

Original Research Paper

Pengenalan Tentang Model Akumulasi DDT Dan Kadmium Dalam Organ Tubuh Makhluh Hidup Pada Siswa SMPN 3 Palibelo Bima Melalui Kegiatan Pelatihan

K. Khairuddin^{1*}, M. Yamin¹, K. Kusmiyati¹, Syamsul Bakhri¹ dan Wirdullutfi¹

¹ Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v9i2.15381>

Sitasi: Khairuddin, K., Yamin, M., Kusmiyati, K., Bakhri, S., & Wirdullutfi. (2026). Pengenalan tentang model akumulasi DDT dan kadmium dalam organ tubuh makhluk hidup pada siswa SMPN 3 Palibelo Bima melalui kegiatan pelatihan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 9(2)

Article history

Received: 19 Mei 2026

Revised: 22 Mei 2026

Accepted: 30 Mei 2026

*Corresponding Author: K. Khairuddin, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;
Email: khairuddin@gmail.com

Abstract: The process of accumulation of Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane (DDT) compounds, which are persistent organochlorine pesticides, as well as the heavy metal cadmium (Cd) in the organs of living things is one of the important materials that need to be understood by students because it is related to human health and environmental sustainability. The problem found in partner schools is that there is still a limited understanding of students about the source, nature, mechanism of accumulation, and the impact of DDT and cadmium on living things. In addition, students do not have adequate knowledge about the bioaccumulation and biomagnification processes that cause these harmful compounds to accumulate in the tissues of organisms. Therefore, this training activity was carried out to increase the knowledge and understanding of SMPN 3 Palibelo, Bima Regency, regarding the model of DDT and cadmium accumulation in the organs of living beings. The methods used include delivering materials, discussions, and simple demonstrations related to the process of accumulation of pollutants in the food chain. The results of the activity showed an increase in students' understanding of the characteristics of DDT and cadmium, the pathway of entry of these substances into the body of organisms, and their impact on health and the environment. This training activity provides benefits in increasing students' science literacy related to environmental pollution and the risk of hazardous materials to living beings. Thus, this training succeeded in providing adequate basic knowledge to SMPN 3 Palibelo students so that they are able to understand the concept of DDT and cadmium heavy metal accumulation in daily life as well as the importance of protecting the environment from exposure to pollutants.

Keywords: Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane (DDT); cadmium (Cd); bioaccumulation; environmental pollution; science literacy; Student Training.

Pendahuluan

Rutinitas kegiatan petani yang menerapkan racun serangga atau insektisida dalam membasmi hama dan penyakit pada tanaman pertanian sudah menimbulkan dampak berupa ditemukannya senyawa yang mengandung racun dalam produk pertanian, misalnya kacang tanah, bawang, kol, padi,

dan sayur-sayuran. Adapun jenis insektisida yang diterapkan adalah DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*). Para petani juga senantiasa mengaplikasikan bahan-bahan dari produk industri kimia dengan kandungan logam berat dalam usaha untuk menaikkan tingkat kesejahteraan. Kegiatan seperti ini dapat menjadi penyebab tercemarnya lingkungan oleh logam berat. Logam berat dapat

mengalami penumpukan dalam organisme, baik pada tumbuhan, hewan, maupun pada organ tubuh manusia. Manusia sudah terbiasa menggunakan logam berat dalam berbagai aspek kehidupan yang dilakukan secara sadar ataupun tidak sadar.

Terjadinya kontaminasi insektisida, misalnya DDT, dan logam berat kadmium (Cd) dalam tubuh tanaman, hewan, bahkan manusia menjadi pekerjaan yang sulit untuk dicegah dalam kehidupan sehari-hari. Organ tubuh tanaman dan hewan bisa dengan mudah melakukan akumulasi terhadap logam berat yang masuk ke dalam organ tubuhnya seperti akar, batang dan daun. Logam berat, misalnya Cd, dapat memasuki organ tubuh manusia melalui jalur bioakumulasi dan/atau biomagnifikasi. Beragam jenis racun serangga atau insektisida dan logam berat, misalnya Cd, bisa memasuki organ tubuh manusia melalui jalur bahan makanan, terpapar di kulit, dan terhirup melalui saluran pernapasan (Herman, 2006; Khairuddin dkk., 2021a; Amriani dkk., 2011).

Racun untuk pemberantasan hama yang digunakan petani adalah insektisida. Insektisida dengan berbagai turunannya dapat berkontribusi pada keberadaan bahan beracun dalam ekosistem kehidupan. Penerapan bahan beracun DDT dengan sifatnya yang persisten (bertahan lama, bisa sampai 100 tahun bahkan lebih), bertahan di dalam lingkungan hidup dan cenderung mkeracunan baik pada memberikan racun dalam ekosistem yang tidak bisa didegradasi baik secara fisik maupun secara biologis, dari sekarang hingga di masa yang akan datang kita senantiasa terus mewaspadaai akibat buruk yang bisa ditimbulkan oleh adanya racun DDT. Pengaruh buruk DDT yang ada dalam lingkungan sudah mulai tampak pada awal penerapannya di tahun 1940-an, yaitu dengan turunnya populasi burung elang hingga hampir mengalami kepunahan (Kasus yang terjadi di Amerika Serikat). Dari pengamatan, ternyata elang terkontaminasi DDT dari makanannya (terutama ikan sebagai mangsanya) yang terpapar DDT. DDT menyebabkan cangkang telur elang menjadi sangat rapuh sehingga tidak mampu melindungi embrio, yang pada akhirnya telur burung elang menjadi rusak dan tidak bisa dierami (Khairuddin, dkk, 2023)

Proses tercemarnya lingkungan oleh logam berat Cd dapat terjadi, utamanya saat ada pembuangan limbah industri yang mengandung logam Cd. Logam berat seperti Cd atau yang lainnya dengan konsentrasi tinggi akan membahayakan

kehidupan jika ditemukan di dalam lingkungan, baik itu di dalam air, tanah, dan di dalam komposisi udara. Sumber utama terjadinya kontaminasi logam berat sebenarnya berasal dari senyawa di udara dan air yang menimbulkan pencemaran pada tanah. Selanjutnya, semua tanaman yang tumbuh di atas tanah yang telah tercemar akan mengalami akumulasi logam-logam seperti Cd tersebut pada semua bagian tubuhnya, termasuk akar, batang, daun, bunga, buah dan biji (Widowati dkk., 2008).

