

LAPORAN STUDI LAPANG

KEANEKARAGAMAN BAKTERI RESISTEN LOGAM BERAT
TIMBAL (Pb) PADA EKOSISTEM AKUATIK
DI TAMAN NASIONAL GUNUNG GEDE, PANGRANGO, JAWA
BARAT

Disusun Oleh :

Maya Oktari (2031411032)

Talitha (2031411050)

Wulantika (2031411053)



BBTNGGP

P1

0967

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN, PERIKANAN DAN BIOLOGI
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG

2016

0967/P1/2020

LAPORAN STUDI LAPANG

KEANEKARAGAMAN BAKTERI RESISTEN LOGAM BERAT
TIMBAL (Pb) PADA EKOSISTEM AKUATIK
DI TAMAN NASIONAL GUNUNG GEDE, PANGRANGO, JAWA
BARAT

Disusun Oleh :

Maya Oktari (2031411032)
Talitha (2031411050)
Wulantika (2031411053)



JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN, PERIKANAN DAN BIOLOGI
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG

2016

HALAMAN PENGESAHAN

**KEANEKARAGAMAN BAKTERI RESISTEN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)
PADA EKOSISTEM AKUATIK
DI TAMAN NASIONAL GUNUNG GEDE, PANGRANGO, JAWA BARAT**

Disusun Oleh

Maya Oktari	(2031411032)
Talitha	(2031411050)
Wulantika	(2031411053)

Balunijuk, 13 Juni 2016

Mengetahui



Henny Helmi, S.Si. M.Si.
Ketua Jurusan Biologi

Menyetujui



Eka Sari, S.Si. M.Si.
Pembimbing

ABSTRAK

Keanekaragaman Bakteri Resisten Logam Berat Timbal (Pb) pada Ekosistem Akuatik di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango Jawa Barat. Dibawah Bimbingan EKA SARI.

Kajian mengenai keanekaragaman bakteri resisten logam berat Pb pada ekosistem akuatik di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP), beserta faktor-faktor yang mempengaruhi seperti sifat fisik, kimia, dan biologi air di dalamnya belum pernah dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur parameter fisik, kimia dan biologi air serta keanekaragaman bakteri resisten logam berat Pb. Lokasi pengamatan terdiri atas air kali, air Telaga Biru dan air terjun Ciwalen. Sampel air di beberapa titik di masing-masing lokasi dikomposit untuk dianalisis sifat fisik, kimia, biologi air. Kadar Pb diukur dengan metode spektrofotometer serapan atom. Hasil menunjukkan bahwa kualitas air pada tiga ekosistem akuatik tersebut ditinjau dari parameter fisik, kimia, dan biologi air masih tergolong baik dan dapat dijadikan sebagai sumber air minum. Kadar logam Pb di bawah ambang batas yaitu <0.05 ppm dari batas maksimum. Tingginya jumlah bakteri resisten logam berat Pb di air kali menunjukkan keanekaragaman bakteri resisten logam berat Pb di lokasi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan Telaga Biru dan air terjun Ciwalen. Hal tersebut tidak terlepas dari pengaruh kondisi iklim, fisik dan kimia air yang diduga dapat mempengaruhi tinggi rendahnya jumlah bakteri. Berdasarkan karakteristik morfologinya kemungkinan bakteri tersebut berasal dari genus *Bacillus*. Namun perlu dilakukan karakterisasi dan identifikasi lanjutan seperti: pewarnaan Gram, karakterisasi fisiologis dan biokimia lainnya, dan identifikasi molekuler untuk mengetahui genus dan spesies suatu bakteri.

Kata kunci : TNGGP, logam berat, resisten, Pb, *Bacillus*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi, baik tingkat gen, jenis maupun ekosistem. Menurut Supriatna (2008) Indonesia memiliki keanekaragaman ikan tawar sebanyak 1400 jenis, keanekaragaman amfibi sebanyak 270 jenis, keanekaragaman reptil sebanyak 511 jenis, keanekaragaman burung sebanyak 1531 jenis, keanekaragaman mamalia sebanyak 515 jenis, tumbuhan palmae sebanyak 477 jenis, keanekaragaman tumbuhan sebanyak 38000 jenis, dan keanekaragaman jamur sekitar 180.000-240.000 jenis. Hal tersebut dikarenakan hutan di Indonesia dikategorikan sebagai hutan hujan tropis. Keanekaragaman hayati yang tinggi tersebut memiliki manfaat yang vital dan strategis sebagai modal dasar pembangunan nasional dan paru-paru dunia yang dibutuhkan baik di masa kini maupun di masa yang akan datang. Keanekaragaman tumbuhan dan hewan juga dilindungi baik dalam perlindungan *in-situ* maupun *ek-situ*. Taman Nasional Gunung Gede Pangrango termasuk perlindungan *in-situ* di Indonesia.

Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) memiliki luas wilayah sebesar 21,975 hektar. Taman ini melindungi 1500 spesies tumbuhan berbunga, 400 spesies tumbuhan paku-pakuan, 120 spesies lumut, 300 spesies tumbuhan obat, 10 spesies flora, serta 43 spesies flora endemik. Taman tersebut juga memiliki lebih dari 300 jenis serangga, 250 jenis burung, 75 jenis reptilia, 20 jenis amfibi, dan 110 jenis mamalia. TNGGP juga memiliki ekosistem akuatik berupa air terjun dan telaga (Anonim 2016).

Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (2006) melaporkan bahwa jumlah pengunjung TNGGP mengalami fluktuasi dari tahun 2002 hingga 2006, yaitu berkisar 5.581 – 56.367 pengunjung Indonesia dan 364 – 1.336 pengunjung asing. Beberapa aktivitas dari pengunjung bisa berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan, seperti pengotoran oleh sampah plastik, sisa makanan, kaleng, botol, bahkan pengotoran air sungai/danau/telaga atau di sekitaran air terjun dengan sampah-sampah tersebut. Wibowo (1997) juga melaporkan bahwa sebesar 17% aktivitas pengunjung adalah buang air besar, 13,8% pengunjung melakukan aktivitas buang air kecil, 30,6% pengunjung melakukan aktivitas mandi, 31% pengunjung melakukan aktivitas membersihkan peralatan dan 33,6% untuk pemenuhan sumber air bersih/masak. Aktivitas-aktivitas tersebut bisa mencemari sifat fisik, kimia dan biologi ekosistem akuatik di TNGGP.

Salah satu bahan pencemar yang dapat mengancam kehidupan di wilayah ekosistem akuatik adalah logam berat seperti Timbal (Pb). Logam berat Pb ini sangat berbahaya bagi kesehatan apabila masuk ke dalam rantai makanan dan terakumulasi pada manusia. Menurut Effendi (2003), akumulasi Timbal di dalam tubuh manusia mengakibatkan gangguan pada otak, saraf, reproduksi, ginjal dan kemunduran mental pada anak yang sedang tumbuh. Timbal merupakan logam beracun yang pada dasarnya tidak dapat dimusnahkan serta tidak terurai menjadi zat lain dan bila berakumulasi dalam tanah akan tersimpan relatif lama. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu upaya untuk mengurangi pencemaran tersebut seperti bioremediasi.

