Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati

BERITA BIOLOGI

Vol. 19 No. 3B Desember 2020

Terakreditasi Berdasarkan Keputusan Direktur Jendral Penguatan Riset dan
Pengembangan, Kemenristekdikti RI
No. 21/E/KPT/2018

Tim Redaksi (*Editorial Team*)

Andria Agusta (Pemimpin Redaksi, *Editor in Chief*)
(Kimia Bahan Alam, Pusat Penelitian Kimia - LIPI)

Kusumadewi Sri Yulita (Redaksi Pelaksana, *Managing Editor*)
(Sistematika Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Gono Semiadi
(Mammalogi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Atit Kanti
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Siti Sundari
(Ekologi Lingkungan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Arif Nurkanto
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Kartika Dewi
(Taksonomi Nematoda, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dwi Setyo Rini
(Biologi Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Desain dan Layout (*Design and Layout*)

Liana Astuti

Kesekretariatan (*Secretary*)

Nira Ariasari, Budiarjo

Alamat (*Address*)

Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Kompleks Cibinong Science Center (CSC-LIPI)
Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46,
Cibinong 16911, Bogor-Indonesia
Telepon (021) 8765066 - 8765067
Faksimili (021) 8765059
Email: berita.biologi@mail.lipi.go.id
jurnalberitabiologi@yahoo.co.id
jurnalberitabiologi@gmail.com

Keterangan foto cover depan: *Sequence* gerakan yang ditunjukkan selama *foot-flagging* pada katak jantan (*S. gutattus*); (A) saat istirahat; (B) angkat kaki; (C-F) ekstensi kaki parsial; (G-J) ekstensi kaki penuh; (K-L) istirahat, sesuai dengan halaman 385

(Notes of cover picture): (*Sequence of movements shown during foot-flagging in male frogs (S. gutattus); (A) at rest; (B) leg lift; (C-F) partial leg extension; (G-J) full leg extension; (K-L) rest*), as in page 385)

Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati

P-ISSN 0126-1754
E-ISSN 2337-8751
Terakreditasi Peringkat 2
21/E/KPT/2018
Volume 19 Nomor 3B, Desember 2020

Berita Biologi	Vol. 19	No. 3B	Hlm. 361 – 489	Bogor, Desember 2020	ISSN 0126-1754
----------------	---------	--------	----------------	----------------------	----------------

Pusat Penelitian Biologi - LIPI

Ucapan terima kasih kepada
Mitra Bebestari nomor ini
19(3B) – Desember 2020

Dr. Satya Nugroho
(Biologi Molekuler/Rekayasa Genetika Tanaman, Pusat Penelitian Bioteknologi - LIPI)

Dr. Surono, S.P., M.Agr.
(Microbial Ecology/Dark septate endophytic fungi, Balai Penelitian Tanah - Badan Litbang Pertanian)

Dr. Mirza Dikari Kusri, M.Si.
(Herpetologi, Ekologi Satwaliar, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor)

Prof. Dr. Dewi Malia Prawiradilaga
(Ekologi Burung, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Mohammad Irham M.Sc.
(Ekologi & Taksonomi Burung, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Adi Santoso
(Bioteknologi, Pusat Penelitian Bioteknologi - LIPI)

Ir. Endang Purwaningsih
(Taksonomi Nematode pada vertebrata liar, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Gloria Animalesto S.Si.
(Taksonomi Trematoda pada vertebrata liar, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Arif Nurkanto, M.Si.
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Bambang Sunarko
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr.rer.nat.Dwi Setyo Rini M.Si.
(Biologi Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Novik Nurhidayat
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Achmad Dinoto M.Sc.
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Prof. Dr. Mulyadi
(Biosistematika Copepoda, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Conni Margaretha Sidabalok M. App. Sc.
(Biosistematika Isopoda, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

ISOLASI DAN KARAKTERISASI ISOLAT BAKTERI RESISTEN TEMBAGA DARI SUNGAI CISADANE

[Isolation and Characterization of Copper Resistant Bacteria from Cisadane River]

Wahyu Irawati^{1*} dan Candra Yulius Tahya²

¹ Fakultas Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang 15811, Banten, Indonesia.

² Fakultas Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Pelita Harapan, Tangerang 15811, Banten, Indonesia.

email: w.irawati3@gmail.com

ABSTRACT

The water quality of the Cisadane River, located in the industrial factory area, it is contaminated with copper, it is necessary to treat sewage. Biological wastewater treatment using bacteria is a more economical and effective method of removing copper from the environment than chemical methods. This study aims to isolate, identify, determine the level of resistance, and analyze the ability of bacteria to accumulate copper. Isolation was carried out by the spread method in Luria Bertani Agar medium containing CuSO₄. Bacterial isolates were identified based on analysis of the 16S rDNA gene. The resistance level is determined based on the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) value. The accumulation ability of copper was determined using an atomic absorption spectrophotometer. Six bacteria resistant to copper were isolated and identified as *Pantoea agglomerans* strain IrCis1, *Klebsiella grimontii* strain IrCis3, *Klebsiella pneumoniae* strain IrCis4, *Shigella flexneri* strain IrCis5, *Enterobacter cloacae* strain IrCis6, and *Enterobacter cloacae* strain IrCis9 with MIC of 7 mM - 9 mM. *Pantoea agglomerans* strains IrCis1, *Klebsiella grimontii* strains IrCis3, *Klebsiella pneumoniae* strains IrCis4 can accumulate copper of 1,19 mg, 1,39 mg, and 0,92 mg, respectively, per gram of dry cell weight.

Key words: Accumulation, Bacteria, Cisadane, Copper, Resistance

ABSTRAK

Kualitas air Sungai Cisadane yang berada di kawasan pabrik industri tercemar tembaga sehingga diperlukan penanganan pengolahan limbah. Pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan bakteri merupakan metode yang lebih ekonomis dan efektif untuk menyisihkan tembaga dari lingkungan dibandingkan secara kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, mengidentifikasi, menentukan tingkat resistensi, serta menganalisis kemampuan bakteri dalam mengakumulasi tembaga. Isolasi dilakukan dengan metode sebar dalam medium Luria Bertani Agar yang mengandung CuSO₄. Isolat bakteri diidentifikasi berdasarkan analisis gen 16S rDNA. Tingkat resistensi ditentukan berdasarkan nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Kemampuan akumulasi tembaga ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Enam bakteri resisten terhadap tembaga dapat diisolasi dan diidentifikasi sebagai *Pantoea agglomerans* strain IrCis1, *Klebsiella grimontii* strain IrCis3, *Klebsiella pneumoniae* strain IrCis4, *Shigella flexneri* strain IrCis5, *Enterobacter cloacae* strain IrCis6, dan *Enterobacter cloacae* strain IrCis9 dengan nilai MIC sebesar 7 mM-9 mM. Konsentrasi 2 mM CuSO₄ tidak menghambat pertumbuhan bakteri namun konsentrasi 4 mM menurunkan fase logaritma bakteri. *Pantoea agglomerans* strain IrCis1, *Klebsiella grimontii* strain IrCis3, *Klebsiella pneumoniae* strain IrCis4 dapat mengakumulasi tembaga masing-masing sebesar 1.19 mg, 1.39 mg, dan 0.92 mg per gram berat kering sel.

