

EVALUASI PENCEMARAN LOGAM BERAT Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) DI PERAIRAN TELUK BENOA, BALI

VALUATION OF HEAVY METAL POLLUTION, LEAD (PB) AND CADMIUM (CD), FROM THE WATERS OF THE BENOA BAY BALI

Annisa Ayu Permana¹, Deny Suhernawan Yusup²

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali Indonesia-80361

*Email: dsyusup@unud.ac.id

INTISARI

Kawasan perairan Teluk Benoa merupakan kawasan yang memiliki aktivitas padat, sehingga berpotensi menimbulkan cemaran, khususnya cemaran logam berat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air laut kawasan Teluk Benoa. Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA). Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan Pb pada air laut tidak terdeteksi (ttd), sedangkan kandungan Cadmium (Cd) terdeteksi dari stasiun II (0,5797 mg/L) dan stasiun III (0,3080 mg/L). Hasil analisis indeks pencemaran menunjukkan bahwa status mutu air Stasiun I tergolong dalam kondisi baik, sedangkan stasiun II dan III tergolong dalam kondisi tercemar sedang. Berdasarkan indeks STORET, perairan kawasan Teluk Benoa masuk ke dalam kategori tercemar ringan (-8).

Kata kunci: Pencemaran, Logam berat, Teluk Benoa, Timbal (Pb), Kadmium (Cd)

ABSTRACT

The waters of Benoa Bay Bali are an area that has dense activity leading to generate pollution, particularly heavy metal pollutant. The objective of this research was to determine the heavy metal pollution, lead (Pb) and Cadmium (Cd) in sea water. The content of lead (Pb) and cadmium (Cd) in sea water was analysed by means of atomic absorption spectrophotometry (AAS). The results showed that the Pb content in seawater was not detected (ttd), while the Cadmium (Cd) content was detected from station II (0.5797 mg/L) and station III (0.3080 mg/L). The pollution index analysis show that the water quality status of Station I is classified as being in good condition, while stations II and III are classified as being in moderately polluted condition. Te STORET analysis shows that the waters of the Benoa Bay Bali area is classified as lightly polluted category (-8).

Keywords: Pollution, Heavy metal, Benoa Bay, Lead (Pb), Cadmium (Cd)

PENDAHULUAN

KawasanTeluk Benoa merupakan kawasan perairan yang berada di Kabupaten Badung dan Denpasar dengan luas 1.400 Ha (Prasetijo, 2021; Tajem dan Saribulan, 2019). Secara administrasi kawasan ini terletak di tiga kecamatan yaitu Kuta selatan, Kuta, dan Denpasar selatan, serta berada dalam 12 kelurahan atau desa, yaitu enam desa berada di Kota Denpasar, dan enam desa lainnya berada di Kabupaten Badung (Suardana, 2020). Kawasan ini merupakan daerah muara dari lima aliran sungai, di mana dua dari lima aliran sudah terdeteksi tercemar sedang, yaitu Sungai Badung dan Sungai Mati (Labbaik dkk., 2018).

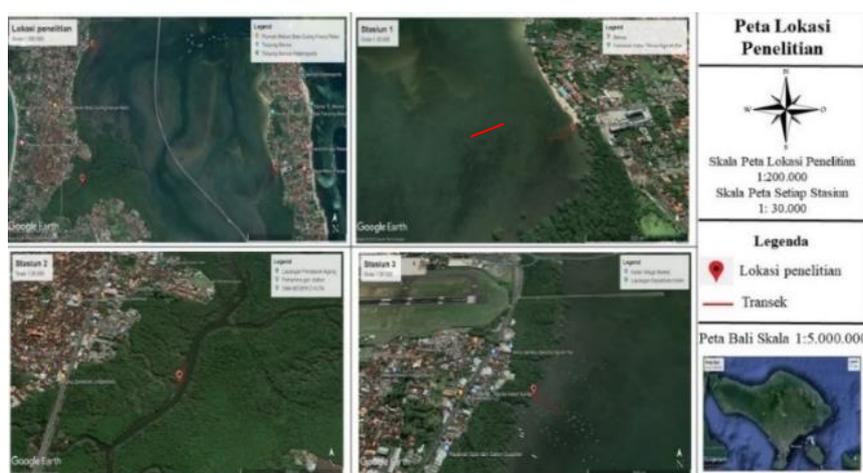
Teluk Benoa terhubung langsung dengan Pelabuhan Benoa yang merupakan salah satu pelabuhan yang memiliki aktifitas tinggi. Pelabuhan ini berperan sebagai pelabuhan *multipurpose* yang melayani kapal penumpang hingga ekspor-impor barang (Putra, 2016). Aktivitas yang padat di kawasan Teluk Benoa berpotensi menimbulkan pencemaran, salah satunya yaitu pencemaran logam berat yang dapat berasal dari aktivitas pengoperasian pelabuhan seperti pengecatan dan bahan (Nurhidayati dkk., 2021).