Bahan panganan yang telah mengalami kontaminasi logam Hg menjadi sumber bahan cemaran logam berat, yang bisa bersumber dari olahan bahan pangan dari hasil laut (Yusuf, dkk, 2004; Khairuddin dan Yamin, 2025). Bahan pangan yang terkontaminasi juga bisa berasal dari tanaman bahan pangan (komoditas pertanian) yang mengaplikasikan pestisida dan menggunakan pupuk yang memiliki kandungan logam (Agustina, 2010). Penyerapan logam berat yang masuk dalam jaringan tubuh tanaman dapat melalui akar, ke batang, selanjutnya ke dalam daun, yang berikutnya masuk ke dalam sistem rantai makanan. Tumbuhan yang ditanam diatas tanah yang telah terpapar logam berat mampu melakukan akumulasi berbagai logam berat pada organ akar dan batang, serta pada daun dan bahkan dalam buah. Apabila kandungan logam berat melebihi kemampuan toleransi, maka logam berat tersebut akan menimbulkan kasus terjadi keracunan baik untuk manusia maupun hewan.

Banyak kegiatan manusia di lahan pertanian dan lokasi pertambangan bisa menjadi sumber berbagai logam berat yang bisa bermuara dan memasuki lingkungan hidup. Kondisi rusaknya lingkungan bisa muncul dalam berbagai bentuk seperti tercemarnya udara, air, dan tanah. Kondisi lingkungan yang terganggu akibat paparan logam berat bisa memberikan dampak secara global di dalam lingkungan, terutama bagi kondisi kesehatan masyarakat. Hasil penelitian Khairuddin dkk. (2016) membuktikan adanya kandungan logam berat Cd, Hg, dan Pb dalam tubuh kerang bivalvia yang berasal dari Teluk Bima dengan kadar konsentrasi yang bervariasi. Kondisi seperti ini bisa menggambarkan bahwa di perairan Laut Teluk Bima yang oleh masyarakat dimanfaatkan untuk menangkap kerang yang dikonsumsi sebagai makanan telah mengindikasikan adanya cemaran berbagai unsur logam berat. Penelitian lain juga menyimpulkan adanya logam Cu dan logam Cd diatas ambang batas dalam jaringan ikan Bandeng

yang ditangkap di teluk Bima (Khairuddin, dkk, 2021d)

Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 (SMPN 3) Palibelo Kabupaten Bima tergolong sekolah yang favorit dan sangat baik kaitannya dengan FKIP Unram mengingat adanya beberapa alumni yang menjadi guru di sekolah tersebut. Siswa MPN 3 Palibelo Bima selaku generasi muda yang akan meneruskan pembangunan perlu diberi bekal pengetahuan yang berhubungan dengan model akumulasi DDT dan model akumulasi atau penumpukan logam berat Cd agar bisa mengetahui dampak negatif dari proses akumulasi DDT dan juga logam berat Cd, utamanya yang terjadi di dalam tubuh manusia. SMPN 3 Palibelo juga merupakan bangunan sekolah yang berbatasan langsung dengan lahan pertanian dan relatif dekat dengan areal tambak yang berada di bagian selatan Teluk Bima. Semua siswanya berasal dari desa-desa yang memiliki lahan pertanian yang cukup luas.

Siswa SMPN 3 Palibelo merupakan populasi siswa yang memiliki potensi sebagai tempat pelatihan dan pengenalan akumulasi DDT dan logam berat Cd dari sekolah-sekolah yang ada di Kecamatan Palibelo, Bima. Siswa-siswa tersebut dijadikan objek pelatihan karena murid-murid ini merupakan remaja yang memiliki potensi besar untuk terpapar atau mengalami kontaminasi dengan insektisida, misalnya DDT, demikian juga dengan logam Cd yang bersumber dari wilayah pertanian dan pertambakan ikan. Sumber logam Cd yang dapat diprediksi berasal dari makanan hasil laut, misalnya kerang. Sementara sumber DDT yang utama adalah dari insektisida yang digunakan petani di lahan pertaniannya.

Dengan menyadari hasil pengamatan dan tanya jawab dengan pihak SMPN 3 Palibelo, dan juga dengan memperhatikan pengetahuan awal siswa, yaitu belum kenal tentang bentuk-bentuk dari model akumulasi DDT dan logam Cd didalam jaringan tubuh pada berbagai jenis makhluk hidup, maka selanjutnya dirumuskan permasalahan dalam pengabdian ini yaitu sebagai berikut : 1). Pengetahuan yang bagaimanakah yang perlu dikuasai oleh siswa SMPN 3 Palibelo Bima agar dapat mengerti tentang model akumulasi DDT dan logam Cd dalam tubuh organisme didalam kehidupan sehari-hari ? dan 2. Bagaimana upaya yang harus dilakukan agar siswa-siswi SMPN 3 Palibelo Bima mengerti dan mengenali model akumulasi DDT dan logam Cd pada manusia?

Manfaat kegiatan pengabdian ini bagi para siswa SMPN 3 Palibelo Bima atau peserta didik sebagai berikut : 1). Adanya peningkatan pengetahuan dan pemahaman siswa tentang model akumulasi DDT dan logam Cd pada tubuh manusia kepada siswa SMPN 3 Palibelo Bima, dan 2). Peningkatan keterampilan dan pemahaman pada siswa tentang cara atau usaha agar terhindar dari kontak langsung dengan DDT dan logam berat Cd dalam aktifitas, Kabupaten Bima, tergolong sekolah yang favorit dan sangat baik kaitannya dengan FKIP Unram mengingat adanya beberapa alumni yang menjadi guru di sekolah tersebut, tas harian agar murid SMPN 3 Palibelo Bima sebagai peserta pelatihan dapat menghindari diri dari pola model akumulasi DDT dan logam berat Cd.

Kegiatan pelatihan ini dapat memberikan manfaat bagi murid-murid SMPN 3 Palibelo Kabupaten Bima yaitu; 1. Meningkatkan pemahaman siswa SMPN 3 Palibelo tentang model akumulasi DDT dan logam Cd di dalam tubuh manusia, dan 2. Peningkatan domain pengetahuan dan domain keterampilan pada murid-murid SMPN 3 Palibelo yang erat kaitannya dengan cara-cara untuk menghindari terjadinya kontak langsung atau paparan dengan bahan yang mengandung racun, misalnya insektisida yang berupa DDT dan logam Cd di dalam menjalani rutinitas kehidupan harian.

Metode

Pelatihan tentang akumulasi DDT dan logam Cd menerapkan bermacam-macam metode. Metode-metode yang sudah digunakan di dalam pelatihan mencakup: Metode yang pertama adalah metode tanya jawab yang diselingi dengan kegiatan diskusi. Metode ini ditujukan untuk bisa memberikan refleksi dan umpan balik kepada siswa-siswi di SMPN 3 Palibelo, Kabupaten Bima. Di samping itu juga ditujukan supaya siswa yang mengikuti pelatihan bisa memberi tanggapan terhadap model akumulasi DDT dan Cd dalam organ tubuh atau jaringan makhluk hidup.

