



JURNAL SERAMBI ENGINEERING



**Fakultas Teknik
Universitas Serambi Mekkah
Banda Aceh**

Volume VII, No. 3, Juli 2022

p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

ISSN cetak : 2528-3561

ISSN Online : 2541-1934

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Dr. Irhamni, S.T, M.T

Editor in Chief

Dr. Muhammad Nizar, S.T, M.T

Scopus ID: 57205324069

Editor

Dr. Ir. Suhendrayatna, M. Eng

Prof. Dr. Abrar Muslim

Dr. Yonik Meilawati Yustiani

Fahir Hassan ST, MT

Erry Ika Rhofita, M.P

Vera Viena, ST,MT

Ir. Dewi Mulyati, MT

Zulfan, ST,MT

Dr. Saiful Adhar, S.Si,M.P

Mitra Bestari

1. Dr. Ir. Suhendrayatna, M. Eng, – Universitas Syiah Kuala
2. Prof. Dr. Mahidin, ST, MT, – Universitas Syiah Kuala
3. Vera Surtia Bactiar, ST, M.Sc, Ph.D – Universitas Andalas
4. Dr. Eko Prasetyo Kuncoro, ST., DEA – Universitas Airlangga
5. Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, ST., MT – Universitas Hasanuddin
6. I Made Indradjaja, ST, MT, MURP, Ph.D – Sekolah Tinggi Teknik PLN
7. Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., MT - Universitas Jember
8. Dr. Delvian, SP,M.P – Universitas Sumatera Utara
9. Erdiwansyah, ST,MT – Universitas Serambi Mekkah
10. Dr.techn. Christia Meidiana, ST. M.Eng – Universitas Brawijaya
11. Dr. Hesti Meilina, ST,M.Si – Universitas Syiah Kuala
12. Dr. Irhamni, ST,MT – Universitas Serambi Mekkah
13. Vivi Mardina, S.Si, M.Sc – Universitas Samudra
14. Dr. Ir. Yenni Ciawi – Universitas Udayana
15. Anwar Ilmar Ramadhan, ST, MT – Universitas Muhammadiyah Jakarta
16. Yeggi Darnas, ST, MT – Universitas Islam Negeri Arraniry

Desain Cover

Muhammad Farrel Athallah

Pengelola Website

Munawir, S.T, M.T

Alamat Redaksi & Distribusi

Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh

Jalan Tgk. Imum Lueng Bata Telp. (0651) 26160 dan (0651) 22471 Fax. 22471 Banda Aceh

email: serambiengineering@serambimekkah.ac.id

Website: <http://ojs.serambimekkah.ac.id/index.php/jse>

Jurnal Serambi Engineering diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh. Jurnal ini sebagai media publikasi hasil penelitian dibidang rekayasa, teknologi dan sains baik yang dilakukan oleh para dosen dari Fakultas Teknik, khususnya dari Universitas Serambi Mekkah maupun dari pihak lain. Penelitian yang dipublikasikan dapat berupa penelitian lapangan maupun laboratorium serta kajian literatur.

Jurnal terbit empat kali setahun yaitu Januari, April, Juli dan Oktober. Redaksi menerima naskah yang belum pernah diterbitkan oleh jurnal lain dari dosen, peneliti, mahasiswa maupun praktisi dengan ketentuan penulisan seperti tercantum pada halaman belakang (petunjuk untuk penulis). Naskah yang masuk akan dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format, istilah dan tata cara lainnya.

DAFTAR ISI

1. Life Cycle Assessment, Is it Beneficial for Environmental Sustainability?
A Literature Review
Bayu Kusuma Adi, Tri Joko, Onny Setiani 3243 - 3251
2. *Constructed Wetland Tipe Horizontal Subsurface Flow* Menggunakan
Rumput Odot untuk Pengolahan Efluen IPAL Tahu
Irene AA Suwandhi, Novirina Hendrasarie, Dewi Rahyuni 3252 - 3261
3. Penilaian Kontraktor di Palangka Raya Tentang Penerapan *Building Information
Modelling* pada Proyek Konstruksi
Apriani, Subrata Aditama K.A.Uda, Waluyo Nuswantoro 3262 - 3270
4. Identifikasi Penanganan Waste Material berdasarkan Pandangan Kontraktor dan
Konsultan di Kota Palangka Raya
Poppy Olga Lestari, Subrata Aditama K.A. Uda, Waluyo Nuswantoro 3271 - 3277
5. *Study of Ethnopharmaceutical Plants with Anti-Inflammatory Properties in
Loa Lepu Village, Kutai Kartanegara*
Siti Sulayha, Paula Mariana Kustiawan 3278 – 3284
6. *Environmental Quality Factors with The Incidence of Pulmonary Tuberculosis:
A Literature Review*
Hanung Nurany, Mursid Raharjo, Mateus Sakundarno Adi 3285 - 3292
7. Penelusuran dan Distribusi Polutan Logam Berat Merkuri dan Kadmium pada
Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar
Kristian Renden Maduan, Ismail Marzuki 3293 - 3302
8. Analisis Penyebab Kerusakan Head Truck-B44 Menggunakan Metode FMEA dan
FTA (Studi Kasus : PT. Bima, Site Pelabuhan Berlian)
Bimby Khrisdamara, Deny Andesta 3303 - 3313
9. Evaluasi Inspeksi Alat Pemadam Api Ringan Menggunakan Pendekatan *Job
Safety Analysis*
Yusufatama Widjaya, Nina Aini Mahbubah..... 3314 - 3320
10. Analisis Faktor-Faktor Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi di Masa Pandemi
Covid-19 pada Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya
Nomensen Roynaldo Sitompul, Waluyo Nuswantoro, Veronika Happy Puspasari3321 – 3330
11. Pengukuran Produktivitas pada Produk Plastik untuk Meningkatkan Daya Saing
Suhartini, Mochammad Basjir 3331 - 3337
12. Emisi Polutan Konvensional dari Aktivitas di Alur Pelayaran Pelabuhan Dili
*Marcal de Araujo Pereira Babo Martins, Haryono Setiyo Huboyo,
Budi Prasetyo Samadikun*3338 – 3344
13. Rancangan Persediaan Bahan Baku Produk Engsel untuk Mengefisiensikan Biaya
Proses Produksi
Mochammad Basjir, Suhartini3345 – 3352

14. Pengukuran Produktivitas dengan Menggunakan Metode *Objective Matrix* pada Proses Produksi UD. Kopi Teungku Aceh
Edy Fradinata, Bella Marsella, Nur Izzaty.....3353 – 3364
15. Analisis Efektivitas Mesin Welding di PT XYZ dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness*
Delia Febriyanti, Wahyudin, Novi Yanti 3365 - 3374
16. Proses Pembuatan Nanomaterial Elektroda Baterai Lithium dari Pasir Besi Alami Magnetik Fe₃O₄ Didoping PVDF
Maulinda, T. Muhammad Zulfikar, Saisa..... 3375 - 3381
17. Intervensi *Lean Service* PT Pertamina Fuel Terminal Meulaboh Menggunakan Metode *Big Picture Mapping* Untuk Identifikasi Pemborosan
Teuku Ilhamullah1, Fitriadi 3382 - 3387
18. Analisis Aktivitas Bongkar Muat Kapal Untuk Eliminasi Pemborosan di PT. Pelayaran Timur Asri Laut
Faisal Rizky Syahputra, Dzakiyah Widyaningrum, Hidayat 3388 - 3396
19. Analisis Keandalan pada Operator Grinding Menggunakan Metode *Cognitive Reliability and Error Analysis* di PT Ravana Jaya
Siti Nur Hasanah, Moch. Nuruddin3397 – 3405
20. Pengaruh Biodiesel Terhadap Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Aplikasi APPLE-GATRIK (Studi Kasus PLTD Talaga Sulawesi Tenggara)
Bintang Dewan Tomo, I Made Indradjaja M Brunner 3406 - 3413
21. Analisis Penyebab Low Level Raw Water Menggunakan 5 – *Why Analysis* dan *Fishbone* di WTP PT. PLN UPK Nagan Raya
Irhamni, T.M. Azis Pandria..... 3414 - 3420
22. Pemanfaatan Tumbuhan Obat oleh Battra pada Tiga Dusun di sekitar Hutan Tembawang Desa Sotok Kabupaten Sanggau
Irvan Gunawan, Yanieta Arbiastutie, Fathul Yusro, Yeni Mariani..... 3421 - 3431
23. Faktor Penentu Pemilihan Lokasi Pembangunan Perumahan di Kota Palangka Raya
Lahsa Adzani Virginia Eddra Nasution, Waluyo Nuswantoro, Dewantoro3432 – 3438
24. Penentuan Komponen Kritis Mesin pada Stasiun Press Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* di PT. Surya Panen Subur 2
Muliana, Rita Hartati.....3439 – 3445
25. *Performance Analysis Engine* Caterpillar Model C27 Pasca Rekondisi dengan Pengujian Dynotest
Abdul Halim, Eko Saputro, Mangkona, Yudi Sukmono, Muh. Anhar, Adriansyah3446 – 3453
26. Analisis Rembesan Terhadap Bahaya Piping pada Bendungan Way Sekampung
Rio Aditomo M. Putra, Andius D. Putra, Endro P. Wahono3454 – 3465
27. Evaluasi Kualitas Pelayanan Pelanggan Pada Rumah Makan Barokah dengan Metode SERVQUAL dan *Index Potential Gain Customer Value*
Chusnul Khotimah, Deny Andesta..... 3466 – 3472

