

EDITORIAL

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur, kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmatnya sehingga jurnal BIOEKSPERIMEN Volume 5 No. 1 Maret 2019 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 8 artikel baik eksternal maupun internal 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



Editorial	i
Daftar Isi	ii
Uji Resistensi Isolat Khamir yang Diisolasi dari Limbah Industri di Rungkut, Surabaya, Indonesia	
Salomo Christian, Wahyu Irawati.....	1-10
Tingkat Ploidi Paku Sayur (<i>Diplazium Esculentum</i>) pada Ketinggian yang Berbeda di Gunung Merbabu, Boyolali, Jawa Tengah, Indonesia	
Anggun Wulandari, Rina Dian Rahmawati	11-15
Analisis Pertumbuhan Ikan Nila yang Dibudidaya pada Air Musta'mal	
Oktapiandi, Joko Sutrisno, Sunarto.....	16-20
Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Jawa Tengah	
Setyo Prabowo, Pranoto, Sri Budiastuti	21-33
Aktivitas Antibakteri Biji Jeruk Manis (<i>Citrus sinensis</i>) Terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i>	
Mohammad Arfi Setiawan, Mita Dewi Retnoningrum	34-38
Analisis Tingkat Kemiripan Orthoptera Menggunakan Indeks Sorensen dan Dendogram di Hutan Bromo Karanganyar Jawa Tengah, Indonesia	
Dwi Setyo Astuti, Ruslan	39-47
Potensi Ekstrak Sirsak (<i>Annona muricata</i>) sebagai Larvasida Pengendali Populasi <i>Aedes albopictus</i>	
Dyah Ayu Widyastuti, Praptining Rahayu; Lussana Rossita Dewi	48-54
Potensi Anti Bakteri Mucus Ikan-Ikan Native di Perairan Danau Limboto, Gorontalo, Indonesia	
Syam S. Kumaji, Zuliyanto Zakaria.....	55-60

Salomo Christian, Wahyu Irawati. (2019). Uji Resistensi Isolat Khamir yang Diisolasi dari Limbah Industri di Rungkut, Surabaya, Indonesia. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 1-10. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

UJI RESISTENSI ISOLAT KHAMIR YANG DIISOLASI DARI LIMBAH INDUSTRI DI RUNGKUT, SURABAYA, INDONESIA

Salomo Christian¹⁾; Wahyu Irawati²⁾*

¹Fakultas Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Biologi,

²Fakultas sains dan Matematika, Program Studi Biologi,

Universitas Pelita Harapan

Jalan M.H. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Karawaci, Tangerang 15811, Indonesia

*Email : w.irawati3@gmail.com

Abstrak

Pencemaran tembaga di daerah Rungkut-Surabaya telah melebihi ambang batas sehingga dapat mengancam kehidupan organisme di laut. Tembaga tidak dapat didegradasi dan beracun pada konsentrasi tinggi sehingga diperlukan pengolahan limbah yang dapat menurunkan konsentrasi tembaga di lingkungan. Khamir resisten tembaga dapat diisolasi dari daerah tercemar dan dapat dijadikan sebagai agen bioremediasi untuk mengatasi pencemaran tembaga. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan isolasi dan uji resistensi khamir resisten tembaga dari limbah industri. Sampel diambil dari lumpur aktif pusat pengolahan limbah PT. SIER Surabaya. Isolasi dilakukan dengan pengenceran sampel limbah kemudian diinokulasikan dengan metode sebar ke dalam medium Yeast Extract Peptone Dextrose Agar yang diperkaya dengan CuSO_4 . Uji resistensi dilakukan dengan menginokulasikan isolat murni dengan metode gores ke dalam medium Agar yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 untuk menentukan nilai Minimum Inhibitory Concentration (MIC). Hasil isolasi diperoleh delapan isolat khamir dengan kode ES6.1, ES8.1, ES9.2, ES9.3, ES9.4, ES9.5, ES10.2, dan ES10.4. Nilai MIC isolat khamir tersebut berkisar antara 16-20 Mm CuSO_4 . Isolat yang paling resisten adalah isolat dengan kode ES9.3 dengan nilai MIC= 20 mM CuSO_4 , sehingga isolate ini dipilih sebagai isolate yang paling resisten terhadap polutan di Wilayah Rungkut, Surabaya, Indonesia.

Kata kunci: Isolasi, karakterisasi, khamir, resistensi, tembaga, isolate ES9.3

Abstract

Copper pollution in Rungkut-Surabaya area has exceeded the threshold so that it can be threaten the life of organisms in the sea. Copper cannot be degraded and its very toxic at high concentrations. So that, we need to treat the water waste to reduce copper concentrations. Copper yeast can be isolated from polluted areas and can be used as a bioremediation agent to overcome copper pollution. This study aims to conduct copper isolation and yeast resistance testing from industrial waste. Samples taken from the activated sludge of PT. SIER Surabaya. Isolation was carried out by dilution of the waste sample and then inoculated with the scatter method into Yeast Extract medium Peptone Dextrose Agar enriched with CuSO_4 . The resistance test was carried out by inoculating the pure isolate with the scratch method into Agar medium containing various concentrations of CuSO_4 to determine the value of Minimum Inhibitory Concentration (MIC). The isolation results obtained eight yeast isolates with the code ES6.1, ES8.1, ES9.2, ES9.3, ES9.4, ES9.5, ES10.2, and ES10.4. The MIC value of yeast isolates ranged from 16-20 Mm CuSO_4 . The most resistant isolates were isolates with code ES9.3 with MIC = 20 mM CuSO_4 , so that this isolate was chosen as the most resistant isolate to pollutants in the Rungkut Region, Surabaya, Indonesia.

Keywords: Isolation, characterization, yeast, resistance, copper, isolate ES9.3

Pendahuluan

Logam berat merupakan polutan yang tidak dapat didegradasi dan cenderung terakumulasi di dalam tubuh organisme. Logam berat dapat menjadi polutan karena merupakan senyawa sisa yang dihasilkan dari industri (Koby, Demirbas, Senturk, & Ince, 2005). Tembaga adalah logam

berat yang banyak digunakan di dalam industri terutama industri elektronik dan bersifat toksik bagi organisme (Davis, Volesky, & Vieira, 2000). Tembaga merupakan salah satu logam berat esensial dan diperlukan oleh manusia dalam konsentrasi yang sangat kecil, yaitu tidak lebih dari 0,05 mg/kg berat badan yaitu untuk membentuk hemoglobin dan kolagen, tetapi akan menjadi racun jika konsentrasi

tembaga tersebut melebihi tingkat kebutuhan harian. Akumulasi tembaga di dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit seperti gagal ginjal, kanker, kerusakan liver, kerusakan otak, gangguan saraf, bahkan kematian (Hocheng, Chakankar, & Jadhav, 2018).

Pencemaran tembaga di pantai timur Surabaya merupakan salah satu kasus pencemaran logam berat yang terjadi di Indonesia yang belum dapat ditanggulangi. Pencemaran ini dapat terjadi karena adanya pembuangan limbah cair ke sungai oleh industri yang berada di sekitar pantai timur Surabaya. Akibat yang ditimbulkan dari pencemaran tembaga adalah akumulasi tembaga oleh hewan yang hidup di sungai dan laut di sekitarnya seperti ikan, kerang, dan udang. Hewan-hewan yang mengakumulasi logam berat bila dikonsumsi oleh manusia dalam jangka panjang dapat menimbulkan kerusakan pada beberapa organ tubuh (Irawati, Parhusip, Christian, & Yuwono, 2017).

Data pencemaran logam berat menunjukkan bahwa kadar Cu pada ikan dan kerang dari pantai sekitar muara yang berasal dari Rungkut, yaitu pantai di kelurahan Sukolilo mengandung 2.290,20 ppb dan 5.920,20 ppb. Pencemaran di Rungkut telah melebihi ambang batas yang ditentukan oleh World Health Organization (WHO) yaitu 1.200 ppb sehingga dapat membahayakan kesehatan penduduk yang tinggal di desa tersebut.

Masalah kontaminasi tembaga di lingkungan telah dilakukan di beberapa daerah industri tetapi untuk mendegradasi dan menghilangkan logam berat tidak semudah mendegradasi limbah organik karena limbah logam berat bersifat nonbiodegradable. Degradasi dan reduksi logam berat dari lingkungan untuk skala kecil dapat dilakukan dengan cara fisik dan kimia melalui pertukaran ion (ion exchange), presipitasi, koagulasi, inverse osmosis, dan adsorpsi. Metode-metode tersebut cukup efisien dalam mengurangi kontaminasi logam berat tetapi akan sangat merugikan bila digunakan untuk mengolah limbah industri yang sangat banyak sehingga akan menimbulkan masalah baru, yaitu biaya pengolahan limbah yang relatif mahal, membutuhkan energi dan bahan kimia cukup banyak (Jianlong, 2002).

Pendekatan secara bioteknologi dengan menggunakan khamir merupakan alternatif yang

dapat dilakukan untuk masa yang akan datang dan merupakan langkah yang cukup berpotensi dalam meremediasi limbah cair yang mengandung logam berat. Mikroorganisme dapat mengurangi konsentrasi logam berat di lingkungannya melalui proses adsorpsi, produksi senyawa ekstraseluler, maupun sintesis enzimatis. Berbagai mikroorganisme memiliki toleransi terhadap logam pada konsentrasi yang lebih tinggi setelah ditumbuhkan pada medium yang mengandung logam berat (Irawati, Riak, Sopiah, & Sulistia, 2017).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis khamir seperti *Saccharomyces pombe* strain 972, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Candida tropicalis* dapat mengabsorpsi tembaga di dalam medium masing-masing sebesar 70%, 86%, dan 82% (Stephen, 1992; Rahman, 2007). Mekanisme detoksifikasi tembaga pada khamir pada umumnya adalah dengan cara pengikatan ion tembaga pada membran, penyerapan ke dalam sel, dan dilanjutkan dengan pengikatan ion tembaga oleh protein metallothionein (MT) (Ashish, Neeti, & Himanshu, 2013). Eksplorasi khamir resisten tembaga yang dapat mengakumulasi tembaga perlu dilakukan untuk mendukung program bioremediasi limbah tembaga di Indonesia demi terciptanya lingkungan yang terbebas dari kontaminasi logam berat.

Tingkat kontaminasi limbah tembaga di banyak daerah industri di Indonesia telah melebihi ambang batas dan perlu ditanggulangi untuk menghentikan pencemaran limbah tembaga ke lingkungan. Khamir resisten tembaga merupakan mikroorganisme yang sangat berpotensi dalam mengakumulasi tembaga dari limbah dalam proses bioremediasi tetapi penelitian mengenai isolasi dan karakterisasi khamir resisten tembaga belum banyak dilakukan di Indonesia (Qayyum, Khan, Maqbool, Zhao, & Peng, 2016) (Jianlong, 2002). Eksplorasi khamir resisten tembaga dari daerah industri Rungkut-Surabaya sangat penting untuk dilakukan sebagai langkah awal dalam rangka mendapatkan solusi dalam meremediasi lingkungan yang telah tercemar logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan menguji resistensi khamir resisten tembaga dari limbah industri Rungkut Surabaya.

Material dan Metode

1. Medium Pertumbuhan

Medium yang digunakan di dalam penelitian ini adalah medium pertumbuhan YEPD (Yeast Extract Peptone Dextrose) agar komposisi 1% yeast extract, 2% peptone, 2% dextrose, dan tambahan 1,5% bacto agar yang diperkaya dengan CuSO_4 . Pembuatan medium dilakukan dengan cara menimbang 1 gram yeast extract, 2 gram peptone, dan 2 gram dextrose kemudian dilarutkan di dalam 100 ml akuades di dalam labu erlenmeyer berkapasitas 250 ml. Medium yang sudah tercampur dengan akuades kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu pemanasan 121°C selama kurang lebih 2 jam. Penambahan CuSO_4 pada konsentrasi tertentu diberikan secara aseptis pada medium yang telah disterilkan.

2. Isolasi Khamir Resisten Tembaga

Isolasi khamir dilakukan dengan cara mengambil sampel limbah industri dari Rungkut-Surabaya berupa lumpur aktif (active sludge) yang mengandung logam berat tembaga ke laboratorium menggunakan toples kaca yang ditutup dengan aluminium foil kemudian dilakukan pengenceran hingga tingkat pengenceran 10^{-5} . Hasil pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} kemudian disebar (spread) pada medium pertumbuhan 50% YEPD agar pada cawan petri dan diinkubasi pada 37°C selama 24 jam. Masing-masing koloni berbeda yang tumbuh di permukaan agar diseleksi dan dimurnikan ke dalam medium YEPD baru yang sudah mengandung CuSO_4 sebesar 5mM dengan metode gores (streak) dengan empat kuadran sampai mendapatkan koloni tunggal. Khamir yang telah dimurnikan selanjutnya diinokulasikan di dalam YEPD agar miring dan disimpan di dalam lemari es untuk disimpan maksimal 2 minggu dan dibuat kultur gliserol untuk diawetkan (Irawati, et al., 2012).

2. Karakterisasi Isolat Khamir Resisten Tembaga

Karakterisasi morfologi koloni khamir resisten tembaga dilakukan dengan pengamatan ciri-ciri morfologi koloni diantaranya: ukuran, bentuk, tepian, karakteristik optik, warna, permukaan, dan elevasi.

Karakterisasi morfologi sel khamir resisten tembaga dilakukan dengan pewarnaan sederhana menggunakan methylene blue kemudian diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran objektif 40x dan 100x. Pewarnaan sederhana juga dilakukan untuk membedakan sel yang hidup (viable) dan yang mati. Karakteristik khamir dapat dilihat apabila terbentuk budding pada sel khamir (Fankhauser, 2005).

4. Uji Resistensi Isolat Khamir terhadap Tembaga

Uji resistensi dilakukan dengan menentukan nilai minimum inhibitory Concentration (MIC) isolat terhadap tembaga. Isolat khamir diinokulasikan dengan metode cawan gores pada medium pertumbuhan YEPD agar yang mengandung CuSO_4 dengan konsentrasi bertahap mulai dari 5 mM dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 7 hari. Isolat yang tumbuh diinokulasikan kembali pada konsentrasi CuSO_4 6 mM sampai 20 mM atau hingga diperoleh batas minimum konsentrasi yang mulai menghambat pertumbuhan bakteri (MIC) (Brady, 1992; Kunito et al., 1997a).

Hasil dan Pembahasan

1. Isolasi dan Karakterisasi Khamir Resisten Tembaga

Hasil Isolasi khamir resisten tembaga dari pusat pengolahan limbah di Rungkut-Surabaya diperoleh delapan isolat khamir dengan kode ES6.1, ES8.1, ES9.2, ES9.3, ES9.4, ES9.5, ES10.2, dan ES10.4 (Gambar 1).

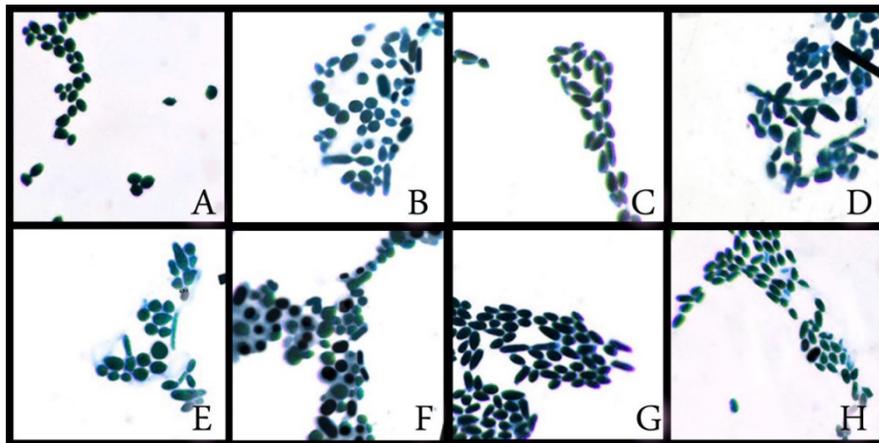
Setiap isolat yang telah diwarnai dengan methylen blue diamati di mikroskop pada perbesaran 100x memiliki bentuk yang tidak jauh berbeda antara satu dengan yang lainnya, yaitu berbentuk oval (Gambar 1). Isolat tersebut sebelumnya telah dilakukan pewarnaan gram tetapi tidak dapat ditentukan gramnya karena berdasarkan hasil yang didapat, sel yang terwarnai berwarna biru gelap dan beberapa diantaranya cenderung berwarna kehitaman, hal ini terjadi karena isolat tersebut bukan merupakan bakteri tetapi khamir sehingga tidak sesuai untuk dilakukan pewarnaan menggunakan pewarnaan gram. Ketidaksesuaian ini terkait dengan ketidakberadaan peptidoglikan

pada dinding sel khamir, karena dinding sel khamir tersusun atas senyawa kitin (Wan, et al., 2008).

Pada beberapa bidang pandang pada pengamatan dengan mikroskop, beberapa sel sedang membentuk budding. Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolat yang didapat bukan merupakan bakteri melainkan yeast (khamir). Hasil ini sesuai dengan

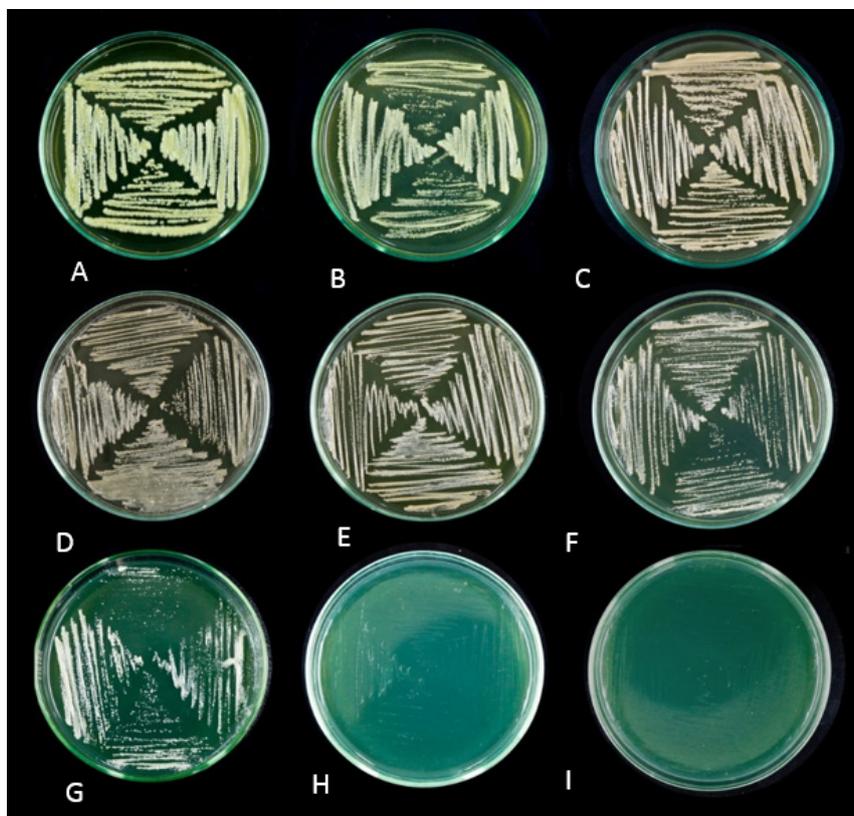
pendapat (Herskowitz, 1988) yang mengemukakan bahwa khamir dapat membentuk budding dalam rangka bereproduksi (Gambar 1).

Uji Resistensi Isolat Khamir Resisten Tembaga Hasil pengujian resistensi masing-masing isolat lainnya Gambar 2 – 9).



Gambar 1. Morfologi sel isolat khamir resisten tembaga dengan pewarnaan methylen blue pada mikroskop dengan perbesaran objektif 100x

Keterangan: A. ES6.1; B. ES8.1; C. ES9.2; D. ES9.3; E. ES9.4; F.ES9.5; G.ES10.2; dan H. ES10.4



Gambar 2. Hasil uji resistensi isolat khamir ES6.1 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11mM, 13 mM, 15 mM, 16mM, 17 mM, 18 mM.

Isolat ES6.1 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 17 mM CuSO_4

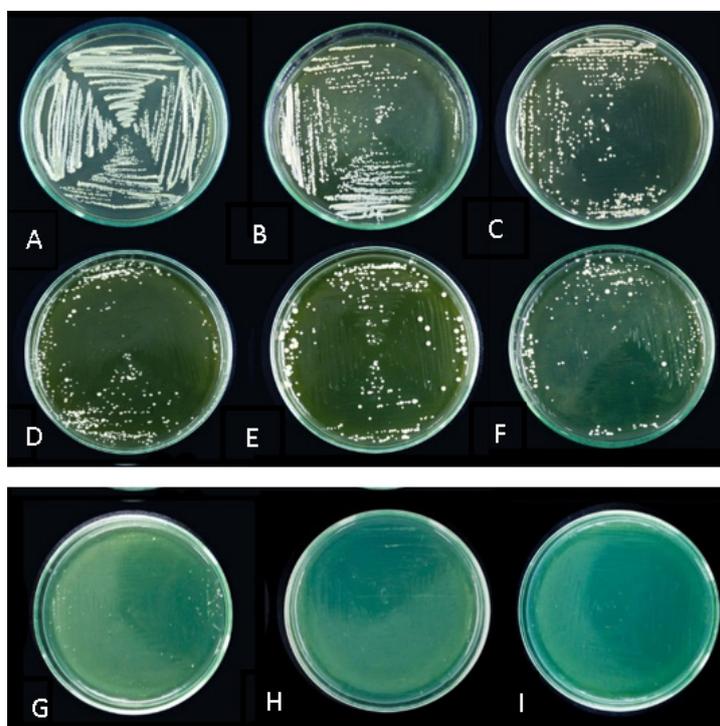
(Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES6.1 memiliki nilai MIC sebesar 17 mM CuSO_4 .

Isolat ES8.1 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 18 mM CuSO_4

(Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES8.1 memiliki nilai MIC sebesar 18 mM CuSO_4 .



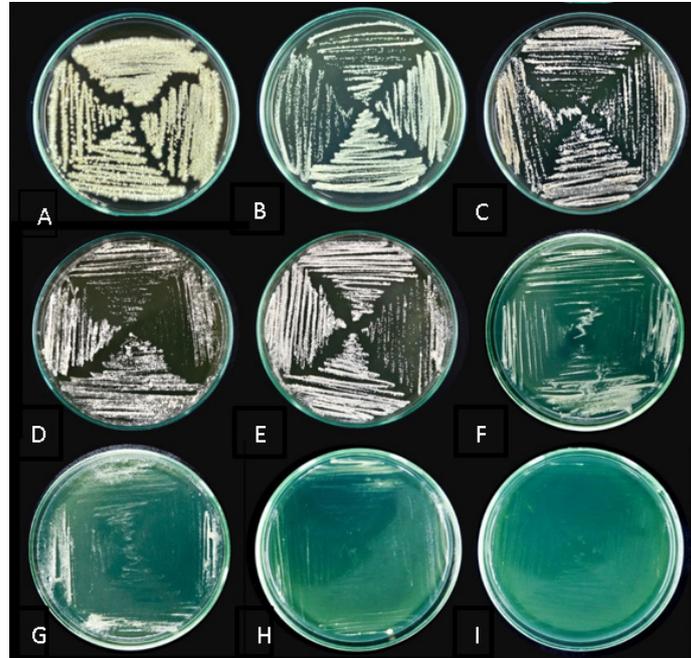
Gambar 3. Hasil uji resistensi isolat khamir ES8.1 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11 mM, 13 mM, 15 mM, 17 mM, 18 mM, 19 mM



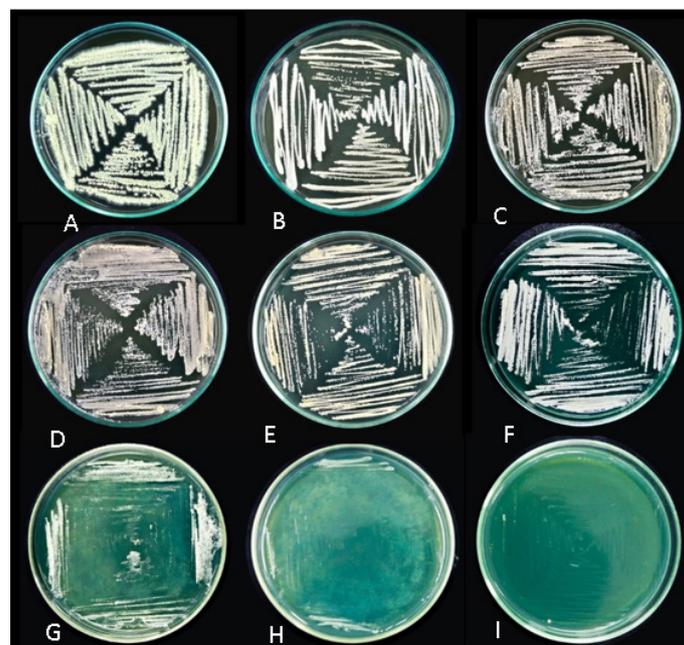
Gambar 4. Hasil uji resistensi isolat khamir ES9.2 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11 mM, 13 mM, 14 mM, 15 mM, 16 mM, 17 mM

Isolat ES9.2 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 16 mM CuSO_4 (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES9.2 memiliki nilai MIC sebesar 16 mM CuSO_4 .

Isolat ES9.3 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 20 mM CuSO_4 (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES9.3 memiliki nilai MIC sebesar 20 mM CuSO_4 .



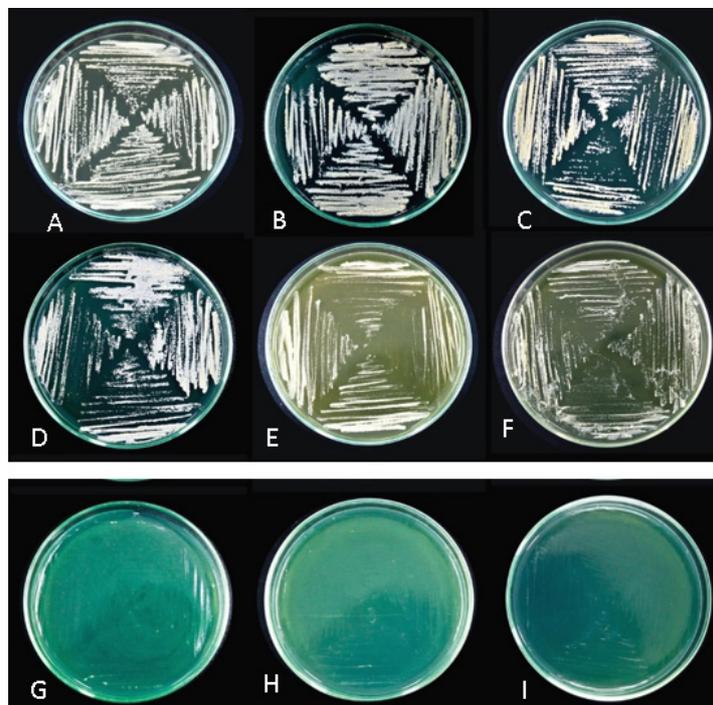
Gambar 5. Hasil uji resistensi isolat khamir ES9.3 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11 mM, 13 mM, 15 mM, 17 mM, 19 mM, 20 mM



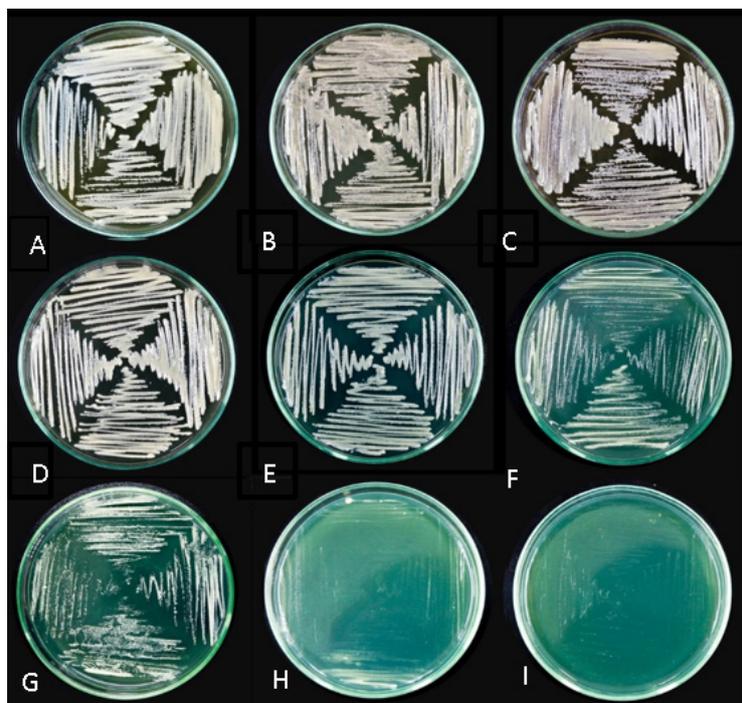
Gambar 6. Hasil uji resistensi isolat khamir ES9.4 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11 mM, 13 mM, 15 mM, 17 mM, 18 mM, 19 mM

Isolat ES9.4 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 19 mM CuSO_4 (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES9.4 memiliki nilai MIC sebesar 19 mM CuSO_4 .

