

IDENTIFIKASI MARKER ANTROPOSEN PADA ENDAPAN PESISIR MANGGAR KOTA BALIKPAPAN

Jamaluddin

Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

E-mail: Jamaluddin@stmigas.ac.id

ABSTRACT

This study analyzes Anthropocene indicators recorded in the sedimentological record of the Manggar coast, Balikpapan. The research aims to identify human-induced traces in the sediments, analyze the sedimentological and stratigraphic characteristics reflecting anthropogenic dominance, and evaluate the shift from natural processes to human-influenced ones. The methodology includes field surveys, sediment sampling, and geochemical analysis to detect anthropogenic elements such as heavy metals. Additionally, high-resolution satellite imagery and historical aerial photographs were used to monitor land-use changes and shoreline dynamics. The results show clear evidence of the Anthropocene in the sediments. Identified indicators include plastic fragments, and other anthropogenic artifacts mixed with biogenic and mineral materials. Geochemical analysis confirmed an enrichment of heavy metals (Pb, Cu, Zn) linked to human activities. Stratigraphically, coring profiles reveal varying layers and increased sediment heterogeneity due to anthropogenic input. Spatial data from 2015–2025 demonstrate accelerated sediment accretion and a decrease in vegetation, indicating a shift in coastal dynamics from being dominated by natural processes to being dominated by human influence.

Keyword: Anthropocene, Balikpapan, Heavy metal, Manggar Coast, Plastic.

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis indikator Antroposen yang terekam dalam rekaman sedimentologi di pesisir Manggar, Kota Balikpapan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi jejak aktivitas manusia pada sedimen, menganalisis karakteristik sedimentologi dan stratigrafi yang mencerminkan dominasi antropogenik, serta mengevaluasi perubahan dari proses alami menjadi proses yang dipengaruhi manusia. Metode yang digunakan mencakup survei lapangan, pengambilan sampel sedimen, dan analisis geokimia untuk mendeteksi unsur antropogenik seperti logam berat. Selain itu, citra satelit dan foto udara historis digunakan untuk memantau perubahan penggunaan lahan dan dinamika garis pantai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jejak Antroposen terlihat jelas dalam sedimen. Indikator yang ditemukan meliputi fragmen plastik dan artefak antropogenik lainnya yang bercampur dengan material biogenik dan mineral. Analisis geokimia juga mengonfirmasi adanya pengayaan logam berat (Pb, Cu, Zn) yang terkait dengan aktivitas manusia. Secara stratigrafi, profil coring menunjukkan variasi lapisan dan heterogenitas sedimen yang meningkat akibat input antropogenik. Data spasial dari 2015–2025 memperlihatkan percepatan akresi sedimen dan penurunan vegetasi, yang menunjukkan pergeseran dinamika lingkungan pesisir dari dominasi proses alami menjadi dominasi pengaruh manusia.

Katakunci: Antroposen, Balikpapan, Logam berat, Pesisir Manggar, Plastik.

PENDAHULUAN

Konsep Antroposen merujuk pada suatu epok geologi yang diusulkan untuk menandai periode ketika aktivitas manusia telah menjadi kekuatan dominan yang memengaruhi dan mengubah sistem Bumi secara signifikan. Dalam konteks ini, proses-proses antropogenik seperti industrialisasi, urbanisasi, pertanian intensif, eksploitasi sumber daya alam, serta emisi gas rumah kaca dianggap telah meninggalkan jejak yang dapat dikenali dalam catatan geologi (Little, 2023). Konsep Antroposen semakin banyak dibahas dalam kajian geologi kontemporer sebagai suatu era geologis baru yang ditandai oleh dominasi aktivitas manusia dalam membentuk perubahan lingkungan bumi (Little, 2023). Salah satu aspek penting yang digunakan untuk mengidentifikasi jejak Antroposen adalah rekaman sedimentologi, di mana proses sedimentasi alami mulai memperlihatkan modifikasi signifikan akibat campur tangan manusia (Mandang & Nur, 2017; Susyanto, 2018). Berbagai indikator seperti perubahan tekstur sedimen, kandungan material antropogenik (misalnya fragmen plastik, logam berat, dan sisa industri), serta pergeseran pola stratigrafi menjadi bukti adanya pengaruh aktivitas manusia yang terekam dalam catatan geologi (Any, 2017; Cordova, 2017; Ardan & Ghitarina, 2022).

