

Perbandingan Kandungan Logam Berat pada Sedimen di Kawasan Hutan Mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai

Yosua Febriyanto ^{a*}, Ima Yudha Perwira ^a, Alfi Hermawati Waskita Sari ^a

*Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Kelautan dan Perikanan. Universitas Udayana. Bukit Jimbaran. Bali-Indonesia **

** Penulis koresponden. Tel.: +62-812-9790-9446*

Alamat e-mail: yosuafebriyan88@gmail.com

Diterima (received) 4 Agustus 2021; disetujui (accepted) 18 Agustus 2021; tersedia secara online (available online) 17 Februari 2022

Abstract

Mangrove ecosystem is one of the coastal ecosystems which is greatly influenced by human activities around it. The Perancak mangrove forest area has unique characteristics with the condition of its water bodies being influenced by the tides of the Bali Strait. In addition, the Tahura Ngurah Rai mangrove forest area is a mangrove area located in the city center where there are many human activities that can produce household waste, industrial waste and so on. This study aims to determine the heavy metal content of mangrove sediments and the comparison of heavy metal content of mangrove sediments. The method used in this research is descriptive method. Meanwhile, the data collection process was carried out using purposive sampling method. Samples were measured using the spectrophotometric method with the IPC tool. The results of heavy metal measurements in Perancak Mangrove sediments for Pb ranged from 30.3 mg/L and in Tahura Ngurah Rai Mangrove sediments for Pb ranged from 59,9 mg/L. While the heavy metal content of Cd not detected. Then the heavy metal measurements in Perancak Mangrove sediments for Hg ranges from 11 mg/L and in Tahura Ngurah Rai Mangrove sediments for Pb ranged from 22,1 mg/L. The heavy metal content in the Perancak Mangrove sediment is lower than the heavy metal content in the Ngurah Rai Mangrove sediment.

Keywords: *Mangroves, Sediments, Heavy Metal*

Abstrak

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitarnya. Wilayah hutan mangrove Perancak memiliki karakteristik yang khas dengan kondisi badan airnya dipengaruhi oleh pasang surut dari Selat Bali. Selain itu kawasan hutan mangrove Tahura Ngurah Rai merupakan kawasan mangrove yang terletak di pusat kota dimana terdapat banyak aktivitas manusia yang dapat menghasilkan limbah rumah tangga, limbah industri dan lain sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat sedimen mangrove dan perbandingan kandungan logam berat sedimen mangrove. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Sedangkan proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode *Purposive Sampling*. Sampel diukur menggunakan metode spektrofotometri dengan alat IPC. Hasil pengukuran logam berat pada sedimen Mangrove Perancak untuk Pb sebesar 30,3 mg/L dan Mangrove Tahura Ngurah Rai sebesar 58,9 mg/L. Sedangkan untuk kandungan logam berat Cd di Mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai tidak terdeteksi, untuk kandungan logam berat Hg Mangrove Perancak sebesar 11,043 mg/L dan Mangrove Tahura Ngurah Rai sebesar 22,1mg/L. Kandungan logam berat pada sedimen Mangrove Perancak lebih rendah dibandingkan dengan kandungan logam berat pada sedimen Mangrove Tahura Ngurah Rai.

Kata Kunci: *Mangrove, Sedimen, Logam Berat*

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitarnya. Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan untuk menampung banyak air di dalam jaringan

tubuhnya. Hal tersebut dapat membantu tumbuhan mangrove untuk mengurangi kadar toksisitas yang terserap kedalam jaringan mangrove dengan pengenceran (dilusi) (Utami *et al.*, 2018). Aktivitas manusia seperti reklamasi pantai, kegiatan industri, pembukaan lahan untuk pertanian dan budidaya, dan pengembangan

kawasan perumahan di wilayah pesisir juga dapat menimbulkan berbagai limbah yang salah satunya adalah logam masuk ke lingkungan ekosistem estuari (MacFarlane, 2002).