Putra (2016) melaporkan bahwa air laut di kawasan Pelabuhan Benoa positif timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dengan kadar rendah. Penelitian Mardani dkk. (2018) menunjukkan adanya peningkatan cemaran logam Pb dan Cd di Kawasan Teluk Benoa. Mengacu pada penjelasan sebelumnya, perlu dilakukan penelitian mengenai pencemaran logam khususnya timbal dan kadmium pada air laut di kawasan Teluk Benoa, serta tingkat pencemarannya.

MATERI DAN METODE

Lokasi pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada 13 April 2023, bertempat di Teluk Benoa, Badung, Bali terdiri dari tiga stasiun (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

(Sumber: Google Earth Pro, 2023)

Stasiun I terletak pada titik koordinat $8^{\circ}46'16.04''S$, $115^{\circ}13'1.81''E$, memiliki sedimen berupa lumpur dengan ekosistem hutan mangrove. Pantai Telagawaja dipilih karena dekat dengan Pelabuhan Benoa dan memiliki aktivitas yang padat di sekitarnya. Di sekitar stasiun ini terdapat perkampungan, beberapa vila, *homestay*, *resort*, hotel, dan kegiatan *water sport*. Beberapa perahu yang membawa turis juga sering melintasi stasiun ini. Pada beberapa kesempatan, terlihat aliran air berasal dari *resort* masuk ke pantai dengan bau menyengat.

Stasiun II terletak pada titik koordinat $8^{\circ}46'22.28''S$, $115^{\circ}10'53.79''E$, memiliki sedimen berupa pasir dan dilewati oleh aliran yang menghubungkan hutan mangrove hingga

ke kawasan perumahan. Kawasan ini dipilih karena diduga tidak terkena dampak pencemaran berat karena aktivitas di sekitar lokasi yang terjaga. Aktivitas kelompok nelayan di lokasi ini sudah tidak berjalan seperti dahulu.

Stasiun III terletak pada koordinat 8°45'8.18"S, 115°11'0.57"E, area ini masuk ke dalam Banjar Kelan Desa. Pantai ini memiliki sedimen berupa pasir dengan ekosistem hutan mangrove. Stasiun ini merupakan tempat kapal-kapal nelayan (jukung) disewa untuk kegiatan memancing, dekat dengan hilir Tukad Mati, Tukad Badung, Bandara I Gusti Ngurah Rai, pemukiman, dan Tol Bali Mandala. Kawasan ini dipilih karena diduga tercemar akibat padatnya aktivitas yang berada di sekitar stasiun.

Pengambilan sampel air

Setiap stasiun diambil pada tiga titik yang dipilih secara acak kemudian dikomposit pada satu jerigen dengan volume lima liter. Setiap jerigen sampel diberi label sesuai dengan stasiun. Sampel air untuk pengukuran BOD (*Biological Oxygen Demand*) diambil hingga penuh menggunakan botol plastik berukuran 1,5 Liter yang sudah dilapisi oleh lakban hitam. Sampel air yang sudah didapatkan dimasukkan ke dalam *cooling box*. Pengambilan data pendukung (suhu, *dissolve oxygen* (DO), pH, dan salinitas) dilakukan secara *in situ*.