Wilayah pesisir merupakan salah satu lingkungan yang paling rentan terhadap tekanan aktivitas manusia, baik melalui pembangunan infrastruktur, reklamasi, industri pesisir, maupun dinamika urbanisasi (CRMP, 2001; Irawan & Lily, 2013). Kota Balikpapan khususnya pesisir Manggar merupakan kawasan yang mengalami perkembangan pesat dengan intensitas aktivitas antropogenik yang tinggi mulai dari kegiatan pariwisata, transportasi laut, hingga ekspansi permukiman (Ardan & Ghitarina, 2022). Kondisi ini menjadikan kawasan tersebut relevan sebagai lokasi penelitian untuk menelaah sejauh mana indikator Antroposen terekam dalam sistem sedimentasi pesisir (Hidayat dkk., 2016; Suciaty dkk., 2019).

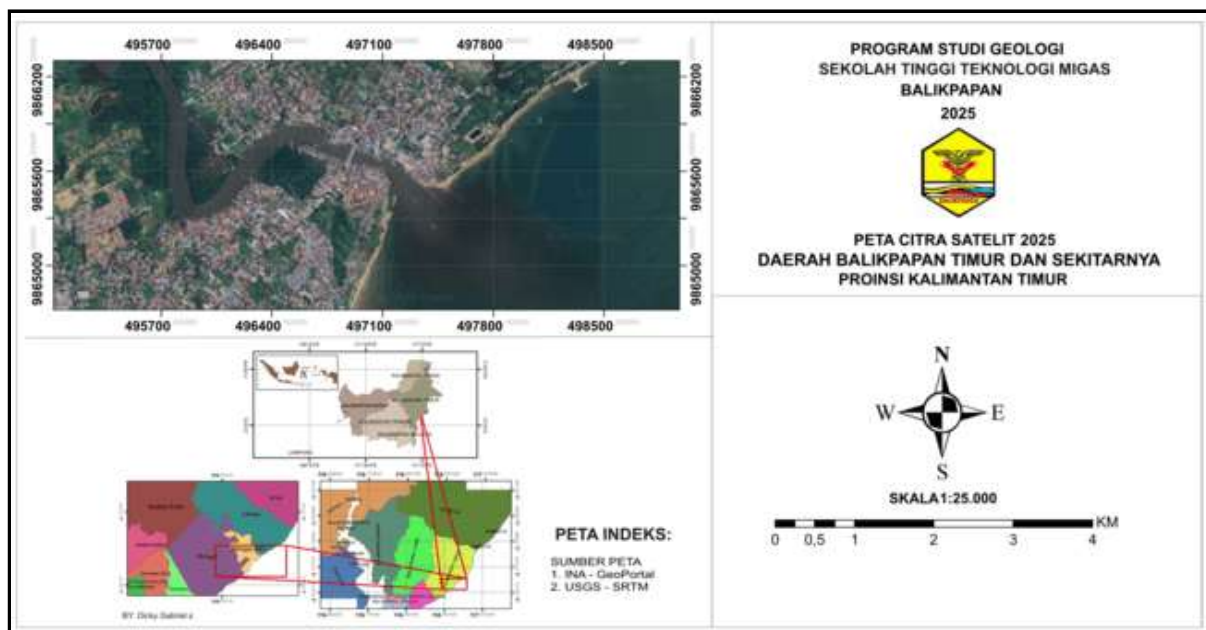
Permasalahan utama dalam penelitian ini terletak pada bagaimana aktivitas manusia meninggalkan jejaknya dalam rekaman sedimentologi pesisir Manggar, Kota Balikpapan. Meskipun proses sedimentasi alami masih berlangsung, pengaruh antropogenik seperti pembangunan infrastruktur, aktivitas pariwisata, dan ekspansi permukiman telah diduga kuat memodifikasi karakter endapan yang terbentuk (CRMP, 2001; Ardan & Ghitarina, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini berupaya menjawab pertanyaan pokok: (1) indikator Antroposen apa saja yang dapat dikenali pada sedimen pesisir Manggar; (2) bagaimana karakteristik sedimentologi dan stratigrafi endapan pesisir yang mencerminkan dominasi

aktivitas antropogenik; serta (3) sejauh mana perubahan dari proses sedimentasi alami menuju kondisi yang didominasi oleh faktor manusia dapat diidentifikasi melalui analisis sedimentologi.