Logam berat di wilayah pesisir dan kawasan hutan mangrove pada umumnya dapat ditemukan pada sedimen, air, dan biota yang hidup di wilayah tersebut. Berdasarkan penelitian Permanawati *et al.* (2013) dan Rochyatun & Kaisupy (2006), kadar kandungan logam berat lebih tinggi pada sedimen dibandingkan dengan kandungan logam berat pada air, hal tersebut terjadi karena proses pengendapan logam berat yang terjadi pada sedimen. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kandungan logam berat yang ada pada sedimen di kawasan mangrove Tahura Ngurah Rai dan mangrove Perancak.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 1 bulan yaitu pada bulan Juli sampai bulan Agustus 2020. Dalam proses pengambilan sampel sedimen penelitian ini dilaksanakan di kawasan mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai. Sedangkan untuk proses pengujian kandungan logam berat dilaksanakan di Laboratorium Analitik, Universitas Udayana.

2.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yaitu metode penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi pada saat sekarang (Sujana dan Ibrahim, 1989). Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode *Purposive Sampling*. Metode *Purposive Sampling* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2015).

2.3 Pengukuran Kandungan Logam Berat

Pengukuran kandungan logam berat Timbal (Pb), kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) menggunakan metode Spektrofotometri dengan menggunakan alat ukur *Inductively Coupled Plasma* (ICP).

2.3.1. Pengukuran Kandungan Timbal (Pb)

Metode yang digunakan adalah metode spektrofotometri, dimana sebuah metode di dalam analisis kimia yang berguna untuk mengukur konsentrasi sampel secara kuantitatif. Sampel sedimen dimasukkan dalam kaca arloji secara merata agar mengalami proses pengeringan sempurna di dalam oven pada suhu 105°C selama 6 jam. Sampel sedimen yang telah dikeringkan ditumbuk sampai halus dan ayak dengan ayakan 150 µm, pada setiap sampel sedimen ditimbang sebanyak 0,3 gram menggunakan timbangan digital, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 10 mL HNO₃ dan dipanaskan pada suhu 140°C di atas hot plate, setelah semua sedimen larut, pemanasan diteruskan hingga larutan setengah kering. Selanjutnya sampel didinginkan pada suhu ruang dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquabides hingga tanda batas, lalu disaring dengan kertas saring whatman ukuran medium (40). Kemudian diukur dengan IPC.

2.3.2. Pengukuran Kandungan Kadmium (Cd)

Pengukuran kandungan kadmium (Cd) menggunakan metode Spektrofotometri dengan alat ukur *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Sampel contoh uji dimasukkan sekitar 100 ml kemudian dikocok secara homogen ke dalam gelas piala, ditambahkan 5 mL asam nitrat, kemudian sampel uji contoh dipanaskan hingga kering, ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling. Kemudian untuk membuat larutan kadmium pipet 10 mL larutan induk logam kadmium, Cd 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL dan tepatkan dengan larutan sampai tanda tera. Selanjutnya dihitung menggunakan rumus yang terdapat di SNI.

2.3.3. Pengukuran Kandungan Merkuri (Hg)

Metode yang digunakan untuk pengukuran kadar merkuri yaitu metode spektrofotometri. Penentuan kadar merkuri dalam sampel dilakukan cara pengukuran larutan standar, pengukuran blanko dan pengukuran sampel. Pengukuran larutan standar dilakukan dengan cara memipet larutan standar 1 ppm sebanyak 0,5 mL dan 0,1 mL ke kertas saring quartz yang diletakkan pada cawan porselin yang khusus digunakan untuk alat ini. Tekan Mode 1 pada alat dan membuka penutup tempat masuknya sampel yang ada pada alat,

selanjutnya memasukkan cawan yang berisi kertas saring ke dalam alat tersebut dengan menggunakan pendorong yang tersedia sampai tanda garis yang ada pada pendorong tersebut.