28. Analisis Risiko pada Area *Rotary Kiln* di PT Gresik Mitra Teknik Guna Pencegahan Kecelakaan Kerja
Reynaldi Ahmad Faizin, Moch. Nuruddin 3473 – 3480
29. Pengendalian Persediaan Bahan Baku Singkong dengan Metode EOQ (Studi kasus di UMKM Kuncoro Gresik)
Ahmad Fian Mahendra, Moh Jufriyanto, Akhmad Wasiur Rizqi 3481 – 3487
30. Pengetahuan Lokal Tumbuhan Obat oleh Pengobat Tradisional di Desa Antan Rayan Kabupaten Landak Kalimantan Barat
Marlina N Pakpahan, Yanieta Arbiastutie, Yeni Mariani, Fathul Yusro 3488 – 3498
31. Identifikasi Tingkat Pengurangan Timbulan Sampah di Apartemen melalui Program *Green Waste*
Elsa Try Julita Sembiring, I Made Indradjaja M Brunner, Angelica..... 3499 – 3507
32. Upaya Pengelolaan Abu Hasil Pengolahan Limbah Medis dengan Stabilisasi/Solidifikasi di Indonesia: Sebuah Review
Andina Ilma Darmawan, Mega Mutiara Sari, I Wayan Koko Suryawan 3508 – 3515
33. Penurunan Kadar Mikroplastik Tipe Serat pada Limbah Laundry dengan Metode Elektrokoagulasi
Putri Nur Rizkia, Novirina Hendrasarie 3516 – 3524
34. Analisis Kepuasan Pelanggan terhadap Kualitas Pelayanan dengan Metode *Servqual*, *Customer Satisfaction Index* dan *Importance Performance Analysis* pada Yasse Barbershop
Muhammad Nu'man Fathoni, Mohammad Jufriyanto 3525 – 3533
35. Analisis Manajemen Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pengelolaan Limbah di PT. Socfindo dengan Metode HIRARC
Ranggi Pramvisi, T.M Azis Pandria 3534 – 3539
36. *Understanding the Management of Nanomaterials Safety in Research Environment*
Wedad H. Al-Dahhan, Khalid Zainulabdeen, Atheel Alwash, Emad Yousif, Salam Mohammed 3540 – 3545
37. Dataset Kata Jawi untuk Sistem Pengenalan Tulisan Tangan Jawi Kuno
Baihaqi, Fitri Arnia, Rusdha Muharar 3546 – 3554
38. Rancangan Alat untuk Efektivitas Pengisian Antiscale di PT. PJB Gresik Berdasarkan Analisis Postur Kerja Menggunakan Metode *Rapid Entire Body Assessment*
Muhammad Iqbal Ash Shidiq, Deny Andesta, Yanuar Pandu Negoro 3555 – 3565
39. Analisis Studi Kelayakan Proyek Terhadap Aspek Finansial Perumahan di Kota Palangka Raya
Eddy Surya Risky Fajary, Subrata Aditama K.A. Uda, Dewantoro 3566 – 3572
40. Penerapan Konsep 3R dan Optimasi Rute Pengangkutan Sampah dengan Metode *Saving Matrix* di Kecamatan Purwakarta Provinsi Jawa Barat
Zulfikar Kharis, Eka Wardhani, Dwi Prasetyanto..... 3573 – 3582
41. *The Study of Waste Management and Its Usefulness in the Old City Area, Jakarta*
Pramiati Purwaningrum, Dwi Indrawati, Tasya Oemar, Grace Celine Simatupang ... 3583 – 3588

42. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Hujan di Kawasan Pabrik Sepatu Kecamatan Lebaksiu Kabupaten Tegal
Eka Wardhani, Hanif Khudzaiifah Hapsa 3589 – 3596
43. Analisa Dampak Lingkungan Terhadap Budidaya Tebu dengan *Life Cycle Assesment* Menggunakan OpenLCA 1.10.3 (Studi Kasus : Pabrik Gula Madukismo, Yogyakarta)
Elvis Umbu Lolo, Widiyanto, Richardus Indra Gunawan, Yonathan Suryo Pambudi, Alfred Dedu Ngalung 3597 - 3608
44. Pengaruh Perbandingan Komposisi Antara Limbah Baglog dengan Kotoran Sapi Menggunakan EM-4
Paramita Dwi Sukmawati, Angge Dhevi Warisaura 3609 – 3616
45. Penilaian Kualitas Air Menggunakan Indeks Makroinvertebrata FBI dan Biotilik di Sungai Buntung Sidoarjo
Safira Anastasia, Ida Munfarida, Dedy Suprayogi 3617 – 3623
46. Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Berdasarkan Hasil Uji CPT (Studi Kasus Kawasan Pesisir Pantai Pulau Zum-zum)
Fitro Darwis, Elfira Resti Mulya, Sofyan Djafar 3624 – 3632
47. Akumulasi Logam Berat pada Tanaman Pepaya (*Carica papaya*) Akibat Penggunaan Air Limbah Rumah Sakit sebagai Media Tumbuh
Suhendrayatna, Elviani, Elvitriana 3633 – 3638
48. Manajemen Pemeliharaan dan Risiko Infestasi Nematoda Gastrointestinal pada Sapi di Wilayah Berbeda
Zulfikar, Sayed Umar, T. Reza Farasyi, Ma'ruf Tafsin 3639 – 3645
49. Analisis Kualitas Produk Minyak Goreng Kemasan *Standing Pouch* Menggunakan Metode FMEA pada PT. KIAS
Muhammad Ramadhan Fernandi, Akhmad Wasiur Risqi, Yanuar Pandu Negoro 3646 – 3657
50. Analisis Pengaruh Lapisan Sapolite pada Timbunan di Atas Tanah Lunak Menggunakan Metode Numerik (PLAXIS 2D)
Yuki Achmad Yakin, Desti Santi Pratiwi, Arinal Ghalibaldi Gazali 3658 – 3666
51. Pola Angin Laut di Kawasan Pantai TPI Desa Bulurejo Kabupaten Lumajang dengan Metode *Windrose*
George Winaktu, Ita Suhermin Ingsih 3667 – 3673
52. Upaya Perbaikan Kualitas pada Proses Pengemasan Kedelai di PT Sari Agrotama Persada Gresik Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis*
Muhammad Firman Afandi, Deny Andesta, Yanuar Pandu Negoro 3674 - 3684

Penelusuran dan Distribusi Polutan Logam Berat Merkuri dan Kadmium pada Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar

Kristian Renden Maduan¹, Ismail Marzuki^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Universitas Fajar, Jl. Prof. Dr. Abdurrahman Basalamah No. 101, Makassar, Sulawesi Selatan, K.Pos 90231, Indonesia, (0411)447508

*Koresponden email:ismailmz@unifa.ac.id

Diterima: 16 Mei 2022

Disetujui: 31 Mei 2022

Abstract

Factors of beauty, comfort and safety of marine tourism destinations cannot be used as a measure to obtain satisfaction. The quality of the environment and ecosystem of marine tourism areas that are free from harmful pollutants is an important factor to ensure the achievement of health and safety from exposure to harmful and toxic pollutants for every visitor. The purpose of this research is to trace and distribute mercury and cadmium pollutants in Makassar City KWB. Determination of pollutant concentrations Hg^{2+} and Cd^{2+} using SSA. Samples were obtained by incidental sampling method at 5 points each on Samalona Island and Kodingareng Keke. The results of the analysis showed that the average pollutant concentration in seawater samples from Samalona Island was ± 1.0910 mg/L for Hg^{2+} , and ± 0.8893 mg/L for Cd^{2+} , while on Kodingareng Keke Island it was ± 0.9347 mg/L and ± 0.3870 mg/L. Concentrations of heavy metal pollutants Hg^{2+} and Cd^{2+} in sediment samples from Samalona Island were ± 1.3646 mg/L and ± 1.9056 mg/L, respectively, while the same samples in Kodingareng Keke Island were ± 0.8981 mg/L and ± 0.6562 mg/L. The concentrations of these two types of pollutants in seawater and sediment samples exceeded the standard MTV of seawater quality. Sources of heavy metal contaminants Hg^{2+} and Cd^{2+} in the waters of the two islands of Makassar City KWB are thought to originate from the geological activities of the seabed, industrial operations, hotels and hospitals as well as household activities around the two islands.

