$$

Pohon tidak bercabang menggunakan persamaan dari Hairiah *et al.* (1999):

$$Y = \pi D^2 h s / 40 \quad (4)$$

Pohon Pisang menggunakan persamaan dari Noordwijk *et al.* (2002):

$$Y = 0.030 D^{2.13} \quad (5)$$

Y adalah biomassa pohon (kg), D adalah diameter setinggi dada (dbh)/atau diameter setinggi 1,3 m (cm), h adalah tinggi pohon (m), ρ adalah berat jenis kayu (kg/cm^3).

Biomasa total seluruh jenis pohon (Aliansi Relawan untuk Penyelamatan Alam, 2014; Lugina et al., 2011):

$$Y_{Tp} = \sum Y_i \quad (6)$$

Y_{Tp} adalah biomasa total seluruh jenis pohon pada semua plot (ton), dan Y_i adalah jumlah biomasa tiap jenis pohon (ton).

Biomasa per ha (Aliansi Relawan untuk Penyelamatan Alam, 2014; Lugina et al., 2011):

$$Y_{total} = \frac{Y_{Tp}}{n} \times \frac{10.000m^2}{L_{plot}} \quad (7)$$

Y_{total} adalah biomasa per ha (ton/ha), n adalah jumlah plot, L_{plot} adalah luas plot (m^2).

Potensi karbon dihitung dengan menggunakan faktor konversi 0,5 dari potensi biomassa, dengan asumsi bahwa 50 % biomassa pohon adalah karbon (Brown, 1997; Malhi et al., 2002; Sedjo & Sohngen, 2012)

$$C = 0,5.Y_{total} \quad (8)$$

C adalah jumlah karbon yang tersimpan pada pohon (ton/ha).

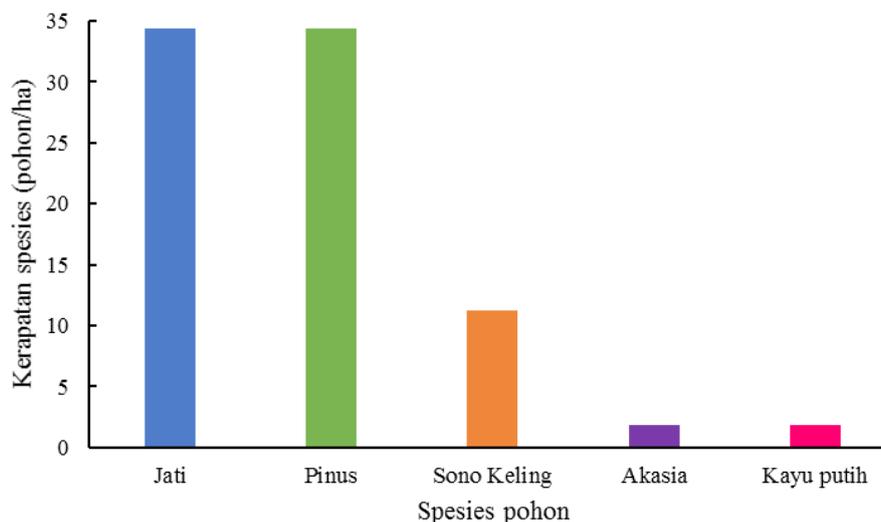
Kerapatan spesies pohon merupakan jumlah pohon per satuan ruang (Indriyanto, 2012):

$$K = \frac{\text{jumlah pohon}}{\text{luas seluruh plot sampel}} \quad (9)$$

K merupakan kerapatan spesies pohon (pohon/ha), luas plot sampel dalam hektar.

Hasil dan Pembahasan

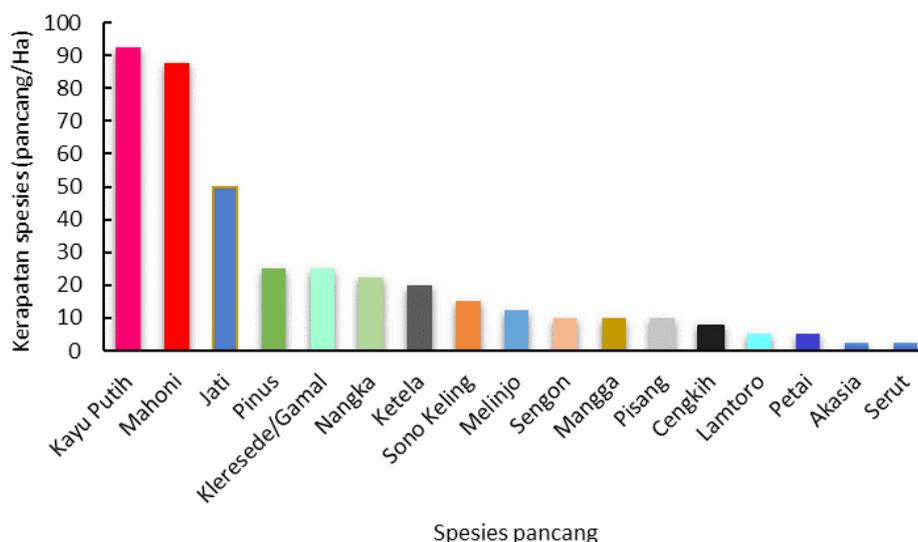
Jenis pohon dominan dengan diameter diatas 30 cm ada tiga yaitu: Jati, Sonokeling, dan Pinus seperti ditampilkan pada Gambar 1. Pohon Jati terdapat hampir disetiap plot *sample*. Pohon Pinus hanya terdapat di plot *sample* 6,7, dan 8. Pohon Sonokeling terdapat di plot *sample* 1, 2, 3, dan 6, namun jumlahnya tidak banyak.



Gambar 2. Kerapatan spesies pohon berdiameter diatas 30 cm

Pohon berdiameter 5-30 cm didominasi oleh empat jenis yaitu Kayu putih, Jati, Pinus, dan Mahoni seperti pada Gambar 2. Kayu putih banyak terdapat di sub plot *sample* 3, selain itu terdapat juga di sub plot *sample* 4, 5,

dan 8. Pohon Mahoni tersebar merata hampir diseluruh sub plot *sample*. Pohon Jati terdapat di sub plot *sample* 1, 2, 4, dan 5, namun jumlahnya sedikit.



Gambar 3. Kerapatan spesies pohon berdiameter 5-30 cm

Biomassa pohon berdiameter diatas 30 cm didominasi oleh Jati yaitu sebesar 51,11 ton/ha dengan kandungan karbon sebesar 25,55 ton/ha. Biomassa total dari pohon berdiameter diatas 30 cm adalah 115,37 ton/ha atau 57,68 ton/ha karbon, selengkapnya seperti Tabel 1.

Tabel 1. Biomassa dan serapan karbon pohon berdiameter diatas 30 cm

Nama pohon		AGB (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
Lokal	Latin		
Jati	<i>Tectona grandis</i>	51,11	25,55
Sono Keling	<i>Dalbergia latifolia</i>	30,58	15,29
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	25,38	12,69
Akasia	<i>Acacia longifolia</i>	5,37	2,69
Kayu putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	2,93	1,46
Total		115,37	57,68

Biomassa pohon berdiameter 5-30 cm didominasi oleh Kayu putih yaitu sebesar 23,17 ton/ha atau 11,58 ton/ha karbon. Biomassa total pohon berdiameter 5-30 cm adalah 60,03 ton/ha atau 30,01 ton/ha karbon, selengkapnya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Biomassa dan serapan karbon pohon berdiameter 5-30 cm

Nama pohon		AGB (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
Lokal	Latin		
Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	23,17	11,58
Jati	<i>Tectona grandis</i>	13,26	6,63
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	8,96	4,48
Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	7,52	3,76
lainnya	-	7	4
Total		60,03	30,01

Pohon berdiameter diatas 30 cm mempunyai rata-rata biomassa 115,37 ton/ha atau menyimpan karbon sebanyak 57,68 ton/ha. Pohon berdiameter 5-30 cm mempunyai rata-rata biomassa 60,03 ton/ha atau menyimpan karbon sebanyak 30,01 ton/ha. Biomassa total (Y_{tp}) Hutan Kalibiru sebesar 5.086,52 ton atau rata-rata 175,40 ton/ha. Malau *et al.* (2013); S., Sinukaban, Purwanto, Sanim, & Tarigan (2011); Fauzi (2012) menyatakan pohon berdiameter diatas 30 cm pada suatu penggunaan lahan memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap total cadangan karbon. Hasil penelitian La Baco. *et al.* (2011) di Sub DAS Konaweha Hulu mendapatkan potensi karbon pohon sebanyak 125,65 ton/ha dan tiang sebanyak 12,64 ton/ha.

Total potensi karbon (Y_{total}) yang diserap oleh Hutan Kalibiru adalah 2.543,26 ton atau rata-rata 87,70 ton/ha. Angka tersebut bermakna bahwa melestarikan 1 Ha Hutan Kalibiru dapat menghindari dampak kerusakan atmosfer akibat efek gas rumah kaca (CO_2) sebanyak 87,70 ton per tahun. Potensi karbon rata-rata Hutan Kalibiru lebih kecil dari Hutan Gayo Lues sebesar 216,85 ton/ha (Fauzi, 2012). Hasil yang hampir sama dengan Hutan Kalibiru dikemukakan oleh Bhattarai *et al.* (2012) bahwa rata-rata potensi karbon hutan di Nepal Tengah adalah 73,2 ton/ha. Potensi penyerapan karbon hutan Kalibiru masih lebih tinggi dibanding penyerapan karbon hutan di Kabupaten Langkat yang berkisar 56,76-63 ton/ha (Malau *et al.*, 2013).

Potensi simpanan karbon yang berbeda tersebut disebabkan antara lain 1) usia hutan/pohon yang berpengaruh pada diameter pohon (Bhattarai *et al.*, 2012); 2) tipe hutan; 3) iklim; dan 4) tingkat akurasi metode yang digunakan dalam analisis vegetasi (LaBaco *et al.*, 2011). Tipe hutan primer mempunyai potensi karbon lebih besar daripada hutan sekunder (Fauzi, 2012). Menurut Brown (1997) pohon pada hutan zona iklim lembab mempunyai biomassa lebih besar dibandingkan zona iklim kering.

Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu (2011) menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada cadangan karbon untuk pohon-pohon berdiameter <60 cm, tetapi untuk dbh >60 cm penaksiran menggunakan rumus Ketterings, Coe, van Noordwijk, Ambagau', & Palm, (2001) menunjukkan hasil yang jauh lebih besar dari rumus Basuki, Van Laake, Skidmore, & Hussin (2009), Brown, Gillespie, & Lugo (1989), Chave *et al.* (2005).

Hasil perhitungan simpanan karbon Hutan Kalibiru lebih kecil dari estimasi Brown *and* Pearce (1994) dalam Yulian, Syaufina, & Putri (2011) untuk hutan sekunder sebesar 194 ton/ha. Namun, masyarakat sekitar Hutan Kalibiru telah ikut berkontribusi dalam menghindari dampak pemasanan global akibat gas (CO_2) di atmosfer, karena dengan langkah konservasi yang dilakukan. Masyarakat sekitar Hutan Kalibiru telah ikut andil dalam menghindari kerusakan atmosfer akibat efek gas rumah kaca (CO_2) sebanyak 87,70 ton per hektar per tahun.

Simpulan

Biomassa total Hutan Kalibiru sebesar 5.086,52 ton atau rata-rata 175,40 ton/ha. Total simpanan karbon Hutan Kalibiru adalah 2.543,26 ton atau rata-rata 87,70 ton/ha. Angka tersebut bermakna bahwa melestarikan 1 Ha Hutan Kalibiru dapat menghindari dampak kerusakan atmosfer akibat efek gas rumah kaca (CO_2) sebanyak 87,70 ton per tahun.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pertanian yang telah memberikan pendaan untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada ketua dan anggota Kelompok Tani Hutan Kemasyarakatan (KTH) Mandiri, Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Kulon Progo, dan Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Kulon Progo yang telah membantu penelitian.

Daftar Pustaka

- Aliansi Relawan untuk Penyelamatan Alam. (2014). *Menghitung Cadangan Karbon di Hutan Rakyat Panduan bagi Para Pendamping Petani Hutan Rakyat (Pertama)*. Biro Penerbit ARuPA. <http://arupa.or.id/sources/uploads/2014/08/Panduan-Praktis-Menghitung-Cadangan-Karbon-Hutan-Rakyat.pdf>
- Basuki, T. M., Van Laake, P. E., Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2009). Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257(8), 1684–1694.
- Behera, S. K., Sahu, N., Mishra, A. K., Bargali, S. S., Behera, M. D., & Tuli, R. (2017). Aboveground biomass and carbon stock assessment in Indian tropical deciduous forest and relationship with stand structural attributes. *Ecological Engineering*, 99, 513–524. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.046>
- Bhattarai, T., Skutsch, M., Midmore, D., & Rana, E. B. (2012). The carbon sequestration potential of community based forest management in Nepal. *International Journal of Climate Change*, 3(2), 233–254.
- Brown, S. (1997). *Estimating Biomassa and Biomassa Change of Tropical Forests: a Primer* (No. 134). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e06.htm#3.1.1> general equation
- Brown, S., Gillespie, A. J. R., & Lugo, A. E. (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4), 881–902.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., & others. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99.
- Fauzi. (2012). *Strategi Pengelolaan Sumberdaya Hutan Kabupaten Gayo Lues, Provinsi Aceh*. (Tesis Pascasarjana). Institut Pertanian Bogor.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., & Rahayu, S. (2011). *Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang alam* (Edisi Kedua). World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia.
- Hairiah, K., van Noordwijk, M., Palm, C., Murdiyarso, D., & Suyamto, D. A. (1999). Methods for sampling above and below ground organic pools. *IC-SEA Report*, 6.
- Heil, M. T., & Selden, T. M. (2001). Carbon emissions and economic development: future trajectories based on historical experience. *Environment and Development Economics*, 6(1), 63–83.
- Indriyanto. (2012). *Ekologi Hutan* (Cetakan ke). PT. Bumi Aksara.
- Ketterings, Q. M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y., & Palm, C. A. (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146(1–3), 199–209. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00460-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00460-6)
- LaBaco, S., Sinukaban, N., Purwanto, Y. J., Sanim, B., & Tarigan, S. D. (2011). *Valuasi ekonomi hutan di Sub DAS Konaweha Hulu Provinsi Sulawesi Tenggara*. 21(2), 143–151. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/63555>
- Lugina, M., Ginoga, K. L., Wibowo, A., Bainnaura, A., & Partiani, T. (2011). *Prosedur Operasi Standar untuk Pengukuran dan Perhitungan Stok Karbon di Kawasan Konservasi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Kehutanan. <http://www.forda-mof>

- org/files/SOP Pengukuran Stok Karbon.pdf
- Malau, Y. D. P., Rahmawaty, R., & Riswan, R. (2013). Pendugaan Cadangan Karbon Above Ground Biomass (AGB) pada Tegakan Agroforestri di Kabupaten Langkat (The Estimate of Carbon Stocks Above Ground Biomass (AGB) on Agroforestry Stands in Langkat). *Peronema Forestry Science Journal*, 2(1), 106–110. <http://jurnal.usu.ac.id/index.php/PFSJ/article/view/2687>
- Malhi, Y., Meir, P., & Brown, S. (2002). Forests, carbon and global climate. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1797), 1567–1591.
- Manuri, S., Putra, C. A. S., & Saputra, A. D. (2011). Teknik pendugaan cadangan karbon hutan. *Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation--GIZ. Palembang.*
- Noordwijk, M. Van, Farida, A., Rahayu, S., Verbist, B., Wulan, Y. C., & Hairiah, K. (2002). Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape in Sumber-Jaya (Lampung, Indonesia): from allometric equations to land use change analysis. *Science in China*, 45, 75–86. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/30099>
- Peta Tematik Indonesia. (2013). *administrasi-kulonprogo.jpg (1488x1053)*. <https://petatematikindo.files.wordpress.com/2013/06/administrasi-kulonprogo.jpg>
- Sedjo, R., & Sohngen, B. (2012). Carbon Sequestration in Forests and Soils. *Annual Review of Resource Economics*, 4(1), 127–144. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083110-115941>
- Sierra, C. A., del Valle, J. I., Orrego, S. A., Moreno, F. H., Harmon, M. E., Zapata, M., Colorado, G. J., Herrera, M. A., Lara, W., Restrepo, D. E., Berrouet, L. M., Loaiza, L. M., & Benjumea, J. F. (2007). Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porc region, Colombia. *Forest Ecology and Management*, 243(2–3), 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.026>
- Tentang Hutan Kemasyarakatan, (2001). [http://storage.jak-stik.ac.id/ProdukHukum/kehutanan/KEPUTUSAN MENTERI KEHUTANAN Nomor 31Kpts-II2001.pdf](http://storage.jak-stik.ac.id/ProdukHukum/kehutanan/KEPUTUSAN%20MENTERI%20KEHUTANAN%20Nomor%2031Kpts-II2001.pdf)
- Terakunpisut, J., Gajaseni, N., & Ruankawe, N. (2007). Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum national forest, Thailand. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5(2), 93–102.
- Yulian, E. N., Syaufina, L., & Putri, E. I. K. (2011). Valuasi Ekonomi Sumberdaya Alam Taman Hutan Raya Bukit Soeharto Di Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1(1), 38.

Liliana Baskorowati, Hamdan Adma Adinugraha, Mudji Susanto, Mashudi. (2020). Variasi Pertumbuhan dan Pembuahan Klon Jati (*Tectona grandis* L.f.) Umur 11 Tahun. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 9-17. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

VARIASI PERTUMBUHAN DAN PEMBUAHAN KLON JATI (*Tectona grandis* L.F.) UMUR 11 TAHUN

Liliana Baskorowati*, Hamdan Adma Adinugraha, Mudji Susanto, Mashudi

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl Palagan T Pelajar Km 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta

*Email: liliana.baskorowati@gmail.com

Paper submit: 24 Januari 2019, Paper publish: Maret 2020

ABSTRACT – The development of teak clones (*Tectona grandis* L.F.) is currently being done by industry and farmers to increase productivity. The use of superior teak clones will determine the success of planting; therefore, the superior clones need to be developed. Knowledge of variations in growth and fruiting in the seed orchard of teak clones is important to determine the reproductive capacity of a plant. Therefore, study on variations in the growth and fruiting of teak clones was undertaken. The study was conducted at 11 years old of teak clones, located in Alas Ketu Wonogiri, Central Java. The teak plants measured were planted with a spacing of 2 x 6 m, using a randomized block design, with 100 clones; 3 ramet per clone and consists of 5 blocks as replications. The clones originated from Gunung Kidul, Madiun, Cepu, Wonogiri, Randublatung, Rembang, Muna, Matakidi, Kendari, Buton, and Thailand. All individual trees in the plots were examined for collecting data. Parameters were measured including height of trees, diameter breast height, flower and fruit production. The results showed that height and diameter growth varied significantly between clones, as well as between replications; while flower and fruit production did not show significant differences between clones and between replications. When the clones grouped in height class and diameter class, it showed that the production of flowers and fruits of teak clones were different significantly. Moreover, the reproductive success of this teak clone seed orchard was very low at 2.15%, suggested due to very little rainfall during the flowering season which causes many flowers to fall out.

Keywords: Teak, clones, growth, fruiting, reproductive success

Pendahuluan

Tectona grandis L.F. atau jati merupakan jenis kayu dengan kualitas yang sangat bagus yang berasal dari India, Myanmar, Laos dan Thailand (Kaosa-ard, 1981; Soerianegara & Lemmens, 1993). Jenis ini merupakan salah satu jenis tanaman yang terpenting di Indonesia karena keawetan dan kekuatan kayunya. Manfaat kayu sangat beragam untuk konstruksi bangunan, furniture, jembatan, bantalan rel kereta api dan lainnya. Namun demikian jenis ini merupakan jenis yang lama tumbuh (*slow growing species*) sehingga untuk mendapatkan hasil kayu dengan kualitas yang bagus harus menunggu waktu yang cukup lama kurang lebih 30 tahun (Soerianegara & Lemmens, 1993). Peningkatan kebutuhan akan kayu jati

semakin banyak, sedangkan pasokan kayu jati semakin menurun.

Penerapan kehutanan klonal pada jati akan meningkatkan produktivitas sehingga akan berkontribusi secara substansial dalam memenuhi permintaan pasar. Meskipun demikian pengembangan tanaman hutan dengan klon akan berhasil jika menggunakan klon yang unggul. Pembangunan kebun benih menggunakan klon unggul dari berbagai daerah merupakan strategi yang penting dalam program pemuliaan jenis jati. Diasumsikan bahwa keturunan hasil perkawinan silang pohon-pohon superior dalam kebun benih tersebut mempunyai sifat-sifat yang unggul secara genetik. Tujuan utama pembangunan kebun benih klon jati adalah untuk menyediakan secara masal benih jati unggul; yang mempunyai akses ke lokasi serta

kemudahan koleksi benih unggul. Dengan demikian sumber benih klon akan mempunyai hubungan yang penting dengan penanaman jati secara komersial. Menurut Ramesh dan Gunaga, (2012) pembentukan kebun benih akan menjadi jalan buntu jika potensi penuh terhadap kebun benih tersebut tidak diwujudkan melalui pemanenan benih-benih yang sudah ditingkatkan kualitas genetiknya. Beberapa studi terdahulu banyak melaporkan rendahnya produksi benih jenis jati baik di kebun benih klon maupun dalam tegakan jati yang lain (Gunaga, R.P. and Vasudeva, 2005; Indira, 2005; Ramesh & Gunaga, 2012).

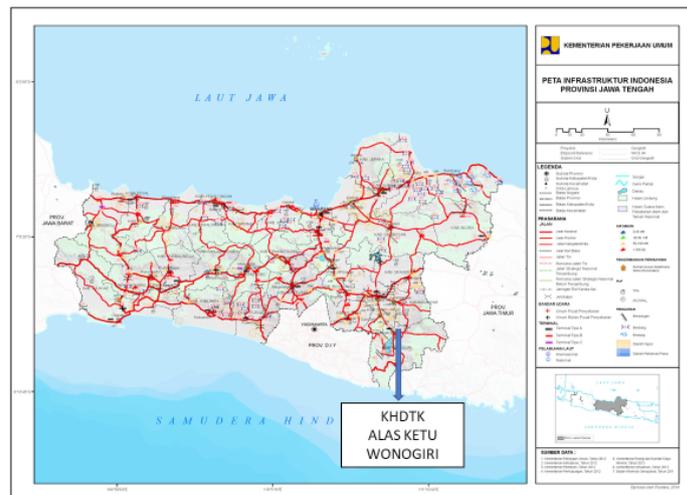
Meskipun program pemuliaan jati sudah berlangsung lama di Indonesia dan sudah memahami benar pentingnya peningkatan produksi benih yang berkualitas, namun variasi klon terhadap pembungaan untuk jenis ini masih sangat sedikit diketahui. Variasi pembuahan pada suatu jenis sangat umum

terjadi, tetapi apakah perbedaan pembungaan antar klon dipengaruhi oleh faktor genetik, sangat penting untuk diketahui. Selama ini penentuan pemilihan pohon unggul maupun penilaian sebuah kebun benih pada jati masih menggunakan kenampakan fenotipik dan mengabaikan kemampuan produksi bunga (Sett, Mishra, & Rana, 2016).

Metode Penelitian

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di plot uji klon jati yang ditanam pada tahun 2005 di KHDTK BBPPBPTH alas Ketu, Wonogiri Jawa Tengah (Gambar 1). Pengukuran dilakukan ketika tegakan uji klon pada umur 11 tahun. Plot uji klon jati terletak pada ketinggian 141 m diatas permukaan laut, LS 7°32'15"-8°15'15"; BT 110°4'- 111°18'.



Gambar 1. Lokasi KHDTK Alas Ketu Wonogiri, Jawa Tengah

2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam pengamatan adalah alat tulis, Haga meter, pita diameter (*phi band*) dan binokuler. Sedangkan bahan yang digunakan adalah plot uji klon ditanam dengan jarak tanam 2 x 6 m, menggunakan desain Rancangan acak kelompok dengan 100 klon; 3 ramet per klon dan terdiri dari 5 blok sebagai ulangan (Adinugraha & Mahfudz, 2016). Klon-klon tersebut berasal dari Gunung Kidul, Madiun, Cepu, Wonogiri, Randublatung,

Rembang, Muna, Matakidi, Kendari, Buton, Thailand (Adinugraha & Mahfudz, 2016).

3. Tahapan Pelaksanaan/Rancangan Penelitian

Pengukuran dilakukan pada semua pohon yang masih tersisa di plot uji dengan parameter yang diukur adalah tinggi pohon, diameter batang, dan produksi bunga. Haga meter digunakan untuk mengukur tinggi pohon, yang diukur mulai dari pangkal batang sampai dengan

ujung batang. Diameter diukur pada ketinggian setinggi dada (1,3 m diatas permukaan tanah) dengan menggunakan pita meter. Produksi bunga dihitung dengan cara menghitung jumlah malai per pohon kemudian dikalikan dengan rata-rata jumlah bunga per malai yaitu 429 (Bila, Lindgren, & Mullin, 1999).

4. Analisis Data

Pengukuran data di lapangan berupa tinggi, diameter, jumlah bunga dianalisis menggunakan analisis varians untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang nyata antar klon. Model analisis varians yang digunakan seperti yang dideskripsikan dibawah. Data tiap individu digunakan sebagai masukan data, dengan klon sebagai faktor random dan blok sebagai faktor tetap.

$$Y_{ij} = \mu + B_i + K_j + E_{ij}$$

Keterangan :

- Y_{ij} = pengamatan pada blok ke-i, klon ke-j
- μ = rerata umum
- B_i = efek blok ke-i
- K_j = efek klon ke-j
- E_{ij} = random error pada pengamatan ke-ij, dengan asumsi data terdistribusi normal dengan rerata 0 dan varians σ^2

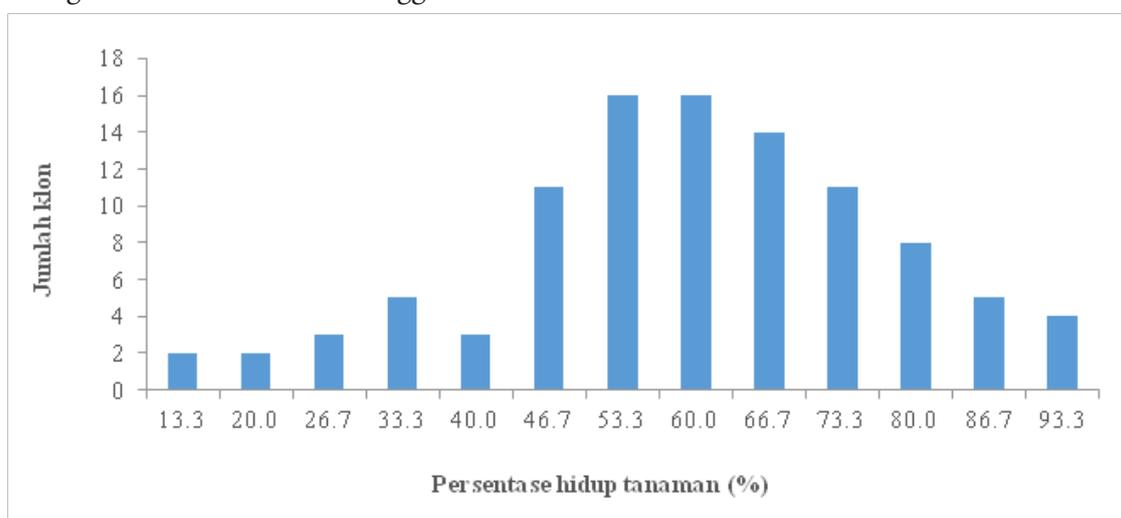
Untuk melihat apakah pertumbuhan berpengaruh terhadap pembungaan dan pembuahan, tanaman dikategorikan berdasarkan kelas tinggi dan kelas diameter. Tinggi tanaman

dikategorikan menjadi 4 kelas yaitu (1): <10 m; (2): 10 - 14.9 m; (3): 15 - 19.9 m dan (4): > 20 m; dan untuk diameter tanaman dikategorikan menjadi 6 kelas yang terdiri dari (1): <10 cm; (2): 10-14.9 cm; (3): 15-19.9 cm; (4): 20-24.9 cm; (5): 25-29.9 cm; (6): 30-34.9 cm.

Hasil dan Pembahasan

1. Pertumbuhan Tanaman

Hasil pengamatan di lapangan diketahui bahwa pada umur 11 tahun tanaman uji klon jati di Wonogiri, Jawa Tengah menunjukkan persentase hidup tanaman secara keseluruhan sekitar 60,13% yang bervariasi dari 13,33- 93,33% (Gambar 1). Dari hasil pengukuran diperoleh rerata tinggi pohon 12,87 m yang bervariasi dari 5,3 - 22,5 m dengan riap tinggi tanaman 1,17 m/tahun. Diameter batang setinggi dada/dbh bervariasi dari 5,7 - 39,2 cm dengan rata-rata mencapai 14,65 cm sehingga riap diameter batang 1,33 cm/tahun. Hasil penghitungan taksiran volume pohon diperoleh sebaran volume mulai dari 0,01 - 1,46 m³ per pohon dengan rata-rata volume secara keseluruhan yaitu 0,146 m³ per pohon. Dari hasil tersebut diperoleh angka taksiran riap volume tanaman uji klon tersebut sekitar 11,06 m³/ha/tahun. Selanjutnya data hasil pengamatan tersebut dianalisis untuk mengetahui pengaruh klon dan blok penelitian, yang hasilnya disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Persentase hidup tanaman uji klon jati di Wonogiri umur 11 tahun

Tabel 1. Hasil analisis varians pertumbuhan tinggi, diameter dan volume pohon uji klon jati umur 11 tahun di Alas Ketu, Wonogiri

Sumber variasi	Derajat bebas	Tinggi		Diameter		Volume pohon	
		RK	Pr > F	RK	Pr > F	RK	Pr > F
Replikasi	4	112,24	< 0,0001**	271,21	< 0,0001**	0,169	< 0,0001**
Klon	99	11,87	< 0,0001**	36,56	< 0,0001**	0,034	< 0,0001**
Galat	798	6,92		18,64		0,015	
Total	901						

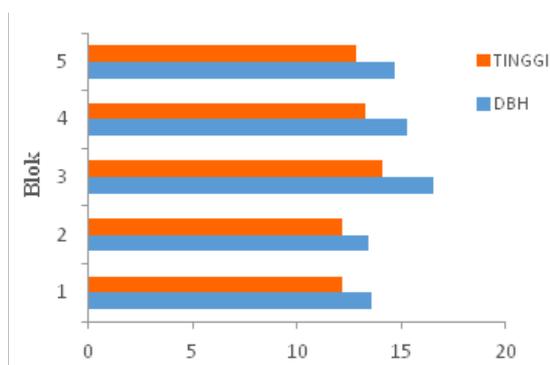
Hasil analisis varian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi pohon, diameter batang dan volume pohon berbeda sangat nyata baik antar klon pada plot uji maupun antar blok. Variasi pertumbuhan tersebut menunjukkan adanya pengaruh yang ditimbulkan baik faktor genetik maupun lingkungannya. Secara umum pertumbuhan tanaman merupakan hasil interaksi antara faktor genetik dengan lingkungannya (Zobel & Talbert, 1984). Pertumbuhan tinggi, diameter dan volume pohon terbaik diperoleh pada blok 3 (Gambar 2 dan 3) yang masing-masing sebesar 16,55 cm untuk dbh, 14,09 m untuk tinggi dan 0,19 m³ untuk volume pohon.