Kemudian menutup kembali penutupnya. Memilih blank yang ditampilkan pada alat kemudian menekan tombol start. Sedangkan untuk pengukuran blanko dilakukan dengan cara memasukkan additives M ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan (Na_2CO_3) , lalu B (Al_2O_3) kemudian M lagi ke dalam porselin yang khusus digunakan untuk alat ini. Tekan Mode 2 pada alat dan membuka penutup tempat masuknya sampel yang ada pada alat, selanjutnya memasukkan cawan yang berisi additives ke dalam alat tersebut dengan menggunakan pendorong yang tersedia sampai tanda garis yang ada pada pendorong tersebut. Kemudian menutup kembali penutupnya. Memilih blank yang ditampilkan pada alat kemudian menekan tombol start.

2.4 Analisis Data

Data yang dihasilkan dari penelitian ini dianalisa secara deskriptif, kemudian dibandingkan perbedaan antara tingkat kandungan logam berat yang ada pada sedimen mangrove di kawasan Mangrove Tahura Ngurah Rai dengan mangrove Perancak.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen Mangrove di Perancak dan Tahura Ngurah Rai

Kandungan logam berat Timbal (Pb) yang terdapat pada kedua sedimen di kawasan mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1

Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen Mangrove di Perancak dan Tahura Ngurah Rai

Lokasi	Kandungan Pb (mg/L)		
	1	2	3
Perancak	30,3	ttd	ttd
Tahura Ngurah Rai	58,9	ttd	ttd

Kandungan logam berat Pb pada sedimen mangrove Perancak hanya ditemukan pada titik 1 yaitu sebesar 30,3 mg/l. Hal ini diduga disebabkan

pada titik 1 terdapat aliran sungai kecil dan banyak tumbuhan mangrove disekitarnya, selain itu titik 1 juga merupakan kawasan yang cukup dekat dengan jalan raya, sehingga pencemaran yang terjadi pada titik 1 juga dapat terjadi diduga berasal sisa buangan gas dan limbah tambak yang mengalir melalui aliran sungai kecil. Oleh karena hal tersebut logam yang ada di perairan akan terakumulasi di dalam sedimen.

Kandungan logam berat Pb pada sedimen mangrove hanya ditemukan pada titik 1 yaitu sebesar 58,9 mg/l. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh lokasi pengambilan sample pada titik 1 yang berada dikawasan pusat kota yang dekat dengan aktivitas manusia, bandar udara, jalan raya, serta merupakan titik temu antara aliran sungai dengan laut. Kandungan logam Pb yang berasal dari aktivitas-aktivitas tersebut akan dengan mudah masuk keperairan melalui beberapa hal, misalnya; aliran air yang disebabkan oleh curah hujan dan adsorpsi yang kemudian akan terserap oleh biota perairan atau berikatan dengan bahan organik dan partikel lainnya sehingga akan terakumulasi di perairan dan mengendap pada sedimen. Hal ini sesuai dengan pernyataan Khairuddin *et al.* (2018) lingkungan laut sebagai muara atau sasaran pembuangan limbah, sehingga mudah tercemari oleh logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), dan kadmium (Cd).

Hasil perbandingan kandungan timbal pada kedua lokasi menunjukkan bahwa Tahura Ngurah Rai memiliki kandungan yang lebih tinggi daripada Perancak. Hal ini diduga terdapatnya beberapa aktivitas manusia lebih banyak pada Tahura Ngurah Rai. Menurut Utari *et al.* (2015) menyatakan bahwa Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai merupakan suatu kawasan hutan payau di muara Sungai Badung dan Sungai Mati. Sepanjang aliran Sungai Badung dan Sungai Mati terdapat berbagai aktivitas, seperti aktivitas rumah tangga, rumah sakit, hotel, bengkel, peternakan, maupun aktivitas industri. Aktivitas tersebut menghasilkan limbah, termasuk limbah logam berat. Apabila limbah logam berat dibuang baik sengaja maupun tidak sengaja ke aliran Sungai Badung dan Sungai Mati, dan terbawa sampai ke muara sungai, maka dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan di sepanjang aliran Sungai Badung dan Sungai Mati serta di Tahura Ngurah Rai. Sementara pada titik 2 dan 3 baik Perancak maupun Tahura Ngurah Rai tidak terdeteksi. Hal ini diduga kedua lokasi pada saat pengambilan sampel dekat mangrove yang

rapat. Mangrove juga merupakan tumbuhan yang dapat berfungsi sebagai agen bioremediasi alami karena secara alami mangrove dapat menyerap kandungan logam berat di alam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd dan fungsi ini disebut sebagai biosorpsi (Hastuti *et al.*, 2013).