Keywords: *pollutants, heavy metals, cadmium, mercury, marine tourism*

Abstrak

Faktor keindahan, kenyamanan dan keamanan destinasi wisata bahari tidak dapat dijadikan ukuran untuk memperoleh kepuasan. Kualitas lingkungan dan ekosistem area wisata bahari yang bebas dari polutan berbahaya adalah faktor penting untuk menjamin tercapainya kesehatan dan keamanan dari paparan polutan berbahaya dan beracun setiap pengunjung. Tujuan dari riset ini adalah melakukan penelusuran dan distribusi polutan merkuri dan kadmium pada KWB Kota Makassar. Penentuan konsentrasi polutan Hg^{2+} dan Cd^{2+} menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sampel diperoleh dengan metode insidental sampling pada 5 titik masing-masing di Pulau Samalona dan Kodingareng Keke. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi rata-rata polutan pada sampel air laut Pulau Samalona $\pm 1,0910$ mg/L untuk Hg^{2+} , dan $\pm 0,8893$ mg/L untuk Cd^{2+} , sedangkan pada Pulau Kodingareng Keke $\pm 0,9347$ mg/L dan $\pm 0,3870$ mg/L. Konsentrasi polutan logam berat Hg^{2+} dan Cd^{2+} sampel sedimen Pulau Samalona berturut-turut $\pm 1,3646$ mg/L dan $\pm 1,9056$ mg/L, sedangkan sampel yang sama pada Pulau Kodingareng Keke, yakni $\pm 0,8981$ mg/L dan $\pm 0,6562$ mg/L. Konsentrasi kedua jenis polutan tersebut pada sampel air laut dan sedimen melampaui NAB baku mutu air laut. Sumber kontaminan logam berat Hg^{2+} dan Cd^{2+} pada perairan kedua pulau KWB Kota Makassar diduga berasal dari aktivitas geologi dasar laut, operasi industri, hotel dan rumah sakit serta aktivitas rumah tangga di sekitar kedua pulau tersebut.

Kata kunci: *polutan, logam berat, kadmium, merkuri, wisata bahari*

1. Pendahuluan

Wisata bahari dewasa ini mengalami pertumbuhan dan perkembangan pesat, mengikuti tren kebutuhan dan permintaan masyarakat global. Destinasi wisata bahari dengan mengeksplorasi keindahan dari keanekaragaman hayati bawah laut [1]. Sajian kuliner, penataan view permukaan dan keindahan di ufuk barat terbenamnya matahari adalah menu favorit para pengelola destinasi wisata bahari untuk memanjakan setiap pengunjung [2]. Kondisi tersebut tentunya tidak salah dan sah saja untuk dilakukan, namun yang tak kalah pentingnya dan harus menjadi perhatian semua pihak dalam pengelolaan destinasi wisata bahari adalah data dan informasi terkait dengan faktor kualitas perairan area wisata bahari yang harus bebas dari kontaminan dan segala jenis polutan berbahaya dan beracun [3][4]. Setiap pengelola

destinasi wisata bahari tidak boleh abai terkait dengan potensi dan keberadaan polutan berbahaya dan beracun tersebut. Keberadaan polutan tren global dewasa ini pada ekosistem laut sangat rentan terjadi [5].

Pengelola destinasi wisata bahari harus memberikan proteksi dan menciptakan rasa aman pada setiap pengunjungnya, bukan hanya jaminan keselamatan fisik terhadap wisatawan selama dalam area kawasan wisata, akan tetapi sangat penting jaminan kesehatan dan keselamatan mereka baik pada saat kunjungan berlangsung maupun pasca wisata dilakukan [6][7]. Hal ini penting karena salah satu sifat polutan, khususnya logam berat merupakan material beracun yang kasat mata, artinya tidak dapat dilihat secara langsung. Keberadaan polutan logam berat hanya dapat diketahui dengan melakukan analisis khusus menggunakan instrumen yang sesuai dan harus dilakukan oleh mereka yang memiliki kompetensi khusus untuk analisis polutan tersebut [8][9].

Jenis-jenis polutan tren global diantaranya: mikroplastik, komponen hidrokarbon polisiklik aromatik, logam berat, limbah medis dan residu pestisida, bahkan ada yang memasukkan polusi radiasi nuklir dan elektromagnetik sebagai material polutan [2][10]. Polutan ini berpotensi menimbulkan efek berantai bukan hanya terhadap lingkungan dan kesehatan makhluk hidup termasuk manusia, akan tetapi dapat menimbulkan masalah global seperti memicu terjadinya perubahan iklim, pemanasan global dan efek jangka panjang adalah kekuatiran munculnya makhluk aneh yang memiliki toleransi pada jenis polutan tersebut [11]. Kestabilan dan sustainabilitas lingkungan sangat penting dipertahankan pada fungsi yang mendukung pada kehidupan masa datang yang lebih baik. Keseimbangan ekosistem laut adalah bagian yang memberi pengaruh pada kestabilan dan keberlanjutan lingkungan secara umum [12].

Keberadaan polutan logam berat pada area lingkungan laut memberi efek negatif pada kelangsungan kehidupan biota laut, sehingga keseimbangan ekosistem perairan dan area lingkungan yang lebih luas dapat terganggu [13]. Sifat toksik polutan logam berat berbahaya bagi kehidupan biota laut, karena dapat mengganggu sistem metabolisme biota terutama ikan [14]. Polutan logam berat tidak terurai dan membentuk akumulasi dalam objek yang mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Beberapa jenis polutan logam berat yang keberadaannya sering ditemukan dalam lingkungan laut diantaranya: Timbal (Pb), Arsen (As), Merkuri (Hg), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Nikel (Ni), Mangan (Mn), Zink (Zn), Perak (Ag), Tembaga (Cu), zat besi (Fe), Kobal (Co) dan logam berat lainnya [15][16][17].

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan analisis polutan jenis Pb, As, Cd dan Cu pada perairan laut sekitar Kawasan Wisata Bahari (KWB) Kota Makassar, khususnya pada pulau Samalona, Barrang Caddi, Barrang Lompo, Langkay dan pulau Kodingareng Keke. Agar data dan informasi tentang polutan logam berat area destinasi wisata bahari tersebut lebih lengkap, maka dilakukan penelusuran polutan logam berat jenis lainnya (Kromium dan Merkuri) di lokasi yang sama [18].

Penyajian data dan informasi tentang cemaran logam berat pada area destinasi wisata bahari, bukan hanya untuk tujuan proteksi agar memperoleh legitimasi bebas polutan, tetapi juga bertujuan sebagai data yang dapat dirujuk untuk menerbitkan suatu regulasi dalam pengelolaan destinasi wisata bahari dan juga untuk menjalankan suatu tindakan tertentu, agar operasional wisata bahari tidak menjadi salah satu pemicu meningkatnya konsentrasi polutan pada area tersebut [1][19]. Tindakan preventif pengelola untuk mencegah meningkatnya konsentrasi polutan berbahaya, misalnya dengan memberikan edukasi peduli lingkungan terhadap setiap pengunjung dengan cara peduli sampah, karena sampah diperkirakan sebagai salah satu sumber yang memicu timbulnya polutan toksik dan mungkin karsinogenik [20]. Penciptaan game atau model permainan tertentu yang dapat menggugah mindset wisatawan untuk peduli dan cinta ekosistem laut serta lingkungan dengan tidak melakukan tindakan-tindakan tidak etik seperti membuang sampah kemasan makanan dan minuman langsung ke lingkungan [21].

