



POLICY BRIEF

PERTANIAN, KELAUTAN, DAN BIOSAINS TROPIKA Vol. 5 No. 3 Tahun 2023

eDNA Sebagai Metode untuk Pemantauan
Biodiversitas di Kawasan Konservasi Laut Indonesia
secara efektif dan efisien

Penulis

Beginer Subhan¹, Davin H. E. Setiamarga^{2,3}, Dondy Arafat¹

¹ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

² Department of Applied Chemistry and Biochemistry, and Advance School of Environmental Engineering, National

³ Institute of Technology (KOSEN), Wakayama College, Wakayama, Japan

Ringkasan

Isu Kunci

- 1) Kawasan Konservasi Laut (KKL) Indonesia sampai saat ini sudah mencapai 30 juta hektar yang tersebar di seluruh kawasan perairan maritim Indonesia.
- 2) Pemantauan biodiversitas di KKL memerlukan waktu lama. Padahal, kegiatan pemantauan perlu dilakukan sesegera mungkin secara berkesinambungan dan berkala.
- 3) Metode eDNA adalah cara pemantauan non-invasif dan praktis lewat analisa DNA yang ada di dalam matriks lingkungan seperti air laut, dan merupakan metode terkini yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu pendekatan utama untuk pemantauan biodiversitas KKL Indonesia..

Rekomendasi

Pemerintah Indonesia perlu mendorong penggunaan teknologi environmental DNA (eDNA) sebagai metode utama dalam pemantauan biodiversitas di Kawasan Konservasi Laut (KKL) guna mengatasi tantangan logistik di wilayah yang luas dan beragam. Diperlukan investasi dalam pengembangan database eDNA nasional yang mencakup sekuens referensi spesies laut Indonesia dan pelatihan serta sertifikasi bagi para pemantau eDNA untuk memastikan kualitas data yang konsisten. Monitoring dengan eDNA dapat dilakukan secara rutin dan berkelanjutan di seluruh KKL untuk mengumpulkan data yang akurat dan mendukung pengamatan tren jangka panjang dalam keanekaragaman hayati laut. Selain itu, dukungan untuk penelitian lanjutan dalam identifikasi spesies baru dan pemahaman yang lebih dalam tentang ekologi laut Indonesia melalui teknologi eDNA juga perlu diberikan. Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, Indonesia dapat memperkuat upaya pelestarian keanekaragaman hayati lautnya secara efektif dan efisien, menjaga keberlanjutan ekosistem laut yang kaya dan unik di negara ini.

eDNA sebagai metode untuk pemantauan biodiversitas di Kawasan Konservasi Laut Indonesia secara efektif dan efisien

Pendahuluan

1. Kawasan Konservasi Laut di Indonesia

Dengan jumlah pulau sekitar 17,000, Indonesia adalah negara kepulauan tropis yang terbesar di dunia. Kondisi lingkungan ini membuat Indonesia memiliki ekosistem yang sangat beragam, yang kemudian menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki keanekaragaman hayati (biodiversitas) yang luar biasa, termasuk di lautnya. Sebagai contoh, sebagian besar wilayah Segitiga Terumbu Karang (the Coral Triangle) di Samudra Pasifik Selatan, yang merupakan daerah dengan tingkat keragaman hayati laut tertinggi di dunia, terletak di dalam perairan Indonesia. Daerah ini merupakan pusat keanekaragaman hayati laut, dengan jumlah spesies karang, ikan, moluska, krustasea, dll. yang sangat tinggi. Sayangnya, biodiversitas laut Indonesia menghadapi ancaman penurunan yang signifikan, dan bahkan kepunahan, akibat degradasi lingkungan, penangkapan ikan berlebihan, dan perubahan iklim.

Menyadari urgensi untuk melindungi kekayaan alam ini, pemerintah Indonesia telah mengambil langkah-langkah proaktif untuk melindungi biodiversitas laut. Salah satunya adalah dengan menetapkan Kawasan Konservasi Laut (KKL; Marine Protected Area = MPA), yang diharapkan dapat berfungsi sebagai zona di mana aktivitas manusia dikendalikan dan dibatasi, untuk meminimalkan dampak pada kehidupan laut. Melalui upaya kolaboratif yang melibatkan lembaga pemerintah, masyarakat lokal, dan organisasi konservasi (White *et al.*, 2021), Indonesia telah menciptakan jaringan lebih dari 411 KKL di seluruh kepulauannya, yang meliputi luas total hampir 30 juta hektar (Gokkon, 2023). Kelegalitasan penetapan dan pengelolaan KKL ini didukung oleh berbagai peraturan (Nugraha, 2022), seperti

Peraturan Presiden 32/1990, 56/2019, dan 34/2022. Komitmen Indonesia untuk melaksanakan konservasi laut ini sejalan dengan berbagai inisiatif internasional, seperti Inisiatif Segitiga Terumbu Karang (CTI-CFF) dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yang dicanangkan oleh PBB.