Selain metode tanya jawab yang diselingi dengan metode diskusi, juga digunakan metode ceramah dengan sajian-sajian yang menarik tentang model akumulasi senyawa DDT dan model akumulasi logam Cd. Metode ini dimaksudkan untuk bisa menjelaskan kepada murid-murid selaku pelatihan yang berkaitan dengan model akumulasi atau penumpukan DDT dan logam Cd dalam

jaringan atau organ tubuh makhluk hidup. Topik penting lain yaitu berhubungan dengan sumber-sumber kontaminan yang dipaparkan kepada para peserta yang mengikuti kegiatan pelatihan, yaitu informasi yang erat hubungannya dengan asal bahan yang bisa mengalami kontaminasi oleh berbagai logam berat, yang bermuara pada munculnya proses akumulasi dalam tubuh atau organ tertentu dari makhluk hidup. Proses penumpukan logam, misalnya Cd, berhubungan dengan sifat dan target sasaran pada organ yang dituju; contohnya, Cd dengan sasaran utamanya yaitu tulang. Harapan akhir dari adanya pemberian materi ini yaitu adanya peningkatan terhadap pemahaman siswa-siswi yang ikut dalam pelatihan ini yaitu pada siswa SMPN 3 Palibelo Bima secara perorangan dan juga secara berkelompok.

Metode ketiga adalah demonstrasi, dengan tujuan untuk memberikan Gambaran secara umum pada murid SMPN 3 Palibelo terkait model akumulasi DDT dan logam Cd, bahaya-bahaya yang bisa timbul akibat paparan logam berat dan berbagai upaya supaya terhindar dari kontak langsung dengan unsur Cd.

Hasil Dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian dalam bentuk pelatihan tentang topik DDT dan logam air raksa (Hg) ini sudah dapat terlaksana di SMPN 3 Palibelo Kabupaten Bima. Topik kegiatan yang diselenggarakan diberi judul: Pelatihan Tentang Model Akumulasi DDT dan Logam Hg dalam organ tubuh makhluk hidup pada siswa-siswi SMPN 3 Palibelo Bima. Kegiatan pelatihan sudah terselenggara dan berlangsung dalam suasana aman, nyaman dan lancar, pada minggu kedua bulan April 2026. Total siswa-siswi yang hadir dalam pelatihan sebagai peserta sebanyak 28 orang. Semua peserta sangat senang, gembira, dan penuh antusiasme dalam mengikuti rangkaian pelatihan dari awal sampai akhir. Pelatihan ini diselingi dengan pemutaran video tentang dampak logam Hb terhadap hewan dan manusia. Setelah itu, dilanjutkan dengan tahap tanya jawab. Adanya tayangan video bisa menambah semarak suasana dalam sajian materi pelatihan. Rangkaian materi yang dimuat dalam video bisa merangsang berpikir dan meningkatkan motivasi siswa SMPN 3 Palibelo Bima agar berusaha memahami berbagai dampak dari bermacam-macam unsur logam berat bila masuk dan

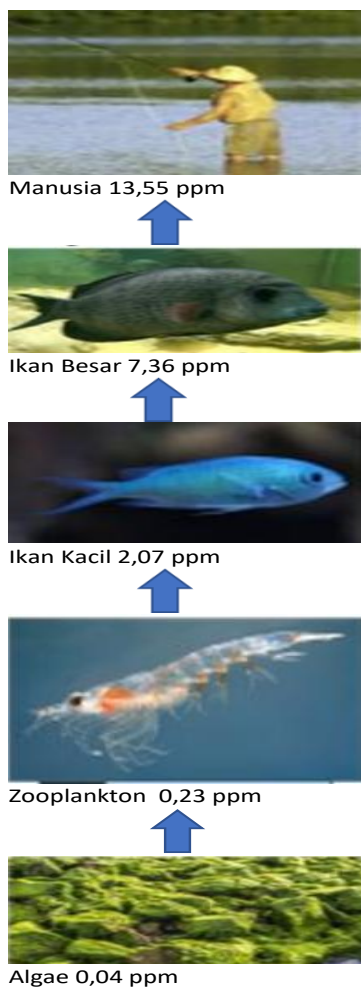
terpapar dalam sistem kehidupan. Adapun contoh yang tampak yaitu pada adanya kejadian biomagnifikasi dan juga bioakumulasi yang muncul pada tiap trofik yang ada di dalam rantai makanan, dan berikutnya bisa sampai pada tingkatan top predator (predator puncak di dalam rantai makanan). Kejadian seperti ini terbukti dapat muncul pada manusia (Khairuddin dkk., 2021).

Materi pelatihan menguraikan tentang model akumulasi DDT dan model akumulasi logam Cd yang terdapat dalam bahan makanan yang sudah terpapar DDT dan logam Hg. Sebagai contoh, makanan yang bisa terpapar adalah nasi, ikan, dan sayur-sayuran. Selain itu, bisa juga terjadi paparan pada makanan hasil laut seperti udang, kerang-kerangan, dan kepiting. Demikian juga dengan berbagai jenis ikan air tawar seperti gabus, betok dan lele. Penjabaran materi dan penjelasan yang runtun yang disajikan narasumber yang disertai dengan diskusi selama proses pelatihan berlangsung telah dapat memberikan dorongan terhadap meningkatnya taraf pengetahuan dan pemahaman serta keterampilan yang didasari oleh konsep akumulasi DDT dan logam Cd pada murid-murid SMPN 3 Palibelo, Kabupaten Bima, mencapai 100 %. Tingkatan hasil capaian yang tinggi ini dapat diraih disebabkan oleh uraian materi pelatihan yang disajikan oleh pelatih tentang DDT, Cd dan proses akumulasi disertai pula dengan menayangkan contoh sumber bahan makanan yang punya potensi terpapar DDT dan logam Cd, misalnya nasi sebagai makanan pokok, dan ditambahkan dengan contoh makanan dari hasil laut misalnya ikan bandeng dan kepiting.

Hasil analisis bioakumulasi pada organisme akuatik dapat dilakukan pada invertebrata benthik yang hidup di dekat sedimen dasar sungai, aliran air, dan danau, mereka memiliki wilayah jelajah yang kecil dan kemampuan penyebaran yang terbatas, dan mereka banyak digunakan sebagai bioindikator kualitas air (Khairuddin, dkk, 2022). Disamping itu, taksa yang berbeda menunjukkan ciri ekologis dan kelompok makan fungsional yang spesifik; oleh karena itu, mereka dapat digunakan untuk menyoroti jalur transfer kontaminasi yang berbeda, yaitu melalui difusi pasif melalui insang, permukaan kulit, dan organ pencernaan, dari kompartemen air dan/atau sedimen atau melalui predasi. Analisis DDT pada invertebrata air tawar jarang dilakukan. Misalnya, tingkat DDT diukur pada larva capung (Odonata, Gomphidae) di Cekungan Sungai Olifants

di Afrika Selatan, pada invertebrata air lainnya di Sungai Ga-Selati di Afrika Selatan dan di Sungai Gudbrandsdalslagen dan Rena di Norwegia. Penelitian yang sudah dilakukan menekankan konsentrasi DDT yang signifikan pada beberapa taksa invertebrata, menunjukkan kemampuan organisme ini untuk mentransfer kontaminasi dari kompartemen abiotik (air, sedimen) ke rantai trofik. Invertebrata mewakili tingkat dasar rantai makanan akuatik; oleh karena itu, mereka dapat memainkan peran kunci dalam potensi biomagnifikasi kontaminan (Tasseli dkk., 2023).