Isolat ES9.5 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 18 mM CuSO_4 (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES9.5 memiliki nilai MIC sebesar 18 mM CuSO_4 .

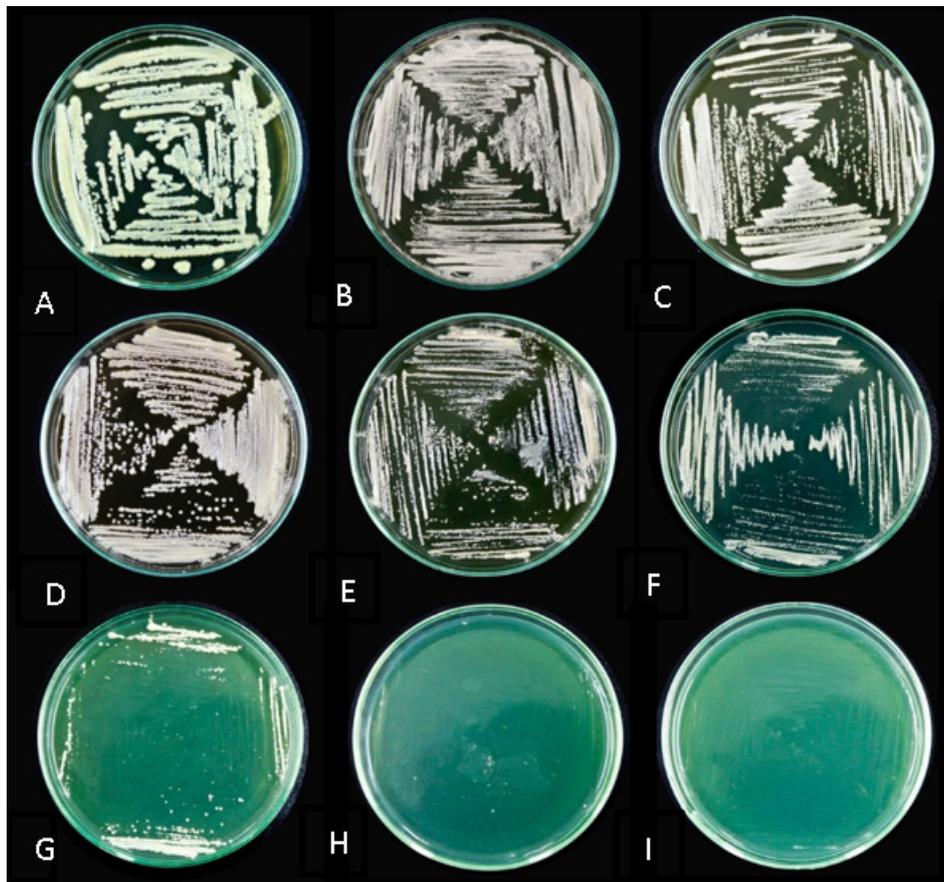


Gambar 7. Hasil uji resistensi isolat khamir ES9.5 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11 mM, 13 mM, 15 mM, 16 mM, 18 mM, 19 mM



Gambar 8. Hasil uji resistensi isolat khamir ES10.2 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11 mM, 13 mM, 15 mM, 17 mM, 19 mM, 20 mM.

Isolat ES10.2 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 20 mM CuSO_4 (Gambar 8). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES10.2 memiliki nilai MIC sebesar 20 mM CuSO_4 .



Gambar 9. Hasil uji resistensi isolat khamir ES10.4 pada medium yang mengandung berbagai konsentrasi CuSO_4 . Berturut-turut dari A-I adalah: 5 mM, 7 mM, 9 mM, 11 mM, 13 mM, 15 mM, 17 mM, 18 mM, 19 mM.

Isolat ES10.4 tidak mengalami pertumbuhan pada medium yang mengandung 18 mM CuSO_4 (Gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa isolat ES10.4 memiliki nilai MIC sebesar 18 mM CuSO_4 .

Setiap isolat memiliki resistensi dengan angka yang tidak jauh berbeda antara isolat satu dengan yang lainnya terhadap tembaga (Gambar 2-9). Isolat-isolat khamir resisten logam berat memiliki kemampuan resistensi terhadap logam berat tembaga yang lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri resisten logam berat yang hanya dapat hidup sampai pada konsentrasi 7 mM (Irawati, Patricia, Soraya, & Baskoro, 2012). Hasil ini menunjukkan bahwa setiap isolat yang didapat memiliki potensi hidup di dalam limbah tercemar logam berat yang lebih baik dibandingkan dengan bakteri resisten logam berat (Nies, 1999).

Isolat ES9.3 dan ES10.2 memiliki nilai MIC paling tinggi, yaitu 20 mM. Isolat ES9.3 diduga dapat mengakumulasi tembaga lebih baik daripada isolat ES10.2. Dugaan sementara ini didapatkan dari perubahan warna koloni yang menjadi semakin coklat tua ketika dikultur pada medium yang mengandung tembaga (gambar tidak ditampilkan). Perubahan warna menjadi coklat tua ini hanya terlihat dengan jelas pada isolat ES9.3 dan dengan alasan dan pertimbangan tersebut isolat ES9.3 dipilih sebagai isolat yang unggul dibandingkan dengan isolat lainnya.

Perubahan warna koloni isolat khamir ES9.3 pada medium yang mengandung tembaga dapat terjadi diduga karena isolat tersebut memiliki mekanisme akumulasi tembaga dari medium pertumbuhan atau lingkungan hidupnya. Dugaan

ini sesuai dengan teori (Batool, Andleeb, Ali, Akhtar, & Ali, 2017) yang mengatakan bahwa presipitasi tembaga di dalam sel akan membuat warna koloni menjadi coklat tua.

Karakterisasi Morfologi Koloni dan Sel Isolat Khamir Resisten Tembaga

Isolat khamir ES9.3 merupakan isolat terpilih untuk dikarakterisasi morfologi koloninya. Hasil karakterisasi morfologi koloni isolat ES9.3 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter morfologi koloni isolat ES9.3.

Karakter	ES9.3
Ukuran	<i>Moderate</i>
Bentuk	<i>Irregular</i>
Margin	<i>Lobate</i>
Elevasi	<i>Umbonate</i>
Karakterisasi Optik	<i>Opaque</i>
Permukaan	Kering seperti Bubuk
Pigmentasi	Krem

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa khamir yang telah diisolasi dan dimurnikan memiliki ciri-ciri serupa dengan khamir berjenis *Saccharomyces* sp. Dar (2004) mengemukakan bahwa *Saccharomyces* sp. yang ditumbuhkan

pada medium YEPD agar memiliki ciri-ciri koloni dengan ukuran moderate, bentuk irregular, margin lobate, elevasi umbonate, karakterisasi optik opaque, permukaan kering seperti bubuk, dan pigmentasi warna krem yang cenderung putih (Tabel 1).

Penemuan isolat-isolat khamir yang resisten terhadap tembaga dapat bermanfaat sebagai penelitian awal dalam bidang bioremediasi tembaga. Penelitian lebih lanjut tentang potensi masing-masing isolat khamir dalam melakukan akumulasi tembaga dapat dilakukan agar isolat-isolat tersebut dapat bermanfaat sebagai agen bioremediasi tembaga.

Simpulan

Isolat ES9.3 yang ditunjukkan dengan karakter warna coklat pada koloni yang menjadi semakin coklat tua ketika dikultur pada medium yang mengandung tembaga, sehingga isolat ES9.3 dipilih sebagai isolat yang unggul dibandingkan dengan isolat lainnya. Sehingga isolat ini dipilih sebagai isolat yang paling resisten terhadap polutan di Wilayah Rungkut, Surabaya, Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashish, B., Neeti, K., & Himanshu, K. (2013). Copper Toxicity: A Comprehensive Study-Review paper . Research Journal of Recent Sciences , Vol. 2 (ISC-2012), 58-67 .
- Batool, I., Andleeb, S., Ali, S., Akhtar, K., & Ali, N. M. (2017). Accumulation of Heavy Metals by Living and Dead Bacteria as Biosorbents: Isolated from Waste Soil. Pak. j. sci. ind. res. Ser. B: biol. sci., Vol 60(2) 106-115.
- Davis, T., Volesky, B., & Vieira, R. (2000). Sargassum as Biosorbents For Heavy Metals . Wat. Res., Vol. 34, No. 17; 4270-4278.
- Hocheng, H., Chakankar, M., & Jadhav, U. (2018). From Guinea Worm Scourge to Metal Toxicity in Ebonyi State, Chemistry in Nigeria as the New Millennium Unfolds. Florida, USA: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Irawati, W., Parhusip, A. J., Christian, S., & Yuwono, T. (2017). The potential capability of bacteria and yeast strains isolated from Rungkut Industrial Sewage in Indonesia as bioaccumulators and biosorbents of copper . Biodiversitas , Vol 18, No. 3 : 971-977 .
- Irawati, W., Patricia, Soraya, Y., & Baskoro, A. H. (2012). A Study on Mercury-Resistant Bacteria Isolated from a Gold Mine in Pongkor Village, Bogor, Indonesia. HAYATI Journal of Biosciences, Vol. 19 No. 4, p 197-200.
- Irawati, W., Riak, S., Sopiha, N., & Sulistia, S. (2017). Heavy metal tolerance in indigenous bacteria isolated from the industrial sewage in Kemisan River, Tangerang, Banten, Indonesia



- . Biodiversitas , Vol 18, No. 4 : 1481-1486.
- Jianlong, W. (2002). *Process Biochemistry* , Vol 37 : 847–850.
- Kobyas, M., Demirbas, E., Senturk, E., & Ince, M. (2005). Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone-Short Communication. *Bioresource Technology*, 96 : 1518–1521.
- Nies, D. H. (1999). Microbial heavy-metal resistance. *Appl Microbiol Biotechnol* (1999) 51: 730±750 , Vol 51: 730±750 .
- Qayyum, S., Khan, I., Maqbool, F., Zhao, Y., & Peng, C. (2016). Isolation and Characterization of Heavy Metal Resistant Fungal Isolates from Industrial Soil in China. *Pakistan J. Zool* , Vol. 48(5), pp. 1241-1247.
- Wan, J., Zhang, X.-C., Neece, D., Ramonell, K. M., Clough, S., Kim, S.-y., . . . Stacey, G. (2008). A LysM Receptor-Like Kinase Plays a Critical Role in Chitin Signaling and Fungal Resistance in Arabidopsis. *The Plant Cell*, Vol. 20: 471–481.

Anggun Wulandari, Rina Dian Rahmawati. (2019). Tingkat Ploidi Paku Sayur (*Diplazium esculentum*) pada Ketinggian yang Berbeda di Gunung Merbabu, Boyolali, Jawa Tengah, Indonesia. Vol. 5 (1) Pp. 11-15. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

TINGKAT PLOIDI PAKU SAYUR (*Diplazium esculentum*) PADA KETINGGIAN YANG BERBEDA DI GUNUNG MERBABU, BOYOLALI, JAWA TENGAH, INDONESIA

Anggun Wulandari^{*}; Rina Dian Rahmawati

Universitas KH. A. Wahab Hasbullah

Jl. Garuda No. 09 Tambakberas, Jombang, 61451

^{*}Email: anggun.4w@gmail.com

Abstrak

Pada tumbuhan paku sering terjadi fenomena poliploid dan salah satu penyebab yang diduga dapat menimbulkan peristiwa poliploid adalah suhu dingin. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ploidi paku sayur (*Diplazium esculentum*) pada ketinggian yang berbeda di Gunung Merbabu. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Objek yang digunakan adalah tumbuhan paku *Diplazium esculentum* yang diambil dari ketinggian yang berbeda (± 500 mdpl, ± 1500 mdpl, dan ± 2500 mdpl) di salah satu gunung tinggi Indonesia, yaitu Gunung Merbabu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat ploidi *Diplazium esculentum* pada ketinggian yang berbeda. Tumbuhan paku *Diplazium esculentum* yang berada pada ketinggian ± 500 mdpl menunjukkan hasil tipe sitologi diploid ($2n$) yang memiliki jumlah rata-rata kromosom adalah 54,2; pada ketinggian ± 1500 mdpl menunjukkan hasil tipe sitologi triploid ($3n$) yang memiliki jumlah rata-rata kromosom adalah 80,533; sedangkan pada ketinggian ± 2500 m dpl memiliki jumlah rata-rata kromosom sebanyak 105,333 dengan hasil tipe sitologi tetraploid ($4n$). Dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan tingkat ploidi *Diplazium esculentum* pada masing-masing ketinggian di Gunung Merbabu.

Kata kunci: *Diplazium esculentum*, gunung merbabu, kromosom, poliploid.

Abstract

Fern plant is common polyploidy phenomenon and one of the causes that is suspected to cause polyploidy events is cold temperatures. Therefore, this research aims to determine the level of ploidy fern vegetables (*Diplazium esculentum*) at different altitude in Merbabu Mountain. This research is an experimental research using Completely Randomized Design (CRD). The object used is the *Diplazium esculentum* fern plant taken from different altitude (± 500 masl, ± 1500 masl, and ± 2500 masl) in one of Indonesia's high mountains, namely Merbabu Mountain. The research results showed that there were differences in ploidy levels of *Diplazium esculentum* at different altitude. *Diplazium esculentum* located at an heights of ± 500 masl showed the result of diploid cytological type ($2n$) which has an average number of chromosomes was 54.2; at an heights of ± 1500 masl indicated the result of triploid cytological type ($3n$) which has an average number of chromosomes was 80.533; while at an heights of ± 2500 masl has an average number of chromosomes as much as 105.333 with tetraploid cytological type results ($4n$). Thus it can be concluded that there is a difference in ploidy level of *Diplazium esculentum* at each altitude in Merbabu Mountain.

Keywords: *Diplazium esculentum*, merbabu mountains, chromosomes, polyploidy

Pendahuluan

Tumbuhan paku (Pteridophyte) merupakan tumbuhan berpembuluh (Yatskiyevych, 2002), peralihan antara tumbuhan rendah ke tinggi (tumbuhan kormofita). Tumbuhan paku merupakan tumbuhan kosmopolit dengan distribusi sangat luas mulai daerah tropis hingga dekat kutub utara dan selatan, hutan primer, hutan

sekunder, alam terbuka, dataran rendah hingga dataran tinggi, lingkungan yang lembab, basah, rindang, kebun tanaman, bahkan di pinggir jalan. Indonesia merupakan salah satu Negara tropis dimana tumbuhan paku tersebar di seluruh bagian (Sandy, Pantiwati, Huda, & Latifah, 2016).

Tumbuhan paku masih jarang diperhatikan padahal memiliki banyak fungsi serta sebagai sumber keragaman hayati yang perlu dijaga dan

dilestarikan. Tumbuhan paku sebenarnya memiliki fungsi ekologis yaitu sebagai penutup tanah sehingga berfungsi mengatur tata air dan mencegah terjadinya erosi serta menjaga ekosistem hutan (Sharpe, Mehlreter, & Walker, 2010).

Paku sayur (*Diplazium esculentum*) merupakan sejenis paku/ pakis yang banyak dikonsumsi masyarakat karena memiliki rasa yang cukup enak. Masyarakat lebih menyukai ental muda yang ukurannya besar, bahkan orang terdahulu memanfaatkan tumbuhan ini untuk menyembuhkan berbagai macam penyakit. Kajian tentang tumbuhan paku menyatakan bahwa tumbuhan yang bersifat poliploid umumnya memiliki ukuran morfologi yang lebih besar dibandingkan tanaman diploid (Turot, Polii, & Walangitan, 2016).

Poliploid merupakan keadaan bahwa individu memiliki lebih dari dua genom dan merupakan gejala yang umum dan tersebar luas dalam tumbuhan (Wang, Chen, & Xiang, 2007). Fenomena poliploid ini sering terjadi pada tumbuhan paku yang merupakan akibat dari berbagai proses baik secara meiotik ataupun secara somatic (Segraves & Anneberg, 2016). Berbagai spesies paku dan tumbuhan terdapat sebagai sitotipe poliploid (Chen, Sun, & Sun, 2009). Salah satu penyebab yang diduga dapat menimbulkan peristiwa poliploid adalah suhu dingin, berkaitan dengan hal tersebut, terdapat pendapat yang menyatakan bahwa pada daerah dengan ketinggian yang lebih tinggi dan suhu yang lebih rendah, cenderung ditemukan tumbuhan paku dengan tingkat ploidi yang lebih besar (Hori, et al., 2018).

Data yang memuat tentang variasi jumlah kromosom (tingkat ploidi) pada tiap-tiap ketinggian gunung belum banyak ditemukan padahal paku sayur merupakan salah satu potensi hasil hutan non kayu yang cukup besar dan sampai saat ini belum tersentuh oleh teknologi seperti dalam bentuk pengolahan atau pengemasannya (Wulandari & Rahmawati, 2018). Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai "Tingkat Ploidi Paku Sayur (*Diplazium esculentum*) pada Ketinggian yang Berbeda di Gunung Merbabu".

Gunung Merbabu adalah salah satu gunung inaktif di Indonesia. Gunung Merbabu (3.142 mdpl) secara geografis terletak pada koordinat 110°26'22"

BT dan 7°27'13" LS, secara administratif dikelilingi oleh tiga Kabupaten yaitu Magelang, Semarang, dan Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Gunung Merbabu memiliki keanekaragaman hayati yang cukup tinggi dan masih banyak ditemukan tumbuhan paku diantaranya adalah paku sayur. Terdapat berbagai jenis vegetasi yang bisa ditemui di kawasan tersebut. Tanah yang subur dan suhu udara yang sejuk membuat daerah ini banyak ditumbuhi tanaman termasuk paku sayur. Paku ini tumbuh di tebing-tebing yang lembap dan teduh (Prastyo, Heddy, & Nugroho, 2015).

Material dan Metode

Penelitian dilaksanakan bulan Juni - Juli 2018. Tempat penelitian mulai dari pengambilan sampel *Diplazium esculentum* dilakukan di Gunung Merbabu pada ketinggian yang berbeda yaitu ± 500 mdpl, ± 1500 mdpl dan ± 2500 mdpl dan Penghitungan jumlah kromosom untuk mengetahui tingkat ploidi dilakukan di Laboratorium Universitas KH. A. Wahab Hasbullah, Jombang, Jawa Timur, Indonesia.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang memaparkan tentang tingkat ploidi paku sayur (*Diplazium esculentum*) pada ketinggian yang berbeda di Gunung Merbabu.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop binokuler, waterbath, ruang asam, altimeter dan kamera digital untuk dokumentasi hasil pengamatan. Bahan yang digunakan adalah HCl 1N, alkohol 95%, asam asetat glacial 100%, formalin 4%, akuades, acetocarmin, tudung akar *Diplazium esculentum*.

1. Prosedur Penelitian

a. Pembuatan Larutan FAA (Formalin Aseto-Alkohol)

Menyiapkan akuades sebanyak 20 ml dalam botol, kemudian menuangkan 70 ml alkohol 95% secara perlahan, menuangkan 5 ml formalin 4% secara perlahan, menuangkan 5 ml asam asetat glacial 100% secara perlahan, kemudian menutup botolnya dan digoyangkan secara perlahan. Pembuatan larutan FAA ini dilakukan di

dalam ruang asam dengan menggunakan sarung tangan dan masker.

b. Persiapan Sampel

Mengambil tumbuhan paku *Diplazium esculentum* di Gunung Merbabu pada ketinggian ± 500 mdpl, ± 1500 mdpl dan ± 2500 mdpl kemudian memasukkannya kedalam kantong plastik dengan tetap menjaga kelembaban agar tumbuhan paku tidak mati, kemudian menanam tumbuhan yang telah diambil dari lokasi dalam polibag untuk menstimulasi perkembangan akar-akar yang baru.

c. Pembuatan Preparat

Memotong ujung akar ± 1 cm dari tudung akar yang berwarna putih kemudian dimasukkan ke dalam botol vial yang berisi larutan FAA, pemotongan dilakukan pada pukul 09.30 WIB, kemudian mengeluarkan potongan akar dari larutan FAA dan mencuci tudung akar tersebut dengan air kran sebanyak 8 kali, setelah itu memasukkan potongan akar yang telah dicuci ke dalam botol vial yang berisi HCl 1 N dan memasukkannya ke dalam waterbath dengan suhu 60° . Menyalakan waterbath sampai dua lampunya menyala, dan setelah 15 menit waterbath dimatikan, kemudian botol vial dikeluarkan dan di diamkan selama 8 menit. Selanjutnya meletakkan potongan akar pada kaca benda dan memotong bagian tudung akar kemudian meneteskan potongan akar tersebut dengan acetocarmin dan didiamkan selama beberapa menit sampai potongan akar terlihat merah. Menutup kaca benda dengan kaca penutup kemudian ditekan dengan ibu jari, selanjutnya mengamati preparat dibawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 1000 kali.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan penghitungan jumlah kromosom dengan mencari 5 sel tudung akar dan setiap sel

dihitung sebanyak 3 kali ulangan yang mengalami pembelahan mitosis pada tahap metafase atau anafase. Kemudian menghitung jumlah kromosom pada masing-masing sel dengan menggunakan *hand counter*, selanjutnya menentukan tipe ploidy.

3. Analisis Data

Data yang diperoleh langsung dianalisis dengan analisis *one way* Anova dengan SPSS. Jika hasil analisis F hitung $> F$ tabel $_{0,05}$, maka dilakukan uji lanjut dengan *Post Hoc Analysis Least Significant Difference* (LSD) dengan taraf signifikansi 5% untuk mengetahui tingkat ploidi paku sayur (*Diplazium esculentum*) pada ketinggian yang berbeda di Gunung Merbabu.

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil

Hasil penelitian tingkat ploidi paku sayur (*Diplazium esculentum*) pada ketinggian yang berbeda di Gunung Merbabu dilihat dari rerata jumlah kromosom pada sel yang ditemukan pada masing-masing ketinggian yaitu ± 500 mdpl, ± 1500 mdpl dan ± 2500 mdpl. Data jumlah kromosom *Diplazium esculentum* pada masing-masing ketinggian dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa jumlah kromosom yang diamati pada sel tudung akar *Diplazium esculentum* pada ketinggian ± 500 mdpl memiliki rata-rata jumlah kromosom sebanyak 54,2; pada ketinggian ± 1500 mdpl memiliki rata-rata jumlah kromosom sebanyak 80,533; sedangkan pada ketinggian ± 2500 mdpl memiliki rata-rata jumlah kromosom yang paling banyak yaitu 105,333.

Tumbuhan paku memiliki jumlah kromosom dasar sebanyak 29, sehingga tumbuhan paku yang dinyatakan sebagai individu diploid memiliki jumlah kromosom somatik 58, sedangkan individu triploid memiliki jumlah kromosom 87 dan tetraploid 116. Dari hasil analisis data dapat diketahui bahwa tingkat ploidi pada tumbuhan paku *Diplazium esculentum* yang berada pada ketinggian ± 500 mdpl memiliki rerata set kromosom sebesar 1,869 sehingga menunjukkan hasil tipe sitologi diploid (2n), pada ketinggian ± 1500 mdpl memiliki rerata set kromosom sebesar 2,777 sehingga menunjukkan hasil tipe sitologi

triploid (3n), sedangkan pada ketinggian ± 2500 mdpl memiliki rerata set kromosom sebesar 3,632 sehingga menunjukkan hasil tipe sitologi tetraploid (4n) (Praptoswiryo, 2008).

Poliploid dapat terjadi secara spontan maupun sebagai akibat perlakuan, poliploid secara alami dapat terjadi karena faktor:

- a. Peggandaan somatik. Sel somatik mengalami penggandaan secara tidak beraturan, pada saat pembelahan mitosis dihasilkan sel-sel meristematik yang mengganda tanpa mengalami pembelahan yang menyebabkan kelipatan jumlah kromosom pada generasi berikutnya dalam individu tersebut.

Tabel 1. Rerata Jumlah Kromosom *Diplazium esculentum* di Gunung Merbabu

Ketinggian	Rerata	Rata-rata/29	Tipe ploidi
± 500 mdpl	54,2	1,869	Diploid
± 1500 mdpl	80,533	2,777	Triploid
± 2500 mdpl	105,333	3,632	Tetraploid

- b. Sel reproduksi mengalami reduksi secara tidak beraturan yaitu perangkat kromosom gagal berpisah menuju kutub ekuator pada saat anafase sehingga perangkat kromosom tidak memisah dan tetap pada bidang ekuator dalam inti. Hal ini menyebabkan sel memiliki jumlah kromosom ganda (dua kali jumlah kromosom normal)

2. Pembahasan

Berdasarkan data yang telah diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi tempat didapatkannya tumbuhan paku *Diplazium esculentum* menunjukkan jumlah kromosom juga semakin banyak. *Diplazium esculentum* mengalami poliploid karena proses penggandaan kromosom sehingga jumlah kromosom somatiknya berlipat dari jumlah kromosom dasarnya. Tingkat ploidi ini dipengaruhi oleh faktor ketinggian tempat. Sebagaimana diketahui bahwa semakin tinggi suatu tempat maka semakin rendah suhunya. Faktor ketinggian tempat berpengaruh pada tumbuhan paku karena adanya kecenderungan sitologi

pada tumbuhan paku. Suhu dan kelembapan yang mempengaruhi tumbuhan paku pada perkembangan siklus hidup sejak germinasi spora sampai maturasi sporofit.

Faktor lingkungan secara langsung maupun tak langsung dapat mempengaruhi reorganisasi kromosom. Dalam penelitian ini, semakin tinggi ketinggian tempat menunjukkan tingkat ploidi yang semakin besar di Gunung Merbabu, hal ini diduga karena semakin menurunnya temperatur. Temperatur dan faktor lain yang terkait dengan ketinggian tempat berperan dalam ploidisasi tumbuhan. Tingginya derajat ploidi dan peristiwa poliploid juga dipengaruhi oleh kondisi iklim dan sejarah bencana alam.