3.2 Perbandingan Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Sedimen Mangrove di Perancak dan Tahura Ngurah Rai

Kandungan logam berat Kadmium (Cd) yang terdapat pada kedua sedimen di kawasan mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2

Perbandingan Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Sedimen Mangrove di Perancak dan Tahura Ngurah Rai

Lokasi	Kandungan Hg (mg/L)		
	1	2	3
Perancak	ttd	ttd	ttd
Tahura Ngurah Rai	ttd	ttd	ttd

Kandungan logam berat Cd pada sedimen mangrove baik di Perancak maupun Tahura Ngurah Rai tidak terdeteksi. Menurut penelitian Azhar *et al.* (2012) menyatakan bahwa kadmium di alam biasanya berasal dari limbah industri logam, plastik, cat, pupuk dan minyak. Sementara pada lokasi pengambilan sampel jauh dari kegiatan tersebut. Selain itu kedua lokasi pada saat pengambilan sampel dekat mangrove yang rapat. Diketahui mangrove merupakan tumbuhan yang dapat berfungsi sebagai agen bioremediasi alami karena secara alami mangrove dapat menyerap kandungan logam berat di alam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd dan fungsi ini disebut sebagai biosorpsi (Hastuti *et al.*, 2013).

3.3 Perbandingan Kandungan Logam Berat (Hg) pada Sedimen Mangrove di Perancak dan Tahura Ngurah Rai

Kandungan logam berat Merkuri (Hg) yang terdapat pada kedua sedimen di kawasan mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai dapat dilihat pada Tabel 3. Kandungan logam berat Hg pada sedimen mangrove Perancak hanya ditemukan pada titik 1 yaitu 11 mg/L. Hal ini bisa disebabkan akumulasi merkuri di batuan dan tanah terkena erosi atau pengikisan sehingga masuk ke

dalam perairan yang kemudian terakumulasi di dalam sedimen mangrove (Sarjono, 2009). Sementara pada sedimen mangrove Tahura Ngurah Rai kandungan merkuri tertinggi ditemukan pada titik 1 yaitu 22,1 mg/L dan terendah ditemukan pada titik 2 yaitu 4,8 mg/L. Kandungan logam berat merkuri sukar larut dan mengikat mudah partikel-partikel organik, selain itu kandungan merkuri juga dapat tercemar melalui udara. Dalam hal ini kemungkinan kandungan merkuri yang tinggi pada titik 1 disebabkan kandungan merkuri yang tercemar ke perairan mengikat partikel-partikel organik dan mengalami proses perubahan kimiawi (bentuk karbonat menjadi hidroksida) lalu terendap menjadi lumpur di sedimen. Sedangkan kandungan merkuri yang tercemar ke udara terbawa angin sampai ke kawasan titik 2 (Caroline *et al.*, 2015).

Tabel 3

Perbandingan Kandungan Logam Berat (Hg) pada Sedimen Mangrove di Perancak dan Tahura Ngurah Rai

Lokasi	Kandungan Hg (mg/L)		
	1	2	3
Perancak	11	ttd	ttd
Tahura Ngurah Rai	22,1	4,8	17,7