Model akumulasi DDT dapat dilihat seperti berikut :



Gambar 1. Model akumulasi DDT pada manusia

Diklorodifeniltrichloroethane (DDT) adalah *organochlorine pesticide* (OCP) atau pestisida organoklorin yang diklasifikasikan sebagai *Polutan Organik Persisten* (POP). POP adalah sekelompok

senyawa organik yang tahan terhadap degradasi, dengan waktu paruh yang panjang. Kemampuannya untuk bioakumulasi melalui berbagai tingkat trofik, terestrial dan akuatik, dan potensinya untuk diangkut dalam jarak jauh melalui udara atau air, membuat mereka tidak bergerak, terutama karena sifat hidrofobiknya dan melalui proses yang dikenal sebagai *Long-Range Atmospheric Transport* (LRAT) atau Transportasi Atmosfer Jarak Jauh. Transportasi DDT ini juga diduga dipengaruhi secara langsung atau tidak langsung oleh perubahan suhu, kelembaban, radiasi matahari, dan kecepatan angin. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan iklim juga berperan dalam keberadaannya di lingkungan (Jones, dkk, 2023). DDT awalnya digunakan untuk mengobati penyakit yang ditularkan serangga seperti malaria dan tifus pada manusia, dan kemudian sebagai pestisida pertanian pada tahun 1940-an dan 1950-an. Karena efek lingkungan dan toksikologinya yang merugikan, dan persistensinya di lingkungan yang disebabkan oleh strukturnya yang stabil, penggunaan DDT dalam pertanian dilarang di AS pada tahun 1970-an, di Asia pada tahun 1980-an dan 1990-an, dan di seluruh dunia pada tahun 2001 oleh Konvensi Stockholm tentang POPs. DDT masih digunakan untuk mengendalikan penyakit yang ditularkan melalui vektor di Afrika Selatan, Uganda, Ethiopia, dan Kerajaan Eswatini. Namun, bahkan setelah penggunaannya secara luas dihentikan, DDT masih terdeteksi dalam jumlah toksik pada manusia dan hewan. Paparan DDT terjadi melalui berbagai jalur seperti inhalasi, konsumsi, dan kontak dengan kulit (Syed, dkk, 2023).

Badan Perlindungan Lingkungan atau *Environmental Protection Agency* (EPA) telah menyusun daftar polutan persisten, bioakumulatif, dan beracun atau *Persistent, Bioaccumulative, and Toxic pollutants* (PBT) yang menimbulkan ancaman bagi manusia dan ekosistem alami. Salah satu kelas senyawa dalam daftar PBT ini yang sangat bermasalah dalam sistem tanah adalah pestisida dan insektisida organoklorin. Pestisida terklorinasi, seperti DDT, dikenal karena afinitasnya terhadap substrat tanah nonpolar daripada kolom air polar di ekosistem alami. Oleh karena itu, pestisida ini cukup persisten di dalam tanah dan hampir inert terhadap degradasi alami, fisik, atau kimia, dalam beberapa kasus menimbulkan ancaman terhadap integritas ekosistem hingga tiga puluh tahun atau lebih. Jika terpapar pada mamalia, polutan ini akan tersimpan

dan terakumulasi dalam jaringan lemak organisme dan akan mengalami biomagnifikasi melalui rantai makanan (Tasseli, dkk, 2023). Banyak dari polutan ini terbukti atau mungkin bersifat karsinogenik, dan bukti yang terdokumentasi dengan baik tentang efek berbahaya pada satwa liar yang ada. Karena kombinasi sifat-sifat berbahaya ini, EPA telah melarang penggunaan semua polutan yang terdapat dalam daftar PBT. Meskipun pestisida ini tidak lagi disetujui untuk digunakan, masih banyak area bermasalah yang ada karena persistensi lingkungannya. Oleh karena itu, upaya remediasi tanah dengan menghilangkan polutan berbahaya dari matriks padat harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas ekosistem yang terganggu ini (Jones, dkk, 2023,; Khairuddin, dkk, 2021d)

Bioavailabilitas DDT dapat dikuantifikasi menggunakan *Biota Sediment Accumulation Factor* (BSAF) atau Faktor Akumulasi Sedimen Biota, yaitu rasio antara konsentrasi dalam biota dan dalam sedimen. Biasanya faktor ini dihitung untuk organisme yang hidup bersentuhan dengan sedimen, di mana partisi langsung terjadi antara sedimen dan organisme (Khairuddin, dkk, 2023). Untuk DDT, pendekatan ini telah digunakan untuk menilai potensi bioakumulasi polutan ini pada ikan di Sungai Cinca di Spanyol untuk menyoro dampak pabrik pembuatan dikofomol, tetapi juga pada kerang dan ikan di Sungai Oder di Polandia, di mana polusi ditentukan oleh pertanian intensif dan aglomerasi industri-kota besar yang terletak di daerah tangkapannya, serta beban polutan yang signifikan dari daerah industri misalnya di Republik Ceko dan Jerman. Pendekatan BSAF juga telah diterapkan di daerah pesisir, seperti di Korea, di mana DDT diukur pada kerang Manila (*Ruditapes philippinarum*) untuk memverifikasi keamanan konsumsi organisme ini di daerah tersebut. (Tasseli, dkk, 2023)

Studi menunjukkan bahwa paparan DDT dapat menyebabkan efek kesehatan yang merugikan pada manusia dan hewan dengan mengganggu kesuburan dan meningkatkan risiko terkena kanker (Magna, dkk, 2021). Dengan demikian, tujuan dari karya ini adalah untuk memberikan tinjauan komprehensif dari literatur yang tersedia untuk menilai kemungkinan dampak DDT dan metabolitnya pada kesehatan reproduksi wanita, yang menyebabkan infertilitas dan kanker. Tinjauan ini hanya mempertimbangkan studi in vitro yang telah menetapkan kemungkinan jalur untuk memahami bagaimana DDT memengaruhi

infertilitas wanita dan menyebabkan kanker reproduksi, bersama dengan studi epidemiologi yang secara khusus menargetkan paparan DDT pada wanita dari berbagai etnis untuk mengembangkan gambaran keseluruhan tentang masalah kesehatan reproduksi yang ada di berbagai negara (Syed, 2023).

Untuk menilai bioavailabilitas kontaminan bagi organisme akuatik, bioakumulasi pada invertebrata asli yang termasuk dalam kelompok taksonomi dan fungsional makanan yang berbeda dianalisis. Karakteristik spesifik spesies yang berbeda dapat memengaruhi bioakumulasi, seperti habitat pilihan organisme, makanannya, dan parameter lingkungan lainnya. Dalam penelitian yang dilakukan, analisis difokuskan pada empat taksa (Diptera, Heptageniidae, Baetidae dan Gammaridae) invertebrata benthik yang umumnya hadir dan melimpah di semua stasiun yang dipertimbangkan. (Tasseli, dkk, 2023).