Tindakan fisik yang dinilai dapat menjaga keseimbangan dan menstabilkan kualitas ekosistem lingkungan laut (perairan KWB) misalnya dengan program dan gerakan menanam tumbuhan yang memiliki fungsi ganda, selain sebagai fungsi biofilter terhadap polutan juga memiliki fungsi penyediaan nutrisi atau sumber makanan yang dibutuhkan oleh biota laut terutama kepiting dan udang [11]. Tanaman dimaksud, misalnya dengan menanam mangrove di sekeliling bibir pantai kedua pulau tersebut (Samalona dan Kodingareng Keke) [22]. Pohon mangrove yang rindang di area KWB, juga dipandang dapat memunculkan view alami baru pada kawasan tersebut, sehingga dapat menambah daya Tarik para wisatawan untuk berkunjung ke destinasi tersebut [7][11].

Model dan metode pengelolaan destinasi wisata seperti ini yang sangat diharapkan dan dianjurkan oleh masyarakat secara umum dan pemerintah. Pengelolaan area wisata bahari seperti ini bukan hanya dapat menambah keindahan dan daya tarik destinasi wisata, akan tetapi model seperti ini merupakan bagian dari tindakan dan usaha untuk menciptakan ekosistem laut tetap berkualitas dan memiliki power sustainabilitas jangka panjang [23][24]. Jika model dan metode seperti ini dapat dilakukan oleh setiap pengelola destinasi wisata laut, maka kekuatiran kerusakan lingkungan dan ekosistem laut atas kehadiran dan operasional KWB

dapat di atasi, dan bahkan sebaliknya secara tidak langsung pengelola destinasi wisata telah berperan serta menciptakan lingkungan dan ekosistem laut yang berkelanjutan [25].

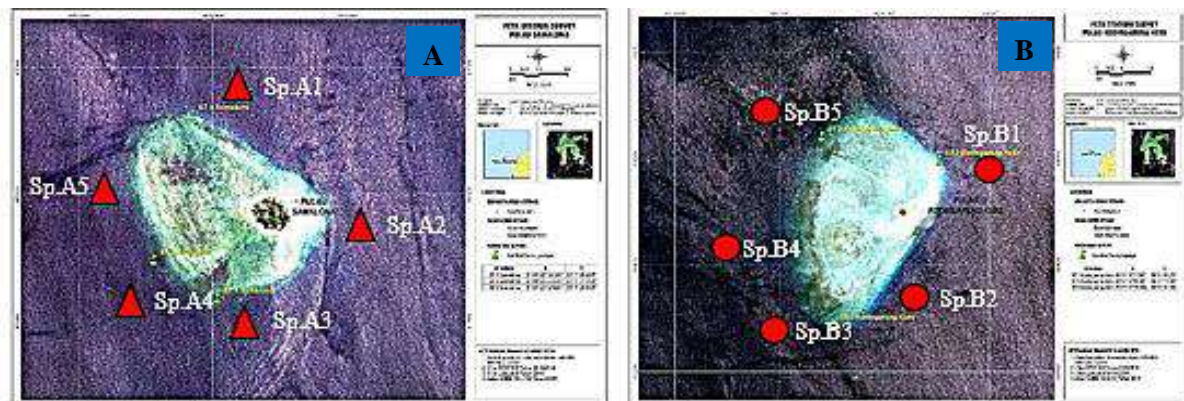
2. Metode Penelitian

Material dan Peralatan

Bahan yang digunakan diantaranya sampel air laut, sampel sedimen, masing-masing diperoleh dari kedua pulau, yakni Pulau Samalona dan Kodingareng Keke, Aquadest, HNO_3 pekat pa, HCl pekat pa, NaOH 1 N, pa, H_2SO_4 pa, larutan standar Cd^{2+} , larutan standar Hg^{2+} , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ pa, KCN , HgCl_2 pa, asam tartarat 5%, Na_2CO_3 7,5%, KMnO_4 5,0%, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, 5,0%, SnCl 10,0%, es batu dan aquades, Tissue, aluminium foil, kertas saring whatman 42. Peralatan diantaranya seperangkat alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merek Varian tipe AA240FS, seperangkat alat *Portable Water Quality AZ 8361*, *hollow cathode lamp* Hg^{2+} , *hollow cathode lamp* Cd^{2+} seperangkat alat tulis, cawan porselin, hot plate, seperangkat peralatan gelas berbagai ukuran, mortar, pipet ukur 20 ml dan 10 mL, vial 100 ml, tanur, *Van Dorn Water Sampler*, botol sampel *Polyethylene*, *Thermo Scientific Genesys 20*, Timbangan digital analitik (mettler, tipe AE 200), GPS merk Garmin, *pH Meter Merk Orion Research inc*, penyaring vakum, kamera digital Merk SONY dan turbidimeter [2][22][26].

Metode Sampling

Sampel air laut dan sedimen diperoleh dari kedua pulau (Samalona dan Kodingareng Keke). Masing-masing ada 10 sampel air laut dan sedimen seluruhnya diperoleh pada titik berbeda, masing-masing 5 titik sampling air laut dan sedimen di setiap pulau. Kode sampel di Pulau Samalona dengan kode: Sp.A1, Sp.A2,...-Sp.A5 (**Gambar 1A**) dan 5 titik sampling pada Pulau Kodingareng Keke, kode sampel: Sp.B1, Sp.B2, ...Sp.B5 (**Gambar 1B**) [26]. Teknik sampling secara insidental, sampel yang diperoleh dimasukkan ke plastik sampel, disimpan dalam cool box, di masukkan ke laboratorium, kemudian dilakukan analisis di laboratorium. Selama dalam pengambilan sampel air laut dan sedimen, juga dilakukan pengukuran dan observasi beberapa parameter fisika berupa titik koordinat, pH, temperatur, salinitas, daya hantar listrik, dan jumlah padatan terlarut (**Tabel 1**) [17][27].



Gambar 1. Peta lokasi sampling air laut dan sedimen pada 5 titik berbeda di setiap pulau.

(A) Pulau Samalona dan (B) Pulau Kodingareng Keke

Sumber: Data penelitian (2022)

Prosedur

Preparasi sampel air laut dilakukan dengan prosedur disaring, kemudian dipanaskan hingga mendidih selama 30 menit, hingga diperoleh volume 30 % dari volume awal. Dipipet 50 mL, kemudian ditambah ± 5 mL HNO_3 pekat secara hati-hati, lalu dipanaskan sampai volume ± 25 ml. Dinginkan, lalu saring dalam labu takar 50 ml dengan kertas saring whatman 42 bebas logam, ukur pH pada kisaran 2-3 dengan penambahan HCl atau NaOH tetes per tetes, selanjutnya impitkan dengan aquades sampai tanda batas, selanjutnya sampel siap dianalisis dengan SSA [28]. Preparasi sampel sedimen, diawali dengan sampel sidemen dibersihkan, lalu dikeringkan dengan cara dijemur. Sampel di destruksi dalam tanur, selanjutnya di gerus hingga halus, ditimbang ± 5 g dan ditambahkan ± 5 mL HNO_3 pekat, lalu di tambahkan ± 25 mL aquades, disaring. Filtrat di ambil dan pH di setting pada kisaran $\pm 3,0$ menggunakan HCl dan NaOH yang dilakukan di atas pengaduk magnetic stirrer. Selanjutnya sampel siap di analisis dengan SSA [29][30]. Prosedur ini dilakukan satu demi satu dan perlakuan sama untuk setiap sampel.

Pengukuran, dan Analisis data

Masing-masing dibuat larutan standar untuk logam Hg^{2+} dan Cd^{2+} . Dibuat larutan standar Cd^{2+} , 10 ppm sebanyak 0,5 ml dipipet dari larutan induk 1000 ppm dimasukkan dalam labu takar 50 ml dan diimpitkan volumenya dengan aquades, dari larutan tersebut dipipet sebanyak 0,5 ml, 0,1 ml, 1,5 ml, 2,5 ml, dan 5 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml lalu dicukupkan dengan air suling hingga batas yang diperoleh dengan konsentrasi 0,1 ppm, 0,2 ppm, 0,3 ppm, 0,5 ppm dan 1 ppm. Prosedur yang sama untuk larutan standar Hg^{2+} . Setiap deret larutan standar diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan SSA pada panjang gelombang maksimum untuk Cd^{2+} adalah 228,8 nm, sedangkan panjang gelombang maksimum untuk Hg^{2+} yakni 253,7 nm. Penentuan kandungan polutan Cd^{2+} dalam sedimen dan air laut menggunakan metode sesuai SNI 6989.16:2009, sedangkan untuk polutan Hg^{2+} menggunakan metode sesuai SNI 6989.78:2011 [1][2][31].