Kajian sedimentologi pada pesisir Manggar diharapkan dapat mengungkap karakteristik dan distribusi endapan antropogenik, sekaligus memberikan gambaran mengenai perubahan proses sedimentasi alami menuju fase yang didominasi faktor antropogenik. Hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengayaan literatur mengenai Antroposen di Indonesia, tetapi juga memberikan dasar ilmiah bagi pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan. Dengan demikian, analisis rekaman sedimentologi pesisir Manggar berperan penting dalam memahami dinamika lingkungan modern sekaligus merekonstruksi jejak aktivitas manusia sebagai bagian dari evolusi geologi regional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan multidisiplin untuk mengidentifikasi indikator Antroposen dalam rekaman sedimentologi pesisir Manggar. Tahap awal meliputi pemetaan geologi dan stratigrafi wilayah penelitian melalui survei lapangan, pengambilan sampel sedimen di beberapa titik representatif sepanjang pesisir, serta pendokumentasian morfologi dan karakteristik fisik endapan. Selain itu, penelitian ini memanfaatkan analisis geokimia untuk mendeteksi unsur kimia dan anomali yang berkaitan dengan aktivitas manusia, seperti logam berat yang terkandung dalam sedimen.



Gambar 1. Lokasi pengamatan ditandai dengan simbol merah menunjukkan area penelitian.

Pendekatan ini memungkinkan identifikasi material yang tidak hanya bersifat alami tetapi juga antropogenik. Untuk mendapatkan pemahaman spasial dan temporal, penelitian juga menggunakan citra satelit resolusi tinggi dan foto udara historis untuk menilai perubahan penggunaan lahan, dinamika garis pantai, serta akumulasi endapan baru akibat aktivitas manusia (Gambar 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indikator antroposen yang terdapat dalam rekaman sedimentologi pesisir Manggar

Strand-plains di Manggar yang sebelumnya terbentuk terutama oleh proses deposisi alami, kini mengalami *overprint* antropogenik. Interaksi antara aliran sungai, gelombang, dan pasang surut masih berlangsung, tetapi pengaruh manusia mengubah pola distribusi sedimen dan struktur lapisan (Mandang & Nur, 2017; Susyanto, 2018). Material antropogenik menyebabkan heterogenitas sedimen meningkat yang menimbulkan perubahan granulometri, dan memodifikasi distribusi bahan organik (Any, 2017; Suciaty dkk., 2019). Fenomena ini menunjukkan bahwa sistem pesisir saat ini tidak lagi sepenuhnya alami, melainkan merupakan kombinasi proses geologi dan aktivitas manusia yang sejalan dengan konsep Antroposen (Cordova, 2017; Little, 2023).

Marker Antroposen pesisir Manggar di Kota Balikpapan menunjukkan dengan jelas adanya indikasi kuat aktivitas antropogenik yang terekam dalam lapisan sedimen. Pada Gambar 2a terlihat fragmen plastik yang bercampur dengan material yang terdapat pada pesisir. Kehadiran plastik di antara material alami ini menandakan adanya proses pengendapan material buatan manusia yang berpotensi membentuk horizon baru dalam stratigrafi pantai. Plastik dengan sifatnya yang sulit terdegradasi secara alami berpotensi bertahan lama dan menjadi penanda Antroposen di lingkungan pesisir. Gambar 2b memperlihatkan butiran pasir bercampur fragmen cangkang, koral, dan potongan kecil plastik. Hal ini menunjukkan bahwa mikroplastik dan fragmen sintesis telah masuk ke dalam siklus sedimentasi normal yang biasanya hanya didominasi oleh material biogenik dan mineral. Campuran ini mengindikasikan terbentuknya lapisan campuran biogenik–antropogenik yang khas dan berbeda dengan sedimen alami pada periode sebelumnya (Holosen). Dengan demikian, fragmen mikroplastik dalam pasir dapat dianggap sebagai indikator stratigrafi khas Antroposen.