Gambar berikut menunjukkan tentang model akumulasi logam Kadmium (Cd) yang berasal dari pupuk pertanian sampai menimbulkan penyakit tulang pada manusia.

Pengaruh Cadmium (Cd) pada manusia



Gambar 2. Model Akumulasi logam Cd

Unsur logam berat Cd yang memasuki lingkungan badan air, seperti danau, sungai, dam atau bendungan, dan juga teluk dengan mudah dapat mengalami akumulasi mengikuti trofik dari rantai makanan. Jika Cd ada dalam organ tubuh tanaman

air yang hidup di dalam sungai atau danau, lalu daun dan rantingnya gugur, maka akan didekomposisi oleh dekomposer. Bahan-bahan yang terurai kembali menjadi bahan organik akan mudah terikat bersama dengan berbagai logam berat seperti Cd, lalu bisa menjadi bahan endapan di sedimen perairan (Khairuddin dkk., 2021).

Logam Cd merupakan logam yang beracun, bersifat akumulatif pada organ tertentu dan sulit mengalami penguraian di dalam lingkungan. Unsur kadmium sebenarnya tidak terlalu diperlukan oleh tubuh manusia dan bahkan bisa keluar dalam bentuk feses dan urin, walaupun membutuhkan waktu yang lebih panjang. Kadmium bisa mengalami akumulasi di dalam organ tubuh dan beracun bagi tubuh. Unsur kadmium dapat berdampak merugikan dan cenderung menimbulkan kerusakan pada tulang manusia dan juga hewan (Khairuddin dkk., 2023).

Kerang merupakan bahan makanan yang berasal dari laut yang sering dikonsumsi oleh masyarakat. Walau berbagai jenis kerang mendapatkan makanan dengan cara melakukan penyaringan makanan (filter feeding), namun mampu mengakumulasi berbagai logam berat seperti Hg (Moodley dkk., 2021; Khairuddin dkk., 2018). Banyak penelitian yang dilakukan tentang unsur logam berat yang terkandung dalam tubuh kerang-kerangan. Logam Hg sudah terbukti ada pada kerang yang diambil dari beberapa lokasi di perairan teluk di Kabupaten Bima. Jenis-jenis kerang yang dimaksud yaitu kerang hitula (*Hiatula chinensis*) dan kerang darah (*Anadara granosa*), serta kerang (*Siliqua winteriana*). Kadar Hg di dalam organ tubuh kerang masing-masing sebesar 0,040 ppm untuk kerang darah, dan 0,017 ppm untuk kerang, serta 0,031 ppm untuk kerang hiatula (Khairuddin dkk., 2016). Selain pada kerang, logam berat juga ditemukan pada organ tubuh dari tanaman mangrove, yaitu unsur kadmium (Cd) ditemukan sebesar 0,27 ppm pada daun dan 0,25 ppm pada akar dari spesies *Sonneratia alba* (Khairuddin dkk., 2018). Selain itu, unsur Cd ditemukan sebesar 0,05 ppm pada daun dan 0,36 ppm pada akar dari spesies *Rhizophora apiculata* (Yamin dkk., 2017; Muslim dkk., 2022; Noviantika dkk., 2024).

Keberadaan logam berat sebagai polutan sudah secara signifikan dikenal dan memengaruhi kualitas lingkungan secara luas, oleh karena itu perlu diadakan pemantauan secara reguler (Khairuddin dkk., 2022). Manusia yang mengonsumsi air yang telah mengalami kontaminasi oleh berbagai unsur

logam berat seperti Hg, Cd dan Pb dapat berimplikasi terhadap derajat. Contohnya, unsur Hg dan Cd memiliki sifat persisten dalam lingkungan dan bisa mengalami penumpukan didalam tubuh ikan, sehingga berakibat pada munculnya kasus keracunan yang berasal dari makanan hasil laut pada masyarakat. Dampak lanjutan dari permasalahan kesehatan yaitu timbulnya berbagai jenis penyakit semisal penyakit saraf dan penyakit jantung, serta timbulnya kanker tulang dan ginjal (Solgi, dkk, 2021). Sementara, jika terjadi penumpukan logam berat lain seperti Pb di dalam tubuh makhluk hidup, dapat menurunkan fungsi kekebalan tubuh dan sistem sirkulasi. Dampak lainnya yaitu dapat menurunkan kegiatan yang berhubungan dengan sistem hormonal dan sistem enzimatis (Cahyani dkk., 2016). Logam Hg dan Cd, serta Pb, sebagai logam berat sudah dikenal secara umum sebagai unsur beracun (Khairuddin, dkk, 2024)

Cahyani dkk. (2016) melaporkan bahwa konsentrasi Hg yang ditemukan dalam daging ikan Rejung (*Sillago sihama*) sebesar 304,499-4535,221 ppb dan logam Cd sebesar 0,107-0,564 ppm. Penemuan ini memberi bukti bahwa proses akumulasi dalam tubuh ikan terjadi baik untuk Hg maupun untuk Cd. Peneliti lain, Zulfiah dkk. (2017), menginformasikan tentang temuannya yang berhubungan dengan logam Cu rata-rata sebesar 0,0882 mg/kg pada otot ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk). Adanya logam Cd di dalam perairan tambak bisa dipastikan berasal dari kebiasaan petani tambak yang menaruh pupuk dengan tujuan untuk menyuburkan ganggang sebagai fitoplankton (Septiani dkk., 2022; Khairuddin, 2025). Alga yang tumbuh subur menjadi makanan pokok dan sangat penting bagi ikan seperti ikan bandeng. Selanjutnya, dalam proses berikutnya, unsur logam Cd bisa masuk ke dalam berbagai makanan hasil dari laut (seafood) melalui alur rantai makanan (Khairuddin dkk., 2021).

Masyarakat petani secara umum tetap berkecenderungan untuk melakukan berbagai upaya untuk mendapatkan hasil yang meningkat dari setiap komoditas pertaniannya. Untuk itu, masyarakat petani senantiasa mengaplikasikan kegiatan pemberian pupuk. Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa dalam pupuk pospat terkandung logam Cu atau tembaga (Riani dkk., 2017). Makanan yang diperoleh dari perairan laut yang tercemar tembaga, seperti udang, ikan, dan kepiting, dapat terkontaminasi oleh logam tembaga atau Cu

(Yunanmalifah dkk., 2021; K. Khairuddin, 2025). Jika manusia mengonsumsi ikan dan kepiting yang terpapar Cu dalam konsentrasi tinggi dan mempunyai sifat karsinogenik, maka logam tembaga tersebut bisa masuk ke dalam organ tubuh manusia dan dapat memunculkan penyakit. Kasus seperti ini dapat terjadi pada logam berat lain seperti halnya Hg (Priyanto dan Ariyani, 2008; Budiman dkk., 2012; Hossain dkk., 2022).