Pengukuran pertumbuhan tanaman jati sebagai salah satu primadona jenis tanaman penghasil kayu pertukangan adalah volume pohon yang dapat ditaksir dengan pengukuran sifat utama yaitu tinggi pohon dan diameter batang/dbh (D. K. S. Goh et al., 2013; Fitriani, 2012; Harbagung & Imanuddin, 2009; K. Palanisamy, Maheshwar, & Yi, 2009). Pada tabel 2 disajikan rerata pertumbuhan tinggi, diameter batang dan volume pohon 10 klon terbaik pada uji klon jati di Alas Ketu Wonogiri. Pertumbuhan terbaik ditunjukkan oleh klon

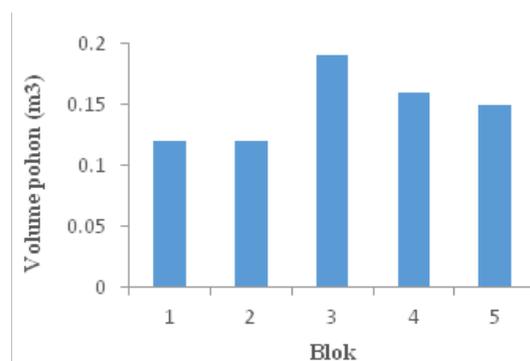
44 dan 43 pada ketiga sifat yang diamati yang kemudian dikuti oleh klon 24, 37 dan 46.

Sementara pertumbuhan tanaman terendah sebesar untuk sifat tinggi 9,92 m (klon 6), sifat dbh sebesar 10,10-10,85 cm (klon 6, 7, 2) dan untuk volume pohon 0,05 m³ (klon 6, 2, 7). Apabila dilakukan seleksi klon dengan memilih 10 klon terbaik untuk penanaman berikutnya maka potensi pertumbuhan tanaman dapat ditingkatkan menjadi 18,47 cm (25,60%) untuk sifat dbh dan 14,97 m (16,32%) untuk sifat tinggi. Potensi riap volume tanaman dengan menggunakan 10 klon terbaik dapat mencapai 21,20 m³/ha/tahun pada umur 11 tahun.

Dibandingkan dengan hasil analisis pertumbuhan sebelumnya yang dilakukan pada waktu tanaman berumur 5 tahun diketahui ada penurunan persentase hidup tanaman sebesar 16,49% yang sebelumnya 72%. Penurunan tersebut terjadi karena dilakukan penebangan seleksi pada tanaman-tanaman yang menunjukkan pertumbuhan yang jelek atau tertekan serta pada tanaman yang menunjukkan adanya kerusakan batang akibat serangan hama/penyakit. Klon 44 dan 43 menunjukkan tingkat pertumbuhan yang stabil sejak umur tanaman 5 tahun tetap menunjukkan pertumbuhan terbaik (Adinugraha dan Mahfudz, 2016).



Gambar 2. Tinggi dan diameter tanaman pada setiap blok



Gambar 3. Volume pohon pada setiap blok

Tabel 2. Pertumbuhan 10 klon terbaik pada uji klon jati umur 11 tahun di Wonogiri, Jawa Tengah

No urut	Klon	Dbh (cm)	Klon	Tinggi (m)	Klon	Vol (m ³)
1	44	21,91	44	16,62	44	0,40
2	43	21,61	43	16,44	43	0,39
3	24	18,05	64	14,92	95	0,31
4	37	17,79	24	14,85	37	0,28
5	64	17,68	90	14,79	82	0,25
6	90	17,66	96	14,72	24	0,24
7	95	17,44	46	14,40	46	0,23
8	82	17,34	77	14,35	78	0,23
9	46	17,33	76	14,32	77	0,22
10	96	17,20	37	14,31	54	0,22
Rerata		18,40		14,97		0,28

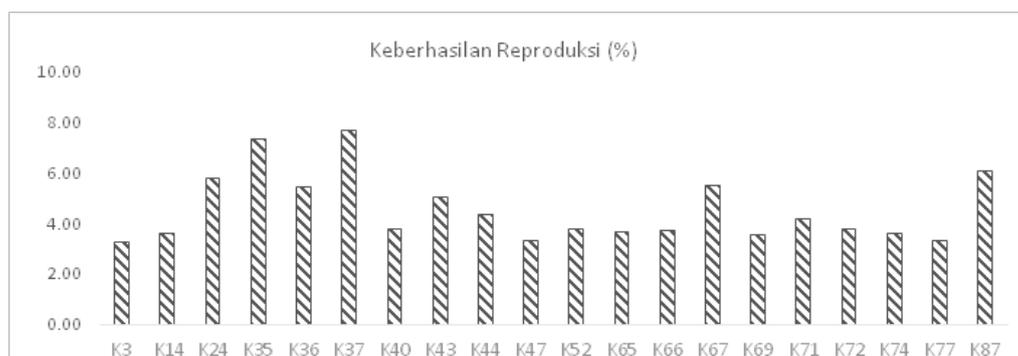
2. Produksi Bunga dan Buah

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa produksi bunga dan buah tanaman klon jati pada lokasi uji tidak berbeda nyata antar klon maupun antar blok. Hasil analisis varians dari uji klon umur 11 tahun untuk produksi bunga dan buah disajikan pada Tabel 3. Persen jadi bunga menjadi buah untuk uji klon ini sangat rendah dengan rerata 2,15%. Rendahnya keberhasilan reproduksi pada jati ini juga di laporkan oleh (Palupi & Owens, 2002). Pada penelitian ini dua puluh klon dengan persen keberhasilan reproduksi terbaik diperlihatkan dalam Gambar 4, dengan klon nomer 37, 35 dan 87 merupakan

klon-klon dengan keberhasilan reproduksi tinggi (>8%). Secara umum diketahui bahwa keberhasilan reproduksi pada tanaman jati dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketersediaan agen penyerbuk, keadaan cuaca maupun keserempakan pembungaan. Gunaga et al., 2011 menyatakan bahwa keberhasilan penyerbukan pada klon jati sangat dipengaruhi oleh keselarasan antara pembungaan yang serempak dengan musim hujan. Lebih lanjut dikatakan bahwa rendahnya bunga menjadi buah pada kebun benih klon sangat dipengaruhi oleh ketidak serempakan pembungaan antar klon serta hujan yang tidak kontinyu.

Tabel 3. Hasil analisis varians produksi bunga dan buah uji klon jati umur 11 tahun di Alas Ketu, Jawa Tengah

Sumber Variasi	db	Produksi Bunga		Produksi Buah	
		RK	Pr > F	RK	Pr > F
Blok	4	1628.7	0.4148	15877.68	0.1813
Klon	93	1373.4	0.8365	6812.65	0.9791



Gambar 4. Rerata keberhasilan reproduksi (persen bunga menjadi buah) klon Jati umur 11 tahun di Alas Ketu, Jawa Tengah

Jika data pengukuran dikelompokkan dalam kelas tinggi dan diameter (Tabel 4), maka hasil analisis varians memperlihatkan bahwa produksi bunga dan buah berbeda nyata ($p < 0.05$) antar kelas tinggi, dan berbeda sangat nyata ($p < 0.001$) antar kelas diameter. Lebih lanjut, jika dilihat dari rerata produksi bunga dan buah tanaman klon jati berbeda sangat nyata antar kelas diameter, dimana kelas diameter 5 (25 - 29.9 cm) merupakan diameter tanaman dengan produksi pembungaan dan pembuahan yang paling banyak dibandingkan dengan kelas diameter yang lainnya. Dari Gambar 5, dapat dilihat kecenderungan produksi bunga dan buah akan meningkat seiring dengan

peningkatan diameter tanaman, meskipun produksi bunga dan buah akan mengalami penurunan pada kelas diameter 6 (30 - 34.9 cm). Lebih lanjut, dari Gambar 5 tersebut diketahui bahwa produksi bunga dan buah akan semakin meningkat sebanding dengan kenaikan tinggi suatu tanaman; kenaikan produksi bunga dan buah tersebut sangat mungkin berkorelasi dengan pertumbuhan. Tanaman dengan tinggi yang diatas rata-rata mempunyai kesempatan mendapatkan sinar matahari yang diperlukan untuk proses reproduksi lebih besar daripada tanaman yang tidak mendapatkan sinar matahari.

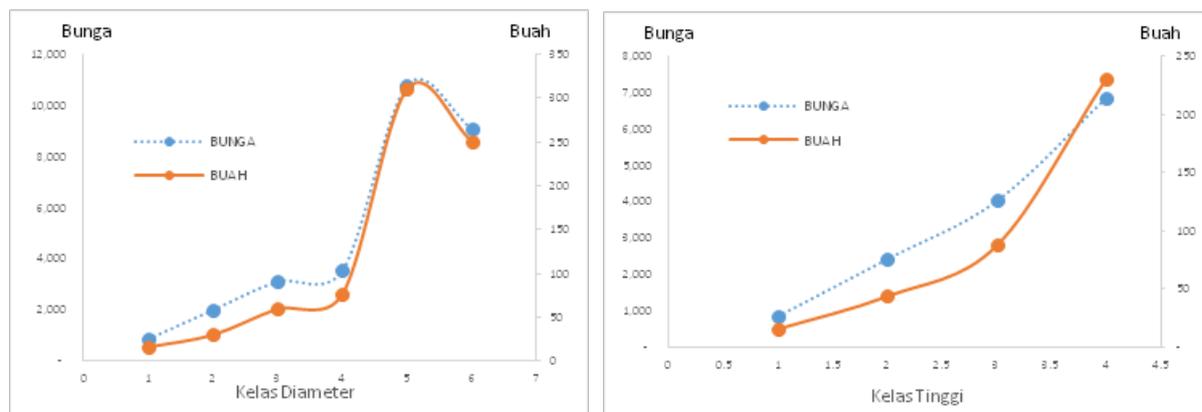
Tabel 4. Hasil analisis varians produksi bunga dan buah berdasarkan kelas tinggi dan diameter uji klon jati umur 11 tahun di Alas Ketu, Jawa Tengah

Sumber Variasi	db	Produksi Buah		Produksi Bunga	
		RK	Pr > F	RK	Pr > F
Blok	4	21007557.2	0.2355	12366.4702	0.2187
Kelas tinggi	3	63284802.5	0.0062*	42001.8979	0.0024*
Blok	4	72697604.6	0.2785	52154.4599	0.1276
Kelas diameter	5	450910501.7	<.0001**	483920.2497	<.0001**

Variasi produksi benih dapat terjadi dalam dan antar spesies (Jackson & Sweet, 1972; Kramer & Kozlowski, 1960; Matthews, 1951). Mereka menyebutkan bahwa faktor lingkungan seperti kondisi nutrisi dan faktor genetik seperti sinkronitas pembungaan dan tingkat ketidakcocokan berkawin sendiri suatu spesies dalam satu populasi telah berpengaruh penting terhadap inisiasi bunga dan produksi benih dalam suatu populasi spesies di hutan. Pembungaan yang sinkron dapat menarik berbagai serangga atau hewan sebagai penyerbuk untuk mengunjungi dan memindahkan serbuk sari dari satu ke pohon lain. Hal tersebut juga dapat meningkatkan transfer serbuk sari antar pohon yang mengarah ke peningkatan penyerbukan silang yang akhirnya akan menyebabkan bervariasinya pembungaan dalam satu populasi tanaman.

Baskorowati & Fauzi, (2013) menjelaskan beberapa hal yang menyebabkan keberhasilan

reproduksi pada jati sangat rendah antara lain karena ketidak serempakan pembungaan antar klon dalam satu populasi. Ketidak serempakan pembungaan antar klon akan mengurangi daya tarik serangga untuk mengunjungi bunga. Kurangnya jumlah penyerbuk dan ketidak efektifan serangga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya produksi buah jati dibandingkan dengan kelimpahan bunga jati. Hal ini disebabkan oleh benang sari (pollen) jati yang bersifat lengket sehingga serangga penyerbuk merupakan kunci utama terjadinya penyerbukan silang. Selain hal tersebut, ketidak serempakan pembungaan akan berakibat pada ketidak efektifan serangga penyerbuk yang umumnya serangga hanya berpindah dari satu bunga ke bunga yang lain pada satu pohon, yang akan menyebabkan bunga kawin sendiri, sehingga produksi jati menjadi rendah.



Gambar 5. Rerata produksi bunga dan buah tanaman uji klon jati umur 11 tahun di Alas Ketu, Jawa Tengah berdasarkan kelas diameter dan kelas tinggi.

Simpulan

Pertumbuhan klon jati pada umur 11 tahun di Alas Ketu, Jawa Tengah sangat baik dengan riap volume sekitar 11,06 m³/ha/tahun. Pertumbuhan tinggi pohon, diameter batang dan volume pohon berbeda sangat nyata baik antar klon pada plot uji maupun antar blok. Pertumbuhan terbaik ditunjukkan oleh klon 44 dan 43 pada ketiga sifat yang diamati yang kemudian dikuti oleh klon 24, 37 dan 46. Hasil pengamatan produksi bunga dan buah tanaman klon jati pada lokasi uji tidak berbeda nyata antar klon maupun antar blok dengan persen

keberhasilan reproduksi yang rendah yaitu 2.15 %; namun demikian terdapat kecenderungan produksi bunga dan buah akan meningkat seiring dengan peningkatan diameter maupun tinggi tanaman.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu pengambilan data di lapangan di KHDTK Wonogiri Jawa Tengah yaitu Bpk Suwandi dan Bpk Didik. Penelitian ini menggunakan anggaran penelitian DIPA Badan Litbang Kehutanan tahun anggaran 2016.

Daftar Pustaka

- Adinugraha, H. A., & Mahfudz. (2016). Estimasi parameter genetik uji klon jati umur 5 tahun di Wonogiri, Jawa Tengah. *WASIAN*, 3(1), 17–23.
- Baskorowati, L., & Fauzi, M. A. (2013). Biologi Jati. In *Benih Unggul untuk Pengembangan Hutan Jati Rakyat*. (pp. 05–11). FORDA PRESS bekerjasama dengan Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan.
- Bila, A. D., Lindgren, D., & Mullin, T. J. (1999). Fertility variation and its effect on diversity over generations in a teak plantation (*Tectona grandis* L.f. L.f.). *Silvae Genetica*, 48(3–4), 109–114.
- D. K. S. Goh, Japarudin, Y., Alwi, A., Lapammu, M., Floris, A., & Monteuis, O. (2013). Growth differences and genetic parameter estimates of 15 teak (*Tectona grandis* L.f. L.f.) genotypes of various ages clonally propagated by microcuttings and planted under humid tropical conditions. *Silvae Genetica*, 62(4–5), 196–206.
- Fitriani, A. (2012). Evaluasi Pertumbuhan Tanaman Jati Pada Areal Gerakan Rehabilitasi Hutan dan Lahan. *Jurnal Hutan Tropis*, 13(1), 55–66.
- Gunaga, R.P. and Vasudeva, R. (2005). Causes for low fruit production in clonal seed orchards of teak (*Tectona grandis* L.f. Linn): A special references to India. In J. K. Bhat, K.M., Nair,

- K.K.N. Bhat, K.V., Muralidharan, E.M. and Sharma (Ed.), *Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management* (pp. 352–358). Published by KFRI, Peechi.
- Gunaga, R. P., Kanfade, A. H., & Vasudeva, R. (2011). Soil fertility status of 20 seed production areas of *Tectona grandis* L.f. Linn. f. in Karnataka, India. *Journal of Forest Science*, 57(11), 483–490.
- Harbagung, I., & Imanuddin, R. (2009). Penentuan Ukuran Optimal Petak Ukur Permanen Untuk Hutan Tanaman Jati. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 6(1), 57–68.
- Indira, E. P. (2005). Why teak seed orchards are low productive. In *Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management* (Eds.) Bhat, K.M., Nair, KKN, Bhat, K.V., Muralidharan, E.M. and Sharma, J.K., (pp. 347–351).
- Jackson, D. I., & Sweet, G. . (1972). Flower initiation in temperate woody plants. *Horticultural Abstracts*, 42, 9–24.
- K. Palanisamy, Maheshwar, H., & Yi, J.-S. (2009). Teak (*Tectona grandis* L.f. Linn. f.): A Renowned Commercial Timber Species. *Journal of Forest Science*, 25(1), 1–24.
- Kaosa-ard, A. (1981). Teak its natural distribution and related factors. *Nat. His. Bull. Siam. Soc.*, 29, 55–74.
- Kramer, P. J., & Kozlowski, T. . (1960). *Physiology of trees*. Mc Grow Hill Book Company, New York.
- Matthews, J. D. (1951). Forest genetics. *Nature*, 167(4254), 764. <https://doi.org/10.1038/167764a0>
- Palupi, E. R., & Owens, J. N. (2002). Reproductive Phenology and Reproductive Success of Teak (*Tectona grandis* L.f. L. F.). *International Journal of Plant Sciences*. <https://doi.org/10.1086/297604>
- Ramesh, V., & Gunaga, R. (2012). Flowering Phenology in Teak Seed Orchards—Genetic Variation, Measurement and Implications to Seed Orchard Fertility. *Phenology and Climate Change*, 320. Retrieved from http://cdn.intechopen.com/pdfs/32929/InTech-Flowering_phenology_in_teak_seed_orchards_genetic_variation_measurement_and_implications_to_seed_orchard_fertility.pdf
- Sett, R., Mishra, J. P., & Rana, P. K. (2016). Seed production of teak in different orchards of central India: the present scenario. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(3), 969–990.
- Soerianegara, I., & Lemmens, R. H. M. . (1993). *Plant resources of South-East Asia 5(1): Timber trees: major commercial timbers*. Belanda, Wageningen: Pudoc Scientific Publishers.
- Zobel, B., & Talbert, J. T. (1984). *Applied Forest Tree Improvement*. John Willey and Sons. New York: John Willey and Sons.

Aang Panji Permana, Sunarty Suly Eraku. (2020). Analisis Kedalaman Laut Purba Batugamping Gorontalo Berdasarkan Kandungan Fosil Foraminifera Bentonik. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 17-23. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

ANALISIS KEDALAMAN LAUT PURBA BATUGAMPING GORONTALO BERDASARKAN KANDUNGAN FOSIL FORAMINIFERA BENTONIK

Aang Panji Permana¹⁾, Sunarty Suly Eraku²⁾

¹⁾Prodi Teknik Geologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo

²⁾Prodi Pendidikan Geografi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo

¹⁾E-mail : aang@ung.ac.id

Abstract - The research location is in the form of highland morphology in the Gorontalo City. Research material in the form of limestone with research methods in the form of field surveys and micropaleontological analysis. The purpose of this research is to find out the benthic foraminifera fossil species and to know paleobathymetry. The results of the analysis there are four fossil species namely *Biloculinella depressa*, *Cornuspira foliacea*, *Pyrgo laevis* and *Rhabdammina discreta*. Based on the content of benthic foraminifera fossils, it can be determined that paleobathymetry is Middle Neritic - Outer Neritic (20-200 meters).

Keywords: Paleobathymetry, Limestone, Gorontalo, Benthic Fossil

Pendahuluan

Studi tentang mikrofosil secara tepat disebut mikropalaeontologi akan tetapi ada kecenderungan untuk batasi istilah ini hanya untuk studi tentang mikrofosil berinding mineral (seperti foraminifera dan ostracods). Hal berbeda dari palinologi, studi tentang mikrofosil berinding organik (seperti serbuk sari, *dinoflagellata* dan *acritarchs*). Namun demikian, makropalaeontologi, mikropalaeontologi dan palinologi memiliki tujuan yang identik yaitu untuk mengungkap sejarah kehidupan dan permukaan luar bumi (Armstrong dan Brasier., 2005). Mikropaleontologi merupakan studi sistematis mikrofosil, morfologinya, klasifikasi dan signifikansi lingkungan dan stratigrafi. Untuk tujuan praktis, mikrofosil adalah fosil apa pun, biasanya kecil, yang karakteristik pembedanya paling baik dipelajari melalui mikroskop. Ini termasuk kelompok heterogen dari fosil organisme yang umumnya berukuran mikroskopis, misalnya, foraminifera, ostracoda dan radiolaria (Saraswati dan Srinavasan., 2016).

Analisis lingkungan purba (*palaeoenvironmental*) menggunakan mikrofosil

di antara indeks lain untuk memberikan bukti langsung dalam interpretasi lingkungan purba. Batuan sedimen yang berbeda diendapkan di berbagai lingkungan yang terlihat sangat mirip; mikrofosil yang ditemukan di batuan sedimen sering merupakan gambaran diagnostik dalam menentukan lingkungan purba (Armstrong dan Brasier., 2005).

Kehadiran mikrofosil dalam batuan sedimen membantu untuk secara tepat memprediksi lingkungan pengendapan. Analisis *palaeoenvironmental* dari perspektif mikrofosils tampaknya menjadi metode yang paling dapat diandalkan untuk mempelajari lingkungan masa lalu (Boltovskoy dan Wright., 1976; Boersma., 1978; Brasier., 1980; Murray., 1971; 1976; 1991; 2006; Armstrong dan Brasier., 2005; Ukpong *et al.*, 2018).

Studi *palaeoenvironmental* paling sering bergantung pada hubungan yang telah ditetapkan atau terbukti sebelumnya yang ada antara biota dan lingkungan sekitar. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan foraminifera berlimpah yang terpelihara dengan baik dan mikrofosil lainnya. Tujuan dari sebagian besar studi termasuk studi saat ini adalah untuk

menghubungkan perubahan aktivitas hidup dengan variasi lingkungan aktual. Armstrong dan Brasier (2005) mengemukakan bahwa kepekaan ekologis dari mikrofosil membuatnya sangat berguna dalam studi kondisi lingkungan sekarang dan purba. Murray (2000) melangkah lebih jauh untuk menetapkan bahwa foraminifera sangat dapat diandalkan dan sangat berguna dalam menganalisis, menentukan, dan memahami lingkungan laut sekarang dan purba. Perubahan komposisi kumpulan foraminiferal dapat digunakan untuk menentukan perubahan kedalaman air laut. Sejumlah faktor (fisik, kimia, dan biologis) memengaruhi perilaku ekologi foraminifera dan harus dipertimbangkan selama studi *palaeoenvironmental*. Selain itu, foraminifera memiliki kisaran tempat tinggal yang luas, dari daratan ke laut dalam dan dari kutub ke sabuk tropis (Armstrong dan Brasier., 2005).

Foraminifera telah terbukti bermanfaat dalam merekonstruksi seperti *palaeoenvironmental* di lingkungan laut dangkal (Mendes *et al.*, 2004; Murray., 2006). Kontrol yang paling penting pada distribusi foraminiferal bentonik di Laut Mediterania dan di tempat lain adalah ketersediaan makanan dan konsentrasi oksigen terlarut (Jorissen *et al.*, 1995; De Rijk *et al.*, 1999, 2000; Murray., 2001).

Lingkungan pengendapan karbonat (batugamping), sebagian besar sedimen terdiri dari fragmen kerangka yang diproduksi oleh berbagai jenis organisme dengan persyaratan ekologis tertentu (Meteu-Vicens *et al.*, 2008). *Platform* karbonat dicirikan oleh pembentukan kembali komunitas bentonik air laut dangkal (Berggren dan Prothero., 1992; Ivany *et al.*, 2000; Prothero., 2003).

Satuan batugamping terumbu (Q1) yang dipetakan terdiri dari koral yang penyebarannya sampai di daerah Tanjung Kramat. Analisis petrologi batugamping menunjukkan nama batugamping adalah *Kalsirudit* atau *Floatstone* (Bachri *et al.*, 1997; Embry dan Klovan., 1971; Grabau., 1905; Permana dan Eraku.,

2017; Permana., 2018). Batugamping di daerah Gorontalo terdiri dari tiga tipe mikrofasies dengan lingkungan pengendapan *slope* sampai *toe of slope* (Permana *et al.*, 2019). Batugamping yang tersebar di bagian utara Danau Limboto Gorontalo telah mengalami pengangkaan dengan kecepatan sebesar 0.0699-0.0724 mm/tahun (Permana *et al.*, 2019).

Tujuan penelitian adalah mengetahui jenis spesies fosil foraminifera bentonik yang terkandung dalam batugamping dan mengetahui kedalaman purba (*paleobathymetry*) penelitian.

Metode Penelitian

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

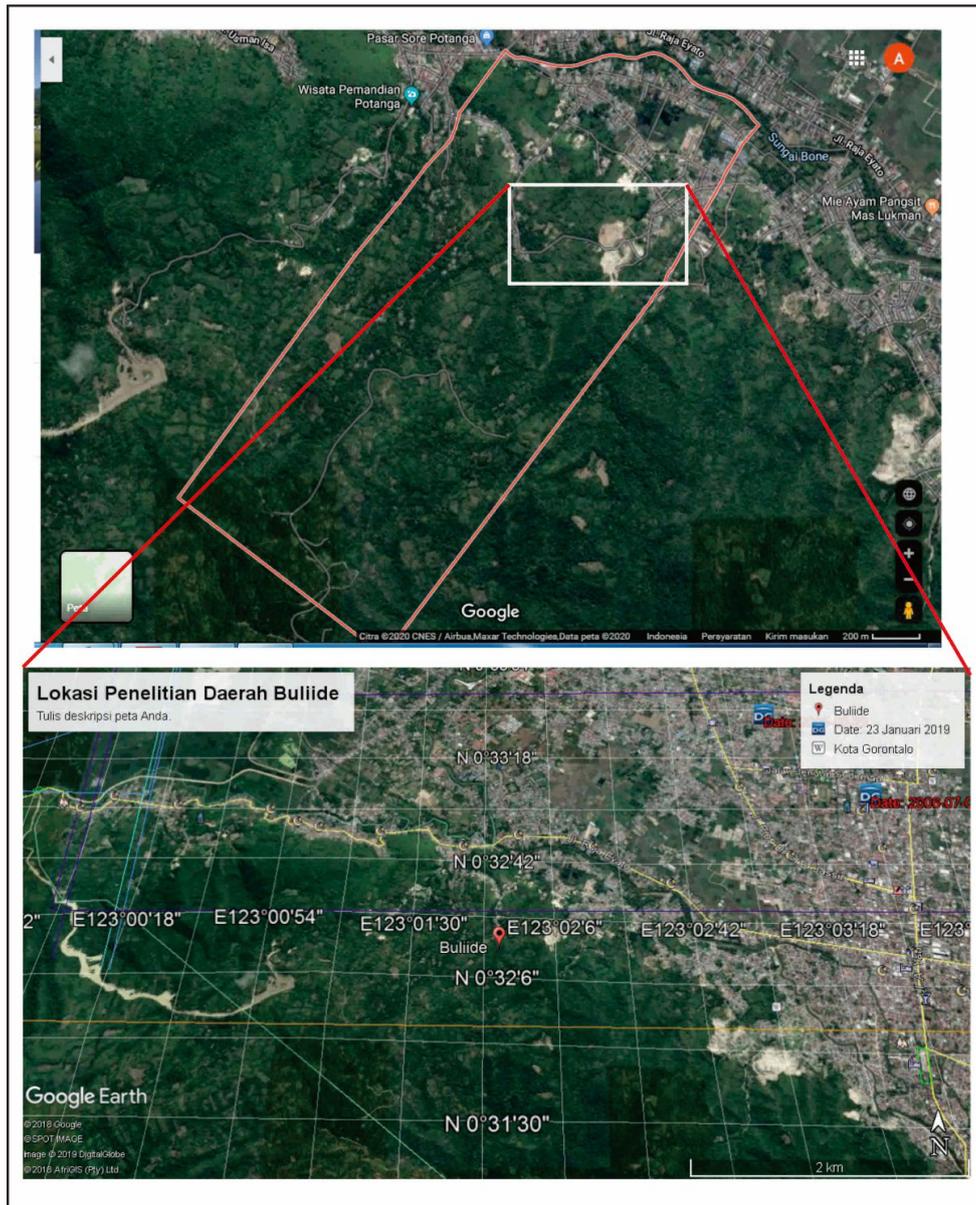
Lokasi penelitian berada di Kecamatan Kota Barat Kota Gorontalo. Posisi geografi pada kedudukan 00°32'50" Lintang Utara dan 123°1'40" Bujur Timur tepatnya berada pada morfologi dataran tinggi (Gambar 1). Waktu penelitian mengenai analisis kedalaman laut purba batugamping Gorontalo dimulai bulan Agustus – Oktober 2018.

2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah kualitatif dan kuantitatif terdiri dari survei lapangan dan analisis laboratorium. Analisis kualitatif melalui survei lapangan terutama pengambilan sampel batuan batuan yang layak dari singkapan batuan di sebuah bukit. Sedangkan analisis kuantitatif menggunakan metode Kadar (1986) yang dilakukan pada saat analisis laboratorium jenis spesies dan jumlah kelipahan di Laboratorium Paleontologi dan Mikropaleontologi.

3. Alat dan Bahan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini membutuhkan sejumlah alat dan bahan dalam mencapai tujuan. Untuk alat penelitian terdiri dari kamera, plastik sampel, spidol anti air, label, alat tulis, tusuk gigi, penyaring dengan ukuran 100 mesh dan mikroskop binokuler Olympus SZ61. Sedangkan untuk bahan penelitian yang dibutuhkan yakni larutan hidrogen peroksida (H₂O₂) dan larutan *blue methyl*.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Daerah Kecamatan Kota Barat Gorontalo (Google earth., 2019)

4. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

- a. Pengambilan sampel batuan dengan menggunakan cara *spot sampling*. Batuan yang dipilih harus layak memiliki potensi besar mengandung fosil foraminifera bentonik yaitu batugamping berukuran halus.
- b. Tahapan kerja laboratorium. Sampel batugamping yang berpotensi mengandung fosil dibawa ke Laboratorium Paleontologi dan Mikropaleontologi. Tahapan kerja laboratorium adalah sebagai berikut.
 - Penyiapan peraga ayakan.

- Identifikasi fosil pada sampel menggunakan mikroskop binokuler.
- Pembuatan *fossil list*.

5. Teknik Analisis Data

Hasil analisis laboratorium yang menghasilkan jenis spesies fosil foraminifera bentonik kemudian dianalisis secara kuantitatif mengenai jumlah setiap spesies. Langkah selanjutnya dilakukan analisis kualitatif dengan *overlay* rentang kedalamannya dari setiap spesies sehingga diketahui pasti kedalaman laut purba dari batu gamping.

Hasil dan Pembahasan

Survei lapangan di daerah penelitian menunjukkan bahwa penyusun utama morfologi dataran tinggi adalah batugamping. Analisis petrologi sampel batugamping berwarna putih, pemilahan sedang, butir mengambang dalam matriks dan struktur masif dengan komposisi: foraminifera besar, pecahan koral dan mikrit.

Hasil survei lapangan dan analisis petrologi yang menginterpretasikan bahwa sampel batugamping terumbu mengandung fosil foraminifera besar maka sampel diambil untuk dilakukan analisis mikropaleontologi.

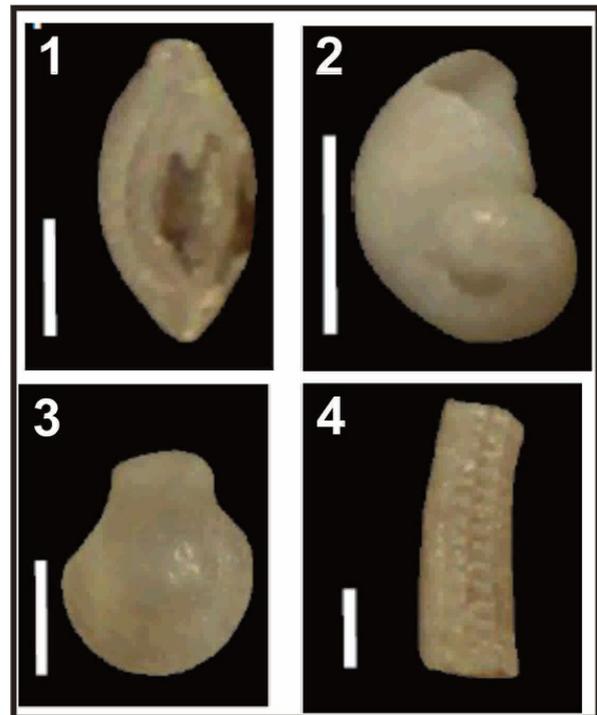
Hasil analisis mikropaleontologi terdapat empat jenis spesies fosil foraminifera bentonik. Empat jenis spesies fosil tersebut antara lain *Biloculinella depressa* (d'Orbigny., 1826), *Cornuspira foliacea* (Philippi., 1844), *Pyrgo laevis* (Defrance., 1824) dan *Rhabdammina discreta* (Brady., 1881).