Kata kunci: Akumulasi, Cisadane, Bakteri, Resistensi, Tembaga

PENDAHULUAN

Perairan muara Cisadane merupakan daerah estuari yang terletak di pantai Utara Kabupaten Tangerang dan dialiri oleh Sungai Cisadane. Menurut Nadia, Rudiyaniti, dan Haeruddin (2017) Sungai Cisadane yang melintasi Provinsi Jawa Barat dan Banten memiliki nilai dan fungsi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, khususnya masyarakat yang tinggal di sekitar daerah aliran Sungai Cisadane. Sungai Cisadane banyak dimanfaatkan sebagai sumber air minum dan pangan (Rahayu, Yoga, Effendi, dan Wardiatno, 2015), serta berbagai aktivitas industri seperti industri kaca, industri makanan ternak, industri cat dan *cold storage*/gudang pendingin (Nadia, Rudiyaniti, dan Haeruddin, 2017). Aktivitas industri yang tidak disertai dengan manajemen pengolahan limbah yang baik akan

menyebabkan penurunan kualitas air Sungai Cisadane (Dawud *et al.*, 2016).

Menurut penelitian Sulistia (2018) kualitas air Sungai Cisadane di daerah permukiman dengan lokasi sampling Jembatan Pancasan Kabupaten Bogor mengandung logam berat yang diantaranya adalah tembaga. Penelitian tersebut juga menyatakan bahwa konsentrasi tembaga yang diteliti belum melebihi ambang batas aman, namun dibutuhkan tindakan preventif untuk mengantisipasi pencemaran limbah tembaga di daerah aliran Sungai Cisadane. Hal ini dikonfirmasi oleh hasil penelitian Rosarina dan Laksanawati (2019) yang menyatakan bahwa kualitas air Sungai Cisadane yang berada di kawasan pabrik industri membutuhkan penanganan khusus sebagai upaya pencegahan pencemaran lingkungan yang berbahaya bagi ekosistem perairan.

*Kontributor Utama

*Diterima: 13 Agustus 2020 - Diperbaiki: 9 November 2020 - Disetujui: 24 Desember 2020

Tembaga merupakan elemen atau material yang tidak dapat terdegradasi dan mudah untuk terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup (Indirawati, 2017) serta mengendap pada sedimen selama bertahun-tahun (Khan *et al.*, 2018). Tembaga konsentrasi berlebih dapat mencemari lingkungan dengan tingkat toksisitas yang sangat tinggi dan berbahaya bagi kehidupan organisme (Ratnawati, Ermawati, dan Naimah, 2010), khususnya pada ekosistem perairan. Hal ini karena air merupakan elemen esensial yang harus dilindungi agar kualitas dan kuantitasnya tetap dipertahankan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia ataupun makhluk hidup lainnya (Rosarina dan Laksanawati, 2019). Masyarakat yang memanfaatkan air yang tercemar tembaga sebagai sumber air minum ataupun pangan sehari-hari akan rentan mengalami berbagai jenis penyakit, kerusakan organ, keracunan, dan kematian dengan proses jangka waktu yang panjang (Bijang, Latupeirissa, dan Ratuhanrasa, 2018).

Kualitas air Sungai Cisadane harus selalu dijaga kelestariannya. Konsentrasi tembaga di Sungai Cisadane tidak boleh dibiarkan terus meningkat dan membahayakan kesehatan manusia, sehingga diperlukan upaya dalam mengolah limbah industri tembaga yang ramah lingkungan atau tidak toksik. Metode pengolahan limbah tembaga yang umum dilakukan adalah secara kimia dengan cara pengendapan, filtrasi membran, pertukaran ion, oksidasi reduksi, maupun secara fisika-kimia, namun metode-metode tersebut sangat mahal dan kurang efektif (Donde, 2017). Metode pendekatan biologis dalam memanfaatkan potensi bakteri untuk menyisihkan tembaga dari lingkungan atau biasa disebut dengan bioremediasi merupakan metode pengolahan limbah yang lebih efektif, murah, dan efisien dibanding secara kimia (Aktas, 2013). Populasi bakteri yang hidup di perairan tercemar limbah tembaga akan mengembangkan kemampuan adaptasi untuk bertahan hidup melalui proses metabolisme sehingga dapat dimanfaatkan untuk proses bioremediasi (Ratnawati, Ermawati, dan Naimah, 2010).

Beberapa keuntungan penggunaan bakteri sebagai agen bioremediasi, antara lain (1) bakteri dapat mengakumulasi tembaga di dalam proses metabolisme sel dan mampu mengubah substansi

berbahaya menjadi produk sampingan yang lebih ramah bagi lingkungan, (2) sel bakteri yang telah dikultur dapat digunakan berulang kali, (3) tembaga yang terakumulasi dalam sel bakteri dapat diunduh dan digunakan kembali dalam proses industri (Xochitl dan Rabaey, 2018). Bakteri resisten tembaga dapat diisolasi dari perairan yang tercemar tembaga dan digunakan sebagai agen bioremediasi. Bakteri indigen yang diisolasi dari lingkungan tercemar lebih efektif digunakan dalam proses bioremediasi karena lebih cepat beradaptasi ketika diterapkan sebagai agen bioremediasi sehingga penelitian isolasi bakteri resisten tembaga dari lingkungan tercemar diharapkan dapat menunjang program bioremediasi menggunakan bakteri. Mekanisme resistensi bakteri dengan cara akumulasi, biosorpsi, detoksifikasi, dan pengendapan tembaga mampu menurunkan konsentrasi tembaga di lingkungan (Irawati dan Yuwono, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri yang resisten terhadap tembaga dari Sungai Cisadane, mengidentifikasi dan menguji tingkat resistensi isolat bakteri, serta menganalisis kemampuan akumulasi isolat bakteri terhadap tembaga.

BAHAN DAN CARA KERJA

Isolasi dan seleksi bakteri resisten tembaga

Air limbah sungai Cisadane di encerkan secara seri dalam air steril kemudian diinokulasikan sebanyak 100 mikroliter dengan metode sebar menggunakan batang kaca ke dalam cawan petri yang mengandung medium Luria Bertani Agar dan 3 mM CuSO_4 . Sampel diinkubasi selama 2 hari pada suhu 37°C . Koloni yang tumbuh kemudian diisolasi, diberi kode, serta dimurnikan hingga menghasilkan koloni tunggal. Isolat bakteri resisten tembaga disimpan dalam agar miring berisi 3 mM CuSO_4 untuk penelitian selanjutnya.

Pengujian resistensi bakteri terhadap tembaga

Resistensi tembaga ditentukan berdasarkan nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Pengujian dilakukan dengan menginokulasikan biakan bakteri pada medium Luria Bertani Agar menggunakan metode *streak plate*. Konsentrasi awal adalah 3 mM CuSO_4 yang ditingkatkan secara bertahap sampai tidak ditemukan adanya

pertumbuhan bakteri di dalam medium. Nilai MIC ditentukan setelah 48 jam inkubasi pada 37 °C.

Kurva pertumbuhan dan kemampuan bakteri mengakumulasi tembaga

Satu ose biakan bakteri diinokulasikan ke dalam 5 ml medium Luria Bertani cair kemudian diinkubasikan dalam inkubator suhu 37 °C dengan penggojogan 200 rpm sampai mencapai fase logaritma. Kultur pemula yang dihasilkan diinokulasikan sebanyak 250 mikroliter ke dalam 25 ml medium Luria Bertani cair yang mengandung 2 mM dan 4 mM CuSO₄ kemudian diinkubasikan dalam inkubator suhu 37 °C dengan penggojogan 200 rpm. Kurva pertumbuhan bakteri diukur berdasarkan kekeruhan sel menggunakan spektrofotometer panjang gelombang 600 nm. Sel bakteri dipanen dengan sentrifugasi 4500 rpm selama 10 menit menghasilkan supernatan dan pellet sel. Berat kering sel bakteri ditentukan dengan mengeringkan pellet sel menggunakan oven 70 °C hingga mencapai berat yang konstan. Kemampuan akumulasi tembaga ditentukan dengan mendestruksi sel menggunakan HNO₃ pada suhu 110 °C. Kemampuan akumulasi tembaga per gram berat kering sel ditentukan menggunakan spektrofotometer serapan atom (Irawati *et al.*, 2012).