Hasil perbandingan kandungan merkuri pada kedua lokasi menunjukkan bahwa Tahura Ngurah Rai memiliki kandungan yang lebih tinggi daripada Perancak. Sama seperti logam berat yang lainnya, hal ini diduga terdapatnya beberapa aktivitas manusia lebih banyak pada Tahura Ngurah Rai. Menurut Utari *et al.* (2016) menyatakan bahwa Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai merupakan suatu kawasan hutan payau di muara Sungai Badung dan Sungai Mati. Sepanjang aliran Sungai Badung dan Sungai Mati terdapat berbagai aktivitas, seperti aktivitas rumah tangga, rumah sakit, hotel, bengkel, peternakan, maupun aktivitas industri. Aktivitas tersebut menghasilkan limbah, termasuk limbah logam berat. Apabila limbah logam berat dibuang baik sengaja maupun tidak sengaja ke aliran Sungai Badung dan Sungai Mati, dan terbawa sampai ke muara sungai, maka dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan di sepanjang aliran Sungai Badung dan Sungai Mati serta di Tahura Ngurah Rai.

3.4 Kualitas Air

Tabel 4

Kualitas air pada masing-masing titik di Mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai.

Lokasi	TDS (ppm)			Suhu (°C)			DO (ppm)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Perancak	12,8	12,8	12,8	29	30	30	8,6	7,8	7,7
Tahura Ngurah Rai	12,3	12,3	11,3	26	30	28	1,4	16	1,7

Perbandingan Kualitas Air di kawasan Mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai dapat dilihat pada Tabel 4.

Pengukuran kualitas air di kawasan mangrove Perancak memiliki nilai TDS yang sama di setiap titiknya yaitu 12,75 ppm. Hal ini bisa saja disebabkan oleh aktivitas manusia yang menghasilkan limbah di sekitar area pengambilan sampel, karena setiap bahan pencemar yang masuk ke perairan akan sangat mempengaruhi nilai dari kualitas air di perairan tersebut (Sumekar *et al.*, 2015). Suhu tertinggi di kawasan mangrove Perancak berada pada titik 2 yaitu 30,1°C sedangkan suhu terendah berada pada titik 1 yaitu 29°C. Perbedaan suhu pada titik pengambilan sample dapat diakibatkan oleh perbedaan tegakan mangrove (kerapatan, diameter, dan tinggi), selain itu masuknya kandungan logam berat ke perairan juga sangat mempengaruhi keadaan suhu perairan (Setiawati, 2012). Untuk nilai oksigen terlarut (DO) di kawasan mangrove Perancak tertinggi pada titik 1 yaitu 8,57 ppm sedangkan nilai oksigen terlarut (DO) terendah pada titik 3 yaitu 7,69 ppm. Nilai oksigen terlarut pada kawasan mangrove perancak cukup baik bagi biota yang hidup didalamnya. Hal ini dikarenakan kandungan DO yang berada di kolom air akan diserap oleh sedimen dan dijadikan sebagai sumber respirasi bagi bakteri yang ada di dalamnya (Hogarth, 2001).

Pengukuran kualitas air Mangrove Tahura Ngurah Rai untuk TDS tertinggi ditemukan pada titik 1 dan 2 yaitu 12,25 ppm sedangkan terendah ditemukan pada titik 3 yaitu 11,25 ppm. Tingkat kadar TDS pada perairan sangat dipengaruhi oleh senyawa-senyawa organik dan anorganik yang ada di perairan, kandungan bahan pencemar yang terakumulasi dalam jumlah besar di perairan juga menjadi salah satu penyebab tingginya angka TDS di suatu perairan (Effendi, 2003). Pengukuran suhu tertinggi ditemukan pada titik 2 yaitu 30°C sedangkan terendah ditemukan pada titik 1 yaitu 26°C. Kondisi suhu di perairan mangrove juga sangat dipengaruhi oleh luasan mangrove, pada

umumnya wilayah mangrove yang memiliki luas lebih besar memiliki tingkat suhu yang lebih rendah (Suryani, 2006). Pengukuran oksigen terlarut (DO) pada kawasan mangrove Tahura Ngurah Rai tertinggi pada titik 3 yaitu 1,67 ppm, sedangkan terendah ada pada titik 1 yaitu 1,41 ppm. Kadar oksigen terlarut perairan sangat dipengaruhi oleh biota yang ada di perairan tersebut, kegiatan seperti; respirasi dan fotosintesis biota. Selain itu pergerakan massa air juga sangat mempengaruhi nilai DO. Namun secara tidak langsung kegiatan manusia yang menyebabkan pencemaran juga dapat mempengaruhi kandungan DO di perairan (Effendi, 2003).