Pengujian dengan menggunakan *one way* Anova yang sudah dilakukan peneliti menunjukkan terdapat perbedaan jumlah kromosom *Diplazium esculentum* pada ketinggian ± 500 mdpl, ± 1500 mdpl, dan ± 2500 mdpl. Hasil uji lanjut dengan *Post Hoc Analysis Least Significant Difference* (LSD) dapat diketahui bahwa jumlah kromosom *Diplazium esculentum* pada ketinggian ± 500 mdpl berbeda signifikan dengan ketinggian $+1500$ mdpl dan ± 2500 mdpl, hal ini ditunjukkan dengan nilai F hitung (143,27) > F tabel_{0,05} (3,885).

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *Diplazium esculentum* yang ditemukan di Gunung Merbabu ditemukan tumbuhan poliploid di atas ketinggian ± 1500 mdpl. Jika dilihat dari distribusinya menunjukkan bahwa tumbuhan poliploid mempunyai distribusi yang lebih luas dari pada yang diploid. Tumbuhan diploid ditemukan di ketinggian ± 500 mdpl, sedangkan tumbuhan poliploid ditemukan pada ketinggian ± 1500 mdpl dan ± 2500 mdpl

Simpulan

Diplazium esculentum memiliki tingkat ploidi yang berbeda pada setiap ketinggian, dimana jumlah kromosom tumbuhan paku *Diplazium esculentum* pada ketinggian ± 500 mdpl memiliki rerata jumlah kromosom 54,2 dengan hasil tipe sitologi diploid (2n); pada ketinggian ± 1500 mdpl memiliki rerata jumlah kromosom 80,533 dengan hasil tipe sitologi triploid (3n); sedangkan pada ketinggian ± 2500 mdpl memiliki jumlah rata-rata

kromosom sebanyak 105,333 dengan hasil tipe sitologi tetraploid (4n). Jadi, terdapat perbedaan tingkat ploidi *Diplazium esculentum* pada masing-masing ketinggian di Gunung Merbabu.

Daftar Pustaka

- Chen, G., Sun, W. B., & Sun, H. (2009). Morphological characteristics of leaf epidermis and size variation of leaf flower and fruit in different ploidy levels in *Buddleja macrostachya* (Buddlejaceae). *Journal of Systematics and Evolution*, Vol 47 (3): 231–236 .
- Hori, K., Zhou, X., Shao, W., Yan, Y. H., Wang, R. X., & Murakami, N. (2018). New Diploid Sexual Cytotypes of *Dryopteris* sect. *Erythrovariae* (Dryopteridaceae) in China. *Acta Phytotax. Geobot.*, Vol 69 (2): 127–133.
- Praptoswiryo, T. N. (2008). *Biosystematic Study of The Fern Genus Diplazium in West Malesia*. Bogor, Indonesia : IPB Press.
- Prastyo, W. R., Heddy, S., & Nugroho, A. (2015). Identifikasi Tumbuhan Paku Epifit pada Batang Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* J.) di Lingkungan Universitas Brawijaya . *Jurnal Produksi Tanaman*, Volume 3, Nomor 1 : 65 - 74 .
- Sandy, S. F., Pantiwati, Y., Huda, A. M., & Latifah, R. (2016). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku (Pterydophyta) di Kawasan Air Terjun Lawean Sendang Kabupaten Tulungagung . *Seminar Nasional II UM Malang* (pp. 828-836). Malang, Jawa Timur, Indonesia : UM Malang Press.
- Segraves, K. A., & Anneberg, T. J. (2016). Species interactions and plant polyploidy . *American Journal of Botany*, Vol 103 (10) : 1 – 10.
- Sharpe, J. M., Mehlreter, K., & Walker, L. R. (2010). Ecological importance of ferns. In L. R. Klaus Mehlreter, & J. M. Sharpe., *Fern Ecology* (pp. 1-21). Sussex, England: Cambridge University Press .
- Turot, M., Polii, B., & Walangitan, H. D. (2016). Potensi Pemanfaatan Tumbuhan Paku *Diplazium esculentum* Swartz (Studi kasus) di Kampung Ayawasi Distrik Aifat Utara, Kabupaten Maybrat, Provinsi Papua Barat. *Agri-SosioEkonomi Unsrat*, Volume 12 Nomor 3A : 1 - 10.
- Wang, Y., Chen, X., & Xiang, C.-B. (2007). Stomatal Density and Bio-water Saving. *Journal of Integrative Plant Biology*, Vol 49 (10): 1435–1444.
- Wulandari, A., & Rahmawati, R. D. (2018). Tingkat Ploidi Paku Sayur (*Diplazium esculentum*) pada Ketinggian yang Berbeda di Gunung Semeru. *Edubiotik*, Vol. 3, No. 2 : Hal 58-63.
- Yatskievych, G. (2002). *Pteridophytes (Ferns)*. St Louis, MO, USA: John Wiley & Sons.

Oktapiandi, Joko Sutrisno, Sunarto. (2019). Analisis Pertumbuhan Ikan Nila yang Dibudidayakan pada Air Musta'mal. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 16-20. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

ANALISIS PERTUMBUHAN IKAN NILA YANG DIBUDIDAYA PADA AIR MUSTA'MAL

*Oktapiandi; Joko Sutrisno; Sunarto

Pascasarjana Ilmu Lingkungan,
Universitas Sebelas Maret,

Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126, Jawa Tengah, Indonesia.

Email: Oktapiandi08@gmail.com

Abstrak

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu hasil perikanan darat yang banyak diminati masyarakat. Budidaya ikan nila menggunakan musta'mal merupakan salah satu upaya peningkatan produksi ikan nila sekaligus konservasi air. Tujuan untuk mengetahui pertumbuhan ikan nila yang dibudidaya menggunakan air musta'mal. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental didukung observasi lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan mutlak (H) ikan nila pada perlakuan A 43,27 gram lebih tinggi dibandingkan perlakuan B 43,34 gram. Laju pertumbuhan (RG) relatif ikan nila pada perlakuan B 1,39 %/hari, lebih tinggi dari Laju pertumbuhan relatif ikan nila pada perlakuan A 1,36 %/hari. Pertumbuhan ikan nila yang dibudidaya pada air musta'mal masih baik dibandingkan dengan air biasa.

Kata kunci: kualitas air, air musta'mal, ikan nila,

Abstract

Tilapia (Oreochromis niloticus) is one of the land fisheries products that are in great demand by the community around here. Cultivation of Tilapia using musta'mal water is one of the efforts to increase Tilapia production as water conservation. The aim of the reaserch was determining the growth of Tilapia cultivated using musta'mal water. This research is an experimental study supported by field observations. The results showed that the absolute growth (H) of Tilapia in treatment A 43.27 g was higher than treatment B 43.34 g. The relative growth rate (RG) of Tilapia in treatment B was 1.39 % per day, higher than the relative growth rate of tilapia at treatment A 1.36 % per day. The growth of Tilapia cultivated in musta'mal water is still good compared to ordinary water.

Keywords: water quality, water musta'mal, Tilapia,

Pendahuluan

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu hasil perikanan darat yang banyak diminati masyarakat karena merupakan sumber protein hewani tinggi (Yue, Lin, & Li, 2016). Ikan nila mempunyai nilai ekonomi tinggi dan merupakan komoditas penting dalam budidaya air tawar dunia (El-Sayed, 2006). Ikan nila adalah ikan yang paling banyak dibudidayakan kedua di dunia, setelah ikan mas. Ikan nila telah menjadi ikon spesies ikan budidaya air tawar di seluruh dunia dengan jumlah produksi global tahun 2012 mencapai 3.2 million MT (Lee, Nambi, SeonghunWon, Katya, & Bai, 2016).

Keunggulan ikan nila antara lain mudah dikembangbiakan dan kelangsungan hidup tinggi,

pertumbuhan relatif cepat dengan ukuran badan relatif besar, serta tahan terhadap perubahan kondisi lingkungan (Sallata, 2015). Keunggulan ikan nila antara lain; 1) memiliki resistensi terhadap kualitas air dan penyakit, 2) memiliki toleransi luas terhadap kualitas lingkungan, 3) memiliki kemampuan yang efisien dalam membentuk protein kualitas tinggi dari bahan organik, limbah domestik, dan pertanian, 4) memiliki kemampuan tumbuh yang baik, serta mudah tumbuh dalam budidaya intensif (El-Sayed, 2006).

Budidaya ikan nila menggunakan air musta'mal (air bekas) wudhu merupakan salah satu upaya peningkatan produksi ikan nila sekaligus konservasi air, melalui optimalisasi dan efisiensi pemanfaatan sumber daya air (Gupta & Acosta, 2014). Konservasi sumber daya air mutlak dibutuhkan, sebagai upaya

menjaga dan melesterikan sumber daya air (Sallata, 2015). Selama ini Pondok Pesantren belum banyak memanfaatkan air mustamal. Air mustamal langsung dibuang ke saluran pembuangan air. Lokasi penelitian (Pondok Pesantren Darusy Syahadah) memiliki 621 santri putra dan 56 ustadz (tahun ajaran 2016/2017). Apabila diasumsikan dalam berwudhu setiap jamaah menghabiskan kurang lebih 4 liter air, maka setiap sholat menghabiskan 2.708 liter air, maka dalam sehari semalam (5 kali waktu sholat wajib) akan menghabiskan kurang lebih 13.540 liter air. Sekitar 13.540 liter air mustamal tersebut langsung dibuang ke saluran pembuangan air (Syafriadiman, 2009).

Hasil analisis kualitas air mustamal Pondok Peasantren putra Darusy Syahadah memiliki suhu 27,8°C, COD 29,03 mg/L, amonia bebas (NH₃-N) 0,19 mg/L, BOD₅ 38,48 mg/L, pH 6,37, oksigen terlarut (DO) 0,85 mg/L dan MPN Coliform < 16 x 10⁴. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 kriteria air mustamal di Pondok Peasantren putra Darusy Syahadah termasuk dalam golongan air kelas IV. Air kelas IV peruntukannya untuk irigasi dan peruntukan lain yang sesuai kriteria air tersebut. Baku mutu air yang direkomendasikan Balai Besar Budidaya Air Tawar tahun 2016 untuk budidaya ikan nila antara lain; suhu 25-30 °C 27,8°C, COD <12 mg/L, amonia bebas (NH₃-N) <1, pH 6,5-8,5, oksigen terlarut (DO) >5 mg/L. secara umum air mustamal masih layak digunakan untuk budidaya aikan nila.

Dalam agama Islam air mustamal tergolong air yang baik, sebagai dijelaskan dalam beberapa hadist salah satunya dari hadist Al-Miswar *radhiallahu'anhu* "jika Nabi shallallahu'alaihi wa sallam berwudhu, mereka (para sahabat) hampir hampir salaiing membunuh (karena memperebutkan air bekas wudhu Beliau". (HR. Al-Bukhari). Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pertumbuhan ikan nila yang dibudidaya menggunakan air bekas wudhu serta melihar perbandingan dengan ikan yang dibudidaya pada air biasa (sebagai kontrol).

Material Dan Metode

Penelitian dilaksanakan selama 2 bulan mulai bulan Maret sampai Mei 2017 bertempat

di Pondok Pesantren Darusy Syahadah Kecamatan Simo, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Analisis kualitas air dilakukan di balai laboratorium Kesehatan Yogyakarta.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental didukung observasi lapangan. Data penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data hasil analisis kualitas air baku Pondok Pesantren Darusy Syahadah, data hasil analisis kualitas air bekas wudhu, data pertumbuhan ikan nila dan data hasil analisis peroksimat ikan nila. Data sekunder meliputi data jumlah santri putra Pondok Pesantren Darusy Syahadah dan data lain terkait dengan penelitian.

Pelaksanaan Penelitian

1. Analisis Kualitas Air

Analisis kualitas air dilakukan pada air baku Pondok Pesantren Darusy Syahadah sebelum digunakan berwudhu dan pada air bekas wudhu dan setelah menjadi air mustamal. Parameter analisis meliputi pH, suhu, DO, COD, BOD₅, NH₃-N dan MPN Coliform.

2. Analisis Pertumbuhan Ikan Nila

Analisis Pertumbuhan Ikan Nila menggunakan 2 perlakuan.

A : Ikan nila yang dipelihara dengan air biasa (kontrol).

B : Ikan nila yang dipelihara dengan air mustamal.

Ikan nila yang digunakan rata-rata memiliki bobot 52 gram. Pemeliharaan selama 2 bulan di kolam terpal dengan panjang 120 cm, lebar 80 cm, tinggi 90 cm dan kedalaman air 70 cm. Sebanyak 3 kolam untuk air bekas wudhu dan 1 kolam untuk air biasa (kontrol). Pemberian pakan dilakukan pagi dan sore hari.

Pertumbuhan bobot individu mutlak dihitung dengan rumus (Efendie, 1979) :

Keterangan:

H : Pertumbuhan mutlak (gr)

Wo : Bobot ikan pada awal budidaya (gr)

Wt : Bobot ikan pada akhir budidaya (gr)

Laju pertumbuhan relatif yaitu:
Keterangan:

- RG : Laju Pertumbuhan Relatif (%/hari)
 - Wo : Bobot ikan pada awal budidaya (gr)
 - Wt : Bobot ikan pada akhir budidaya (gr)
- (Efendie, 1979)

Hasil dan Pembahasan

1. Pertumbuhan Ikan Nila

Hasil budidaya ikan nila menunjukkan adanya pertumbuhan dari awal hingga akhir budidaya. Parameter pertumbuhan ikan nila berdasarkan indikator pertumbuhan mutlak (H) dan laju pertumbuhan relatif (Tabel 1). Pertumbuhan mutlak ikan nila pada perlakuan A 43,34 gr lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan mutlak ikan nila pada perlakuan B 43,27 gr (Tabel 1). Sebaliknya data Tabel 2 menunjukan laju pertumbuhan relatif ikan nila pada perlakuan A 1,36 %/hari lebih rendah dibandingkan laju pertumbuhan relatif ikan nila pada perlakuan B 1,39 %/hari. Data tersebut juga menunjukan tidak terjadi perbedaan pertumbuhan yang signifikan antara perlakuan A dan B.

Tingginya pertumbuhan mutlak pada perlakuan A dan tingginya laju pertumbuhan relatif pada perlakuan B dipengaruhi faktor kualitas air. Kualitas air merupakan salah satu faktor penentu pertumbuhan ikan nila (Ghufran & Tancung, 2010).

Tabel 1. Pertumbuhan Mutlak Ikan Nila

Perlakuan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)	Pertumbuhan Mutlak (H) (gr)
A	53,16	96,5	43,34
B	51,86	95,13	43,27

Tabel 2. Laju Pertumbuhan Relatif Ikan Nila

Perlakuan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)	Pertumbuhan Relatif (RG) (%/hari)
A	53,16	96,5	1,36
B	51,86	95,13	1,39

Parameter kualitas air dalam budidaya ikan nila meliputi derajat keasaman (pH), alkalinitas, konsentrasi oksigen terlarut, karbondioksida (CO₂),

salinitas, ammonia, dan kuantitas air (Ghufran & Tancung, 2010) Pertumbuhan mutlak pada perlakuan A lebih tinggi dibandingkan perlakuan B disebabkan perbedaan kualitas air (Tabel 3)

Tabel 1. Hasil analisis kualitas air

Parameter	Perlakuan	
	A	B
Suhu	27,5°C	27,8°C
COD	<1,03 mg/L	29,03 mg/L
BOD ₅	0,07 mg/L	38,48 mg/L
pH	7,22	6,37
NH ₃ -N	2,93 mg/L	0,19 mg/L
DO	5,69	0,85
MPN Coliform	< 1,8	16 x 10 ⁴

Data tabel tersebut menunjukan kualitas air perlakuan A lebih baik dibandingkan perlakuan B

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 kualitas air perlakuan A secara garis besar masuk dalam golongan air kelas II. Sedangkan kualitas air perlakuan B secara garis besar masuk dalam golongan air kelas IV. Air kelas II peruntukannya digunakan untuk sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan irigasi. Air kelas IV peruntukannya untuk irigasi dan peruntukan lain yang sesuai kriteria air tersebut.

Kualitas air perlakuan A merupakan kondisi ideal untuk pertumbuhan ikan nila. Ghufran dan Tancung (2010) menyatakan kualitas air ideal dalam budi daya ikan nila adalah pada kondisi pH 7-9, Suhu 25-33 °C, kadar Oksigen 5-6 ppm dan salinitas 0-30 ppt (Cai, Leung, Yuan, & Yuan, 2018). Rekomendasikan Balai Besar Budidaya Air Tawar tahun 2016 untuk budidaya ikan nila antara lain suhu 25-30 °C 27,8°C, COD <12 mg/L, amonia bebas (NH₃-N) <1, pH 6,5-8,5, oksigen terlarut (DO) >5 mg/L. Kualitas air yang ideal untuk pemeliharaan nila sangat diperlukan (Khalil, Mehrim, & Hassan, 2012)

Meski kualitas air pada perlakuan A lebih baik dan lebih ideal untuk pertumbuhan ikan nila dibandingkan kualitas air perlakuan B. Namun kualitas air pada perlakuan B masih dapat digunakan untuk budidaya ikan nila. Disisi lain ikan nila termasuk jenis ikan yang memiliki adaptasi baik terhadap perubahan lingkungan (Hussain,

2004). Sehingga selisih pertumbuhan mutlak anatra perlakuan A dan B tidak beda jauh atau signifikan (hanya 0,07 gr).

Laju pertumbuhan relatif ikan nila pada perlakuan B lebih baik dibandingkan perlakuan A dengan selisih 0,03 %/hari. Padahal kualitas air perlakuan A lebih baik dibandingkan perlakuan B.

Hal ini menunjukan adanya faktor lain dari perbedaan tersebut. Secara tologis agama Islam air mustamal (perlakuan B) diyakini memiliki keutamaan tersendiri. Dalam beberapa hadist dijelaskan keutamaan air mustamal. (1) Hadist dari hadist Al-Miswar *radhiallahu'anhu* "jika Nabi shallallahu'alaihi wa sallam berwudhu, mereka (para sahabat) hampir hampir salain membunuh (karena memperebutkan air bekas wudhu Beliau". (Hadist Riwayat Al-Bukhari). (2) Hadist dari Ar Rubayyi', "Nabi shallallahu 'alaihi wa sallam pernah mengusap kepalanya dengan bekas air wudhu yang berada di tangannya" (Hadist Riwayat Abu Daud). (3) Hadist dari Jabir, "Rasulullah shallallahu 'alaihi wa sallam pernah menjengukku ketika aku sakit dan tidak sadarkan diri. Beliau kemudian berwudhu dan bekas wudhunya beliau usap padaku. Kemudian aku pun tersadar" (Hadist Riwayat Al-Bukhari).

Dari penjelasan hadist-hadist tersebut tersirat tentang nilai-nilai kebaikan air mustamal. Hasil penelitian Emoto (2003) menemukan bahwa partikel kristal air terlihat menjadi indah dan mengagumkan apabila mendapat reaksi positif disekitarnya, misalnya dengan kegembiraan dan kebahagiaan, namun partikel kristal air terlihat menjadi buruk apabila mendapat efek negatif disekitarnya, seperti kesedihan dan bencana (Tribunnews edisi 19 Desember 2014). Air mustamal menjadi lingkungan tempat hidup ikan nila yang dibudidaya. Lingkungan yang baik (air) akan berkontribusi positif terhadap ikan nila. Kondisi tersebut akan mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan kualitas gizi ikan nila yang dibudidayakan dengan Air mustamal.

Simpulan

Pertumbuhan mutlak (H) ikan nila (Tilapia) pada perlakuan A 43,27 gram lebih tinggi dibandingkan perlakuan B 43,34 gram. Laju pertumbuhan (RG) relatif ikan nila pada perlakuan B 1,39 %/hari, lebih tinggi dari Laju pertumbuhan relatif ikan nila pada perlakuan A 1,36 %/hari.

Daftar Pustaka

- Cai, J., Leung, P., Yuan, X., & Yuan, Y. (2018). *Improving the performance of tilapia farming under climate variation-Perspective from bioeconomic modelling*. Rome, Italy: Food and agriculture organization of the United Nations .
- Efendie, M. (1979). *Biologi Perikanan*. Bogor, Indonesia: Yayasan Pustaka Nusantra.
- El-Sayed, A.-F. M. (2006). *Tilapia Culture*. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing is a division of CAB International.
- Ghufran, K., & Tancung, B. (2010). *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budi Daya Perairan* . Jakarta, Indonesia: Rineka Cipta.
- Gupta, M. V., & Acosta, B. O. (2014). A review of global tilapia farming practices. *Aquaculture center*, 7-16.
- Hussain, M. (2004). *FARMING OF TILAPIA-Breeding Plans, Mass Seed Production and Aquaculture Techniques* . Mymensingh 2201, Bangladesh : Bangladesh Fisheries Research Institute .
- Khalil, F. F., Mehrim, A. I., & Hassan, M. E. (2012). Effects of hydroyeast aquaculture as growth promoter for adult Nile tilapia *Oreochromis niloticus* . *J. Animal and Poultry Prod., Mansoura Univ.*, Vol.3 (6): 305 - 317.
- Lee, S., Nambi, R. W., SeonghunWon, Katya, K., & Bai, S. C. (2016). Dietary selenium requirement and toxicity levels in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 404 : 153-158.
- Sallata, M. K. (2015). Konservasi Dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya Sebagai Sumber Daya Alam. *Info Teknis EBONI*, Vol. 12 No.1 : 75 - 86 .



- Syafriadiman. (2009). *Teknik Pengelolaan Kualitas Air Budidaya Perikanan Pada Era Industrialisasi*. Riau, Indonesia: Universitas Riau Press.
- Yue, G. H., Lin, H., & Li, J. (2016). Tilapia is the Fish for Next - Generation Aquaculture. *International Journal of Marine Science and Ocean Technology (IJMO)*, 3(1), 11-13.

Setyo Prabowo, Pranoto, Sri Budiastuti. (2019). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Tempat Pemrosesan akhir (TPA) di Jawa Tengah. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 21-33. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA YANG DIHASILKAN DARI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) DI JAWA TENGAH

Setyo Prabowo¹; Pranoto²; Sri Budiastuti³

¹Pascasarjana Ilmu Lingkungan

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

³Pascasarjana Ilmu Lingkungan

Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126

Email : prabowiblh@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada sektor limbah padat domestik. Tujuan perhitungan ini adalah untuk memprediksi proyeksi emisi tanpa tindakan apa pun untuk mengurangi GRK, dan untuk menentukan target dan rencana aksi untuk menurunkan tingkat emisi pada 2010-2020. Perhitungan limbah padat domestik GRK ini didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh IPCC pada tahun 2006. Salah satu faktor limbah padat yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi GRK adalah landfill. Provinsi Jawa Tengah terdiri dari 35 kota / wilayah yang memiliki 57 tempat pembuangan sampah dengan kontrol landfill dan tipe open dumping. Komposisi TPA di Jawa Tengah adalah 9 TPA kontrol dan 48 Dumping Terbuka. Jenis limbah manajemen di TPA mendistribusikan perbedaan tingkat emisi. Pada 2010-2020 tingkat emisi yang dihasilkan oleh tipe kontrol TPA adalah 117,99 Gg CO₂ e dan dengan pembuangan terbuka adalah 1948,18 Gg CO₂ e. Hasil penelitian menyatakan bahwa mitigasi kemampuan pemerintah kota / daerah untuk menurunkan tingkat emisi pada pengembangan landfill pada tipe landfill kontrol adalah 9,35%, sehingga untuk mengurangi tingkat emisi melalui limbah padat minimal dari sumber dengan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) tindakan dan teknologi.

Kata kunci: Limbah Padat, TPA, GRK

Abstract

*In this research Green House Gas (GHG) emission calculation on domestic solid waste sector. The purpose of this calculation is to predict emission projection without any action to reduce GHG, and to determine the target and action plan to decrease emission level at 2010-2020. This GHG domestic solid waste calculation base on an method which is develop by IPCC at 2006. One of many solid waste factor that contribute on the increase of emission GHG level is landfills. Central Java province consist of 35 city/region have 57 landfills with control landfill and open dumping type. The composition of landfills in Central Java is 9 Control landfill and 48 Open Dumping. The management waste type on landfill distribute difference level of emission. At 2010-2020 the emission level that produce by control landfill type is 117,99 Gg CO₂e and by open dumping is 1948.18 Gg CO₂e. Base on result of this research, the capability mitigation action of city/region government to decrease emission level on landfills development at control landfill type is 9.35%, so to decrease emission level trough solid waste minimize from the source with 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) action and technology.*

Keywords: Solid Waste, Landfill, GHG

Pendahuluan

Wilayah Provinsi Jawa Tengah berada pada 5°40' - 8°30' Lintang Selatan dan 108°30' - 111°30' Bujur Timur. Secara administratif wilayah Provinsi Jawa Tengah berbatasan dengan Samudera Hindia dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di sebelah selatan; Provinsi Jawa Barat di sebelah barat; Provinsi Jawa Timur di sebelah timur, dan Laut

Jawa di sebelah utara. Provinsi Jawa Tengah terbagi menjadi 29 kabupaten dan 6 kota, dan terdiri dari 573 kecamatan yang meliputi 7810 desa dan 767 kelurahan dengan luas wilayah sebesar 3,254,412 Ha atau 25.04% dari luas Pulau Jawa. Pertumbuhan jumlah penduduk di Jawa Tengah dari tahun ke tahun sebesar 0.01 % akan berpengaruh pada jumlah timbulan sampah (Hezhong T, et al., 2013). Menurut Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008

tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah yang timbul dari aktivitas manusia telah menjadi salah satu masalah lingkungan utama dan menyebabkan pencemaran serta ancaman bagi kesehatan manusia (Vyas P, 2011).

Keberadaan sampah tidak hanya mengganggu sanitasi tetapi juga berpengaruh pada perubahan iklim. Wilayah Jawa Tengah tidak luput dari dampak perubahan iklim. Penyebab dari perubahan iklim tidak lain dikarenakan keberadaan emisi Gas Rumah Kaca. GRK merupakan gas-gas yang memiliki efek rumah kaca, seperti gas Karbon Dioksida (CO_2), Metana (CH_4), Dinitrogen Mono Oksida (N_2O), Hidro Fluorocarbon (HFCs), Sulfur Hexaflorida (SF_6) dan Perfluoro Karbon (PFCs) (KLHK, 2012). Beberapa gas tersebut memiliki efek rumah kaca lebih besar daripada gas lainnya. Sebagai contoh, gas CH_4 memiliki efek 25 kali lebih besar dibanding dengan gas CO_2 (Solomon et al., 2007).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai dihasilkan pada sumber, pemilahan, pewadahan, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengolahan. TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya dan merupakan upaya akhir. Hasil penelitian terbaru di lokasi TPA yang dilakukan di Kota Pekalongan tahun 2013 oleh GIZ, komposisi jenis sampah sebagian besar berupa sampah organik yakni sebesar 61,37% yang akan mengalami proses dekomposisi secara anaerobik menjadi gas CH_4 , CO_2 , dan sejumlah kecil gas N_2 , H_2 , H_2S , H_2O . Contoh reaksi di bawah ini menunjukkan proses dekomposisi secara aerobik dan anaerobik. Pada kondisi aerobik (reaksi yang terjadi pada proses pengomposan) tidak dihasilkan CH_4 . Sebaliknya, pada kondisi anaerobik (reaksi yang terjadi di dalam TPA), satu mol organik dikonversi menjadi tiga mol CH_4 dan jumlah produksi CO_2 adalah sama untuk kedua kondisi tersebut (Suprihatin.dkk, 2008). Berikut reaksi dekomposisi sampah secara aerobik dan anaerobik :

(i) Bahan organik $\longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (kondisi aerobik)

(ii) Bahan organik $\longrightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4$ (kondisi anaerobik)

Gas CH_4 adalah salah satu gas rumah kaca utama, kedua setelah gas CO_2 dalam kontribusinya terhadap pemanasan global. Konsentrasi gas CH_4 di atmosfer telah meningkat sekitar 0,6 % per tahun dan memiliki lebih dari dua kali lipat selama dua abad terakhir. CH_4 merupakan salah satu GRK yang memiliki peran penting di atmosfer namun juga sebagai pencemar lingkungan. Gas CH_4 merupakan komponen utama dari gas alam yang dapat menjadi sumber energi yang berharga. Dikarenakan gas CH_4 adalah sumber energi dan GRK, maka mengurangi emisi gas CH_4 dari TPA secara ekonomi akan menguntungkan. Sebaliknya, konsentrasi atmosfer gas CO_2 meningkat sekitar 0.4 % per tahun. Gas CH_4 memiliki masa tinggal di atmosfer lebih singkat daripada gas rumah kaca lainnya yakni sekitar 11 tahun di atmosfer, sedangkan gas CO_2 masa tinggalnya sekitar 120 tahun. Karena gas CH_4 memiliki tingkat bahaya 21 kali lebih besar dari pada gas CO_2 dan masa tinggal di atmosfer relatif pendek maka stabilisasi gas CH_4 akan berdampak langsung pada perubahan iklim (Mark Orlic and Tom Kerr, 1996). Perlu diketahui bahwa emisi gas CO_2 yang dihasilkan berasal dari sumber alam (misal makanan, kebun, kertas dan limbah kayu) yang terjadi di TPA tidak dipertimbangkan sebagai emisi GRK karena sebagai biogenik (Jensen and Pipatti, 2002).