KKL yang ditetapkan di berbagai daerah ini, seperti misalnya Taman Wisata Alam Terumbu Karang Tubbataha dan Kepulauan Raja Ampat, berkontribusi penting pada pelestarian keanekaragaman hayati di tingkat ekosistem, karena berfungsi sebagai tempat berkembang biak dan tempat mencari makan bagi berbagai makhluk laut, yang juga berdampak menambah jumlah dan/atau pemulihan jumlah individu dari berbagai populasi bermacam spesies makhluk laut. Peraturan yang ketat tentang penangkapan ikan dan pariwisata mendorong pemulihan ekosistem, yang ujungnya berdampak pada peningkatan ketahanan iklim. Selain itu, KKL juga berfungsi sebagai laboratorium hidup untuk penelitian ilmiah, yang dapat menyumbangkan informasi untuk strategi konservasi berbasis informasi saintifik.

2. Pemantauan biodiversitas dalam KKL dan sebagian permasalahan yang dihadapi

Keberlangsungan dan keberhasilan KKL perlu dimonitor secara berkala dan teratur. Salah satu aspek yang perlu dimonitor adalah keragaman hayati, atau jenis dan jumlah spesies yang tinggal di dalam area yang ditetapkan sebagai KKL tersebut. Pemantauan keanekaragaman hayati dan spesies di Kawasan Konservasi Laut (KKL) meliputi penilaian kesehatan ekosistem dan pelacakan populasi spesies untuk memastikan apakah usaha konservasi yang dilaksanakan, efektif. Metode konvensional (Bianchi *et al.*, 2022) yang lazim digunakan dalam pemantauan adalah survei bawah air yang dilakukan oleh penyelam untuk

mendokumentasikan keanekaragaman dan kelimpahan spesies secara visual. Teknologi penginderaan jarak jauh, seperti citra satelit dan pemantauan akustik juga dilakukan untuk membantu menilai perubahan habitat dan keberadaan spesies. Penandaan dan pelacakan individu hewan memberikan wawasan tentang pola pergerakan dan perilaku. Data yang didapat dari upaya pemantauan ini akan memberikan masukan bagi pembuatan kebijakan dan strategi untuk pengelolaan KKL sebagai situs pelestarian kehidupan dan ekosistem laut.

Akan tetapi, kegiatan pemantauan ini menghadapi berbagai tantangan (Meilana *et al.*, 2023). Misalnya, area yang dicakup oleh satu KKL itu sangat luas. Sebagai contoh, Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) Taman Nasional Perairan (TNP) Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur, mencakup area seluas lebih dari 3,3 juta hektar (Hidayat *et al.*, 2015). Taman Nasional Wakatobi di Sulawesi, Indonesia, memiliki luas lebih dari 1,4 juta hektar (Ciputra, 2022), dan Taman Nasional Karimunjawa luasnya sekitar 111.000 hektar (Balai Taman Nasional Karimunjawa, 2022). Pemantauan komprehensif dan efektif untuk area yang begitu luas membutuhkan sumber daya yang besar dan dapat menyebabkan cakupan survei yang dilaksanakan tidak merata dan kurang akurat, misalnya dengan adanya potensi pengabaian area atau spesies tertentu. Memastikan pengawasan dan pengumpulan data yang efektif dan akurat di berbagai KKL yang cakupan areanya sangat luas ini menjadi rumit, sehingga diperlukan penentuan prioritas strategis dan pendekatan pemantauan yang inovatif untuk mengatasi keterbatasan sumber daya.

Sumber daya manusia (SDM) pemantau juga menjadi salah satu pembatas kegiatan pemantauan yang efektif, akurat, namun komprehensif. Akurasi dan konsistensi data dapat bervariasi karena perbedaan keterampilan dan pengetahuan, serta kondisi pengamat. Selain itu, pemantauan jangka panjang membutuhkan komitmen yang berkelanjutan, termasuk dari sisi pendanaan yang tidak sedikit. Gangguan dari

kejadian alami maupun aktivitas manusia, juga dapat mengganggu pengumpulan data.