Analisis sampel air

Analisis BOD₅ dan preparasi air dilakukan di Laboratorium Analitik Universitas Udayana. Analisis BOD₅ dilakukan menggunakan metode titrimetri berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 6989.72:2009, sedangkan preparasi sampel air untuk analisis logam berat dilakukan dengan metode pengenceran 1000 kali menggunakan akuades. Analisis kadar logam berat dilakukan di Laboratorium MIPA Terpadu Universitas Udayana dengan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Analisis data logam berat

Data yang didapatkan dari uji Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dianalisis menggunakan Microsoft Office Excel 2021 dengan cara membuat kurva kalibrasi standar timbal (Pb) dan kadmium (Cd), sehingga didapatkan persamaan $y = ax + b$. Persamaan garis yang didapatkan digunakan untuk mencari nilai (x) sebagai konsentrasi. Nilai (x) yang didapatkan dimasukkan ke dalam rumus:

$$\begin{aligned} \text{Jenis logam berat} &= \frac{x \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right) \times fp \times 100\%}{\left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right)} \\ &= \dots \% \times 10.000 \\ &= \dots \text{ mg/L atau ppm} \end{aligned}$$

Keterangan:

1. Nilai $\left(\frac{mg}{mL}\right)$ didapatkan dari $\left(\frac{Berat}{Volume} \times 1000\right)$
2. Nilai X $\left(\frac{mg}{mL}\right)$ didapatkan dari hasil perhitungan absorbansi menggunakan kurva kalibrasi
3. Volume sampel air 100 mL
4. Fp adalah faktor pengenceran dengan nilai 1

Analisis mutu air

Status mutu air lokasi penelitian diukur dengan dua metode, yaitu indeks pencemaran (IP) analisis STORET. Penilaian menggunakan indeks pencemaran memiliki rentang indeks sebagai berikut:

- (1) $0 \leq IP_i \leq 1,0$ = baik
- (2) $1,0 > IP_i \leq 5,0$ = tercemar ringan
- (3) $5,0 < IP_i \leq 10$ = tercemar sedang
- (4) $IP_i > 10$ = tercemar berat

Penentuan status mutu menggunakan STORET adalah sebagai berikut:

- (1) Kelas A: baik sekali, skor = 0 (memenuhi baku mutu)
- (2) Kelas B: baik, skor = -1 s/d -10 (tercemar ringan)
- (3) Kelas C: sedang, skor = -11 s/d -30 (tercemar sedang)
- (4) Kelas D: buruk, skor = ≥ -31 (tercemar berat)

Penentuan skor mengacu pada baku mutu, jika nilai pengukuran memenuhi baku mutu (hasil pengukuran \leq baku mutu), maka diberi skor 0. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu maka diberi skor:

Tabel 1. Penentuan sistem nilai STORET

Jumlah contoh	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
	Maksimum	-1	-2	-3
< 10	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9

HASIL

Hasil analisis logam berat

Analisis kandungan timbal (Pb) pada air di ketiga stasiun menunjukkan hasil tidak terdeteksi (tt), sedangkan analisis logam berat kadmium (Cd) menunjukkan hasil positif pada air dari Stasiun II dan Stasiun III. Nilai rata-rata dengan standar deviasi (SD) kandungan logam berat pada air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata kandungan Pb dan Cd pada sampel air

Lokasi	Pb±SD (mg/L)	Cd±SD (mg/L)
Stasiun 1	ttd	ttd
Stasiun 2	ttd	0,5797 ± 0,4948
Stasiun 3	ttd	0,3080 ± 0,6218

Keterangan:

1. Keterangan lokasi (Stasiun 1= 8°46'16.04"S, 115°13'1.81"E, stasiun 2= 8°46'22.28"S, 115°10'53.79S"E, stasiun 3= 8°45'8.18"S, 115°11'0.57"E);
2. Ttd= tidak terdeteksi.

Status mutu air

Baku mutu yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan status mutu perairan di kawasan Teluk Benoa adalah Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 untuk biota laut. Hasil pengukuran status mutu menggunakan indeks pencemaran (IP) pada Stasiun II hingga Stasiun III terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Status mutu kualitas air ketiga stasiun menggunakan indeks pencemaran

Parameter	Konsentrasi sampel (Ci)			Baku mutu (Lij)	(Ci/Lij) _{pengukuran}			(Ci/Lij) _{baru}		
	Sta I	Sta II	Sta III		Sta I	Sta II	Sta III	Sta I	Sta II	Sta III
Suhu	30,8	28,2	27,3	Alami	0	0	0	0	0	0
Cd	0	0,5797	0,3080	0,001	0	579,7	308	0	15,316	13,442
Pb	0	0	0	0,008	0	0	0	0	0	0
DO	8	7,9	11,4	>5	0	0	0	0	0	0
BOD ₅	0,6052	1,31	0,504	20	0,0302	0,0655	0,0252	0,0302	0,0655	0,0252
pH	7	7,2	7,3	7-8,5	7,75	7,75	7,75	-1	-0,7333	0,6
Salinitas	33	33	31	Alami		0	0	0	0	0
Nilai IP _j	0,1065	7,2489	6,9619							