Menurut Karagiannidis et al (2007), produksi gas CH_4 di TPA biasanya dimulai 6 s.d 12 bulan setelah sejak ditempatkan, kemudian meningkat hingga maksimum sesaat setelah penutupan TPA dan secara bertahap menurun selama periode 30-50 tahun. Menurut Tchobanoglous et al., (1993) 1 ton sampah domestik dapat memproduksi hingga 300 m^3 biogas dan biogas yang utama terdiri dari gas CH_4 , CO_2 dengan konsentrasi gas CH_4 pada biogas sebesar 35 - 60%.

Menurut Sudrajat (2006), tipe TPA di Indonesia saat ini baru ada 2, yakni sistem urug terkendali (*control landfill*) dan tanpa urug (*open dumping*), kedua tipe tersebut juga terdapat di wilayah Jawa Tengah. Jumlah TPA di Jawa Tengah dipastikan lebih dari 35 lokasi mengingat 1 Kabupaten dapat memiliki TPA lebih dari 1 lokasi. Ketersediaan informasi data pengelolaan

sampah domestik seperti tipe TPA, jumlah sampah terangkut, pola distribusi pengelolaan sampah, komposisi sampah sangat sulit diperoleh dan sering kali menyebabkan banyak kalangan kesulitan untuk menghitung besarnya emisi GRK sampah domestik (Bappenas, 2016).

Kondisi TPA di Jawa Tengah diperkirakan sebagian besar masih menggunakan sistem *open dumping* yang akan berkontribusi sebagai penyumbang emisi gas CH₄ yang cukup besar. Sebagai bentuk upaya mendukung Pemerintah Indonesia yang sudah berkomitmen menurunkan emisi s.d. 2020 oleh Mantan Presiden Susilo Bambang Yudoyono, maka perlu ditetapkan target penurunan emisi GRK sektor sampah (TPA) di wilayah Jawa Tengah. Sebelum menetapkan target penurunan emisi GRK, maka perlu dilakukan perhitungan emisi tanpa adanya kegiatan penurunan yang kita sebut dengan istilah BAU (*Business as Usual*) dengan tahun dasar mulai 2010. Untuk melakukan perhitungan BAU diperlukan data-data sampah terangkut, pola distribusi pengelolaan sampah, jenis pengelolaan sampah di TPA (Bappenas, 2016). Pedoman yang digunakan untuk menghitung adalah Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Limbah (KLH, 2012).

Penelitian ini ingin melihat : 1) bagaimana pengaruh pengelolaan sampah di TPA terhadap emisi GRK di Jawa Tengah? dan 2) Jenis pengelolaan sampah yang berkontribusi pada penurunan emisi GRK dan berapa capaian penurunan emisi GRK s.d. tahun 2020.

Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengelolaan sampah di TPA terhadap emisi GRK di Jawa Tengah; 2) mengkaji besarnya emisi GRK yang terbentuk di TPA tahun 2010-2020

Material dan Metode

Penelitian ini dilakukan di 35 Kabupaten/ Kota Provinsi Jawa Tengah. Penelitian dilaksanakan pada Tanggal 18 Januari 2017 sampai 21 Juni 2017.

Sampel yang digunakan mencakup proyeksi penduduk tahun 2010-2020, sistem pengelolaan sampah, karakteristik dan komposisi sampah di TPA, jumlah timbulan sampah yang dihasilkan, jumlah sampah terangkut.

Teknik Pengumpulan Data dilakukan melalui pengumpulan sampel/data primer maupun sekunder melalui kuisionier, data sampling, observasi lapangan, dan *indepth interview*.

Tahapan Penelitian

Identifikasi sumber penghasil emisi GRK subsektor sampah dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang pengenalan kegiatan yang mempengaruhi emisi GRK. Identifikasi dimaksud meliputi berikut.

1. Komposisi jenis sampah di TPA. Terdapat 11 jenis sampah yang diperlukan untuk menentukan laju pembentukan emisi CH₄. Data komposisi sampah di TPA dengan jumlah 11 komponen baru tersedia di Palembang dan Medan yang merupakan hasil pendataan yang dilakukan oleh KLH bekerja sama dengan JICA tahun 2011 (KLHK, 2015) dan di Kota Pekalongan tahun 2013 (GIZ, 2013).
2. Jumlah sampah yang dihasilkan tahun 2010-2020. Jumlah sampah diperoleh melalui proyeksi penduduk oleh BPS yang dikalikan dengan jumlah sampah yang dihasilkan per kapita.
3. Jumlah sampah yang terangkut ke TPA dan sistem pengelolaan sampah di TPA. Jumlah sampah yang terangkut di TPA tahun 2010 digunakan untuk mengetahui prosentase sampah yang terolah di TPA dan digunakan sebagai tahun dasar untuk menghitung besarnya emisi dihasilkan mulai tahun 2010. Sistem pengelolaan sampah di TPA berdasarkan pedoman dari IPCC 2006 dapat diklasifikasikan sebagai berikut.
 - a. Terkelola dengan baik – anaerob (*Sanitary Landfill*) : memiliki sistem penempatan sampah yang baik (sel khusus), kontrol terhadap pemulung, dilakukan penutupan secara rutin dengan tanah penutup, kompaksi secara mekanis.
 - b. Terkelola dengan baik - semi aerob (*Control Landfill*) : memiliki sistem penempatan sampah yang baik (sel khusus), tanah penutup, sistem

- penyaluran lindi, struktur pondasi, dan sistem ventilasi.
- c. Tidak terkelola/tanpa pengurugan (*Unmanaged Deep/Open Dumping*) kondisi anaerobik. TPA jenis ini memiliki ketinggian > 5 m.
 - d. Tidak terkelola/ tanpa pengurugan (*Unmanaged Shallow/Open Dumping*) kondisi aerobik. TPA jenis ini memiliki ketinggian < 5 m.
 - e. Tidak terkategori: TPA liar/ tidak terkontrol dengan kriteria dibuang ke sungai, dikubur.

1. Identifikasi pola pengelolaan sampah di masyarakat

Pola pengelolaan sampah dapat diketahui berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten/Kota pada tahun 2010-2013 melalui Program Percepatan Sanitasi Permukiman (PPSP). Data pengelolaan sampah di masyarakat diperoleh di Kabupaten/Kota untuk mengetahui pengelolaan sampah selain dengan TPA.

- a. Perhitungan BAU Emisi GRK
 Perhitungan BAU emisi GRK menggunakan referensi dari Bappenas yakni Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi GRK Sektor Pengolahan Limbah yang mengadopsi dari standar perhitungan IPCC (Bappenas, 2016) berupa kalkulator excel. Perhitungan BAU untuk mengetahui besarnya emisi GRK yang dihasilkan tanpa adanya kegiatan mitigasi/penurunan emisi. Pedoman ini bertujuan untuk memperkirakan jumlah emisi GRK dengan metodologi yang disepakati secara internasional. Model perhitungan IPCC 2006 telah digunakan di banyak negara berkembang (Weitz et al., 2008), (Wangyao et al., 2009). Prinsip perhitungan IPCC 2006 sektor sampah domestik dibagi menjadi beberapa kategori sebagai berikut.
 - 1) Pembuangan sampah padat (*Solid Waste Disposal*);
 Kegiatan ini mencakup

pembuangan sampah ke TPA (*Managed Disposal Site*), penumpukan sampah di tanah terbuka/lahan kosong (*Unmanaged Disposal Site*), dan pembuangan sampah di sungai, penguburan sampah (*Uncategorized*).

Menghitung total sampah terurai yang ditimbun di TPA dengan persamaan sebagai berikut.

$$DDOC_m = W * DMC * DOC * DOC_f * MCF$$

Dimana.

- DDOC_m : Total sampah terurai yang ditimbun di TPA, Gg
 W : Total sampah yang ditimbun di TPA, Gg
 DOC : Fraksi sampah mudah terurai, Gg C/Gg sampah
 DOC_f : Fraksi DOC terdekomposisi
 MCF : Faktor koreksi CH₄ untuk dekomposisi aerob di TPA sebelum kondisi anaerob terbentuk

Potensi dihasilkannya gas CH₄ dari sampah yang ditimbun di TPA dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$Lo = DDOC_m * F * 16/12$$

Dimana.

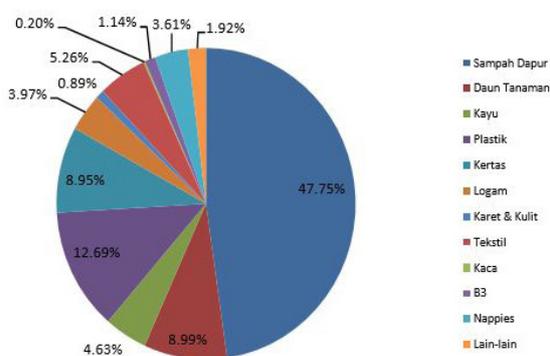
- Lo : Potensi emisi CH₄ Gg
 F : Fraksi emisi CH₄ yang dihasilkan di TPA
 16/12 : Rasio berat molekul CH₄/C

Hasil dan Pembahasan

1. Komposisi Sampah

Komposisi sampah diperlukan untuk menentukan *Degradable Organic Carbon* (DOC) akan berpengaruh pada tingkat emisi CH₄ yang dihasilkan sampah. Pada setiap sampah biasanya besarnya DOC tergantung pada komposisi (% berat)

dan *Dry Matter Content/DMC* (kandungan berat kering). Idealnya komposisi sampah di TPA diukur pada masing-masing TPA. Namun keterbatasan anggaran maka dapat menggunakan hasil survey yang dilakukan oleh KLH di TPA Medan, Palembang pada tahun 2011 dan hasil survey yang dilakukan GIZ di Kota Pekalongan tahun 2013. Pada penelitian ini penulis menggunakan data komposisi sampah Kota Pekalongan yang mana pola konsumsi masyarakat di Kabupaten/Kota lainnya tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan di Kota Pekalongan daripada menggunakan data komposisi sampah di Medan dan Palembang. Berikut gambar 1 data komposisi sampah di TPA Kota Pekalongan :



Grafik 1. Komposisi Sampah

Berdasarkan gambar di atas, komposisi sampah dapur tetap yang tertinggi diantara sampah lainnya yakni 47,75 %, hal ini mengingat sampah dapur/makanan dihasilkan dari sisa kebutuhan sehari-hari dari rumah tangga, pasar dan restoran/warung.

2. Degradable Organic Carbon (DOC)

Karakteristik yang akan menentukan laju pembentukan emisi gas CH_4 pada proses degradasi komponen organik/karbon pada sampah adalah DOC. Angka DOCi tiap jenis komponen sampah di Indonesia belum ada penelitian sehingga penulis merujuk pada angka default IPCC 2006. Komponen sampah yang mengandung DOC adalah makanan, kertas, pembalut/nappies, kayu, kain/tekstil, karet&kulit. DOC merupakan hasil perkalian antara DOCi dengan komposisi sampah di

TPA. Berikut tabel 1 hasil perhitungan DOC dari sampah yang dihasilkan :

Tabel 1 *Degradable Organic Carbon (DOC)*

No	Jenis Sampah	Nilai DOC
1	Makanan	0,216
2	Kertas,Pembalut	0,041
3	Kayu	0,025
4	Kain	0,016
5	Karet&Kulit	0,003
6	Plastik	0,000
7	Logam	0,000
8	Kaca	0,000

Sumber : hasil perhitungan, 2017

3. Fraksi DOC Terdekomposisi (DOC_f)

Selain DOC, fraksi DOC_f yang dapat terkomposisi pada kondisi anaerobik perlu diketahui. Fraksi DOC_f terdekomposisi adalah estimasi fraksi DOC yang mengalami dekomposisi di TPA, hal ini disebabkan tidak semua senyawa karbon organik pada sampah dapat dengan mudah terurai atau terurai secara lambat pada kondisi anaerob. Nilai DOC_f yang umum digunakan adalah 0,5 (IPCC 2006).

4. Fraksi Emisi CH_4 yang dihasilkan di TPA (simbol F)

Sampah yang terdapat di TPA akan menghasilkan gas dengan komposisi CH_4 sebesar 50%. Komposisi sampah yang didominasi oleh minyak (*fat and oil*) dalam jumlah besar akan memiliki fraksi emisi gas CH_4 lebih besar dari 50%. Hal ini yang menjadikan angka 50% sebagai data default (IPCC, 2006).

6. Faktor Koreksi CH_4 /Methana Correction Factor (MCF)

Setiap TPA memiliki sistem pengelolaan yang berbeda-beda, faktor koreksi CH_4 ini menunjukkan bahwa TPA terbuka (*Open Dumping*) akan menghasilkan gas CH_4 yang lebih sedikit dibandingkan TPA yang terkelola dengan baik. Hal ini disebabkan pada TPA terbuka, sampah yang terletak pada bagian atas akan mengalami dekomposisi secara aerobik. Nilai MCF terdiri dari 4 kategori yang disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Faktor Koreksi CH₄

No	Tipe TPA	Nilai MCF
1	TPA Sanitary Landfill	1,0
2	TPA Control Landfill	0,5
3	TPA Open Dumping > 5 mtr	0,8
4	TPA Open Dumping < 5 mtr	0,4
5	TPA Liar (pembuangan sampah di sungai, penguburan sampah)/ (Uncategorized).	0,6

Sumber : IPCC, 2006

Untuk diketahui bahwa pengelolaan sampah apabila dilakukan dengan sistem *sanitary landfill* akan menghasilkan CH₄ lebih besar dibandingkan dengan sistem *open dumping*. Namun apabila gas CH₄ yang dihasilkan melalui *sanitary landfill* dapat dimanfaatkan sebagai energi maka dianggap tidak ada CH₄ yang diemisikan. Hal ini berbeda dengan

emisi yang dihasilkan dari sistem *open dumping* yang memiliki dampak lebih kecil CH₄ dibandingkan *sanitary landfill*. Namun pada kondisi *open dumping* sulit dilakukan penangkapan CH₄ mengingat tidak terdapat konstruksi yang jelas dari TPA dan dampak yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, sedangkan sesuai guideline IPCC 2006 bahwa pengelolaan sampah dengan cara dibuang ke sungai dan dikubur termasuk dalam kategori pengelolaan TPA liar/*uncaterogized*.

7. Pola Pengelolaan Sampah

Berdasarkan hasil inventarisasi TPA di 35 Kabupaten/Kota, terdapat 57 TPA yang digunakan untuk memproses sampah. Dari ke 57 TPA belum ada yang menggunakan sistem *sanitary landfill* dan umumnya masih menggunakan pemrosesan sistem *control landfill* dan *open dumping*.

Tabel 3. Pola Pengelolaan Sampah

No	Pola Pengelolaan Sampah	%
1	Unmanaged Shallow/TPA open dumping < 5mtr	0,58
2	Unmanaged Deep/TPA open dumping > 5 mtr	10,78
3	Control landfill	2,11
4	Sanitary landfill	0,00
5	Dikubur/Uncategory	9,71
6	Dibuang ke sungai/Uncategory	9,18
7	Dibiarkan saja	5,49
8	Dibuang ke lahan kosong	15,79
9	Dibakar	41,41
10	Lain-lain	4,95

Sumber : hasil pengolahan data, 2017

Selain dikelola di TPA, juga terdapat aktivitas lain pengelolaan sampah di masyarakat yang merupakan hasil identifikasi program PPSP tahun 2010-2013 dari 35 Kabupaten/Kota (Tabel 3). Berdasarkan tabel di atas, penulis akan mengitung besarnya emisi yang dihasilkan dari kegiatan TPA yakni *open dumping* (*unmanaged shallow*, *unmanaged deep*) dan *control landfill*. Menurut IPCC 2006, kategori *unmanaged shallow* meliputi sampah yang dibuang di TPA dengan kondisi terbuka ketebalan sampah < 5 mtr, sampah dibuang di lahan kosong dan

dibiarkan saja dengan total *unmanaged shallow* sebesar 21,59 %.

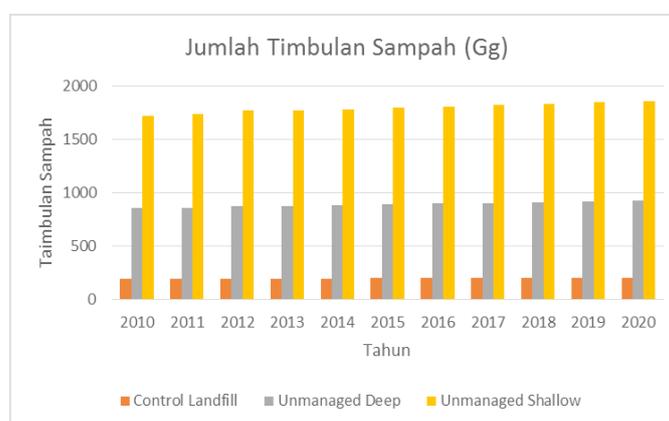
8. Timbulan sampah 2010-2020

Guna mengetahui pengaruh sampah terhadap terbentuknya emisi GRK, maka perlu dihitung jumlah timbulan sampah yang dihasilkan tahun 2010-2020 melalui proyeksi penduduk dari BPS (Bappenas, 2016) yakni jumlah timbulan sampah yang dihasilkan per kapita sebesar 0.25 ton. Berikut tabel 4 dan grafik 1 proyeksi jumlah penduduk dan jumlah timbulan sampah di TPA tahun 2010-2020.

Tabel 4 Jumlah Timbulan Sampah

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jumlah Pengelolaan Sampah (Gg/tahun)		
		Control Landfill	Unmanaged Deep	Unmanaged Shallow
2010	32.382.657	192,78	855,56	1719,89
2011	32.643.612	194,33	862,46	1733,75
2012	33.270.207	198,06	879,01	1767,03
2013	33.264.339	198,03	878,86	1766,72
2014	33.522.663	199,57	885,68	1780,44
2015	33.774.100	201,06	892,33	1793,79
2016	34.019.100	202,52	898,80	1806,80
2017	34.257.900	203,94	905,11	1819,49
2018	34.490.800	205,33	911,26	1831,85
2019	34.718.200	206,68	917,27	1843,93
2020	34.940.100	208,01	923,13	1855,72

Sumber : Hasil perhitungan, 2017



Grafik 2. Jumlah Timbulan Sampah

Berdasarkan grafik 2 di atas, jumlah sampah yang dikelola melalui TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* lebih banyak dibandingkan dengan TPA tipe *control landfill* maupun TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep*. Hasil dari identifikasi jumlah TPA sebanyak 57 menunjukkan tipe *unmanaged deep* sebesar 77.19%, tipe *unmanaged shallow* sebesar 7.01% dan tipe *control landfill* sebesar 15.79%. Kondisi ini sama juga terjadi di negara berkembang lainnya bahwa tipe TPA *unmanaged deep* sebesar 58.3 % (Kyiv, 2004).

Business as Usual (BAU) Emisi GRK

1. BAU Emisi GRK dari TPA *Open Dumping* Tipe *Unmanaged Shallow*

TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* merupakan kondisi TPA *open dumping* dengan ketebalan sampah < 5 mtr mulai dari dasar s.d. permukaan atas sampah. Data ketebalan sampah di TPA diperoleh berdasarkan *quisionier* yang

dibagikan ke instansi yang menangani kebersihan Kabupaten/Kota sekaligus dilakukan peninjauan langsung di lapangan. Dengan menggunakan Kalkulator Excel resmi dari Bappenas, maka jumlah emisi dari TPA *unmanaged shallow* dapat diketahui. Perlu diketahui pada pengelolaan sampah di TPA hanya mengemisikan CH₄ (KLH, 2012). TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* memiliki prinsip pengelolaan sampah dengan tumpukan terbuka, tanpa ada pemadatan, dan tidak memenuhi persyaratan teknis TPA. Ketebalan sampah akan mempengaruhi pembentukan CH₄ melalui perbedaan akses udara dan kepadatan sampah. Sampah dengan ketebalan <5 m umumnya membusuk secara aerobik, menghasilkan sedikit gas CH₄ (IPCC 1996). Besarnya MCF TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* adalah 0,4. Berikut tabel 5 besarnya emisi gas CH₄ atau CO₂e yang dihasilkan dari tipe *unmanaged shallow*.

Tabel 5. Emisi Tipe *Unmanaged Shallow*

Tahun	Jumlah Emisi	
	Gg CH ₄	Total Gg CO ₂ ,eq
2010	36,34	763,07
2011	37,12	779,52
2012	37,88	795,49
2013	38,73	813,24
2014	39,43	828,09
2015	40,12	842,42
2016	40,77	856,20
2017	41,40	869,44
2018	42,01	882,14
2019	42,59	894,34
2020	43,15	906,07

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

Pada tabel di atas merupakan total hasil perhitungan seluruh jenis sampah yang berpengaruh pada terbentuknya emisi CH₄. Dengan menggunakan tool kalkulator excel Bappenas, maka dapat diketahui besarnya emisi yang dihasilkan dari TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* s.d. tahun 2020 untuk gas CH₄ sebesar 43,15 Gg atau sebesar 906,07 Gg CO₂e.

2. BAU Emisi GRK dari TPA Open Dumping Tipe *Unmanaged Deep*

TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep* merupakan kondisi TPA dengan ketebalan sampah > 5 mtr mulai dari dasar s.d. permukaan atas sampah.

Produksi gas CH₄ lebih banyak dikarenakan lapisan sampah di bagian atas mencegah akses udara ke lapisan bawah menciptakan kondisi anaerobik (Kyiv, 2004). Besarnya MCF *open dumping* tipe *unmanaged deep* adalah 0,8. Jumlah emisi yang dihasilkan dari tipe *unmanaged deep* lebih besar daripada *Unmanaged Shallow*. Sebagai contoh hasil perhitungan dari tipe *unmanaged deep* dan *unmanaged shallow* pada tahun 2020 masing-masing sebesar 901,45 Gg CO₂,eq dan 906,07 Gg CO₂,eq. Berikut tabel 6 .hasil perhitungan jumlah emisi yang dihasilkan dari TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep*

Tabel 5 Emisi Tipe *Unmanaged Deep*

Tahun	Jumlah Emisi	
	Gg CH ₄	Total Gg CO ₂ ,eq
2010	36,15	759,18
2011	36,93	775,55
2012	37,69	791,43
2013	38,53	809,10
2014	39,23	823,88
2015	39,91	838,13
2016	40,56	851,84
2017	41,19	865,01
2018	41,79	877,65
2019	42,37	889,79
2020	42,93	901,45

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

3. BAU Emisi GRK dari TPA *Control Landfill*

Pengelolaan sampah dengan TPA *control landfill* merupakan pengelolaan sampah dengan sistem pengurangan sampah dengan media tanah/lapisan plastik sekurang-kurangnya 7 hari sesuai Permen PU No. 3 Tahun 2013. TPA *control landfill* dirancang khusus untuk dengan desain teknis yang tepat, yang memungkinkan pengelolaan sampah yang terkontrol. Pengelolaan sampah yang baik memastikan bahwa sampah dipadatkan untuk

meminimalkan penggunaan ruang hampa. Semua faktor ini dapat mendorong perkembangan dan pemeliharaan kondisi anaerobik yang cepat di dalam TPA dan dapat dimanfaatkan gas CH_4 yang dihasilkan (Kyiv, 2004). jumlahnya pengelolaan sampah di Kabupaten/Kota hanya dengan sistem *control landfill* sangat sedikit dibandingkan yang dikelola tanpa gunakan media urug (*open dumping*). Emisi yang dihasilkan dari sistem *control landfill* lebih sedikit dibandingkan dengan sistem *unmanaged deep* dan *shallow*.

Tabel 6 Emisi Tipe Control Landfill

Tahun	Jumlah Emisi	
	Gg CH_4	Total Gg CO_2e
2010	4,76	99,89
2011	4,85	101,95
2012	4,95	103,96
2013	5,06	106,21
2014	5,15	108,09
2015	5,23	109,90
2016	5,32	111,65
2017	5,40	113,33
2018	5,47	114,94
2019	5,55	116,49
2020	5,62	117,99

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

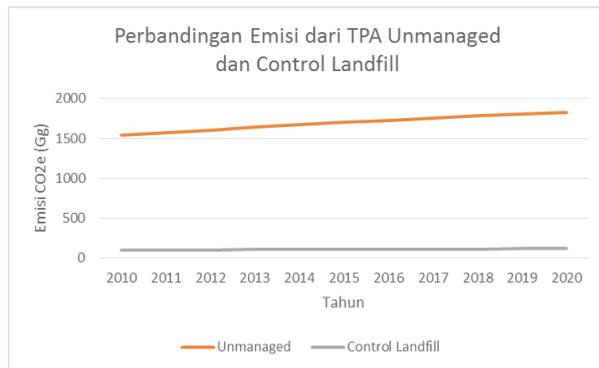
Dari perhitungan-perhitungan sebelumnya, jumlah emisi yang dihasilkan dari pengelolaan sampah tipe open dumping *unmanaged deep* dan *shallow* lebih besar dibandingkan dengan *control landfill*. TPA *control landfill* tetap mengemisikan gas CH_4 dikarenakan tidak semua sampah mengalami

pembusukan sempurna, sesuai IPCC 2006 bahwa MCF *control landfill* sebesar 0,5. Berikut tabel 7 dan gambar yang menyajikan data total TPA tipe *open dumping/unmanaged (unmanaged deep dan unmanaged shallow)* dengan TPA *control landfill*.