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroba yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan termasuk logam berat. Pada proses bioremediasi, mikroba menghasilkan enzim-enzim yang memodifikasi struktur polutan yang kompleks menjadi senyawa sederhana sehingga tidak beracun dan berbahaya bagi lingkungan (Priadi 2012). Mikroba resisten logam berat (MRLB) merupakan mikroba yang tahan terhadap logam berat. Ada beberapa MRLB yang dapat hidup pada kondisi lingkungan toksik seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium spinulosum*, dan *Verticillium psalliotae*. Kemampuan fisiologis mikroba mengatasi tekanan lingkungan yang tercemar logam Pb tergantung pada metabolisme selnya, dapat melalui adsorpsi pada dinding sel atau permukaan eksternal, kemudian diikuti dengan transport aktif yang tergantung pada metabolisme sel (Nakamura 1990) sehingga dapat digunakan untuk menurunkan kadar polutan. Data mengenai mikroba resisten terhadap logam Pb terutama bakteri, dapat dijadikan bahan pertimbangan sebagai agen bioremediasi pada ekosistem akuatik. Informasi tentang bakteri resisten logam berat tersebut belum pernah dilaporkan sehingga diperlukan kajian terhadap mikroba resisten logam Pb. Oleh karena itu, studi lapangan ini bertujuan untuk menentukan tingkat keanekaragaman bakteri resisten logam berat Timbal (Pb) pada ekosistem akuatik di kawasan Gunung Gede, Pangrango, Jawa Barat.

Rumusan Masalah

Gunung Gede Pangrango memiliki ekosistem akuatik yang masih belum diketahui kadar pencemaran logam berat serta keanekaragaman bakteri resisten logam berat Timbal. Penelitian mengenai mikroba resisten logam berat Timbal (Pb) pada ekosistem akuatik di Taman Nasional Gunung Gede belum pernah dilakukan. Oleh karena itu perlu, dikaji lagi

mengenai keanekaragaman bakteri resisten logam berat Pb pada ekosistem tersebut, beserta faktor-faktor yang mempengaruhi seperti sifat fisik, kimia, dan biologi air di dalamnya.

Tujuan

Studi lapang ini bertujuan untuk:

1. mengukur kualitas fisik, kimia, dan biologi air di Taman Nasional Gunung Gede, Pangrango, Jawa Barat;
2. menentukan tingkat keanekaragaman bakteri resisten logam berat Timbal (Pb) pada ekosistem akuatik di Taman Nasional Gunung Gede, Pangrango, Jawa Barat.

Manfaat

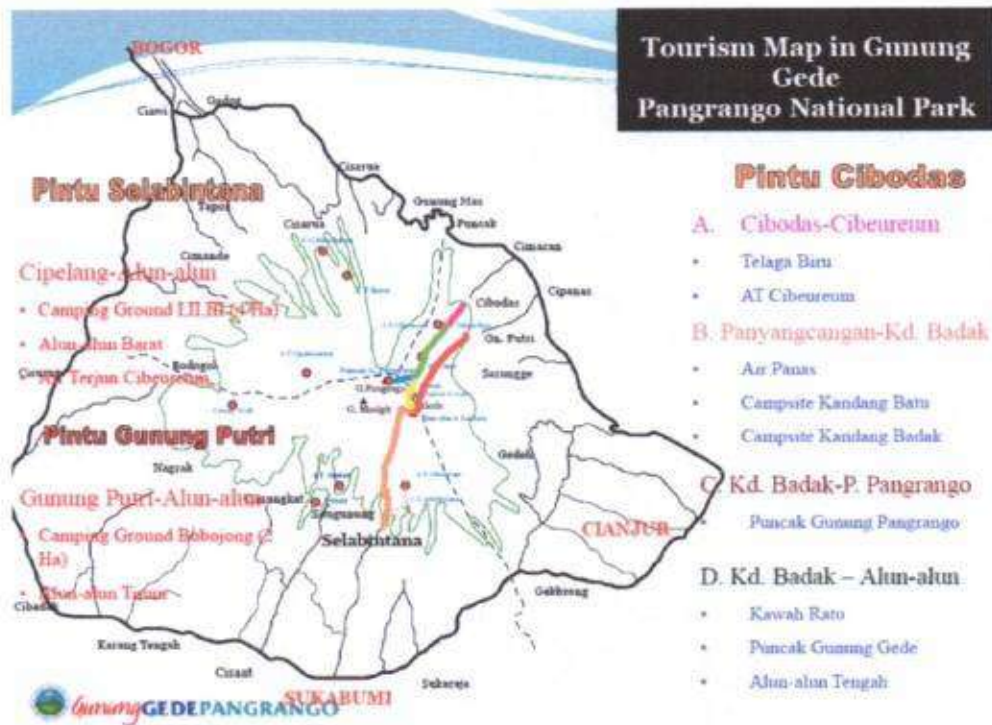
Manfaat yang didapatkan dari studi lapang ini yaitu memberikan informasi mengenai keanekaragaman bakteri resisten logam berat Timbal (Pb) sekaligus sumber data tentang kualitas air yang ada pada ekosistem akuatik di kawasan Gunung Gede, Pangrango, Jawa Barat. Selain itu, hasil studi lapang ini diharapkan bisa di publikasikan minimal dalam jurnal nasional terakreditasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Taman Nasional Gunung Gede

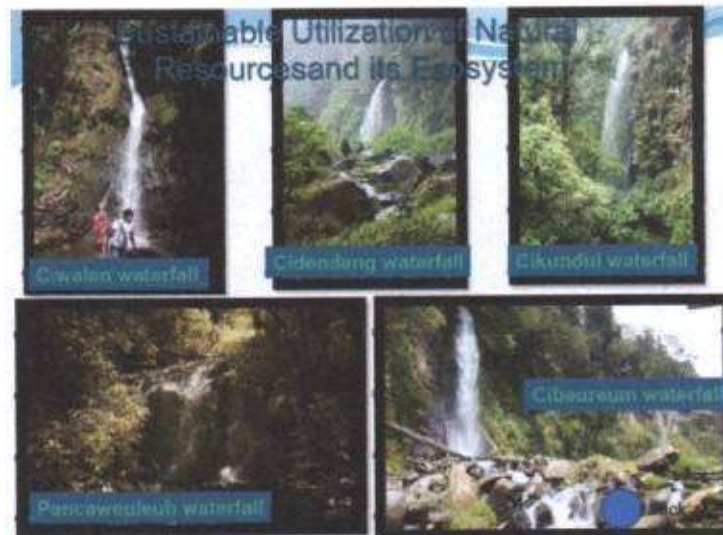
Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) merupakan salah satu dari 5 taman nasional yang dideklarasikan oleh pemerintah Indonesia tahun 1980 dan sampai tahun 2007 sudah 50 taman nasional dibentuk oleh pemerintah di seluruh Indonesia (Gambar 1). Seperti halnya kawasan konservasi lainnya di Indonesia, pengelolaan kawasan TNGGP merupakan tanggung jawab dari Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam, Departemen Kehutanan. Taman Nasional Gunung Gede Pangrango memiliki keanekaragaman ekosistem yang terdiri dari ekosistem sub-montana, montana, sub-alpin, danau, rawa, dan savanna. Ekosistem sub-montana dicirikan oleh banyaknya pohon-pohon yang besar dan tinggi seperti jamuju (*Dacrycarpus imbricatus*), dan puspa (*Schima walliichii*). Ekosistem sub-alpin dicirikan oleh adanya dataran yang ditumbuhi rumput *Isachne pangerangensis*, bunga Edelweis (*Anaphalis javanica*), violet (*Viola pilosa*), dan cantigi (*Vaccinium varingiaefolium*). Selain itu Taman tersebut juga memiliki ekosistem akuatik yang berupa air terjun dan telaga (Anonim 2016).