Botol plastik yang terdeposit di atas permukaan pasir pantai mewakili bentuk artefak antropogenik makroskopis yang apabila terkubur dan terawatkan akan menjadi bukti jelas

aktivitas manusia dalam sistem geologi. Botol PET dan produk plastik sekali pakai lainnya berpotensi menjadi bagian dari arkeologi plastik masa depan sebagaimana dijelaskan dalam literatur mengenai penanda geologis Antroposen. Keberadaan artefak seperti ini membedakan lapisan sedimen pesisir modern dengan lapisan Holosen yang sepenuhnya terbentuk dari material alami (Gambar 2c). Akumulasi sampah di garis pantai, termasuk plastik, kain, dan limbah domestik lainnya menandakan bahwa pesisir Manggar telah mengalami tekanan lingkungan yang tinggi akibat aktivitas manusia. Dari perspektif sedimentologi, akumulasi sampah di zona intertidal dapat menjadi bagian dari rekaman stratigrafi yang membentuk horizon antropogenik. Material buatan manusia yang bercampur dengan sedimen alami dapat menghasilkan lapisan khas Antroposen, misalnya dalam bentuk *plastiglomerate*, yaitu gabungan plastik dengan pasir, kerikil, atau fragmen biogenik (Gambar 2d).



Gambar 2. Indikator Antroposen pada rekaman sedimentologi pesisir Manggar, Kota Balikpapan. (a) Fragmen plastik yang terdeposisi bersama kerikil dan material organik pada permukaan pantai; (b) Fragmen plastik berukuran kecil bercampur dengan pasir, cangkang, dan pecahan koral, menunjukkan integrasi material antropogenik dengan sedimen biogenik; (c) Botol plastik sebagai artefak makroskopis antropogenik yang berpotensi terekam dalam stratigrafi pesisir; (d) Akumulasi sampah domestik di zona intertidal yang membentuk horizon antropogenik khas Antroposen.

Secara keseluruhan, bukti visual dari gambar 2a-d tersebut menegaskan bahwa pesisir Manggar merupakan salah satu contoh nyata lingkungan pesisir yang kini mencatat jejak