Tabel 7 Emisi Tipe *Unmanaged* dan *Control Landfill*

Tahun	Emisi GRK (CO_2e) Gg		Total Emisi (CO_2e) Gg
	Unmanaged	Control Landfill	
2010	1541,34	99,89	1641,23
2011	1574,57	101,95	1676,52
2012	1606,82	103,96	1710,78
2013	1642,68	106,21	1748,89
2014	1672,68	108,09	1780,77
2015	1701,62	109,90	1811,52
2016	1729,46	111,65	1841,11
2017	1756,19	113,33	1869,52
2018	1781,85	114,94	1896,79
2019	1806,50	116,49	1922,99
2020	1830,19	117,99	1948,18

Sumber : Hasil perhitungan, 2017



Grafik 3. Perbandingan emisi dari TPA *Unmanaged* dan *Control Landfill*

Berdasarkan perhitungan di atas, emisi yang dihasilkan dari TPA tipe *unmanaged* dan *control landfill* menunjukkan perbedaan yang signifikan jumlahnya. Emisi yang dihasilkan dari TPA tipe *Control Landfill* hanya 5,90 % dari total emisi dari TPA, sedangkan emisi dari TPA tipe *unmanaged/open Dumping* sebesar 94,1%. Kondisi ini berbanding lurus kondisi sampah yang dikelola lebih banyak di TPA *Open Dumping* dan hal ini tidak jauh berbeda dengan negara-negara berkembang yang pengelolaan sampah masih dilakukan secara konvensional yakni sistem *Landfill*, sedangkan di negara maju telah menggunakan teknologi dalam mengelola sampah (UNEP, 2004). Menurut Barton Et al. (2008) bahwa TPA *sanitary landfill* tanpa penangkapan gas akan menghasilkan emisi GRK tertinggi (1.2 ton CO₂e per ton sampah), diikuti oleh TPA *open dumping* (0,74 ton CO₂e per ton sampah), TPA *control landfill* (0,19 ton CO₂e per ton sampah). Prinsipnya adalah sesuai IPCC 2006 bahwa emisi CH₄ dihasilkan paling banyak pada kondisi TPA *open dumping* dibandingkan TPA *control landfill* (Melissa Weitz, et al, 2008). Kondisi TPA yang sebagian besar merupakan sistem *open dumping*, kebanyakan bahan organik mengalami dekomposisi anaerobik yang menyebabkan dihasilkannya gas CH₄ lebih banyak. (Suprihatin, dkk, 2008), (Sing SK, et al, 2016).

Terbentuknya gas CH₄ dipengaruhi oleh beberapa faktor (Westlake,1990), (Komilis et al, 1999), antara lain.

- a. Komposisi Sampah
Komposisi sampah pada negara berkembang sebagian besar berupa

sampah makanan dan taman, sedangkan negara maju, terutama Amerika Utara, memiliki kandungan kertas dan karton yang sangat tinggi. Komposisi sampah organik di Jawa Tengah yang terdiri atas sampah dapur 47,75 %, daun 8,99% dan kayu 4,63% akan berpengaruh pada pembentukan CH₄ karena memiliki nilai DOC yang tinggi (IPCC 2006). Jenis sampah organik seperti sisa makanan/dapur, taman, kertas memiliki kandungan DOC lebih besar dari pada plastik, logam, kaca. Pada sampah organik umumnya mengandung selulosa 40-50%, lignin 10-15%, hemiselulosa 12% dan protein 4% pada berat kering yang dapat diubah menjadi CH₄ melalui reaksi fisika, kimia dan biologis (Barlaz et al., 1989).

- b. Kandungan air
Kandungan air akan berpengaruh pada proses pembusukan sebagai contoh hasil penelitian KLH pada tahun 2011 diperoleh kandungan air pada sampah makanan sebesar 41%, taman sebesar 43%, kertas sebesar 56%, logam sebesar 0%, kaca sebesar 8%. Air pada sampah berfungsi sebagai media untuk merangsang pertumbuhan sel dan metabolisme, transportasi nutrisi di bakteri (Mehta et al. 2002). Kandungan air akan bergantung pada kadar air disampah sejak awal (DMC/ *Dry Matter Content*), tingkat infiltrasi dari sumber air permukaan dan air tanah, dan jumlah air yang dihasilkan sebagai hasil dekomposisi sampah itu sendiri.
- c. Sistem Pengelolaan Sampah di TPA
Sistem pengelolaan sampah di TPA berdasarkan pedoman dari IPCC 2006 akan berpengaruh pada pembentukan CH₄ (Daura et al., 2014). Tipe TPA dapat diklasifikasikan sebagai berikut pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai MCF Pada TPA

No	Tipe TPA	Nilai MCF
1	TPA Sanitary Landfill	1,0
2	TPA Control Landfill	0,5
3	TPA Open Dumping >5mtr (Unmanaged Deep)	0,8
4	TPA Open Dumping <5mtr (Unmanaged Shallow)	0,4

Sumber : IPCC 2006

- TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep* memiliki MCF lebih tinggi dibandingkan *unmanaged shallow* dan *control landfill*. Perlu diketahui bahwa TPA *sanitary landfill* belum ada di wilayah Jawa Tengah.
- d. Tingkat Keasaman Sampah
Tingkat keasaman (pH) sampah akan berpengaruh pada pembentukan CH₄ dan pH optimal untuk pembentukan CH₄ pada *range* 6,8-7,2. Produksi gas CH₄ akan menurun secara drastis pada pH di bawah 6,5. Apabila sampah yang mengandung Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) tercampur dengan sampah, maka produksi CH₄ diperkirakan akan terhambat.
- e. Temperatur
Salah satu bakteri yang berperan pada proses pembentukan gas CH₄ adalah bakteri Methanogenik yang

sangat dipengaruhi oleh temperatur dalam proses pembusukan. Tingkat produksi CH₄ berlangsung optimal pada temperatur 50-60 °C. Biasanya pada TPA dengan kondisi terbuka pada area yang cukup luas dan kondisi temperatur 25-40 °C cukup berlangsungnya pembentukan gas CH₄.

Guna mengurangi emisi yang dihasilkan, maka perlu adanya aksi mitigasi pengelolaan sampah di TPA dengan target pengurangan emisi s.d 2020. Aksi mitigasi akan dibagi menjadi 2 tahap yakni tahap I tahun 2010-2016 aksi mitigasi yang telah dilakukan di Kabupaten/Kota dan tahap II rencana aksi mitigasi tahun 2017-2020. Berdasarkan identifikasi di Kabupaten/Kota berikut aksi mitigasi yang telah dilakukan tahun 2010-2016 dan rencana penurunan emisi GRK tahun 2017-2020 sebagai berikut pada tabel 9.

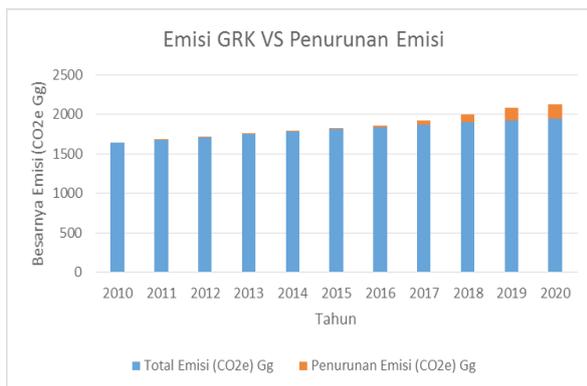
Tabel 9. Rencana Aksi Penurunan Emisi GRK

Tahun	Jumlah Kab/ Kota	Sampah yang dikurangi (Gg/thn)	Penurunan Emisi (CO ₂ e) Gg/thn	Penurunan Emisi Akumulatif s.d. 2020 (CO ₂ e) Gg/ thn	Penurunan Emisi GRK (%)
2010	0	0,00	0	0	0,00
2011	2	5,13	1,42	1,42	0,09
2012	3	3,13	0,87	2,30	0,13
2013	3	3,13	0,87	3,17	0,18
2014	0	0,00	0,00	3,17	0,18
2015	1	5,11	1,42	4,59	0,25
2016	1	42,15	11,73	16,33	0,89
2017	8	138,57	38,57	54,90	2,94
2018	9	181,66	50,57	105,48	5,56
2019	10	185,83	51,73	157,21	8,18
2020	4	89,92	25,03	182,24	9,35

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

Berdasarkan tabel di atas, pembangunan TPA di Kabupaten/Kota sampai dengan tahun 2016 hanya sebanyak 10 unit TPA. Upaya yang dilakukan s.d. tahun 2016 hanya mampu menurunkan

emisi 0,89 %. Berdasar kuisioner tahap 2 untuk rencana kegiatan dalam pengurangan emisi di TPA dengan hasil 31 Kabupaten/Kota akan berperan menurunkan emisi GRK sektor sampah domestik. Target penurunan emisi s.d. 2020 diprediksi sebesar 9,35% atau 182,245 Gg CO₂e. Keterbatasan anggaran, pemilihan lahan, ketidaksesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan faktor sosial menyebabkan pengelolaan sampah tidak berlangsung dengan optimal.



Grafik 4. Perbandingan Besarnya Emisi dengan Rencana Aksi Mitigasi

Namun permasalahan sosial yang menjadi faktor utama dimana penolakan keberadaan TPA lama maupun calon TPA oleh masyarakat sekitar berkenaan dengan sebab yang membahayakan kesehatan, keselamatan, berkurangnya kenyamanan (Mahyudin, 2017). Menurut Melissa Weitz, Et al (2008) Aksi penurunan emisi lainnya yang dapat

dilakukan adalah mengoptimalkan pengelolaan sampah pada sumbernya yakni prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) baik yang dilakukan oleh Pemerintah maupun masyarakat. Pada jurnal ini penulis hanya fokus perhitungan emisi dan pengurangan emisi terhadap sampah yang dikelola di TPA. Berikut grafik besarnya emisi tahun 2010-2020 sebelum ada aksi mitigasi (warna biru) dan besarnya emisi yang dapat diturunkan (warna orange).

Simpulan

1. Pengelolaan sampah pada 57 TPA di Jawa Tengah sebagian besar masih dalam kondisi *Open dumping/unmanaged* dengan emisi yang dihasilkan sebesar 94,10% sedangkan *control landfill* sebesar 5,90%
2. Jenis pengelolaan sampah dengan *control landfill* tahun 2010-2020 diperkirakan hanya mampu menurunkan emisi sebesar 9,35%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bupati/Walikota 35 Kabupaten/Kota di Jawa Tengah, Kepala Instansi Lingkungan Hidup 35 Kabupaten/Kota, rekan-rekan staf Instansi Lingkungan Hidup Kabupaten/Kota yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Barlaz, M.A., Schaefer, D.M., Ham, R.K., 1989. Bacterial population development and chemical characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill. *Applied and Environmental Microbiology* 55 (1), 55–65
- Daura, L.A, Enaburekhan,J, Rufai, A.I, 2014. Estimation of Methane gas Emission from Solid Waste disposal sites in Kano, Nigeria. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 10, October-2014
- Hezhong, T., Jiajia , G., Long, L., Cuangyong, Z., Peipei, Q., 2013. Atmospheric Pollution Problems and Control Proposals Associated with Solid Waste Management in China
- Karagiannidis A, Tsatsarelis T, Moussiopoulus N, 2007. Estimation of methane Potential From Landfill Gas of The New Hellenic Sanitary landfills. *Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University, Thessaloniki, Greece*
- KLHK, 2016. Perubahan Iklim, Perjanjian Paris, dan Nationally Determined Contribution. *Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. Jakarta*

- Komilis, D.P., Harn, R.K., Stegmann, R., 1999. The effect of landfill design and operation practices on waste degradation behaviour: a review. *Waste Management and Research* 17, 20–26
- Kyiv, 2004. Inventory of Methane Emissions in the Solid Waste Sector of Ukraine. Agency for Rational Energy Use and Ecology (Ukraine)
- Mahyudin, P.R., 2017. Kajian Permasalahan Pengelolaan Sampah dan Dampak Lingkungan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3 (1) : 66-74, 2017
- Mark Orlic and Tom Kerr (1996). A Guide for Methane Mitigation Projects. Gas-to-Energy at Landfills and Open Dumps. Draft. U.S. Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation. January
- Mehta, R., Barlaz, M.A., Yazdani, R., Augenstein, D., Bryars, M., Sinderson, L., 2002. Refuse decomposition in the presence and absence of leachate recirculation. *J. Environ. Eng.* 128 (3), 228–236
- Melissa, W., Coburn, B.J., Salinas, E., 2008. Estimating National Landfill Methane Emissions: An Application of the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Waste Model in Panama. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Volume 58 May 2008
- P.B.Vyas, 2011. Municipal Solid Waste Management At India. *Sigma Institute of Engineering Bakrol, Vadodara, India. Jr. of Industrial Pollution Control* 27(1)(2011) pp 79-81
- Sing SK, Anunay G, Rohit G, Shivangi G, Vipul V, 2016. Greenhouse Gas Emissions From Landfill : A Case of NCT of Delhi, India
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, et al. (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, IPCC Fourth Assessment Report*
- Suprihatin, Indrasti, S.W, Romli, M., 2008. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian – IPB. *J. Tek. Ind. Pert.* Vol. 18(1), 53-59
- UNEP–United Nations Environment Programme, 2004. Waste management planning – An environmentally sound approach for sustainable urban waste management, An introductory guide for decision-makers, Report prepared by the Division of Technology, Industry and Economics, Integrative management series No. 6, Report downloaded from (Dec 2010)
- Wangyao, K., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Gheewala, S.H., Nopharatana, A., 2009. Application of the IPCC waste model to solid waste disposal sites in tropical countries: case study of Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment* 164, 249–261
- Weitz, M., Coburn, J.B., Salinas, E., 2008. Estimating national landfill methane emissions: an application of the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change waste model in Panama. *Journal of the Air & Waste Management Association* 58, 636–640
- Westlake K. (1990) “Landfill Microbiology,” *Proceedings of the International Conference Landfill Gas: Energy and Environment '90*, Bournemouth, U.K

Mohammad Arfi Setiawan, Mita Dewi Retnoningrum. (2019). Aktivitas Antibakteri Biji Jeruk Manis (*Citrus inesis*) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 34-38. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

AKTIVITAS ANTIBAKTERI BIJI JERUK MANIS (*Citrus sinensis*) TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli*

Mohammad Arfi Setiawan^{1*}, Mita Dewi Retnoningrum²

¹Fakultas Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Universitas PGRI Madiun

Jl. Auri no 14-16 Madiun, Jawa Timur, Indonesia

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Biologi, Universitas Billfath
Siman, Sekaran, Lamongan, Jawa Timur, Indonesia

*Email: marfis@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan penyakit pada manusia saat ini semakin beragam dan berjalan relatif cepat. Salah satu penyebab timbulnya berbagai penyakit tersebut yaitu mikroorganisme seperti bakteri *Escherichia coli*. Pengobatan yang biasa dilakukan masyarakat yaitu menggunakan obat-obatan kimia, yang dapat menimbulkan efek resisten pada bakteri bahkan efek samping bagi pasien, sehingga penting untuk dilakukan usaha pemanfaatan tanaman sebagai bahan obat herbal dengan memanfaatkan limbah biji buah jeruk manis sebagai antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri biji jeruk (*Citrus sinensis*) terhadap bakteri *Escherichia coli*. Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratorium dengan menggunakan metode difusi untuk uji aktivitas antibakterinya. Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) preparasi sampel berupa serbuk biji jeruk, (2) maserasi serbuk biji jeruk dengan pelarut n-heksana dan etanol, (3) uji antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji jeruk menghambat pertumbuhan bakteri *E.coli* dengan zona hambat ekstrak n-heksan dan etanol sebesar $7,93 \pm 1,90$ mm dan $18,27 \pm 2,40$ mm. Biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) memiliki potensi sebagai antibakteri.

Kata Kunci: antibakteri, *Citrus sinensis*, ekstraksi biji jeruk, *Escherichia coli*

Abstract

Development of disease in humans is increasingly diverse and runs quickly. One cause of the incidence of various diseases are microorganisms such as *Escherichia coli*. The usual treatment is the use of chemical drugs, which can cause the effects of resistance to bacteria and even side effects for patients, so it is important to do business utilization of plants as herbal medicinal materials by utilizing the waste of sweet orange seeds as an antibacterial. This study aims to determine the antibacterial activity of orange seeds (*Citrus sinensis*) against *Escherichia coli*. This study is designed as an laboratory experimental with diffusion method for the antibactey test. The study was conducted with the following stages: (1) preparation of the sample of orange seed powder, (2) maseration of orange seeds powder with n-hexane and ethanol solvent, (3) antibacterial test. The results showed that orange seeds inhibited the growth of *Escherichia coli* with inhibition zone of n-hexane and ethanol extracts of 7.93 ± 1.90 mm and 18.27 ± 2.40 mm. Sweet orange seeds (*Citrus sinensis*) have the potential as antibacterial.

Keywords: antibacterial, *Citrus sinensis*, *Escherichia coli*, orange seeds extract

Pendahuluan

Buah jeruk manis (*Citrus sinensis*) merupakan salah satu buah yang banyak digemari oleh masyarakat. Selain karena rasanya manis, buah ini bisa dimanfaatkan sebagai obat herbal penyakit infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme. Salah satunya yaitu bakteri *Escherichia coli*, meskipun beberapa jenis tidak membahayakan, namun akan dapat merugikan kesehatan apabila tidak ditangani dengan baik. Pengobatan yang biasa dilakukan yaitu

dengan menggunakan obat-obatan kimia, namun pengobatan kimia tersebut dapat menimbulkan efek samping apabila dosisnya kurang tepat. Solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan bahan alam dari tanaman, salah satunya dengan melakukan pemanfaatan limbah buah jeruk manis berupa bijinya yang diduga berpotensi sebagai antibakteri. Penelitian tanaman jeruk sebagai antibakteri sudah banyak dilakukan khususnya pada bagian kulit jeruk. Ekstrak heksana kulit buah 12 varietas *Citrus sinensis* menghambat bakteri *Staphylococcus aureus*,

Listeria monocytogenes dan *Pseudomonas aeruginosa* (Geraci *et al.*, 2016). (Geraci, Stefano, Martino, Schillaci, & Schicchi, 2016).

Uji aktivitas antibakteri kulit buah *C. sinensis* dengan pengeksrak etanol, metanol, aseton, kloroform dan eter (Shetty, *et al.*, 2015). Hasil menunjukkan bahwa semua ekstrak relatif menghambat bakteri *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi A*, *Salmonella paratyphi B*, *Shigella flexneri* dan *Vibrio cholerae*. Perbandingan aktivitas antibakteri dari kulit buah *C. sinensis* dan *C. aurantium* terhadap bakteri *Klebsiella pneumoniae* dan *Bacillus cereus* (Madhuri, Ashwini, Srilakshmi, & Kekuda, 2014). Kulit buah *C. sinensis* memiliki aktivitas antibakteri lebih tinggi daripada kulit buah *C. aurantium*. Aktivitas antibakteri kulit buah *C. sinensis* terhadap *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* dan *Clostridium sulfite reducers* (Yerou, Bouhadi, Meddah, & Touil, 2017). Uji aktivitas antibakteri kulit buah jeruk nipis *Citrus aurantifolia* juga telah banyak dilaporkan. Ekstrak kulit buah jeruk nipis dengan konsentrasi 10% menghambat aktivitas enzim glukosiltransferase *Streptococcus mutans* penyebab karies gigi (Adindaputri, Purwanti, & Wahyudi, 2013). Perasan jeruk nipis juga memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* (Berlian, Fatiqin, & Agustina, 2016). Selain sebagai antibakteri, kulit buah jeruk juga dapat berfungsi sebagai antioksidan (Yerou, Bouhadi, Meddah, & Touil, 2017) dan antijamur (Madhuri, Ashwini, Srilakshmi, & Kekuda, 2014). Berdasarkan penelitian Madhuri *et al.*, (2014) kulit buah jeruk *Citrus sinensis* dan *Citrus aurantium* menghambat pertumbuhan jamur *Colloetotrichum capsici*.

Seperti halnya kulit buah jeruk yang memiliki banyak manfaat, biji jeruk juga memiliki beragam manfaat. Biji jeruk yang biasanya dibuang dan merupakan sampah ternyata memiliki kandungan asam lemak omega yang bermanfaat untuk mengurangi peradangan, asam salisilat yang kegunaannya sama seperti aspirin untuk meringankan rasa sakit dan nyeri. Selain itu, terdapat limonin yang merupakan senyawa limonoid yang dapat menghambat pertumbuhan tumor (Okwu, 2008).

Manfaat lain dari biji jeruk yaitu sebagai antioksidan alami adalah minyak biji jeruk manis

(*Citrus sinensis*) mengandung karotenoid, senyawa fenolik, α -tokoferol, dan fitosterol (Jorge, Silva, & Aranha, 2016). Pemanfaatan biji jeruk sebagai antibakteri belum banyak dilakukan selama ini, sehingga dilakukan penelitian aktivitas antibakteri biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) terhadap *Escherichia coli*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri biji jeruk manis, sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi alternatif bahan alami yang dapat digunakan sebagai antibakteri.

Material Dan Metode

Penelitian ini mulai dilakukan pada bulan Februari 2018. Pemisahan ekstrak dengan pelarut dilakukan di Laboratorium SMK 3 Madiun, sedangkan untuk uji aktivitas antibakteri, dilakukan di laboratorium Biologi Universitas Negeri Malang.

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah seperangkat alat destilasi. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) yang dikumpulkan dari penjual, n-heksana, etanol, *Escherichia coli*, aquades steril, media Salmonella Shigella Agar (SSA), Nutrient Agar (NA), dan *chloramphenicol*.

1. Pelaksanaan penelitian

a. Preparasi Sampel

Biji jeruk manis yang sudah dikumpulkan selanjutnya dikeringkan. Biji yang telah kering digiling sampai menjadi serbuk. Bentuk serbuk akan memperluas bidang sentuh sampel sehingga proses ekstraksi menjadi lebih optimal (Gambar 1).



Gambar 1. Biji Jeruk Manis dan Serbuk Biji Jeruk Manis

- b. **Ekstraksi Sampel**
 Serbuk biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) dimasukkan ke dalam wadah maserator. Selanjutnya ditambahkan n-heksana dan didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam dilakukan penyaringan sehingga diperoleh residu dan filtrat. Residu dilanjutkan maserasi dengan etanol, sedangkan filtrat hasil penyaringan dievaporasi untuk menghilangkan pelarut dan hasilnya diberi nama FH (Filtrat n-Heksan). Residu dimasukkan ke wadah maserator, ditambahkan etanol dan didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam dilakukan penyaringan sehingga diperoleh residu dan filtrat. filtrat hasil penyaringan dievaporasi untuk menghilangkan pelarut dan hasilnya diberi nama FE (Filtrat Etanol).
- c. **Uji Aktivitas Antibakteri**
 Uji aktivitas antibakteri ekstrak n-heksana dan etanol biji jeruk manis dilakukan dengan mensterilisasi semua peralatan yang akan digunakan. Pengujian antibakteri dilakukan dengan menyiapkan semua alat dan bahan dalam *laminar air flow*. Starter bakteri *E. coli* selanjutnya dimasukkan ke dalam media agar yang siap pakai sebanyak 10 µL dan diratakan secara searah. Kertas cakram yang sudah mengandung sampel kemudian dimasukkan ke dalam media agar yang berisi bakteri. Medium yang telah diisi dengan sampel dan bakteri dimasukkan ke dalam inkubator kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Untuk memvalidkan data, dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Pada uji aktivitas antibakteri digunakan kontrol + berupa *Chloramphenicol* dan kontrol – berupa akuades. Kontrol diperlukan sebagai pembanding zat yang dilakukan uji aktivitas antibakteri.
- d. **Analisis Data**
 Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan mengukur zona hambat. Data

dianalisis dengan ANOVA satu jalur. Jika data signifikansi dilanjutkan dengan uji DMRT.

Hasil dan Pembahasan

Filtrat hasil maserasi memiliki perbedaan warna, yaitu FH memiliki warna lebih terang daripada FE yang dapat dilihat pada Gambar 2. Hal ini mengindikasikan kandungan senyawa dalam kedua filtrat tersebut berbeda.

Setelah dilakukan pengujian aktivitas antibakteri, diketahui bahwa FH dan FE memiliki daya hambat terhadap bakteri *Escherichia coli*. Hal tersebut diketahui dari terdapatnya zona hambat dari tiap pengulangan. Zona hambat menandakan tidak adanya bakteri yang tumbuh (Gambar 3).

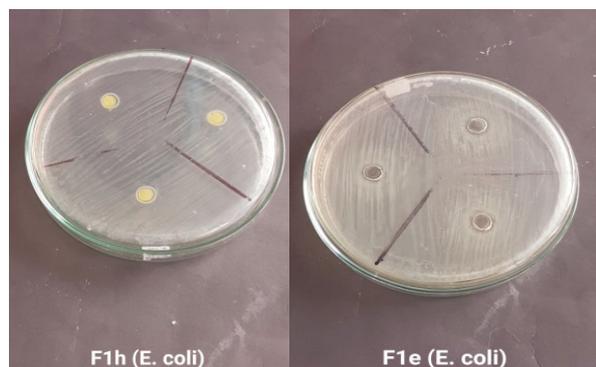


Gambar 2. Hasil Ekstraksi Biji Jeruk dengan n-Heksana (FH) dan Hasil Ekstraksi Biji Jeruk dengan Etanol (FE)

Pengukuran diameter zona hambat tersebut diperoleh rata-rata sebesar $7,93 \pm 1,90$ mm untuk FH dan $18,27 \pm 2,40$ mm untuk FE. Hasil uji ANOVA satu jalur diketahui bahwa data signifikan dengan $0,002 < 0,05$. Secara lebih detail data dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan rata-rata daya hambat bakteri, sehingga dilakukan uji lanjutan DMRT. Hasil uji DMRT diketahui bahwa rata-rata daya hambat tidak berbeda secara signifikan terhadap kontrol – (akuades). Namun, aktivitas antibakteri biji jeruk manis terhadap bakteri *Escherichia coli* diketahui bahwa FE (ekstrak etanol) memiliki daya hambat yang lebih tinggi daripada FH (ekstrak n-heksana).

Warna filtrat dan hasil uji antibakteri yang berbeda antara FH (ekstrak n-heksana) dan FE (ekstrak etanol) menandakan bahwa kandungan dalam ekstrak yang berbeda. Ekstrak etanol biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) mengandung

alkaloid, flavonoid dan steroid (Oikeh, Oriakhi, & Omoregie, 2013).



Gambar 3. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Jeruk dengan n-Heksana (FH) dan Ekstrak Biji Jeruk dengan Etanol (FE)

Warna filtrat dan hasil uji antibakteri yang berbeda antara FH (ekstrak n-heksana) dan FE (ekstrak etanol) menandakan bahwa kandungan dalam ekstrak yang berbeda. Ekstrak etanol biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) mengandung alkaloid, flavonoid dan steroid (Oikeh, Oriakhi, & Omoregie, 2013). Kandungan ekstrak etanol biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) antara lain tanin, steroid, flavonoid dan terpenoid (Oke & Akeju, 2017). Sedangkan ekstrak n-heksana mengandung

minyak dengan komposisi asam lemak yaitu, asam palmitat, asam stearat, asam arakhidat, asam trikosilat, asam heneikosilat, asam palmitoleat, asam oleat, dan asam linoleat (Oluremi, Akinkunmi, Ajayi, Kilanko, & Adefemi, 2016).

Biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) mengandung flavonoid dan minyak. Hal ini menandakan biji jeruk manis memiliki banyak kegunaan seperti antibakteri dan sebagai bahan sintesis biodiesel. Pembuatan biodiesel dari biji jeruk manis dengan efisiensi 96,82% menggunakan reaksi transesterifikasi (Azad, 2017).