Proses penumpukan unsur logam berat dalam tubuh makhluk hidup sangat berkaitan dengan suhu di lingkungan. Jika temperatur air makin naik, maka akan memberikan efek terjadinya akumulasi unsur logam berat di dalam organ tubuh dari organisme seperti kerang, cumi dan berbagai spesies ikan. Dengan naiknya temperatur, air dapat meningkatkan laju akumulasi dan tingkat keracunan atau toksisitas dari logam berat tersebut, seperti logam Hg dan Cd (Legiarsi dkk., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada temperatur 30^o °C, ikan yang terpapar unsur logam berat akan menumpuk unsur logam berat jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang terjadi pada temperatur atau suhu kamar (Soraya, 2012; Khairuddin dkk., 2021c). Peneliti lain memaparkan bahwa jika ada kenaikan suhu air, maka akan memberi pengaruh pada aktivitas organisme yang hidup di dalam badan air. Reaksi yang terjadi baik pada anabolisme maupun katabolisme fauna air akan mengalami peningkatan sejalan dengan meningkatnya proses metabolisme pada makhluk hidup yang ada dalam ekosistem akuatik (Khairuddin dkk., 2022; Sitorus, 2011).

Ganggang sebagai flora yang tumbuh dalam badan air merupakan makhluk hidup yang mempunyai kepekaan dan bersifat sangat sensitif bila terjadi perubahan kondisi lingkungan, mengingat banyak jenis alga merupakan makhluk hidup yang memiliki respons yang sangat cepat bila dibandingkan dengan respons yang terjadi pada manusia dan berbagai jenis hewan terhadap keadaan lingkungan yang kondisinya mengalami perubahan (Hastuti dkk., 2013; Solgi dkk., 2021). Sebagai puncak trofik dalam rantai makanan, manusia juga cenderung untuk melakukan akumulasi logam berat, misalnya logam Cd (Khairuddin dkk., 2022). Jika kadar Cd mengalami peningkatan yang signifikan, disertai juga dengan konsentrasi Cu yang sangat tinggi, maka bisa memberi dampak yang sangat negatif bagi makhluk hidup, baik manusia maupun berbagai spesies hewan, karena adanya sifat yang

karsinogenik dari berbagai jenis unsur logam berat. (Rochyatun, dkk. 2005; Rochyatun dan Rozak, 2007; Magna, dkk., 2021).

Hasil kajian Zulfiah, dkk, (2017), memaparkan tentang konsentrasi logam Cu dengan rerata 0,0882 mg/kg yang diperoleh dari sampel daging ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk). Kenyataan ini memberikan bukti bahwa spesies ikan Bandeng mampu melakukan akumulasi logam Cu dan Cd. Khairuddin dkk. (2021) melaporkan adanya kandungan logam tembaga sebesar rata-rata 27,3 % yang diperoleh dari dalam jaringan daging ikan bandeng (*Chanos-chanos*) yang sampelnya diperoleh dari perairan di Teluk Bima, Nusa Tenggara Barat. Hasil penelitian lain menunjukkan ditemukannya sejumlah logam berat dalam jaringan otot ikan bandeng (Khairuddin dkk., 2022; Purnomo dan Muchyiddin, 2007). Berbagai unsur logam berat bisa memberikan efek yang berbahaya terhadap kesehatan pada masyarakat (Agustina, 2010; Alshkarchy, dkk, 2021).

Pelaksanaan pelatihan dari kegiatan pengabdian ini telah terselenggara dengan baik. Hal ini bisa terjadi karena berbagai faktor, yaitu adanya faktor pendukung dan faktor yang menghambat. Faktor yang menghambat seperti kendala jarak, jadwal dan kesibukan proses belajar mengajar di sekolah telah teratasi dengan baik sehingga proses pelatihan dapat berlangsung. Pelatihan di SMPN 3 Palibelo Bima ini ditunjang oleh faktor pendukung, misalnya, siswa-siswi SMPN Palibelo adalah putra-putri dari masyarakat desa yang umumnya adalah petani. Dalam praktik pertanian sehari-hari, petani memanfaatkan pupuk untuk penyuburan tanaman pertaniannya. Dalam memberantas hama atau penyakit, biasanya petani menerapkan insektisida atau racun serangga, yang mengandung logam berat seperti Cd, dan Hg. Disamping itu, lokasi SMPN 3 Palibelo berbatasan langsung dengan sawah penduduk.

Lokasi SMPN 3 Palibelo yang sangat dekat dengan persawahan pertanian, dimana para petani senantiasa mengaplikasikan material beracun misalnya herbisida dan insektisida. Untuk membasmi jamur, petani menggunakan fungisida dalam aktivitas pertaniannya. Kejadian kontaminasi logam Hg di mana para petani senantiasa mengaplikasikan material beracun, misalnya herbisida dan insektisida, dalam organ tubuh manusia bisa berawal dari panen hasil pertanian dan dari hasil laut seperti udang dan ikan. Demikian

juga dengan kepiting yang memiliki potensi terkontaminasi logam berat, seperti yang dilaporkan oleh Khairuddin dkk. (2016) yang mengungkapkan bahwa “kerang yang berasal dari Teluk Bima sudah mengalami kontaminasi logam berat, misalnya Cd, Hg dan Pb”.

Adanya komunikasi yang baik dalam menjalin kerja sama antara kepala sekolah dan guru-guru di SMPN 3 Palibelo Bima dengan anggota tim pelatih dapat menjadi aspek pendukung dan pendorong tersendiri di dalam kegiatan pelatihan. Kegiatan pelatihan seperti ini dapat menjadi bentuk interaksi yang saling bermanfaat antara lembaga penghasil guru seperti FKIP Universitas Mataram dengan pemerintah daerah melalui lembaga pendidikan formal, misalnya SMPN 3 Palibelo Bima saat ini.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan pelatihan dan lancarnya kegiatan diskusi pada saat pelatihan berlangsung, maka dapat diformulasikan sebuah kesimpulan, yaitu: Ada peningkatan domain pengetahuan dan keterampilan yang berhubungan dengan akumulasi DDT dan logam Cd di dalam tubuh makhluk hidup dapat memperkaya aspek pengetahuan dari siswa-siswi SMPN 3 Palibelo Bima, yang membuat siswa dapat mengerti dengan baik tentang model dari bentuk akumulasi DDT dan logam Cd pada tubuh makhluk hidup dalam rutinitas hidupnya sehari-hari.