Tabel 1. Kelimpahan setiap spesies fosil berdasarkan klasifikasi Kadar (1986)

Spesies	Jumlah	Kelimpahan
<i>Biloculinella depressa</i>	3	Jarang
<i>Cornuspira foliacea</i>	1	Sangat Jarang
<i>Pyrgo laevis</i>	2	Jarang
<i>Rhabdammina discreta</i>	6	Sering

Jumlah kelimpahan setiap spesies fosil dapat dilihat pada Tabel 1 berdasarkan klasifikasi Kadar (1986). Keempat jenis spesies fosil dapat dilihat pada Gambar 2 (ukuran skala 100 um).

Klasifikasi lengkap kandungan fosil foraminifera bentonik di daerah penelitian berdasarkan data dasar foraminifera dunia (Hayward *et al*, 2018) dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Empat jenis spesies fosil foraminifera bentonik yang ada di lokasi penelitian, (1) *Biloculinella depressa*, (2) *Cornuspira foliacea*, (3) *Pyrgo laevis*, (4) *Rhabdammina discreta*

Tabel 2. Kandungan Fosil Foraminifera Bentonik di Daerah Kecamatan Kota Barat

Klasifikasi	Spesies 1	Spesies 2	Spesies 3	Spesies 4
Kingdom	Chromista	Chromista	Chromista	Chromista
Subkingdom	Harosa	Harosa	Harosa	Harosa
Infrakingdom	Rhizaria	Rhizaria	Rhizaria	Rhizaria
Phylum	Foraminifera	Foraminifera	Foraminifera	Foraminifera
Class	Tubothalamea	Tubothalamea	Tubothalamea	Monothalamea
Order	Miliolida	Miliolida	Miliolida	Astrorhizida
Suborder	Miliolina	Miliolina	Miliolina	Astrorhizina
Superfamily	Milioloidea	Cornuspiroidea	Milioloidea	Astrorhizoidea
Family	Hauerinidae	Cornuspiridae	Hauerinidae	Rhabdamminidae
Subfamily	Miliolinellinae	Cornuspirinae	Miliolinellinae	Rhabdammininae
Genus	Biloculinella	Cornuspira	Pyrgo	Rhabdammina
Species	<i>Biloculinella depressa</i> (d'Orbigny, 1826)	<i>Cornuspira foliacea</i> (Philippi, 1844)	<i>Pyrgo laevis</i> (Defrance, 1824)	<i>Rhabdammina discreta</i> (Brady, 1881)

Berdasarkan hasil penelitian terdapat empat jenis spesies fosil foraminifera bentonik maka dapat dilakukan analisis paleobatimetri. Analisis dilakukan dengan melakukan overlay kehadiran keempat jenis spesies fosil foraminifera bentonik pada saat keempat jenis spesies tersebut hidup. *Biloculinella depressa* hidup pada kedalaman Neritik Tengah-Neritik Luar, *Cornuspira foliacea* (Neritik Dalam-Batial Bawah), *Pyrgo laevis* (Transisi-Abisal) dan *Rhabdammina*

discreta (Neritik Tengah-Abisal). Overlay kehadiran empat fosil tersebut maka dapat ditentukan paleobatimetri saat batugamping terbentuk di lokasi penelitian (Tabel 3). Hasil overlay menunjukkan bahwa batugamping di daerah Buliide terbentuk pada kedalaman purba (paleobatimetri) Neritik Tengah-Neritik Luar. Mengacu klasifikasi Tipsword *et al* (1966) untuk paleobatimetri Neritik Tengah-Neritik Luar pada kisaran kedalaman 20 - 200 meter.

FORAMINIFERA BENTONIK		PALEOBATIMETRI																		
3	<i>Biloculinella depressa</i>																			
1	<i>Cornuspira foliacea</i>																			
2	<i>Pyrgo laevis</i>																			
6	<i>Rhabdammina discreta</i>																			
KETERANGAN:		Darat	Transisi	Dalam	Tengah	Luar	Atas	Tengah	Bawah	Abisal										
					Amiang (Neritik)			Lereng (Batial)												

Gambar 3. Analisis paleobatimetri berdasarkan klasifikasi Tipsword *et al* (1966)

Analisis paleobatimetri daerah penelitian pada saat awal batugamping terbentuk berdasarkan kandungan fosil foraminifera bentonik akhirnya dapat menjawab tujuan penelitian. Daerah Buliide Kota Gorontalo yang saat ini terbentuk dengan elevasi di atas muka air laut 18 meter sampai ratusan meter ternyata berdasarkan sejarah pembentukan batugamping berada di bawah laut. Dengan kata lain daerah penelitian mengalami pengangkatan dari laut dangkal Neritik Tengah–Neritik Luar kini menjadi daratan. Hal ini diperkuat dengan data keberadaan fosil foraminifera bentonik yang menjadi penciri lingkungan laut.

Simpulan

Daerah Buliide Kecamatan Kota Barat Gorontalo tersusun batugamping terumbu

yang mengandung fosil foraminifera bentonik dan pecahan koral. Hasil analisis mikropaleontologi menunjukkan ada empat jenis spesies fosil foraminifera bentonik. Keempat spesies fosil tersebut antara lain *Biloculinella depressa* (d’Orbigny., 1826), *Cornuspira foliacea* (Philippi., 1844), *Pyrgo laevis* (Defrance., 1824) dan *Rhabdammina discreta* (Brady., 1881).

Kandungan fosil foraminifera bentonik yang ditemukan dapat digunakan untuk analisis paleobatimetri. Analisis paleobatimetri mengungkapkan daerah penelitian dahulunya adalah lingkungan laut dangkal (Neritik Tengah–Neritik Luar) dengan kisaran kedalaman 20–200 meter.

Daftar Pustaka

Armstrong, H., and Brasier, M. 2005. *Microfossils*, Blackwell Publishing, United Kingdom.

Berggren, W.A., and Prothero, D.R. 1992. *Eocene-Oligocene climatic and biotic evolution: an overview*. In: Prothero, D.R., Berggren, W.A. (Eds.), *Eocene-Oligocene Climatic and Biotic Evolution*. Princeton University Press, Princeton : 1-28.

Boersma, A. 1978. Foraminifera. In B. U. Haq and A. Boersma (Eds.), *Introduction to Marine Micropaleontology* (pp. 19-77). North Holland: Elsevier.

Boltovskoy, E., and Wright, R. 1976. *Recent Foraminifera*: The Hague: Springer Science Media.



- Brasier, M.D. 1980. *Microfossils*. Kingstons-upon-Hull : University of Hull Press.
- Budiantoro, F.P.M.H., Partaya, S, dan Femina S. 2012. Keanekaragaman Fosil Mikroforaminifera pada Singkapan dan Pucangan di Sangiran, Unnes, *J Life Sci* 1 : 1–7.
- De Rijk, S., Troelstra, S.R., and Rohling, E.J. 1999. Benthic foraminiferal distribution in the Mediterranean Sea. *Journal of Foraminiferal Research* 29 : 93–100.
- De Rijk, S., Jorissen, F.J., Rohling, E.J., and Troelstra, S.R. 2000. Organic flux control on bathymetric zonation of Mediterranean benthic foraminifera. *Marine Micropaleontology* 40 : 151–166.
- Embry, A. F., and Klovan, J. E. 1971. A late devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT . *Bull. Can. Petroleum Geol.* 19 : 730–781.
- Grabau. 1905. Physical Character and History of some New York Formations, *Science*, 22 : 528-535.
- Hayward, B.W.; Le Coze, F; Gross, O. (2018). World Foraminifera Database. *Biloculinella depressa* (d'Orbigny, 1826). Accessed at: <http://www.marinespecies.org/Foraminifera/aphia.php?p=taxdetails&cid=112506> on 2019-01-02.
- Hayward, B.W.; Le Coze, F; Gross, O. (2018). World Foraminifera Database. *Cornuspira foliaceae* (Philippi, 1844). Accessed at: <http://www.marinespecies.org/foraminifera/aphia.php?p=taxdetails&cid=112487> on 2019-01-02.
- Hayward, B.W.; Le Coze, F; Gross, O. (2019). World Foraminifera Database. *Pyrgo laevis* (Defrance, 1824). Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&cid=112591> on 2019-01-02
- Hayward, B.W.; Le Coze, F; Gross, O. (2019). World Foraminifera Database. *Rhabdammina discreta* (Brady, 1881). Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&cid=113900> on 2019-01-02.
- Ivany, L.C., Patterson, W.P., and Lohmann, K.C. 2000. Cooler winters as a possible cause of mass extinctions at the Eocene/Oligocene boundary. *Nature* 407 : 887-890.
- Jorissen, F.J., De Stigter, H.C., and Widmark, J.G.V. 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology* 26 : 3–15.
- Kadar, D. 1986. *Neogene Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of the South Central Java area, Indonesia*. Geology Research and Development Centre, Special Publication, Indonesia.
- Mateu-Vicens, G., Hallock, P., and Brandano, M. 2008. A depositional model and paleoecological reconstruction of the lower Tortonian distally steepened ramp of Menorca (Balearic Islands, Spain). *Palaios* 23 : 465-481.
- Mendes, I., Gonzalez, R., Dias, J.M.A., Lobo, F., and Martins, V. 2004. Factors influencing recent benthic foraminifera distribution on the Guadiana shelf (Southwestern Iberia). *Marine Micropaleontology* 51 : 171–192.
- Murray, J.W. 1971. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. New York: John Wiley and Sons.
- Murray, J. W. 1976. A method of determining proximity of marginal seas to an ocean. *Marine Geology*, 22, 103-119.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. New York: Longman Scientific and Technical.
- Murray, J.W. 2000. When does environmental variability become environmental change? The Proxy Record of benthic Foraminifera. *Environmental Micropaleontology, Topics in Geobiology*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers.

- Murray, J.W., 2001. The niche of benthic foraminifera, critical thresholds and proxies. *Marine Micropaleontology* 41 : 1–7.
- Murray, J.W. 2006. *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, New York (426 pp.).
- Permana, A.P., dan Eraku, S.S. 2017. Analisis Stratigrafi Daerah Tanjung Kramat Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo. *Jurnal Geomine*, 5 (1), 1-6.
- Permana, A.P. 2018. Potensi batugamping terumbu Gorontalo sebagai bahan galian industri berdasarkan analisis geokimia XRF, *EnviroScienteeae* Vol. 14(3) : 174-179.
- Permana, A.P., Pramumijoyo, S., and Akmaluddin. 2019. Analysis of Microfacies and Depositional Environment of Limestone in Yosonegoro Area, Gorontalo Province, Indonesia. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum*. Vol.15 (4) : 443-454. DOI: <https://doi.org/10.26842/binhm.7.2019.15.4.0443>.
- Permana, A.P., Pramumijoyo, S., and Akmaluddin. 2019. Uplift Rate of Gorontalo Limestone (Indonesia) Based on Biostratigraphy Analysis. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. Vol.6 (438) : 6-11. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.150>.
- Prothero, D.R. 2003. *Pacific coast Eocene-Oligocene marine chronostratigraphy: a review and an update*. In: Prothero, D.R., Ivany, L.C., Nesbitt, E.A. (Eds.), *From Greenhouse to Icehouse: The Marine Eocene-Oligocene Transition*. Columbia University Press, New York : 1-13.
- Saraswati, P.K., dan Srinivasan, M.S. 2016. *Micropaleontology principles and applications*. Springer International Publishing Switzerland. Pp. 224.
- Tipsword, H.L., Setzer, F.M., and Smith, L.F. 1966. *Interpretation of depositional environment in gulf coast petroleum exploration from paleoecology and related stratigraphy*. Gulf Coast Association of Geological Societies, vol. 16 : pp. 119-129.
- Ukpong., Jonah, A., Ekhalialu., and Macaulay, O. 2018. Foraminiferal Approach to Palaeoenvironmental Interpretations: Case Study of Priabonian – Rupelian Sediments of the Niger Delta, Nigeria, *International Journal Geology and Mining*, Volume 4 (2) : 165-178.

Giry Marhento, Mashudi Alamsyah. (2020). Tingkat Keanekaragaman Hewan *Troglobionts* pada Ekosistem Gua di Tajur Bogor Jawa Barat. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 24-28. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

TINGKAT KEANEKARAGAMAN HEWAN *TROGLOBIONTS* PADA EKOSISTEM GUA DI TAJUR BOGOR JAWA BARAT

Giry Marhento¹⁾, Mashudi Alamsyah²⁾

^{1,2} Pendidikan Biologi Universitas Indraprasta PGRI

E-mail korespondensi: girymarhento@gmail.com

Paper submit : 11 Mei 2019, Paper publish : Maret 2020

Abstract – *The purpose of this study was to determine the level of diversity of Troglobionts animals, species composition, species dominance, and uniformity in the Cave of Tajur Bogor, West Java. The variables in this study consisted of survey methods by calculating diversity, dominance, uniformity, and species composition to find out what types of animals are in the ecosystem of the cave. Based on the results of research on animal species found there were 10 species of biota belonging to 3 transects with a total of 88 species of cavernous biota. The sample in this study used the 10x10 M line transect method three times in different places. Determination of line transect measurements in this study is based on differences in the environmental zone at the outermost point or cave line which is the starting point of line transect measurement. The results of statistical calculations are obtained as follows: diversity biota index (H') in the range of 0.4168-0.9684, the index of species composition (P) ranges between 0.2386-0.3861, the uniformity index (E) range between 0,4304-1, and the dominance of type (C) ranges between 5,2118-5,2118. Based on the calculation of diversity, composition, uniformity, and dominance of the type of biota in the area of Tajur Bogor, West Java, at the low-moderate level. Overall the types of biota found in this study were 3 transects, generally producing different amounts during the study, the total biota species found in the cave consisted of 88 individuals from 14 families and 14 species while the highest composition of biota types in transect III where of the 34 species found throughout the transect, 33 were in the second transect and the lowest was in transect I with only 21 species.*

Keywords: *Animal Diversity, Troglobionts, Cave Ecosystem*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai kawasan karst yang tersebar hampir semua pulau-pulau besar dari Sumatera sampai Papua. Namun sampai saat ini keberadaan kawasan karst di Indonesia masih terpinggirkan terutama untuk kawasan konservasi, yang menonjol hanyalah potensial dari sisi ekonomi seperti penambangan batu kapur. Gua merupakan sebuah bentuk alami berupa ruang dibawah tanah yang berdiri sendiri maupun saling terhubung dengan ruang-ruang lainnya sebagai proses pelarutan oleh air maupun aktifitas geologi. Gua merupakan laboratorium alami yang banyak terdapat di Indonesia. Gua memiliki lingkungan yang unik dan rentan terhadap perubahan. Kondisi yang khusus, ini membedakannya dengan lingkungan lainnya. Salah satu kondisi adalah intensitas cahaya

matahari yang sangat minim atau bahkan tidak ada cahaya sama sekali dan kelembaban yang selalu tinggi serta konstan sepanjang tahun dengan fluktuasi temperatur yang rendah (Rahmadi Cahyo, 2008).

Penelitian biologi yang mengangkat tentang gua di Indonesia sampai saat ini masih sangat tertinggal dibandingkan di luar negeri, namun akhir-akhir ini ada peningkatan kegiatan penelitian beberapa kelompok maupun lembaga penelitian. Hal ini tentunya membawa dampak positif terhadap pengetahuan biologi gua, khususnya keanekaragaman hayati dan konservasinya dan masih sangat sedikit yang meneliti tentang fisiologi maupun evolusi.

Ekosistem gua adalah ekosistem yang asing, seasing lingkungannya yang gelap, lembab dan tidak mudah untuk di capai. Sepertinya hal ini yang menjadikan ekosistem gua sampai saat ini masih menjadi ekosistem yang terabaikan.

Pada ekosistem gua tidak kalah menarik dan tidak kalah terancam karena hampir kebanyakan kawasan karst di Indonesia belum dilindungi dan mempunyai kepadatan populasi penduduk yang tinggi.

Gua merupakan tempat berlangsungnya proses adaptasi dan evolusi berbagai jenis organisme. Gua yang terbentuk menciptakan sebuah habitat bagi makhluk hidup. Kondisi gua yang gelap dan sumber bahan organik yang terbatas menciptakan habitat unik dan menarik untuk dipelajari. Kehidupan biota di dalam gua pun menjadi sangat menarik sebagai objek penelitian karena kemampuan adaptasi yang berbeda-beda. Biota gua dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok berdasarkan tingkat aktivitasnya dan adaptasi di dalam gua yaitu *Trogloxene*, *Troglophile*, dan *Troglobite* (Ferreira dan Horta, 2001).

Kegiatan Penambangan batu gamping dapat menyebabkan adanya eksternalitas negatif. Eksternalitas negatif yang ditimbulkan oleh penambangan batu gamping salah satunya berupa adanya degradasi ekosistem gua. Penambangan batu gamping mengancam keberadaan ekosistem gua, termasuk di dalamnya potensi-potensi tersembunyi berupa fungsi ekologi, ilmiah, sosial dan budaya. Gua yang terdapat didalamnya memiliki eksternalitas positif yang dapat kita rasakan misalnya melalui kegiatan wisata minat khusus (*caving/kegiatan penelusuran gua*), tersedia sumber air, kekayaan flora dan fauna gua yang khas, potensi gua sebagai laboratorium alam yang dapat dijadikan obyek penelitian, dan masih banyak lagi. Potensi-potensi tidak dapat tergantikan jika ekosistem gua tersebut rusak bahkan hilang akibat adanya aktifitas penambangan batu gamping.

Arthropoda merupakan kelompok takson yang penting dalam gua karena kontribusinya yang besar baik keanekaragaman maupun kelimpahan individu di dalam gua. Banyak *Arthropoda* yang menarik karena telah mengalami proses adaptasi sehingga kemungkinan di temukan jenis baru. Perannya pun dalam lingkungan gua cukup sangat besar bagi jaringan-jaringan makanan dalam gua.

Pada lingkungan yang seperti ini masih di jumpai adanya kehidupan seperti biota gua salah satunya *Arthropoda*, Kondisi lorong yang berbeda-beda sangat menentukan kekayaan fauna di dalam gua karena variasi habitat berkorelasi positif dengan keanekaragaman biota gua terutama *Arthropoda*.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode survei dengan cara transek garis. Dengan menghitung keanekaragaman, komposisi jenis, dominasi dan pemerataan untuk mengamati jenis-jenis biota yang ditemukan dalam gua, sesuai fakta lapangan yang ada di dalam penelitian. Dengan pendekatan ini di harapkan dapat memperoleh gambar yang mendalam tentang ekosistem gua dan keragaman dari jenis biota gua yang di temukan dalam gua di kawasan tajur. Sampel dalam penelitian ini menggunakan metode transek garis 10x10 M sebanyak tiga kali di tempat yang berbeda. Penentuan pengukuran transek garis dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan perbedaan zona lingkungan pada titik terluar atau garis gua yang di jadikan titik awal pengukuran transek garis. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu: alat tulis, kamera digital, meteran, tali rafia, lampu senter, helm, sepatu boot, dan wearpack (pelindung badan), komunitas jenis biota gua yang ditemukan dalam gua Cidomba dan Garunggang di kawasan Tajur Bogor Jawa Barat.

Transek 1 dilakukan berada di zona peralihan pada gua banyak kelelawar, tipe substratnya masih ada cahaya dari celah-celah batu dan tempat guano atau kotoran kelelawar. Pengukuran 2 berada di zona gelap pada gua Cidomba, dengan keadaan ruang sempit dan mulai terdapat air mengalir, tipe substraknya tidak terdapat lagi cahaya dan tempat kelompok hawan *Triglobionts*. Sedangkan transek 3 berada di zona gelap total pada gua Cidomba, dengan keadaan ujung dari gua tersebut, tipe substraknya terdapat banyak kelompok hawan *Triglobionts*.

Data dan hasil penelitian biota gua yang ada di ekosistem gua Tajur Bogor Jawa Barat di masukan ke dalam format pengamatan yang didalamnya terdapat beberapa nama spesies biota yang mendominasi di daerah kawasan Tajur Bogor Jawa Barat pada ekosistem gua, transek garis dan jumlah spesies. Adapun metode lain yang telah dilakukan yaitu Inventarisasi fauna gua.

Metode inventarisasi gua yang digunakan adalah pengamatan bergerak, yaitu metode perhitungan fauna dengan cara satu pengamatan selama waktu yang ditentukan. Untuk Setiap perjumpaan dicatat jenis satwa yaitu penelusuran gua serta pencarian dan pengambilan, dilakukan di sepanjang lorong gua.

Tabel 1. Lembar Isian Pengamatan Jenis Biota Di Ekosistem Gua Tajur Bogor Jawa Barat

No.	Hewan	transek			Jumlah
		1	2	3	
1					
2					
3					
dst					

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian hewan troglobionts di tajur bogor jawa barat, data biota yang di peroleh dalam penelitian ini terdiri dari 9 jenis biota yang dapat di temukan. Biota yang di temukan di setiap transek memilih jumlah yang berbeda-beda, penelitian ini dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Penelitian Jenis Biota Yang Ditemukan

No	Nama Biota	Lokasi Di Temukan	Zona/Transek			Jml
			1	2	3	
1	Jangkrik	Lantai,dinding dan di gorong-gorong gua, di zona gelap dan gelap abadi	-	5	2	7
2	Kaki seribu	Lantai dan dinding gua, di zona gelap dan gelap abadi	-	8	5	13
3	Udang A (<i>stenasellus javanicus</i>)	Di aliran air yang ada di bawah gua di zona gelap abadi	-	-	19	19
4	Laba-laba (<i>araneae</i>)	Didinding gua dan lorong gua, di zona gelap dan gelap abadi	-	2	3	5
5	Kelelawar	Langit-langit gua, di zona peralihan dan gelap	19	10	-	29
6	Kepiting	Dibalik batuan kecil di aliran air, di zona gelap	-	1	-	1
7	Guano	Di lantai gua dan di atas batuan besar, di zona peralihan dan gelap				
8	Kodok	Dinding gua, zona peralihan	2	-	-	2
9	Kalacemetik (<i>stygophryntus dammemani</i>)	Di dinding, lantai dan gorong-gorong gua, di zona gelap dan gelap abadi	-	6	5	11
	Total (n)		21	33	34	88
	Total genus		2	6	6	14
	Total spesies		2	6	6	14

Tabel 2. Hasil data perhitungan

Indeks	Transek/zona		
	1	II	III
P (komposisi jenis)	0,2386	0,3634	0,3861
H' (indeks keanekaragaman)	0,4168	0,0138	0,9684
E (indeks keseragaman)	0,4304	0,0142	1
C (dominasi)	5,2118	6,4854	5,2037

Selama penelitian yang dilakukan di gua Tajur Bogor Jawa Barat tercatat ada 6 golongan hewan *Troglobionts* yang ditemukan pada lokasi penelitian. Dilihat dari tingkat keragaman, dominasi, komposisi, dan perataan yang menduduki semua transek.

Berdasarkan pada data tabel hasil penelitian, maka dapat dilakukan perhitungan komposisi jenis hewan *Troglobionts* dengan rumus indeks diversitas dari shannon sebagai berikut:

$$P = ni / N \times 100\%$$

Dimana

P= sebagai komposisi jenis (%)

ni= jumlah individu jenis

N= jumlah individu seluruh jenis

Contoh perhitungan komposisi jenis biota dapat dihitung pada transek 2:

$$P = [(5/88) + (8/88) + (2/88) + (10/88) + (1/88) + (6/88)] \times 100\% = 0,2386$$

Hasil analisis data pada tingkat indeks keanekaragaman data dapat di hitung melalui rumus shannon Winner untuk mengukur tingkat keteraturan atau ketidakteraturan pada suatu sistem.

$$H' = - \sum_i^n \log \frac{ni}{N} / P = pi \ln pi$$

H' = indeks keanekaragaman jenis

ni = jumlah individu jenis

N = jumlah total individu seluruh jenis

P = komposisi jenis

Perhitungan di ambil pada contoh transek 1 yaitu:

$$H' = - [(19/88) \ln (19/88) + (2/88) \ln (2/88)] = 0,4168$$

Hasil analisis data pada indeks keseragaman data dapat di hitung pada rumus tertentu. Indeks keseragaman yang menggambarkan ukuran jumlah individu antara spesies dalam suatu komunitas biota gua. Dapat dijelaskan

bahwa semakain besar indeks keseragaman spesies atau genus berarti jumlah individu setiap spesies dapat dikatakan tidak jauh berbeda dan dalam komunitas tersebut didominasi tertentu kecil.

Hasil perhitungan data tersebut dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

$$E = \frac{H'}{H \text{ maks}}$$

Keterangan:

E = Indeks keseragaman

H maks= Log₂ S

S = Jumlah spesies dalam komunitas

H' = Indeks keanekaragaman shannon wiener

Transek I

$$E = \frac{0,4168}{0,9684} = 0,4304$$

Transek II

$$E = \frac{0,0138}{0,9684} = 0,0142$$

Transek III

$$E = \frac{0,9684}{0,9684} = 1$$

Hasil analisis pada indeks dominasi data dapat di hitung melalui rumus tertentu adapun persamaannya yaitu:

$$C = \left(\frac{Ni}{N} \right)^2$$

Keterangan:

C = indeks dominasi simpson

Ni = jumlah individu setiap jenis

N = jumlah individu seluruh jenis

Contoh perhitungan dapat di hitung melalui transek 3:

$$C = \left(\frac{2}{88} \right)^2 + \left(\frac{5}{88} \right)^2 + \left(\frac{15}{88} \right)^2 + \left(\frac{4}{88} \right)^2 + \left(\frac{3}{88} \right)^2 + \left(\frac{5}{88} \right)^2 = 5,2037$$

Pada penelitian yang telah dilakukan jumlah spesies yang ditemukan berkisar antara 88 pada tiga. Transek I ditemukan 21 jenis biota sedangkan transek II di temukan 33 jenis biota dan transek III ditemukan 34 jenis biota. Berikut ini beberapa definisi jenis biota gua yang ditemukan yaitu:

Simpulan

Secara keseluruhan jenis biota yang di temukan dari penelitian ini sebanyak 3 transek umumnya menghasilkan jumlah yang berbeda-beda selama penelitian, total jenis biota yang di temukan di dalam gua terdiri dari 88 individu

dari 14 famili dan 14 jenis sedangkan komposisi jenis biota tertinggi pada transek III dimana dari 34 spesies yang ditemukan diseluruh transek, 33 spesies berada pda transek II dan yang terendah ada pada transek I dengan jumlah spesies hanya 21 spesies. Komposisi jenis hewan troglobionts tertinggi pada jenis Udang A (*stenasellus javanicus*) sedangkan presentase terendah yaitu Udang B (*stenasellus javanicus*). Keanekaragaman jenis biota gua di tajur bogor jawa barat dalam kategori tinggi (**0,9684**), nilai keseragaman cenderung seragaman atau tidak ada yang mendominasi (**0,4304**), dan dominasi dalam katagori rendah (**5,2037**).

Daftar Pustaka

- KPG-HIMAKOVA. 2007. Laporan Rafflesia 2007: Eksplorasi keanekaragaman Hayati dalam Pengembangan dan Pengelolaan Ekowisata. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Vol 2: Laporan Ilmiah.
- Brahmantyo B dan Bachtiar T. 2004. Amanat Goa Pawon. Kelompok Riset Cekungan Bandung. Bandung.
- Ferreira, R.L. and Horta, L.C.S..2001. Natural and Human Impacts on Invertebrate Communities in Brazilian Caves. Rev. Brasil. Biol., 61(1):7-17pp
- Rahmadi, Cahyo, dkk. 2002. Komunitas Collembola di Guano Kelelawar di Gua Lawa Nusakambangan, Jawa Tengah. Biologi 2 (14): 861-875
- Rahmadi C. 2005. Arthropoda Goa Karst Gunung sewu: Sebuah Tinjauan. Gunung Sewu; Indonesian Cave and Karst Journal
- Samodra H. 2001. Nilai Strategi Kawasan Kars di Indonesia; Pengelolaan dan; Perlindungannya. Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral. Balai Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumberdaya Mineral. Bandung.
- Sumarlin O. 2007. Keindahan Dunia Bawah Tanah. Perhimpunan Pencinta Alam Jantera, Geografi UPI.
- Sunkar A. 2007. Pertimbangan Biospeologi dalam Konservasi Kawasan Karst. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan Fakultas Kehutanan-IPB.

Hasminar Rachman Fidiastuti, Anis Samrotul Lathifah, Mohamad Amin, Yudhi Utomo. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigen Pengurai Lemak pada Limbah Cair Batik Tulungagung. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 29-35. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI INDIGEN PENGURAI LEMAK PADA LIMBAH CAIR BATIK TULUNGAGUNG

Hasminar Rachman Fidiastuti¹⁾, Anis Samrotul Lathifah²⁾, Mohamad Amin³⁾, Yudhi Utomo⁴⁾

^{1,2)} Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Tribhuwana Tungadewi,

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

⁴⁾ Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

E-mail korespondensi: indo.hasminar@gmail.com

Paper submit : 12 Juni 2019, Paper publish : Maret 2020

Abstract – *The native bacteria have a wide life habitat and have an important role as agents in the bioremediation process of waste. Batik as one of the products of Indonesian character, has become a contributor of liquid waste that can reduce water quality. Besides being rich in dyes, batik waste is also rich in fat content. The fat content in batik waste comes from the processing (coating the fabric with a layer of wax) and washing is done repeatedly. Fat has properties that are not soluble in water and is an organic material, which if high concentrations can reduce water quality. This study aims to isolate, identify, and measure the ability of indigenous bacteria to reduce fat content in liquid waste in vitro. The method used is experimental research. Isolation and culture using Busnall Hass media enriched with 1% olive oil, then proceed with a series of biochemical tests for the purpose of characterizing indigenous bacterial isolates. The results showed that Bacillus subtilis and Pseudomonas fluorescens have the potential to reduce the fat content of batik liquid waste.*

Keywords: batik, bioremediation, indigenous bacteria

Pendahuluan

Batik merupakan warisan budaya milik Indonesia yang telah mendapat pengakuan dari UNESCO sejak 2 Oktober 2009. Berdasarkan data Kementerian Koordinator Bidang Kesejahteraan Rakyat pada tahun 2018, industri batik telah tersebar di 20 provinsi di Indonesia. Setiap daerah memiliki karakter batik yang khas dan unik. Salah satu sentra produsen batik di Jawa Timur adalah kota Tulungagung. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia mencatat terdapat 2 sentra pabrik industri batik di Tulungagung yang berlokasi di kecamatan kauman.

Salah satu kebijakan Bupati Tulungagung adalah untuk memajukan industri batik, sehingga secara umum produksi batik di kecamatan kauman makin meningkat. Namun peningkatan industri batik menjadi

penyumbang persoalan tersendiri, terutama berkaitan dengan pembuangan limbah ke badan air sekitar. Industri tekstil merupakan industri yang memiliki kedudukan penting di Asia dan menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hal penggunaan bahan pewarna sintetik yang kompleks dan dilepaskan ke badan air sekitar, melalui proses pencucian (Shah, 2018). Lebih lanjut, proses pencelupan, *desizing*, dan penggosokan merupakan sumber utama pencemaran air yang ditandai dengan warna yang terlihat pada limbah, tingginya kebutuhan oksigen secara kimiawi, konsentrasi padatan tersuspensi, serta perubahan pH.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya dan bertujuan untuk melakukan uji karakteristik terhadap limbah cair batik Tulungagung, diperoleh hasil bahwa kadar BOD menunjukkan 376,633 mg/L, COD sebesar 568 mg/L, DO sebesar

2,374 mg/L, TSS sebesar 1180 mg/L, pH 5,8; dan kadar lemak sebesar 2,240 % (Hasminar, 2018). Karakteristik limbah berada di atas nilai ambang baku ketentuan limbah tekstil, sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang.