Pembahasan

Mengatasi tantangan-tantangan ini sangat penting untuk memastikan bahwa upaya pemantauan secara cepat, akurat, efisien, dan efektif sehingga dapat mencerminkan keadaan yang tepat di setiap Kawasan Konservasi Laut (KKL), yang hasilnya bisa digunakan untuk memfasilitasi keputusan konservasi yang tepat.

Lewat makalah ini kami ingin mengajukan beberapa ide untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi dalam pemantauan dan pemantauan KKL di Indonesia. Kami berargumen bahwa teknologi *environmental DNA* atau eDNA sangat berpotensi untuk memecahkan masalah-masalah yang diajukan.

1. Mengenai metode *environmental DNA* (eDNA)

Metode *environmental DNA* (eDNA) adalah metode baru yang revolusioner dalam penelitian ekologi, yang menawarkan pendekatan non-invasif untuk mendeteksi spesies (Thomsen dan Willerslev, 2014). Metode ini berakar dari kemajuan analisa biologi molekuler dan genetika molekuler, serta genomika. Organisme secara konstan melepaskan materi genetik ke lingkungannya melalui kulit, kotoran, dan materi biologis lainnya. Dengan mengekstraksi dan menganalisa DNA yang tersebar di dalam matriks lingkungan dari habitat mahluk-mahluk ini (contoh: sampel eDNA dari sampel air, tanah, atau udara), para ilmuwan dapat melihat *snapshot* keberadaan dan keanekaragaman spesies di suatu tempat dan lokasi di suatu waktu, tanpa pengamatan langsung organisme yang terlacak dari sampel eDNA tersebut. Identifikasi makhluk di suatu ekosistem lewat eDNA dilakukan dengan menginterogasi *reference database* yang dibuat sebelumnya, dengan menggunakan data sekuens eDNA yang didapat sebagai *queries*. *Reference database* memuat sekuens referensi, yaitu kumpulan informasi genetik yang telah dikurasi dari berbagai organisme, yang dibuat sebelumnya.

Database ini berfungsi sebagai acuan untuk mencocokkan dan mengklasifikasikan DNA yang terdeteksi, untuk mengetahui mahluk si pemilik sekuens eDNA yang didapat. Teknik eDNA ini sangat revolusioner, karena memungkinkan surveyor untuk melakukan pemantauan keanekaragaman hayati dengan cepat, akurat, dan relatif murah. Informasi ekologis yang didapat pun dapat digunakan sebagai acuan dalam penilaian ekosistem akuatik yang dibutuhkan dalam penetapan kebijakan konservasi.

Mengingat ekosistem laut Indonesia yang sangat luas dan beragam, metode pemantauan tradisional untuk Kawasan Konservasi Laut (KKL) dapat menjadi sangat rumit secara logistik. Kerumitan ini dapat menyebabkan ketidakefektifan dan kurang efisien pemantauan KKL. Disini, eDNA dapat menjadi solusi yang ampuh, karena sifatnya yang cepat, mudah, murah, efisien, dan non-invasif, selain tidak membutuhkan keahlian taxonomik yang khusus dalam pengidentifikasian makhluk hidup. Hal ini memungkinkan si pemantau untuk mendeteksi spesies dan melakukan penilaian keanekaragaman hayati dalam berbagai ekosistem di dalam berbagai KKL secara komprehensif. Pendekatan ini meningkatkan kemampuan Indonesia untuk membuat keputusan konservasi yang tepat, memprioritaskan upaya pengelolaan, dan lebih memahami dinamika lingkungan laut dalam area luas secara menyeluruh.

2. Contoh kasus keberhasilan pemantauan biodiversitas lewat eDNA di Indonesia

Beberapa studi untuk memonitor keragaman hayati makhluk laut di Indonesia dengan menggunakan eDNA sudah dilaksanakan. Misalnya, studi yang dilakukan oleh Madduppa *et al.* (2021) di berbagai lokasi terumbu karang di Indonesia berhasil menunjukkan keragaman spesies invertebrata di ekosistem yang diuji. Gelis *et al.* (2021) melaporkan keragaman ikan terumbu karang di daerah KKL di sekitar Pulau Lombok. Dias *et al.* (2021) melakukan monitoring dengan berbagai metode berbeda, termasuk metode konvensional dan eDNA, di perairan Laut Banda. Hasil dari eDNA menunjukkan keberadaan beberapa makhluk yang tidak terdeteksi oleh