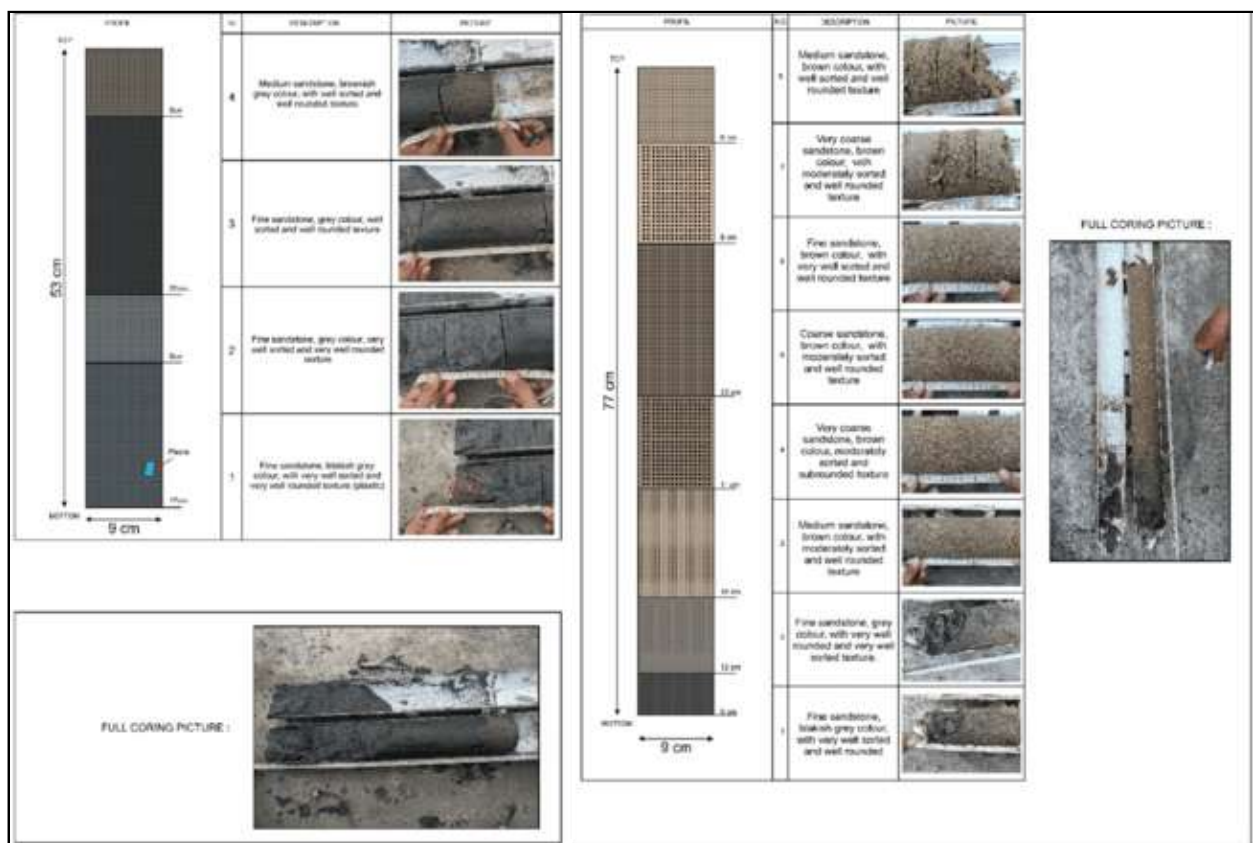
Antroposen. Kehadiran plastik, mikroplastik, botol, dan akumulasi sampah dalam sedimen menunjukkan pergeseran fundamental dalam proses sedimentasi, dari dominasi agen geologi alamiah (ombak, arus, sedimentasi biogenik) menuju dominasi input antropogenik. Dengan demikian, pesisir Manggar dapat dipandang sebagai arsip geologi kontemporer yang menyimpan penanda stratigrafi Antroposen, sekaligus memperlihatkan bagaimana aktivitas manusia secara nyata mengubah wajah lingkungan pesisir.

Karakteristik sedimentologi dan stratigrafi endapan pesisir

Profil stratigrafi pada coring 1 memiliki total ketebalan 53 cm dan lebar 9 cm. Profil ini menunjukkan empat lapisan sedimen yang berbeda, diidentifikasi dari bawah ke atas. Lapisan paling bawah (lapisan 1) setebal 17 cm, terdiri dari pasir halus berwarna kehitaman. Teksturnya terpilah baik dan butirannya membulat sempurna. Adanya plastik mengindikasikan adanya material asing atau kontaminasi di lapisan ini. Di atasnya, lapisan 2 (tebal 8 cm) adalah pasir halus berwarna abu-abu. Lapisan ini juga terpilah baik dengan tekstur butiran membulat sempurna. Lapisan ketiga (lapisan 3) yang tebalnya 26 cm adalah pasir halus berwarna abu-abu dengan karakteristik terpilah baik dan butirannya membulat sempurna. Lapisan ini merupakan lapisan tertebal dalam profil ini. Terakhir, lapisan teratas (lapisan 4) setebal 8 cm, terdiri dari pasir sedang berwarna kecoklatan dengan tekstur yang terpilah baik dan butiran membulat sempurna. Perubahan warna dari abu-abu menjadi kecoklatan dan ukuran butir dari halus menjadi sedang pada lapisan teratas bisa menunjukkan perubahan kondisi pengendapan atau sumber sedimen.