4. Simpulan

Kandungan logam berat pada sedimen Mangrove Perancak untuk logam berat Pb berkisar antara 30,3 mg/L, kandungan logam berat Cd tidak terdeteksi, dan kandungan logam berat Hg berkisar antara 11-22,1 mg/L. Sedangkan kandungan logam berat pada sedimen Mangrove Tahura Ngurah Rai untuk logam berat Pb berkisar 58,9 mg/L, kandungan logam berat Cd tidak terdeteksi, dan kandungan logam berat Hg berkisar antara 4,8-22,1 mg/L. Kandungan logam berat yang ditemukan pada sedimen Mangrove Perancak memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan kandungan logam berat yang ditemukan pada sedimen Mangrove Tahura Ngurah Rai.

Daftar Pustaka

- Azhar, H., Widowati, I., & Suprijanto, J. (2012). Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Simpson (*Amusium Pleuronectes*), Air dan Sedimen di Perairan Wedung, Demak Serta Analisis Maximum Tolerable Intake pada Manusia. *Journal of Marine Research*, 1(2), 35-44.
- Caroline, J., & Moa, G.A. (2015). *Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) menggunakan Tanaman Melati Air (Echinodorus palaefolius) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan*. Dalam Prosiding Seminar

- Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015. Surabaya, Indonesia, 15 Oktober 2022 (pp. 733-744).
- Effendi, Hefni. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta, Indonesia: Kanisius.
- Hastuti, E. D., Anggoro, S., & Pribadi, R. (2013). *Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak*. Dalam Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013. Banjarbaru, Indonesia, 6 Februari 2013 (pp. 331-336).
- Hogarth, P.J., (2001). *The Biology of Mangroves (Biology of Habitats)*. Oxford University Press. Oxford.
- Khairuddin, M. Y., & Syukur, A. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove. *Jurnal Biologi Tropis*, **18**(1), 69-79.
- MacFarlane, G.R. (2002). Leaf biochemical parameters in *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh as potential biomarkers of heavy metal stress in estuarine ecosystems. *Marine Pollutin Buletin*, **44**(3), 244-56.
- Permanawati, Y., Zuraida, R., & Ibrahim, A. (2013). Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd dan Cr) dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan*, **11**(1), 9-16.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M.T., & Rozak, A. (2006). Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara Sains*, **10**(1), 35- 40.
- Sarjono, A. (2009). *Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara*. Skripsi. Bogor, Indonesia: Institut Pertanian Bogor.
- Setiawati, P. (2012). *Pengaruh Ruang Terbuka Hijau Terhadap Iklim Mikro (Studi Kasus Kebun Raya Cibodas, Cianjur)*. Skripsi. Bogor, Indonesia: Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suryani, (2006). *Interaksi Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* terhadap Ion Logam Zn^{2+} Untuk Mengatasi Logam Berat di Perairan*. Skripsi. Makassar, Indonesia: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Bandung, Indonesia: Alfabeta.
- Sudjana, Nana, & Ibrahim, (1989). *Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*. Bandung: Sinar Baru.
- Sumekar, H., Suprihatin., I.E., & Irdhawati. (2015). Kandungan Logam Pb dan Hg dalam Sedimen di Muara Sungai Mati Kabupaten Badung Bali. *Cakra Kimia*, **3**(2), 45-49.
- Utami, R., Rismawati, W., dan Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. Dalam Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018. Palembang, Indonesia, 28 Maret 2018 (pp. 1-13).
- Utari, A.A.P.C.P., Suprihatin, I.E., & Ariati, N.K. (2015). Kandungan Tembaga (Cu) Buah Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*), Pedada (*Sonneratia caseolaris*), Nyirih (*Xylocarpus granatum*), dan Bakau (*Rhizophora mucronata*) di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, **4**(1), 49-54.