Ekosistem akuatik air terjun yaitu air terjun Ciberuem yang terdiri dari tiga buah sungai yakni curug Cidendeng, curug Cikundul, dan curug Cibeurem. Tiga buah sungai menyatu ke bawah membentuk sungai Cikundul. Ketiga curug ini memiliki ketinggian antara 40-50 meter dan berada di ketinggian 1675 m dari permukaan laut (dpl). Curah hujan rata-rata di kawasan ini berkisar 3.000-4.200 mm per tahun. Bulan basah pada periode Oktober sampai Mei, pada saat musim barat laut dan rata-rata hujannya lebih dari 200 mm per bulan. Bulan Desember sampai Maret curah hujannya dapat mencapai lebih dari 400 mm per bulan. Menurut klasifikasi iklim Scamidt dan Ferguson, tipe iklim di kawasan ini termasuk tipe iklim A. Rata-rata temperaturnya bervariasi antara 18 °C di Cibodas dan kurang dari 10 °C di puncak Pangrango. Arena terbuka di lokasi ini terbentuk oleh beberapa jejak pertemuan lahar. Di sebelah kanan adalah batu-batuan vulkanik dari gn. Pangrango dan di sebelah kiri adalah aliran lahar yang paling akhir dari letusan gunung Gede. Sedangkan ekosistem akuatik yang lainnya yaitu telaga biru. Telaga Biru adalah telaga yang terletak di kaki gunung Gede yang memiliki luas sekitar 500 meter persegi. Air di dalam telaga sering berubah warna secara dramatis, tergantung dari pertumbuhan alga di dalamnya (Anonim 2016).



Gambar 1 Peta Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Andono 2014)

Air terjun Ciberuem terdiri dari tiga buah yakni; curug Cidendeng, curug Cikundul, dan curug Cibeurem. Tiga buah sungai menyatu ke bawah membentuk sungai Cikundul. Ketiga curug ini memiliki ketinggian antara 40-50 meter dan berada di ketinggian 1675 m dari permukaan laut (dpl). Curah hujan rata-rata di kawasan ini berkisar 3.000-4.200 mm per tahun. Bulan basah pada periode Oktober sampai Mei, pada saat musim barat laut dan rata-rata hujannya lebih dari 200 mm per bulan. Bulan Desember sampai Maret curah hujannya dapat mencapai lebih dari 400 mm per bulan. Menurut klasifikasi iklim Scamidt dan Ferguson, tipe iklim di kawasan ini termasuk tipe iklim A. Rata-rata temperaturnya bervariasi antara 18 °C di Cibodas dan kurang dari 10 °C di puncak Pangrango. Arena terbuka di lokasi ini terbentuk oleh beberapa jejak pertemuan lahar. Di sebelah kanan adalah batu-batuan vulkanik dari gn. Pangrango dan di sebelah kiri adalah aliran lahar yang paling akhir dari letusan gunung Gede. Banyak batu papak lebar dari lava yang tergeletak di sekitar runtuh tahun 1985, yaitu ketika longsor batu merusak seluruh pepohonan di dasar air terjun Cidendeng (Gambar 2).



Gambar 2 Beberapa air terjun di TNGGP (Andono 2014)

Telaga Biru merupakan salah satu objek wisata yang ada di kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Terletak sekitar 1,5 Km dari gerbang Taman Nasional Gunung Gede Pangrango dengan waktu tempuh sekitar setengah jam perjalanan. Perjalanan menuju Telaga Biru juga merupakan jalur pendakian ke puncak Gunung Gede dan Gunung Pangrango selain searah menuju air terjun/*curug* Cibeureum.

Telaga Biru adalah telaga yang terletak di kaki gunung Gede yang memiliki luas sekitar 500 meter persegi. Air di dalam telaga sering berubah warna secara dramatis, tergantung dari pertumbuhan alga di dalamnya. terkadang berwarna hijau, coklat, atau biru. Mungkin karena telaga ini sering terlihat berwarna biru kehijauan, makanya lebih dikenal sebagai Telaga Biru (Gambar 3).

Banyak sekali pengunjung baik dari Indonesia maupun dari luar Indonesia yang berwisata di kawasan TNGGP. Data jumlah pengunjung taman nasional sangat bervariasi. Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (2006) menyatakan bahwa pada tahun 2002 jumlah pengunjung Indonesia sebesar 50.836 orang dan pengunjung asing sebesar 1.336 orang; pada tahun 2003 jumlah pengunjung Indonesia sebesar 5.581 orang dan pengunjung asing sebesar 895 orang; pada tahun 2004 jumlah pengunjung Indonesia sebesar 56.367 orang dan pengunjung asing sebesar 962 orang; pada tahun 2006 jumlah pengunjung Indonesia sebesar 35.548 orang dan pengunjung asing sebesar 364 orang. Beberapa aktivitas pengunjung di kawasan ini bisa berdampak terhadap pencemaran lingkungan, seperti: pembuangan sampah plastik, botol dan kaleng, bahkan sampai mengotori lingkungan perairan dari sampah tersebut (Gambar 4). Wibowo (1997) juga melaporkan bahwa beberapa aktivitas pengunjung lainnya seperti buang air besar (17%),

buang air kecil (13,8%), mandi (30,6%), membersihkan peralatan (31%) dan pemenuhan sumber air bersih (33,6%). Aktivitas tersebut juga bisa berdampak terhadap pencemaran air, terutama terhadap sifat fisik, kimia, biologi di kawasan tersebut. Salah satu pencemaran yang dianggap berbahaya, adalah pencemaran logam berat, terutama logam Timbal.



Gambar 3 Telaga, rawa dan danau di sekitaran TNGGP (Andono 2014)



Gambar 4 Beberapa aktivitas pengunjung yang mencemari lingkungan. a). sampah plastik; b). sampah di air; c). sampah di pohon; d). kotoran manusia di air; e). sampah makanan di air; f). tumpukan sampah yang ditinggalkan (Andono 2014).

Satu lagi jembatan kanopi di kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango adalah Canopy Trail Ciwalen. Jembatan dibuka untuk umum tahun 2014 dan bisa dicapai dari Pos Resort PTN Mandalawangi. Jembatan gantung lokasinya tidak terlalu jauh dari pos awal, sekitar 500 meter. Jembatan gantung itu panjangnya 130 meter dengan tinggi 45 meter, dan kapasitas maksimal 300 kilogram atau sebanyak 5 orang. Dari atas jembatan terlihat pemandangan hutan yang lebat, kemudian setelah menyeberang jembatan ada Air Terjun Ciwalen. Ciwalen merupakan air terjun kecil dengan ketinggian tidak lebih dari 20 meter. Air terjun ini terletak hanya 0,75 km dari pos pengecekan pendakian. Menurut guide local TNGGP, Ciwalen diambil dari nama tanaman sejenis suku beringin (*Ficus ribes*) yang memang banyak tumbuh di areal cekungan sungai Ciwalen (Andono 2014).

Ekosistem Akuatik

Ekosistem akuatik merupakan suatu unit ekologis yang mempunyai komponen biotik dan abiotik yang saling berhubungan di habitat perairan. Komponen biotik terdiri atas komponen flora dan fauna. Komponen abiotik terdiri atas komponen tidak hidup misalnya air dan sifat fisik dan kimianya. Ilmu yang mempelajari peranan laut terbuka disebut oceanografi, sedangkan ilmu yang mempelajari perairan tawar dan asin di bawah pesisir disebut hymnologi (Sudaryanti & Wijarni 2006). Ekosistem air tawar digolongkan menjadi air tenang dan air mengalir. Ekosistem air tenang meliputi danau, kolam dan rawa. Ekosistem air mengalir adalah sungai. Menurut Arfiati (2009), ekosistem air tawar diikuti oleh organisme dari tingkat sederhana seperti bakteri, jamur dan lainnya sampai organisme tingkat tinggi.

Ekosistem kolam ditandai oleh adanya bagian perairan yang tidak dalam sehingga (kedalamannya tidak lebih dari 4-5 meter) yang memungkinkan tumbuh-tumbuhan berakar dapat tumbuh di semua bagian perairan. Tidak ada batasan tegas yang dapat dibuat antara danau dan kolam. Ada perbedaan kepentingan secara ekologis, selain dari ukuran secara keseluruhan. Zona limneti dan profundal relatif besar ukurannya dibandingkan dengan zona litoral. Pada dasarnya sifat-sifat kebalikannya biasanya disebut kolam. Jadi zona limnetik adalah daerah produsen utama untuk danau secara keseluruhan (Syafitrianto 2009).