Mengukur absorbansi larutan dengan SSA pada panjang gelombang maksimum menggunakan *hollow cathode lamp* sesuai dengan logam yang akan ditetapkan dalam satuan nm. Nilai absorbansi yang dicapai ada pada rentang nilai kurva kalibrasi larutan baku sehingga konsentrasi polutan logam berat pada sampel air laut dan sedimen bisa dihitung dengan persamaan regresi, kadar dihitung dari konsentrasi tersebut. Data pembuatan kurva standar memiliki hubungan antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A) maka nilai yang dapat diketahui adalah nilai slope dan intersep, kemudian nilai konsentrasi sampel dapat diketahui dengan memasukkan ke dalam persamaan regresi linier dengan sesuai hukum Lambert Beer [32], yaitu:

$$y = bx + a \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: y = absorbansi; x = konsentrasi; a = slope; b = intersep

$$\text{Kadar } \mu\frac{g}{g} = \frac{X \times V}{w} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: X = kadar sampel (mg/L) untuk air laut dan ($\mu\text{g/g}$) untuk sedimen yang diperoleh dari hasil pembacaan SSA; V = volume akhir larutan contoh yang disiapkan (L); W= berat sampel kering (g).

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik titik sampling air laut dan sedimen penting diketahui sebagai observasi dan data awal yang berkaitan dengan sifat fisik-kimia sampel. Karakteristik yang dimaksud diantaranya koordinat titik sampling, temperatur, pH, salinitas dan daya hantar listrik serta total padatan terlarut (**Tabel 1**). Karakter polutan logam berat tidak terlihat langsung oleh mata apabila terdapat dalam suatu objek atau bahan. Data sifat fisika-kimia sampel diperlukan sebagai hipotesis atau dugaan awal terkait kualitas ekosistem, apakah area atau titik sampling terpapar polutan logam berat.

Tabel 1. Karakteristik titik sampling

Kode sampling	Koordinat sampling	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Salinitas (‰)	HDL (ds/m)	TDS (mg/L)
Pulau Samalona						
Sp.A1	S 5 $^{\circ}$ 7'42,25801'' E 119 $^{\circ}$ 20'30,40518''	29,7	7,84	29,0	15,49	7,93
Sp.A2	S 5 $^{\circ}$ 7'37,43868'' E 119 $^{\circ}$ 20'23,30916''	29,9	7,76	28,4	14,64	7,45
Sp.A3	S 5 $^{\circ}$ 7'20,62921'' E 190 $^{\circ}$ 20'27,62376''	29,6	7,63	28,6	14,69	7,52
Sp.A4	S 5 $^{\circ}$ 7'32,45262'' E 190 $^{\circ}$ 27'35,72372''	28,3	7,42	28,5	14,43	7,60
Sp.A5	S 5 $^{\circ}$ 7'47,76822'' E 190 $^{\circ}$ 53'27,87234''	30,1	7,83	29,1	14,23	7,78
Pulau Kodingareng Keke						
Sp.B1	S 5 $^{\circ}$ 6'38,12376'' E 119 $^{\circ}$ 17'7,76544''	29,4	7,47	28,3	14,46	7,41
Sp.B2	S 5 $^{\circ}$ 6'11,62476'' E 119 $^{\circ}$ 17'60,06228''	30,9	7,69	28,1	14,20	7,21
Sp.B3	S 5 $^{\circ}$ 6'23,55372'' E 190 $^{\circ}$ 20'27,62376''	30,3	7,70	27,3	12,87	7,50
Sp.B4	S 5 $^{\circ}$ 6'24,76922''	29,7	7,32	28,5	13,56	7,62

Sp.B5	E 119°32'29,23189"	29,6	7,56	27,7	12,96	7,48
	S 5°6'41,76328"					
	E 119°35'45,12678"					

Sumber: Data penelitian (2022)

Data **Tabel 1**, menunjukkan bahwa kualitas air laut sekitar titik sampling relatif sama dengan kualitas perairan laut pada umumnya. Data karakteristik titik sampling seperti salinitas, pH, DHL TDS dan parameter lainnya pada nilai standar, artinya secara fisik dan nilai masih berada pada batas nilai ambang batas sesuai dengan Kepmen KLH No. 51, Tahun 2004. Hal ini menunjukkan pula bahwa titik sampling dianggap berkualitas, namun demikian bahwa aktivitas sekitar perairan Samalona dan Kodingareng Keke diduga kuat mengandung polutan berbahaya seperti logam berat [29][33].

Tabel 2, adalah acuan untuk menentukan seberapa besar kadar polutan logam berat Hg^{2+} dan Cd^{2+} dalam sampel air laut dan sedimen yang diperoleh dari KWB Kota Makassar, tepatnya pada Pulau Samalona dan Kodingareng Keke.

Tabel 2. Data persamaan regresi dan kurva standar larutan Cd^{2+} dan Hg^{2+}

Kurva standar	a = Slope	b = Intershep	Pers. regresi	Korelasi (R^2)
Hg^{2+}	-0,00146	0,0002	$Y = 0,0002X - 0,00146$	0,987
Cd^{2+}	0,00311	0,0913	$Y = 0,0913 + 0,003$	0,965

Sumber: Data penelitian (2022)

Nilai slope (a), intersep (b), nilai korelasi (R^2) dan persamaan regresi linier pada analisis konsentrasi paparan logam berat pada sampel air laut dan sedimen dihitung berdasarkan data serapan dari larutan standar masing-masing logam berat uji. Berdasarkan persamaan regresi tersebut, maka dapat ditentukan konsentrasi polutan logam berat Hg^{2+} dan Cd^{2+} dalam sampel air laut dan sedimen, sebagaimana disajikan dalam **Tabel 3 – 6**.

Tabel 3. Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel air laut yang diperoleh pada perairan Pulau Samalona, Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar

Jenis Polutan	Jenis sampel	Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel (mg/L)					Kons. rata-rata (mg/L)
		Sp.A1	Sp.A2	Sp.A3	Sp.A4	Sp.A5	
Hg^{2+}	Air laut	1,1391	1,0654	1,1103	1,0760	1,0641	1,0910
Cd^{2+}	Air laut	0,8757	0,9307	0,8235	0,8421	0,9743	0,8893

Sumber: Data penelitian (2022)

Konsentrasi polutan Hg^{2+} pada sampel air laut yang diperoleh pada 5 titik pulau Samalona (**Tabel 3**), menunjukkan nilai paparan polutan yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Cd^{2+} dari titik sampel yang sama. Berdasarkan Kepmen KLH, No. 51, menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata Hg^{2+} , sampel air laut pada perairan Pulau Samalona, mencapai $\pm 1,0910$ mg/L, artinya melampaui 32 kali dari nilai ambang batas (NAB), yakni $\pm 0,003$ mg/L. Konsentrasi rata-rata polutan Cd^{2+} sampel air laut sekitar Pulau Samalona mencapai $\pm 0,8893$ mg/L, artinya lebih tinggi 8 kali dari NAB baku mutu air laut yang berkualitas.

Data hasil analisis konsentrasi Hg^{2+} dan Cd^{2+} sampel air laut yang diperoleh dari Pulau kodingareng Keke, dengan nilai rata-rata berturut-turut $\pm 0,9347$ mg/L dan $\pm 0,3870$ mg/L (**Tabel 4**). Nilai tersebut, menunjukkan bahwa konsentrasi Hg^{2+} melampaui 30 kali dan Cd^{2+} mencapai 3 kali lipat lebih tinggi jika dibandingkan dengan rekomendasi KLH untuk baku mutu air laut yang berkualitas. Membandingkan konsentrasi rata-rata Hg^{2+} dan Cd^{2+} pada perairan Pulau Samalona, terlihat lebih tinggi dibandingkan kadar Hg^{2+} dan Cd^{2+} pada perairan Pulau Kodingareng Keke [30][34]. Kondisi ini dapat dipahami bahwa posisi Pulau Samalona lebih dekat dengan polutan kedua jenis polutan tersebut, yakni aktivitas yang diduga sumber polutan seperti pelabuhan Soekarno Hatta, industri, operasional hotel dan rumah sakit serta aktivitas rumah tangga di sekitar Kota Makassar dibandingkan posisi Pulau Kodingareng Keke.

Paparan polutan Hg^{2+} dan Cd^{2+} sampel sedimen yang diperoleh di sekitar Pulau Samalona, berturut-turut $\pm 1,3646$ mg/L untuk Hg^{2+} dan $\pm 1,9056$ mg/L untuk Cd^{2+} (**Tabel 5**). Nilai tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan konsentrasi kedua jenis polutan tersebut pada sampel air laut yang diperoleh pada titik yang sama. Keberadaan logam berat seperti merkuri dan kadmium pada sedimen, bukan hanya berasal dari aktivitas manusia, akan tetapi juga potensial dapat berasal dari kandungan alamiah tanah akibat aktivitas geologi dasar laut yang terakumulasi di dasar perairan.