Simpulan

Biji jeruk manis (*Citrus sinensis*) memiliki potensi sebagai antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak n-heksana (FH) dan ekstrak etanol (FE) menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dengan diameter zona hambat berturut-turut $7,93 \pm 1,90$ mm dan $18,27 \pm 2,40$ mm.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada Universitas PGRI Madiun yang telah membantu pendanaan agar penelitian ini terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Adindaputri, U. Z., Purwanti, N., & Wahyudi, I. A. (2013). Pengaruh Ekstrak Kulit Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) Konsentrasi 10 % Terhadap Aktivitas Enzim Glukosiltransferase *Streptococcus mutans*. *Majalah Kedokteran Gigi.*, Vol 20(2):126-131.
- Azad, A. (2017). Biodiesel from Mandarin Seed Oil: A Surprising Source of Alternative Fuel. *Energies*, Vol 10 : 1-22.
- Berlian, Z., Fatiqin, A., & Agustina, E. (2016). Penggunaan perasan Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dalam Menghambat Bakteri *Escherichia coli* pada Bahan Pangan. *Jurnal Bioilmi*, Vol. 2 No. 1 hal 51-.
- Geraci, A., Stefano, V. D., Martino, E. D., Schillaci, D., & Schicchi, R. (2016). Essential oil components of orange peels and antimicrobial activity. *Natural Product research*, 1-8.
- Jorge, N., Silva, A. C., & Aranha, C. P. (2016). Antioxidant activity of oils extracted from orange (*Citrus sinensis*) seeds. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, Vol 88(2): 951-958.
- Madhuri, S., Ashwini, U., Srilakshmi, N., & Kekuda, T. P. (2014). Antimicrobial activity of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantifolium* Peel Extracts. *Journal Pharmaceutical and Scientific Innovation*, Vol 3 (4) : 366-368.
- Oikeh, E., Oriakhi, K., & Omoregie, E. (2013). Proximate Analysis and Phytochemical Screening of *Citrus sinensis* Fruit Wastes. *The Bioscientist*, Vol. 1(2):164-170.



- Oke, I. S., & Akeju, A. (2017). Laboratory evaluation of extract from peels and seeds of some Citrus species against Anopheles mosquitoes (Diptera: Culicidae) . *International Journal of Mosquito Research*, Vol 4(5): 48-54.
- Okwu, D. E. (2008). Citrus Fruits : A Rich Sources of Phytochemicals and Their Roles and Human Health. *Int. Journal Chem. Science* , Vol 6(2) : 451-471 .
- Oluremi, O. I., Akinkunmi, E. O., Ajayi, O. S., Kilanko, O., & Adefemi, G. (2016). Physicochemical and in vitro antimicrobial activity of the oils and soap of the seed and peel of Citrus sinensis . *African Journal of Microbiology Research* , Vol 10 (8) : 245 - 253.
- Shetty, S. B., Ismail, P. M.-S., Varghese, S., Thomas-George, B., Kandathil-Thajuraj, P., Baby, D., . . . Devang-Divakar, D. (2015). Antimicrobial effects of Citrus sinensis peel extracts against dental caries bacteria: An in vitro study. *Journal section: Community and Preventive Dentistry*, e71-e78.
- Yerou, K. O., Bouhadi, K. I., Meddah, B., & Touil, A. T. (2017). The Use of Orange (Citrus sinensis) Peel as Antimicrobial and Antioxidant Agent. *Journal of Fundamental and Applied Sciences* , Vol 9(3), 1351-1357.

Dwi Setyo Astuti, Ruslan. (2019). Analisis Tingkat Kemiripan Orthoptera Menggunakan Indeks Sorensen dan Dendogram di Hutan Bromo Karanganyar Jawa Tengah, Indonesia. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 39-47. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

ANALISIS TINGKAT KEMIRIPAN ORTHOPTERA MENGUNAKAN INDEKS SORENSEN DAN DENDOGRAM DI HUTAN BROMO KARANGANYAR JAWA TENGAH, INDONESIA

¹Dwi Setyo Astuti; ²Ruslan

Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

²Dinas Pertanian Perkebunan dan Perikanan Kabupaten Bora, Jawa Timur, Indonesia

*Email: dsa122@ums.ac.id

Abstrak

Identifikasi suatu spesies dilakukan dengan cara mengamati berbagai ciri umum maupun khusus dari spesies tersebut berdasarkan karakter morfologi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menghitung tingkat kekerabatan Ordo Orthoptera di Hutan Wisata Bromo Karanganyar menggunakan indeks kesamaan Sorensen dan dendogram. Metode penelitian menggunakan deskriptif kuantitatif. Sampel diperoleh melalui sampling di beberapa etape dalam hutan meliputi semak, jalan setapak, sungai dan area pepohonan. Hasil menunjukkan bahwa dari 10 spesies yang diperoleh, *Melanoplus differentialis* dan *Melanoplus bivittatus* memiliki kekerabatan paling dekat yaitu sebesar 92,3% sedangkan kekerabatan paling jauh adalah antara *Melanoplus differentialis* dan *Neocurtilla hexadactyla* yaitu sebesar 33,87%. Spesies dalam satu tingkatan takson yang sama cenderung memiliki kemiripan morfologi yang tinggi dibanding dengan spesies dari takson yang berbeda, meski beberapa spesies tidak menunjukkan hal demikian.

Kata kunci: Orthoptera, Indeks Sorensen, Dendogram, Tingkat Kekerabatan, *Melanoplus differentialis*

Abstract

Species identification was conducted by observing various general and specific characteristics of the species based on morphological characters. The purpose of this study was to identify and calculate the level of Orthoptera order in the forest of Bromo Karanganyar by using the similarity index of Sorensen and dendogram. This research method used the descriptive and quantitative data. Samples obtained from several locations in the forest including shrubs, trails, rivers and tree areas. The results showed that the 10 species obtained, *Melanoplus differentialis* and *Melanoplus bivittatus* had the closest phylogenetic that is equal to 92.3%. However the farthest phylogenetic are *Melanoplus differentialis* and *Neocurtilla hexadactyla* which are 33.87%. Species in the same level of taxon tend to have high morphological similarities compared to species from different taxon, although some species are not exist.

Keywords: Orthoptera, Sorensen Index, Dendogram, Phylogenetic, *Melanoplus differentialis*

Pendahuluan

Serangga merupakan kelompok Arthropoda yang memiliki sebaran paling luas di bumi (Jordan, et al., 2015). Habitat serangga mencakup daratan hingga perairan dan sebagian kecil di laut (Craig & Bock, 2009). Serangga atau yang lebih dikenal dengan nama Insecta ini terbagi sedikitnya kedalam 17 ordo berdasarkan sifat sayap, kondisi dimiliki. Diantara sekian banyak anggota Insecta, terdapat 1 ordo yang memiliki sebaran paling luas, yaitu Orthoptera. Orthoptera memiliki pola

persebaran secara ekologi (Bidau, 2014). Ciri khusus Orthoptera adalah memiliki bentuk sayap yang lurus, mulut tipe penggigit, dan mengalami metamorfosis tidak sempurna (Falahudin, Mareta, & Rahayu, 2015).

Klasifikasi Orthoptera kedalam beberapa takson berdasarkan atas beberapa karakter meliputi anatomi, fisiologi, ekologi, dan morfologi. Karakter morfologi merupakan yang paling banyak digunakan untuk membagi spesies kedalam takson yang sesuai dengan kekerabatan atau filogeni (Jayashree & Channaveerappa, 2016

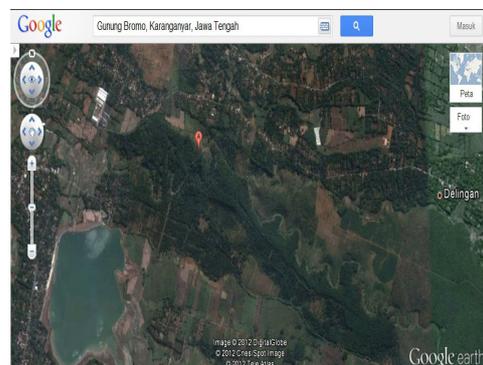
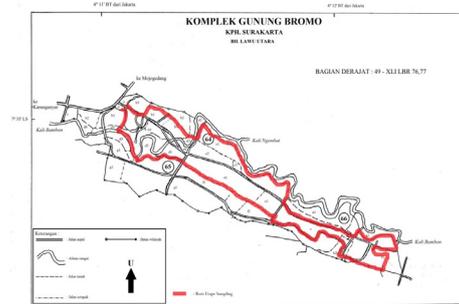
); (Wrueng, Tan, Artchawakom, & Waengsothorn, 2017). Untuk menarik kesimpulan tentang filogeni, para ahli sistematika harus mengumpulkan informasi mengenai morfologi, gen, dan biokimia dari berbagai organisme yang relevan. Penting untuk berfokus pada ciri-ciri yang merupakan hasil dari nenek moyang bersama, karena hanya ciri-ciri inilah yang merefleksikan hubungan evolusioner (Hojun Song, Ricardo Mariño-Pérez, A. Woller, & Marta Cigliano, 2018).

Sebagian besar pembagian kingdom hewan berdasarkan morfologi, simetri, metameri, fisiologi, dan pola perkembangan caelom. Tipe pembelahan dalam telur juga banyak dibahas sebagai dasar menentukan kekerabatan. Selanjutnya pola kekerabatan spesies dapat dengan jelas dilihat dari suatu diagram dendogram. Dendogram menggambarkan proses pembentukan klaster yang dinyatakan dalam bentuk gambar dan persen. Garis mendatar di atas dendogram menunjukkan prosentase yang menggambarkan tingkat kemiripan, semakin besar prosentase yang dimiliki menunjukkan semakin mirip individu tersebut. Dendogram yang digunakan untuk menera tingkat kemiripan pada serangga (Dinakaran & Anbalagan, 2007).

Untuk menentukan tingkat kekerabatan ordo Orthoptera maka hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengambil sampel spesies dari habitat asli, seperti alam terbuka, semak-semak, area persawahan, dan atau hutan (Horchkirch, 1996). Salah satu area yang menjadi habitat alami dari Orthoptera adalah gunung Bromo Karanganyar. Gunung Bromo merupakan salah satu kekayaan wisata di Kabupaten Karanganyar letaknya kurang lebih 5 km ke arah utara Kota Karanganyar. Kawasan hutan penelitian yang ditumbuhi berbagai jenis pohon, termasuk pohon-pohon langka, seperti cendana. Selain itu hal yang paling menarik adalah dalam kawasan hutan ini terdapat sejenis pohon yang tidak hanya langka tetapi juga khas, yaitu pohon kayu jati yang tumbuh dikelilingi oleh pohon-pohon beringin, dikenal dengan nama "Jati Kurung."

Komplek Gunung Bromo merupakan wana wisata harian dengan luas wilayah 115 hektar yang menawarkan objek wisata berupa hutan wisata,

petilasan dan area bermain anak. Gunung Bromo terletak pada ketinggian 400 meter dengan topografi tanah bergelombang



Gambar 1. Citra satelit kompleks Gunung Bromo

Temperatur udara di Wana Wisata Gunung Bromo berkisar antara 15 – 25 °C dengan curah hujan tergolong tinggi yaitu ± 3.712 mm/tahun. Fungsi Gunung Bromo selain untuk pariwisata juga merupakan hutan produksi dengan vegetasi tanaman pinus, mahoni dan Sonokeling (Lestari, Putri, Ridwan, & Purwaningsih, 2015).

Material dan Metode

Penelitian dilakukan bulan November 2018. Penangkapan sampel dan pengambilan spesimen Orthoptera dilakukan di kompleks Gunung Bromo Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, Indonesia. Proses identifikasi, determinasi, pengawetan dan perhitungan kekerabatan spesimen dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Alat insect net dengan diameter 50 cm, termohigrometer, teropong binokular luxmeter, kamera digital Canon EOS 1000D 10 Megapixel + lensa *kit* untuk dokumentasi. Bahan yang digunakan adalah 300 ml.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasil deskripsi dari identifikasi digunakan sebagai dasar perhitungan kekerabatan spesies menggunakan rumus indeks kesamaan Sorensen sebagai berikut :

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

Keterangan :

S : Indeks kesamaan

A : Jumlah karakter yang dimiliki oleh spesies A.

B : Jumlah karakter yang dimiliki oleh spesies B.

C : Jumlah karakter yang sama yang dimiliki oleh spesies A dan B.

1. Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui metode sampling di beberapa etape di dalam hutan meliputi area semak, jalan setapak, sekitar sungai dan pepohonan yang tinggi. Sampling dilakukan setiap pagi dan sore selama 2 hari. Semua spesies hasil tangkapan diidentifikasi karakter morfologi yang dimiliki untuk selanjutnya dihitung indeks kesamaannya.

Tingkat kekerabatan akan diperoleh setelah membandingkan indeks kesamaan antar spesies. Prosentase kekerabatan spesies kemudian disajikan dalam suatu dendogram yang akan memperlihatkan titik simpang dimana spesies-spesies dalam satu tingkatan takson bertemu dan berpisah berdasarkan kemiripan.

2. Analisis dan Interpretasi Data

Penelitian ini terdiri atas beberapa data yaitu: 1) hasil identifikasi karakter morfologi setiap spesies, 2) hasil perhitungan kesamaan ciri menggunakan rumus indeks Sorensen, 3) prosentase kekerabatan antar spesies, 4) interpretasi hasil berupa diagram dendogram.

Hasil dan Pembahasan

1. Spesies Hasil Tangkap

Berdasarkan penangkapan yang dilakukan, ditemukan 10 spesies Orthoptera yang berasal dari 4 familia, yaitu Acrididae, Tettigonidae, Gryllotalpidea, dan Mantodae.

Tabel 1. Spesies hasil tangkap

No	Nama Spesies	Familia
1	<i>Gesonula mundata</i>	Acrididae
2	<i>Valanga nigricornis</i>	Acrididae
3	<i>Neoconocephalus ensiger</i>	Tettigonidae
4	<i>Melanoplus differentialis</i>	Acrididae
5	<i>Melanoplus bivittatus</i>	Acrididae
6	<i>Neocurtilla hexadactyla</i>	Gryllotalpidea
7	<i>Stagmomantis carolina</i>	Mantodae
8	<i>Euthystira brachyptera</i>	Acrididae
9	<i>Acrida conica</i>	Acrididae
10	<i>Amblycoripha oblongifolia</i>	Tettigonidae

2. Identifikasi Spesies

Spesies yang telah ditangkap selanjutnya diidentifikasi karakter morfologi yang dimiliki. Jika suatu spesies memiliki karakter sebagaimana tercantum dalam tabel identifikasi, maka dinotasikan dengan angka 1. Jika suatu spesies tidak memiliki ciri seperti yang disebutkan dalam tabel, maka dinotasikan dengan angka 0.

Tabel 2. Identifikasi karakter morfologi setiap spesies

No	Karakter / ciri yang Diamati	Variasi Karakter / ciri (dalam spesies yang sama)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Femur kaki belakang jelas lebih besar daripada femur kaki depan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Femur kaki belakang tidak jelas lebih besar daripada femur kaki depan	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
3	Antenna sama panjang atau lebih panjang dari seluruh tubuh	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Antenna panjangnya kira-kira separuh atau lebih pendek dari panjang seluruh tubuh	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
5	Tarsi 3 ruas	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
6	Tarsi 4 ruas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

No	Karakter / ciri yang Diamati	Variasi Karakter / ciri (dalam spesies yang sama)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Ovipositor panjang seperti jarum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	Ovipositor panjang seperti pedang	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
9	Ovipositor pendek	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
10	Tibia kaki depan membesar, digunakan untuk menggali	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
11	Tibia kaki depan mengecil	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	tubuh besar dan memanjang	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
13	Tubuh kecil dan memanjang	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	Kaki depan berfungsi untuk memegang mangsa	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
15	Kaki depan tidak untuk memegang mangsa	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
16	Femur bergerigi menyerupai duri	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
17	Femur tidak bergerigi / rata	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
18	Badan pipih memanjang menyerupai bentuk daun	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	Badan pipih memanjang menyerupai bentuk ranting	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Badan oval, tebal dan tampak keras	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
21	Warna tubuh dan sayap sama	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
22	Warna tubuh dan sayap berbeda	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
23	Warna tubuh cenderung cokelat tidak mengkilap	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
24	Warna tubuh cenderung cokelat mengkilap	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
25	Warna tubuh cenderung hijau	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
26	Bentuk kepala oval	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
27	Bentuk kepala membulat	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
28	Bentuk kepala segitiga	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
29	Bentuk kepala lancip	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
30	Kepala bersembunyi dibalik pronotum	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0
31	Memiliki alat suara yang terletak di ruas abdomen pertama	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
32	Tidak memiliki alat suara	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
33	Pronotum memanjang ke belakang	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
34	Pronotum tidak memanjang ke belakang	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
35	Antenna berambut	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
36	Antena tidak berambut	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
37	Memiliki prothorax yang panjang	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
38	Prothorax pendek atau tidak memiliki prothorax	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Jumlah Karakter		17	17	16	16	15	15	18	17	15	15

3. Perhitungan Indeks Kesamaan Sorensen

Jumlah karakter total yang berhasil diidentifikasi dari masing-masing spesies dikonversi menjadi numerik untuk dihitung dan ditabulasikan

dalam matriks. Setiap spesies dihitung prosentase kemiripannya menggunakan rumus Sorensen. Berikut adalah matriks perhitungan kemiripan antar spesies:

Tabel 3. Perolehan perhitungan tingkat kemiripan morfologi dalam persen semua species

* 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max
1	* 57,14%	41,38 %	55,56 %	61,54 %	24 %	33,33 %	52,92 %	72,22 %	32,26 %	72,22 %
2		* 33,7 %	91,4 %	84,2%	48,3 %	54,5%	62,9%	25 %	66,7 %	91,4 %
3			* 34,5 %	31,3 %	44,4 %	43,5 %	14,8 %	41,4 %	66,7%	66,7%
4				* 92,3 %	24 %	46,7%	64,7 %	66,7 %	35,7%	92,3 %
5					* 35,71%	54,55%	70,27 %	66,67 %	47,06%	70,27 %
6						* 52,63%	34,78 %	24 %	50%	52,63%
7							* 50 %	33,33 %	64%	64%
8								* 70,59 %	34,4%	70,59 %
9									* 38,71%	38,71%
10										*

Persentase terbesar tingkat kemiripan morfologi serangga dimiliki oleh spesies nomor 4 dan 5 dengan tingkat kemiripan 92,3% (Tabel 3). Spesies nomor 4 adalah *Melanoplus differentialis*, sedangkan spesies nomor 5 adalah *Melanoplus bivittatus*. Keduanya masih 1 genus dan berasal dari

familia yang sama yaitu Acrididae. Selanjutnya tabel ini digunakan untuk mencari dan menentukan spesies lain yang memiliki kekerabatan paling dekat dengan mereka dengan masih menggunakan rumus indeks Sorensen (Tabel 4). Berikut adalah hasil perhitungannya:

Tabel 4. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 1

* 4,5	1	2	3	6	7	8	9	10	
4,5	* 58,55 %	87,82 %	32,87 %	29,86 %	50,61 %	67,49 %	66,67 %	41,39 %	
1		* 57,14 %	41,38 %	24 %	33,33 %	52,94 %	72,22 %	32,26 %	
2			* 35,70 %	25 %	48,3 %	54,5 %	62,9 %	40 %	
3				* 44,4 %	43,5 %	14,8 %	41,4 %	66,7 %	
6					* 52,63 %	34,78 %	24 %	50 %	
7						* 50 %	33,33 %	64 %	
8							* 70,59 %	34,48 %	
9								* 38,71 %	
10									*

Angka yang dicetak tebal pada tabel diatas merupakan perolehan tertinggi pada matriks tersebut, yaitu sebesar 87,82 %. Angka tersebut dimiliki oleh spesies nomor 2 yang tidak lain adalah *Valanga nigricornis* dan masih merupakan anggota familia Acrididae.

Penghitungan tingkat kekerabatan spesies terus dilakukan sampai spesies terakhir. Tabel 5 sampai dengan 10 menunjukkan perolehan prosentase kemiripan yang sistematis, mulai dari yang terbesar sampai dengan yang terkecil.

Tabel 5. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 2

*	4,5,2	1	3	6	7	8	9	10
4,5,2	*	58,08%	33,82 %	28,24%	49,83 %	63,17 %	65,40 %	40,92 %
1		*	41,38 %	24 %	33,33 %	52,94 %	72,22 %	32,26 %
3			*	44,6%	45,5%	14,8 %	41,4 %	66,7 %
6				*	52,68 %	34,78 %	24 %	50 %
7					*	50 %	33,33%	64 %
8						*	70,59%	34,48%
9							*	38,71 %
10								*

Tabel 6. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 3

*	4,5,2	1,9	3	6	7	8	10
4,5,2	*	61,74%	33,82 %	28,24%	49,83 %	63,17 %	65,40 %
1,9		*	41,38 %	24 %	33,33 %	61,75 %	35,48%
3			*	44,6%	43,5%	14,8 %	66,7 %
6				*	52,68 %	34,78 %	50 %
7					*	50 %	64%
8						*	34,48%
10							*

Dalam satu familia yang sama tidak selalu memiliki kemiripan yang sangat tinggi (Tabel 6). Spesies nomor 3 adalah *Neconocephalus ensiger* dan spesies nomor 10 adalah *Amblycoripha oblongifolia* yang merupakan familia Tettigonidae. Keduanya

hanya menunjukkan kemiripan 66,7 %. Prosentase ini lebih kecil jika dibandingkan spesies nomor 1 dan 9 (Tabel 5) yang merupakan anggota familia Acrididae yang memiliki kemiripan sebesar 72,22%.

Tabel 7. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 4

*	4,5,2	1,9	3,10	6	7	8
4,5,2	*	61,74%	33,82 %	28,24%	49,83 %	63,17 %
1,9		*	38,43 %	24 %	33,33 %	61,75 %
3,10			*	47,22%	53,74%	24,65 %
6				*	52,68 %	34,78 %
7					*	50 %
8						*

Spesies nomor 8 adalah *Euthystira brachyptera* familia Acrididae ternyata lebih dekat kekerabatannya dengan *Melanoplus differentialis*, *Melanoplus bivittatus* dan *Valanga nigricornis* daripada dengan *Gesonula*

mundata dan *Acrida conica*, dimana kelima spesies tersebut kesemuanya merupakan anggota familia Acrididae (Prakoso, 2017).

Tabel 8. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 5

*	4,5,2,8	1,9	3,10	6	7
4,5,2,8	*	61,74%	34,19 %	29,87%	49,87 %
1,9		*	38,43 %	24 %	33,33 %
3,10			*	47,22%	53,74%
6				*	52,68 %
7					*

Tabel 9. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 6

*	4,5,2,8,1,9	3,10	6	7
4,5,2,8,1,9	*	35,60 %	27,92%	44,36 %
3,10		*	47,22%	53,74%
6			*	52,68 %
7				*

Tabel 10. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 7

*	4,5,2,8,1,9	3,10,7	6
4,5,2,8,1,9	*	38,52 %	27,92%
3,10,7		*	49,03%
6			*

Tabel 11. Matriks tingkat kemiripan kelompok terbesar 8

*	4,5,2,8,1,9	3,10,7,6
4,5,2,8,1,9	*	35,87 %
3,10,7,6		*

Tabel 11 merupakan matriks terakhir yang menunjukkan hasil kekerabatan terjauh dari kesepuluh spesies yang diidentifikasi. Spesies nomor 6 memiliki perbedaan morfologi paling besar dibanding 9 spesies yang lain.

Tingkat kemiripan *Neocurtila hexadactyla* dengan spesies acuan yaitu *Melanoplus differentialis* dan *Melanoplus bivittatus* hanya sebesar 35,87 %. Hal ini dikarenakan *Neocurtila hexadactyla* merupakan anggota familia Gryllotalpidea dengan jumlah sebaran yang cukup luas (Prakoso, 2017); (Riyanto, 2017).

4. Persentase Kekerabatan Antar Spesies

Dari 10 spesies yang telah dihitung indeks kemiripannya, selanjutnya diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil. Tingkat kekerabatan antar

spesies yang ditandai dengan besarnya prosentase kemiripan karakter morfologi (Tabel 12). Karakter morfologi merupakan salah satu hal penting dalam menentukan identifikasi dalam taksonomi (Morris, 2002). Bentuk atau karakter morfologi, secara umum memang merupakan data yang paling baik untuk membatasi suatu takson karena karakter morfologi mudah untuk dilihat dan bukan merupakan karakter yang tersembunyi. Selain itu, hasil penelitian dengan menggunakan karakter morfologi (karakter fenotip) seperti yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa karakter morfologi sebagai bukti taksonomi baik digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis tingkat kekerabatan ordo Orthoptera serta dapat mengetahui pengelompokannya (Khan & Khamaludin, 2016).

Tabel 12. Urutan terbesar berdasarkan Indeks Kesamaan

No	Identitas Spesies	Tingkat kemiripan
1	4: 5	92,3%
2	4,5: 2	87,82%
3	1: 9	72,22%
4	4,5,2 : 8	63,17%
5	4,5,2,8 : 1,9	61,74%
6	3: 10	66,7%
7	3,10 : 7	53,74%
8	36,10, 7 : 6	49,03%
9	4,5,2,8,1,9 : 3,10, 7, 6	33,87%

satu genus dan familia yang sama yaitu Acrididae. Selain Acrididae, terdapat familia Tettigonidae yang diwakili oleh *Neoconocephalus ensiger* dan *Amblycoripha oblongifolia*. Kedua spesies tersebut menunjukkan kemiripan yang lebih kecil yaitu hanya sebesar 66,7% berdasarkan karakter morfologi yang dimiliki.

Spesies yang paling jauh kekerabatannya adalah *Neocurtila hexadactyla* yang merupakan anggota familia Gryllotalpidea dengan tingkat kemiripan sebesar 33,87%. Spesies dalam satu tingkatan takson yang sama cenderung memiliki kemiripan morfologi yang tinggi dibanding dengan spesies dari takson yang berbeda, meski beberapa spesies tidak menunjukkan hal demikian. Karakter morfologi dapat digunakan sebagai dasar klasifikasi spesies yang cukup relevan untuk setiap jenis dan jenjang suatu takson.