Menurut Rifqi (2009), bahwa ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain variasi suhu tidak mencolok, penetrasi cahaya kurang dan dipengaruhi oleh iklim dan cuaca. Tumbuhan yang dominan terdiri atas ganggang, sedangkan lainnya adalah tumbuhan biji. Hampir semua filum hewan terdapat dalam air tawar. Organisme yang hidup di air tawar adalah

biasanya bersel satu dan dinding selnya kuat. Salah satu permasalahan pada ekosistem akuatik adalah pencemaran limbah, baik limbah cair maupun limbah padat yang bersifat toksik bagi lingkungan. Limbah tersebut contohnya limbah logam berat, Pb, Cd, Hg, Cr, dan lain-lain

Logam Timbal (Pb) di Ekosistem Akuatik

Lead/Timbal/timah hitam pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan Timbal cukup rendah sehingga kadar Timbal didalam air relatif sedikit. Kadar dan toksisitas Timbal dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas, dan kadar oksigen. Di perairan air tawar, Timbal membentuk senyawa kompleks yang memiliki sifat kelarutan rendah dengan beberapa anion, misalnya hidroksida, karbonat, sulfida, dan sulfat. Timbal banyak digunakan dalam industri baterai (Effendi 2003). Menurut Palar (2004), logam Pb mempunyai sifat-sifat yang khusus yaitu logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat dibentuk dengan mudah. Logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga logam Timbal sering digunakan sebagai bahan coating. Pb memiliki titik lebur rendah hanya 327,5 °C, memiliki kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam, kecuali emas dan merkuri dan pengantar listrik yang baik.

Logam Timbal dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktifitas manusia. Secara alamiah, Pb dapat masuk dalam perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Pb yang masuk ke dalam badan perairan sebagai dampak dari aktifitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk. Bentuk-bentuk tersebut terdiri atas air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari pertambangan biji timah hitam dan buangan sisa industri baterai. Buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan seperti anak sungai untuk kemudian akan dibawa terus menuju lautan. Umumnya jalur buangan dari bahan sisa perindustrian yang menggunakan Pb akan merusak tata lingkungan perairan yang dimasukinya (Darmono 2001).

Paparan bahan Pb menurut Wardhana (2004) dapat menyebabkan gangguan sebagai berikut: gangguan neurologi, gangguan terhadap fungsi ginjal, gangguan terhadap sistem reproduksi, gangguan terhadap sistem hemopitik dan gangguan terhadap sistem saraf. Gangguan neurologi (susunan syaraf) akibat tercemar oleh Timbal dapat berupa *encephalopati*, *ataxia*, *stupor* dan *coma*. Pada anak-anak dapat menimbulkan kejang tubuh dan *neuropathy perifer*. Gangguan terhadap fungsi ginjal dapat menyebabkan tidak

berfungsinya *tubulus renal*, *nephropati irreversible*, *sclerosis vaskuler*, *sel tubulus atropi*, *fibrosis* dan *sclerosis glumerulus*. Akibatnya dapat menimbulkan aminoaciduria dan glukosuria, dan jika paparannya terus berlanjut dapat terjadi nefritis kronis. Pb dapat menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi berupa keguguran, kesakitan dan kematian janin. Pb mempunyai efek racun terhadap gamet dan dapat menyebabkan cacat kromosom. Anak-anak sangat peka terhadap paparan Pb di udara. Paparan Pb dengan kadar yang rendah yang berlangsung cukup lama dapat menurunkan IQ. Keracunan Pb dapat menyebabkan terjadinya anemia akibat penurunan sintesis globin walaupun tak tampak adanya penurunan kadar zat besi dalam serum. Anemia ringan yang terjadi disertai dengan sedikit peningkatan kadar *amino levulinic acid* (ALA) urine. Pada anak-anak juga terjadi peningkatan ALA dalam darah. Efek dominan dari keracunan Pb pada sistem hemopoitik adalah peningkatan ekskresi ALA dan *coproporphyrin* (CP). CP merupakan gejala anemia merupakan gejala dini dari keracunan Pb pada manusia. Anak-anak lebih sensitif terhadap terjadinya anemia akibat paparan Pb. Ada korelasi negatif yang signifikan antara Hb dan kadar Pb di dalam darah. Efek pencemaran Pb terhadap kerja otak lebih sensitif pada anak-anak dibandingkan pada orang dewasa. Gambaran klinis yang timbul adalah rasa malas, gampang tersinggung, sakit kepala, tremor, halusinasi, gampang lupa, sukar konsentrasi dan menurunnya kecerdasan pada anak dengan kadar Pb darah sebesar 40-80 µg/100 mL dapat timbul gejala gangguan hematologis, namun belum tampak adanya gejala lead encephalopathy. Gejala yang timbul pada lead encephalopathy antara lain adalah rasa canggung, mudah tersinggung, dan penurunan pembentukan konsep. Apabila pada masa bayi sudah mulai terpapar oleh Pb, maka pengaruhnya pada profil psikologis dan penampilan pendidikannya akan tampak pada umur sekitar 5-15 tahun. Gejala tidak spesifik berupa hiperaktifitas atau gangguan psikologis jika terpapar Pb pada anak berusia 21 bulan sampai 18 tahun.

Analisis air bawah tanah menunjukkan kadar timah hitam (Pb) sebesar antara 1-60 mikrogram/liter, sedangkan analisis air permukaan terutama pada sungai dan danau menunjukkan angka antara 1-10 mikrogram/liter. Kadar timah hitam pada air laut kadarnya lebih rendah dari yang terdapat di air tawar. Di pantai California (USA) kadar timah hitam (Pb) menunjukkan kadar antara 0,08 – 0,04 mikrogram/liter. Timbal (Pb) yang larut dalam air adalah Timbal asetat ($Pb(C_2H_3O_2)_2$), Timbal klorat $Pb(ClO_3)_2$, Timbal nitrat $Pb(NO_3)_2$, Timbal stearat $Pb(C_{18}H_{35}O_2)_2$. Baku mutu (WHO) Timbal dalam air 0,1 ppm dan KLH No 02 tahun 1988 yaitu 0,05 – 1 ppm. Oleh karena itu, perlu suatu upaya untuk mengurangi pencemaran logam berat tersebut, diantaranya dengan pemanfaatan makluk

hidup (tumbuhan atau mikrob) yang ramah lingkungan. Istilah tersebut lebih dikenal dengan bioremediasi.

Mikrob Resisten Logam Berat Timbal (Pb)

Mikrob seperti khamir, jamur, dan alga dapat menyerap logam-logam berat secara efisien dari lingkungan eksternalnya. Pemanfaatan mikrob sebagai agen pengadsorpsi mempunyai kendala. Hal ini disebabkan ukuran partikelnya yang sangat kecil dengan densitas rendah dan dapat membentuk koloid dalam air. Kelemahan ini dapat diatasi dengan mengimobilisasi biomassa sehingga memiliki kekuatan partikel, porositas dan ketahanan kimia yang tinggi (Lestari 2002). Jenis mikrob yang bisa melakukan proses bioremoval terhadap logam berat Pb secara *passive uptake* adalah *Chlorella vulgaris*, *Ecklonia radiata*, *Phellinus badius*, *Pinus radiata*, sedangkan secara *active uptake* adalah *Saccharomyces cerevisie* (Widowawi 2008).