Saran

Sebagai saran yang bisa diberikan, yaitu penambahan pengetahuan dan keterampilan tentang model akumulasi DDT logam Cd dalam tubuh makhluk hidup pada siswa-siswi SMPN lain di Kecamatan Palibelo Bima dirasakan amat penting dilakukan. Oleh karena itu, pelatihan-pelatihan berikutnya disarankan untuk diselenggarakan pada SMPN lainnya di sekitar kawasan Teluk Bima dan/atau sekitar areal persahawanan yang ada.

Ucapan Terima Kasih.

Mengingat kegiatan pelatihan di SMPN 3 Palibelo Bima ini berlangsung dengan baik, maka tim pengabdian sangat merasa perlu untuk memberikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya

kepada berbagai pihak yang telah membantu. Dengan adanya sokongan dana dari Universitas Mataram dengan kontrak Nomor : 2521/UN18.L1/PP/2026 menjadi penentu terhadap kelangsungan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Ucapan terima kasih utama diberikan kepada Bapak Rektor Universitas Mataram. Terima kasih berikutnya disampaikan kepada Ketua Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Unram. Berikutnya disampaikan juga ucapan terima kasih yang sama kepada Dekan FKIP Universitas Mataram, Kepala SMPN 3 Palibelo, Kabupaten Bima, beserta guru-guru dan staf administrasinya. Lebih khusus kepada SMPN 3 Palibelo, Kabupaten Bima, disampaikan terima kasih karena telah menyediakan fasilitas **smart board** (papan pintar) dan sarana penunjang lain untuk kegiatan pelatihan dalam pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini. Terima kasih yang sama diberikan juga kepada mahasiswa yang ikut terlibat yang selalu memberikan bantuan dan menemani tim pengabdian guna melancarkan kegiatan dari tahap perencanaan sampai kepada tahap pelaksanaan serta evaluasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat tersebut.

Daftar Pustaka

- Agustina, T. 2010. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya Pada Kesehatan *Jurnal TEKNUBUGA*, 2(1), 53 – 65.
DOI:
<https://doi.org/10.15294/teknobuga.v1i1.6405>
- Alshkarchy, S.S.; Raesen, A.K.; and Najim, S.M. 2021. Effect of heavy metals on physiological and histological status in liver of common carp *Cyprinus carpio*, reared in cages and wild in the Euphrates River, Babil / Iraq. *5ISCESD 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 779 (2021) 012066, doi:10.1088/1755-1315/779/1/012066.
- Amriani., Hendrarto.B., dan Hadiyanto, A. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) Dan Kerang Bakau (*Polymesoda Bengalensis L.*) Di Perairan Teluk Kendari . *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol 9 (2): 45-50.
<https://doi.org/10.14710/jil.9.2.45-50>

- Atdjas, D, 2016. Dampak Kadar Cadmium (Cd) dalam Tubuh Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Daerah Tambak Muara Karang Teluk Jakarta Terhadap Kesehatan Manusia. <http://polapikirmalukutenggarabarat.blogspot.co.id/2008/03/dampak-kadar-cadmium-terhadap-kesehatan.html>, 10-4-2016
- Budiman, T.P., Dhahiyat, Y., dan Hamdani, H. 2012. Bioakumulasi logam berat Pb (Timbal) dan Cd (Kadmium) pada daging ikan yang tertangkap di Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol. 3 No. 4 Desember 2015: 261-270. <https://journal.unpad.ac.id/jpk/article/view/2569>
- Cahyani, N; Djamar T. F Lumban Batu, DTFLL; dan Sulistiono, 2016. Heavy Metal Contain Pb, Hg, Cd, and Cu in Whiting Fish (*Sillago sihama*) Muscle in Estuary of Donan River, Cilacap, Central Java. *JPHPI* 2016, Volume 19 Nomor 3: [267-276]. DOI: 10.17844/jphpi.2016.19.3.267
- Hastuti , E. D., Anggoro., dan Pribadi, R. 2013 Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak, Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. <http://eprints.undip.ac.id/40685/>
- Herman, D.Z , 2006. Tinjauan terhadap *tailing* mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 1 Maret 2006: 31-36. <https://media.neliti.com/media/publications/63989-ID-tinjauan-terhadap-tailing-mengandunguns.pdf>
- Hossain, M.B.; Tanjin, F.; Rahman, M.S.; Yu, J.; Akhter, S.; Noman, M. A.; dan Sun, J. 2022. Metals Bioaccumulation in 15 Commonly Consumed Fishes from the Lower Meghna River and Adjacent Areas of Bangladesh and Associated Human Health Hazards. *Toxics* 2022, 10, 139. <https://doi.org/10.3390/toxics10030139>: [1-18].
- Jones, A.D.; Morehead, A.T., Jr.; Yang, Y. Degradation and Extraction of Organochlorine Pollutants from Environmental Solids under Subcritical Water Conditions. *Molecules* 2023, 28, 5445. <https://doi.org/10.3390/molecules28145445>
- Khairuddin, Yamin, M, & Syukur, A. 2016. Analisis Kualitas Air Kali Ancar dengan Menggunakan Bioindikator Makroinvertebrata. *Jurnal Biologi Tropis*, 16(2). DOI: 10.29303/jbt.v16i2.220
- Khairuddin, Yamin, M., dan Abdul Syukur, 2018. Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove Sebagai Bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*, Januari-Juni 2018: Volume 18 (1) p-ISSN: 1411-9587 e-ISSN: 2549-7863: [69-79]. DOI: 10.29303/jbt.v18i1.731
- Khairuddin, Yamin, M., Kusmiyati dan Zulkifli., L. 2021a. Pengenalan Tentang Model Akumulasi Logam Berat Hg dan Cd dalam Jaringan Makhluk Hidup Melalui Pelatihan pada Siswa MTsN 1 Kota Bima. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, Vol. 4 no. 4. [232-240]. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v4i4.1102>
- Khairuddin, Yamin, M.; dan Kusmiyati, 2021b. Analysis of Cd and Cu Heavy Metal Content in Climbing perch (*Anabas testudineus*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(1) <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3105> : [186 – 193].
- Khairuddin, M. Yamin, dan Kusmiyati. 2021c. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) yang Berasal Dari Kampung Melayu Kota Bima. *J. Pijar MIPA*, Vol. 16 No.1, Januari 2021: [97-102]. DOI: 10.29303/jpm.v16i1.2257
- Khairuddin, M. Yamin, dan Kusmiyati. 2021d. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) yang Berasal Dari Kampung Melayu Kota Bima. *J. Pijar MIPA*, Vol. 16 No.1, Januari 2021: [97-102]