metode konvensional, termasuk adanya spesies invasif non-native di perairan tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Madduppa *et al.* (2022) yang menargetkan keragaman krustasea dekapoda menunjukkan adanya keragaman yang kaya di seluruh perairan Indonesia, selain adanya kemungkinan spesies kriptik yang belum dideskripsikan, yang tidak bisa terdeteksi hanya dengan metode monitoring konvensional. Contoh-contoh studi ini menunjukkan efektivitas dan efisiensi metode eDNA untuk menangkap keragaman yang sesungguhnya dalam pemantauan dan pemantauan keragaman hayati di perairan Indonesia, bahkan dalam cakupan wilayah yang luas. Hal ini juga dimungkinkan karena eDNA memungkinkan peneliti untuk mendapatkan dan menganalisa *big data* yang didapatkan langsung dari alam.

3. Rekomendasi Kebijakan:

- a. Penerapan Teknologi eDNA dalam Pemantauan Biodiversitas: Pemerintah Indonesia harus memperkenalkan dan mendukung penggunaan teknologi environmental DNA (eDNA) sebagai metode utama dalam pemantauan biodiversitas di Kawasan Konservasi Laut (KKL). Hal ini akan memungkinkan pemantauan yang lebih cepat, akurat, dan efisien, serta dapat mengatasi tantangan logistik yang sering dihadapi dalam pemantauan tradisional di wilayah KKL yang luas dan beragam.
 - b. Pengembangan Database eDNA: Pemerintah perlu berinvestasi dalam pengembangan database eDNA nasional yang komprehensif, yang mencakup sekuens referensi dari berbagai spesies laut Indonesia. Database ini akan menjadi acuan penting dalam mengidentifikasi spesies melalui analisis eDNA. Kolaborasi dengan lembaga penelitian dan universitas dalam pengembangan database ini dapat meningkatkan keberhasilan implementasi teknologi eDNA.
2. Pelatihan dan Sertifikasi Pemantau eDNA: Pemerintah harus mendukung program pelatihan dan sertifikasi bagi para pemantau

eDNA. Ini akan memastikan bahwa personel yang terlibat dalam pemantauan memiliki pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk mengumpulkan dan menganalisis sampel eDNA dengan benar.

3. Monitoring Terus-Menerus: Pemantauan dengan menggunakan eDNA harus dilakukan secara rutin dan berkelanjutan di seluruh KKL. Ini akan memungkinkan pengumpulan data yang konsisten dan pengamatan tren jangka panjang dalam keanekaragaman hayati laut Indonesia.
4. Penelitian Lanjutan: Pemerintah harus mendukung penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi spesies-spesies baru dan mendalamnya pemahaman tentang ekologi laut Indonesia melalui teknologi eDNA. Ini akan memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang ekosistem laut Indonesia dan membantu dalam pengambilan keputusan konservasi yang lebih baik.

Dengan menerapkan rekomendasi ini, Indonesia dapat memperkuat upaya pelestarian keanekaragaman hayati lautnya di Kawasan Konservasi Laut dengan cara yang lebih efektif dan efisien. Teknologi eDNA dapat menjadi alat yang kuat dalam menjaga keberlanjutan ekosistem laut yang kaya dan unik di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Balai Taman Nasional Karimunjawa. 2022. Statistik Balai Taman Nasional Karimunjawa Tahun 2022 (https://tnkarimunjawa.id/assets/filepublikasi/3/dokpublik_1678864307.pdf)
- Bianchi CN, Azzola A, Cocito S, Morri C, Oprandi A, Peirano A, Sgorbini S, Montefalcone M. 2022. Biodiversity monitoring in Mediterranean marine protected areas: Scientific and methodological challenges. *Diversity* 14(1): 43.
- Ciputra W. 2022. Taman Nasional Wakatobi: Sejarah, Ekosistem, dan Tempat Wisata di

Dalamnya. *Kompas* February 13, 2022 (<https://regional.kompas.com/read/2022/02/13/142404678/taman-nasional-wakatobi-sejarah-ekosistem-dan-tempat-wisata-di-dalamnya>)

Gelis ER, Kamal MM, Subhan B, Bachtiar I, Sani LM, Madduppa H. 2021. Environmental biomonitoring of reef fish community structure with eDNA metabarcoding in the Coral Triangle. *Environmental Biology of Fishes* 104: 887-903.