Keterangan: (Sta I= 8°46'16.04"S, 115°13'1.81"E, Sta II= 8°46'22.28"S, 115°10'53.79S"E, Sta III= 8°45'8.18"S, 115°11'0.57"E).

Penentuan status mutu air laut di kawasan Teluk Benoa secara keseluruhan dianalisis menggunakan metode STORET terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Status mutu air laut menggunakan metode STORET

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran			Skor
				Maksimum	Minimum	Rata-rata	
FISIKA							
1	Suhu air	°C	Normal	30,8	27,3	29,05	0
KIMIA							
1	Pb	mg/L	0,008	0	0	0	0
2	Cd	mg/L	0,001	0,5797	0	0,2898	-8

3	Do	mg/L	>5	11,4	7,9	9,65	0
4	BOD ₅	mg/L	20	1,31	0,504	0,907	0
5	pH		7,0-8,5	7,3	7	7,15	0
6	Salinitas	‰	Normal	35	31	33	0

PEMBAHASAN

Kandungan timbal (Pb) pada air dari ketiga stasiun menunjukkan hasil tidak terdeteksi (ttd). Hasil ini mengalami penurunan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sudarmawan dkk. (2020), yang mendapatkan hasil positif Pb pada air laut di kawasan Teluk Benoa dengan kadar 0,001-0,053 mg/L. Hasil ini dapat terjadi karena penelitian dilakukan pada bulan April yang merupakan waktu peralihan arah angin dari barat daya ke arah tenggara (Suhery dkk., 2023). Menurut Martini dkk. (2021), kawasan Bali pada bulan April yang masih sangat dipengaruhi oleh angin muson barat yang menyebabkan curah hujan tinggi. Hal tersebut dapat menyebabkan air laut mengalami pengenceran, sehingga konsentrasi logam berat menurun (Azizah dan Maslahat, 2020). Konsentrasi yang rendah ini menyebabkan logam berat Pb tidak dapat dibaca oleh spektrofotometri serapan atom (SSA), karena menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 8910:2021, SSA memiliki batas deteksi 0,05 mg/L untuk logam berat Pb.

Kandungan kadmium (Cd) pada air di Stasiun I menunjukkan hasil tidak terdeteksi (ttd). Hal tersebut dapat terjadi karena kadar kadmium <0,002 mg/L, sehingga tidak dapat terdeteksi oleh SSA. Analisis air pada dua stasiun lainnya didapatkan hasil positif Cd dengan kadar $0,5797 \pm 0,4948$ mg/L pada Stasiun II dan $0,3080 \pm 0,6218$ mg/L pada Stasiun III. Hasil positif pada kedua stasiun menunjukkan adanya peningkatan kadar Cd pada air laut di kawasan Teluk Benoa, berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prasetijo (2021), melaporkan bahwa air laut di kawasan Teluk Benoa tidak terdeteksi mengandung logam Cd. Hasil positif Cd pada air laut Stasiun II dan Stasiun III sudah melebihi baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yaitu 0,001 mg/L. Angka ini jauh melebihi dari hasil penelitian Prasetijo (2021), yang juga dilakukan pada saat musim hujan, yaitu pada bulan Maret.

Tingginya kadar Cd pada air laut dari Stasiun II dan Stasiun III dapat terjadi karena stasiun ini berdekatan dengan hilir Tukad Mati dan hilir Tukad Badung yang sudah dilaporkan tercemar logam berat Cd (Widari dkk., 2019). Padatnya aktivitas kapal kecil (jukung) di Stasiun III dapat menjadi sumber cemaran lainnya, karena limbah dari penggunaan bahan bakar kapal mengandung logam Cd yang dapat mencemari perairan (Rochyatun dkk., 2006). Stasiun II dan Stasiun III memiliki sedimen berjenis pasir yang membuat logam berat lebih banyak terlarut pada kolom air dibandingkan dengan sedimen jenis lumpur seperti pada Stasiun I (Ismarti dkk.,

2015). Sedimen berjenis pasir memiliki kandungan logam berat lebih rendah, karena ukurannya yang besar membuat pasir sulit menyerap logam (Nurhamiddin dan Zam, 2013).