Pada penelitian ini, kadar lemak menjadi proporsi yang diutamakan. Kandungan lemak dalam limbah batik dapat berasal dari proses pemalaman atau pelapisan lilin. Lapisan lilin berfungsi untuk menutupi bagian batik yang tidak mengalami proses pewarnaan. Lapisan lilin ini akan dihilangkan setelah proses pencelupan warna. Proses ini tidak hanya berlangsung sekali tetapi bahkan berulang kali.

Lilin batik terbuat dari minyak kelapa, getah pinus, getah meranti, parafin, dan lemak hewan yang biasa disebut “kendal”, yang semuanya mengandung lipid. Seperti diketahui bahwa lipid yang ada sulit untuk larut secara khas dalam air. Lipid hadir juga memiliki kemampuan untuk menghambat proses metanogenik (Hatamoto et al, 2007). Kadar maksimum minyak dan lemak dalam sungai adalah 1 mg/L. Minyak mengandung senyawa volatil yang tidak mudah menguap dan sisa minyak yang tidak dapat menguap. Sifat minyak juga tidak dapat larut dalam air sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut dalam air, karena fiksasi oksigen bebas terhambat. Kondisi ini akan berakibat pada ketidakseimbangan rantai makanan dalam biota perairan.

Limbah dalam kapasitas terbatas akan dapat dikelola oleh lingkungan, namun dalam jumlah yang besar, lingkungan tidak lagi seimbang, sehingga dibutuhkan tehnik pengolahan khusus. Pengolahan khusus menjadi sangat penting sebelum melepaskan air limbah air ke badan air (Moller et al., 2000). Salah satu metode dalam pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan potensi bakteri indigen. Keuntungan dari metode biologis adalah ramah lingkungan dan biaya rendah (Pandey et al., 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi kandidat bakteri indigen yang potensial dalam menurunkan kadar lemak.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengambil sampel berupa limbah batik dalam bentuk cairan yang mengandung padatan tersuspensi. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Maret, dengan lokasi pengambilan sampel adalah tempat pembuangan akhir limbah di pabrik Barong Gung, kecamatan Kauman, Tulungagung. Sampel diambil pada saat musim kemarau, sehingga dianggap tidak mewakili kondisi limbah secara keseluruhan. Hasil penelitian ini merupakan kondisi yang terjadi saat musim kemarau.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Malang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang hasilnya disajikan secara deskriptif. Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi isolat bakteri indigen yang berpotensi dalam mendegradasi kadar lemak dalam limbah pabrik batik Tulungagung.

1. Metode dan Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai Oktober 2019. Seluruh analisis pengukuran parameter dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jasa Tirta I yang telah terakreditasi Komite Akreditasi Nasional (KAN). Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang dilakukan secara *in vitro* dengan desain rancangan acak lengkap. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu isolat bakteri indigen dan variabel terikat yaitu kemampuan bakteri dalam mendegradasi kadar lemak dalam limbah. Tahapan penelitian meliputi 1) Pengambilan sampel yang dilakukan secara acak pada lokasi akhir pembuangan limbah. Limbah cair dibawa dalam wadah yang sudah disterilkan dan disimpan dalam kotak berisi es untuk mempertahankan kondisi dan karakteristik asli ke laboratorium, 2) Tahap sterilisasi alat dan medium yang digunakan: medium yang digunakan dalam penelitian ini adalah medium Busnall Hass yang diperkaya dengan olive oil 1% yang bertujuan untuk

mendapatkan karakter bakteri pendegradasi lemak pada limbah. Medium lain yang digunakan adalah medium NA cair. 3) Tahap propagasi bakteri indigen yang bertujuan untuk mengkarakterisasi bakteri indigen menggunakan medium yang spesifik. Sebanyak 10% limbah cair ditambahkan pada pada 1000 ml medium BH, kemudian diletakkan dalam shaker 150 rpm selama 6 hari pada suhu 30°C. 4) Tahap pengenceran yang bertujuan untuk memperkecil konsentrasi larutan, sehingga koloni yang terbentuk tidak terlalu rapat. Hal ini akan memudahkan saat pengamatan berlangsung. Pengenceran dilakukan sampai pada tingkat pengenceran 10^{-14} , sampai didapatkan koloni bakteri. Koloni bakteri yang didapatkan pada tahap ini merupakan bakteri dengan karakter mampu mendegradasi lemak 5) Tahap inokulasi limbah cair pada medium, yaitu penambahan koloni bakteri pendegradasi lemak yang telah berhasil diisolasi. 6) Tahap pengukuran aktivitas biodegradasi oleh isolat bakteri, yaitu dengan mengukur konsentrasi lemak pada limbah (24 h, 48 h, 72 h, 96 h, 120 h) sekaligus penentuan 3 bakteri indigen yang berpotensi memiliki kemampuan mendegradasi paling tinggi.

2. Teknik Pengumpulan Data

Pengukuran kadar lemak menggunakan metode *Direct Acid Hydrolysis*. Selain kadar lemak, terdapat beberapa parameter fisik yang diukur sebagai bagian dari keberhasilan biodegradasi, yaitu kadar BOD yang diukur dengan menggunakan metode 5th day incubation, kadar COD diukur menggunakan metode analisis *Dichromate Oxidation*, dan kadar DO diukur dengan menggunakan metode analisis Winkler.

Hasil dan Pembahasan

Dari penelitian ini didapatkan 5 isolat bakteri, kelima isolat ini diujikan ke dalam limbah, selanjutnya dipilih 3 jenis isolat yang memiliki potensi tertinggi dalam penurunan kadar lemak pada limbah batik, yang diberi label isolat A, isolat B, dan isolat C. Hasil isolasi dan karakterisasi bakteri potensial yang ditemukan menunjukkan hasil sebagai berikut.

1. Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri Pendegradasi Lemak

Hasil pengamatan morfologi 3 isolat bakteri pendegradasi lemak yang potensial dalam limbah batik (Tabel 1).

Tabel 1. Morfologi Bakteri

Ciri Morfologi	Isolat		
	A	B	C
Warna Koloni	Putih keruh	Putih keruh	Jernih transparan
Bentuk Koloni	Bulat	Tak teratur	Bulat
Tepi Koloni	Kasar	Bergelombang	Halus
Elevasi Koloni	Datar	Berbukit-bukit	Konvex
Mengkilat/Suram	Suram	Suram	Mengkilat
Diameter Koloni	0,5-1 mm	2 mm	0,5-1 mm
Kepekatan Koloni	Pekat	Pekat	Kurang pekat
Tipe Pertumbuhan Koloni pada Agar	Menyebar	Menyebar	Lokalisir
Gram	Positif	Negatif	Negatif
Bentuk Sel	Basil	Basil	Basil oral
Penataan	Mono	Mono	Mono
Ukuran Sel	$\pm 4 \mu$	$\pm 3 \mu$	$\pm 3 \mu$

Selanjutnya dilakukan uji biokimia pada ketiga isolat bakteri, yang bertujuan untuk mengetahui karakter fisiologis bakteri.

2. Hasil Uji Biokimia

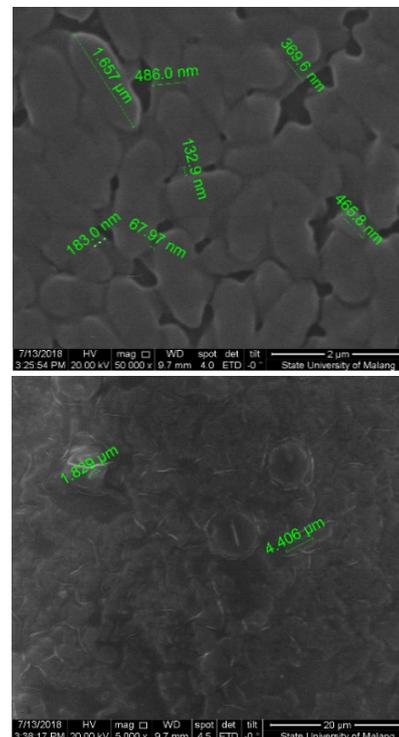
Uji biokimia menggunakan *Microbact™ GNB12A/B/E, 24E Identification Kits* yang meliputi uji reaksi lisin dekarboksilase, ornitin dekarboksilase, produksi H₂S, fermentasi glukosa, manitol, xilosa, β-galaktosidase (ONPG), produksi indol, hidrolisis urease, reaksi Voges-Proskauer (VP), penggunaan sitrat, triptofan deaminase (TDA), pencairan gelatin, penghambatan malonat, fermentasi inositol, sorbitol, rhamnosa, sukrosa, laktosa, arabinosa, adonitol, rafinosa, salisin dan dihidroksilase arginine (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji Biokimia

Uji Biokimia	Hasil Uji		
	A	B	C
Spora	+	-	-
Oksidase	+	+	+
Motilitas	-	+	+
Nitrat	+	+	+
Lysin	-	+	+
Ornithin	-	+	+
H ₂ S	-	-	-
Glukosa	+	-	-
Manitol	+	-	-
Xylosa	+	+	+
ONPG	+	+	+
Indole	-	-	-
Urease	-	-	-
V-P	+	-	-
Sitrat	-	+	+
TDA	-	-	-
Gelatin	-	+	+
Malonat	-	-	-
Inositol	-	-	-
Rhamnosa	-	-	-
Sukrosa	-	-	-
Laktosa	-	-	-
Arabinosa	+	-	-
Adonitol	-	-	-

Raffinosa	-	-	-
Salicin	-	-	-
Arginin	-	+	+
Katalase	+	-	-
Koagulase	-	-	-
Hemolisa	beta	beta	beta
Uji sensitive Novobiosin	Tdk	Tdk	Tdk
Starch hydrolysis	+	Tdk-	Tdk
Casein hydrolysis	+	Tdk	Tdk
Spesies	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>

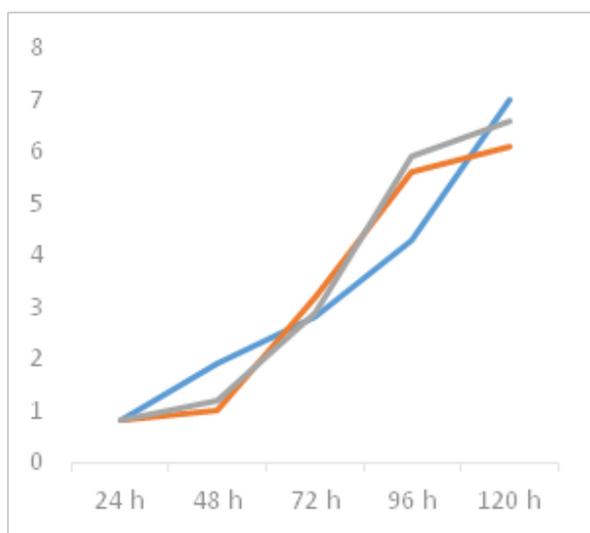
Berdasarkan hasil pengujian secara biokimia didapatkan jika spesies *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* memiliki potensi untuk mendegradasi lemak dalam sampel limbah. **Gambar 1** adalah hasil Scanning *Electron Microscope* yang telah dilakukan pada isolat *Bacillus subtilis* (**Gambar 1a**) dan *Pseudomonas fluorescens* (**Gambar 1b**).



Gambar 1a. *Bacillus subtilis*; **b.** *Pseudomonas fluorescens*

3. Hasil Pengukuran Parameter Fisik Limbah oleh Isolat yang Berpotensi

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah penurunan kadar lemak, BOD, COD dan kenaikan DO dalam limbah. Kenaikan kadar DO (*Dissolved Oxygen*) atau oksigen yang terlarut tampak pada **Gambar 2**.

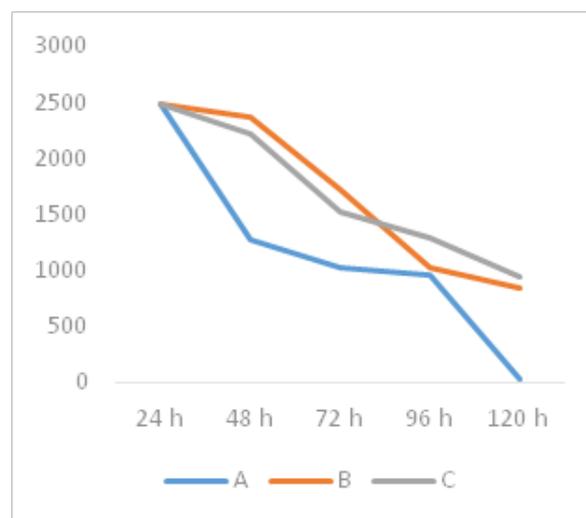


Gambar 2. Kenaikan Kadar DO oleh Ketiga Isolat Bakteri (dalam satuan mg/L)

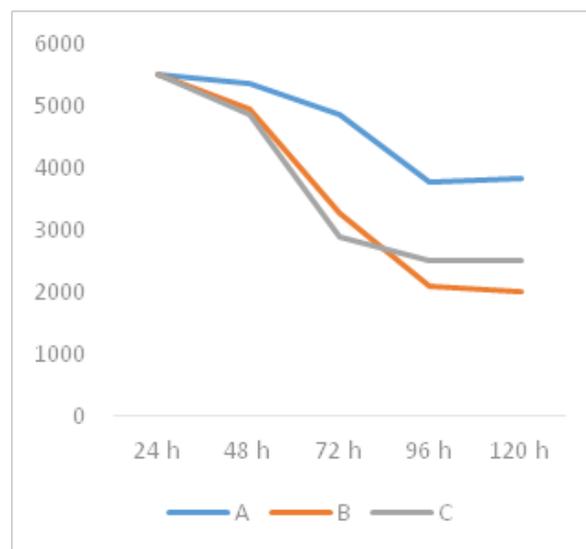
Secara umum, ketiga isolat memiliki kemampuan dalam menaikkan kadar oksigen pada limbah setelah 48 jam masa inkubasi. *B. subtilis* memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam menaikkan kadar oksigen terlarut pada limbah. Kadar oksigen terlarut akan tercatat rendah saat oksigen banyak digunakan guna keperluan perombakan materi organik oleh mikroorganisme secara alami. Kondisi ini disebut sebagai delesi oksigen dalam badan air. Penurunan kadar oksigen akan berdampak pada kelangsungan biota lain dalam perairan.

Penurunan BOD dan COD pada limbah terjadi setelah penambahan isolat bakteri (Gambar 3); (Gambar 4). Kadar BOD dan COD yang tinggi dalam sampel limbah disebabkan oleh adanya kelimpahan substrat organik. BOD merupakan parameter fisik air yang digunakan untuk mengukur aktivitas mikroba dalam pemakaian kadar oksigen terlarut. Oksigen dibutuhkan dalam proses perombakan materi organik secara alami. Sedangkan kadar COD merupakan jumlah kadar oksigen kimiawi yang

dibutuhkan mikroorganisme untuk melakukan oksidasi pada materi organik dalam limbah.



Gambar 3. Penurunan Kadar BOD oleh Ketiga Isolat Bakteri (dalam satuan mg/L)



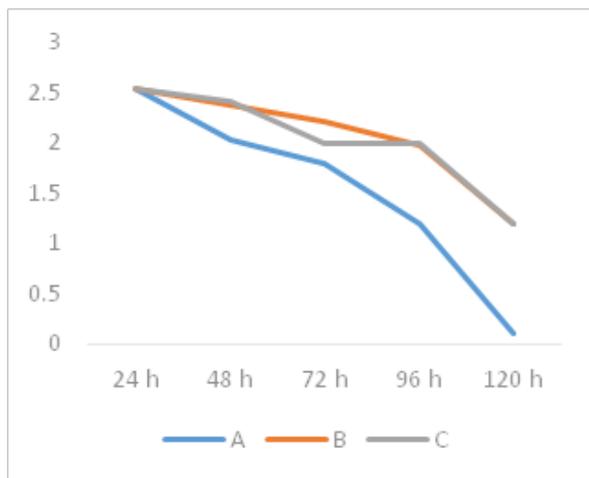
Gambar 4. Penurunan Kadar COD oleh Ketiga Isolat Bakteri (dalam satuan mg/L)

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil jika *B. subtilis* memiliki kemampuan yang lebih baik dalam aktivitas menurunkan kadar BOD, dibanding kemampuan *P. fluorescens*. Kondisi penurunan BOD tampak berjalan optimal pada 48 jam sampai 120 jam setelah inkubasi. Setelah 120 jam, kondisi aktivitas penurunan BOD tidak lagi terjadi.

Aktivitas penurunan kadar COD oleh *P. fluorescens* tercatat lebih signifikan terjadi dibanding *B. subtilis*. Kondisi penurunan kadar

COD secara optimal terjadi setelah 48 jam sampai 96 jam masa inkubasi. Secara in vitro, kondisi penurunan COD dan BOD telah tercatat berlangsung secara signifikan, walaupun hasilnya masih dalam kondisi belum memenuhi baku mutu air untuk industri tekstil, namun, kadar oksigen terlarut mengalami kenaikan yang signifikan sebagai parameter dalam perubahan kondisi air yang lebih baik.

Kadar lemak dalam limbah, juga terurai dan tercatat mengalami penurunan (Gambar 5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan *B. subtilis* lebih baik dalam penurunan kadar lemak secara in vitro jika dibanding *P. fluorescens*. Penurunan kadar lemak secara signifikan tercatat optimal pada 72 jam sampai 120 jam setelah masa inkubasi. Aktivitas penurunan kadar lemak juga telah memperbaiki kondisi limbah, sehingga telah memenuhi baku mutu badan air limbah untuk industri tekstil.



Gambar 5. Penurunan Kadar Lemak oleh Ketiga Isolat Bakteri (dalam satuan %)

Pembuangan limbah secara langsung ke badan air tanpa pengolahan secara lanjut akan menyebabkan polusi pada lingkungan dan bersifat *toxic* bagi organisme yang hidup di lingkungan perairan (Dewi et al. 2018). Polusi pada air tanah dan badan air biasanya disebabkan oleh proses industrialisasi serta urbanisasi yang semakin berkembang, ditambah tidak memperhatikan efek sampingnya terhadap konsekuensi lingkungan (Sundar et al, 2010). Industri batik di negara Indonesia

makin berkembang, seiring dengan kebijakan pemerintah dalam melestarikan warisan budaya. Hal ini menjadikan perlunya usaha untuk mengatasi limbah buangan dengan metode yang tidak banyak memberikan efek samping. Bioremediasi yang dilakukan oleh agen mikrobiologi memiliki keunggulan biaya operasional yang lebih murah serta hasil yang efektif, serta metode *eco-friendly* bagi penanganan limbah dan air buangan.

Karakteristik limbah sangat ditentukan oleh jumlah produksi batik pada kurun waktu tertentu. Semakin tinggi produksi batik, maka limbah dapat menurunkan parameter fisik air secara signifikan. Sistem pengolahan limbah pabrik yang langsung membuang ke badan air sekitar dapat menyebabkan kondisi penurunan kualitas pada badan air. Dalam penelitian ini, didapatkan bahwa spesies *B. subtilis* dan *P. fluorescens* memiliki potensi dalam memperbaiki kondisi limbah secara in vitro. *B. subtilis* dan *P. fluorescens* memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar lemak, kadar BOD dan COD, serta menaikkan oksigen terlarut (DO) dalam air limbah.

Komposisi lemak dalam air limbah diketahui berasal dari proses pemalaman (pelapisan lilin atau malam) selama aktivitas pewarnaan pada kain berlangsung. Kandungan senyawa lemak yang tinggi dapat menjadi penghambat aktivitas mikroba secara alami dalam sistem perairan, sehingga diperlukan penanganan yang spesifik. Kelompok *Bacillus* dilaporkan juga memiliki kemampuan yang baik dalam proses penurunan kadar warna dalam limbah (Zissi et al, 1997). Hal ini akan menjadi lebih baik, karena karakteristik utama dalam limbah batik adalah tingginya komposisi bahan pewarna dalam limbah.

B. subtilis memiliki kemampuan yang optimal dalam penurunan kadar lemak pada air limbah. Serupa dengan studi yang dilaporkan Bayaomi et al (2014) yang menyatakan golongan *Pseudomonas* dan *B. subtilis* (Buthelezi et al, 2012) yang menjadi komponen utama dalam isolat bakteri lokal yang diisolasi dari limbah industri tekstil.

Simpulan

Bakteri indigen menjanjikan perbaikan yang cukup signifikan secara *in vitro*. *B. subtilis* dan *P. fluorescens* memiliki potensi yang menjanjikan dalam memperbaiki kondisi limbah batik Tulungagung.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan pada

KEMENRISTEKDIKTI yang telah memberikan bantuan pendanaan melalui skim PKPT (Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi) tahun pendanaan 2018 dan 2019 dengan Nomor Kontrak Penelitian Nomor 31/TB-LPPM/TU-220/III/2019; Universitas Negeri Malang sebagai instansi mitra dalam penelitian kerjasama; Universitas Muhammadiyah Malang; dan Laboratorium Air Jasa Tirta I.

Daftar Pustaka

- Bayaomi MN, Al-Wasify RS, Hamed SR. 2014. Bioremediation of textile wastewater dyes using local bacterial isolates. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 3: 962-970.
- Buthlezi, S.P., Olaniran, A.O., Pillay, B. 2012. Textile dye removal from wastewater effluents using bio flocculants produced by indigenous bacterial isolates. *Molecules* 17:14260-14274
- Dewi RS, Rina SK, Erni M, Yekti AP. 2018. Decolorization and detoxification of batik dye effluent containing indigosol blue-04B using fungi isolated from contaminated dye effluent. *Indones J Biotechnol* 23 (2): 54-6.
- Hasminar RF, Anis SL. 2018. Uji Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Tulungagung: Penelitian Pendahuluan. Proceeding dalam Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III: Isu-Isu Strategis Sains, Lingkungan, dan Inovasi Pembelajarannya. Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 5 Mei 2018.
- Hatamoto, M., Imachi, H., Yashiro, Y., Ohashi, A., and Harada, H. 2007. Diversity of anaerobic microorganisms involved in long-chain fatty acid degradation in methanogenic sludges as revealed by RNA-based stable isotope probing. *Appl. And Environ Microbiology* 71: 4119-4127.
- Moller P, Wallin H. 2000. Genotoxic hazards of azo pigments and other colorants related to 1-phenylazo-2-hydroxynaphthalene. *Mutation Research* 462: 13-30.
- Pandey A, Singh P, Iyengar L. 2007. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes. *International Biodeterioration & Biodegradation* 59: 73-84.
- Shah, MP. 2018. Bioremediation-Waste Water Treatment. *J. Bioremediat Biodregad.* 9: 427.
- Sundar K, Vidya R, Mukherjee A & Chandrasekaran N. 2010. High chromium tolerant bacterial strains from palar river basin: impact of tannery pollution. *J Environ Earth Sci*, 2: 526-530
- Zissi U, Lyberatos G, Paylous. 1997. Biodegradation of aminobenzene by *Bacillus subtilis* under aerobic conditions. *Journal of industrial microbiolog and biotechnoogy* 19: 49-55.



Aminah Asngad, Ervian Jan Marudin, Devi Setyaning Cahyo. (2020). Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan kombinasi *Plasticizer* Gliserol dengan Sorbitol dan Kitosan. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 36-44. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

KUALITAS BIOPLASTIK DARI UMBI SINGKONG KARET DENGAN PENAMBAHAN KOMBINASI *PLASTICIZER* GLISEROL DENGAN SORBITOL DAN KITOSAN

Aminah Asngad*, Ervian Jan Marudin, Devi Setyaning Cahyo

Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Surakarta

*Email: aa125@ums.ac.id

Paper submit : 17 Agustus 2019, Paper publish : Maret 2020

Abstract - High plastic demand has the potential to cause problems because plastic is a synthetic polymer made from petroleum that is difficult to decipher. Therefore, saving the current development of biodegradable plastics that can be decomposed by microorganisms naturally. Cassava rubber tubers are rarely used because they contain HCN toxin but have a carbohydrate content of 98.4674%, so it has the potential as a bio-plastic material. The purpose of this study was to determine the Bioplastic Quality of Cassava Rubber with the addition of a combination of Plasticizer Glycerol with Sorbitol and Chitosan. The study was conducted in the lab. Biology FKIP UMS, research methods used are experimental research methods. The study design used was completely randomized design with 2 treatment factors, namely: treatment factor 1 volume of glycerol (G), G 1 = 3ml; G 2 = 5ml; G 3 = 7ml. Treatment factors are 2 types of Plasticizer (P), P1 = Sorbitol and; P2 = Chitosan. The analysis used is descriptive qualitative used to test tensile resistance, elongation at break. Based on the results of the study showed the strongest spacer resistance, G1P1 which is 17.20N / mm², and the highest breaking length, G3P1 which is 24.00%. with sorbitol and chitosan.

Keywords: tensile resistance, elongation at break, rubber cassava tubers, sorbitol and chitosan

Pendahuluan

Plastik merupakan produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik sebagai kemasan yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Hal tersebut dikarenakan mempunyai keunggulan antara lain ringan, kuat, transparan, dan harga yang terjangkau oleh semua kalangan masyarakat. Di Indonesia Kebutuhan plastik terus meningkat setiap tahunnya perkapita mencapai 17 kg per tahun dengan pertumbuhan konsumsi mencapai 6-7 persen pertahun (Supriadi, 2016).

Kebutuhan plastik yang tinggi berpotensi menimbulkan masalah yang serius karena plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit untuk terurai di alam. Akibatnya semakin banyak yang menggunakan plastik, akan semakin meningkat pula pencemaran lingkungan seperti penurunan kualitas air dan

tanah menjadi tidak subur. Selain itu plastik mempunyai kelemahan yang berbahaya bagi kesehatan manusia, diantaranya adalah migrasi residu *monomer vinil klorida* sebagai unit penyusun *polivinil klorida* (PVC) yang bersifat karsinogenik (Siswono, 2008).

Salah satu cara untuk mengurangi limbah plastik dengan cara mendaur ulang plastik tersebut. Plastik daur ulang juga menimbulkan isu kesehatan yang dapat membahayakan terkait tingkat keamanan dan kesehatan bagi pemakainya (Sanjaya, 2011), sehingga perlu adanya pengembangan dari plastik yang bersifat ramah lingkungan (*biodegradable*). Untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya plastik, saat ini telah dikembangkan plastik *biodegradable*, yakni plastik ini dapat diuraikan kembali mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan.

Pada umumnya plastik konvensional berbahan dasar petroleum, gas alam, atau

batu bara. Sementara bio plastik terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman serta beberapa material plastik atau polimer lain yang terdapat di sel tumbuhan dan hewan. Jenis bio plastik antara lain *poly hidroksi alkanoat* (PHA) dan poli-asam amino yang berasal dari sel bakteri, *polylaktida* (PLA) yang merupakan modifikasi asam laktat hasil perubahan zat tepung kentang atau jagung oleh mikroorganisme, dan poliaspartat sintesis yang dapat terdegradasi.

Bio plastik berbahan dasar tepung dapat didegradasi bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi polimer selain menghasilkan karbon dioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik lain yaitu asam organik dan aldehyd yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Plastik yang *biodegradable* bila terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya, melainkan kualitas tanah akan meningkat, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah. Hasil degradasi plastik ini juga dapat digunakan sebagai makanan hewan ternak atau sebagai pupuk kompos.

Bahan dasar bioplastik berasal dari selulosa, kolagen, kasein, kitin, kitosan, protein atau tepung yang terkandung dalam tumbuhan. Hal ini tentu bisa menjadi sebuah potensi yang besar di Indonesia, karena terdapat berbagai tanaman penghasil tepung seperti singkong, beras, kentang, dan tanaman lainnya. Apalagi harga umbi-umbian di Indonesia relatif rendah. Dengan memanfaatkan sebagai bahan plastik yang *biodegradable*, akan memberi nilai tambah ekonomi yang tinggi, sehingga penelitian lebih lanjut sangat diperlukan. Penggunaan plastik yang *biodegradable* di Indonesia masih jarang, padahal jelas sekali, bahwa potensi bahan baku pembuatan bioplastik sangat besar di Indonesia. Tampaknya perlu dukungan dari semua pihak terutama pemerintah selaku regulator, industri kimia dan proses, serta kesadaran dari seluruh masyarakat.

Pembuatan bio plastik dengan bahan dari pati menggunakan prinsip gelatinisasi. Pati yang

telah diolah menghasilkan kandungan air dan meninggalkan lapisan film yang bersifat kaku dan stabil. Film adalah lembaran tipis yang fleksibel dan tidak mengandung bahan metalik dengan ketebalan 0,01 inci sampai 250 mikron (Pudjiastuti W, 2012). Plastik yang *biodegradable* dapat hancur dalam waktu yang relatif singkat dibandingkan plastik dari polimersintetis. Bio plastik memanfaatkan limbah-limbah organik yang mengandung banyak pati didalamnya misalnya umbi-umbian. Jenis umbi-umbian di Indonesia banyak sekali, diantaranya umbi gembili, jewawut, kimpul, tales dan singkong.

Umbi singkongkaret merupakan salah satu jenis singkong yang jarang dimanfaatkan karena didalamnya mengandung racun cyanida atau HCN. Namun kandungan pati pada singkong karet tinggi, berdasarkan hasil analisis Laboratorium Ilmu Makanan Ternak FP Undip, (2013) singkong karet yang memiliki kadar karbohidrat 98,4674%, sehingga berpotensi sebagai bahan bio plastik. Disamping hal tersebut tanaman singkong karet dapat menghasilkan ubi yang beratnya mencapai empat kali lipat ubi biasa sehingga sebagai bahan baku hasil pembuatan bioplastik sangat layak dari segi ketersediaannya.

Menurut penelitian Huda dan Firdaus (2007), Pembuatan bioplastik dari komposit pati ubi jalar dan singkong mampu menghasilkan formasi yang cukup baik yaitu memiliki ketahanan panas maksimum film bioplastik yakni 100°C. Sedangkan hasil penelitian Susilawati dkk (2011) menggunakan 4 g pati ubi kayu yang sebelumnya telah dikeringkan pada oven bersuhu 60°C dengan tekanan 1 atm selama 24 jam serta penambahan gliserol dan asam akrilat dalam hasil uji biodegradasi didapatkan prosentase kehilangan berat optimum sebesar 59,26% dalam tanah kompos selama 60 hari.

Kelenturan plastik *biodegradable* masih perlu dikembangkan, karena masih memiliki kekurangan sehingga dibutuhkan *zat additive* (bahan tambahan) untuk memperbaikinya. Bahan tambahan yang diperlukan untuk menambah kelenturan seperti *plasticizer* gliserol, kitosan dan sorbitol. Sebab gliserol, kitosan dan

sorbitol dapat meningkatkan elastisitas pada suatu materi (Darnidkk,2009).

Gliserol merupakan *plasticizer* yang banyak digunakan dalam pembuatan bioplastik. Menurut hasil penelitian Saputra dkk., (2015), pengujian kuat tarik tertinggi dengan perlakuan variasi gliserol dimiliki oleh plastik dengan perbandingan 90% pati suweg dan 10% gliserol sebesar 5,43 Mpa. Pengujian elongasi tertinggi dengan perlakuan variasi gliserol dimiliki plastik dengan komposisi 80% pati ubi suweg dan 20% gliserol sebesar 46%. Sedangkan menurut hasil penelitian Radhiyatullah dkk., (2015) bahwa Penggunaan gliserol yang terlalu banyak akan menurunkan nilai kuat tarik, sedangkan nilai perpanjangan putus (elongasi) akan semakin bertambah.

Sorbitol merupakan bahan *additive* berfungsi sebagai *plasticizer* yang ramah lingkungan, banyak terdapat di alam, dan bersifat non-toksik serta dapat menghambat penguapan air pada produk. Menurut hasil penelitian Danny (2012) bahwa biofilm yang baik dapat dibuat dari pati kulit singkong dengan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* yang menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik tertinggi, yaitu 49 Mpa dari formulasi 2 mL sorbitol. Sedangkan Menurut penelitian Sanjaya dkk (2011) hasil yang tertinggi diperoleh gliserol pada konsentrasi 3mL dengan nilai *modul us young* 494925,675 (psi), *elongation* 1,27% dan *tensile strength* 6269,059 (psi).