Identifikasi isolat bakteri secara molekular

Isolat bakteri terpilih dilakukan identifikasi berdasarkan gen 16S rDNA yang merujuk pada penamaan spesies bakteri. Gen 16S rDNA diamplifikasi dengan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction*. Primer yang digunakan adalah daerah lestari gen 16S rDNA pada *Escherichia coli*. Konsentrasi akhir per reaksi adalah 0,4 µM. Enzim *Tag* DNA Polymerase yang digunakan adalah Plantinum® *Tag* DNA Polymerase (Invitrogen no. cat. 10966-018) dengan konsentrasi 5 unit/µL dan konsentrasi akhir enzim per reaksi sebesar 1,25 unit/25 µL.

Hasil amplifikasi 16S rDNA masing-masing isolat selanjutnya dilakukan pengurutan basa nukleotida. Urutan basa gen 16S rDNA dianalisis dan diedit dengan menggunakan program ProSeq. Untuk mengetahui persentase keserupaan dan mengidentifikasi isolat bakteri, urutan basa DNA isolat selanjutnya disejajarkan dengan data bank gen 16S rDNA bakteri lain menggunakan *Basic Local Alignment Search Tool*. Studi filogenetik dilakukan dengan menganalisa urutan basa gen 16S rDNA isolat bakteri melalui program analisa sekuen CLUSTAL X dengan metode *Neighbour-Joining* dan *bootstrap* 100 kali. Dendogram dibuat melalui program *Tree View*.

Tabel 1. Hasil identifikasi bakteri resisten tembaga yang diisolasi dari Sungai Cisadane (*Identification result of copper resistant bacteria isolated from Cisadane River*)

No	Kode Isolat (Isolate code)	Hasil identifikasi (Identification result)	Tingkat similaritas (Similarity level) (%)	MIC (mM)
1	IrCis1	<i>Pantoea agglomerans</i> strain JCM1236	97.75	9
2	IrCis3	<i>Klebsiella grimontii</i>	98.63	7
3	IrCis4	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	97.26	9
4	IrCis5	<i>Shigella flexneri</i>	96.95	9
5	IrCis6	<i>Enterobacter cloacae</i> strain DSM	99.36	9
6	IrCis9	<i>Enterobacter cloacae</i>	96.23	9

HASIL

Dari hasil penelitian ini diperoleh enam isolat bakteri yang resisten terhadap tembaga dari Sungai Cisadane, yaitu strain IrCis1, IrCis3, IrCis4, IrCis5, IrCis6, dan IrCis9 (Tabel 1). Masing-masing isolat tersebut memiliki kemiripan tertinggi dengan *Pantoea agglomerans* strain JCM1236 (97.75%), *Klebsiella grimontii* (98.63%), *Klebsiella pneumoniae* (97.26%), *Shigella flexneri* (96.95%), *Enterobacter cloacae* strain DSM (99.36%), dan *Enterobacter cloacae* (96,23%). Tampilan koloni Isolat IrCis 3, IrCis 5, IrCis 6, dan IrCis 9 pada medium Luria Bertani Agar yang mengandung 3 mM CuSO₄ (Gambar 1). Tampak dalam gambar, keempat isolat bakteri tersebut memiliki koloni yang berwarna putih.

Studi filogenetik dilakukan berdasarkan urutan gen 16S rDNA dari lima isolat bakteri yaitu IrCis1, IrCis3, IrCis5, IrCis6 dan IrCis9. Hubungan kekerabatan diantara kelima isolat dengan 25 spesies bakteri berbeda lainnya (Gambar 2). Penelitian selanjutnya difokuskan pada tiga bakteri yang paling resisten yaitu strain bakteri IrCis1, IrCis4, dan IrCis5.

Gambar 3 menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi CuSO₄ terhadap pertumbuhan isolat bakteri IrCis1, IrCis4, dan IrCis5. Konsentrasi 2 mM dan 4 mM CuSO₄ berpengaruh terhadap pertumbuhan strain bakteri IrCis1, IrCis4, dan

IrCis5 yang besarnya tergantung pada konsentrasi CuSO₄. Konsentrasi tersebut tidak menyebabkan terjadinya fase lag dan tidak mengakibatkan kematian. Pengaruh penambahan 2 mM dan 4 mM CuSO₄ berbeda untuk setiap strain bakteri. Konsentrasi 2 mM menyebabkan pertumbuhan strain bakteri IrCis1 yang lebih baik dibandingkan dengan pertumbuhannya pada medium tanpa CuSO₄. Di sisi lain, penambahan 2 mM CuSO₄ menghambat pertumbuhan strain bakteri IrC4 dan IrC5. Penambahan 4 mM memperlambat aktivitas pertumbuhan ketiga strain bakteri, meskipun strain bakteri tetap dapat mencapai fase logaritma yang lebih rendah dibandingkan dengan strain bakteri di dalam medium tanpa CuSO₄. Fenomena pada Gambar 3 mengindikasikan bahwa setiap bakteri memiliki respon yang berbeda terhadap tembaga.

Adanya penghambatan pertumbuhan bakteri akibat penambahan 4 mM CuSO₄ menunjukkan bahwa tembaga dengan konsentrasi tinggi bersifat toksik bagi strain IrCis1, IrCis4, dan IrCis5. Tabel 1 menunjukkan bahwa ketiga bakteri memiliki nilai MIC sebesar 9 mM yang berarti bahwa bakteri tersebut dapat tumbuh dalam CuSO₄ hingga konsentrasi di bawah 9 mM. Bondarczuk dan Piotrowska (2013) mengatakan bahwa tembaga merupakan unsur mikro yang dibutuhkan organisme tetapi pada konsentrasi yang melebihi ambang batas akan mengakibatkan toksisitas.

Gambar 1. Morfologi koloni isolat bakteri dari Sungai Cisadane (*Colony morphology of bacterial isolate from Cisadane River*). A: Strain IrCis 3, Strain B: Strain IrCis 5, Strain IrCis 6, D, strain IrCis. Panah merah menunjukkan koloni tunggal setiap isolat bakteri (*Red arrow shows single colony of each bacterial isolate*)

Gambar 2. Pohon filogeni isolat bakteri dari Sungai Cisadane (*Philogeny tree of bacterial isolate from Cisadane River*)

Gambar 3. Pengaruh konsentrasi CuSO_4 terhadap pertumbuhan bakteri strain IrCis1, IrCis4, dan IrCis5 (*The influence of CuSO_4 concentration to bacterial growth of strain IrCis1, IrCis4, and IrCis5*)

Gambar 4. Kemampuan isolat bakteri dari Sungai Cisadane dalam mengakumulasi tembaga pada medium yang mengandung 4 mM dan 5 mM CuSO_4 (*The ability of bacterial isolates from Cisadane River to accumulate copper in medium containing 4 mM dan 5 mM CuSO_4*)

Kondisi ini menyebabkan bakteri memiliki mekanisme untuk menyimpan tembaga di dalam sel sebagai unsur mikro sekaligus mempertahankan sel terhadap toksisitas. Habitat yang tercemar tembaga mengakibatkan sel bakteri secara terus menerus terpapar oleh tembaga sehingga menghasilkan mekanisme adaptasi untuk mempertahankan diri terhadap toksisitas. Beberapa bakteri yang dapat bertahan hidup akan membentuk populasi bakteri resisten yang melakukan mekanisme resistensi dengan cara bioakumulasi tembaga di dalam sel.