Tujuh buah parameter digunakan untuk menentukan status mutu kualitas air. Berdasarkan Tabel 10, didapatkan nilai IP_j pada stasiun 1 sebesar 0,1065. Nilai ini masuk ke dalam kategori memenuhi baku mutu karena berada dalam rentang $0 \leq IP_i \leq 1,0$. Suhu air dan salinitas pada lokasi satu merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya, hal tersebut karena pengambilan data pada stasiun ini dilakukan pada siang hari. Selain itu, karena pengambilan sampel dilakukan pada daerah pantai, suhu akan lebih tinggi dibandingkan dengan laut lepas karena daratan lebih mudah menyerap panas matahari (Yulistiani dkk., 2021). Nilai BOD yang rendah menandakan tingginya kandungan oksigen yang terlarut di perairan dan menunjukkan tidak adanya indikasi pencemaran bahan organik (Daroini dan Arisandi, 2020).

Stasiun II berada dalam kategori tercemar sedang, dengan nilai IP_j 7,2489. Kandungan kadmium (Cd) pada air di Stasiun II 579,7 kali lebih besar dari standar baku mutu yang sudah ditetapkan. Tingginya kandungan Cd pada air di Stasiun II dikarenakan banyaknya logam berat yang terlarut di kolom air (Ismarti dkk., 2015). Hasil pengukuran suhu yang didapatkan masih tergolong pada suhu alami normal, di mana suhu permukaan laut tropis berkisar antara 20-30°C (Rema dkk., 2019).

Status mutu kualitas air Stasiun III masuk ke dalam kategori tercemar sedang dengan nilai IP_j 6,9619. Kategori tercemar sedang disebabkan oleh konsentrasi Cd yang melebihi dari baku mutu yang ditetapkan. Cemaran Cd pada Stasiun III berasal dari hilir Tukad Mati dan Tukad Badung, serta aktivitas kapal kecil (jukung) yang padat. Parameter lainnya berada dalam kondisi yang baik. Berdasarkan hasil pengamatan status pencemaran air laut di kawasan Teluk Benoa, Stasiun I masuk ke dalam kategori baik atau tidak tercemar, sedangkan Stasiun II dan III masuk ke dalam kategori tercemar sedang. Secara keseluruhan, status mutu air di kawasan Teluk Benoa menggunakan metode STORET didapatkan skor -8 (Tabel 11), masuk ke dalam kelas B dengan kategori tercemar ringan.