Kitosan merupakan bahan yang ramah lingkungan, dan berfungsi menambah sifat mekanik bioplastik serta ketahanan terhadap air semakin baik. Kitosan mudah terdegradasi, mudah digabungkan dengan material lainnya, dan bersifat antimikrobakterial (Dutta, 2009). Berdasarkan hasil penelitian Coniwanti dkk (2014), Penambahan konsentrasi kitosan yang semakin tinggi akan meningkatkan nilai kuat tarik bioplastik, sedangkan nilai elongasi semakin menurun. Pemberian kitosan yang semakin banyak akan memperlambat kerusakan bioplastik (Hartatik dkk., 2014).

Berdasarkan latar belakang di atas maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah Bagaimana kualitas bioplastik dari umbi

singkong karet dengan penambahan kombinasi *plasticizer* gliserol dengan sorbitol dan kitosan. Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas bioplastik dari umbi singkong karet dengan penambahan kombinasi *plasticizer* gliserol dengan sorbitol dan kitosan

Metode Penelitian

Tempat Penelitian di Laboratorium Biokimia-Prodi. Pend. Biologi UMS, dan Laboratorium Uji dan Kalibrasi Balai Besar Karet, Kulit, dan Plastik Yogyakarta Waktu dilaksanakan pada Bulan Maret-Desember 2018. Alat spektrofotometer IR *Shimazu*, alat uji kuat tarik perpanjangan putus adalah *Universal Testing Machine* dengan metode uji SNI dan bahan tepung umbi singkong karet, kitosan dari laboratorium analisa CV. Chem-Mix Pratama, sorbitol dan gliserol. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental. Rancangan lingkungan yang digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial dan dua ulangan. Penelitian digunakan 2 faktor, yaitu: Faktor perlakuan 1 volume gliserol (G)

$$G_1 = 3 \text{ ml}$$

$$G_2 = 5 \text{ ml}$$

$$G_3 = 7 \text{ ml}$$

Faktor perlakuan 2 jenis bahan *Plasticizer* (P),

$$P_1 = \text{Sorbitol}$$

$$P_2 = \text{Kitosan.}$$

Adapun Prosedur Penelitian meliputi: a). Tahap persiapan, b). Tahap pelaksanaan pembuatan Plastik biodegradabel, c). Tahap pengujian uji ketahanan tarik, uji perpanjangan putus dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* dan uji biodegradabilitas dengan mengeringkan plastik dalam desikator kemudian mengubur sampel dalam tanah selama ± 2 minggu.

Dalam penelitian ini, analisis yang digunakan adalah deskriptif kualitatif yang digunakan untuk melakukan uji ketahanan tarik dan perpanjangan putus

Hasil Penelitian

Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan kombinasi Plasticizer Gliserol dengan Sorbitol dan kitosan diperoleh data hasil uji ketahanan tarik dan perpanjangan putus. Adapun pengujian kekuatan tarik dan perpanjangan putus tersebut dilakukan di Laboratorium Uji dan Kalibrasi Balai Besar Karet, Kulit, dan Plastik Yogyakarta dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Hasil uji kekuatan tarik dan perpanjangan putus (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Rata-rata Kekuatan Tarik dan Perpanjangan Putus pada Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan kombinasi Plasticizer Gliserol dengan Sorbitol dan kitosan

Perlakuan	Kekuatan Tarik ((N/mm ²))	Perpanjangan Putus (%)
G ₁ P ₁	17.20*	20,42
G ₂ P ₁	12.74	22,33
G ₃ P ₁	6.63	24.00 [#]
G ₁ P ₂	4.75	16,21 ^{##}
G ₂ P ₂	3.67	19,32
G ₃ P ₂	2.82**	20.67

Keterangan:

- * : Kekuatan tarik yang paling kuat
- ** : Kekuatan tarik paling lemah
- # : Perpanjangan putus paling kuat
- ## : Perpanjangan putus paling lemah

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel.1 diperoleh data bahwa rata-rata kekuatan tarik yang paling kuat adalah pada perlakuan G₁P₁ yaitu pada konsentrasi Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 3 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* sorbitol dengan nilai 17,20N/mm², sedangkan perlakuan G₂P₃ yaitu pada Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 7 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* kitosan memiliki rata-rata kekuatan tarik yang paling lemah yaitu 2,82N/mm².

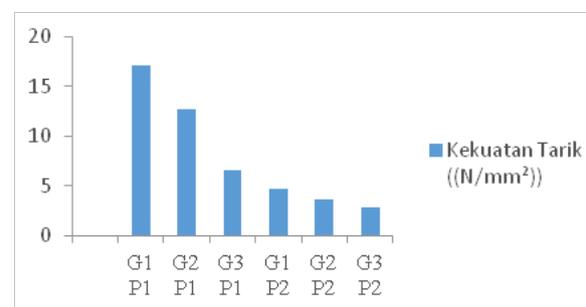
Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 1 diperoleh data bahwa rata-rata perpanjangan putus paling tinggi adalah pada perlakuan G₃P₁ yaitu pada Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 7 ml dan tambahan bahan *Plasticizer*

sorbitoldengan nilai 24,00%. Sedangkan perlakuan G₁P₂, yaitu pada Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 3 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* kitosan memiliki perpanjangan putus paling rendah yaitu 16,21%.

PEMBAHASAN

1. Uji Kekuatan Tarik.

Hasil uji Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan kombinasi *Plasticizer* Gliserol dengan Sorbitol dan kitosan diperoleh data hasil uji ketahanan tarik.



Gambar 1. Uji Kekuatan Tarik plastik

Rata-rata kekuatan tarik yang paling kuat adalah pada perlakuan G₁P₁ (Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 3 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* sorbitol) dengan nilai 17,20 N/mm², sedangkan perlakuan G₂P₃ (Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 7 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* kitosan) memiliki rata-rata kekuatan tarik yang paling lemah yaitu 2,82N/mm². Salah satu faktor yang mempengaruhi meningkatnya nilai kekuatan tarik adalah konsentrasi gliserol yang digunakan dalam pembuatan bioplastik. Menurut hasil penelitian Asngad A dkk (2018) bahwa Ada perbedaan ketahanan tarik dan perpanjangan putus plastik biodegradabel dari kulit kacang dengan bonggol pisang dan biji nangka dengan penambahan gliserol.

Pengurangan atau penggunaan konsentrasi gliserol yang semakin sedikit akan menyebabkan nilai kekuatan tarik menjadi tinggi. Gliserol akan menurunkan tegangan antar molekul yang menyusun matrik pada bioplastik sehingga menyebabkan bioplastik semakin lemah. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Radhiyatullah dkk., (2015), bahwa kekuatan

tarik mengalami penurunan seiring penggunaan gliserol yang terlalu banyak akan menurunkan nilai kuat tarik, sedangkan nilai perpanjangan putus (elongasi) akan semakin bertambah.

Kenaikan penambahan konsentrasi gliserol juga menyebabkan nilai kuat tarik semakin berkurang seiring dengan berkurangnya interaksi inter molekul. Interaksi berkurang karena adanya gliserol yang menyisip dan menghilangkan ikatan hidrogen diantara polisakarida. Meningkatnya jumlah gliserol yang digunakan menghasilkan mobilitas yang lebih besar terhadap makro molekul patis sehingga kuat tarik bioplastik menurun.

Selain gliserol jenis bahan *Plasticizer* yang digunakan akan mempengaruhi kekuatan tarik juga. Bahan *Plasticizer* sorbitol lebih baik dari pada bahan *Plasticizer* kitosan. Hal tersebut dikarenakan sorbitol berfungsi mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak inter molekul. Menurut hasil penelitian Mchugh dan Krochta (1994) bahwa poliol seperti sorbitol dan gliserol adalah *plasticizer* yang berfungsi mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak inter molekul.

Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* diketahui lebih efektif, sehingga dihasilkan film dengan permeabilitas oksigen yang lebih rendah bila dibandingkan dengan menggunakan kitosan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Purwanti (2010), bahwa penambahan *plasticizer* menyebabkan nilai kuat tarik plastik kitosan menurun dari 3,94 MPa menjadi 0,2 MPa dan nilai persen elongasi plastik kitosan mengalami peningkatan dari 1,5% menjadi 16,6%.

Kekuatantarik pada bioplastik yang rendah diduga disebabkan juga karena ukuran partikel pati dari umbi singkong karet dan kecepatan dari cara pengadukan. Ukuran partikel pati dari umbi singkong karet yang semakin besar, maka bahan sulit tercampur karena penyebaran butirannya tidak merata. Penyebaran yang kurang merata ini dikarenakan kecilnya luas

permukaan butiran pati dari umbi singkong karet, sehingga pada saat proses gelatinisasi patidari umbi singkong karet tersebut tidak mengalami pembengkakan secara maksimal.

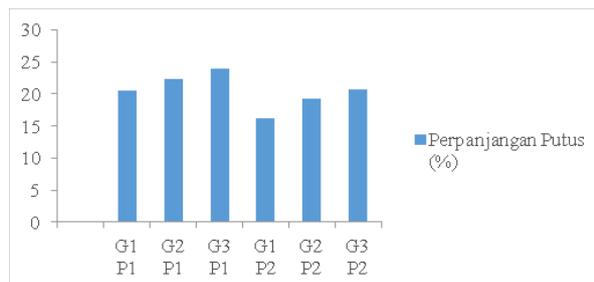
Hal inilah yang menyebabkan bahan menjadi elastis, sehingga menurunkan ketahanan tarik. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Sinaga, (2014), bahwa Semakin besar ukuran partikel pati, maka bahan sulit tercampur karena butirannya tidak menyebar secara merata. Penyebaran yang tidak merata ini disebabkan oleh kecilnya luas permukaan butiran pati, sehingga saat proses gelatinisasi pati tersebut tidak mengalami pembengkakan secara maksimal. Hal demikian menyebabkan bahan menjadi elastis, sehingga menurunkan ketahanan tarik bahan tersebut.

Dalam penggunaan patidari umbi singkong karet menambah padatan dalam bioplastik yang menyebabkan bioplastik menjadi kuat tetapi kurang elastis sehingga kekuatan tarik akan menurun. Menurut penelitian Radhiyatullah, dkk. (2015), kekuatan tarik maksimum pada film plastik terjadi pada saat berat pati 10 gram dan volume gliserol 0 ml yaitu 9,397 Mpa. Hal ini dapat diketahui bahwa konsentrasi berat pati dan gliserol yang sedikit akan menghasilkan nilai kuat tarik yang semakin tinggi.

Nilai kuat tarik tertinggi bioplastik dari singkong karet dengan penambahan kombinasi *Plasticizer* Gliserol dengan Sorbitol sebesar 17200 kN/mm². Menurut Wafiroh, dkk (2010) bahwa parameter plastik komersial memiliki kuat tarik sebesar 0,3266kN/mm² (32,66Mpa). Sehingga pada penelitian bioplastik dari pati singkong karet dengan penambahan gliserol dan sorbitol memiliki kuat tarik yang baik.

2. Uji Perpanjangan Putus

Hasil uji Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan kombinasi *Plasticizer* Gliserol dengan Sorbitol dan kitosan diperoleh data hasil uji perpanjangan putus, dapat pula disajikan pada diagram 4.1 berikut.



Gambar 2. Uji Perpanjangan Putus plastik

Rata-rata perpanjangan putus paling tinggi adalah pada perlakuan G₃P₁, yaitu pada Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 7 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* sorbitol dengan nilai 24,00N/mm². Sedangkan perlakuan G₁P₂, yaitu pada Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 3 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* kitosan memiliki perpanjangan putus paling rendah yaitu 16,21 N/mm². Bila dilihat dari diagram 4.2 tersebut, faktor yang mempengaruhi nilai perpanjangan putusya itu besarnya volume gliserol dan penambahan jenis *Plasticizer*.

Penambahan gliserol yang semakin besar volumenya maka akan menyebabkan perpanjangan putus cenderung akan meningkat atau lebih kuat. Hal tersebut dikarenakan gliserol berfungsi sebagai pemberi sifat elastisitas pada film plastik sehingga semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka akan meningkatkan nilai elongasi pada plastik. Dengan penambahan volume gliserol yang banyak maka akan meningkatkan mobilitas molekuler rantai polimer yang ditunjukkan dengan semakin elastis bioplastik sehingga perpanjangan putus cenderung akan meningkat. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Selpiana, dkk., (2015) bahwa penggunaan gliserol yang terlalu tinggi jumlahnya akan menaikkan persentase elongasi, tetapi memberi efek negatif terhadap plastik yang dihasilkan yaitu plastik akan mudah sobek karena sifat elastis dari plastik terlalu besar.

Selain gliserol jenis bahan *Plasticizer* yang digunakan akan mempengaruhi perpanjangan putus juga. Bahan *Plasticizer* sorbitol lebih baik dari pada bahan *Plasticizer* kitosan. Hal tersebut dikarenakan sorbitol merupakan *plasticizer* yang cukup baik untuk mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan

jarak intermolekul. Matriks dalam bioplastik menjadi kurang padat dan memungkinkan terjadinya pergerakan rantai polimer ketika film diberi tekanan. Menurut hasil penelitian Dyah(2013), bahwa penambahan *plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan (meningkatkan nilai kuat tarik) dan meningkatkan elastisitas film karena ikatan hidrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik menarik inter molekuler rantai polimer menjadi bertambah.

Perubahan yang terjadi pada struktur mikro pati ini mendorong masuknya sorbitol kedalam matrik pati. Sorbitol yang sudah masuk kedalam molekul pati selanjutnya menurunkan interaksi antar molekul pati (kohesi) dengan membentuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dalam molekul pati dengan molekul sorbitol. Dengan demikian akan menyebabkan peningkatan fleksibilitas *biodegradable* film dan meningkatkan nilai persen pemanjangan (Laohakunjit dan Nookhorm, 2004). Selain itu, sorbitol merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik sehingga dapat melunakkan bahan dan mengakibatkan peningkatan persen pemanjangan.

Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan menghasilkan nilai persen pemanjangan suatu film semakin lebih besar (Widyaningsih, dkk. 2012). Sedangkan rendahnya perpanjangan putus film bioplastik pada perlakuan G₁P₂ disebabkan jenis *plasticizer* yang digunakan berupa kitosan dan jumlah volume gliserol yang sedikit. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Purwanti (2010), bahwa penambahan *plasticizer* menyebabkan nilai kuat tarik plastik kitosan menurun dari 3,94 MPa menjadi 0,2 MPa dan nilai persen elongasi plastik kitosan mengalami peningkatan dari 1,5 % menjadi 16,6 %.

Adapun faktor lain yang juga mempengaruhi rendahnya perpanjangan putus pada film bioplastik adalah dalam pengadukan campuran yang kurang homogen mengakibatkan menurunnya perpanjangan putus film bioplastik. Hal tersebut dikarenakan apabila pencampuran larutan kurang sempurna

maka pati singkong karet akan mengendap yang menyebabkan terjadi penurunan ikatan hidrogen pada film plastik. Dengan adanya peningkatan fleksibilitas pada film bioplastik maka akan berpengaruh pada kecilnya nilai perpanjangan putus pada film bioplastik.

Sifat mekanik yang memenuhi golongan *Moderate Properties* untuk nilai perpanjangan putus yaitu 10-20% (Ani, 2010). Dalam penelitian bioplastik dari pati singkong karet dengan penambahan kombinasi *plasticizer* gliserol dengan sorbitol dan kitosan memiliki nilai perpanjangan putus berkisar antara 16,21%-24%, sehingga bioplastik dari pati singkong karet telah memenuhi golongan tersebut.

Simpulan

Nilai terbaik kekuatan tarik bioplastik dari pati singkong karet dengan penambahan kombinasi *plasticizer* gliserol dengan sorbitol dan kitosan pada perlakuan G_1P_1 yaitu pada tepung ubi kayu karet dengan gliserol 3 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* sorbitol dengan nilai 17,20N/mm². Nilai terbaik perpanjangan putus bioplastik dari pati singkong karet dengan penambahan kombinasi *plasticizer* gliserol dengan sorbitol dan kitosan pada perlakuan G_3P_1 yaitu pada Tepung ubi kayu karet dengan gliserol 7 ml dan tambahan bahan *Plasticizer* sorbitol dengan nilai 24,00%.

Daftar Pustaka

- Agoes, A. (2010). *Tanaman Obat Indonesia*. Jakarta: Salemba Medika.
- Arin Widya, A. (2010). *Pembuatan Edible Film Dari Semirefine Carrageenan (Kajian Konsentrasi Tepung Src Dan Sorbitol)*. Tesis. Jawa Timur: UPN.
- Asngad, A., Amelia, R., & Aeni, N. (2018). Pemanfaatan Kombinasi Kulit Kacang Dengan Bonggol Pisang Dan Biji Nangka Untuk Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Penambahan Gliserol. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v4i1.5924>.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, R. (2014). Pembuatan Film Plastik Biodegradable Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia* (Vol. 20). Retrieved from <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/188>.
- Darni, Y., & Utami, H. (2010). Studi Pembuatan Dan Karakteristik Sifat Mekanik Dan Hidrofobitas Bioplastik Dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 7(4), 88–93. Retrieved from <http://jurnal.unsyiah.ac.id/RKL/article/view/79>.
- Dwi Hartatik, Y., & Nuriyah, L. (2014). Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik. *Jurnal Ilmiah*. Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Brawijaya. Retrieved from <https://www.neliti.com/publications/159022/pengaruh-komposisi-kitosan-terhadap-sifat-mekanik-dan-biodegradable-bioplastik>.
- Fairus, S., & dkk. (2010). Pengaruh Konsentrasi HCl dan Waktu Hidrolisis Terhadap Perolehan Glukosa yang Dihasilkan dari Pati Biji Nangka. Yogyakarta: *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan."*
- Gontard, N., Guilbert, S., & CUQ, J. -L. (1993). Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film. *Journal of Food Science*, 58(1), 206–211. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x>.
- Huda, T. (2007). Karakteristik Fisikokimiawi Film Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Singkong-Ubi Jalar. *Jurnal Penelitian dan Sains "Logika"*, 4(1), 3-10.
- Laboratorium Makanan dan Ternak FP Universitas Diponegoro*. (2013).

- Laohakunjit, N., & Noomhorm, A. (2004). Effect Of Plasticizers On Mechanical And Barrier Properties Of Rice Starch Film. *Starch/Staerke*, 56(8), 348–356. <https://doi.org/10.1002/star.200300249>.
- Lehninger, A. L. (1982). *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: Warta Medika.
- Mali, S., Grossmann, M. V. E., García, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2005). Mechanical And Thermal Properties Of Yam Starch Films. *Food Hydrocolloids*, 19(1), 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.05.002>.
- McHugh, T. H., & Krochta, J. M. (1994). Sorbitol-vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Films: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(4), 841–845. <https://doi.org/10.1021/jf00040a001>.
- Pudjiastuti, W., & dkk. (2010). Polimer Nano Komposit sebagai Master Batch Polimer Biodegradable untuk Kemasan Makanan. *Jurnal Riset Industri*, 6(1), 51–60. Retrieved from <http://ejournal.kemenperin.go.id/jri/article/view/3294>.
- Purwanti, A. (2010). Analisis Kuat Tarik Dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknologi*. Yogyakarta, 3(2), 99–106.. <https://doi.org/https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek/article/view/853>.
- Radhiyattullah, A., Indriani, N., Hendra, M., & Ginting, S. (2015). Pengaruh Berat Pati Dan Volume Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Pati Kentang. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(3), 35–39. Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/70016#>.
- Rasyidi Fachry, A., Sartika, A., Raya Palembang Prabumulih Km, J., & Ogan Ilir, I. (2012). Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Dan Limbah Kulit Ari Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(3), 1–9.
- Sanjaya, I. G., & Puspita, T. (2011). Pengaruh Penambahan Khitosan Dan plasticizer Gliserol Pada Karakteristik plastik Biodegradable Dari Pati Limbah kulit Singkong. *Undergraduate Theses, Chemical Engineering*, RSK 664.419 2 IGe p, 2011. Retrieved from <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011044493/17047#>.
- Saputra, A., & dkk. (2015). Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Ubi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(1), 1–6. Retrieved from <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/240>.
- Selpiana dkk. (2015). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Tepung Nasi Aking. Inderalaya: Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Retrieved from <http://eprints.unsri.ac.id/6042/#>.
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., Ginting, M. H. S., & Hasibuan, R. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2). Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/70014>.
- Siswono. (2008). *Jaringan Informasi Pangan dan Gizi*, Volume XIV. Jakarta: Ditjen Bina Gizi Masyarakat.
- Supriadi, A. (2016). Inaplas Soroti Manajemen Sampah dan Pengelolaan Dana Plastik. Retrieved from <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20160222123332-92-112525/inaplas-soroti-manajemen-sampah-dan-pengelolaan-dana-plastik>.
- Susilawati, & dkk. (2011). Biodegradable Plastics from a Mixture of Low Density Polyethylene (LDPE) and Cassava Starch with the Addition of Acrylic Acid. *Jurnal Natural* (Vol. 11). Retrieved from <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/natural/article/view/578#>.



- Tripathi, S., Mehrotra, G. K., & Dutta, P. K. (2009). Physicochemical and bioactivity of cross-linked chitosan-PVA film for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45(4), 372–376. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.07.006>.
- Winarno, F. (2002). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Utama.
- Zhong, Q. P., & Xia, W. S. (2008). Physicochemical Properties of Edible and Preservative Films from Chitosan/Cassava Starch/Gelatin Blend Plasticized with Glycerol. *Food Technology and Biotechnology*, 46(3), 262–269. Retrieved from <https://hrcak.srce.hr/26375>.

Imam Rosadi, Karina, Komang A. Wahyuningsih, Iis Rosliana, Tias Widyastuti, Siti Sobariah, Irsyah Afini. (2020). Perbandingan Kemampuan Migrasi *Adipose-Derived Stem Cells* Asal Manusia pada Berbagai Medium Pertumbuhan. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 45-51. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

PERBANDINGAN KEMAMPUAN MIGRASI *ADIPOSE-DERIVED STEM CELLS* ASAL MANUSIA PADA BERBAGAI MEDIUM PERTUMBUHAN

Imam Rosadi^{1*}, Karina^{1,2,3}, Komang A. Wahyuningsih^{1,2,4}, Iis Rosliana¹, Tias Widyastuti¹, Siti Sobariah¹, Irsyah Afini¹

¹Hayandra Lab, Yayasan Hayandra Peduli;

²Klinik Hayandra, Yayasan Hayandra Peduli;

³Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia;

⁴Histologi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya,

*E-mail korespondensi: imam.rosadi@hayandra.com

Paper submit : 11 Juli 2019, Paper publish : Maret 2020

Abstract - Cell migration is natural process that plays an important role in development of organisms. Stem cells are an important in the cells migration process due to repairing tissues or organs. Stem cells ability studies towards cell migration process have been developed and studied. In this study, adipose-derived stem cells (ADSCs) were used as cell models of stem cell migration which cultured on medium containing 10% fetal bovine serum (FBS), a combination of 1 0% FBS and L-ascorbic acid (LAA), 10% human platelet-rich plasma (PRP) and 0.1% FBS as a control. The technique that used to analyse cell migration process is scratch assay method. The results of this study indicate that ADSCs were able to migrate on medium containing 10% FBS, 10% FBS-LAA and PRP. On 24 h of observation, the scratched area of ADSCs were 0.70x (control), 0.13x (10% FBS), 0.04x (10% FBS-LAA), and 0.21x (10% PRP) compared to 0 h (1.00x). The width of scratches area in the control group at 24 h was significantly higher than the other treatment groups. This is suggested due to the lack of growth factor contained in the medium as a nutrition for the cells. Therefore, it can be concluded that ADSCs are able to migrate on various medium supplemented by FBS or human PRP.

Keywords: ADSCs, Migration, FBS, LAA, PRP

Pendahuluan

Sel punca merupakan sel yang tidak atau belum terspesialisasi yang mampu berdiferensiasi menjadi sel lain dan meregenerasi dirinya sendiri (Nicoletti *et al.* 2015). Sel punca berasal dari jaringan dewasa memiliki sifat multipotensi / unipotensi yaitu mampu berdiferensiasi menjadi tiga atau satu jenis sel saja (Robertson, 2010; Kern dkk., 2006). Pada saat embriogenesis, sel punca akan membelah dan bermigrasi pada darah yang cukup jauh untuk kemudian menetap pada lokasi baru dan spesifik (Li & Bhatia, 2011). Migrasi sel punca ini penting tidak hanya pada masa embrionik tetapi juga dalam mempertahankan homeostasis maupun perbaikan jaringan dewasa (Montell *et al.* 2011).

Sifat sel punca dalam menjaga keseimbangan antara memperbaharui diri (*self-renewal*) dan berdiferensiasi menyebabkan sel punca sering kali harus berpindah ke lokasi spesifik atau *niche* (Li & Bhatia, 2011). Faktor-faktor yang terlibat dalam *niche* tersebut diantaranya: sel endotel dan sel inflamasi, matriks ekstraselular, faktor pertumbuhan, sitokin, hormon dan sinyal dari lingkungan (Lucas *et al.*, 2018). Sel punca yang bermigrasi tersebut dapat bergerak secara mandiri maupun berkelompok (Montell *et al.* 2011). Sumber sel punca dalam studi migrasi sel banyak dilaporkan berasal dari jaringan dewasa. Beberapa sel punca yang berasal dari jaringan dewasa adalah sel punca asal otot, saraf, tali pusat (*umbilical cord* /UCSC), darah, jaringan lemak (*adipose derived stem cells*/ADSCs) dan sumsum

tulang (*bone marrow stem cells* / BMSCs) (Zuk, 2010; Mennan *et al.*, 2013; Zhao dan Zhang, 2014).

ADSCs memiliki karakteristik yang hampir serupa dengan BMSCs. ADSCs memiliki kelebihan dibanding BMSCs jika diamati berdasarkan jumlah sel punca yang lebih banyak dengan prosedur yang lebih mudah, risiko yang rendah, sedikit nyeri dan sedikit trauma (Zhu *et al.* 2008). Oleh karena itu, pada studi ini digunakan ADSCs sebagai model sel punca. Adapun tujuan dari studi ini adalah mengetahui kemampuan migrasi ADSCs secara *in vitro* pada berbagai medium standar pertumbuhan sel. Kelompok medium pertumbuhan tersebut mengandung nutrisi *fetal bovine serum* (FBS), kombinasi FBS dan *L-ascorbic acid* (LAA), dan *platelet-rich plasma* (PRP). Ketiga nutrisi medium tersebut telah banyak dilaporkan dapat mendukung pertumbuhan dan diferensiasi sel punca (Meinel *et al.*, 2004; Amable *et al.*, 2014; Stessuk *et al.*, 2016), sedangkan teknik yang digunakan dalam memahami proses migrasi sel adalah teknik goresan luka (Bobadilla *et al.*, 2018; Stessuk *et al.*, 2016; Yue *et al.*, 2010). Teknik ini dikembangkan untuk melihat laju migrasi terhadap lamanya waktu pengamatan.

Metode Penelitian

1. Isolasi dan Kondisi Kultur ADSCs

Adipose-derived stem cells (ADSCs) diisolasi dari jaringan lemak manusia yang berasal dari dua donor. Isolasi ADSCs menggunakan teknik enzimatik yang mengacu pada protokol H-Remedy dari Yayasan Hayandra Peduli (Nomor Paten: IDP000055609). Sebanyak 10% enzim H-Remedy ditambahkan pada sampel jaringan lemak dan diinkubasi pada suhu 37°C, 300 rpm, selama 1 jam. Enzim kemudian diinaktivasi dengan menambahkan medium *Dulbecco's Modified Eagle's* (DMEM) rendah glukosa (1 g/L) mengandung L-glutamin (4 mM) (Gibco, USA) dan disentrifugasi pada kecepatan 600xg selama 5 menit. Supernatan yang terbentuk pada lapisan bagian atas kemudian dibuang dan disentrifugasi kembali pada kecepatan 600 xg selama 5 menit.

Pelet sel mengandung ADSCs kemudian dikultur menggunakan medium DMEM yang mengandung 1% *antibiotic-antimycotic* (ABAM) 100X (Gibco, USA) dan 10% *fetal bovine serum* (FBS) (Gibco, USA) pada suhu 37°C, 5% CO₂. ADSCs dikultur dan diremajakan hingga pasase 4 (P4) dengan penggantian medium setiap 2-3 hari sekali. ADSCs kemudian digunakan untuk uji selanjutnya yaitu migrasi sel pada P4. Penelitian ini telah lulus kaji etik dengan nomor 666/UN6.C.10/PN/2017 oleh Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran, Bandung.

2. Medium Kelompok Perlakuan ADSCs

Sebanyak 1 x 10⁴ ADSCs dikultur pada 24 *well-plate* (NEST) dalam berbagai medium yaitu:

- DMEM (Gibco, USA) + 1% ABAM (Gibco, USA) + 0,1% FBS (Gibco, USA) disebut medium kontrol,
- DMEM (Gibco, USA) + 1% ABAM (Gibco, USA) + 10% FBS (Gibco, USA) disebut medium 10% FBS,
- DMEM (Gibco, USA) + 1% ABAM (Gibco, USA) + 10% FBS (Gibco, USA) dan *L-ascorbic acid* (Sigma-Aldrich) disebut medium 10% FBS-LAA.
- DMEM (Gibco, USA) + 1% ABAM (Gibco, USA) + 10% PRP disebut medium 10% PRP.

Sel diamati pertumbuhannya hingga mencapai konfluensi lebih dari 80%. Sel kemudian dilakukan goresan untuk membuat luka.

3. Uji Migrasi ADSCs

ADSCs yang telah dikultur pada berbagai medium sel kemudian diberi goresan/luka sebanyak satu kali goresan pada *well* menggunakan tips ukuran 200µl yang steril (Gen Follower). Ujung tips 200µl diposisikan pada bagian ujung atas *well*, kemudian dilakukan penggoresan secara vertikal. Prosedur yang sama dilakukan pada setiap kelompok perlakuan dengan variasi medium pertumbuhan. Sel kemudian dicuci menggunakan *Hanks' Balanced Salt solution* (HBSS) (Gibco, USA) untuk membuang

debris atau sel-sel mati akibat goresan luka. Sel kemudian dikultur menggunakan keempat kelompok variasi medium.

4. Pengambilan Gambar dan Analisis Data

Gambar diambil pada jam ke-0 sesaat setelah pembuatan goresan/luka pada ADSCs yang digunakan sebagai data luas area awal ADSCs. Proses penutupan goresan/luka ADSCs *monolayer* terhadap luas area migrasi sel diamati pada jam ke-3, 6, 15 dan 24 ($t = \Delta h$). Gambar diambil menggunakan mikroskop inverted fasa terbalik (OPTIKA, ITALY; objektif 10x) dengan kamera digital OPTIKA (OPTIKA, ITALY). Luas area luka dikuantifikasi menggunakan perangkat lunak ImageJ (National Institutes of Health, USA). Migrasi sel terhadap penutupan goresan/luka ditampilkan dalam bentuk *folding* (kali lipat).

Rumus luas area goresan/luka pada ADSCs sebagai berikut:

$$\text{Luas Luka (mm}^2\text{)} = \frac{(\text{Areat} = 0h) - (\text{Areat} = \Delta h)}{(\text{Areat} = 0h)}$$

Keterangan:

- Area $t = 0$ h adalah luas area yang diukur setelah dilakukan penggoresan pada jam ke 0;
- Area $t = \Delta h$ adalah luas area penutupan luka yang dihitung pada jam ke 3, 6, 15 dan 24;
- h (*hour*) adalah satuan dari jam.