Simpulan

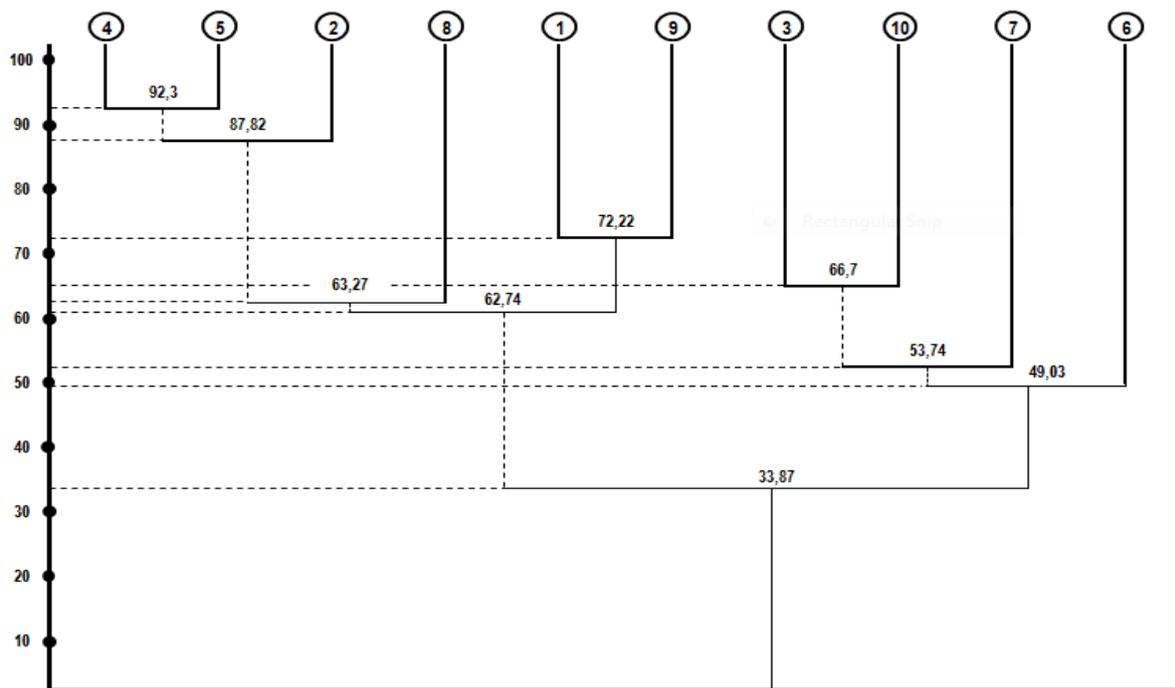
Persentase kekerabatan paling dekat ditunjukkan oleh *Melanoplus differentialis* dan *Melanoplus bivittatus* yaitu sebesar 92,3%. Secara sistematika kedua spesies tersebut berada pada

Daftar Pustaka

- Bidau, C. J. (2014). Patterns in Orthoptera biodiversity. I. Adaptations in ecological and evolutionary contexts . *Journal of Insect Biodiversity*, Vol 2(20): 1-39.
- Craig, D. B., & Bock, J. H. (2009). Habitat relationships among grasshoppers (Orthoptera:Acrididae) at the Western Limit of the Great Plains in Colorado. *American Midland Naturalist*, 314-327.
- Dinakaran, S., & Anbalagan, S. (2007). Anthropogenic impacts on aquatic insects in six streams of south Western Ghats. *Journal of Insect Science* , Vol 7: article 37, hal 1-9.
- Falahudin, I., Mareta, D. E., & Rahayu, I. A. (2015). Diversitas Serangga Ordo Orthoptera pada Lahan Gambut di Kecamatan Lalan Kabupaten Musibanyuasin. *Bioilmi*, Vol. 1 No. 1 hal 1- 7.
- Hojun Song, Ricardo Mariño-Pérez, A. Woller, D., & Marta Cigliano, M. (2018). Evolution, Diversification, and Biogeography of Grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Insect Systematics and Diversity*, Vol 2(4): 3; 1–25.
- Horchkirch, A. (1996). Habitat Preferences of Grasshoppers (Orthoptera : Acridoidea, Eumastacoidea) in The East Usambara Mountains, Ne Tanzania, and Their Use for Bioindication. *Ecotropica* , Vol 2; hal 195-217.
- Jayashree, H., & Channaveerappa, H. (2016). Phygenetic Relationship of Six Species of Pyrgomorphidae (Orthoptera : Caelifera: Acridomorpha) as Revealed by RAPD - PCR Analisis. *International Journal of Current Research* , Vol. 8, Issue, 02, pp.26020-26026,.
- Jordan, S. F., Mader, E. L., Hopwood, J., Baker, T. H., Cruz, J. K., Gill, K., . . . Vaughan, M. (2015). *Beneficial Insect Habitat-Assessment Form and Guide*. Portland, OR: The Xerces Society for Invertebrate Conservation.
- Khan, N., & Khamaludin, S. (2016). Identification od Ground Cricket (Orthoptera : Gryllidae : Nemobinae) With Reference to Their Sound Producing. *FUUAST J. BIOL.*, Vol (2): 231-236 .

- Lestari, D. F., Putri, R. D., Ridwan, M., & Purwaningsih, A. D. (2015, September 5). Keanekaragaman kupu-kupu (Insekta: Lepidoptera) di Wana Wisata Alas Bromo, BKPH Lawu Utara, Karanganyar, Jawa Tengah. *PROS SEM NAS MASYBIODIVINDON Vol 1, No 6*, pp. 1284-1288 .
- Morris, S. J. (2002). *Identification guide to grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in Central Otago and Mackenzie Country*. New Zeland : New Zealand Department of Conservation.
- Prakoso, B. (2017). Biodiversitas Belalang (Acrididae: ordo Orthoptera) pada Agroekosistem (zea mays l.) dan Ekosistem Hutan Tanaman di Kebun Raya Baturaden, Banyumas. *Biosfera Vol 34, No 2 Mei 2017 : 80-88*, Vol 34, No 2 : 80-88.
- Riyanto. (2017). Keanekeragaman Belalang Ordo Orthoptera di Tepian Sungai Musi Palembang sebagai Materi Kuliah Entomologi di Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya. *Jurnal Pembelajaran Biologi*, Volume 4, No. 1, Hal .
- Wrueng, P. D., Tan, M. K., Artchawakom, T., & Waengsothorn, S. (2017). Species Checklist of Orthoptera (Insecta) from Sakaerat Environmental Research Station, Thailand (Southeast Asia). *Zootaxa*, Vol 3 : 301-324.

Diagram Dendogr



Dyah Ayu Widyastuti, Praptining Rahayu, Lussana Rossita Dewi. (2019). Potensi Ekstrak Sirsak (*Annona muricata*) sebagai Larvasida Pengendali Populasi *Aedes albopictus*. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 48-54. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

POTENSI EKSTRAK SIRSAK (*Annona muricata*) SEBAGAI LARVASIDA PENGENDALI POPULASI *Aedes albopictus*

Dyah Ayu Widyastuti*, Praptining Rahayu, Lussana Rossita Dewi

Program Studi Pendidikan Biologi

Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur No. 24, dr. Cipto, Semarang

*Email: dyah.ayu@upgris.ac.id

Abstrak

Aedes albopictus dilaporkan memiliki potensi yang besar untuk menyebarkan virus dengue penyebab DBD di Indonesia. Habitat yang beragam di area terbuka serta area distribusi yang luas menjadikan jenis ini cenderung sulit dikendalikan, padahal pengendalian jumlah populasi nyamuk vektor menjadi salah satu tindakan preventif terbaik untuk mencegah meluasnya penyebaran virus dengue. Pengendalian vektor dilakukan dengan memutus siklus hidupnya pada fase larva dengan larvasida sehingga jumlah populasi dapat terkendali, namun, penggunaan larvasida masih didominasi oleh produk dengan bahan dasar senyawa kimia yang dapat menimbulkan resistensi pada vektor target, mencemari lingkungan, dan memiliki resiko toksik terhadap organisme non-target, seperti manusia dan hewan lainnya. Berdasarkan fakta tersebut, studi ini bertujuan untuk menganalisis potensi senyawa bioaktif pada sirsak (*Annona muricata*) untuk dikembangkan sebagai larvasida alami pengendali jumlah populasi *Ae. Albopictus*. Ekstrak *A. muricata* telah banyak diteliti dan terbukti memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti acetogenin, alkaloid, dan flavonoid yang bersifat toksik bagi serangga. Banyak penelitian telah membuktikan bahwa ekstrak senyawa bioaktif dari *A. muricata* efektif sebagai larvasida untuk serangga famili *Culicidae*, termasuk *Ae. aegypti* dan *Culex quinquefasciatus*. Lebih baiknya jika ada data kuantitatif bukti efektif. Hasil tersebut menunjukkan adanya potensi ekstrak *A. muricata* juga bersifat toksik bagi anggota *Culicidae* yang lain, yaitu *Ae. albopictus*.

Kata kunci: Acetogenin; Alkaloid; Flavonoid; *Aedes albopictus*; *Annona muricata*

Abstract

Researchers reported that *Aedes albopictus* is one of dengue virus vector leads to dengue haemorrhagic fever in Indonesia. *Aedes albopictus* is hard to get controlled due to its various habitat and wide distribution area. Whereas, the vector population control is one of best prevention to dengue virus spreading. The life cycles of *Ae. albopictus* was cut by larvicide to control its population number. However, the use of chemical larvicide is still in majority. Its larvicide has high resistance risk to the vector, non-environmental friendly, and poisonous to non-target organism include human and other animals. Based on that facts, this study is to analyse bioactive compound of soursop (*Annona muricata*) to develop as natural larvicide product for *Ae. albopictus* population control. Soursop extract, such as acetogenins, alkaloids, and flavonoids, were highly verified as good insecticidal product. Many studies proved soursop bioactive compounds have larvicide effect to *Culicidae*, such as *Ae. aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. Those results showed there are possibility for *A. muricata* to be poisonous for other *Culicidae* member, that is *Ae. albopictus*.

Keyword: Acetogenins; Alkaloids; Flavonoids; *Aedes albopictus*; *Annona muricata*

Pendahuluan

Penyebaran virus dengue, penyebab DBD, meliputi seluruh wilayah Indonesia dan merupakan penyakit endemis hampir di 300 kabupaten/kota (Noshirma & Willa, 2016). Kejadian luar biasa DBD di Indonesia mengikuti siklus 5-10 tahunan yang mana setiap tahunnya mengalami peningkatan

jumlah kasus dengan wilayah yang semakin meluas (Fenisenda & Rahman, 2016). Virus dengue penyebab DBD di Indonesia termasuk dalam family *Flaviviridae* dengan genus *Flavivirus* (Jamal, Susilawaty, & Azriful, 2016). Empat serotipe virus ini, yaitu DENV-1, DENV-2, DENV-3, dan DENV-4 ditularkan melalui vektor utama nyamuk *Aedes aegypti* (Fenisenda & Rahman, 2016) dan

vektor sekunder *Aedes albopictus* (Ravaomanrivo, et al., 2014).

Aedes albopictus yang merupakan salah satu vektor dalam penyebaran DBD saat ini sudah banyak menjadi perhatian karena distribusinya yang cukup luas. Jenis nyamuk ini meletakkan telur dan mengalami perkembangbiakan pada habitat mikro di sekitar tempat tinggal manusia, meliputi tempat-tempat buatan maupun alami. Telur dan larva *Ae. albopictus* dapat ditemukan di kolam-kolam buatan, celah pohon, kaleng bekas, ban bekas, dan kontainer-kontainer terbuka lainnya yang berada di luar rumah (Ravaomanrivo, et al., 2014). Habitatnya yang cenderung beragam di area terbuka menjadikan populasi *Ae. albopictus* cukup sulit dikendalikan (Farajollahi & Nelder, 2009). *Aedes albopictus* sebagai vektor virus dengue memiliki densitas dan waktu bertahan hidup yang semakin meningkat sehingga menjadikannya potensial untuk menyebarkan virus dengue penyebab DBD (Liu, et al., 2017).

Pengendalian populasi nyamuk vektor seperti *Ae. albopictus* sangat penting dilakukan untuk mencegah penyebaran DBD di wilayah Indonesia. Salah satu cara untuk mengendalikan populasi vektor DBD adalah dengan memutus siklus kehidupan metamorfosisnya dengan penggunaan larvasida (Noshirma & Willa, 2016). Pemberantasan pada tahapan larva dianggap lebih efektif dibandingkan ketika vektor sudah berkembang menjadi nyamuk dewasa. Larvasida yang dikenal di Indonesia untuk pengendalian larva *Aedes* adalah temephos 1% (abate) yang dalam penggunaan jangka panjang justru mendorong berkembangnya populasi *Aedes* menjadi lebih cepat resisten serta menimbulkan pencemaran kimiawi di lingkungan. Untuk mengatasi masalah resistensi tersebut, maka diperlukan senyawa alternatif ramah lingkungan yang dapat dikembangkan sebagai larvasida terhadap *Ae. albopictus*.

Produk alami perlu dikembangkan untuk mengatasi semakin meningkatnya resistensi *Ae. albopictus* terhadap larvasida sintetik. Produk alami yang dikembangkan harus ramah lingkungan serta aman bagi organisme non-target termasuk manusia (Ravaomanrivo, et al., 2014).

Sekitar 2000 spesies tumbuhan terrestrial dilaporkan memiliki kandungan senyawa yang bersifat insektisidal. Metabolit sekunder dan

turunannya pada tumbuhan menjadi alternatif senyawa pengendali pertumbuhan nyamuk vektor, termasuk *Ae. albopictus*. Beberapa metabolit sekunder dari tumbuhan memiliki mekanisme pertahanan terhadap serangan serangga, oleh karena itu, senyawa-senyawa seperti saponin, steroid, isoflavonoid, minyak esensial, alkaloid, dan tannin pada tumbuhan banyak diteliti dan terbukti memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai larvasida alami (Shad & Andrew, 2017).

Salah satu produk kimia yang banyak diteliti untuk dikembangkan sebagai larvasida alami adalah senyawa ekstrak dari biji sirsak (*Annona muricata*). Tumbuhan ini terdistribusi luas di seluruh dunia, termasuk Indonesia. *A. muricata* dikenal memiliki aktivitas anti-hiperglikemik, anti-hiperlipidemik, anti-malaria, anti-parasit, anti-bakteri, insektisida, anti-viral, dan lainnya (Gavamukulya, Abou-Ellela, Wamunyokoli, & AEL-Shemy, 2014). Potensi *A. muricata* sebagai larvasida alami meliputi seluruh bagian dari tumbuhan tersebut, seperti biji, daun, cabang, batang, akar, hingga bunga. Ekstrak etanolik bagian tumbuhan tersebut dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan larva *Ae. aegypti*, *Anopheles albimanus*, dan serangga pengganggu lainnya, seperti *Spodoptera litura*, *Callasobruchus maculatus*, dan *Plutella xylostella* (Tellez, Montalvo-Gonzales, Yahia, & Obledo-Vazquez, 2018). Berdasarkan hal tersebut, studi ini bertujuan untuk menganalisis potensi ekstrak biji sirsak (*A. muricata*) sebagai larvasida alami terhadap *Ae. albopictus* untuk mencegah semakin tingginya wabah DBD di Indonesia.

Hasil dan Pembahasan

1. *Aedes albopictus* sebagai Vektor Demam Berdarah Dengue

Dua vektor utama virus dengue penyebab DBD adalah *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus*. *Ae. aegypti* terdistribusi di seluruh wilayah tropis sedangkan *Ae. albopictus* dapat pula ditemukan di wilayah beriklim sedang. *Ae. albopictus* telah ditemukan menyebar dari Asia, Eropa, Amerika, hingga Afrika (Higa, et al., 2010).

Penelitian-penelitian terbaru menunjukkan bahwa *Ae. albopictus* justru lebih dominan perannya sebagai vektor DBD dibanding *Ae. aegypti*, baik dalam kondisi laboratorium maupun alamiah

(Carneiro, et al., 2016). Hal tersebut berkaitan dengan kemampuan jelajah *Ae. albopictus* yang lebih luas dibandingkan *Ae. aegypti* (Honório, Castro, Barros, Magalhães, & Sabroza, 2009). Inkubasi virus pada tubuh *Ae. albopictus* yang cenderung lebih lama dibandingkan pada *Ae. aegypti* tidak menghambat kecepatan *Ae. albopictus* menularkan penyakit. Kemampuan tersebut menjadikan *Ae. albopictus* sebagai vektor primer dalam penularan virus dengue (Liu, et al., 2017).

Aedes albopictus berasosiasi dengan vegetasi tanaman di lokasi-lokasi migrasi dan kepadatan populasinya banyak dipengaruhi oleh arus urbanisasi dari desa ke kota. Spesies ini banyak ditemukan berkembangbiak di genangan-genangan air di kontainer tidak terpakai di luar perumahan (Higa, et al., 2010). Larva *Aedes* dapat hidup optimal pada suhu 25-35°C dan kisaran pH 4,4-9,3 (Fenisenda & Rahman, 2016). *Aedes* sp. dapat menjadikan kontainer-kontainer berisi air, baik di dalam maupun di luar rumah sebagai tempat perindukannya (Gambar 1). Tempat perindukan tersebut diperlukan untuk meletakkan telur hingga bermetamorfosis sempurna menjadi *Aedes* dewasa.



Gambar 1. Lokasi di sekitar rumah yang sering dijadikan sebagai tempat perindukan *Aedes* sp.

Siklus hidup *Ae. albopictus* sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air sebagai media berkembangbiak dari fase telur hingga dewasa. *Ae. albopictus* memerlukan setidaknya tiga macam tempat untuk kelangsungan hidupnya, yaitu tempat berkembang biak, tempat istirahat, dan tempat mencari makan. Ketiga tempat tersebut merupakan suatu sistem yang saling terkait untuk mendukung kelangsungan hidupnya (Agustina, 2013).

2. Pengendalian Jumlah Populasi *Aedes albopictus*

Pengendalian vektor virus dengue dianggap memiliki potensi baik untuk dapat membantu mengurangi penyebaran infeksi virus. Pengendalian laju pertumbuhan *Ae. albopictus* merupakan salah satu cara paling efektif untuk mengurangi jumlah kasus DBD (Sumekar & Nurmaulina, 2016). Pengendalian populasi *Ae. albopictus* dapat dilakukan secara fisik, biologi, kimiawi, genetika, maupun terpadu. Pengendalian secara biologis dengan cara memelihara predator alami di tempat perindukan *Ae. albopictus* belum efektif untuk mengurangi jumlah populasinya (Ravaomanrivo, et al., 2014). Pengendalian dengan insektisida sintetik secara konvensional seperti organoklorida, piretroid, deltametrin, organofosfat, dan malation justru dapat merusak lingkungan tanpa pengaruh signifikan terhadap pengurangan jumlah populasi *Ae. albopictus*. Menurut Komansilan *et al.*, (2017), Insektisida sintetik tersebut bahkan dapat memberikan efek negatif terhadap organisme non-target, termasuk manusia (Komansilan, Suriani, & Lawalata, 2017).

Pemberantasan *Ae. albopictus* dewasa dengan fumigasi (*fogging*) merupakan salah satu metode pengendalian jumlah populasi secara mekanik, namun, metode tersebut dianggap kurang efektif karena hanya akan mengusir nyamuk dewasa dari sarang tanpa membunuhnya (Komansilan, Suriani, & Lawalata, 2017), untuk mengantisipasi hal tersebut, pengendalian jumlah populasi vektor banyak dialihkan ke fase larva dari siklus hidup *Ae. albopictus*. Pemberantasan larva merupakan salah satu metode yang lebih strategis dibandingkan fumigasi. Larvasida yang biasa beredar dan digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah abate atau temephos. Larvasida ini berbentuk butiran seperti pasir yang ditaburkan di tempat penampungan air dengan dosis 1 ppm atau 1 gram untuk 10 liter air (Fenisenda & Rahman, 2016). Abate sudah digunakan di Indonesia lebih dari 30 tahun sejak 1976 (Komansilan, Suriani, & Lawalata, 2017).

Penggunaan larvasida sintetik seperti abate secara terus menerus dapat meningkatkan resiko resistensi pada *Ae. albopictus* karena pada *Ae. aegypti*, spesies berbeda yang masih satu genus dengan *Ae. albopictus*, dilaporkan telah mengalami resistensi terhadap senyawa kimia cipermetrin dan piretroid (Sumekar & Nurmaulina, 2016). Hal tersebut tidak menutup kemungkinan terjadinya resistensi pada *Ae. albopictus* terhadap senyawa kimia yang sama (Ravaomanrivo, et al., 2014) karena keduanya memiliki kekerabatan yang sangat dekat. Adanya resiko resistensi akibat penggunaan senyawa kimiawi untuk memutus siklus hidup *Ae. albopictus* mendukung penggunaan senyawa alami sebagai penggantinya. Senyawa alami bersifat lebih mudah terurai di lingkungan dan residunya lebih cepat hilang sehingga aman bagi organisme non-target seperti hewan maupun manusia (Jamal, Susilawaty, & Azriful, 2016).

Senyawa bioaktif pada tumbuhan dapat dikembangkan untuk menghambat pertumbuhan serangga diantaranya minyak atsiri, flavonoid, saponin, steroid, terpen, acetogenin, dan lainnya. Senyawa tersebut bekerja sebagai racun kontak dan racun perut pada serangga (Sumekar & Nurmaulina, 2016). Flavonoid bersifat toksik dan dapat menghambat saluran pencernaan serangga, sedangkan saponin akan menghambat kerja enzim yang berakibat pada penurunan kerja organ pencernaan serangga (Jamal, Susilawaty, & Azriful, 2016). Beberapa jenis tumbuhan yang telah terbukti efektif sebagai larvasida untuk pengendalian *Aedes* sp. memiliki bagian tubuh tertentu yang dianggap paling efektif.

Tumbuhan yang dinyatakan efektif sebagai larvasida *Aedes* sp. umumnya memiliki kandungan senyawa berupa minyak atsiri, saponin, dan flavonoid. Saponin bersifat seperti sabun dengan rasa yang pahit dan tajam serta mengakibatkan iritasi lambung pada serangga. Flavonoid yang membentuk pigmen pada tanaman dapat bersifat sebagai antioksidan dan memiliki aktivitas sebagai anti-serangga (Noshirma & Willa, 2016). Tumbuhan yang memiliki senyawa kimia seperti saponin, flavonoid, dan lainnya dinyatakan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai larvasida alami, tidak terkecuali tumbuhan sirsak (*Annona muricata*) (Komansilan, Suriani, & Lawalata, 2017). Penggunaan senyawa bioaktif

dari tumbuhan sebagai larvasida alami memiliki beberapa keunggulan dibanding larvasida sintetik, diantaranya lebih mudah terdegradasi di lingkungan, toksisitas rendah terhadap mamalia, biaya produksi murah, dan bersifat selektif terhadap organisme tertentu (Massarolli, Pereira, & Foerster, 2017); (Shad & Andrew, 2017).

3. Potensi *Annona muricata* sebagai Larvasida Alami untuk *Ae. albopictus*

Sirsak (*A. muricata*) termasuk dalam famili Annonaceae yang terdistribusi luas di wilayah tropis dan subtropis. Famili ini terdiri dari 130 genus dan lebih dari 2000 spesies dan termasuk yang paling banyak dikonsumsi. Beberapa spesies dari famili Annonaceae banyak digunakan sebagai obat tradisional untuk cacingan, scabies, konstipasi, diare, dan disentri. Selain itu, terdapat pula spesies yang banyak dikembangkan untuk anti-diabetes, anti-kanker, anti-inflamasi, serta antioksidan, tak terkecuali spesies *A. muricata*.

Hasil ekstraksi daun, ranting, dan akar *A. muricata* diketahui mengandung *Annonaceous acetogenins* yang dapat bersifat sebagai anti-serangga (Elagbar, Naik, Shakya, & Bardaweel, 2016). Acetogenin diketahui bersifat toksik terhadap serangga sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengontrol pertumbuhan serangga tertentu (Siswarni, Nurhayani, & Sinaga, 2016).

Acetogenin ($C_{35}H_{64}O_7$) merupakan hasil sintesis melalui reaksi antara asam asetat, turunan polikatida dengan rantai panjang pada asam lemak. Senyawa ini memiliki rantai panjang alifatik dengan gugus hidroksil dan asetil karbonil serta cincin 1,3-tetrahidrofuran. Acetogenin juga memiliki dua unit fungsional *tetrahydrofuran hydroxylated* (THF) dan cincin γ -lakton β -unsaturated (Siswarni, Nurhayani, & Sinaga, 2016). Efek insektisidal dari senyawa bioaktif pada *A. muricata* telah terbukti pada beberapa spesies Lepidoptera seperti *Spodoptera frugiperda*, *Tuta absoluta*, *Anticarsia gemmatalis*, *Pseudaletia sequax*, *Plutella xylostela*, dan *C. includes*. Kandungan acetogenin pada *A. muricata* juga memiliki potensi untuk menghambat pertumbuhan serangga dari Ordo *Diptera* seperti *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti* (Massarolli, Pereira, & Foerster, 2017), dan *Culex quinquefasciatus* (Shad & Andrew, 2017).

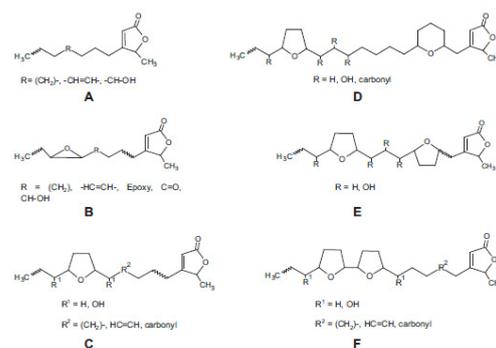
Bagian tubuh *A. muricata* yang paling banyak

diteliti adalah daun dan bijinya karena sudah banyak digunakan sebagai obat tradisional. Senyawa bioaktif terbesar yang terdapat dalam *A. muricata* adalah senyawa alkaloid, berupa tipe isoquinolin, aporfin, dan protoberberin. Selain alkaloid, pada *A. muricata* juga terkandung lebih dari 120 senyawa acetogenin yang memiliki rantai alifatik yang panjang, antara 35-38 karbon yang terikat pada γ -lacton cincin α . Sebagian besar acetogenin pada *A. muricata* memiliki cincin tetrahydrofurans (THF). Bioaktivitas acetogenin tergantung pada strukturnya, yang terdiri dari enam struktur dasar yang berbeda (Gambar 3). Kandungan acetogenin dapat ditemukan pada daun, buah, dan biji *A. muricata* (Tellez, Montalvo-Gonzales, Yahia, & Obledo-Vazquez, 2018). *Annona muricata* memiliki setidaknya 6 struktur senyawa acetogenin (Gambar 2). Senyawa ini diketahui memiliki aktivitas anti-serangga sehingga dapat dikembangkan untuk mengendalikan pertumbuhan serangga vektor pada pengendalian penyakit menular vektor. Senyawa bioaktif lain yang juga terkandung pada *A. muricata* adalah komponen fenolik, vitamin, karotenoid, serta siklopeptida. *A. muricata* juga terbukti memiliki kandungan antioksidan berdasar pengujian dengan DPPH (Gavamukulya, Abou-Ellela, Wamunyokoli, & AEL-Shemy, 2014).

Acetogenin yang terdapat pada *A. muricata* diketahui bersifat racun untuk pencernaan serangga, termasuk *Ae. albopictus*. Senyawa ini menghambat produksi ATP (*Adenosine triphosphate*) pada kompleks mitokondria serangga sehingga mengakibatkan apoptosis pada sel (Massarolli *et al.*, 2017). Kematian sel tersebut mengakibatkan hambatan pada pertumbuhan serangga sehingga jumlah populasi serangga target dapat dikendalikan. Kandungan acetogenin pada *A. muricata* dapat diekstrak dari bagian bijinya (Ravaomanrivo, *et al.*, 2014). Acetogenin dapat dijadikan sebagai senyawa alternatif pengendali jumlah populasi *Ae. albopictus* karena dapat bersifat toksik tidak hanya pada stadium dewasa, tetapi juga stadium larva.

Kandungan lain pada *A. muricata* yang bersifat toksik bagi serangga adalah alkaloid dan flavonoid. Ekstrak eter dari daun *Annona* sp. telah terbukti sebagai insektisida alami untuk mengendalikan aktivitas pertumbuhan *Ae. aegypti*, *Anopheles stephensi*, dan *Cx. quinquefasciatus*. Kandungan alkaloid terbukti menghambat aktivitas asetilkolin

pada berbagai organisme, termasuk serangga. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian (Ravaomanrivo, *et al.*, 2014) yang menyatakan bahwa ekstrak akuades *A. muricata* memiliki aktivitas insektisidal yang lebih tinggi terhadap *Ae. albopictus* dibandingkan ekstrak yang sama dari *A. squamosa*. Ada beberapa alkaloid yang hanya terkandung oleh *A. muricata* yang menyebabkan spesies ini lebih bersifat toksik terhadap serangga dibandingkan spesies dari genus *Annona* yang lain. Aktivitas insektisidal pada *A. muricata* bahkan efektif menghambat pertumbuhan populasi serangga pada dosis rendah. Konsentrasi letal (*Lethal concentration* = LC_{50}) ekstrak dari *A. muricata* memiliki rentang antara 1-5% untuk *Ae. albopictus* dewasa dan 0,5-1% untuk fase larva. Diklorometan pada *A. muricata* menunjukkan efek letal tertinggi terhadap larva maupun *Ae. albopictus* dewasa.