Gambar 4 menunjukkan bahwa strain IrCis1, IrCis4, dan IrCis5 dapat mengakumulasi tembaga masing-masing sebesar 1,19 mg, 1,34 mg, dan 0,92 mg per gram berat kering sel pada medium yang mengandung 4 mM CuSO_4 . Kemampuan akumulasi tembaga strain IrCis1 dan IrCis4 meningkat masing-masing menjadi sebesar 1,42 mg dan 1,55 mg per gram berat kering sel ketika bakteri tersebut ditumbuhkan pada medium yang mengandung 5 mM CuSO_4 sedangkan isolat IrCis5 mengalami penurunan menjadi 0,22 mg per gram berat kering sel.

PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan enam strain bakteri resisten tembaga dengan kode IrCis1, IrCis3, IrCis4, IrCis5, yang masing-masing teridentifikasi sebagai *Pantoea agglomerans*, *Klebsiella grimontii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, serta strain IrCis6 dan IrCis9 yang teridentifikasi sebagai *Enterobacter cloacae*. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa *Pantoea agglomerans*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Enterobacter cloacae* memiliki resistensi terhadap logam berat namun belum ditemukan adanya hasil penelitian yang menginformasikan bahwa *Shigella flexneri* memiliki resistensi terhadap logam berat. Yang *et al.* (2020) mengatakan bahwa *Shigella flexneri* ditemukan sebagai bakteri patogen penyebab penyakit disentri di Beijing, China tetapi tidak menginformasikan bahwa bakteri ini memiliki resistensi terhadap tembaga. Informasi ini membuka peluang penelitian lebih lanjut mengenai resistensi spesies bakteri ini terhadap tembaga dalam pemanfaatannya sebagai agen bioremediasi

serta membuka kemungkinan adanya bakteri baru yang berpotensi sebagai agen bioremediasi tembaga. Adanya spesies bakteri baru yang resisten tembaga akan menambah keanekaragaman bakteri beserta informasi genetik yang terkandung di dalamnya yang mungkin lebih bermanfaat dalam proses bioremediasi dibandingkan spesies bakteri yang telah ditemukan sebelumnya.

Hasil penelitian ini serupa dengan beberapa peneliti sebelumnya yang melaporkan bahwa spesies *Pantoea*, *Klebsiella*, *Enterobacter* dapat diisolasi dari daerah tercemar, bahkan ada yang dapat diisolasi dari tubuh organisme. Deletoile *et al.* (2009) melaporkan bahwa umumnya spesies *Pantoea* dapat diisolasi dari tubuh manusia dan ditemukan di alam, termasuk pada tanaman, air, tanah, dan binatang, serta berasosiasi dengan tanaman dalam bentuk epifit maupun endofit, namun Paulina *et al.* (2014) berhasil mengisolasi *Pantoea agglomerans* strain LMAE-2 dari sedimen saluran Tenglo, Puerto Montt, Chile dan membuktikan bahwa bakteri tersebut memiliki resistensi terhadap tembaga. Sementara itu, Mazalan *et al.* (2020) berhasil mengisolasi *Enterobacter cloacae* strain NZS dari danau Selangor, Malaysia yang terbukti juga toleran terhadap logam berat. Irawati *et al.* (2019) melaporkan bahwa *Klebsiella pneumoniae* strain CN6 yang resisten terhadap tembaga dapat diisolasi dari Sungai Cikapundung, Indonesia sedangkan Abbas *et al.* (2014) berhasil mengisolasi *Enterobacter* sp. and *Klebsiella pneumonia* dari limbah industri yang resisten terhadap logam berat. Penemuan *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* di habitat lain yang mempunyai resistensi terhadap tembaga semakin mengkonfirmasi bahwa lingkungan tercemar tembaga di Indonesia juga terdapat bakteri resisten tembaga yang sama dengan daerah lain yang juga sama-sama tercemar tembaga.

Strain IrCis1, IrCis3, IrCis4, IrCis5, IrCis6, dan IrCis9 memiliki resistensi dengan nilai MIC berkisar antara 7 mM hingga 9 mM. Resistensi strain bakteri ini lebih tinggi dibandingkan resistensi bakteri pada penelitian Altimera *et al.* (2012) dan Irawati *et al.* (2012 dan 2019). *Sphingomonas* sp., *Arthrobacteria* sp., dan

Stenotrophomonas sp. yang diisolasi dari daerah Valparaiso, Chile memiliki resistensi dengan nilai MIC berkisar antara 3.1 mM hingga 4.7 mM (Altimera *et al.*, 2012). Irawati *et al.* (2019) mengisolasi *Escherichia coli* strain CN8 dari sungai Cikapundung dengan nilai MIC sebesar 8 mM. *Acinetobacter oleivorans* strain IrC1, *Acinetobacter pitii* strain IrC2, *Cupriavidus pauculus* strain IrC4 yang diisolasi dari limbah industri Rungkut-Surabaya memiliki resistensi dengan nilai MIC sekitar 6 mM hingga 7 mM (Irawati *et al.*, 2012). Altimera *et al.* (2012) mengatakan bahwa bakteri dikategorikan memiliki resistensi yang tinggi apabila memiliki nilai MIC di atas 4.7 mM sehingga dapat disimpulkan bahwa Isolat IrCis1, IrCis3, IrCis4, IrCis5, IrCis6, dan IrCis9 memiliki kategori resistensi yang tinggi dibandingkan isolat bakteri resisten tembaga yang telah dikemukakan sebelumnya. Bakteri yang memiliki resistensi tinggi dapat berpotensi untuk dijadikan agen bioremediasi tembaga karena bakteri ini akan dapat bertahan hidup selama penerapan proses bioremediasi. Keberhasilan pengolahan limbah tembaga dengan menggunakan bakteri ditentukan oleh penggunaan bakteri resisten yang mampu bertahan hidup dalam habitat tercemar serta mampu mengakumulasi tembaga. Resistensi yang tinggi harus disertai dengan pertumbuhan optimal yaitu mampu melakukan pertumbuhan fase logaritma dimana akan terjadi proses metabolisme yang aktif untuk terjadinya pembelahan sel dalam waktu yang cepat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Isolat IrCis1 pada medium 2 mM tidak mengalami penghambatan pertumbuhan bahkan pertumbuhannya lebih baik dibandingkan medium tanpa tembaga menunjukkan bahwa konsentrasi ini merupakan konsentrasi yang dibutuhkan bakteri untuk proses pertumbuhannya. Penghambatan pertumbuhan mulai terjadi pada konsentrasi 4 mM menunjukkan terjadinya kondisi toksik bagi bakteri. Menurut Williams *et al.* (2012), tembaga pada konsentrasi yang rendah merupakan unsur penting yang dibutuhkan bakteri dalam proses metabolisme namun pada konsentrasi yang tinggi bersifat toksik. Nies (1999), mengatakan bahwa tembaga pada konsentrasi yang rendah bermanfaat

sebagai unsur mikro tetapi pada konsentrasi yang tinggi bersifat toksik. Bakteri yang hidup di habitat tercemar tembaga konsentrasi tinggi akan mengembangkan mekanisme resistensi untuk menghadapi toksisitas tembaga. Toksisitas tembaga terjadi karena ion tembaga terikat pada gugus fungsional molekul biologi membentuk ikatan kompleks antara logam dan biomolekular yang stabil menyebabkan kerusakan enzim, protein, DNA, dan membran. Hal ini didukung oleh pernyataan Aljerf dan Almasri (2018) yang mengatakan bahwa logam berat mempengaruhi aktivitas metabolisme dan pembentukan plasma membran.