Tabel 4. Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel air laut yang diperoleh pada perairan Pulau Kodingareng Keke, Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar

Jenis Polutan	Jenis sampel	Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel (mg/L)					Kons. rata-rata (mg/L)
		Sp.B1	Sp.B2	Sp.B3	Sp.B4	Sp.B5	
Hg ²⁺	Air laut	0,9391	0,9971	0,9573	0,8904	0,8864	0,9347
Cd ²⁺	Air laut	0,3817	0,4231	0,3850	0,3743	0,3706	0,3870

Sumber: Data penelitian (2022)

Tabel 5. Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel sedimen yang diperoleh sekitar perairan Pulau Samalona, Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar

Jenis Polutan	Jenis sampel	Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel (µg/g)					Kons. rata-rata (µg/g)
		Sp.A1	Sp.A2	Sp.A3	Sp.A4	Sp.A5	
Hg ²⁺	Sedimen	1,2369	1,4423	1,3218	1,4327	1,3893	1,3646
Cd ²⁺	Sedimen	1,9823	1,8345	1,8326	1,9832	1,8953	1,9056

Sumber: Data penelitian (2022)

Hasil analisis konsentrasi polutan Hg²⁺ dan Cd²⁺ sampel sedimen yang diperoleh di sekitar Pulau Kodingareng Keke, berturut-turut ±0,8981 mg/L untuk Hg²⁺ dan ±0,6562 mg/L untuk Cd²⁺ (**Tabel 6**). Nilai tersebut jika dibandingkan konsentrasi kedua jenis polutan tersebut pada sampel sedimen yang diperoleh pada titik yang sama di Pulau Samalona, menunjukkan kadar sedikit lebih rendah. Hal ini sangat beralasan, karena jarak Pulau Kodingareng Keke dari Kota Makassar yang diduga sumber polutan. Berdasarkan data **Tabel 3-6**, dapat disimpulkan bahwa sumber polutan Hg²⁺ dan Cd²⁺ diduga berasal dari beberapa sumber, yakni aktivitas geologi alamiah tanah pada dasar laut, aktivitas transportasi berbagai jenis kapal, sumbangan operasional hotel dan rumah sakit yang ada di sepanjang pantai Losari Makassar dan aktivitas rumah tangga [31][35].

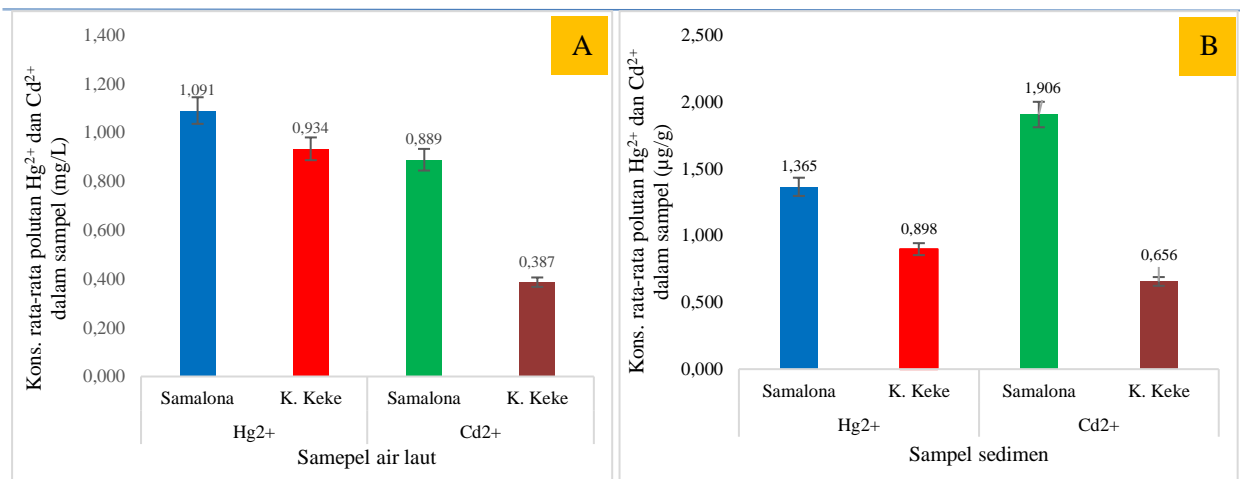
Tabel 6. Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel sedimen yang diperoleh sekitar perairan Pulau Kodingareng Keke, Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar

Jenis Polutan	Jenis sampel	Konsentrasi polutan logam berat dalam sampel (µg/g)					Kons. rata-rata (µg/g)
		Sp.B1	Sp.B2	Sp.B3	Sp.B4	Sp.B5	
Hg ²⁺	Sedimen	0,9254	0,8637	0,8924	0,9732	0,8356	0,8981
Cd ²⁺	Sedimen	0,6723	0,5673	0,6732	0,7342	0,6342	0,6562

Sumber: Data penelitian (2022)

Memaknai data **Tabel 3-6**, kaitannya dengan status kedua pulau tersebut sebagai bagian dari Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar, dapat dikatakan kurang kondusif dan aman bagi penduduk sekitar dan wisatawan yang berkunjung di area wisata tersebut. Oleh karena itu kepada setiap penduduk yang banyak berinteraksi atau bermukim di sekitar kedua pulau tersebut, termasuk para wisatawan untuk meminimalkan interaksi dengan perairan KWB Kota Makassar, meskipun demikian kawasan ini tetap dapat di kunjungi, namun interaksi langsung seperti mandi di laut, konsumsi produk hayati laut yang diperoleh di sekitar kawasan kedua pulau ini, seperti ikan dan biota lainnya hendaknya diminimalkan, atau dapat dilakukan dengan selektif dalam mengkonsumsi produk ikan dan sejenisnya yang diduga bersumber dari kawasan tersebut [36]. Kepada nelayan untuk dapat melaut melakukan aktivitas penangkapan ikan pada radius yang lebih jauh dari area KWB Kota Makassar.

Konsentrasi rata-rata polutan Hg²⁺ dan Cd²⁺ berdasarkan data **Tabel 3-6**, yang dirangkum dalam **Gambar 2A** dan **2B**, menunjukkan bahwa konsentrasi Hg²⁺ sampel air laut pada Pulau Samalona lebih tinggi dibandingkan pada Pulau Kodingareng Keke (**Gbr. 2A**), Hal yang sama juga terjadi pada sampel sedimen, dimana konsentrasi Hg²⁺ pada Pulau Samalona terlihat lebih tinggi dibandingkan pada Pulau Kodingareng Keke (**Gbr. 2B**). Konsentrasi Cd²⁺ pada sampel air laut di Pulau Samalona juga lebih tinggi dibandingkan sampel air laut yang diperoleh dari Pulau Kodingareng Keke (**Gbr. 2A**), demikian pula untuk sampel sedimen, tampak bahwa konsentrasi Cd²⁺ pada Pulau Samalona lebih tinggi dibandingkan pada sampel sedimen dari perairan Pulau Kodingareng Keke (**Gbr. 2B**) [37].



Gambar 2. Tingkat cemaran rata-rata polutan Hg²⁺ dan Cd²⁺ sampel air laut dan sedimen pada pulau Samalona dan Kodingareng Keke, Kawasan Wisata Bahari Kota Makassar

Konsentrasi polutan Hg²⁺ dan Cd²⁺ sampel air laut dan sedimen pada kedua pulau (Samalona dan Kodingareng Keke), semuanya melampaui nilai ambang batas untuk baku mutu air laut sesuai dengan Kepmen KLH No. 51, Tahun 2004 [38][39].

Data di atas menunjukkan bahwa KWB Kota Makassar, khususnya pada perairan di kedua pulau tersebut (Samalona dan Kodingareng Keke) tidak rekomendit untuk sering dikunjungi oleh wisatawan, bagi penduduk sekitar hendaknya mengurangi interaksi dengan perairan sekitar kedua pulau tersebut, demikian pula konsumsi ikan yang berasal dari perairan kedua pulau ini dapat dikurangi [40][41]. Kepada pengelola KWB Kota Makassar untuk melakukan langkah strategis dalam meminimalkan laju peningkatan konsentrasi polutan logam berat, misalnya dengan melakukan edukasi sadar dan peduli sampah bagi setiap wisatawan dan penduduk sekitar. Penghijauan KWB tersebut perlu dilakukan dengan menanam tanaman yang memiliki fungsi biofilter terhadap polutan. Mangrove adalah salah satu tanaman yang direkomendasikan dan pilihan untuk penghijauan kawasan wisata tersebut.