Beberapa logam yang tidak mempunyai peranan biologi, seperti : Ag, Al, Cd, Au, Pb, dan Hg, karena bukan merupakan hara esensial (*nonessential*), tetapi racun (toksik) bagi mikrob. Logam-logam non-esensial ini dapat pula menggantikan posisi logam esensial yang terjerap dalam kompleks koloid atau melalui interaksi ligan. Di daerah pertambangan, bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* merupakan salah satu mikrob penting. Bakteri ini termasuk pelarut (*leaching*) logam-logam dari biji tambang dan ditemukan pada daerah tambang yang telah didrainase dengan Ph lingkungan masam. *Thiobacillus ferrooxidans* merupakan kelompok *acidophilik kemolithotropik* yang toleran terhadap logam-logam toksik (Clausen 2000) dan hidup pada lingkungan masam dengan temperatur panas, retakan bahan vulkanik, dan deposit bijih sulfida dengan konsentrasi asam sulfurik tinggi (Brierley 1982).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Studi lapang ini akan dilaksanakan dari bulan April-Juni 2016 dan pengambilan sampel di lapangan dilakukan selama 2 hari, yaitu pada hari Rabu 16 April 2016 dan Kamis 17 April 2016. Pengambilan sampel bertempat di Taman Nasional Gunung Gede, Pangrango, Jawa Barat. Analisis fisika, kimia, biologi air dan isolasi, purifikasi serta identifikasi mikrob dilakukan di Laboratorium Biologi, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung. Analisis logam Pb dilakukan di UPTB Laboratorium Lingkungan Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam studi lapang ini, berupa: *Global Positioning System* [GPS] (untuk menentukan posisi suatu tempat); botol sampel (tempat sampel air); *luxmetre* (mengukur intensitas cahaya); solarimeter (mengukur kualitas udara), anemometer (mengukur kecepatan angin), pH meter (menentukan derajat keasaman atau kebasaan suatu cairan); *dissolved oxygen* [DO] (untuk mengukur kandungan oksigen); termohigrometer (mengukur suhu dan kelembapan udara); *total dissolved solid* [TDS] (mengukur partikel padatan terlarut); *sacchi disk* (mengukur kecerahan air); *cool box* (penyimpanan alat, bahan, sampel); kecerahan spektrofotometer UV-Vis (mengukur kandungan logam Pb); autoclave (mensterilkan alat dan bahan untuk analisis mikrob); *laminar air flow* (memindahkan suspensi ke media dalam keadaan steril); tabung reaksi, cawan petri; jarum ose, vortex, tabung Durham (untuk isolasi, purifikasi, identifikasi mikrob); kamera (untuk dokumentasi); mikroskop cahaya (pengamatan mikroskopik mikrob).

Bahan-bahan yang digunakan dalam praktikum ini adalah sampel air di telaga, danau, rawa, sungai di sekitar Taman Nasional Gunung Gede, HNO₃ pekat (pengawetan sampel air untuk analisis logam berat); larutan standard Pb, alkohol 96%, akuades, media *nutrient agar* (NA), media *lactose broth* (LB), dan PbCl₂.

Prosedur Kerja

1. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel air menggunakan metode *purposive sampling* (Ali *et al.* 2014), yaitu penentuan titik pengambilan sampel air dengan mempertimbangkan beberapa hal, di antaranya: kemudahan akses, tenaga, biaya dan waktu dalam penelitian. Beberapa lokasi pengambilan sampel air di beberapa ekosistem akuatik, misalnya: telaga, danau, rawa, sungai dan disekitar air terjun. Titik koordinat masing-masing titik lokasi tersebut akan ditentukan dengan GPS. Contoh sampel air pada beberapa titik masing-masing ekosistem dikomposit dan diambil dengan volume ± 500 mL. Cara pengambilan sampel air yaitu dengan memasukkan botol kaca ke dalam air hingga mencapai kedalaman 4 m. Air tersebut dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah diberi label dan ditambahkan ± 1 mL HNO_3 pekat hingga pH < 2 (Selviana *et al.* 2016) untuk analisis logam Pb dan sisanya dipisahkan ke botol sampel lainnya untuk analisis fisika, kimia dan biologi air di laboratorium, seperti: kekeruhan, DO, uji koliform, uji bakteri resisten logam berat Pb. Pada saat di lapangan juga diukur kondisi mikroklimat seperti suhu udara, kelembaban udara, suhu air, dan intensitas cahaya, kualitas udara, dan kecepatan angin. Selain itu juga diukur parameter fisik kimia air, seperti warna, bau, kekeruhan, kedalaman, kecerahan, dan pH. Analisis logam Pb pada air menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis (Tabel 1).

2. Isolasi dan purifikasi bakteri resisten logam Pb

Sebanyak 10 mL sampel air dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan larutan NaCl fisiologis hingga volume mencapai 100 mL, kemudian dihomogenkan di *shaker*. Sebanyak 1 mL dari larutan tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi NaCl fisiologis dan dibuat seri pengenceran bertingkat, kemudian di cawankan ke cawan petri sebanyak 0,1 mL yang sudah berisi media Na-PbCl₂ dan PDA-PbCl₂ dengan konsentrasi masing-masing 0 ppm, 5 ppm, 50 ppm dan diinkubasi dalam waktu 24-48 jam. Bakteri yang bisa hidup di media berisi kandungan Pb, dianggap mikrob resisten logam Pb, lalu dihitung jumlah total mikrob, dengan rumus jumlah total mikrob. Bakteri-bakteri yang tumbuh pada media berisi logam Pb dipurifikasi ke media baru, yaitu NA, setelah itu baru dilakukan identifikasi terhadap masing-masing bakteri.

$$\text{Jumlah total mikrob (CFU/g)} = \text{Jumlah koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}}$$

Tabel 1 Metode pengukuran kondisi mikroklimat dan parameter fisik kimia air

No	Parameter	Metode	Keterangan
Mikroklimat			
1	Intensitas cahaya	Luxmeter	<i>in situ</i>
2	Suhu dan kelembapan	Termohigrometer	<i>in situ</i>
3	Kecepatan angin	Animometer	<i>In situ</i>
4	Kualitas udara	Air quality meter	<i>In situ</i>
Fisika			
1	Warna	Organoleptik	<i>in situ</i>
2	Bau	Organoleptik	<i>in situ</i>
3	TDS	TDS meter	<i>in situ</i>
4	Kedalaman	Pita ukur dan <i>sacchi disk</i>	<i>in situ</i>
5	Kecerahan	<i>Sacchi disk</i>	<i>in situ</i>
6	Kekeruhan	Turbidimeter	laboratorium
Kimia			
1	pH	pH meter	<i>in situ</i>
2	DO	DO meter	<i>in situ</i>
3	Daya hantar listrik	EC meter	<i>in situ</i>
4	Kadar garam	Saltester	<i>in situ</i>
5	Kandungan logam berat Pb	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	laboratorium

3. Identifikasi mikrob resisten logam Pb

Identifikasi bakteri dilakukan dengan pengamatan makroskopis. Pengamatan makroskopis pada bakteri, meliputi: ukuran, bentuk, warna permukaan, warna koloni, karakteristik optik, elevasi, permukaan, dan margin.

Analisis Data

Data dianalisis secara diskriptif, ditabulasi dan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik. Data fisik dan kimia air dan total koliform dibandingkan dengan syarat kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor:492/ MENKES/ PER/ IV/ 2010. Identifikasi morfologi bakteri mengacu pada buku *Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology Ninth Edition*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekosistem akuatik yang dipilih sebagai daerah pengamatan di TNGGP terdiri atas: kali ($06^{\circ}44'54,1''$ LS, $106^{\circ}59'38.8''$ BT), Telaga Biru ($06^{\circ}44'54.9''$ LS, $106^{\circ}59'38.8''$ BT) dan air terjun Ciwalen ($06^{\circ}44'36.8''$ LS, $107^{\circ}00'13.0''$ BT) [Gambar 5]. Berdasarkan hasil dari kondisi mikroklimat, sifat fisik, kimia dan biologi air pada ketiga ekosistem tersebut masih tergolong baik (Tabel 2). Hal tersebut juga didukung Kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor.492/ MENKES/ PER/ IV/ 2010 (Permenkes RI 2010) [Tabel 3].