Rumus penutupan goresan/luka pada ADSCs sebagai berikut:

$$\text{Penutupan Luka ADSCs} = \frac{\text{Luas area } \Delta h}{\text{Luas area } 0h}$$

Keterangan:

- Luas Area Δh adalah luas area yang diukur setelah dilakukan penggoresan yaitu jam ke 0, 3, 6, 15 dan 24;
- Luas area $0h$ adalah luas area yang diukur setelah dilakukan penggoresan pada jam ke 0;

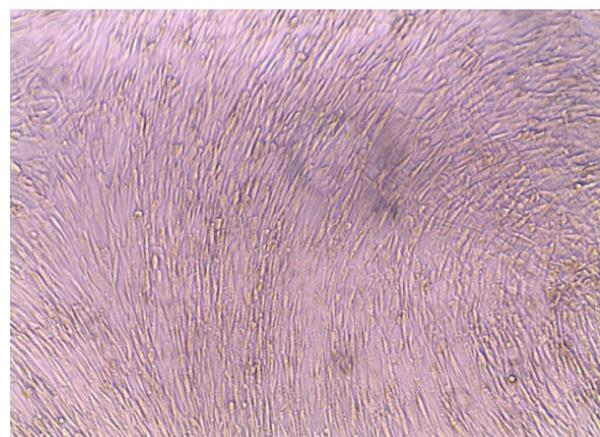
5. Analisis Statistik

Data yang didapat ditampilkan dalam bentuk gambar dan grafik (dinyatakan dalam rerata \pm standar deviasi (SD)). Analisis statistik dimulai dengan uji normalitas dan homogenitas. Analisis perbedaan menggunakan uji statistik parametrik *analysis of variance* (ANOVA).

Hasil dan Pembahasan

1. Morfologi ADSCs

Karakteristik ADSCs pada studi ini adalah berbentuk seperti sel fibroblas dan menempel pada dasar substrat (cawan *polystyrene*) (Gambar 1). Karakter tersebut sesuai konsensus standar dari salah satu ciri sel punca (Dominici *et al.* 2006). Kerapatan densitas sel yang tinggi menjadi syarat dalam mempelajari migrasi sel secara *in vitro* sesuai data yang telah dilaporkan oleh Bobadilla *et al.* (2018), Huang *et al.* (2019), Murphy *et al.* (2012) dan Park *et al.* (2011). Pada studi ini, kerapatan dan konfluensi sel pasase 4 adalah lebih dari 90%. Kerapatan dan densitas jumlah ADSCs yang tinggi digunakan untuk meminimalkan celah antar sel yang dapat terkuantifikasi menggunakan ImageJ sebagai area goresan. Goresan yang dibuat pada ADSCs yang dikultur secara *monolayer* digunakan untuk mengkuantifikasi laju migrasi sel.



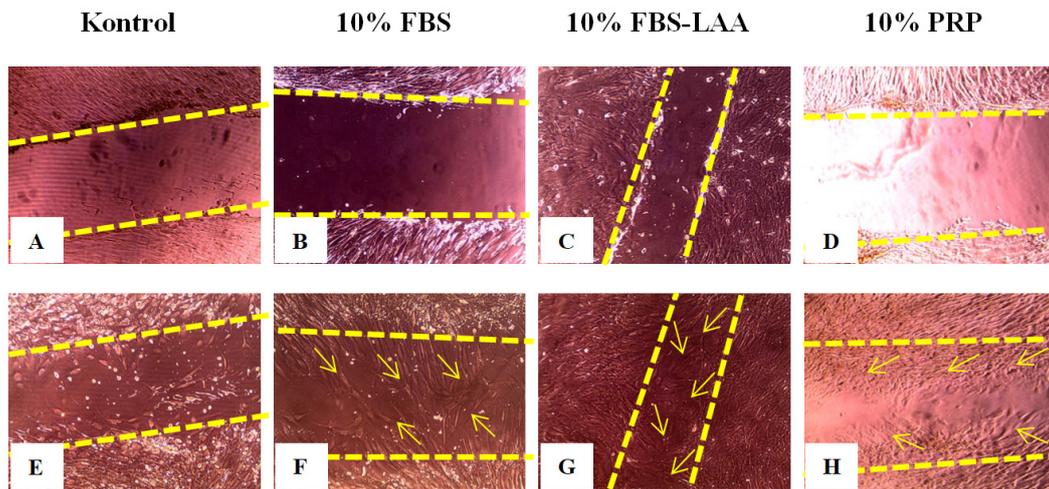
Gambar 1. Morfologi ADSCs yang dikultur pada polystyrene dengan kerapatan sel yang tinggi (bar = 200 μ m)

2. Laju Migrasi ADSCs

Luas goresan awal ADSCs sangat beragam yang secara representatif ditunjukkan pada

Gambar 2 (A-D). Hasil tersebut diduga karena adanya variasi arah juluran sel. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Bobadilla *et al.* (2018) yang menunjukkan bahwa teknik goresan ini diduga juga dipengaruhi oleh posisi sel (horizontal atau vertikal) dari arah goresan. Pada jam ke-24, ADSCs yang telah diberi perlakuan goresan

pada setiap kelompok berangsur bermigrasi untuk menutup area luka. Hal tersebut juga diamati pada kelompok kontrol (Gambar 2 E-H). Migrasi sel sendiri akan terjadi akibat respons sel terhadap lingkungan mikro eksternal sel (Horwitz dan Webb, 2003).



Gambar 2. Migrasi sel ADSCs pada berbagai kelompok selama 24 jam; terdiri dari kelompok kontrol (A,E); kelompok 10% FBS (B,F); kelompok 10% FBS-LAA (C,G); dan kelompok 10% PRP (D,H); pada pengamatan 0 jam (A-D) dan pengamatan 24 jam (E-H) setelah dilakukan goresan menggunakan tips 200µm; garis putus-putus berwarna kuning adalah area goresan awal yang terbentuk; panah kuning menunjukkan migrasi ADSCs

Data kuantifikasi luas goresan ADSCs dalam satuan mm² disajikan pada Tabel 1. Luas goresan yang terbentuk dari kecil ke besar pada jam ke-0 secara berturut-turut adalah kelompok ADSCs FBS-LAA, ADSCs kontrol, ADSCs PRP, dan ADSCs FBS. Pengamatan jam ke-6 kelompok kontrol dan 10% FBS menunjukkan adanya peningkatan luas goresan dibandingkan pada jam ke-3, namun tidak teramati pada

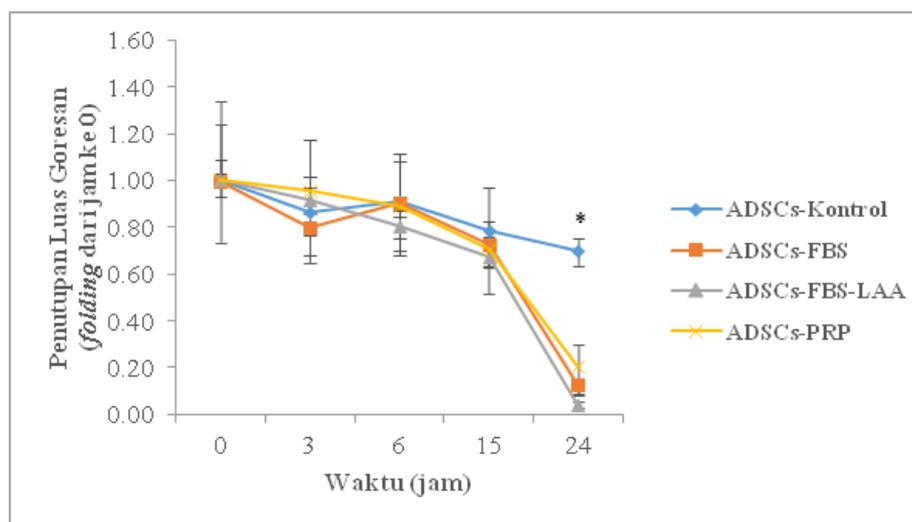
kelompok PRP dan FBS-LAA. Kecenderungan penutupan goresan oleh ADSCs pada jam ke 24 dari luas terkecil ke besar secara berturut-turut adalah kelompok FBS-LAA, FBS, PRP kemudian kontrol. Pada kelompok kontrol, luas goresan ADSCs pada jam ke 24 lebih besar dibandingkan ketiga kelompok lain, meskipun luas goresan awal lebih kecil dibandingkan kelompok PRP dan FBS.

Tabel 1. Luas goresan/luka ADSCs pada kelompok kontrol, 10% FBS, 10% FBS-LAA dan 10% PRP pada pengamatan jam ke-0, 3, 6, 15, dan 24

Waktu (jam)	Luas Goresan (mm ²)			
	Kontrol ± SD	ADSCs-FBS ± SD	ADSCs-FBS-LAA ± SD	ADSCs-PRP ± SD
0	0,978 ± 0,026	1,379 ± 0,227	0,376 ± 0,082	1,023 ± 0,310
3	0,845 ± 0,132	1,101 ± 0,193	0,346 ± 0,057	0,980 ± 0,254
6	0,890 ± 0,034	1,250 ± 0,191	0,304 ± 0,050	0,913 ± 0,219
15	0,771 ± 0,034	1,006 ± 0,088	0,254 ± 0,064	0,724 ± 0,236
24	0,683 ± 0,062	0,176 ± 0,039	0,016 ± 0,014	0,211 ± 0,106

Tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok FBS, FBS-LAA dan PRP pada setiap pengamatan penelitian. Luas penutupan goresan pada jam ke-6 kelompok kontrol dan 10% FBS cenderung meningkat yaitu masing-masing 1,05x dan 1,14x dibandingkan jam ke-3. Akan tetapi, luas penutupan goresan pada kelompok PRP dan FBS-LAA cenderung mengalami penurunan sebesar 0,93x dan 0,88x dibandingkan pada pengamatan jam ke-3.

Kelompok ADSCs kontrol, FBS, FBS-LAA dan PRP pada berbagai medium mengalami penutupan goresan selama 24 jam pengamatan. Pada jam ke-24 luas goresan ADSCs adalah 0,70x, 0,13x, 0,04x, dan 0,21x dibandingkan jam ke-0 (1,00x) pada kelompok kontrol, FBS, FBS-LAA dan PRP secara berurutan. Luas goresan kelompok kontrol pada jam ke-24 lebih besar secara signifikan dibandingkan ketiga kelompok perlakuan lainnya.



Gambar 3. Laju migrasi ADSCs terhadap penutupan goresan luka secara *in vitro* menggunakan berbagai medium pertumbuhan yaitu 0,1% FBS sebagai kontrol dan 10% FBS, 10% FBS-LAA, serta 10% PRP sebagai kelompok perlakuan dalam medium mengandung rendah glukosa dan diamati pada jam ke-3, 6, 15, 24; satuan penutupan luka adalah “kali lipat” luas dari jam ke-0 (*signifikan dengan $p < 0,05$)

Berdasarkan hasil tersebut migrasi sel dipengaruhi oleh lingkungan mikro eksternal sel yang dapat terdiri dari medium pertumbuhan sehingga sel mengalami polarisasi dan perluasan ukuran sel. Lingkungan mikro ADSCs dengan suplementasi FBS, FBS+LAA atau PRP akan mengandung beberapa protein sebagai contoh *fibroblast growth factor* (FGF) yang berperan dalam pertumbuhan sel. Pada kondisi ideal, protein FGF dan *vascular endothelial growth factor* (VEGF) juga dapat disekresikan oleh ADSCs untuk digunakan kembali (autokrin) terhadap respon pembelahan sel (Gentile 2012; Wang dkk., 2006). Oleh karena itu, rendahnya nutrisi (0,1%) pada kelompok kontrol menyebabkan laju migrasi sel menjadi lambat yaitu hanya 30,11% selama 24 jam pengamatan. Migrasi sel sendiri dapat didukung oleh beberapa protein

(kemoatraktan) seperti PDGF-AA dan TGF- β 1 yang dibuktikan pada sel fibroblas dan keratin (Schneider *et al.* 2010; Rahimi & Leof, 2007)

Kemoatraktan PDGF-AA yang dikeluarkan dari medium seperti PRP memberikan peran penting terhadap induksi migrasi fibroblas (Schneider *et al.*, 2010). Protein TGF- β 1 juga diduga memiliki peran terhadap peningkatan laju migrasi sel keratin melalui jalur *epithelial-to-mesenchymal transformation* (EMT) (Rahimi & Leof, 2007). Studi *in vitro* yang dilaporkan Huang *et al.* (2019) menunjukkan bahwa mikrosikel (MIV) ADSCs dapat meningkatkan laju migrasi dan invasi *human umbilical vein endothelial cells* (HUVECs) dengan menurunkan luka goresan hingga dibawah 5% dibandingkan kontrol selama 24 jam pengamatan. Studi lain menggunakan sel

keratin dan fibroblas yang dikultur selama 24 jam mengalami peningkatan migrasi sel hingga 60% dan 35% (Park *et al.* 2011). Pemanfaatan PRP dari manusia untuk menguji kemampuan migrasi sel punca asal sumsum tulang dilaporkan oleh Murphy *et al.* (2012) dan hasilnya menunjukkan penutupan goresan yang lebih baik jika dibandingkan menggunakan FBS sebagai nutrisi pertumbuhan.

Pada studi ini, migrasi ADSCs menggunakan PRP cenderung lebih lambat namun tidak signifikan jika dibandingkan dengan suplemen FBS. Kombinasi nutrisi FBS dan LAA menunjukkan hasil yang maksimal dalam proses migrasi ADSCs. Faktor variasi setiap *batch* dan donor PRP diduga yang mempengaruhi kadar protein pertumbuhan yang berperan dalam migrasi ADSCs. Laju migrasi ADSCs PRP yang lebih rendah dari FBS diduga mengandung protein yang

berperan dalam migrasi sel pada kadar yang tidak optimal.

Simpulan

Adipose-derived stem cells (ADSCs) memiliki kemampuan untuk bermigrasi pada medium rendah glukosa yang mengandung FBS, FBS-LAA atau PRP dengan laju migrasinya yang lebih cepat dibandingkan jika ADSCs dikultur pada medium kontrol.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih pada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui pemberian Beasiswa Tesis, sesuai dengan Nota Perjanjian nomor: PRJ-1332 /LPDP.3/2016.

Daftar Pustaka

- Amable, P.R., M.V. Teixeira, R.B. Carias, J.M. Granjeiro, R. Borojevic 2014. Mesenchymal stromal cell proliferation, gene expression and protein production in human platelet-rich plasma-supplemented media. *PloS one*. 9(8):e104662.
- Bobadilla, A.V., J. Arévalo, E. Sarró, H. Byrne, P.K. Maini, T. Carraro, S. Balocco, A. Meseguer, T. Alarcón. 2018. Local migration quantification method for scratch assays. *J. Royal Soc. Interface*. 1-18.
- de Lucas, B., L.M. Pérez, B.G. Gálvez. 2018. Importance and regulation of adult stem cell migration. *J. cell. mol. med.* 22(2):746-54.
- Dominici, M.L.B.K., K. Le Blanc, I. Mueller, I. Slaper-Cortenbach, F.C. Marini, D.S. Krause, R.J. Deans, A. Keating, D.J. Prockop, E.M. Horwitz. 2006. Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. The International Society for Cellular Therapy position statement. *Cytother*. 8(4):315-317.
- Gentile, P. 2012. Concise Review: Adipose-Derived Stromal Vascular Fraction Cells and Platelet-Rich Plasma: Basic and Clinical Implications for Tissue Engineering Therapies in Regenerative Surgery. *Stem cells transl med.* 1(3):230-236.
- Horwitz, R., D. Webb. 2003. Cell migration. *Cur. Bio.* 13(19):R756-759.
- Huang, B., L.F. Huang, L. Zhao, Z. Zeng, X. Wang, D. Cao, L. Yang, Z. Ye, X. Chen, B. Liu, T.C. He. 2019. Microvesicles (MIVs) secreted from adipose-derived stem cells (ADSCs) contain multiple microRNAs and promote the migration and invasion of endothelial cells. *Genes & Dis*. 1-10.
- Kern, S., H. Eichler, J. Stoeve, H. Klüter, K. Bieback. 2006. Comparative analysis of mesenchymal stem cells from bone marrow, umbilical cord blood, or adipose tissue. *Stem cells*. 24(5): 1294-1301.

- Li, L., R. Bhatia. 2011. Stem cell quiescence. *Clinic. cancer res.* 17(15):4936-4941.
- Meinel, L., S. Hofmann, V. Karageorgiou, L. Zichner, R. Langer, D. Kaplan, G. Vunjak-Novakovic. 2004. Engineering cartilage-like tissue using human mesenchymal stem cells and silk protein scaffolds. *Biotech. Bioeng.* 88(3): 379-391.
- Mennan, C., K. Wright, A. Bhattacharjee, B. Balain, J. Richardson, S. Roberts. 2013. Isolation and characterisation of mesenchymal stem cells from different regions of the human umbilical cord. *BioMed res. intern.* 2013: 1-8.
- Montell, D.J., W.H. Yoon, M. Starz-Gaiano. 2012. Group choreography: mechanisms orchestrating the collective movement of border cells. *Nat. rev. Mol. cell bio.* 13(10):631-645.
- Murphy, M.B., D. Blashki, R.M. Buchanan, I.K. Yazdi, M. Ferrari, P.J. Simmons, E. Tasciotti. 2012. Adult and umbilical cord blood-derived platelet-rich plasma for mesenchymal stem cell proliferation, chemotaxis, and cryo-preservation. *Biomaterials.* 33(21):5308-5316.
- Nicoletti, G.F., F. De Francesco, F. D'Andrea, G.A. Ferraro. 2015. Methods and procedures in adipose stem cells: state of the art and perspective for translation medicine. *J. cell. physiol.* 230(3): 489-495.
- Park, H.B., J.H. Yang, K.H. Chung. 2011. Characterization of the cytokine profile of platelet rich plasma (PRP) and PRP-induced cell proliferation and migration: Upregulation of matrix metalloproteinase-1 and-9 in HaCaT cells. *Korean J. Hematol.* 46(4):265-273.
- Robertson, J.A. 2010. Embryo stem cell research: ten years of controversy. *J Law, Med & Ethics.* 38(2):191-203.
- Stessuk, T., M.B. Puzzi, E.A. Chaim, P.C.M. Alves, E.V. de Paula, A. Forte, J.M. Izumizawa, C.C. Oliveira, F. Frei, J.T. Ribeiro-Paes. 2016. Platelet-rich plasma (PRP) and adipose-derived mesenchymal stem cells: stimulatory effects on proliferation and migration of fibroblasts and keratinocytes in vitro. *Archiv. Dermatol. Res.* 308(7):511-520.
- Wang, Y., E. Bella, C.S. Lee, C. Migliaresi, L. Pelcastre, Z. Schwartz, B.D. Boyan, A. Motta. 2010. The synergistic effects of 3-D porous silk fibroin matrix scaffold properties and hydrodynamic environment in cartilage tissue regeneration. *Biomaterials.* 31(17):4672-4681.
- Yue, P.Y., E.P. Leung, N.K. Mak, R.N. Wong. 2010. A simplified method for quantifying cell migration/wound healing in 96-well plates. *J. biomol. screening.* 15(4):427-433.
- Zhao, L.R., J.H. Zhang. 2014. *Cellular Therapy for Stroke and CNS Injuries.* Springer.
- Zhu, Y., T. Liu, K. Song, X. Fan, X. Ma, Z. Cui. 2008. Adipose-derived stem cell: a better stem cell than BMSC. *Cell biochem. funct.* 26(6): 664-675.
- Zuk, P.A. 2010. The Adipose-derived Stem Cell: Looking Back and Looking Ahead. *Mol Bio Cell.* 21:1783-1787.

Santhyami, Adi Basukriadi, Mufti Petala Patria¹ and Rochadi Abdulhadi. (2020). Tree Community Composition and Structure of Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Based Agroforestry in West Sumatera, Indonesia. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 52-59. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

TREE COMMUNITY COMPOSITION AND STRUCTURE OF CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) BASED AGROFORESTRY IN WEST SUMATERA, INDONESIA

Santhyami^{1*)}, Adi Basukriadi²⁾, Mufti Petala Patria²⁾ and Rochadi Abdulhadi³⁾

¹⁾Department of Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57162

²⁾Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, Depok 16424, West Java, Indonesia

³⁾Division of Botany, Herbarium Bogoriense, Research Center for Biology, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Raya Bogor Km.46 Cibinong-Bogor 16911, West Java, Indonesia

*corresponding author: san915@ums.ac.id

Abstract – The aim of this study is to obtain basic descriptive account of structure and floristic composition of cacao based agroforestry in conserving tree species diversity in West Sumatera. An analysis of the composition and structure of three types of cacao based agroforestry system (AFS) [cacao - rubber (CR), cacao - coconut (CC) and cacao multiestrata (CM)] was conducted in April to June 2017. Data collection was done by using quadrat method of 20 x 20 meter plots with a total of 6 plots on each types of AFS. Herbarium specimens were collected and identified. Among all types of these AFS, CC was the most diverse floristically ($H' = 1.02$) with the highest total of species (10 species), followed by CM (9 species) and CR (7 species). CM has the highest tree density of 1108 trees per ha and the highest total of basal area (30.53 m²). We also did a comparison of the floristic composition of cacao based AFS with the nearest natural forest from previous study. There was a large decrease in the number of non-cocoa tree species from natural forest to AFS, from 139 to 6-9 species. The only native tree species found both in the forest and AFS is *Pterospermum javanicum* Jungh. It is concluded that three types of cocoa based AFS in West Sumatera were floristically different with natural forest.

Keywords: cacao based agroforestry, community structure, tree composition, tree species diversity

Introduction

Agroforestry System (AFS) is one of the best approaches to reduce pressure on natural forest while still meeting local economic needs (Michon and de Foresta 1996, Nair 1998, Jose 2009). ICRAF (1993) defined agroforestry as a system and technology of land-use where annual woody plants (trees, palms, bamboo, etc.) are planted in unit of land management together with crops and or animals in the form of spatial or time management and in which interaction of ecology and economics among the components takes place. In addition to providing economic benefits from the production of crops, AFS is able to provide environmental services such as carbon storage services. Therefore, AFS is recognized as

an approved activity in a wide range of Land-use, Land-use Change and Forestry (LULUCF) based carbon market such as regulated carbon market (CDM), REDD+ and Voluntary Carbon Markets (VCM) (Murdiyarso and Herawati 2005, Angelsen & Wertz-Kanounnikoff 2010, Kollmuss *et al.* 2008, Asare 2014).

One of the most common commodity crops grown through AFS approach is cocoa (*Theobroma cacao* L.). Cocoa originally grows in tropical rain forests as an under shade plant type. In South America, cocoa is traditionally grown under the canopy of older primary forests, locally called *cabruca* (Sommariba *et al.* 2013). In addition to being grown under the forest canopy, cocoa is also grown under special shade tree from leguminosae or fruit trees and timber

with economic value as found in Sulawesi, Indonesia (Rajab *et al.* 2016).

In Indonesia, cocoa beans are mostly produced in six provinces, i.e. South Sulawesi, Central Sulawesi, Southeast Sulawesi, West Sulawesi, North Sumatra and West Sumatra. West Sumatra develops small scale cocoa agroforestry known as *parak*. Pasaman and Padang Pariaman Regency are the two highest

cocoa producer region in West Sumatra. Pasaman is dominated by a multistrata cocoa-based AFS and cocoa-based AFS grown under rubber trees (*Hevea brasiliensis* Willd. ex A. Juss.). Padang-Pariaman is dominated by cocoa-based AFS grown under coconut (*Cocos nucifera* L.). Previous study has been done related to cocoa based AFS potential in sequestering carbon in West Sumatra (Santhyami *et al.* 2018)

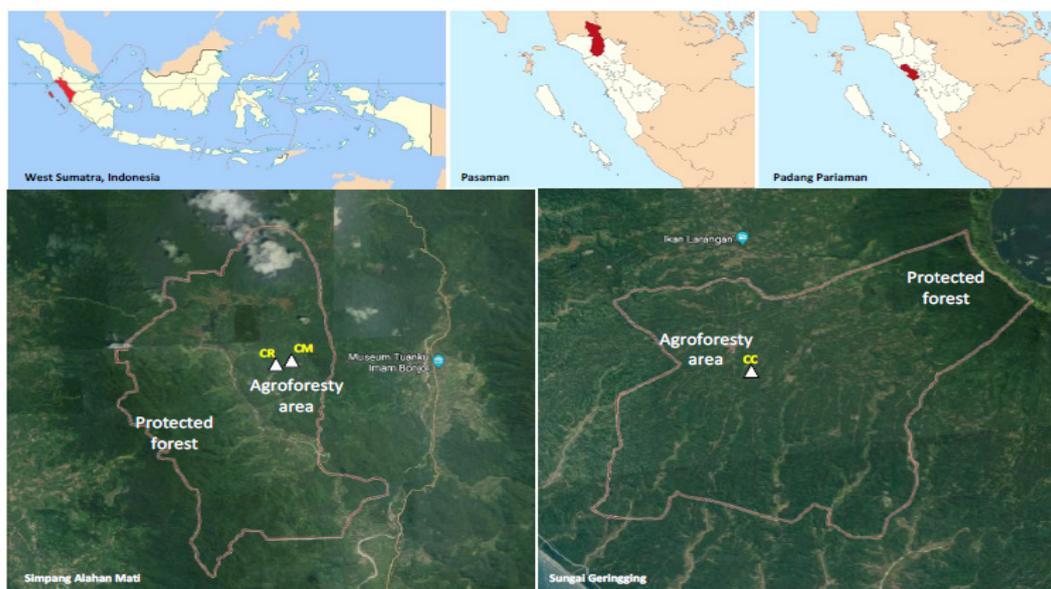


Figure 1. Research locations in West Sumatra, Indonesia: CR (Cocoa – Rubber), CM (Cocoa Multistrata), CC (Cocoa Coconut)

A better knowledge of basic ecological information, including floristic composition of AFS is necessary for development of sustainable forest management and conservation. The objective of the present study is to obtain basic descriptive account of the structure and floristic composition of cacao based agroforestry in West Sumatra in conserving tree species diversity.

Materials and Methods

1. Study Area

The study was conducted in April – June 2017 in Nagari Simpang, Simpanti Subdistrict, Pasaman Region for multistrata cocoa-based AFS (CM) and cocoa-based AFS grown under rubber (*H. brasiliensis*) (CR) and Sungai Geringging, Padang Pariaman Region, West Sumatra for cocoa-based AFS grown under coconut (*C. nucifera*) (CC) (Fig. 1).

Nagari Simpang has an area of ± 49.496 ha with an altitude of 100-453m above sea level. Temperature ranges between 27-30⁰ C with an average rainfall of 324.3 mm year⁻¹. Topography of Nagari Simpang is a plain surrounded by hills of natural forest. Types of soil in Pasaman are *litosol* and *podzolic*. From all of total area, 7/10 is forested area, the largest potential of Nagari Simpang. Besides the forest, Nagari Simpang managed 363 ha of paddy fields and 475 ha of farming land. Nagari Simpang has a forested area managed by local community. The forests are customary land (*hutan adat*).

Sungai Geringging is one of 17 subdistricts in Padang Pariaman with an area of about 99.35 km². The average temperature is 25.49⁰ C and relative humidity is 85.58%. The hottest temperatures fall in February, while the lowest in September. The overall average rainfall for Padang Pariaman Region in 2007 was 368.4

mm/year with an average wind speed of 2.14 knots hour⁻¹. The topography of Sungai Geringging is hilly area with an altitude of 25m above sea level. Soil types are *alluvial*, *podzolic* and peat. The population of Sungai Geringging is about 25.815 people. Of the total population, 70% of them are farmers.

2. Data collection

Data collection was done by using quadrat method of 20 x 20 meter plot with a total of 6 plots on each types of AFS (Cox 1967, Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974, ForestWorksISC 2014).

Herbarium specimens for each species within the plot were collected and identified at Herbarium Bogoriense, Research Center for Biology-LIPI in Cibinong, Indonesia. The identity and nomenclature of each tree species followed the *Tree flora of Indonesia: checklist for Sumatera* (Whitmore and Tantra, 1986) and *Flora Malesiana* (Steenis *et al.*, 1948-2013).

3. Data analysis

Important Value (IV), the sum of Relative Density (RD), Relative Frequency (FR) and Relative Dominance (RDo), were calculated based on Cox (1967) and Mueller-Dombois and Ellenberg (1974). The index of species diversity (H') was calculated by using Shannon Weiner Index (SWI) (Shannon and Weiner 1963).

Result and Discussion

The results of this study shows the community structure of the three most common types of cacao-based AFS in West Sumatra province, namely; (1) cacao-based agroforestry with rubber as the main shade tree (CR), (2) cocoa-based agroforestry with multiple species of shade trees (called multistrata) (CM), (3) cocoa-based agroforestry with coconut as the main shade trees (CC). The first two AFS were commonly found in the lowland areas of Pasaman Regency while CC were commonly found in coastal areas including Pariaman Regency. Although the main shade trees were

rubber or coconut, most farmers also planted a number of other trees as mixed commodities such as areca palms, durian, candlenut *etc.*

Table 1 shows a comparison of the composition of three types of cacao-based AFS in West Sumatera. CC is the system with the highest number of tree species (10 species), followed by CM and CR (9 and 7 species respectively). CM has the highest number of individual trees per hectare (approximately 1100 stems).

Table 1. Composition of cacao based AFS in West Sumatera

AFS Type	No	Species	IV (%)	H'
Cacao - Rubber (CR)	1	<i>Hevea brasiliensis</i>	129.75	0.27
	2	<i>Tectona grandis</i>	10.45	0.05
	3	<i>Pterospermum javanicum</i>	7.88	0.04
	4	<i>Durio zibethinus</i> Murr.	6.53	0.03
	5	<i>Lansium parasiticum</i>	6.41	0.03
	6	<i>Musa spp.</i>	7.47	0.04
	7	<i>Theobroma cacao</i>	131.51	0.27
Total			300	0.72
Cacao Multistrata (CM)	1	<i>Annona muricata</i>	3.82	0.02
	2	<i>Areca catechu</i>	43.44	0.13
	3	<i>Aleurites moluccana</i>	48.21	0.14
	4	<i>Hevea brasiliensis</i>	82.26	0.19
	5	<i>Archidendron pauciflorum</i>	6.98	0.03
	6	<i>Durio zibethinus</i>	24.90	0.09
	7	<i>Lansium parasiticum</i>	8.73	0.04
	8	<i>Theobroma cacao</i>	81.65	0.19
Total			300	0.82

AFS Type	No	Species	IV (%)	H'
Cacao Coconut (CC)	1	<i>Areca catechu</i>	50.47	0.17
	2	<i>Cocos nucifera</i>	93.70	0.25
	3	<i>Archidendron pauciflorum</i>	3.79	0.02
	4	<i>Parkia speciosa</i>	8.12	0.05
	5	<i>Toona sureni</i>	11.29	0.06
	6	<i>Myristica fragrans</i>	4.12	0.03
	7	<i>Syzygium aromaticum</i>	13.01	0.07
	8	<i>Durio zibethinus</i>	3.99	0.03
	9	<i>Musa spp.</i>	34.82	0.13
	10	<i>Theobroma cacao</i>	76.68	0.22
Total			300	1.02

CM also scored the highest tree basal area of 31 m², followed by CC and CR at 27 and 21 m² respectively. The two most dominant species indicated by Important Values (IV) on each type of agroforestry are as follows; (1) cacao (131.51%) and rubber (129.75%) on CR, (2)

rubber (82.26%) and cocoa (81.65%) on CM, and (3) coconut (93.70%) and cocoa (76.68%) on CC.

Groups of cacao-based AFS observed had varied diversity index. CC has the highest diversity index (H') of 1.02, followed by CM and cocoa-coconut cacao groups of 0.82 and 0.72 respectively. The evenness index of the three types of agroforestry is small, ranging from 0.27 - 0.36.

Fig. 2 shows the distribution of the number of trees individual in each type of AFS based on diameter groups. The majority type of trees in all three types of AFS are small trees with DBH of 10 - 19.9 cm. Only CC that have trees with DBH above 50 cm. Cocoa-based AFS has special characteristics according to the composition of the tree stand. On understory layer, land is dominated by cocoa stems, but on the higher strata, stands are represented by various types of shade trees such as native trees from remaining forest, natural timber trees, planted timber trees, fruit trees and special nitrogen fixing trees species such as *Gliricidia sepium* (Jacq.) and *Erythrina* ssp.