Pengaruh logam berat terhadap pertumbuhan bakteri juga dilaporkan oleh Haq *et al.* (2015) yang mengatakan bahwa *Kocuria rhizophila* mengalami penghambatan pertumbuhan ketika berada di dalam medium logam berat dimana besarnya penghambatan tergantung pada konsentrasi logam berat. Penurunan aktivitas pertumbuhan disebabkan oleh terjadinya interaksi ion logam dengan gugus negatif yang terdapat di permukaan sel seperti karboksil, hidroksil, fosfat, dan asam amino. Menurut Hobman dan Crossman (2014), toksisitas tembaga terjadi karena ion tembaga memblok molekul biologis sehingga menyebabkan kerusakan DNA, protein, serta membran sel yang berakibat kerusakan fungsi seluler. Li *et al.* (2019) mengatakan bahwa penghambatan proses metabolisme terjadi karena tembaga konsentrasi tinggi mengikat dan memodifikasi enzim yang dibutuhkan dalam proses metabolisme namun beberapa bakteri memiliki mekanisme yang kompleks dan efisien untuk menetralkan toksisitas tembaga.

Menurut Kyaing *et al.* (2019), mekanisme resistensi bakteri terhadap logam berat dapat dilakukan antara lain secara biosorpsi atau bioakumulasi. Ahemad dan Malik (2011) mengatakan bahwa bakteri memiliki afinitas untuk mengikat tembaga melalui beberapa mekanisme seperti akumulasi pada dinding sel dan pembentukan ikatan kompleks dengan gugus karboksil yang terdapat pada peptidoglikan dalam dinding sel. Analisis kemampuan akumulasi hanya dilakukan pada tiga isolat yang berbeda dan

memiliki resistensi tertinggi yaitu *Pantoea agglomerans* strain IrCis1, *Klebsiella penumoniae* strain IrCis4, dan *Shigella flexneri* strain IrCis5. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga bakteri tersebut masing-masing mempunyai kemampuan akumulasi sebesar 1,42 mg, 1,55 mg, dan 0,92 mg per gram berat kering sel.

Kemampuan akumulasi *Pantoea agglomerans* strain IrCis1, *Klebsiella penumoniae* strain IrCis4, *Shigella flexneri* strain IrCis5 lebih rendah dibandingkan kemampuan akumulasi isolat bakteri dari sungai Cikapundung. *Klebsiella pneumoniae* strain IrCis4 dari Cisadane memiliki kemampuan akumulasi sebesar 1,55 mg sedangkan *Klebsiella pneumoniae* strain CN1 dari sungai Cikapundung memiliki kemampuan sebesar 4,62 mg per gram berat kering sel (Irawati *et al.*, 2019) sehingga dapat disimpulkan bahwa spesies bakteri yang sama dapat memiliki kemampuan akumulasi yang berbeda. Hal ini mungkin disebabkan habitat kedua strain tersebut disolasi dari lokasi yang berbeda sehingga tingkat pencemarannya juga berbeda dan menghasilkan tingkat kemampuan akumulasi yang berbeda.

Manasi dan Rajesh (2016) mengatakan bahwa resistensi dan mekanisme resistensi bakteri secara langsung menggambarkan tingkat pencemaran dimana strain bakteri tersebut diisolasi. Mutiat *et al.* (2018) mengatakan bahwa bakteri resisten mengembangkan mekanisme secara biologis, kimia, dan fisika seperti pengendapan, pembentukan ikatan kompleks, penyerapan, transport, serta menghasilkan produk seperti eksopolisakarida, pigmen, enzim, atau protein pengikat logam. Ditemukannya isolat bakteri resisten tembaga dari sungai Cisadane yang dapat mengakumulasi tembaga membuka peluang untuk dijadikan agen bioremediasi tembaga. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk memaksimalkan potensinya dalam proses bioremediasi.

KESIMPULAN

Enam strain bakteri resisten terhadap tembaga berhasil diisolasi dari Sungai Cisadane, yaitu *Pantoea agglomerans* strain IrCis1, *Klebsiella grimontii* strain IrCis3, *Klebsiella penumoniae* strain IrCis4, *Shigella flexneri* strain IrCis5,