Gambar 5 Lokasi pengamatan ekosistem akuatik. a). kali ; b). Telaga Biru; c). air terjun Ciwalen

Tabel 2 Hasil pengamatan kondisi mikroklimat serta sifat fisik, kimia biologi air pada ekosistem air kali, air Telaga Biru dan air terjun Ciwalen di kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat

No.	Parameter	Lokasi Pengamatan		
		Kali	Telaga Biru	Air Terjun
Titik Koordinat		06°44'54,1" LS 106°59'38.8" BT	06°44'54.9" LS 106°59'38.8 " BT	06°44'36.8" LS 107°00'13.0" BT
Mikroklimat				
1.	Kecepatan angin (m/d)	0.056	0.05	0.45
2.	Kualitas udara	12.67	38.33	11.11
3.	Suhu udara (°C)	21.99	21.90	20.38
4.	Kelembapan udara (%)	74.33	70	94.47
5.	Intensitas cahaya (lux)	160.89	73.67	414.78
Fisik Kimia Air				
1.	Warna	Bening	Bening	Bening
2.	Bau	Tidak berbau	Tidak Berbau	Tidak Berbau
3.	Kedalaman (cm)	19.7	40	33.67
4.	Kecerahan (m)	0.10	0.10	0.29
5.	Kekeruhan (NTU)	0	0	0.18
6.	TDS (ppm)	4.16	2.36	3.57
8.	pH meter	7.8	7.8	8.0
9.	Daya hantar listrik (mS)	1.12	1.14	0.74
10.	Kadar garam (ppt)	1.40	0.40	0.30
11.	DO (ppm)	1.06	0.46	19.3
12.	Suhu air (°C)	20	19.76	19.2
13.	Logam berat Pb (ppm)	<0.05	<0.05	<0.05
Biologi				
1.	Coliform	Negatif	Negatif	Negatif
2.	Total mikrob			
	a). Kontrol (CFU/mL)	2900	2100	1800
	b). BRLB 5 ppm (CFU/mL)	2000	300	1100
	c). BRLB 50 ppm (CFU/mL)	1000	2000	1000

Keterangan: CFU (colony forming unit); BRLB (bakteri resisten logam berat); NTU (nephelometric turbidity units); LS (lintang selatan); BT (bujur timur)

Berdasarkan hasil dari Tabel 2, pada parameter mikroklimat kecepatan angin berkisar antara 0.056 – 0.45 (m/d). Pada ekosistem akuatik ini, angin tidak terlalu kuat berhembus karena tertutupi oleh pepohonan sehingga nilai kecepatan angin kecil. Pengukuran kualitas udara berkisar antara 11.11 – 38.33. Nilai tersebut masih tergolong baik. Hal tersebut juga didukung oleh Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: Kep-107/KABAPEDAL/11/1997 (Lampiran). Suhu udara berkisar antara 20.38 °C hingga 21.99 °C. Kelembapan berkisar antara 70 – 94%. Intensitas cahaya berkisar antara 73.67 – 414.78 lux. Selain kondisi mikroklimat, parameter lain yang diukur adalah fisik, kimia, dan biologi air.

Pada parameter fisik kimia air, dari ketiga lokasi tersebut air berwarna bening dan tidak berbau. Kedalaman air berkisar antara 19 – 33 cm. Kecerahan berkisar antara 0.10 – 0.29 m. Menurut Effendi (2003), kecerahan air tergantung pada warna dan kekeruhan.

Nilai kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi, serta ketelitian dalam melakukan pengukuran. Kekeruhan berkisar antara 0 – 0.18 NTU dan TDS (padatan tersuspensi) berkisar antara 2.36 – 4.16 ppm. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi nilai kekeruhan juga akan semakin tinggi (Effendi 2003). pH air berkisar antara 7.8 – 8.0. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH sekitar 7 – 8.5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Pengaruh umum terhadap komunitas biologi perairan pada pH >6.5 yaitu keanekaragaman plankton dan benthos sedikit menurun dan kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas tidak mengalami perubahan. Banyaknya kadar logam berat Pb pada ketiga lokasi yaitu dibawah <0.05 ppm. Kadar ini tidak melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan sehingga tiga lokasi ekosistem akuatik bebas dari pencemaran logam berat Pb.

Tabel 3 Kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor:492/ MENKES/ PER/ IV/ 2010

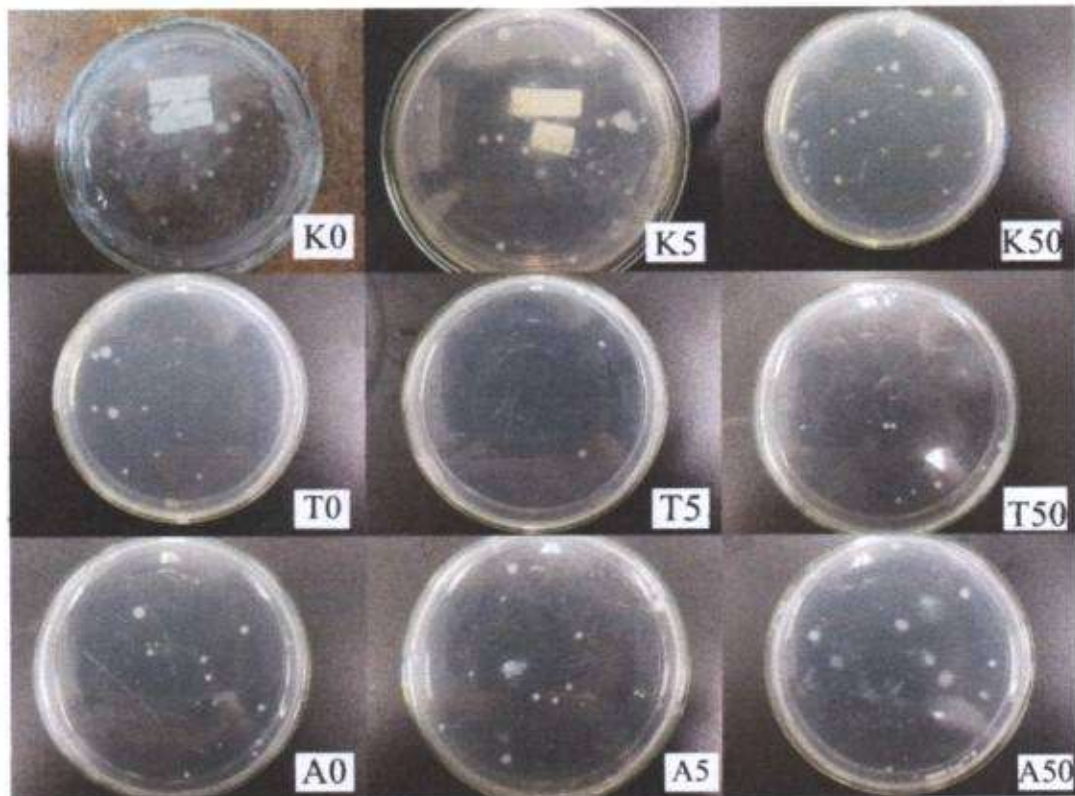
No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
Fisika			
1	Bau	-	Tidak berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	ppm	1000
3	Kekeruhan	NTU	5
4	Rasa	-	Tidak berasa
5	Suhu	°C	-
6	Warna	Skala TCU	15
Kimia			
	Timbal	ppm	0.01
Biologi			
1	<i>E. coli</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0
2	Total bakteri <i>koliform</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0

Sumber: Permenkes RI (2010)

Parameter biologi air yang diukur berupa uji coliform dan uji bakteri resisten logam Pb. Pada hasil uji *coliform*, baik pada lokasi pengamatan kali, Telaga Biru, dan air terjun Ciwalen menunjukkan hasil negatif pada uji praduga sehingga tidak dilakukan uji lanjut. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tidak terdapat bakteri *coliform* pada lokasi tersebut sehingga air tersebut tergolong baik sebagai sumber air minum. Hal ini sesuai dengan syarat kualitas air minum didukung tentang peruntukan air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor:492/ MENKES/ PER/ IV/ 2010.