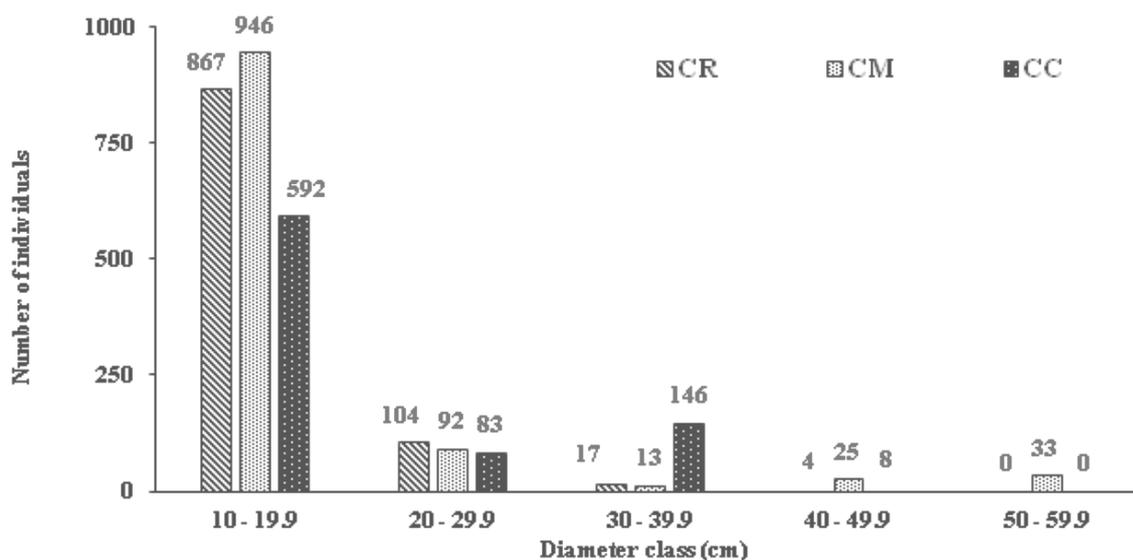


Figure 2. Number of trees individual based on diameter class

The cocoa-based AFS pattern in West Sumatra varies based on composition and density. The type of agroforestry in West Sumatra based on the Nair (1993) categories is agrisilviculture,

a form of land use that combines seasonal plants with woody trees. Based on shade tree species (Rice and Greenberg 2000), the type of cocoa development in West Sumatra varies from a

non-shade system (monoculture), mixed with one main shade tree such as rubber and coconut and a multistrata cocoa system.

Pasaman and Padang Pariaman Regions are the two highest cocoa producing areas in West Sumatra. In Pasaman, cocoa farming is dominated by CM and CR types. In the early 1980s, farmers in Pasaman had developed rubber plantations. However, in the mid-1990s, rubber experienced a decrease in productivity and profitability so farmers began to grow cocoa as the main crop planted under the remaining rubber trees. Farmers chose cocoa because this commodity can be harvested within four to five years and produce throughout the year. In addition, cocoa prices tend to be stable in the market. Whereas in Pariaman, the community planted cocoa under coconut trees that had been planted decades before.

Although at the beginning of the study, terminology of CM was given as an agroforestry type with many shade tree species, but from the results of the study it was seen that the CC in Pariaman the highest number of species on

it. However, CM is still the group with the highest number of individual per hectare. When compared with other CM in Sulawesi, the tree density of CM in West Sumatra is lower (Table 2).

Management levels and production pressures affect the low number of individuals per hectare in West Sumatra. Basically, the planting of all three types of agroforestry in West Sumatra did not follow the rules of distance of cocoa planting in general. The community tends to plant cacao randomly in the remains of hedges under the shade of other existing trees. It can be seen from the lower amount of cocoa stem per hectare in West Sumatra compared to agroforestry in Sulawesi (Rajab *et al.* 2016).

In contrast to the density of cocoa trees, non-cocoa trees density with DBH ≥ 10 cm in cocoa-based AFS in West Sumatra is higher when compared to some other cacao-based AFS (Rajab *et al.* 2016, Bisseleua 2008) even higher than the Bukit Bandindiang natural forest as a the nearest natural forest to AFS location (Santhyami, *unpublished*).

Table 2. Comparison of cacao based AFS structure in two regions in Indonesia

No	Type of land use	Location	Total tree density (trees/ha)	Cacao density (stem/ha)	Basal Area (m ²)	Diversity Index (H')	Source
1	Cacao - Rubber	Pasaman, West Sumatera	992	538	21	0.72	This study
2	Cacao - Coconut	Pariaman, West Sumatera	829	354	27.5	1.02	This study
3	Cacao multistrata	Pasaman, West Sumatera	1108	433	30.5	0.82	This study
4	Cakao multistrata	Lembah Kulawi, Central Sulawesi	1741	1384	34.6	0.45	Rajab <i>et al.</i> 2016
5	Cakao - <i>Gliricidia</i>	Lembah Kulawi, Central Sulawesi	1497	1047	13.8	0.31	Rajab <i>et al.</i> 2016

On CR and CM, non-cocoa tree is dominated by rubber, planted with an approximately distance of 5x5 m, while on CC, it is dominated by coconut trees and areca palms (Santhyami *et al.* 2018). Areca palm is commonly known by the community as a hedgerow plant.

The high density of total trees in cacao based AFS in West Sumatra is closely related to thinning factor. From the observations, farmers in all types of cacao based AFS in West Sumatra did not conduct thinning process although the age of cocoa had exceeded ten years. This shows the low level of intensity of agroforestry

management. Management and the level of shade are often correlated (Wade *et al.* 2010, Asare *et al.* 2018). Based on research by Stefan-Dewenter *et al.* (2007), cocoa planting can be economically valuable on the low density non-cocoa trees and thinning is proceeded.

Table 1 shows CR and CM were categorized to have a low tree diversity, while CC was a medium one. As comparison, nearest natural forest, Bukit Badindiang, was classified to have high diversity (Santhyami, *unpublished*). Cacao based AFS varied greatly in terms of species richness and composition depending on the level of management and history of land use. The decline in the number of non-cocoa tree species from natural forest to cacao based AFS was vast, (139 to 6-9 species). A report by Gradstein *et al.* (2007) at 0.25 ha of cacao based AFS in Indonesia found a decrease of an average of 21 species of non-cocoa trees in agricultural land with shade trees were coming from the remaining forest to 10 species on land with shade trees that were deliberately planted. This decline is in line with 'intensive young theory (Intensive Young - YI) where plant diversity would be low on young (newly planted) agroforestry lands and/or on productive agroforestry lands with increasingly intensive levels of management (Stefan-Dewenter *et al.* 2007).

The result shows that the only native tree species found both in the forest and on cacao based AFS in West Sumatera was *P. javanicum* Jungh. The proportion of tree of native species as cacao shade trees generally will decrease with the increasing of land age, market access and intensity of land use. When farmers begin to increase production pressure on land, native shade trees originating from forest cover would be cut down or replaced with other species such as fruit trees which are generally not native to

the area (Gradstein *et al.* 2007, Sonwa *et al.* 2007). Latest studies has showed the advantages of choosing native shade trees instead of exotic shade. Ecological services of native shade trees on coffe based agroforestry is more eminent to exotic shade particularly on effect to yield of coffee, consistency in yield and cupping quality of coffee beans were much improved under native shade trees (Dhanya *et al.* 2014)

Another factor related to the limited type of non-cocoa trees in the composition of cacao based AFS in West Sumatera is the size of the land. Generally, cacao farming, both in Pasaman, Pariaman and other areas in West Sumatera, has traditionally been developed on a relatively limited land. Farmers with small land tend to grow trees selectively to meet their primary needs which causes low levels of diversity on their AFS (Deb *et al.* 2014).

Conclusion

Cacao – Coconut AFS (CC) appeared to be the most diverse cacao based AFS in West Sumatera with the highest total of species. Cacao multistrata (CM) has the highest tree density and total of basal area. There was a large decrease in the number of non-cocoa tree species from natural forest to AFS. Three types of cacao based AFS in West Sumatera were floristically different with natural forest.

Acknowledgements

Thanks to Keltan and Gapoktan member and staff in both Pasaman and Padang Pariaman for the access and permit to make plots. We also thank Herbarium Bogoriense, Research Center for Biology-LIPI in Cibinong, Indonesia for plant identification.

References

- Angelsen A, Wertz-Kanounnikoff S. 2010. Apa isu utama rancangan REDD dan kriteria penilaian pilihan yang ada? Dalam: Angelsen, A. & S. Atmadja (eds.) 2010. *Melangkah maju dengan REDD: isu, pilihan dan implikasi*. CIFOR. Bogor: pp 11 – 22.



- Asare RA. 2014. *Understanding and defining climate-smart cocoa: Extension, inputs, yields and farming practices (Climate-smart cocoa working group)*. Accra: Nature Conservation Research Centre and Forest Trends.
- Asare R, Markussen B, Asare RA, Anim-Kwapong G, Ræbild A. 2018. On-farm cocoa yields increase with canopy cover of shade trees in two agro-ecological zones in Ghana. *Climate and Development* **11**(5): 435–445.
- Bisseleua D, Hervè B, Vidal S. 2008. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodivers Conserv* **17**:1821 – 1835.
- Cox WG. 1967. *Laboratory manual of general ecology*. Wm. C. Brown Company Publisher. Dubuque.
- Deb S, Deb D, Sarkar A, Majumdar K. 2014. Community structure, biodiversity value and management practices of traditional agroforestry systems in Tripura, North East India. *J Biodivers Manage Forestry* **3**:3.
- Dhanya B, Sathish BN, Viswanath S, Purushothaman S. 2014. Ecosystem services of native trees: experiences from two traditional agroforestry systems in Karnataka, Southern India. *International Journal of Biodiversity Science. Ecosyst. Serv. Manage* **10**: 101-111.
- ForestWorks ISC. 2014. *Learning resource for undertake carbon stock sampling of forests and plantations*. Commonwealth of Australia: 1+52 hlm.
- Gradstein SR, Kessler M, Rpitopan G. 2007. Tree species diversity relative to human land uses in tropical rain forest margins in Central Sulawesi. In: Tscharntke T, C Leuschner, E Guhardja, M Zeller (eds) *The stability of tropical rainforest margins: linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation*. Springer Verlag, Berlin: pp 321-334.
- ICRAF. 1993. *International Centre for Research in Agroforestry: Annual Report 1993*. Nairobi: 208 p.
- Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry System* **76**: 1 – 10.
- Kollmuss A, Zink H, Polycarp C. 2008. *Making sense of the voluntary carbon market: a comparison of carbon offset standards*. Stockholm Environment Institute and Tricorona. Stockholm: iii±105 p.
- Michon G, de Foresta H. 1996. *Agroforests: an original agroforestry model from smallholder farmers for environmental conservation and sustainable development*. Dalam: Ishizuka, K., S. Hisajima & D.R.I. Macer (Eds.).1996. *Traditional technology for environmental conservation and sustainable development in the Asian-Pacific region*. University of Tsukuba. Tsukuba: 52 – 58 p.
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1974. *Aims and method of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Murdiyarto D, Herawati H. 2005. Carbon forestry : Who will benefit? *Proceeding of workshop on carbon sequestration and sustainable livelihood*. CIFOR. Bogor: v – 215 p.
- Nair PKR. 1998. Directions in tropical agroforestry research: past, present, and future. *Agroforestry System*. **38**: 223 – 245.
- Rajab AY, Leuschner C, Barus H, Tjoa A, Hertel D. 2016. Cacao cultivation under diverse shade tree cover allows high carbon storage and sequestration without yield losses. *PLoS ONE* **11**(2): 1 – 22.
- Rice RA & Greenberg R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Journal of Human Environment* **29**(3): 167 – 173.

- Shannon CE, Weiner W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana University of Illinois Press. Illinois.
- Santhyami, Basukriadi A, Patria, MP, Abdulhadi R. 2018. The comparison of aboveground C-stock between cacao-based agroforestry system and cacao monoculture practice in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* **19**(2): 472 - 479
- Sonwa DJ, Nkongmeneck BA, Weise SF, Tchatat M, Adesina AA. 2007. Diversity of plants in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodivers Conserv* **16**: 2385 – 2400.
- Steenis CGG, Van J, Kalkman C, Kirkup DW, Noteboom HP, de Wilde WJJO, Saw LG, Stevens PF, Coode MJE, van Welzen PC (Eds.). 1948-2013. *Flora Malesiana Series I*, Vol. 4-21. Foundation Flora Malesiana. Leiden.
- Stefan-Dewenter I, Kessler M, Barkmann J, Bos MM, Buchori D, Erasmi S. 2007. Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **104**(12): 4973 – 4978.
- Wade AS, Asase A, Hadley P, Mason J, Ofori-Frimpong K, Preece D, Norris K. 2010. Management strategies for maximizing carbon storage and tree species diversity in cocoa-growing landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **138**: 324–334.
- Whitmore TC, Tantra IGM. 1986. *Tree flora of Indonesia. Check list for Sumatera*. Forest Research and Development Centre. Bogor.



Sri Haryanti, Evi Gravitiani, Mahendra Wijaya. (2020). Studi Penerapan Bank Sampah dalam Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup di Kota Yogyakarta. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 60-68. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

STUDI PENERAPAN BANK SAMPAH DALAM UPAYA PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP DI KOTA YOGYAKARTA

Sri Haryanti¹, Evi Gravitiani², Mahendra Wijaya³

¹ Dosen Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

² Dosen Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, UNS

³ Dosen Program Studi Ilmu Sosiologi, Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, UNS

Jl. Tatabumi No.3 Banyuraden Gamping Sleman Yogyakarta

Email korespondensi : ¹sriharyanti149@gmail.com

Paper submit : 3 Juli 2017, Paper publish : Maret 2020

Abstract - Waste Bank program is an alternative in waste management by 3R (Reduce, Reuse, Recycle) approach. Yogyakarta is one of the cities that has implemented that program. This study was aimed to analyze the composition of the deposited waste to the banks and examine the implementation of waste banks in Yogyakarta city in environment management efforts. The study was conducted in October-December 2016, and is a quantitative study that was conducted by measurement, interview and observation methods in five waste banks in Yogyakarta City. Data analysis was performed by means of quantitative descriptive in the form of tables and graphs. The results show that total weight of the deposited waste in a month is 3,062.1 kg, in average. The composition of the waste consists of: plastic 23.36%, paper 65.06%, glass 5% and metal 6.56%. The Waste Bank program in Yogyakarta City is able to assist the efforts of environment management, with a potentiton of 97% waste reduction. After the existence of waste banks, in corresponds with their environment condition, 65 respondents (65%) stated it is clean, and 35 (35%) stated very clean. Respondents who stated that their houses are very clean and clean are 34% and 66%, respectively.

Keywords: waste bank, waste composition, Yogyakarta City

Pendahuluan

Kota Yogyakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik pada tahun 2015 menunjukkan laju pertumbuhan penduduk di Kota Yogyakarta sebesar 0,76 %. Jumlah penduduk di Kota Yogyakarta pada tahun 2015 menurut Badan Pusat Statistik adalah 408.823 jiwa. Damanhuri (2010) menyatakan peningkatan jumlah penduduk berkaitan dengan perilaku konsumsi yang kemudian berdampak pada meningkatnya volume sampah dan pencemaran limbah bagi lingkungan.

Meningkatnya volume timbulan sampah memerlukan pengelolaan. Pengelolaan sampah yang tidak mempergunakan metode dan teknik pengelolaan sampah yang ramah

lingkungan akan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan akan sangat mengganggu kelestarian fungsi lingkungan baik lingkungan permukiman, hutan, persawahan, sungai dan lautan. Sampah apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan diantaranya; Pencemaran lingkungan, penyebab penyakit dan penyumbatan saluran air dan banjir .

Globalisasi diketahui mempengaruhi konsumsi masyarakat, penggunaan bahan padat yang akhirnya menghasilkan limbah padat yang besar (Bello, 2016). Menurut Leton dan Omotosho (2004), limbah padat didefinisikan sebagai limbah non cair atau non gas produk (misalnya sampah, barang rongsokan) yang berasal dari sisa aktivitas manusia yang sudah tidak diinginkan.

Menurut Najee and Philipose (2012), sampah yang dibuang pada suatu area terbuka (*dump site*), akan menyebabkan dampak terhadap daerah sekitar baik secara sosial, lingkungan maupun ekonomi akibat tumpukan sampah yang terakumulasi. Secara lingkungan, dampak tempat pembuangan akhir sampah dapat berupa penurunan kualitas air akibat infiltrasi air lindi, penurunan kualitas udara akibat asap maupun bau tak sedap, kebisingan serta menurunnya estetika lingkungan.

Menurut N.Ejaz, (2012) meningkatnya volume sampah tidak seimbang dengan program pengelolaan limbah. Masih banyak masyarakat yang mengelola sampah mereka secara tradisional dan tidak mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan. Meidiana, (2011) menyatakan kekurangan kelayakan *finansial* untuk pengelolaan limbah memberi dampak tentang keberlanjutan program pengelolaan limbah. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012) kurangnya kemampuan pemerintah untuk membiayai pengelolaan limbah mengurangi keberlanjutan program pengelolaan limbah. Morrissey dan Browne (2010) menyatakan sistem pengelolaan sampah kota berkelanjutan harus ekonomis terjangkau, ramah lingkungan dan dapat diterima secara sosial. Salah satu upaya pemerintah untuk mengatasi permasalahan sampah adalah dengan program bank sampah. Sebagai dasar hukum pendirian bank sampah adalah Undang-Undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang menyatakan bahwa paradigma pengelolaan sampah harus dirubah dari kumpul-angkut-buang menjadi pengurangan di sumber dan daur ulang sumberdaya. Bank sampah adalah salah satu strategi penerapan 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*) dalam pengelolaan sampah pada sumbernya di tingkat masyarakat. Definisi Bank Sampah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 13 Tahun 2012 adalah tempat pemilahan dan pengumpulan sampah yang dapat didaur ulang dan/atau diguna ulang yang memiliki nilai ekonomi. Menurut Suwerda (2012) Bank Sampah adalah tempat menabung sampah yang telah terpilah menurut

daftar jenis sampah yang telah ditetapkan oleh petugas bank sampah.

Ulfah, dkk (2016) menyatakan bahwa program bank sampah merupakan satu kegiatan yang efektif dalam pengelolaan dan pemilahan sampah organik dan anorganik karena nasabah bank sampah dapat memanfaatkan sampah sesuai dengan jenisnya. Suryani (2014) menyatakan bahwa bank sampah berdiri karena adanya keprihatinan masyarakat akan lingkungan hidup yang semakin lama semakin dipenuhi dengan sampah, baik organik maupun anorganik. Oleh karenanya, diperlukan pengolahan seperti membuat sampah menjadi bahan yang berguna. Pembangunan bank sampah sebenarnya tidak dapat berdiri sendiri tetapi harus disertai integrasi dengan gerakan 3R secara menyeluruh di kalangan masyarakat yaitu *Reduce* (mengurangi segala sesuatu yang menyebabkan timbulnya sampah), *Reuse* (menggunakan ulang kembali sampah secara langsung), *Recycle* (memanfaatkan kembali sampah setelah mengalami proses pengolahan (Shentika, 2016). Tingkat kompleksitas komponen dan jenis sampah ditentukan oleh tingkat budaya masyarakat, dimana semakin maju tingkat kebudayaan masyarakat, semakin kompleks komposisi dan jenis sampahnya (Levi, 2012).

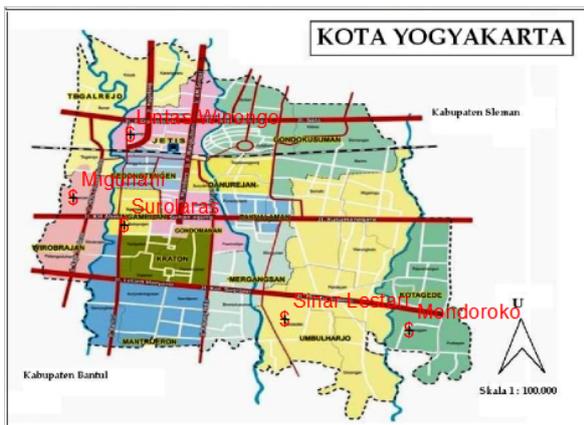
Bank sampah yang baik memiliki kriteria seperti memiliki badan hukum, memiliki sistem administrasi, memiliki pengepul tetap, memiliki buku tabungan, dan memiliki pihak penanggung jawab dan petugas lainnya (Juju, 2012).

Saat ini, pengelolaan Bank sampah dengan program Bank Sampah di Kota Yogyakarta terus berkembang. Pemerintah Kota Yogyakarta melalui Badan Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta membuat kebijakan dan menargetkan pembentukan bank sampah 1 RW 1 Bank sampah di tahun 2017. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa komposisi sampah yang masuk di bank sampah dan mengkaji penerapan bank sampah di Kota Yogyakarta sampah dalam upaya pengelolaan lingkungan hidup.

Metode Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Yogyakarta dengan mengambil 5 lokasi Bank sampah di Kota Yogyakarta yaitu, Bank sampah Lintas Winongo di wilayah Kalurahan Bumijo Kecamatan Jetis, nasabah bank sampah Surolaras di wilayah Kalurahan Notoprajan Kecamatan Ngampilan, nasabah bank sampah Migunani di Kalurahan Pakuncen Kecamatan Wirobrajan, nasabah bank sampah Sinar Lestari di wilayah Kalurahan Purbayan Kecamatan Umbulharjo serta nasabah bank sampah Mondoroko di wilayah Kalurahan Prenggan Kecamatan Kotagede. Lokasi tersebut ditentukan secara sengaja (*purposive*) berdasarkan pertimbangan bahwa lokasi tersebut merupakan bank sampah dengan jumlah nasabah terbanyak dan teraktif dibandingkan di wilayah lain di Kota Yogyakarta.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober-Desember 2016.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dengan dilengkapi Microsoft Excel Word. Peralatan lainnya yang digunakan di lapangan adalah kamera, pulpen. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar kuesioner dengan menggunakan skala pengukuran likert 4 point dan data informasi yang relevan.

3. Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data dilakukan dengan metode pengukuran, observasi dan wawancara terhadap nasabah bank sampah, petugas bank sampah, dan pengelola bank sampah. Pengukuran dilakukan terhadap banyaknya sampah yang masuk ke bank sampah serta banyaknya sampah yang terpilah sesuai dengan komposisinya. Jumlah sampah dan komposisi sampah diukur dari jumlah sampah yang disetor nasabah ke bank sampah. Kuisisioner diambil dari responden yang menjadi nasabah bank sampah di 5 lokasi bank sampah yang telah ditentukan dengan total responden sebanyak 100 responden. Data yang diperoleh dikelompokkan menjadi 2 jenis, yakni data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan menggunakan wawancara, kuesioner dan observasi, sedangkan data sekunder dikumpulkan dengan penelusuran dokumen atau instansi yang berkaitan dengan topik penelitian.

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara deskriptif kuantitatif dalam bentuk tabel dan presentase. Kemudian persentase tersebut dideskripsikan sesuai dengan tujuan penelitian.

Hasil dan Pembahasan

1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Wilayah Kota Yogyakarta memiliki area seluas 32.5 km² atau kurang lebih 1.02% dari luas wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayah Kota Yogyakarta memiliki 14 Kecamatan serta 45 Kelurahan. Data Badan Pusat Statistik pada tahun 2015 menunjukkan laju pertumbuhan penduduk di Kota Yogyakarta sebesar 0,76 % dengan jumlah penduduk sebesar 408.823 jiwa.

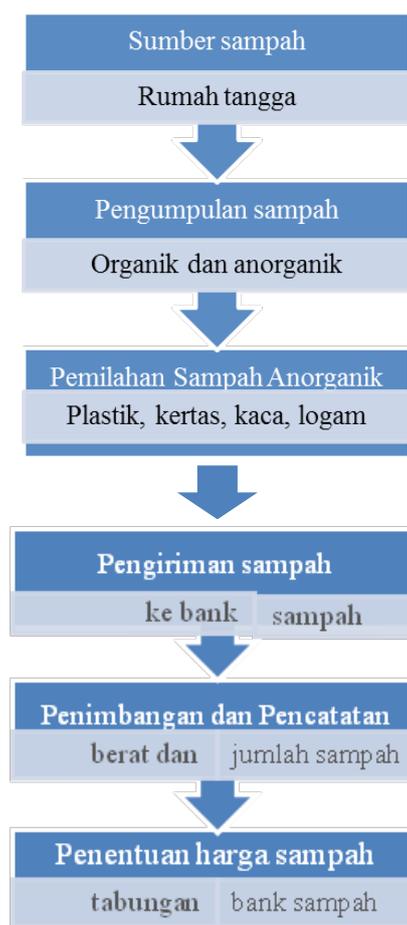
Bank sampah merupakan salah satu alternatif sistem pengelolaan sampah yang telah diterapkan di Kota Yogyakarta. Berdasarkan catatan dari Badan Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta sampai bulan Desember 2015 di Kota Yogyakarta telah terdapat 405 Bank sampah dengan total nasabah sebanyak 16.563 KK.

Bank sampah tersebut tersebar di 14 Kecamatan serta 45 Kalurahan di Kota Yogyakarta.

Berdasarkan hasil observasi di lokasi penelitian, diketahui bahwa rata-rata bank sampah tidak memiliki gudang sampah permanen. Dari 5 lokasi yang diteliti hanya 1 lokasi yang mempunyai gudang yaitu di Bank sampah Migunani. Bank sampah di Kota Yogyakarta pada umumnya beroperasi pada hari-hari tertentu dan beroperasi 1 kali dalam 1 minggu. Bank sampah juga memiliki produk layanan yang variatif diantaranya penjualan hasil kerajinan dari sampah anorganik serta pelayanan penukaran sampah anorganik dengan barang kebutuhan pokok (sembako).

2. Pengelolaan Sampah dengan Program Bank Sampah

Menurut Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup 13/2012 tentang Pedoman *Reduce, Reuse, dan Recycle* Melalui Bank Sampah, definisi bank sampah adalah tempat untuk menyortir dan mengumpulkan sampah yang bisa didaur ulang dan/ atau digunakan ulang yang memiliki nilai ekonomis. Bank sampah merupakan kegiatan inovatif masyarakat yang mengajari masyarakat untuk menyortir sampah mereka dan membuat mereka sadar akan pengelolaan sampah dengan bijak. Hal ini akan membawa kontribusi pengurangan volume sampah. Prinsip utama pengembangan bank sampah melibatkan dan memberdayakan masyarakat (Suwerda, 2012). Mekanisme pelaksanaan pengelolaan sampah dengan program bank sampah dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Mekanisme bank sampah

Volume sampah yang dapat diolah di bank sampah Kota Yogyakarta bervariasi di setiap bank sampah. Sampah tersebut dipilah sesuai dengan jenis sampahnya masing-masing yang terdiri dari sampah plastik, sampah kertas, sampah logam serta sampah kaca. Pembangunan bank sampah sebagai solusi untuk masalah sampah dimulai dengan kepedulian masyarakat terhadap degradasi lingkungan. Berdasarkan hasil pengukuran jumlah sampah yang paling banyak diterima berturut-turut adalah di bank sampah Lintas Winongo, Bank sampah Surolaras, Bank sampah Mondoroko, Bank sampah Sinar Lestari dan Bank sampah Migunani. Jumlah keseluruhan sampah yang masuk di 5 bank sampah Kota Yogyakarta sebesar 3062,1 kg dengan rincian sampah plastik sebesar 715,4 kg (23,36%), sampah kertas 1.992,1 kg (65,06%) , sampah kaca sebesar 153 kg (5 %), serta sampah logam sebesar 201.6kg (6,58%).

Tabel 2. Komposisi Sampah di Bank sampah

No.	Nama Bank Sampah	Komponen								Total	%
		Sampah Plastik (kg)	%	Sampah Kertas (kg)	%	Sampah Kaca (kg)	%	Sampah Logam (kg)	%		
1	Bank Sampah Surolaras	192,18	29.1	417,38	63.3	6,4	0.97	43,71	6.63	659,67	100
2	Bank Sampah Lintas Winongo	272.4	67.8	856.1	21.57	60	4.75	74.6	5.91	1263.1	100
3	Bank Sampah Migunani	175	29.4	336	56.4	33	5.5	52	8.7	596	100
4	Bank Sampah Sinar Lestari	143	23.9	375	62.7	35	5.9	45	7.5	598	100
5	Bank Sampah Mondoroko	125	20.7	425	70.2	25	4.1	30	5	605	100
Total		715,4	23,36	1.992,1	65,06	153	5	201.6	6,58	3.062,1	

Sumber data primer terolah, 2016

Komposisi terbesar yang masuk di bank sampah adalah jenis sampah kertas. Sampah kertas di bank sampah dipilah lagi sesuai dengan jenisnya masing-masing yang terdiri dari sampah arsip, duplek, kertas HVS, buku tulis, buku pelajaran, koran serta kardus. Untuk sampah plastik dikelompokkan menjadi beberapa komponen antara lain sampah karung plastik, plastik bening, plastik kemasan, botol plastik, gelas plastik.

Komposisi terbanyak adalah sampah kertas karena hampir setiap rumah tangga memiliki sampah kertas yang sudah tidak terpakai lagi diantaranya buku pelajaran, arsip, koran, majalah maupun kertas HVS. Komponen sampah logam dan sampah kaca tidak dibedakan karena jumlahnya tidak terlalu banyak. Pengelompokkan komponen sampah secara detail tersaji dalam tabel 3 berikut:

Tabel 3. Pengelompokan Komponen Sampah di Bank Sampah Kota Yogyakarta

No	Komponen	Berat (Kg)	%
1	Karung Plastik	75	2.45
2	Plastik Bening	55	1.80
3	Botol Plastik	230.2	7.52
4	Plastik Kemasan	140	4.57
5	Gelas kemasan	215.2	7.03
6	Duplek	175	5.72
7	Kardus	232,1	7.58
8	Kertas HVS, Buku tulis	414	13.52
9	Koran	564	18.42
10	Majalah	267	8.72
11	Buku Pelajaran	340	11.10
12	Logam	201.6	6.58
13	Kaca	153	5.00
Total		3062,1	100

Sumber : data primer terolah 2016

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010) faktor yang mempengaruhi besarnya komponen sampah anorganik adalah frekuensi pengumpulan. Semakin sering suatu komponen sampah anorganik dikumpulkan maka semakin besar komponen sampah anorganik yang dihasilkan, karena sampah anorganik cenderung sulit terdegradasi dan tidak membusuk seperti pada sampah organik. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dari hasil pengukuran jenis sampah kertas yang terbanyak adalah jenis koran majalah serta buku pelajaran. Sedangkan komposisi sampah kertas yang terkecil adalah sampah duplek. Komposisi terbesar sampah plastik di bank sampah adalah jenis botol dan gelas kemasan. Sampah logam yang dikumpulkan di bank sampah tidak terlalu banyak. Komposisi sampah logam di bank sampah paling banyak adalah kaleng bekas makanan. Sampah kaca tidak dikelompokkan karena jumlahnya yang tidak terlalu banyak. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Radityaningrum (2017) yang menunjukkan hasil yang sama saat melakukan penelitian di bank sampah di Surabaya yaitu komposisi terbesar bank sampah berturut-turut adalah sampah kertas, sampah plastik, sampah logam dan sampah kaca. Kegiatan pengelolaan sampah di Kota Yogyakarta dilakukan untuk mereduksi sampah sebelum di buang ke Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) melalui kegiatan 3 R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Berdasarkan data dari pengurus di setiap bank sampah diketahui bahwa Bank sampah di Kota Yogyakarta rata-rata dapat mereduksi sampah sebesar 97 %. Potensi pengelolaan sampah dengan Bank sampah di Kota Yogyakarta termasuk besar. Dengan potensi reduksi sebesar 97 % maka akan membantu proses pengolahan sampah terutama untuk mengurangi jumlah sampah yang masuk ke TPA. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Radityaningrum (2017) yang menunjukkan pengolahan sampah di bank sampah Surabaya memiliki potensi reduksi sebesar 96,5 %. Proses pemilahan sampah yang berasal dari sumbernya merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan

dalam melaksanakan proses pengelolaan sampah di bank sampah. Dalam pelaksanaan program bank sampah di Kota Yogyakarta, pengelola mengharuskan nasabah untuk melakukan proses pemilahan sampah di rumah masing-masing. Hal ini untuk memudahkan pengelola untuk mengelompokkan jenis sampah. Proses pemilahan yang berasal dari sumbernya juga membantu dalam efektivitas pengelolaan sampah di bank sampah. Menurut Juliandono (2013) beberapa kendala dalam pelaksanaan yang menjadi faktor kurang berhasilnya program bank sampah dalam kontribusi pengelolaan sampah antara lain ; (1) rendahnya peran nasabah dalam melakukan pemilahan sampah pada sumbernya, (2) kurangnya pengelola bank sampah untuk memanfaatkan nilai ekonomi sampah yang disetor sebagai bahan baku untuk wirausaha, (3) rendahnya daya saing harga bank sampah dengan tukang barang sampah, (4) kendala transportasi dalam pengelolaan sampah di bank sampah. Pemerintah Kota Yogyakarta terus mengupayakan agar banksampah dapat terus berkembang di wilayahnya. Target Pemerintah Kota Yogyakarta adalah sebagai berikut: (1) adanya bank sampah 1 RW 1 bank sampah di tahun 2017, (2) membentuk satu bank sampah skala kota, (3) membentuk 2 pilot project bank sampah di pasar tradisional (Gedongkuning dan Beringharjo), (4) terbentuknya bank sampah di tiap SKPD, (5) terbentuknya bank sampah di tiap sekolah, (6) terbentuknya bank sampah di tiap pondok pesantren serta (7) memperluas produk layanan bank sampah yang mencakup pengelolaan sampah organik (biodigester). Bank sampah di Kota Yogyakarta memiliki target dalam upaya melakukan pengelolaan sampah dengan 3R yaitu (1) mengolah sampah anorganik menjadi barang kerajinan, (2) hasil pemilahan sampah oleh nasabah maupun pengelola dapat tersalurkan ke pabrik daur ulang melalui pengepul, (3) hasil penjualan sampah ke pabrik dapat dimanfaatkan oleh nasabah dan kegiatan operasional bank sampah.