Gokkon B. 2023. Study: Indonesia's extensive network of marine reserves are poorly managed. *Mongabay* (<https://news.mongabay.com/2023/05/indonesia-maritime-marine-reserve-mpa-protected-area-management-funding/>)

Hidayat R, Widiyani D, Mayasari F, Simarangkir OR, Prabuning D, Aviandhika S, Fajariyanto Y, Purwanto. 2015. Monitoring Pemanfaatan Sumber Daya Laut Taman Nasional Perairan Laut Sawu. Oleh: Balai Kawasan Konservasi Perairan Nasional Kupang dan The Nature Conservancy - Indonesia Program (<https://www.ykan.or.id/content/dam/tnc/nature/en/documents/ykan/buku-dan-jurnal/iop/SOP-Sumber-Daya-Laut.pdf>)

Huhn M, Madduppa HH, Khair M, Sabrian A, Irawati Y, Anggraini NP, Wilkinson SP, Simpson T, Iwasaki K, Setiamarga DH, Dias PJ. (2020) Keeping up with introduced marine species at a remote biodiversity hotspot: awareness, training and collaboration across different sectors is key. *Biological Invasions* 22: 749-771.

Madduppa H, Cahyani NK, Anggoro AW, Subhan B, Jefri E, Sani LM, Arafat D, Akbar N, Bengen DG. 2021. eDNA metabarcoding illuminates species diversity and composition of three phyla (chordata, mollusca and echinodermata) across Indonesian coral reefs. *Biodiversity and Conservation* 30(11): 3087-3114.

Madduppa H, Sani LM, Nugroho KC, Bengen DG, Muchlisin ZA, Fadli N, Subhan B, Arafat D, Zamani NP, Sunuddin A, Ismet MS, et al. 2022 eDNA metabarcoding of decapod crustaceans across Indonesian seas has implications for biodiversity conservation and fisheries sustainability. *Frontiers in Marine Science*. 9: 918295.

Meilana L, Fang Q, Susanto HA, Widiastutik R, Syaputra DE, Ikhumhen HO, Sholihah R, Hakim A, Yang S, Liu Z. 2023. How Indonesian marine protected areas (MPAs) are doing: A management performance-based evaluation. *Biological Conservation*. 282: 110033.

Nugraha A. 2021 Legal analysis of current Indonesia's marine protected areas development. *Sriwijaya Law Review* 5(1): 14-28.

Thomsen PF dan Willerslev E. 2015. Environmental DNA—An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation* 183: 4-18.

White A, Rudyanto, Agung MF, Minarputri N, Lestari AP, Wen W, Fajariyanto Y, Green A, Tighe S. (2021) Marine protected area networks in Indonesia: Progress, lessons and a network design case study covering six eastern provinces. *Coastal Management*. 49(6): 575-59



Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika merupakan upaya mengantarmukakan sains dan kebijakan (science-policy interface) untuk mendukung pembangunan berkelanjutan yang inklusif. Media ini dikelola oleh Direktorat Kajian Strategis dan Reputasi Akademik (D-KASRA) IPB University. Substansi policy brief menjadi tanggung jawab penulis sepenuhnya dan tidak mewakili pandangan IPB University.

Author Profile



Beginer Subhan, Lektor di bidang Biosistemika, Biologi Laut, dan Penyelaman Ilmiah di Departemen Ilmu dan Teknologi, Fakultas Kelautan dan Ilmu Perikanan di IPB University. Bidang keahliannya adalah Biodiversitas laut dengan menggunakan pendekatan molekuler (DNA Barcoding, Metabarcoding dan eDNA), teknologi drone dan teknologi termutakhir lainnya.
beginersubhan@apps.ipb.ac.id



Davin H. E. Setiamarga, Associate Professor of Molecular Biology di National Institute of Technology (KOSEN), Wakayama College, Jepang. Bidang keahliannya adalah penelaahan biodiversitas dan lingkungan, dengan menggunakan penerapan metode biologi molekuler, genomika, dan pendekatan multi-omics dan museomics. Saat ini, makhluk yang menjadi target penelitian adalah hewan dan mikroorganisme, baik di laut maupun di darat.



Dondy Arafat, pengajar di Departemen Ilmu dan Teknologi Fakultas Kelautan dan Ilmu Perikanan di IPB University. Saat ini banyak melakukan penelitian biodiversitas laut di daerah terumbu karang dan Mesophotic Coral Ecosystems di Indonesia.



Telepon

+62 813 8875 4005



Email

dkasra@apps.ipb.ac.id



Alamat

Gedung LSI Lt. 1
Jl. Kamper Kampus IPB Dramaga
Bogor - Indonesia 16680