Enterobacter cloacae strain IrCis6, dan *Enterobacter Cloacae* strain IrCis9. Keenam strain bakteri tersebut menunjukkan resistensi yang tinggi terhadap tembaga dengan nilai MIC sebesar 7–9 mM CuSO₄. Tiga diantaranya, yaitu *Pantoea agglomerans* strain IrCis1, *Klebsiella pneumoniae* strain IrCis4, *Shigella flexneri* strain IrCis5 mempunyai kemampuan akumulasi tembaga masing-masing sebesar 1,42 mg, 1,55 mg, dan 0,92 mg per gram berat kering sel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Dana Internal Universitas Pelita Harapan Anggaran Tahun Akademik 2019/2020. Nomor: 247/LPPM-UPH/V/2019. Terimakasih kepada Geraldly Meyners, Nommensen Pangihutan Ompusunggu, Pebrianti, Greisnangsi, Yohana delvia, Grace Charity Mary, dan Fernando Christofer, mahasiswa Fakultas Ilmu Pendidikan Program Studi Biologi yang ikut membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S.Z., Rafatullah, M., Ismail, N. and Lalung, J., 2014. Isolation, identification and characterization of cadmium resistant *Pseudomonas* sp. M3 from industrial wastewater. *Journal Waste Management* doi:10.1155/2014/160398
- Ahemad, M. and Malik, A., 2011. Bioaccumulation of heavy metals by zinc resistant bacteria isolated from agricultural soils irrigated with wastewater. *Bacteriologi Journal*, 2(1), pp. 12–21.
- Aljerf, L. and Almasri, N., 2018. A gateway to metal resistance: Bacterial response to heavy metal toxicity in the biological environment. *Annals of Advances in Chemistry*, 2, pp. 32–44.
- Altimera, F., Yanez, C., Bravo, G., Gonzales, M., Rojas, L.A. and Seeger, M., 2012. Characterization of copper resistant bacteria and bacterial communities from copper-polluted agricultural soils of central Chile. *BMC Microbiology*, 12, pp. 1–12.
- Aktas, F., 2013. Bioremediation techniques and strategies on removal of polluted environment. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 2(1), pp. 107–115.
- Bijang, C. M., Latupeirissa, J. dan Ratuhanrasa, M., 2018. Biosorpsi ion logam tembaga (Cu²⁺) pada biosorben rumput laut coklat (*Padina australis*). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), pp. 26–37.
- Bondarczuk, K. and Piotrowska-Seget, Z., 2013. Molecular basis of active copper resistance mechanisms in Gram-negative bacteria. *Cell Biology and Toxicology*, 29, pp. 397–405.
- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N. dan Fadhila, M.L., 2016. Analisis sistem pengendalian pencemaran air sungai Cisadane Kota Tangerang berbasis masyarakat. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Universitas Muhammadiyah Jakarta, pp. 1–8.
- Donde, O., 2017. Waste management techniques: A review of advancement on the appropriate wastewater treatment principle for sustainability. *Environmental Management and Sustainable Development*, 6(1), pp. 40–58.
- Haq, F., Butt, M., Ali, H. and Chaudhary, H.J., 2015. Biosorption of cadmium and chromium from water by endophytic *Kocuria rhizophila*: equilibrium and kinetic studies. *Desalination and Water Treatment*, 57(42), pp. 1–3.
- Hobman, J.L. and Crossman, L.C., 2014. Bacterial antimicrobial metal ion resistance. *Journal of Medical Microbiology*, 64, pp. 471–497.
- Indirawati, S. M. 2017. Pencemaran Pb dan Cd dan keluhan kesehatan pada masyarakat di kawasan pesisir Belawan. *Jurnal Jumentik*, 2(2), pp. 54–60.
- Irawati, W., Yuwono, T., Soedarsono, J. and Hartiko, H., 2012. Molecular and physiological characterization of Copper-resistant bacteria isolated from activated sludge in an industrial wastewater treatment plant in Rungkut, Indonesia. *Microbiology Indonesia*, 6(3), pp. 107–116.
- Irawati, W. and Yuwono, T., 2017. The potential capability of bacteria and yeast strains isolated from Rungkut industrial sewage in Indonesia as a bioaccumulator and biosorbents of copper. *Biodiversitas*, 18(3), pp. 971–977.
- Irawati, W., Ompusunggu, N.P., Susilowati, D.N. and Yuwono, T., 2019. Molecular and physiological characterization of indigenous copper-resistant bacteria from Cikapundung River, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(2), pp. 344–349.
- Kyaing, M.S., Khaing, M.T. and Saing, K.M., 2019. Screening of heavy metal (Lead) and antibiotics resistant soil bacteria from Myanmar industrial sites. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(4), pp. 1319–1325.
- Khan, M.I., Khisroon, M., Khan, A. and Naila, G., 2018. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediments, and tissues and their histopathological effects on *Anodonta cygnea* (Linea, 1976) in Kabul River, Kyber Pakhtunkwa, Pakistan. *Biomed Research International*, pp. 1–11.
- Li, C., Li, Y. and Ding, C., 2019. The role of copper homeostasis at the host-pathogen axis: From bacteria to fungi. *International Journal of Molecular Sciences*, 20, pp. 175.
- Manasi, N.R. and Rajesh, V., 2016. Evaluation of the genetic basis of heavy metal resistance in an isolate from electronic industry effluent. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 14, pp. 177–180.
- Mazalan, N.Z.S., Oyeleye A., Rahman, R.N.A.R., Aris, A.Z., Salleh, A.B. and Normi, Y.M., 2020. Isolation and characterization of an acid and metal tolerant *Enterobacter cloacae* NZS strain from former mining lake in Selangor, Malaysia. *Beni-Suef University Journal of Basic & Applied Sciences*, 9(27), pp. 1–12.
- Mutiati, F.B.Y., Gbolahan, B. and Olu, O., 2018. A comparative study of the wild and mutated heavy metal resistant *Klebsiella variicola* generated for cadmium bioremediation. *Bioremediation Journal*, 22(1–2), pp. 28–42.
- Nadia, N., Rudyanti, S. dan Haeruddin. 2017. Sebaran spasial logam berat Pb dan Cd pada kolom air dan sedimen di Perairan Muara Cisadane, Banten. *Journal of Maqueres*, 6(4), pp. 455–462.
- Nies, D.H., 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51, pp. 730–750.
- Paulina, P., Corsini, G., Mario, T. and Alex, G., 2014. *Pantoea agglomerans* an agent to remove residual copper from aquaculture activity. *Trans Tech Publications*, 945-949, pp. 3479–3482.
- Rahayu, D. M., Yoga, G. P., Effendi, H. dan Wardiatno, Y., 2015. Penggunaan makrozoobentos sebagai indikator status Perairan Hulu Sungai Cisadane, Bogor. *Jurnal*

- Ilmu Pertanian Indonesia (JPII)*, 20(1), pp. 1–8.
- Ratnawati, E., Ermawati, R. dan Naimah, S., 2010. Teknologi biosorpsi oleh mikroorganisme, solusi alternatif untuk mengurangi pencemaran logam berat. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 32(1), pp. 34–40.
- Rosarina, D. dan Laksanawati, E.K., 2019. Perbandingan sifat fisika air Sungai Cisadane pada tata guna lahan yang berbeda. *Simposium Nasional Multidisiplin (SinaMu)*, 4(2), pp. 1–6. doi:10.31851/redoks.v4i2.3503
- Sulistia, S. 2018. Konsentrasi logam berat dari daerah pemukiman di Sungai Cisadane. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 11(2), pp. 56–62.
- Williams, G.P., Gnanadesigan, M. and Ravikumar, S., 2012. Biosorption and biokinetic studies of halobacterial strains against Ni²⁺, Al³⁺ and Hg²⁺ metal ions. *Bioresource Technology*, 107, pp. 526–529.
- Xochitl, D.B. and Rabaey, K., 2018. Metal recovery by microbial electro-metallurgy. *Progress in Materials Science*, 94, pp. 435–461.
- Yang, L., Lü, B., Wang, Wang, K., Lin, Y., Yang, C., Qiu, S., Li, P. and Song, H., 2020. Phylogenetic characterization reveals prevalent shigella flexneri ST100 clone in Beijing, China, 2005 to 2018. *Clinical Science and Epidemiology*, 5(4), pp. 1–8.

Pedoman Penulisan Naskah Berita Biologi

Berita Biologi adalah jurnal yang menerbitkan artikel kemajuan penelitian di bidang biologi dan ilmu-ilmu terkait di Indonesia. Berita Biologi memuat karya tulis ilmiah asli berupa makalah hasil penelitian, komunikasi pendek dan tinjauan kembali yang belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dikirim ke media lain. Masalah yang diliput harus menampilkan aspek atau informasi baru.

Tipe naskah

1. Makalah lengkap hasil penelitian (*original paper*)

Naskah merupakan hasil penelitian sendiri yang mengangkat topik yang *up to date*. Tidak lebih dari 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Pencantuman lampiran seperlunya, namun redaksi berhak mengurangi atau meniadakan lampiran.

2. Komunikasi pendek (*short communication*)

Komunikasi pendek merupakan makalah hasil penelitian yang ingin dipublikasikan secara cepat karena hasil temuan yang menarik, spesifik dan atau baru, agar dapat segera diketahui oleh umum. Hasil dan pembahasan dapat digabung.

3. Tinjauan kembali (*review*)

Tinjauan kembali merupakan rangkuman tinjauan ilmiah yang sistematis-kritis secara ringkas namun mendalam terhadap topik penelitian tertentu. Hal yang ditinjau meliputi segala sesuatu yang relevan terhadap topik tinjauan yang memberikan gambaran '*state of the art*', meliputi temuan awal, kemajuan hingga issue terkini, termasuk perdebatan dan kesenjangan yang ada dalam topik yang dibahas. Tinjauan ulang ini harus merangkum minimal 30 artikel.

Struktur naskah

1. Bahasa

Bahasa yang digunakan adalah Bahasa Indonesia atau Inggris yang baik dan benar.

2. Judul

Judul diberikan dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Judul ditulis dalam huruf tegak kecuali untuk nama ilmiah yang menggunakan bahasa latin. Judul harus singkat, jelas dan mencerminkan isi naskah dengan diikuti oleh nama serta alamat surat menyurat penulis dan alamat email. Nama penulis untuk korespondensi diberi tanda amplop cetak atas (*superscript*). Jika penulis lebih dari satu orang bagi pejabat fungsional penelitian, pengembangan agar menentukan status sebagai kontributor utama melalui penandaan simbol dan keterangan sebagai kontributor utama dicatatkan kaki di halaman pertama artikel.