4. Kesimpulan

Konsentrasi rata-rata Hg²⁺ dan Cd²⁺ sampel air laut Pulau Samalona berturut-turut ±1,0910 mg/L, dan ±0,8893 mg/L, sedangkan pada Pulau Kodingareng Keke ±0,9347 mg/L dan ±0,3870 mg/L. Konsentrasi rata-rata kedua jenis polutan logam berat Hg²⁺ dan Cd²⁺ sampel sedimen Pulau Samalona berturut-turut ±1,3646 mg/L dan ±1,9056 mg/L, sedangkan sampel yang sama pada Pulau Kodingareng Keke, yakni ±0,8981 mg/L dan ±0,6562 mg/L. Konsentrasi rata-rata Hg²⁺ dan Cd²⁺ sampel air laut dan sedimen pada kedua pulau melampaui NAB baku mutu air laut.

Sumber kontaminan logam berat Hg²⁺ dan Cd²⁺ pada perairan kedua pulau KWB Kota Makassar diduga berasal dari aktivitas geologi dasar laut, operasi industri, hotel dan rumah sakit serta aktivitas rumah tangga di sekitar kedua pulau tersebut. Para wisatawan dan penduduk sekitar kedua pulau tersebut untuk mengurangi interaksi area wisata dan meminimalkan konsumsi ikan yang diperoleh dari sekitar perairan Pulau Samalona dan Kodingareng Keke. (6) Pengelola KWB Kota Makassar disarankan untuk membuat program edukasi berupa *game-game* bertema peduli dan sadar sampah, termasuk penerapan aturan agar tidak membuang sampah langsung khususnya jenis plastik pada area sekitar perairan Pulau Samalona dan Kodingareng Keke, dan dihimbau kepada pengelola KWB untuk menjalankan penghijauan dengan penanaman mangrove di sekeliling kedua pulau tersebut.

5. Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada kepala laboratorium dan para laboran pada laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Univ. Hasanuddin atas peran sertanya dalam menerima dan membantu dalam penyediaan peralatan uji, terutama pada preparasi sampel dan sekaligus kesediaan sebagai konsultan dalam interpretasi data, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik dan selesai sesuai target yang telah direncanakan. Demikian pula kepada pengelola Laboratorium Kimia Analisis Jurusan Kimia UIN Alauddin atas fasilitas instrumen SSA dan melakukan running setiap sampel kami.

6. Singkatan

<i>KWB</i>	Kawasan wisata Bahari
<i>Sp.A</i>	Sampel sedimen dan air laut yang diperoleh dari Pulau Samalona
<i>Sp.B</i>	Sampel sedimen dan air laut yang diperoleh dari Pulau Kodingareng Keke
Cd^{2+}	Ion kadmium valensi II
Hg^{2+}	Ion merkuri valensi II
<i>mg/L</i>	Satuan mili gram per liter
$\mu g/g$	Satuan mikro gram per gram
$^{\circ}C$	Satuan derajat selsius
<i>pH</i>	Derajat keasaman-kebasaan
<i>HDL</i>	Daya hantar listrik
<i>TDS</i>	Total padatan terlarut
<i>ds/m</i>	Satuan data hantar listrik
<i>m</i>	Besaran dalam satuan meter
‰	Satuan salinitas

7. Daftar Pustaka

- [1] A. Angela and I. Marzuki. "Kapasitas Bioadsorpsi Bakteri Simbiosis Spons Laut Terhadap Kontaminan Logam Berat". KOVALEN: *Jurnal Riset Kimia*, vol. 7, no.1, pp. 12-22, 2021. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2021.v7.i1.15439>
- [2] I. Marzuki, E. Septiningsih, E. S. Kaseng, H. Herlinah, A. Sahrijanna, S. Sahabuddin, R. Asaf, A. Athirah, B. H. Isnawan, G. S. Samidjo, F. Rumagia, E. Hamidah, I. S. Santi, and K. Nisaa. "Investigation Pollutants of Global Trends in Marine Ecosystems around Barrang Caddi Island, Spermonde Archipelago Cluster: An Ecological Approach, *Preprints*, 20 p. 2022. <https://doi.org/10.20944/preprints202204.0205.v1>
- [3] M. Alimardan, P. Ziarati and R. J. Moghadami. "Adsorption of Heavy Metal Ions from Contaminated Soil by *B. integerrima* Barberry". *Biomedical & Pharmacology Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.13005/bpj/924>
- [4] A. S. Iryani dan I. Marzuki. "Penilaian tingkat cemaran timbal pada Danau Balang Tonjong Kelurahan Antang Manggala Kota Makassar". *Journal Techno Entrepreneur Acta*, vol. 2, no. 1, pp. 45-51, 2017.
- [5] I. Marzuki, M. Y. Ali, H. U. Syarif, S. Gusty, L. Daris and K. Nisaa. "Investigation of Biodegradable Bacteria as Bio indicators of the Presence of PAHs Contaminants in Marine Waters in the Marine Tourism Area of Makassar City". IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, vol. 750, no.1, p. 012006. 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012006>
- [6] M. Sari, F. Fatma, T. Purba, E. Bachtiar, Rd- I. N. N. P. S. Nirtha, M. M. T. Simarmata, N. A. Affandy, M. Chaerul, M. Rosyidah, D. Kharisma, B. Purba, S. O. Manullang, dan N. Nurdin. "*Pengetahuan Lingkungan*". Yayasan Kita Menulis, Medan, 2021.
- [7] N. Wibowo, R. Nurcahyo and D.S. Gabriel. "Sponge Iron Plant Feasibility Study in Kalimantan, Indonesia. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 14, no. 23, pp. 4013-4020, 2019.
- [8] P. R. Pawar and A.R.M.S Al-Tawaha. "Marine sponges as Bioindicator species of Environmental Stress at Uran (Navi Mumbai), west coast of India", *Am. J. Sustain. Agric.*, vol. 11, no. 3, pp. 29–37, 2017.
- [9] A.M. Orania, A. Baratsa, E. Vassilevab and O.P. Thomasc. "Marine sponges as a powerful tool for trace elements bio-monitoring studies in coastal environment". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 131, pp. 633–645, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.073>
- [10] I. Marzuki, M. Kamaruddin, R. Ahmad, R. Asaf, R. Armus, and I. Siswenty. "Performance of cultured marine sponges-symbiotic bacteria as a heavy metal bio-adsorption". *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, vol. 22, no. 12, pp. 5536-5543, 2021. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221237>
- [11] A. Mustafa, M. Paena, A. Athirah, E. Ratnawati, R. Asaf, H. Suryanto, Suwoyo, S. Sahabuddin, E. A. Hendrajat, K. Kamaruddin, E. Septiningsih, A. Sahrijanna, I. Marzuki. and K. Nisaa.. "Temporal and Spatial Analysis of Coastal Water Quality to Support Application of Whiteleg Shrimp *Litopenaeus vannamei* Intensive Pond Technology". *Sustainability*, vol. 14, no. 5, p. 2659, 2022.