Parameter biologi air selanjutnya, yaitu analisis bakteri resisten logam berat Pb. Jumlah total bakteri resisten logam berat Pb lebih tinggi di kali pada konsentrasi 5 ppm, sementara pada konsentrasi 50 ppm yang paling jumlah total bakteri resisten logam berat Pb terdapat di Telaga Biru. Tingginya jumlah bakteri resisten logam berat Pb di air kali menunjukkan keanekaragaman bakteri resisten logam berat Pb di lokasi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan Telaga Biru dan air terjun Ciwalen. Tinggi rendahnya jumlah bakteri di suatu lokasi kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, baik iklim mikro maupun sifat fisik kimia air. Rata-rata logam Pb yang ditemukan pada tiga ekosistem yaitu < 0.05 ppm. TDS (4.16 ppm) dan kadar garam (1.40 ppt) pada air kali juga lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Daya hantar listrik pada kali (1.12 mS) dan Telaga Biru (1.14 mS) lebih tinggi dibandingkan air terjun Ciwalen (0.74 mS). Intensitas cahaya yang tinggi ada di air terjun Ciwalen (414.78). Suhu air pada ketiga ekosistem akuatik 19.20 °C – 20 °C. pH air berkisar 7.8 -8.0. Menurut von Canstein *et al.* (2002) isolat yang dapat tumbuh pada media sintetis yang mengandung logam berat ≥ 5 ppm merupakan isolat yang memiliki resistensi tinggi terhadap logam berat. Hasil dari bakteri yang tumbuh pada media logam Pb 5 ppm dan 50 ppm, diasumsikan sebagai bakteri resisten logam berat, dan setelah itu bakteri tersebut dipurifikasi dan dikarakteristik morfologinya, meliputi warna, bentuk, dan elevasi (Tabel 6; Gambar 6).

Pada kode isolat K01, T01, dan A01 merupakan mikroba dengan media kontrol, kemungkinan mikroba yang memiliki kemiripan, yaitu mikroba dari genus *Bacillus* sp. dengan presentase kemiripan 66.67%. Menurut Rheinheimer (1980), *Bacillus* sp. memiliki warna koloni pada umumnya putih sampai kekuningan atau putih suram, tepi koloni bermacam-macam namun pada umumnya tidak rata, permukaannya kasar dan tidak berlendir, bahkan ada yang cenderung kering berbubuk, koloni besar dan tidak mengkilat. Bentuk koloni dan ukurannya sangat bervariasi tergantung dari jenisnya.



Gambar 6 Isolat bakteri resisten logam berat tiga lokasi ekosistem akuatik

Pada kode isolat K02, T02, dan A02 juga merupakan mikrob yang memiliki kemiripan dengan mikrob dari genus *Staphylococcus* sp. dengan presentase kemiripan mencapai 100%. *Staphylococcus* sp. memiliki warna koloni putih, berbentuk bulat, dan permukaannya cembung (Toelle & Lenda 2014). Menurut Holt *et al.* (1994), koloni *Staphylococcus* sp. biasanya *opaque* dapat berwarna putih, krem dan kadang berwarna kuning atau jingga. *Staphylococcus* tumbuh dengan baik pada berbagai media bakteriologi di bawah suasana aerobik atau mikroaerofilik. Tumbuh dengan cepat pada temperatur 20 – 35 °C. Koloni pada media padat berbentuk bulat, lambat dan mengkilat. *Staphylococcus* bertambah dengan cepat pada beberapa tipe media dengan aktif melakukan metabolisme, melakukan fermentasi karbohidrat dan menghasilkan bermacam-macam pigmen dari warna putih hingga kuning gelap (Jawetz *et al.* 2005).

Tabel 4 Karakteristik morfologi koloni bakteri yang diisolasi dari tiga ekosistem akuatik

Karakterisasi morfologi	Kode isolat (A)	Perbandingan dengan literatur (B)	Kemiripan (A & B) (%)
	K01	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	K02	<i>Staphylococcus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ^{2,3}	100
Elevasi	Convex	Convex ^{2,3}	
Bentuk	Circular	Circular ^{2,4}	
	K5	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	K50	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	T01	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	T02	<i>Staphylococcus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ^{2,3}	100
Elevasi	Convex	Convex ^{2,3}	
Bentuk	Circular	Circular ^{2,4}	
	T5	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	T50	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	A01	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	A02	<i>Staphylococcus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ^{2,3}	100
Elevasi	Convex	Convex ^{2,3}	
Bentuk	Circular	Circular ^{2,4}	
	A5	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	
	A50	<i>Bacillus</i> sp.	
Warna koloni	Putih	Putih ¹	66.67
Elevasi	Convex	Tidak rata ¹	
Bentuk	Circular	Circular ¹	

Sumber: ¹ Rheinheimer (1980), ²Toelle & Lenda (2014); ³Holt *et al.* (1994), ⁴Jawetz *et al.* (2005)

Pada kode isolat K5, T5, A5 merupakan mikrob dengan perlakuan Pb 5 ppm dan kode isolat K50, T50, A50 merupakan mikrob dengan perlakuan Pb 50 ppm. Bakteri kemungkinan memiliki kemiripan dari genus *Bacillus* sp. sebesar 66.67%. Hal ini juga didukung oleh pernyataan Gadd (1990) bahwa genera *Bacillus* menunjukkan kemampuan fisiologis yang luas sehingga dapat hidup di berbagai lingkungan yang ekstrem termasuk habitat yang teremar oleh Pb. Berdasarkan penelitian Budihardjo (1996) dan Arrizal *et al.* (2013), *Bacillus* merupakan bakteri yang toleran terhadap logam timbal. Selain itu setiap jenis juga menunjukkan kemampuan dan ketahanan yang berbeda-beda dalam menghadapi kondisi lingkungannya, misalnya ketahanan terhadap panas, asam, kadar garam, dan sebagainya (Rheinheimer 1980).

Bacillus dapat tumbuh pada media tanah, air, dan materi tumbuhan yang terdekomposisi. Suhu optimal pertumbuhan 25-35 °C dan pH optimum 7-8 (Graumann 2007). Berdasarkan hal tersebut, pada ketiga ekosistem akuatik yang diamati merupakan tempat yang sesuai untuk pertumbuhan *Bacillus*. Berdasarkan hasil penelitian Prasetya *et al.* (2012), *Bacillus* memiliki daya adaptasi yang baik pada konsentrasi 15 ppm, namun ada juga yang memiliki daya adaptasi baik pada konsentrasi 20-25 ppm. Pada perlakuan dengan konsentrasi 5 ppm dan 50 ppm, mikrob lebih banyak tumbuh pada perlakuan 50 ppm yaitu sekitar 1000-2000 CFU/mL. Arinda (2012) menambahkan, bahwa semua isolat *Bacillus* mampu tumbuh pada medium yang mengandung logam berat hingga konsentrasi 50 ppm dengan kisaran resistensi yang berbeda-beda untuk setiap logam berat. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Bacillus* yang diamati mampu beradaptasi dengan baik pada konsentrasi 50 ppm. Karakterisasi bakteri secara morfologi belum dapat secara kuat untuk menentukan genus dan spesies bakteri. Oleh karena itu perlu dilakukan karakterisasi dan identifikasi lanjutan seperti: pewarnaan Gram, karakterisasi fisiologis dan biokimia lainnya, dan identifikasi molekuler untuk mengetahui genus dan spesies suatu bakteri.