3. Abstrak

Abstrak dibuat dalam dua bahasa, bahasa Indonesia dan Inggris. Abstrak memuat secara singkat tentang latar belakang, tujuan, metode, hasil yang signifikan, kesimpulan dan implikasi hasil penelitian. Abstrak berisi maksimum 200 kata, spasi tunggal. Di bawah abstrak dicantumkan kata kunci yang terdiri atas maksimum enam kata, dimana kata pertama adalah yang terpenting. Abstrak dalam Bahasa Inggris merupakan terjemahan dari Bahasa Indonesia. Editor berhak untuk mengedit abstrak demi alasan kejelasan isi abstrak.

4. Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan dan tujuan penelitian. Perlu disebutkan juga studi terdahulu yang pernah dilakukan terkait dengan penelitian yang dilakukan.

5. Bahan dan cara kerja

Bahan dan cara kerja berisi informasi mengenai metode yang digunakan dalam penelitian. Pada bagian ini boleh dibuat sub-judul yang sesuai dengan tahapan penelitian. Metoda harus dipaparkan dengan jelas sesuai dengan standar topik penelitian dan dapat diulang oleh peneliti lain. Apabila metoda yang digunakan adalah metoda yang sudah baku cukup ditulis sitasinya dan apabila ada modifikasi maka harus dituliskan dengan jelas bagian mana dan hal apa yang dimodifikasi.

6. Hasil

Hasil memuat data ataupun informasi utama yang diperoleh berdasarkan metoda yang digunakan. Apabila ingin mengacu pada suatu tabel/grafik/diagram atau gambar, maka hasil yang terdapat pada bagian tersebut dapat diuraikan dengan jelas dengan tidak menggunakan kalimat 'Lihat Tabel 1'. Apabila menggunakan nilai rata-rata maka harus menyertakan pula standar deviasinya.

7. Pembahasan

Pembahasan bukan merupakan pengulangan dari hasil. Pembahasan mengungkap alasan didapatkannya hasil dan arti atau makna dari hasil yang didapat tersebut. Bila memungkinkan, hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan studi terdahulu.

8. Kesimpulan

Kesimpulan berisi informasi yang menyimpulkan hasil penelitian, sesuai dengan tujuan penelitian, implikasi dari hasil penelitian dan penelitian berikutnya yang bisa dilakukan.

9. Ucapan terima kasih

Bagian ini berisi ucapan terima kasih kepada suatu instansi jika penelitian ini didanai atau didukung oleh instansi tersebut, ataupun kepada pihak yang membantu langsung penelitian atau penulisan artikel ini.

10. Daftar pustaka

Tidak diperkenankan untuk mensitasi artikel yang tidak melalui proses *peer review*. Apabila harus menyitir dari "laporan" atau "komunikasi personal" dituliskan '*unpublished*' dan tidak perlu ditampilkan di daftar pustaka. Daftar pustaka harus berisi informasi yang *up to date* yang sebagian besar berasal dari *original papers* dan penulisan terbitan berkala ilmiah (nama jurnal) tidak disingkat.

Format naskah

1. Naskah diketik dengan menggunakan program Microsoft Word, huruf New Times Roman ukuran 12, spasi ganda kecuali Abstrak spasi tunggal. Batas kiri-kanan atas-bawah masing-masing 2,5 cm. Maksimum isi naskah 15 halaman termasuk ilustrasi dan tabel.

2. Penulisan bilangan pecahan dengan koma mengikuti bahasa yang ditulis menggunakan dua angka desimal di belakang koma. Apabila menggunakan Bahasa Indonesia, angka desimal ditulis dengan menggunakan koma (,) dan ditulis dengan menggunakan titik (.) bila menggunakan bahasa Inggris. Contoh: Panjang buku adalah 2,5 cm. Length of the book is 2.5 cm. Penulisan angka 1-9 ditulis dalam kata kecuali bila bilangan satuan ukur, sedangkan angka 10 dan seterusnya ditulis dengan angka. Contoh lima orang siswa, panjang buku 5 cm.

3. Penulisan satuan mengikuti aturan *international system of units*.

4. Nama takson dan kategori taksonomi ditulis dengan merujuk kepada aturan standar yang diakui. Untuk tumbuhan menggunakan *International Code of Botanical Nomenclature* (ICBN), untuk hewan menggunakan *International Code of Zoological Nomenclature* (ICZN), untuk jamur *International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plant* (ICFAFP), *International Code of Nomenclature of Bacteria* (ICNB), dan untuk organisme yang lain merujuk pada kesepakatan Internasional. Penulisan nama takson lengkap dengan nama author hanya dilakukan pada bagian deskripsi takson, misalnya pada naskah taksonomi. Penulisan nama takson untuk bidang lainnya tidak perlu menggunakan nama author.

5. Tata nama di bidang genetika dan kimia merujuk kepada aturan baku terbaru yang berlaku.

6. Untuk range angka menggunakan en dash (–), contohnya pp.1565–1569, jumlah anakan berkisar 7–8 ekor. Untuk penggabungan kata menggunakan hyphen (-), contohnya: masing-masing.

7. Ilustrasi dapat berupa foto (hitam putih atau berwarna) atau gambar tangan (*line drawing*).

8. Tabel

Tabel diberi judul yang singkat dan jelas, spasi tunggal dalam bahasa Indonesia dan Inggris, sehingga Tabel dapat berdiri sendiri. Tabel diberi nomor urut sesuai dengan keterangan dalam teks. Keterangan Tabel diletakkan di bawah Tabel. Tabel tidak dibuat tertutup dengan garis vertikal, hanya menggunakan garis horisontal yang memisahkan judul dan batas bawah.

8. **Gambar**
Gambar bisa berupa foto, grafik, diagram dan peta. Judul gambar ditulis secara singkat dan jelas, spasi tunggal. Keterangan yang menyertai gambar harus dapat berdiri sendiri, ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Gambar dikirim dalam bentuk .jpeg dengan resolusi minimal 300 dpi, untuk *line drawing* minimal 600dpi.
9. **Daftar Pustaka**
Sitasi dalam naskah adalah nama penulis dan tahun. Bila penulis lebih dari satu menggunakan kata 'dan' atau *et al.* Contoh: (Kramer, 1983), (Hamzah dan Yusuf, 1995), (Premachandra *et al.*, 1992). Bila naskah ditulis dalam bahasa Inggris yang menggunakan sitasi 2 orang penulis maka digunakan kata 'and'. Contoh: (Hamzah and Yusuf, 1995). Jika sitasi beruntun maka dimulai dari tahun yang paling tua, jika tahun sama maka dari nama penulis sesuai urutan abjad. Contoh: (Anderson, 2000; Agusta *et al.*, 2005; Danar, 2005). Penulisan daftar pustaka, sebagai berikut:
 - a. **Jurnal**
Nama jurnal ditulis lengkap.
Agusta, A., Maehara, S., Ohashi, K., Simanjuntak, P. and Shibuya, H., 2005. Stereoselective oxidation at C-4 of flavans by the endophytic fungus *Diaporthe* sp. isolated from a tea plant. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 53(12), pp.1565–1569.
 - b. **Buku**
Anderson, R.C. 2000. *Nematode Parasites of Vertebrates, Their Development and Transmission*. 2nd ed. CABI Publishing. New York. pp. 650.
 - c. **Prosiding atau hasil Simposium/Seminar/Lokakarya.**
Kurata, H., El-Samad, H., Yi, T.M., Khammash, M. and Doyle, J., 2001. Feedback Regulation of the Heat Shock Response in *Eschericia coli*. *Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control*. Orlando, USA. pp. 837–842.
 - d. **Makalah sebagai bagian dari buku**
Sausan, D., 2014. Keanekaragaman Jamur di Hutan Kabungolor, Tau Lumbis Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. Dalam: Irham, M. & Dewi, K. eds. *Keanekaragaman Hayati di Beranda Negeri*. pp. 47–58. PT. Eaststar Adhi Citra. Jakarta.
 - e. **Thesis, skripsi dan disertasi**
Sundari, S., 2012. Soil Respiration and Dissolved Organic Carbon Efflux in Tropical Peatlands. *Dissertation*. Graduate School of Agriculture. Hokkaido University. Sapporo. Japan.
 - f. **Artikel online.**
Artikel yang diunduh secara online ditulis dengan mengikuti format yang berlaku untuk jurnal, buku ataupun thesis dengan dilengkapi alamat situs dan waktu mengunduh. Tidak diperkenankan untuk mensitasi artikel yang tidak melalui proses peer review misalnya laporan perjalanan maupun artikel dari laman web yang tidak bisa dipertanggung jawabkan kebenarannya seperti wikipedia.
Himman, L.M., 2002. A Moral Change: Business Ethics After Enron. San Diego University Publication. <http://ethics.sandiego.edu/LMH/oped/Enron/index.asp>. (accessed 27 Januari 2008) bila naskah ditulis dalam bahasa Inggris atau (diakses 27 Januari 2008) bila naskah ditulis dalam bahasa Indonesia