- Khairuddin, Yamin. M and Kusmiyati. 2022. Analysis of Cd and Cu Heavy Metal Content in Climbing perch (*Anabas testudineus*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency, *Jurnal Biologi Tropis*, Vol. 22 No.1: [186 – 193]. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3105>
- Khairuddin., Yamin, M, & Kusmiyati, 2023. Analysis of Mercury (Hg) Heavy Metal Content in Rice Snail (*Pila ampullacea*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 23 (2): 414 – 421 DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4875>
- Khairuddin, Yamin, M., dan Kusmiyati. 2024. Analysis of The Heavy Metal Cd Content in Ricefield Eel from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 1961–1968. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.7516>
- Khairuddin dan M. Yamin, 2025. Analisis of Lead Content in Rice Snail from Taliwang Lake. *Jurnal Biologi Tropis*, 25 (1): 1214 – 1222 DOI: <http://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8810>
- K. Khairuddin, M. Yamin, and K. Kusmiyati. 2025. “Analysis of Mercury Heavy Metal Content in Climbing perch fish (*Anabas testudineus*) from Rawa Taliwang Lake”, *J. Pijar.MIPA*, vol. 20, no. 4, pp. 725–730, Jun. 2025. <https://doi.org/10.29303/jpm.v20i4.7054>
- Legiarsi, K; Khairuddin, dan M. Yamin, 2022. Analysis of Cadmium (Cd) Heavy Metal Content in Headsnake Fish (*Channa striata*) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22 (2): 595 – 601
- Magna, E.K., Koranteng, S.S., Donkor, A., dan Gordon, C. 2021. Health Risk Assessment and Levels of Heavy Metals in Farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from the Volta Basin of Ghana. *Journal of Chemistry* Volume 2021, Article ID 2273327, <https://doi.org/10.1155/2021/2273327>
- Moodley, R;, Mahlangeni, N.T;, dan Reddy, P. 2021. Determination of heavy metals in selected fish species and seawater from the South Durban Industrial Basin, KwaZulu-Natal, South Africa. *Environ Monit Assess* (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09014-0> : [193-206].
- Muslim, B.; Khairuddin, M. Yamin, dan Kusmiyati, 2022. Analysis Of Heavy Metal Content Of Cadmium (Cd) in Milkfish (*Chanos chanos* Forsk) From Milkfish Farms in Bima Bay. *Jurnal Pijar MIPA*, Vol. 17 No.1, January 2022: 83-88. DOI: 10.29303/jpm.v17i1.3122
- Noviantika, D., Khairuddin, K., & Yamin, M. (2024). Measurement of Heavy Metal Mercury (Hg) Content in The Swamp Eel (*Monopterus albus*) as a Bioindicator from Lake Rawa Taliwang. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 1640–1647. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.7324>
- Priyanto, N., & Ariyani, F. 2008. Kandungan logam berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada ikan, air, dan sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 3(1), 69-78
- Purnomo, T. M., & Muchyiddin. 2007. Analisis kandungan timbal (Pb) pada ikan bandeng (*chanos chanos* Forsk.) di tambak Kecamatan Gresik. *Jurnal Neptunus*, 1(14), 68 – 77. <https://ojs.petra.ac.id/ojsnew/index.php/nep/article/view/16838>
- Riani, E; Johari, H.S; dan Cordova, M. R, 2017. Kontaminasi Pb Dan Cd Pada Ikan Bandeng *Chanos Chanos* Yang Dibudidaya Di Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 9, No. 1: 235-246. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1.17938>
- Rochyatun, E; Kaisupy M.T; dan Rozak, A. 2005. Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara, Sains, Vol. 10, No. 1, April 2006: 35-40.* <https://doi.org/10.7454/mss.v10i1.151>
- Rochyatun, E dan Rozak, A. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Makara, Sains, Vol. 11, No. 1, April 2007: 28-36.* DOI:10.7454/mss.v11i1.228
- Septiani, W; Khairuddin., dan Yamin, M. 2022. The Evidence of Cadmium (Cd) Heavy Metal in

- South Asian Apple snail (*Pila ampullacea*) on The Batu Kuta Village Narmada District. *Jurnal Biologi Tropis*, 22 (2): 339 – 344. DOI: 10.29303/jbt.v22i2.2586
- Solgi, E dan Mirmohammadvali, S. 2021. Comparison of the Heavy Metals, Copper, Iron, Magnesium, Nickel, and Zinc Between Muscle and Gills of Four Benthic Fish Species from Shif Island (Iran). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* (2021) 106: [658–664]. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03155-1>
- Sitorus, H. 2011. Analisis beberapa parameter lingkungan perairan yang mempengaruhi akumulasi logam berat timbal dalam tubuh kerang darah di perairan pesisir timur Sumatra Utara. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan* 19(1), 374 – 384. <https://media.neliti.com/media/publications/247856-analisis-beberapa-karakteristik-lingkung-567d56bb.pdf>
- Soraya, Y. 2012. Pengaruh temperatur terhadap akumulasi dan depurasi tembaga (Cu) serta kadmium (Cd) pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). (<http://www.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2012/07/25309305-Yara-Soraya.pdf>)
- Syed, S.; Qasim, S.; Ejaz, M.; Sammar; Khan, N.; Ali, H.; Zaker, H.; Hatzidaki, E.; Mamoulakis, C.; Tsatsakis, A.; et al. Effects of Dichlorodiphenyltrichloroethane on the Female Reproductive Tract Leading to Infertility and Cancer: Systematic Search and Review. *Toxics* 2023, 11, 725. <https://doi.org/10.3390/toxics11090725>
- Tasselli, S.; Marziali, L.; Roscioli, C.; Guzzella, L. Legacy Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) Pollution in a River Ecosystem: Sediment Contamination and Bioaccumulation in Benthic Invertebrates. *Sustainability* 2023, 15, 6493. <https://doi.org/10.3390/su15086493>
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Yusuf, R. 2008. Efek Toksik Logam. Andi, Yogyakarta
- Yoga, G.P dan Sadi, N.H. 2016. Kajian Awal Rute Paparan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Ikan Gabus di Danau Sentani Provinsi Papua. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MLI 2015*. Jakarta.
- <http://opac.lib.unlam.ac.id/id/opac/detail.php?q1=571.95&q2=Wah&q3=E&q4=->
- Yunanmalifah, M.A.; Khairuddin, dan M. Yamin, 2021. Analysis of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Milkfish (*Chanos chanos* Forsk) from Milkfish Farms in Bima Bay 2020. *Jurnal Biologi Tropis*, 21 (3): 778 – 782. DOI: 10.29303/jbt.v21i3.2907
- Yusuf, M dan Handoyo, G. 2004. Dampak Pencemaran Terhadap Kualitas Perairan dan Strategi Adaptasi Organisme Makrobenthos di Perairan Pulau Tirangcawang Semarang. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Maret 2004. Vol. 9 (1) : 12- 42. Jurusan Ilmu Kelautan-FPIK UNDIP, Semarang
- Zulfiah, A., Seniwati, S., & Sukmawati, S., 2017. Analisis Kadar Timbal (Pb), Seng (Zn) Dan Tembaga (Cu) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) Yang Berasal Dari Labbakkang Kab. Pangkep Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *As-Syifaa Jurnal Farmasi*, 9(1), 85-91. <https://jurnal.farmasi.umi.ac.id/index.php/as-syifaa/article/view/257>