Resistensi *Bacillus* terhadap logam Pb berhubungan dengan gen di dalam plasmid, transport aktif yang melibatkan ATP atau melalui ikatan ligan. Akumulasi ekstraseluler pada bakteri dapat terjadi karena ikatan ion logam dengan polimer ekstraseluler atau polisakarida ekstraseluler yang dihasilkan sel-sel mikroba, gabungan antara ion logam yang bermuatan positif dengan sisi reaktif pada permukaan sel yang bermuatan negatif (Oktaviana 1995 diacu dalam Prasetya *et al.* 2012). Sedangkan akumulasi intraseluler pada bakteri dapat terjadi karena proses difusi yang melibatkan mekanisme enzimatik yang dikendalikan oleh gen resisten yang terletak di dalam plasmid, transposon atau kromosom (Nascimento & Charton-Souza 2003).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah diamati dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Kualitas air yang ada di air kali, air Telaga Biru, dan air terjun Ciwalen di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango ditinjau dari parameter fisik, kimia, dan biologi air masih tergolong baik dan dapat dijadikan sebagai sumber air minum.
2. Tingginya jumlah bakteri resisten logam berat Pb di air kali menunjukkan keanekaragaman bakteri resisten logam berat Pb di lokasi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan Telaga Biru dan air terjun Ciwalen. Hal tersebut tidak terlepas dari pengaruh kondisi iklim, fisik dan kimia air yang diduga dapat mempengaruhi tinggi rendahnya jumlah bakteri. Berdasarkan karakteristik morfologinya kemungkinan bakteri tersebut berasal dari genus *Bacillus*. Namun perlu dilakukan karakterisasi dan identifikasi lanjutan seperti: pewarnaan Gram, karakterisasi fisiologis dan biokimia lainnya, dan identifikasi molekuler untuk mengetahui genus dan spesies suatu bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Andono A. 2014. Upaya Pengelolaan Pendakian Taman Nasional Gunung Gede Pangrango [Powerpoint]. Jawa Barat: Taman Nasional Gunung Gede Pangrango
- Anonim. 2016. *Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGP)*. http://www.dephut.go.id/INFORMASI/TN%20INDO-ENGLISH/tn_gedepangrango.htm. [25 Februari 2016].
- Arfiati D. 2009. *Strategi Peningkatan Kualitas Sumberdaya pada Ekosistem Perairan Tawar*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Arrizal M, Yuliani, Fida R. 2013. Identifikasi Rhizobacter pada Semanggi (*Marsilea crenata* Presl.) yang terpapar logam berat timbal (Pb). *J. Lentera Bio*. 2(1): 165-169.
- [BAPEDAL No. 107] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1998. Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara.
- Brierley CL. 1982. *Microbial Mining*. Scientific American. 247 : 42-50.
- Budiharjo A. 1996. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pengikat Logam Berat Pb dari Sedimen Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. [Skripsi]. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Clausen CA. 2000. *Isolating metal-tolerant bacteria capable of removing Cu, Cr, and As from treated wood*. *Waste Management & Research*. 18: 264-268.
- Darmono. 2001. *Pengertian Logam Berat*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- [Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam] Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. 2006. Jumlah Pengunjung Taman Nasional Selama Lima Tahun Terakhir. http://www.dephut.go.id/INFORMASI/STATISTIK/2006/II12_06.pdf
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Penerbit KANSIUS.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- Gadd GM. 1990. Heavy Metal Accumulation by Bacteria and other Microorganisms. *Experientia*. 46 : 834-840.
- Graumann P. 2007. *Bacillus: Cellular and Molecular Biology*. Caister Academic Press.
- Holt JG et al. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology ninth edition*. USA : Williams and Wilkins.
- Jawetz, Melnick, Adelberg's. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta : Salemba Medika.
- Nakamura. 1990. *Organomercurial Volatilizing Bacterial in The Mercury Poented Sedimen of The Minamata Bay Japan*. Appl Environ Microbia
- Nascimento AMA, Charton-Souza E. 2003. Operon mer : Bacterial Resistance to Mercury and Potential for Bioremediation of Contaminated Evironment . *Journal Genetics and molecular Research*. 2(1) : 92 – 101.

- Othman MS, Ahmad AK, Lim EC. 2009. Metals Concentration in Water and Sediment of Bebar Peat Swampy Forest River, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*. 9(7):730-737.
- Palar. 2004. Pencemaran dan Taksikologi Logam Berat. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- [Permenkes RI No. 492] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010. Jakarta: Menteri Kesehatan RI
- Prasetya YA, Kuswyasari ND, Zulaika E. 2012. *Adaptasi genera Bacillus pada Media yang Mengandung Logam Timbal*. Surabaya : Scientific Conference of Environment Technology IX.
- Priadie B. 2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10 : 38 -48. ISSN 1829 – 8907.
- Rheinheimer G. 1980. *Aquatic Microbiology*. Michigan : Wiley & Sons Incorporated.
- Rifqi A. 2009. *Hubungan Ekologi Dengan Ilmu Lain, Populasi Dan Komunitas*. Fakultas Biologi. Jakarta Selatan : Universitas Nasional.
- Santoso R, Rachmad S. 2011. Peranan Hutan dalam Konservasi Sumber Daya Air. *Prosiding Simposium Nasional Ekohidrologi Jakarta*, 24 Maret 2011
- Selpiana E, Destiarti L, Nurlina. 2016. Perbandingan Metode Penentuan Pb(II) di Sungai Kapuas Secara Spektrofotometri Uv-Vis Cara Kalibrasi Terpisah dan Adisi Standar. *JKK*, 5(1): 17-23
- Sri L .2002. *Pengaruh pH dan Konsentrasi Awal Terhadap Adsorpsi Tembaga oleh Saccaromyces cerevisiae yang terimobilisasi pada silika gel*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Sudaryanti S, Wijarni. 2006. *Biomonitoring*. Malang : Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya.
- Syaftrianto I. 2009. *Ekosistem Kolam*. <http://pustaka.ut.ac.id/pustaka/> .[25 Februari 2016].
- Toelle NN, Lenda V. 2014. Identifikasi dan Karakteristik Staphylococcus sp. dan Steptococcus sp. dari Infeksi pada Ayam Petelur Komersial. *J. Ilmu Ternak*. 1(7) : 32-37.
- von Canstein H, Li Y, Leonhauer J, Haase E, Felske A, Deckwer WD, Dobler IW. 2002. Spatially oscillating activity and microbial succession of mercury-reducing biofilms in a technical-scale bioremediation system. *Appl Environ Microbiol*. 68 (4): 1938-1946. doi: 10.1128/AEM.68.4.1938–1946.2002
- Wardhana. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan .Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Wibowo AB. 1997. Studi Perilaku Pengunjung Sebagai Potensi Pencemaran Air di Perairan Resort Cibodas Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Abstrak]
- Widowati W, Sastiono A, Jusuf R. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Wulandari S, Dewi NS, Suwondo. 2005. Identifikasi Bakteri Pengikat Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Sungai Siak. *Jurnal Biogenesis*.1(2) : 62-65.

Lampiran Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: Kep-107/KABAPEDAL/11/1997

LAMPIRAN II: KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGENDALIAN DAMPAK LINGKUNGAN

TENTANG: PEDOMAN TEKNIS PERHITUNGAN DAN PELAPORAN SERTA INFORMASI INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA

NOMOR: KEP-107/KABAPEDAL/11/1997

TANGGAL: 21 NOVEMBER 1997

ANGKA DAN KATEGORI INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU)

Indeks	Kategori
1 - 50	Baik
51 - 100	Sedang
101 - 199	Tidak Sehat
200 - 299	Sangat Tidak Sehat
300 - lebih	Berbahaya

Kepala Badan
Pengendalian Dampak Lingkungan

ttd.

Sarwono Kusumaatmadja