Formulir persetujuan hak alih terbit dan keaslian naskah

Setiap penulis yang mengajukan naskahnya ke redaksi Berita Biologi akan diminta untuk menandatangani lembar persetujuan yang berisi hak alih terbit naskah termasuk hak untuk memperbanyak artikel dalam berbagai bentuk kepada penerbit Berita Biologi. Sedangkan penulis tetap berhak untuk menyebarkan edisi cetak dan elektronik untuk kepentingan penelitian dan pendidikan. Formulir itu juga berisi pernyataan keaslian naskah yang menyebutkan bahwa naskah adalah hasil penelitian asli, belum pernah dan tidak sedang diterbitkan di tempat lain serta bebas dari konflik kepentingan.

Penelitian yang melibatkan hewan dan manusia

Setiap naskah yang penelitiannya melibatkan hewan (terutama mamalia) dan manusia sebagai obyek percobaan/penelitian, wajib menyertakan 'ethical clearance approval' yang dikeluarkan oleh badan atau pihak berwenang.

Lembar ilustrasi sampul

Gambar ilustrasi yang terdapat di sampul jurnal Berita Biologi berasal dari salah satu naskah yang dipublikasi pada edisi tersebut. Oleh karena itu, setiap naskah yang ada ilustrasinya diharapkan dapat mengirimkan ilustrasi atau foto dengan kualitas gambar yang baik dengan disertai keterangan singkat ilustrasi atau foto dan nama pembuat ilustrasi atau pembuat foto.

Proofs

Naskah *proofs* akan dikirim ke penulis dan penulis diwajibkan untuk membaca dan memeriksa kembali isi naskah dengan teliti. Naskah proofs harus dikirim kembali ke redaksi dalam waktu tiga hari kerja.

Pengiriman naskah

Naskah dikirim secara online ke website berita biologi: http://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi

Alamat kontak

Redaksi Jurnal Berita Biologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Cibinong Science Centre, Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong 16911
Telp: +61-21-8765067, Fax: +62-21-87907612, 8765063, 8765066,
Email: berita.biologi@mail.lipi.go.id
jurnalberitabiologi@yahoo.co.id atau
jurnalberitabiologi@gmail.com

BERITA BIOLOGI

Vol. 19(3B)

Isi (*Content*)

Desember 2020

P-ISSN 0126-1754

E-ISSN 2337-8751

TINJAUAN ULANG (*REVIEW*)

TEKNOLOGI PIRAMIDA GEN TANAMAN PADI DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL [Pyramiding Gene Technology in Rice to Anticipate the Impact of Global Climate Change]

Fatimah, Joko Prasetyono, dan Sustiprijatno 361 – 371

MEKANISME RESPON TANAMAN TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN

[The Mechanism of Plant Response to Drought Stress]

Dwi Setyo Rini, Budiarmo, Indra Gunawan, Radi Hidayat Agung, dan Rina Munazar 373 – 384

MAKALAH HASIL RISET (*ORIGINAL PAPERS*)

PERILAKU SINYAL AKUSTIK DAN VISUAL DARI KATAK JANTAN *Staurois guttatus* DI GUNUNG POTENG KALIMANTAN BARAT

[Behavior of Acoustic and Visual Signals From the Male Frog *Staurois guttatus* at Mountain Poteng West Kalimantan]

Mohamad Jakaria, Junardi, dan Riyandi 385 – 391

MONITORING KEANEKARAGAMAN JENIS BURUNG PADA BERBAGAI TUTUPAN LAHAN DI CIBINONG SCIENCE CENTER (CSC), JAWA BARAT

[Monitoring of Bird Diversity in Various Land Cover in Cibinong Science Center (CSC), West Java]

Yohanna 393 – 409

Efektivitas Dosis Karbon Tetraklorida (CCl₄) Terhadap Tikus (*Rattus norvegicus* L.) Sebagai Hewan Model Fibrosis Hati

[The Effectiveness Of Carbon Tetrachloride (CCl₄) Dosage On Rats As Animal Model Liver Fibrosis]

Fahri Fahrudin, Sri Ningsih, Hajar Indra Wardhana, Dinda Rama Haribowo, dan Fathin Hamida 411– 422

LARVA TREMATODA PADA SIPUT AIR TAWAR DI AREAL PERSAWAHAN DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

[Trematode Larvae in Freshwater Snail on Rice Fields Area in Special Region of Yogyakarta]

Soenarwan Hery Poerwanto, Dian Antika Kusuma Dewi, dan Giyantolin 423 – 431

THE FUNCTIONAL CHARACTER OF *Auricularia auricula* CRUDE POLYSACCHARIDES: ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY

[Karakter Fungsional dari Ekstrak Kasar Polisakarida *Auricularia auricula*: Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri]

Rizki Rabeca Elfirta dan Iwan Saskiawan 433 – 440

ISOLASI DAN KARAKTERISASI ISOLAT BAKTERI RESISTEN TEMBAGA DARI SUNGAI CISADANE [Isolation and Characterization of Copper Resistant Bacteria from Cisadane River]

Wahyu Irawati dan Candra Yulius Tahya 441 – 450

ANALISIS KERAGAMAN GENETIK AKSESI KEDELAI INTRODUKSI DARI WILAYAH SUBTROPIS BERBASIS MORFOLOGI DAN MOLEKULER

[Morphological and Molecular Based Genetic Diversity Assessment Among Soybean Accessions Introduced from Subtropical Areas]

Rerenstradika Tizar Terryana, Nickita Dewi Safina, Suryani, Kristianto Nugroho, dan Puji Lestari 451 – 465

EFEK SELENIUM OKSIKLORIDA TERHADAP AKTIVITAS IMUNOMODULATOR DARI EKSOPOLI- SAKARIDA *Lactobacillus plantarum*

[Effect of Selenium Chloride on Immunomodulatory Activity of Exopolysaccharide by *Lactobacillus plantarum*]

Fifi Afiati, D.C. Agustina, S. Wiryowidagdo, Kusmiati, dan Atit Kanti 467 – 475

FLUKTUASI KEPADATAN MEGABENTOS DI PERAIRAN KENDARI, SULAWESI TENGGARA [Density Fluctuation of Megabenthic Fauna in Kendari Waters, South-East Sulawesi]

Ucu Yanu Arbi, Paiga Hanurin Sawonua, dan Hendrik A.W. Cappenberg 477 – 489