Gambar 2. Enam struktur kimia senyawa acetogenin yang ditemukan pada *A. muricata* (Coria-Téllez *et al.*, 2016)

Aktivitas senyawa bioaktif yang terkandung pada *A. muricata* menjadikan jenis tumbuhan tropis ini potensial untuk dikembangkan menjadi larvasida alami. Jenis larvasida ini penting untuk mengendalikan jumlah populasi nyamuk vektor virus dengue, termasuk *Ae. albopictus* sehingga penyebaran DBD di Indonesia dapat dikendalikan.

Simpulan

Penggunaan larvasida merupakan salah satu metode efektif untuk mengendalikan jumlah populasi *Ae. albopictus*, vektor virus dengue penyebab DBD. Jenis senyawa bioaktif dari tumbuhan yang memiliki aktivitas larvasidal diperlukan untuk mencegah efek samping larvasida sintetik. Ekstraksi senyawa bioaktif dari *A. muricata* telah terbukti

bersifat larvasidal terhadap *Ae. albopictus* dan dapat dikembangkan sebagai larvasida alami yang aman dengan LC₅₀ rendah. Pengembangan larvasida alami dari *A. muricata* dapat mencegah resistensi senyawa kimia pada *Ae. albopictus*, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mencegah efek sekunder pada organisme non-target, seperti manusia dan hewan lainnya.

Daftar Pustaka

- Agustina, E. (2013). Pengaruh Media Air Terpolusi Tanah Terhadap . *Jurnal Biotik*, Vol. 1, No. 2, Hal. 67-136.
- Carneiro, T. C., Rua, A. V., Vezaile, M., Yebakima, A., Girod, R., Goindin, D., . . . Failloux, A. B. (2016). Differential Susceptibilities of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from the Americas to Zika Virus. *PLOS Neglected Tropical Diseases* , Vol 10 (3) : hal 1-11.
- Elagbar, Z. A., Naik, R. R., Shakya, A. K., & Bardaweel, S. K. (2016). Fatty Acids Analysis, Antioxidant and Biological Activity of Fixed Oil of *Annona muricata* L. Seeds. *Journal of Chemistry*, 1-7.
- Farajollahi, A., & Nelder, M. P. (2009). Changes in *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Populations in New Jersey and Implications for Arbovirus Transmission. *Journal of Medical Entomology*, 46(5):1220-1224. 2009, Vol 46(5):1220-1224.
- Fenisenda, A., & Rahman, A. O. (2016). Uji Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* terhadap Abate (Temephos) 1 % di Kelurahan Mayang Mangurai Kota Jambi pada Tahun 2016. *JMJ (Jambi Medical Journal)*, Volume 4, Nomor 2 Hal: 101 –105 .
- Gavamukulya, Y., Abou-Ellela, F., Wamunyokoli, F., & AEL-Shemy, H. (2014). Phitochemical screening, anti oxidant activity and in vitro anticancer potential of ethanolic and water leave extracts of *Annona muricata* (Graviola). *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, Vol 7 (Suppl 1) : S355-S363.
- Higa, Y., Yen, N. T., Kawada, H., Son, T. H., Hoa, N. T., & Takagi, M. (2010). Geographic Distribution of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* Collected from Used Tires in Vietnam. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 26(1):1-9. 2010., Vol 26(1):1-9.
- Honório, N. A., Castro, M. G., Barros, F. S., Magalhães, M. d., & Sabroza, P. C. (2009). The spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a transition zone, Rio de Janeiro, Brazil. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro*, Vol 25(6):1203-1214.
- Jamal, S. A., Susilawaty, A., & Azriful. (2016). Efektivitas Larvasida Ekstrak Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca* var. Raja) Terhadap Larva *Aedes* sp. Instar III . *Higiene*, Vol 2, No 2, Hal : 67 - 73.
- Komansilan, A., Suriani, N. W., & Lawalata, H. (2017). Test Toxic Tuba Root Extract as a Natural Insecticide on Larvae of *Aedes aegypti* Mosquito Vector of Dengue Fever. *International Journal of ChemTech Research* , Vol.10 No.4, pp 522-528.
- Liu, Z., Zhou, T., Lai, Z., Zhang, Z., Jia, Z., Zhou, G., . . . Chen, X.-G. (2017). Competence of *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* and *Culex quinquefasciatus* Mosquitoes as Zika Virus Vectors, China. *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 23, No. 7, hal 1085-1091.
- Massarolli, A., Pereira, M. J., & Foerster, L. A. (2017). *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae): effect of crude extract of seeds on larvae of soybean looper *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bragantia, Campinas*, Vol. 76, n. 3, p.398-405.
- Noshirma, M., & Willa, R. W. (2016). Larvasida Hayati yang Digunakan Dalam Upaya Pengendalian Vektor Penyakit Demam Berdarah di Indonesia. *Sel* , Vol. 3 No. 1 : 31-40 .

- Ravaomanrivo, L. H., Razafinlandrava, H. A., Raharimalala, F. N., Rasaohantaveloniaina, B., Ravelonandro, P. H., & Mavingui, P. (2014). Efficacy of Seed Extract *Annona squamosa* and *Annona muricata* (Annonaceae) for Control of *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* (Culicidae). *Asian Pasific Journal of Tropical Biomedicine* , Vol 4(10): 787-795.
- Shad, A., & Andrew, J. (2017). Larvicidal efficacy of ethanolic extracts of *Annona squamosa* (Annonaceae) over the filarial vector, *Culex quinquefasciatus* Say (Culicidae) . *Journal of Entomology and Zoology Studies* , Vol 5(1): 373-377.
- Siswarni, M., Nurhayani, & Sinaga, S. D. (2016). Ekstraksi asetogeni dari daun dan biji Sirsak (*Annona muricata* L.) dengan Pelarut Aseton. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 5, No. 2 hal. 1-4.
- Sumekar, D. W., & Nurmaulina, W. (2016). Upaya Pengendalian Vektor Demam Berdarah Dengue, *Aedes aegypti* L. Menggunakan Bioinsektisida. *Majority* , Volume 5, Nomor 2, hal. 131-135.
- Tellez, A. V., Montalvo-Gonzales, E., Yahia, E. M., & Obledo-Vazquez, E. N. (2018). *Annona muricata*: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. *Arabian Journal of Chemistry*, Vol 11 hal 662-691.

Syam S., Kumaji, Zuliyanto Zakaria. (2019). Potensi Anti Bakteri Mucus Ikan-Ikan *Native* di Perairan Danau Limboto, Gorontalo, Indonesia. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 55-60. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

POTENSI ANTI BAKTERI MUCUS IKAN-IKAN *NATIVE* DI PERAIRAN DANAU LIMBOTO, GORONTALO, INDONESIA

Syam S. Kumaji*, Zuliyanto Zakaria

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Gorontalo

Jl. Jenderal Sudirman No. 06 Kota Gorontalo

*Email: syam_bio@ung.ac.id;

Abstrak

Kerusakan danau Limboto, Gorontalo, Indonesia telah mempengaruhi fungsi ekologis danau sebagai habitat ikan-ikan *native* sehingga perlu dilakukan kajian tentang potensi ikan *native* danau Limboto. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri dari mucus ikan-ikan *native* danau Limboto. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan melalui metode *diffusion test* dengan mengukur diameter zona hambat yang terbentuk pada beberapa bakteri uji. Ekstraksi mucus dilakukan dengan menggunakan pelarut aquadest dan asam asetat sementara bakteri uji yang digunakan yakni *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio alginolyticus*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri mucus tertinggi terhadap bakteri *S. aureus* dengan pelarut aquadest adalah ikan *Giuris cf. margaritacea* (Hulu'u) sebesar 7.45 mm sedangkan dengan pelarut asam adalah ikan *Stiphodon sp* (Manggabai) sebesar 8.67 mm. Selanjutnya aktivitas antibakteri mucus tertinggi terhadap *V. alginolyticus* pada pelarut aquadest adalah ikan *Stiphodon sp*. sebesar 6.85 mm dan pada pelarut asam adalah ikan *Giuris cf. margaritacea* sebesar 8.32 mm. Aktivitas antibakteri dari mucus ikan *Stiphodon sp* (Manggabai) dan *Giuris cf. margaritacea* (Hulu'u) memiliki aktivitas antibakteri dengan kriteria sedang terhadap bakteri *S. aureus* dan *V. alginolyticus*.

Kata kunci: Ikan *native*, mucus, antimikroba, Danau Limboto

Abstract

Limboto Lake, Gorontalo, Indonesia has been ecological damage nowadays. It affected the habitat of native fish. So it is necessary to study the potential native fish from Limboto. This study aims was to determine the antibacterial activity of mucus native fish of Limboto Lake. Antibacterial activity testing was carried out through the diffusion test method by measuring the diameter of the inhibition zone formed in several test bacteria. Mucus extraction was carried out using aquadest and acetic acid solvents while the test bacteria used were Staphylococcus aureus and Vibrio alginolyticus. The results showed that the highest antibacterial activity of mucus against S. aureus bacteria with aquadest solvents was Giuris cf. margaritacea (Hulu'u) is 7.45 mm while acidic solvents are Stiphodon sp (Manggabai) fish of 8.67 mm. Furthermore, the highest antibacterial activity of mucus against V. alginolyticus in aquadest solvents was Stiphodon sp. of 6.85 mm and in acid solvents is fish Giuris cf. margaritacea is 8.32 mm. The antibacterial activity of fish mucus Stiphodon sp (Manggabai) and Giuris cf. margaritacea (Hulu'u) has antibacterial activity with moderate criteria for bacteria S. aureus and V. alginolyticus.

Keywords: *Native fish, mucus, antimicrobial, Lake Limboto*

Pendahuluan

Danau Limboto merupakan salah satu danau yang terletak di Provinsi Gorontalo dan secara geografis terletak pada 122° 42' 0.24" – 123° 03'

1.17" BT dan 00° 30' 2.035" – 00° 47' 0.49" LU. Areal danau ini berada pada dua wilayah yaitu ± 30 % wilayah Kota Gorontalo dan ± 70 % di wilayah Kabupaten Gorontalo dan menjangkau 5 Kecamatan. Danau Limboto, merupakan cekungan

rendah atau laguna, yang merupakan muara sungai-sungai, diantaranya: Ritenga, Alo Puhu, Marisa, Meluopo, Biyonga, Bulota, Talubongo dan sungai-sungai kecil dari sisi selatan: Olilumayango, Ilopopala, Huntu, Hutakiki, Langgilo (Suwanto, et al., 2011).

Luas Danau Limboto sampai tahun 2007 sebesar 2.537,152 ha, dengan kedalaman sekitar 2 – 2,5 m sedangkan luas daerah tangkapan air Danau Limboto sekitar 900 km². Pada tahun 1932 rata-rata kedalaman Danau Limboto 30 meter dengan luas 7.000 Ha, dan tahun 1961 rata-rata kedalaman Danau berkurang menjadi 10 meter dan luas menjadi 4.250 Ha. Sedangkan tahun 1990 - 2008 kedalaman Danau Limboto rata-rata tinggal 2,5 meter dengan luas 3.000 Ha (Suwanto, et al., 2011).

Kondisi ekologis danau Limboto yang terus mengalami perubahan dari tahun ke tahun menyebabkan ancaman terhadap biota-biota yang hidup di perairan danau Limboto. Organisme memberikan respon terhadap tantangan ekologis lingkungan yang menyebabkan terjadinya variasi morfologi baik dalam tingkatan individu, populasi maupun spesies (Aydalina, 2015). Salah satu jenis biota yang memperlihatkan adanya respon terhadap lingkungan diantaranya adalah ikan

Beberapa ikan native yang dapat ditemui dikawasan Danau Limboto dan perairan sekitarnya merupakan ikan dari famili Gobiidae, Siluridae dan Eleotridae (Suwanto, et al., 2011). Lebih lanjut bahwa di danau Limboto ditemukan 3 spesies dari Famili Eleotridae yang berbeda secara morfologi dan genetik dibandingkan spesies yang sama di kawasan Danau Tondano (Aydalina, 2015). Salah satu substansi kimiawi yang dihasilkan oleh ikan-ikan native tersebut adalah mucus epidermal.

Mucus epidermal dihasilkan oleh sel mucus, terdiri dari air dan makromolekul pembentuk gel termasuk mucins dan glikoprotein lainnya. Lapisan mucus pada permukaan ikan memiliki sejumlah fungsi yaitu dalam menjaga ketahanan terhadap penyakit, respirasi, ion dan regulasi osmotik, gerak, reproduksi dan komunikasi. Lebih lanjut disebutkan pula bahwa mucus dari ikan mengandung berbagai senyawa biologis aktif seperti lisozim, lektin, enzim proteolitik, flavoenzim, imunoglobulin, protein C-reaktif, dan peptida antimikroba yang konstitutif untuk memberikan perlindungan untuk ikan dari

potensi mikroba patogen dan parasit (Wei, Xavier, & Marimuthu, 2010).

Aktivitas antimikroba pada mucus dari beberapa ikan air tawar telah banyak dilakukan namun aktivitas antimikroba tersebut sangat bervariasi pada beberapa spesies. Hal ini seperti yang telah ditunjukkan pada beberapa penelitian sebelumnya bahwa aktivitas antimikroba pada mucus ikan air tawar hanya dilakukan pada ikan-ikan introduksi seperti ikan Nila (*Tilapia hornorum*) dan ikan Lele (*Channa batracus*) (Wei, Xavier, & Marimuthu, 2010). Dengan demikian kajian tentang aktivitas antimikroba pada ikan-ikan native masih sangat minim sehingga perlu dilakukan eksplorasi lebih lanjut tentang potensi antimikroba pada mucus ikan-ikan native khususnya di perairan Danau Limboto.

Material dan Metode

Alat yang digunakan adalah autoklaf, laminar air flow, aquarium, aerator, sentrifuge, microtube, spektrofotometer, *shakter incubator*. Bahan yang digunakan adalah mucus ikan-ikan native (*Stiphodon* sp dan *Giuris cf. margaritacea*), *S. aureus*, *V. alginolyticus*, *Nutrient Broth*, aquadest, asam asetat 3%, *Muller Hilton Agar*, antibiotik Chlorampenicol.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan objek penelitian adalah mucus ikan *Stiphodon* sp (Manggabai) dan *Giuris cf. margaritacea* (Hulu'u).

Prosedur Penelitian

1. Aklimatisasi

Ikan-ikan native yang diperoleh dari Perairan Danau Limboto diletakkan dalam wadah untuk diaklimatisasi selama 1 minggu. Selama periode ini ikan diberi pakan secara adlibitum.

2. Koleksi Mucus Epidermal

Setelah proses aklimatisasi ikan-ikan native dipindahkan kedalam kantong polietilen steril kemudian digoyangkan ke samping kiri kanan selama 10 sampai 20 menit dan dilakukan secara berulang selama ikan masih memiliki mucus yang cukup untuk diambil (Wei, Xavier, & Marimuthu, 2010). Setelah selesai dilakukan pengambilan mucus, ikan dikembalikan ke tempat penampungan.

Sampel mucus yang diperoleh dari ikan kemudian diletakkan pada gelas kimia steril dan diberi label untuk selanjutnya disimpan dalam lemari es pada suhu 4°C.

3. Ekstraksi Mucus Epidermal

Mucus ikan-ikan native diekstraksi dengan menggunakan aquadest dan asam asetat 3 %. Apabila mucus ikan yang dihasilkan sebanyak 40 ml, maka larutan asam asetat yang ditambahkan juga sebanyak 40 ml. Setelah tercampur, diletakkan diatas air mendidih selama 5 menit. Campuran mucus dan larutan asam asetat kemudian didinginkan dalam es dan disentrifugasi pada 18.000 rpm selama 35 menit pada suhu 4°C. Supernatan yang terbentuk selanjutnya diambil dengan menggunakan mikropipet dan disimpan dalam gelas kimia serta disimpan pada suhu 4°C.

4. Pembuatan Starter Bakteri Uji

Media NB (Nutrient Broth) dilarutkan sebanyak 0,2 gr ke dalam 25 ml aquadest. Kemudian sterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, kemudian tuangkan ke dalam Erlenmeyer. Mengambil satu ose biakan murni bakteri uji dan dibiakkan kedalam 25 ml Nutrient Broth (NB). Kemudian diinkubasi pada *shaker incubator* selama 2 x 24 jam pada suhu 37°C dengan kecepatan 160 rpm.

5. Uji Aktivitas Antibakteri

Dalam pengujian kepekaan mikroba, terlebih dahulu starter masing-masing mikroba diukur kekeruhannya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 580 nm dengan nilai Optical Density (OD) 0,6 Suspensi mikroba kemudian diinokulasi ke dalam cawan petri sebanyak 1 ml dengan menggunakan mikropipet. Selanjutnya, ke dalam cawan dimasukkan media steril yang telah didinginkan sampai 45°C sebanyak 30 ml, dengan metode *pour plate*.

Uji aktivitas antibakteri ini menggunakan metode *diffusion test* (Kirby-Bauer), yaitu dengan cara merendam cakram blank dalam ekstrak mucus ikan selama 30 menit. Cakram tersebut diangkat kemudian diletakkan dalam media *Nutrien Broth* yang sudah terisi biakan bakteri dengan menggunakan pinset dan sebagai kontrol positif digunakan cakram yang berisi antibiotik

chloramphenicol. Setelah itu, cawan-cawan diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C. Setelah masa inkubasi dilakukan pengukuran diameter zona hambat atau zona bening yang terbentuk diukur dengan menggunakan jangka sorong.

6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan mengukur zona hambat. Untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian dilakukan pengamatan langsung pada objek yang diteliti dengan melihat diameter zona hambat (zona bening) yang terbentuk kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong. Apabila zona hambat yang terbentuk berukuran kurang dari 5 mm, maka aktivitas penghambatannya dikategorikan lemah. Apabila zona hambat berukuran 5-10 mm dikategorikan sedang, 10-19 mm dikategorikan kuat dan 20 mm atau lebih dikategorikan sangat kuat (Vineetha, Vignesh, & Sridhar, 2015).

Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan mucus yang di ekstraksi dengan dua cara yakni dengan menggunakan pelarut aquadest (air) dan pelarut asam. Penggunaan pelarut asam bertujuan untuk memperoleh peptida/protein dasar yang terkandung dalam mucus. Sementara penggunaan pelarut air bertujuan untuk mengekstraksi komponen-komponen kimiawi dalam mucus yang terlarut air seperti protease, lisozim dan glikoprotein (Wei, Xavier, & Marimuthu, 2010). Diameter zona hambat yang terbentuk (Tabel 1).

Mucus yang di ekstraksi dengan pelarut aquades, diameter zona hambat yang tertinggi untuk bakteri uji *Staphylococcus aureus* ditemui pada mucus ikan *Giuris cf. margaritace*. dengan diameter zona hambat yang terbentuk sebesar 7,45 mm, dan terendah pada ikan *Stiphodon sp.* sebesar 7.42. Sebaliknya dengan mucus yang di ekstraksi dengan pelarut asam, zona hambat tertinggi ditemui pada *Stiphodon sp* dengan zona hambat sebesar 8,67 mm dan terendah pada ikan *Giuris cf. margaritacea* dengan zona hambat sebesar 7.15 mm.

Selanjutnya aktivitas antibakteri tertinggi untuk bakteri *Vibrio alginolyticus* dengan pelarut aquades ditemukan pada *Stiphodon sp.* dengan diameter 6.85 mm dan

terendah pada ikan *Giuris cf. margaritacea* sebesar 6.08 mm. Sebaliknya untuk mucus yang di ekstraksi dengan pada pelarut asam aktivitas tertinggi ditemui pada *Giuris cf. margaritacea* sebesar 8,32 mm dan terendah pada ikan *Stiphodon sp.* sebesar 7.57 mm.

Dengan demikian dapat dilihat bahwa aktivitas antibakteri yang ditemui pada penelitian ini berada pada kriteria sedang (5–10 mm) berdasarkan kriteria yang (Vineetha, Vignesh, & Sridhar, 2015).

Mucus epidermal pada ikan sebagai salah satu bagian dari sisten kekebalan bawaan memainkan

berbagai peran penting diantaranya dalam fungsi respirasi, komunikasi, osmoregulasi, ekskresi, reproduksi hingga resistensi terhadap penyakit (Islam, Hossain, Islam, & Shoumo Khondoker, 2014). Peran mucus terhadap resisten penyakit dilakukan melalui penyediaan hambatan fisik-kimiawi antara organisme dengan lingkungannya (Subramanian, Ross, & MacKinnon, 2008), selain itu lapisan mucus epidermal juga menjadi tempat pertama interaksi sebagai besar bakteri berpotensi patogen dengan inangnya (Hiwarale, et al., 2016).

Tabel 1. Diameter zona hambat (mm)

Spesies Ikan	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Vibrio alginolyticus</i>	
	Asam	Aquadest	Asam	Aquadest
<i>Stiphodon sp. (Manggabai)</i>	8.67	7.42	7.57	6.85
<i>Giuris cf. margaritacea (Hulu'u)</i>	7.15	7.45	8.32	6.08

Aktivitas antibakteri pada mucus epidermal ikan disebabkan oleh berbagai senyawa antibakteri seperti peptida antimikroba, lisozim, lektin, protease dan glikoprotein (Kuppulakshmi et al. 2008; Balasubramanian et al. 2012; Barnes et al. 2003). Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya aktivitas antibakteri dari beberapa mucus epidermal ikan diantaranya *Salvelinus alpinus*, *S. fontinalis*, *Cyprinus carpio sub sp. koi*, *Morone saxatilis*, *Melanogrammus aeglefinus* dan *Myxine glutinosa* (Subramanian et al. 2008); *Channa striatus* (Wei et al. 2010); *Channa punctatus* dan *Cirrhinus mrigala* (Kuppulakshmi et al. 2008); Cyprinidae (Islam et al. 2014); *Catla catla*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Labeo rohita* dan *Ctenopharyngodon idella* (Balasubramanian et al. 2012)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mucus epidermal yang diekstraksi dari ikan *Stiphodon sp* (Manggabai) dan ikan *Giuris cf. margaritacea* (Hulu'u) memiliki aktivitas antibakteri dengan kriteria sedang terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio alginolyticus*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya peptida antimikroba yang bekerja melalui interaksi elektrostatik secara negatif dengan fosfolipid pada membran sel bakteri yang diikuti oleh kerusakan fisik (Andreu & Rivas, 1998). Lebih lanjut peptida antibakteri jenis peptida amfifatik -helical seperti

dermaseptin, cerotoxin dan magainin bekerja melalui ikatan dengan membran fosfolipid pada permukaan bakteri yang kaya akan muatan ion negatif dan menyebabkan kandungan intrasel mengalami lisis (Kuppulakshmi, Prakash, Gunasekaran, & Sarojini, 2008); (Zasloff, 2002).

Aktivitas antibakteri yang ditemui pada penelitian ini juga kemungkinan disebabkan oleh enzim-enzim hidrolase seperti lisozim serta protease (serin, sistein dan metalloprotease), tripsin dan glikoprotein (Barnes & Lightfoot, 2005); (Wei, Xavier, & Marimuthu, 2010); (Balasubramanian, Rani, Prakash., Prakash, & Senthilraja, 2012). Enzim-enzim dalam mucus epidermal bekerja melalui aktivasi gen-gene yang mengkode peptida antimikroba serta protein komplementer maupun dengan mekanisme-mekanisme yang melibatkan turunan AMPs seperti pembukaan saluran atau pori serta gangguan terhadap membran sitoplasmis, penghambatan pada pembentukan dinding sel dan asam nukleat (Subramanian, Ross, & MacKinnon, 2008).

Adanya perbedaan aktivitas antibakteri pada kedua mucus ikan yang diuji kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kandungan kimiawi mucus epidermal maupun jumlah sekresi mucus pada setiap ikan uji. Perbedaan kandungan kimia mucus epidermal disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya salinitas, pH, penanganan stres maupun

tahap perkembangan serta kedewasaan. Sementara perbedaan jumlah sekresi mucus epidermal dapat disebabkan oleh struktur tubuh ikan uji. Ikan dengan sedikit sisik mampu memproduksi mucus lebih banyak untuk proteksi dibandingkan ikan dengan sisik yang lebih banyak (Subramanian, Ross, & MacKinnon, 2008).

Simpulan

Mucus ikan *Stiphodon* sp (Manggabai) dan *Giuris cf. margaritacea* (Hulu'u) memiliki aktivitas

antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio alginolyticus* dengan kriteria sedang.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penelitian ini, antara lain Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo dan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Daftar Pustaka

- Andreu, D., & Rivas, L. (1998). Animal Antimicrobial Peptides: An Overview. *Biopolymers (Peptide Science)*, Vol. 47, 415–433.
- Aydalina, R. V. (2015). *Variasi Morfologis dan Genetik Anggota Famili Eleotridae di Danau Tondano dan Limboto serta Sungai Tapodu dan Bolango, Sulawesi Bagian Utara*. Jogjakarta, Indonesia: UGM Press .
- Balasubramanian, S., Rani, B., Prakash., A., Prakash, M., & Senthilraja, P. (2012). Antimicrobial properties of skin mucus from four freshwater cultivable Fishes (Catla catla, Hypophthalmichthys molitrix, Labeo rohita and Ctenopharyngodon idella) . *African Journal of Microbiology Research* , Vol. 6(24), pp. 5110-5120.
- Barnes, S.-J., & Lightfoot, P. C. (2005). Formation of Magmatic Nickel Sulfide Ore Deposits and Processes Affecting Their Copper and Platinum Group Element Contents . *Society of Economic Geologists, Inc.*, 1-36.
- Hiwarale, D. K., Khillare, Y. K., Khillare, K., Wagh, U., Sawant, J., & Magare, M. (2016). Assessment of antimicrobial properties of fish mucus . *World Journal Of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* , Vol 5, Issue 5, 666-672.
- Islam, M., Hossain, M., Islam, S., & Shoumo Khondoker, A. K. (2014). Competitive antibacterial activity of two Indian major carps and two Chinese carps fish mucus against common pathogenic bacteria at aquaculture pond. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, Vol 2(2): 158-162.
- Kuppulakshmi, C., Prakash, M., Gunasekaran, G., & Sarojini, S. (2008). Antibacterial properties of fish mucus from *Channa punctatus* and *Cirrhinus mrigala*. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, Vol 12: 149-153.
- Subramanian, S., Ross, N. W., & MacKinnon, S. L. (2008). Comparison of antimicrobial activity in the epidermal mucus extracts of fish. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* (150) : 85-92.
- Suwanto, A., Harahap, T. N., Manurung, H., Rustadi, W. C., Nasution, S. R., Suryadiputra, I. N., & Sualia, I. (2011). *Profil 15 Danau Prioritas Nasional* . Jakarta, Indonesia: Kementerian Lingkungan Hidup .
- Vineetha, N., Vignesh, R., & Sridhar, D. (2015). Preparation, Standardization of Antibiotic Discs and Study of Resistance Pattern for First-Line Antibiotics in Isolates from Clinical Samples. *International Journal of Applied Research* , Vol 1(11): 624-631 .



- Wei, O. Y., Xavier, R., & Marimuthu, K. (2010). Screening of antibacterial activity of mucus extract of Snakehead fish, *Channa striatus* (Bloch). *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, Vol 14 : 675-681.
- Zasloff, M. (2002). Antimicrobial peptides of multicellularorganisms. *Nature*, VOL 415 : 389-395.