Profil *coring* kedua memiliki ketebalan total 77 cm dan lebar 9 cm. Profil ini lebih kompleks, terdiri dari delapan lapisan batuan yang diidentifikasi dari bawah ke atas. Lapisan paling bawah (lapisan 1) setebal 12 cm didominasi oleh pasir halus berwarna kehitaman. Karakteristik teksturnya sama dengan profil pertama: terpilah sangat baik dan butiran membulat sempurna. Di atasnya, lapisan 2 setebal 18 cm terdiri dari pasir halus berwarna coklat yang terpilah sangat baik dan butiran membulat sempurna. Lapisan 3 setebal 13 cm, adalah pasir sedang berwarna coklat dengan pemilahan moderat dan butiran membulat sempurna. Ini diikuti oleh lapisan 4 yang memiliki ketebalan 12 cm, terdiri dari pasir kasar berwarna coklat dengan pemilahan moderat dan butiran agak membulat (*subrounded*). Adanya butiran yang agak membulat menunjukkan bahwa material ini mungkin tidak mengalami transportasi sejauh material di lapisan lain. Lapisan kelima (lapisan 5) setebal 10 cm, terdiri dari pasir sedang berwarna coklat dengan pemilahan baik dan butiran membulat sempurna. Lapisan 6 (tebal 9 cm) dan 7 (tebal 9 cm) menunjukkan adanya fluktuasi ukuran

butir. Lapisan 6 adalah pasir halus berwarna coklat yang terpilah sangat baik dan butiran membulat sempurna. Sementara itu, lapisan 7 adalah pasir sangat kasar berwarna coklat dengan pemilahan moderat dan butiran membulat sempurna. Lapisan teratas (lapisan 8) setebal 6 cm, dideskripsikan sebagai pasir sedang berwarna coklat dengan pemilahan baik dan tekstur butiran membulat sempurna. Secara keseluruhan, profil kedua menunjukkan variasi yang lebih besar dalam ukuran butir dan tingkat pemilahan, mengindikasikan lingkungan pengendapan yang lebih dinamis atau perubahan sumber sedimen yang sering terjadi dibandingkan dengan profil pertama (Gambar 3).

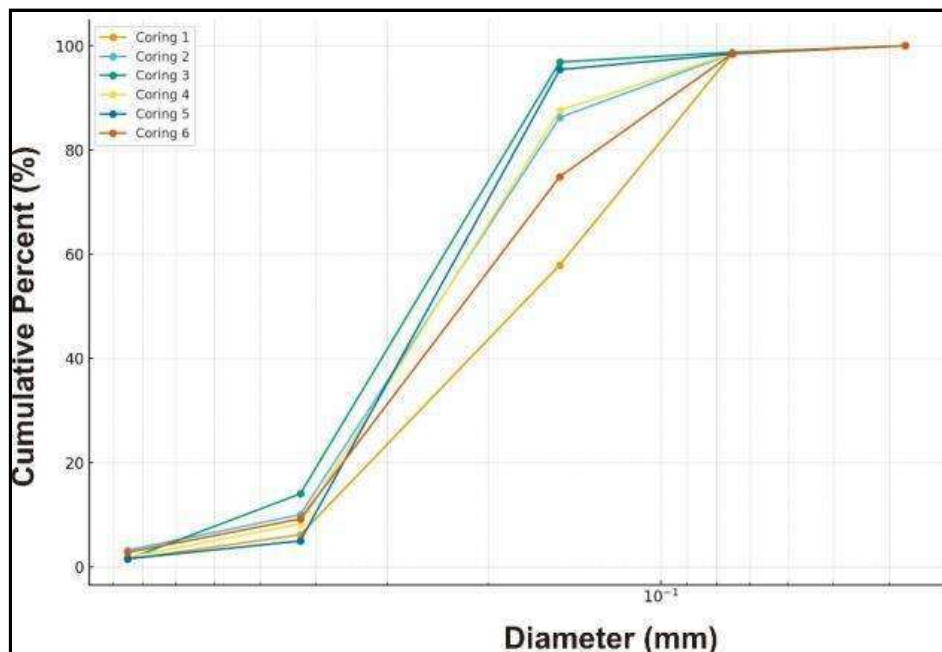


Gambar 3. profil stratigrafi yang mendokumentasikan susunan lapisan sedimen.

Analisis distribusi ukuran butir kumulatif dari enam titik coring di pesisir Manggar menunjukkan bahwa sedimen didominasi oleh fraksi pasir halus hingga sangat halus dengan sortasi yang relatif baik. Kurva kumulatif yang tajam dan unimodal mencerminkan kondisi pengendapan berenergi sedang hingga cukup tinggi, khas lingkungan pantai yang dipengaruhi oleh aksi gelombang. Perbedaan antar-coring terlihat pada proporsi butir yang lebih kasar pada C2–C4 dibandingkan C1 dan C6 yang cenderung lebih halus (Gambar 4).