SIMPULAN

Air laut pada Stasiun II dan III secara berturut-turut mengandung logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,5797 mg/L dan 0,3080 mg/L dengan status mutu air tercemar sedang, sedangkan air laut dari Stasiun I berada dalam kondisi yang baik. Secara keseluruhan, kawasan Teluk Benoa berada dalam kondisi tercemar ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisa, C. A. G., Albirqi, M. S. dan Faizal, I. 2020. Kandungan Timbal dan Kadmium pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 5(1): 21-26.
- Azizah, M. dan Maslahat. M. 2020. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) di dalam Tubuh Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) dan Air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 28(2): 83-93.
- Daroini, T. A. dan Arisandi, A. 2020. Analisis BOD (*Biological Oxygen Demand*) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil*. 1(4): 558-566.
- Djunaidi, M. C. 2018. Studi Interferensi pada AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. (*Skripsi*). Tidak dipublikasikan.
- Ismarti, S., Amelia, F. dan Ramses. 2015. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Sedimen dan Kerang di Perairan Batam. *Jurnal Dimensi*. 4(3): 1-8.
- Labbaik, M., Restu, IW. dan Pratiwi, M. A. 2018. Status Pencemaran Lingkungan Sungai Badung dan Sungai Mati di Provinsi Bali berdasarkan Bioindikator Phylum Annelida. *Journal of Marine Sciences and Aquatic*. 4(2): 304-315.
- Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Madyawan, D. dan Faiqoh, E. 2016. Indeks Pencemaran Logam Berat Tembaga (Cu), Seng (Zn), dan Kromium (Cr) di Pelabuhan Benoa dan Pulau Serangan. Fakultas Kelautan dan Perikanan. Universitas Udayana. (*workshop*). Tidak dipublikasikan.
- Mardani, N. P. S., Restu, IW. dan Sari, A. H. W. 2018. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Badan Air dan Ikan di Perairan Teluk Benoa. *Current Trends in Aquatic Science*. 1(1): 106-113.
- Martini, N. K., Nuarsa, IW. dan Karang, IW. G. A. 2021. Pengaruh Suhu Permukaan Laut (SPL) terhadap Curah Hujan di Perairan menggunakan Data Citra Satelit. *Journal of Marine Research and Technology*. 4(2): 1-7.
- Masykur, HZ., Amin, B., Jasril. dan Siregar, S. H. 2018. Analisis Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode STORET sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus: Dua Aliran Sungai di Kecamatan Tembilihan Hulu, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau). *Dinamika Lingkungan Indonesia*. 5(2): 84-96.
- Nurhamiddin, F. dan Zam, Z. Z. 2013. Distribusi Konsentrasi Logam Berat (Cu dan Cd) pada Sedimen Sungai menggunakan Teknik *Diffusive Gradient in Thin Film*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 14(2): 107-114.
- Nurhidayati., Didik, L. A. dan Zohdi, A. 2021. Identifikasi Pencemaran Logam Berat di Sekitar Pelabuhan Lembar Menggunakan Analisa Parameter Fisika. *Jurnal Fisika Flux*. 18(2): 139-148.
- Prasetijo, R. 2021. Eksposisi Kualitas Air Laut pada Perairan Teluk Benoa. *Jurnal Kesehatan Terpadu*. 5(1): 6-13.
- Putra, K. G. D. 2016. Studi Pelaksanaan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup di Pelabuhan Benoa Bali Periode Semester II Tahun 2016. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat: Universitas Udayana.
- Rema, D. N., Kurniawan. dan Umroh. 2019. Analisis Pencemaran Perairan Pesisir Bedukang, Desa Deniang, Kabupaten Bangka. *Journal of Tropical Marine Science*. 2(1): 1-10.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M. T. dan Rozak, A. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara Sains*. 10(1): 35- 40.
- Suardana, K., Putra, IG. P. A. dan Kardinal, N. G. A. D. A. 2020. Evaluasi Implementasi Tata Guna Lahan Berkelanjutan di Wilayah Pesisir Teluk Benoa, Bali. *Jurnal Riset Planologi*. 1(1): 14-25.
- Sudarmawan, A. R., Suteja, Y. dan Widiastuti. 2020. Logam Berat Timbal (Pb) pada Air dan

- Plankton di Teluk Benoa, Badung, Bali. *Journal of Marine Aquatic Sciences*. 6(1): 133-139.
- Suhery N., Jaya, M. M., Khikmawati, L. T., Sarasati, W., Tanjov, Y. E., Larassati, R. F., Azis, M. A., Purwanto, A., Sari, I. P., Mainnah, M. dan Satyawan, N. M. 2023. Keterkaitan Musim Hujan dan Musim Angin dengan Musim Penangkapan Ikan Lemuru yang Berbasis di PPN Pengambengan. *Marine Fisheries*. 14(1): 79-90.
- Tajem, M. D. A. dan Saribulan, N. 2019. Konflik Kepentingan dalam Kebijakan Reklamasi Kawasan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Jurnal Kebijakan Pemerintah*. 2(2): 127-145.
- Warni, D., Karina, S. dan Nurfadillah, N. 2017. Analisis Logam Pb, Mn, Cu, dan Cd pada Sedimen di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 2(2): 246-253.
- Widari, N. K. D. S., Suprihatin, I. dan Siaka, IM. 2019. Kandungan Logam Berat Total Pb dan Cd dalam Sedimen dan Buah Pedada (*Sonneratia alba*) di Muara Sungai Badung. *Jurnal Kimia*. 13(1): 40-43.
- Yulistiani, U., Asmadin. dan Ira. 2021. Distribusi Suhu dan Salinitas Permukaan di Perairan Ranooha Raya Kecamatan Moramo Sulawesi Tenggara. *Sapa Laut*. 6(4): 289-295.