- <https://doi.org/10.3390/su14052659>
- [12] A. Susilawaty, E. Sitorus, J. Sinaga, M. Mahyati, I. Marzuki, D. D. R. Marpaung, B. N. Diniah, D. Widodo, N. P. Sari, Z. Mappau, F. Islam, F. H. Sudasman, M. Syahrir, D. Soputra, S. A. Baharuddin, dan R. La Ane. "Pengendalian Penyakit Berbasis Lingkungan", Yayasan Kita Menulis, Medan, 2022.
- [13] D. Gjorgieva, T. K. Panovska, K. Bačeva and T. Stafilov. "Assessment of heavy metal pollution in Republic of Macedonia using a plant assay". *Arch Environ Contam Toxicol.* vol. 60, pp. 233–240, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00244-010-9543-0>
- [14] I. Marzuki, A. M. A. Marzuki and H. Hardimas. "Performance Performance Analysis of biosorption of Heavy Metal and Biodegradation PAH of Isolates Marine Sponges Symbiont Bacteria, *Jurnal Akta Kimia Indonesia (Indonesia Chimica Acta)*, vol. 13, no. 2, pp. 1-10, 2021. <https://doi.org/10.20956/ica.v13i1.9972>
- [15] G. M. D. C. A. Chávez and C. R. González. "Tolerance of *Chrysanthemum maximum* to heavy metals: the potential for its use in the revegetation of tailings heaps". *Journal Environ Sci.*, vol.25, pp. 367-375, 2013. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(12\)60060-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(12)60060-6)
- [16] N. Siahaya, A. Noor, N.S. Heyrani and de-. V. Nicole. "A preliminary Effort to assign Sponge (*Callyspongia* sp) as trace metal biomonitor for Pb, Cd, Zn, and Cr, an enviromental persfective in hative gulf water Ambon". *Advances in Biological Chemistry Journal*, vol. 3, pp. 549-552, 204. <http://dx.doi.org/10.4236/abc.2013.26062>. <https://doi.org/10.4236/abc.2013.36062>
- [17] L. Melawaty, A. Noor, T. Harlim and de-. V. Nicole. "Essential Metal Zn in Sponge *Callyspongia aerizusa* from Spermonde Archipelago". *Advances in Biological Chemistry Journal*, vol. 4, pp. 86-90, ht2014. <http://dx.doi.org/10.4236/abc.2014.41012>. <https://doi.org/10.4236/abc.2014.41012>
- [18] I. Marzuki, I. Pratama, H. E. Ismail, I. Paserangi, M. Kamaruddin and M. Chaerul. "The Identification and Distribution Components of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contaminants at the Port of Paotere, Makassar, South Sulawesi". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 679, no.1, p. 012017, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/679/1/012017>
- [19] A. K. Gupta, S. K. Verma, K. Khan and R. K. Verma. "Phytoremediation using aromatic plants: a sustainable approach for remediation of heavy metals polluted sites". *Environ Sci Technol.*, vol. 47, pp. 10115–10116, 2013. <https://doi.org/10.1021/es403469c>
- [20] S. A. Shama, M.E. Moustafa and M.A. Gad. "Removal of heavy metals Fe³⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺, Cr³⁺ and Cd²⁺ From Aqueous Solutins by Using *Eichornia Crassipes*". *Journal Electrochimica Acta*, vol. 28, no.2, pp.125-133, 2010. <https://doi.org/10.4152/pea.201004231>
- [21] S. B. Seo, T. Kajiuchi, D.I. Kim, S.H. Lee and H.K. Kim. "Preparation of Water Soluble Chitosan Blendmers and Their Application to Removal of Heavy Metal Ions from Wastewater". *J. Macromol. Res.* vol. 10, no. 2, pp. 103–107, 2012. <https://doi.org/10.1007/BF03218298>
- [22] I. Marzuki, L. Daris, K. Nisaa and A. Emelda. "The power of biodegradation and bio-adsorption of bacteria symbiont sponges sea on waste contaminated of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 584, no.1, p. 012013, 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/584/1/012013>
- [23] B. A. Lajayer, N. K. Moghadam, M. R. Maghsoodi, M. Ghorbanpour and K. Kariman K. "Phytoextraction of heavy metals from contaminated soil, water and atmosphere using ornamental plants: mechanisms and efficiency improvement strategies, *Environmental Science and Pollution Research*, *Springer Nature*, vol. 26, pp. 8468–8484, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04241-y>
- [24] I. Marzuki, A.M. IksanA. M. Asdar dan A. Angela, "Aplikasi Mikrosimbion Spons Laut Sebagai Biomaterial Baru pereduksi Toksisitas Logam Berat Kromium ". *Jurnal Al-Kimia*, vol. 7, no.1, pp. 67-75, 2019.
- [25] I. Marzuki, M. Syahrir, M. Ramli, M. R. Harimuswarah, I. P. Artawan dan M. Iqbal. "Operasi dan Remediasi Lingkungan". Penerbit. Tohar Media, Makassar, 2022
- [26] P. Ziarati, I.M. Moshiri and P. Sadeghi. "Bio-adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions by Natural and Modified non-living Roots of Wild *Scorzonera incisa* DC". *Sci Discov.* vol.,1, no. 99, pp 1–8. 2017. <https://doi.org/10.24262/jsd.1.1.17010>
- [27] I. Marzuki. "Analisis Chromium Hexavalent dan Nikel Terlarut dalam Limbah Cair Area Pertambangan PT VALE Tbk. Soroako-Indonesia". *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, vol. 17, no.2, pp. 1-11, 2016.
- [28] S. Zhang, Y. Zhou, W. Nie, L. Song and T. Zhang. "Preparation of Uniform Magnetic Chitosan Microcapsules and Their Application in Adsorbing Copper Ion (II) and Chromium Ion (III)".

- Indonesian Eng. *Chemistry Res.* vol. 51, no.1, pp. 14098–14106, 2012. <https://doi.org/10.1021/ie301942j>
- [29] Y. F. Liu, S. M. Mbadinga, D. J. Gu and B. Z. Mu. "Type II chaperonin gene as a complementary barcode for 16S rRNA gene in study of Archaea diversity of petroleum reservoirs", *Int. J. Biodeterior & Biodegradation*, vol. 123, (December), pp. 113–120, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.04.015>
- [30] Y. Zhou, S. Xia, Z. Zhang and J. Zhang, S.W. Hermanowicz. "Associated Adsorption Characteristics of Pb (II) and Zn (II) by a Novel Biosorbent Extracted from Waste-Activated Sludge". *J. Environ. Engineering*, vol. II, pp. 1–7, 2011. [https://doi.org/0733-9372\(2016\)142:7<AACOPI>2.0.TX;2-B](https://doi.org/0733-9372(2016)142:7<AACOPI>2.0.TX;2-B)
- [31] I. Marzuki, R.S. Alwi, E. Erniati, M. Kamaruddin, S. Sinardi and A.S. Iryani. "Chitosan Performance Of Shrimp Shells In The Biosorption Ion Metal Of Cadmium, Lead And Nickel Based On Variations pH Interaction", 1st Int. Conf. Materials Engineering and Management Section (ICMEM). *Atlantic Press, Advances in Engineering Research*, vol. 165, p. 6-11, 2019. <https://doi.org/10.2991/icmeme-18.2019.2>
- [32] I. Marzuki. "The Bio-Adsorption Pattern Bacteria Symbiont Sponge Marine Against Contaminants Chromium and Manganese In The Waste Modification of Laboratory Scale". *Jurnal Akta Kimia Indonesia (Indonesia Chimica Acta)*, vol. 13, no. 1, pp. 1-9. 2020. <https://doi.org/10.20956/ica.v13i1.9972>
- [33] N. Tam and Y. Wong. "Effectiveness of bacterial inoculum and mangrove plants on remediation of sediment contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 57, pp. 716-728, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.02.029>
- [34] Han Y., Chen G., Chen Y., Shen Z., 2015 Cadmium toxicity and alleviating effects of exogenous salicylic acid in Iris hexagonal. *Bull Environ. Contam Toxicol.* 95:796–802, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1640-3>
- [35] T. Shimoda, E. Suryati and T. Ahmad, "Evaluation in a Shrimp Aquaculture System Using Mangroves, Oysters, and Seaweed as Biofilters Based on the Concentrations of Nutrients and Chlorophyll a", *JARQ*. vol.40, no.2, pp. 189-193, 2006. <https://doi.org/10.6090/jarq.40.189>
- [36] I. E. Bayan, F. Yulianda and I. Setyobudiandi, "Degradation analysis of mangrove ecological function as macrozoobenthos habitat and its management in the Angke Kapuk Coastal Area, Jakarta". *Biodiversitas (Bonorowo Wetlands)*, vol.6, no.1, pp. 1-11, 2016. <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w060101>
- [37] M. Bergmann, L. Gutow and M. Klages, "Marine anthropogenic litter". In: *Marine Anthropogenic Litter*. 2015. pp. 1-447. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- [38] O. Akoto, A. A. Azuure, and K. D. Adotey. "Pesticide residues in water, sediment and fish from Tono Reservoir and their health risk implications. *Springer Plus*. vol. 5, no. 1, p. 1849, 2016. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3544-z>
- [39] M. Z. A. Zaimie, M. S. Sarjadi and M. L. Rahman. "Heavy metals removal from water by efficient adsorbents. *Water (Switzerland)*. vol. 13, no. 19, p. 2659, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13192659>
- [40] T. Topal and C. Onac. "Determination of Heavy Metals and Pesticides in Different Types of Fish Samples Collected from Four Different Locations of Aegean and Marmara Sea. *J Food Qual.* vol. 20, p.12, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8101532>
- [41] A. A. Alaboudi, B. Ahmed and G. Brodie. "Annals of Agricultural Sciences Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sun fl ower (*Helianthus annuus*) plant". *Ann. Agric. Sci.*, vol.63, pp. 123–127, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2018.05.007>