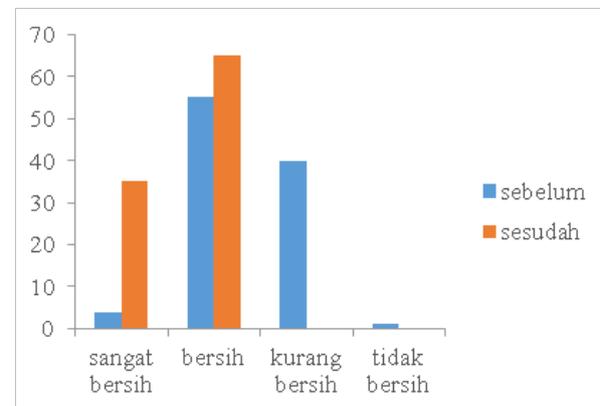
Dalam perkembangannya bank sampah di Kota Yogyakarta semakin disambut positif

oleh masyarakat, terbukti dengan peningkatan jumlah nasabah pada tiap bank sampah. Penerapan bank sampah di Kota Yogyakarta terbukti telah membantu pemerintah dalam upaya pengelolaan lingkungan hidup. Pihak Pemerintah melalui Badan Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta memberikan dukungan dan kontribusi yang besar untuk perkembangan bank sampah di Kota Yogyakarta.

Selain dukungan dari Pemerintah, peran dari pengelola bank sampah juga sangat berarti dalam upaya pengembangan bank sampah ke arah yang lebih baik. Hal itu diwujudkan dengan semakin banyaknya kegiatan yang terdapat dalam program bank sampah, diantaranya adanya kegiatan pelatihan daur ulang sampah anorganik khususnya plastik menjadi barang kerajinan, adanya sosialisasi edukasi tentang pengelolaan sampah yang diadakan secara rutin di lingkungan bank sampah. Kegiatan tersebut terbuka untuk masyarakat dengan tujuan meningkatkan kesadaran masyarakat dalam upaya pengelolaan lingkungan khususnya pengelolaan sampah rumah tangga. Keberadaan bank sampah di Kota Yogyakarta disambut baik oleh warga masyarakat Kota Yogyakarta. Kehadiran bank sampah telah membantu masyarakat dalam melakukan pengelolaan sampah. Dengan adanya bank sampah, masyarakat tidak harus membayar retribusi untuk melakukan pengelolaan sampah rumah tangga yang dihasilkan. Selain itu, pengelolaan sampah dengan bank sampah juga mempunyai dampak positif yang berupa meningkatnya ikatan tali persaudaraan sesama nasabah, menambah kerukunan antar warga, meningkatkan kebersihan rumah serta meningkatkan kenyamanan lingkungan.

Program bank sampah dilihat dari segi kebersihan lingkungan permukiman menunjukkan dampak yang positif. Hal ini terlihat dari jawaban responden antara sebelum dan sesudah adanya bank sampah bahwa dari 100 responden, sebelum adanya bank sampah, responden yang menyatakan lingkungan tempat tinggalnya tidak bersih 1 responden (1%), kurang bersih sebesar 40 responden (40%),

bersih 55 responden (55%), sangat bersih sebesar 4 responden (4%). Setelah adanya bank sampah mayoritas responden menyatakan bahwa lingkungannya menjadi bersih 65 responden (65%) dan sangat bersih 35 responden (35%).

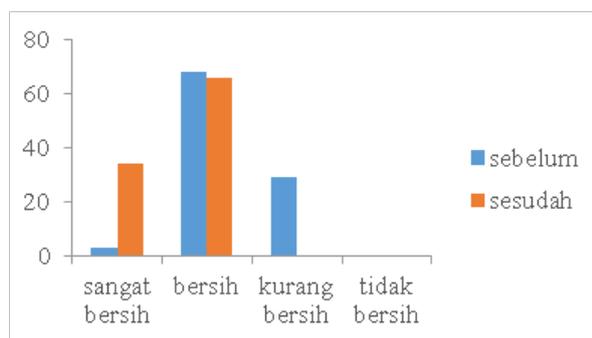


Gambar 2. Kondisi lingkungan antara sebelum dan sesudah adanya bank sampah

Pengelolaan sampah dengan program bank sampah merupakan salah satu alternatif untuk memecahkan masalah sampah dan ikut berpartisipasi melestarikan lingkungan sehingga akan memberikan kontribusi yang positif terhadap lingkungan. Hal ini sejalan dengan Muntazah (2015), dalam penelitian di bank sampah Mangrove Surabaya yang menjelaskan bahwa dengan program bank sampah telah memberikan program yang bermanfaat bagi masyarakat diantaranya menjadikan masyarakat untuk peduli terhadap lingkungan terutama dalam hal pengelolaan sampah. Setelah adanya bank sampah, masyarakat merasakan lingkungan yang lebih bersih dan nyaman. Hal ini karena sudah tidak terlihat tumpukan sampah lagi di sekitar tempat tinggal mereka. Sebelum ada bank sampah, sampah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga hanya di tumpuk dan dikumpulkan di tempat pembuangan sampah sementara dan menunggu untuk diambil petugas pengelola sampah. Keadaan ini sering menimbulkan bau yang kurang sedap di lingkungan tempat tinggal mereka. Selain itu, sebelum ada bank sampah, untuk memusnahkan sampah, sebagian warga masyarakat ada yang membakar sampah sehingga menimbulkan polusi udara.

Setelah adanya bank sampah, responden menyatakan kebersihan rumah mereka menjadi sangat bersih sebesar 34 % dan menjadi bersih sebesar 66 % . Hal ini menunjukkan bahwa setelah adanya bank sampah ada peningkatan kondisi kebersihan rumah di rumah responden.

Dampak program bank sampah terhadap kebersihan rumah antara sebelum dan sesudah adanya bank sampah di Kota Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



Sumber : Data Primer terolah, 2016

Gambar 3. Kebersihan rumah sebelum dan sesudah ada bank sampah

Pemerintah Kota Yogyakarta serius dalam mendukung program bank sampah, dukungan Pemerintah Kota Yogyakarta terhadap bank sampah, antara lain : Melakukan pendampingan melalui monitoring & evaluasi secara rutin, Peningkatan kapasitas fasilitas kalurahan dan peningkatan kapasitas pengurus bank sampah terutama terkait manajemen serta pelatihan daur ulang, memberikan bantuan pemasaran produk daur ulang sampah anorganik. Pemerintah

Kota Yogyakarta dalam melakukan pembinaan terhadap bank sampah di Kota Yogyakarta bekerja sama dengan PT. Unilever Indonesia dengan meluncurkan program *Green and Clean*. Program *Green and Clean* merupakan ajang penghargaan bagi insan-insan atau institusi/ organisasi yang selama ini mendedikasikan dirinya dalam misi penyelamatan lingkungan, terutama dalam pengelolaan sampah. Badan Lingkungan Hidup dan Unilever satu tahun sekali melakukan pengamatan dan penilaian atas bank sampah-bank sampah yang ada di Kota Yogyakarta. Bank sampah yang menang akan mendapatkan penghargaan dan uang pembinaan. Program *Green and Clean* memberikan manfaat dan support untuk pengembangan pengelolaan bank sampah yang ada di wilayah Kota Yogyakarta sebagai salah satu bentuk kepedulian dari Unilever dan Pihak Pemerintah Kota Yogyakarta.

Simpulan

Penerapan Program Bank Sampah di Kota Yogyakarta telah berjalan dengan baik melalui dukungan dari Badan Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. Program Bank sampah di Kota Yogyakarta mampu membantu dalam upaya pengelolaan lingkungan hidup, dengan potensi reduksi sampah sebesar 97 %. Bank sampah juga berperan dalam meningkatkan kebersihan rumah dan menjadikan lingkungan yang nyaman, bersih dan asri.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta (Online) <https://yogyakarta.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/70> diakses tanggal 31 Maret 2017
- Bello et al (2016). Solid Waste Management in Africa: A Review. *International Journal of Waste Resources*. Vol.6 Issue 2
- Damanhuri, E . dan Padmi, T. (2010). Pengelolaan sampah. Diktat Kuliah. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Ejaz, N. Janjua, M.S.(2012). "Solid Waste Management Issue in Small Towns of Developing World: A Case Study of Taxila City," *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 3, no. 2, April 2012.

- Juliandoni, Asdriyani. (2013). Pelaksanaan Bank Sampah dalam Sistem Pengelolaan Sampah di Kelurahan di Balikpapan Gunung Bahagia [Online]. Tersedia pada: ejournal.umm.ac.id. Diakses 11 Mei 2017.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Pedoman Pelaksanaan *Reduce, Reuse, Dan Recycle* Melalui Bank Sampah [Online]. Tersedia pada: <http://download.portalgaruda.org>. Diakses 10 Mei 2017.
- Levi P, A.A.(2012). Gerakan Keadilan Lingkungan studi kasus Bank Sampah Gemah Ripah Dusun Badegan Bantul (online) <http://eprints.uny.ac.id>. Diakses 10 Mei 2017
- Leton T, Omotosho O (2004) Landfill operations in the Niger delta region of Nigeria. *Eng Geol* 73: 171-177
- Meidiana, C and Gamse, T. (2011). "The new law: Challenging opportunity for FUTURE Landfill operation in Indonesia," *Waste Management Research Journal*. , SAGE Publishing, pp. 20-29, vol. 29, no.1, 2011.
- Morrissey, A. J, & Browne, J. (2004). Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste management Journal*, 24, 297–308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2003.09.005>
- Muntazah, Shofiyatul (n.d), Pengelolaan Bank Sampah Sebagai Upaya Pemberdayaan Masyarakat Di Bank Sampah Bintang Mangrove Kelurahan Gunung Anyar Tambak Kecamatan Gunung Anyar Surabaya (Online) (<http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-luar-sekolah/article/view> diakses tanggal 28 Desember 2016)
- Pratama, A.R., Ihsan, M.I., (2017) Studi Kasus : Bank Sampah Malang, *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol. 18, No1, Januari 2017, 112-119
- Purba, D.H., Meidiana, C., & Ardianto, W. (2014). Waste Management Scenario through Community Based Waste Bank: A Case Study of Kepanjen District, Malang Regency, Indonesia. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol. 5, No. 2, April 2014
- Radityaningrum, A.D., Caroline, J., & Restianti, D.K., (2017). Potensi *Reduce, Reuse dan Recycle* (3R) sampah pada Bank Sampah Bank Junk For Surabaya Clean (BJSC), *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3 (1): 1-11, 2017
- Shentika, P.A. (2016). Pengelolaan Bank Sampah di Kota Probolinggo (Online). *JESP-Vol. 8*, No 1 Maret 2016, ISSN (P) 2086-1575 E-ISSN 2502-7115, <http://journal.um.ac.id/index.php/jesp/article/view/5971/diakses> 25 Desember 2016)
- Suryani, A.S, 2014, Peran Bank Sampah dalam Pengelolaan Sampah, *Jurnal DPR RI* Volume 5 (1), 71-74 Peluang Penguatan Bank Sampah untuk Mengurangi Timbulan Sampah Perkotaan
- Suwerda, B.(2012). *Bank Sampah (Kajian Teori dan Penerapan)*, Yogyakarta: Pustaka Rihana, 2012.
- Ulfah, N.A., Normelani, E. dan Arisanty, D. (2016). Studi Efektifitas Bank sampah sebagai Salah Satu Pendekatan dalam pengelolaan sampah Tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) di Banjarmasin. *Jurnal Pendidikan Geografi (JPG)*, 3 (5), 22-37
- Undang-Undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah
- Unilever, 2013. *Buku panduan Sistem Bank Sampah dan 10 Kisah Sukses*. Jurnal Online. Tersedia di (www.unilever.co.id) di akses 09 Mei 2017

Suparti, Wardani Ana Safitri. (2020). Media Alternatif Campuran Daun Pisang Kering dan Kulit Jagung untuk Meningkatkan Produktivitas Jamur Merang (*Volvariella volvacea* (Bull) Singer.) dalam Keranjang. *Journal Bioeksperimen*. Vol. 6 (1) Pp. 69-73. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795

MEDIA ALTERNATIF CAMPURAN DAUN PISANG KERING DAN KULIT JAGUNG UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS JAMUR MERANG (*Volvariella volvacea* (Bull) Singer.) DALAM KERANJANG.

Suparti*, Wardani Ana Safitri

Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Muhammadiyah Surakarta

* Email corresponding : Sup168@ums.ac.id

Paper submit : 22 Oktober 2019, Publish : Maret 2020

Abstract – *The growth of mushroom requires nutrients such as cellulose, hemicellulose and lignin which can be obtained from rice straw. However, the availability of rice straw at certain times is difficult to obtain. Dried banana leaves and corn husk have the potential to be used as alternative growing media because they contain cellulose, hemicellulose and lignin for the growth of mushroom mushrooms. This research was conducted to determine the productivity of straw mushrooms on a mixture of dried banana leaf media and corn husk planted in a basket. The method used RAL (Completely Randomized Design) which consisted of one factor, namely a mixture of 500 gr, 375 gr, 250 gr, 125 gr, and 0 gr corn shells with 0 gr dried banana leaves, 125 gr, 250 gr, 375 gr and 500gr. Data were tested by one-way Anova analysis. The results showed that there was no effect of the mixture of dried banana leaves and corn husk on the productivity of straw mushrooms. Mushroom can grow on all treatments.*

Keywords : *Dried banana leaves, corn husk, basket, mushroom productivity*

Pendahuluan

Salah satu jamur pangan yang terkenal di Indonesia yaitu jamur merang. Jamur merang termasuk spesies jamur yang cukup dikenal oleh masyarakat pedesaan, terutama di wilayah Asia Tenggara. Hal ini karena jamur merang merupakan bahan pangan yang mudah dijumpai dan memiliki cita rasa enak sehingga disukai banyak orang. Untuk mengembangkan usaha budidaya jamur merang, tidak dibutuhkan modal yang besar tetapi tetap dibutuhkan ketelitian. Dengan demikian, usaha budidaya jamur merang dapat dilakukan pada skala rumah tangga dengan nilai ekonomi yang baik. Jenis-jenis jamur merang yang biasa dibudidayakan antara lain *Volvariella volvacea* (Bull) Singer dan *Volvariella displasia* (Sunarmi,2013).

Setiap jenis jamur memerlukan syarat tumbuh yang berbeda-beda Mayun (2007).

Jamur merang merupakan jamur yang tumbuh di daerah tropika dan membutuhkan suhu dan kelembaban yang cukup tinggi berkisar antara 30°C sampai dengan 38°C dalam krudung atau kubung. Kelembaban relatif yang diperlukan adalah berkisar antara 80% sampai dengan 85% serta kebutuhan pH media tumbuh berkisar antara pH 5,0 sampai dengan 8,0. Kebanyakan jenis jamur lebih toleran pada keadaan pH masam daripada pH basis.

Penambahan sekam padi dan daun pisang kering 15% memberikan pengaruh yang nyata terhadap lama penyebaran miselium jamur, jumlah badan buah dan berat segar jamur tiram putih Suparti (2015). Dengan hasil rata-rata penyebaran miselium 25.5 hari, jumlah badan buah 64,5 buah dan berat segar yang dihasilkan 402,5. Hasil tersebut lebih tinggi dari perlakuan yang lain. Daun pisang kering merupakan bagian dari pohon pisang yang tidak diperhatikan

keberadaannya, padahal daun pisang memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi. Menurut penelitian Suparti (2015), daun pisang memiliki kandungan selulosa 10,85%, lignin 18,21% dan hemiselulosa 19,95%.

Kulit jagung (klobot) mengandung serat yang tinggi berkisar antara 38-50% dan kadar karbohidrat berkisar antara 38-55% (Adnan, 2006). Penelitian Fachri, dkk (2013), menyatakan bahwa rata-rata kadar lignin kulit jagung adalah 22,12%. Kadar lignin kulit jagung ini lebih tinggi daripada kadar lignin dari tongkol jagung yaitu hanya 6,7-13,9%. Dan menurut penelitian Huda (2008), komposisi kimia kulit jagung yaitu selulosa 42,31%, dan lignin 12,58%. Dengan kadar tersebut maka kulit jagung dapat dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan jamur dalam budidaya jamur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas jamur merang pada media campuran daun pisang kering dan kulit jagung yang ditanam dalam keranjang.

Metode

Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif. Subjek penelitian jamur merang, daun pisang kering, dan kulit jagung. Objek penelitian produktivitas jamur merang. Teknik pengumpulan data terdiri dari metode eksperimen dan metode observasi. Data dianalisis dengan menggunakan uji analisis anova satu jalur.

Hasil dan Pembahasan

Produktivitas jamur merang pada media campuran daun pisang kering dan kulit jagung (klobot) yang ditanam dalam keranjang dengan empat parameter penelitian yaitu lama penyebaran miselium pada substrat, saat pertama muncul badan buah, rerata diameter tudung buah, dan rerata bobot segar badan buah yaitu :

Tabel 1. Rerata produktivitas Jamur Merang pada media campuran daun pisang kering dan kulit jagung (klobot)

Perlakuan	Lama Penyebaran Miselium Pada Substrat HSI (hari)	Saat Muncul Badan Buah (<i>Pin Head</i>) Pertama (hari ke-)	Rerata Diameter Tudung Buah (cm)	Rerata Bobot Segar Badan Buah (gr)
P1	4	11	2,75	32,5
P2	4	11	3,36	40
P3	3	10	3	25,5
P4	3	10	3,1	62
P5	3	11	2,7	18

Keterangan:
HSI : Hasil Setelah Inokulasi

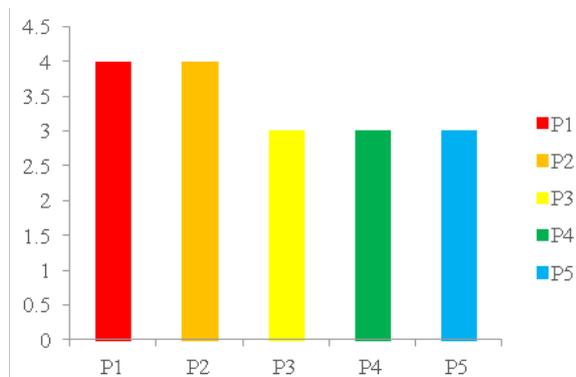
1. Lama Penyebaran Miselium

Lama penyebaran miselium diamati mulai dari hari pertama inokulasi sampai miselium memenuhi media campuran daun pisang kering dan kulit jagung (klobot). Adanya pertumbuhan miselium menandakan bahwa inokulasi berhasil. Jika tidak ada pertumbuhan miselium maka inokulasi gagal. Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa penyebaran miselium tercepat adalah pada perlakuan P3 (kulit jagung 50% dan daun pisang kering 50%), P4 (kulit jagung

25% dan daun pisang kering 75%), dan P5 (kulit jagung 0% dan daun pisang kering 100%) yaitu 3 hari setelah inokulasi.

Miselium dan badan buah dapat berkembang pada bahan yang mengandung lignoselulosa. Bahan yang mempunyai nilai C/N tinggi adalah kayu gergajian, ampas tebu, tongkol jagung, batang jagung, kulit jagung, jerami, sekam, alang-alang, kertas, kulit kacang-kacangan (Sumarsih, 2015). Semakin cepat

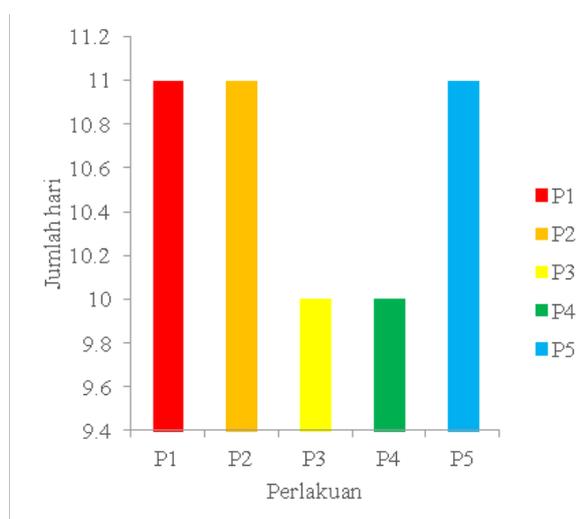
penyebaran miselium maka semakin cepat pula munculnya badan buah (*pin head*) (Sumiati, 2005).



Gambar 1. Rerata lama penyebaran miselium

2. Munculnya Badan Buah

Pertama kali muncul badan buah (*pin head*) diamati dari hari pertama inokulasi sampai munculnya badan buah pertama (*pin head*) pada media. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa badan buah paling cepat muncul pada perlakuan P3 (kulit jagung 50% : daun pisang kering 50%) dan P4 (kulit jagung 25% : daun pisang kering 75%) yaitu 10 hari setelah inokulasi. Sedangkan pada perlakuan P1 (kulit jagung 100% : daun pisang kering 0%), P2 (kulit jagung 75%: daun pisang kering 25%) dan P5 (kulit jagung 0%: daun pisang kering 100%) pertama kali muncul badan buah pada 11 hari setelah inokulasi yaitu selang 1 hari dari perlakuan P3 dan P4.

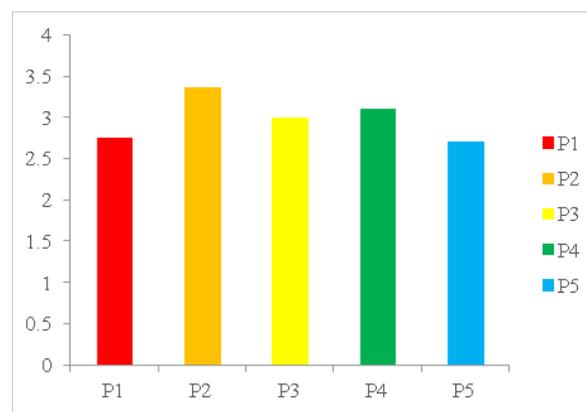


Gambar 2. Rerata waktu muncul badan buah (*pin head*) pertama

Hal tersebut dapat terjadi karena berdasarkan hasil penelitian Mayun (2007) menyatakan bahwa perlakuan media tumbuh daun pisang adalah media tumbuh yang terbaik bagi pertumbuhan dan hasil jamur merang. Daun pisang dapat menghasilkan suhu yang hangat sehingga baik untuk pertumbuhan badan buah.

3. Rerata Diameter Tudung Buah

Hasil terbaik dari rata-rata diameter tudung buah jamur merang yang ditanam pada media campuran daun pisang kering dan kulit jagung (klobot) yaitu pada perlakuan P2 (kulit jagung 75% : daun pisang kering 25%) dengan rata-rata 3,36 cm. Sedangkan rata-rata diameter tudung buah terendah pada perlakuan P5 (kulit jagung 0% : daun pisang kering 100%) dengan rata-rata diameter tudung buah 2,7 cm (Gambar 3).



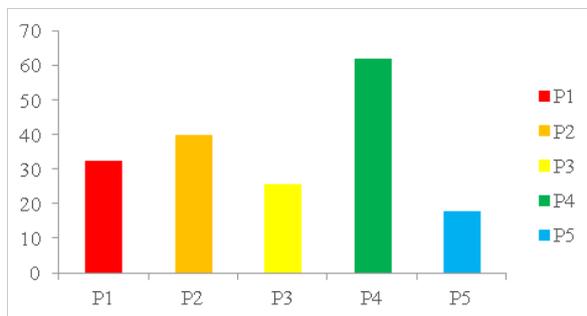
Gambar 3. Rerata diameter tudung buah

Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan persebaran jamur merang dalam keranjang dan jumlah badan buah yang tumbuh. Jika jamur merang tumbuh menumpuk atau tidak tersebar, maka terjadi kompetisi dalam mengambil nutrisi dalam media sehingga pertumbuhannya tidak optimal. Selain itu faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban juga dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur merang.

4. Rerata Bobot Segar Badan Buah

Rata-rata bobot segar tudung buah pada media campuran daun pisang kering dan kulit jagung terbaik adalah pada perlakuan P4 (Kulit jagung 25% : Daun pisang kering 75%) dengan

rata-rata bobot segar 62 gram sekali panen (Gambar 4). Bobot segar tudung buah rata-rata terendah adalah pada media campuran daun pisang kering dan kulit jagung pada perlakuan P5 (kulit jagung 0% : daun pisang kering 100%) yaitu 18 gram sekali panen. Sebagai perbandingan, jumlah badan buah yang tumbuh dalam keranjang dan rata-rata diameter tudung buah yaitu pada perlakuan P4 terdapat 8 badan buah yang tumbuh dengan rata-rata diameter tudung buah 3,1 cm. Sedangkan pada perlakuan P5, hanya terdapat 5 badan buah yang tumbuh dengan rata-rata diameter tudung buah 2,7 cm.



Gambar 4. Rerata bobot segar badan buah (g) pada media campuran daun pisang kering dan kulit jagung

Perbedaan ini disebabkan karena daun pisang kering mengandung hemiselulosa dan lignin yang tinggi yang berguna sebagai nutrisi bahan tambahan yang dapat membantu pertumbuhan berat tubuh buah jamur merang (Kinasih, 2015). Enceng gondok dan leri sangat berpengaruh dalam pertumbuhan berat tubuh buah jamur merang karena kedua bahan mengandung selulosa dan sama-sama menambah unsur hara. Sedangkan air leri terdapat kandungan zat yang mendukung dalam produktivitas berat tubuh buah jamur merang, yaitu fosfor, nitrogen, kalsium, vitamin B1, carbon, dan sulfur. Unsur hara fosfor diperlukan oleh jamur untuk membentuk bagian-bagian vegetative seperti tudung, tubuh jamur, dan akar (Warisno, 2010). Selulosa sangat penting dalam pertumbuhan jamur, tetapi adanya unsur hara juga dapat mempengaruhi produktivitas jamur.

Simpulan

Tidak ada pengaruh campuran daun pisang kering dan kulit jagung pada produktivitas jamur merang.

Daftar Pustaka

- Adiyuwono, N.S. 2002. *Pengomposan Media Champignon* : Trubus.
- Agriflo. 2012. *Jamur : Info Lengkap dan Kiat Sukses Agribisnis*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Cahyono, Bambang. 2009. *Pisang Usaha Tani dan Penanganan Pasca Panen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Chazali, Syammahfuz; dan Pertiwi, Putri Sekar. 2009. *Usaha Jmaur Tiram Skala Rumah Tangga*. Yogyakarta: Penebar Swadaya.
- Djarajah, N. M dan A. S. Djarajah. 2001. *Budidaya Jamur Tiram*.Yogyakarta: Kanisius.
- Ginting, Alan Randall; Herlina, Ninuk; dan Tyasmoro, Setyono Yudo. 2013. "Studi Pertumbuhan dan Produksi Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) pada Media Tumbuh Gergaji kayu Sengon dan Bagas Tebu". *Jurnal Produksi Tanaman*. Vol 1(2).
- Gunawan, A. W. 2008. *Usaha Pembibitan Jamur*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Ly, Gao – Jin; Wu, Shu-bin; and Lou, Rui. 2010. " Kinetic Study Of The Thermal Decomposition Of Hemiselulose Isolated From Cron Stalk". *Bioresourcess.com*. Vol 5(2).
- Manyun, Ida Ayu. 2007. "Pertumbuhan Jamur Merang (*Volvariella volvaceae*) pada Berbagai Media Tumbuh". *Agritop*. Vol 26(3).
- Novrial; Wahyono; dan Kurniawan, Riski Rahmat. 2016. "Pemanfaatan Serbuk Gergaji Menjadi Produk Kerajinan Di Wan Perabot, Tarantang Kecamatan Harau, 50 Kota". *Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*. Vol 1 (2).

- Oktarina; Umarie, Iskandar; dan Shiddieqy, Luthfi Ash. 2011. "Penggunaan Beberapa Macam Limbah Tumbuhan Sebagai Media Tumbuh Jamur Merang (*Volvariella volvaceae*)". *Agritech*. Vol XIII(1).
- Rahmat, Suryani; dan Nurhidayat. 2011. *Untung Besar Dari Bisnis Jamur Tiram*. Jakarta: Agro Media Pusaka.
- Riduwan, M., Hariyono, D., Nawawi, M. 2013. Pertumbuhan dan Hasil Jamur Merang (*Volvariella volvacea*) pada Berbagai Sistem Penebaran Bibit dan Ketebalan Media. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1) : 70-79.
- Rukmana, Rahmat. 1998. *Usaha Tani Jagung*. Yogyakarta: Kanisius.
- Stevanie, S. 2011. Pengaruh Penambahan Molase Dalam Berbagai Media pada Jamur Tiram Putih. *Skripsi Fakultas Pertanian*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Suharjo, Enjo. 2015. *Budidaya Jamur Tiram Media Kardus*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.
- Sumarsih, Sri. 2010. *Untung Besar Usaha Bibit Jamur Tiram*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Sumiati, E, dan Diny Djuariah. 2007. *Teknologi Budidaya dan Penanganan Pasca Panen Jamur Merang (Volvariella volvaceae)*. Bandung : Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Suparti; dan Marfuah, Lismiyati. 2015. "Produktivitas Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) pada Media Limbah Sekam Padi dan Daun Pisang Kering Sebagai Media Alternatif". *Bioeksperimen*. Vol 1 (2).
- Suyanti; dan Supriyadi, Ahmad. 2008. *Pisang, Budidaya, Pengolahan dan Prosspek dasar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 2010. *Taksonomi Tumbuhan*. Yogyakarta : UGM Press.
- Warisno, S,PKP, dan Kres Dahana, SP. 2010. *Menabur Tiram Menuai Rupiah*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Wina, Elizabeth. 2001. "Tanaman Pisang Sebagai Pakan Ternak Ruminansia". *Wartazoa*. Vol 11(1).
- Yuliawati, Tetty. 2016. *Pasti Untung dari Budidaya Jamur*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- <http://lipi.go.id/berita/lipi-galakkan-budidaya-jamur-pangan-di-indonesia/19346>