Coring C2 hingga C4, dengan kecenderungan lebih kasar dan sortasi baik dapat diinterpretasikan sebagai endapan *foreshore* hingga *upper shoreface*. Zona ini merupakan area aktif yang dikontrol oleh *swash* dan *reworking* gelombang sehingga menghasilkan sedimen pasir yang homogen, terbandar baik, serta terdapat struktur laminasi silang. Sebaliknya, C1 dan C6 dengan dominasi butir lebih halus kemungkinan mewakili *backshore* rendah atau *tidal flat*, yakni lingkungan berenergi lebih tenang yang memungkinkan akumulasi butiran halus, organik, bahkan material antropogenik halus seperti mikroplastik.

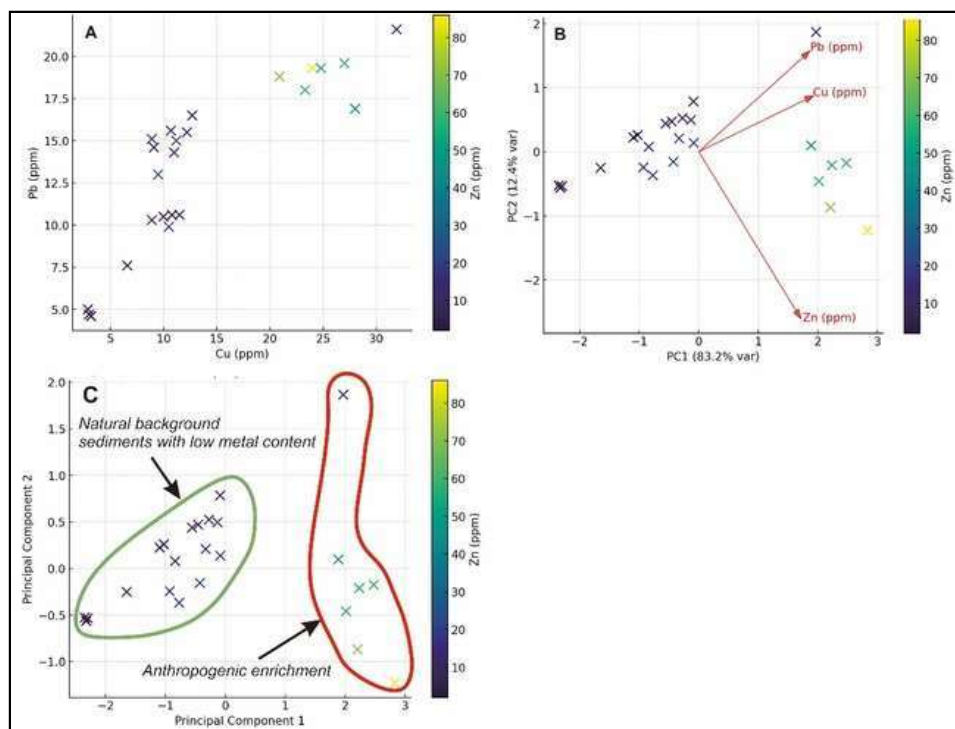
Sementara itu, C5 yang menunjukkan pola antara keduanya dapat diinterpretasikan sebagai fasies *berm* atau *upper foreshore transisional* yang berada pada zona peralihan antara daerah aktif gelombang dan daerah darat. Fasies ini biasanya terbentuk akibat proses deposisi cepat, seperti akumulasi material akibat badai atau *swash* yang intensif, sehingga terdapat campuran butir sedang dan halus. Secara lateral, variasi antar-coring menegaskan adanya zonasi fasies *strand-plain* khas pesisir yang dikontrol oleh energi gelombang, arus, serta suplai sedimen dari daratan. Secara vertikal, fasies ini berpotensi terekam sebagai urutan berlapis dengan pola *coarsening-upward* pada kondisi progradasi atau *fining-upward* pada kondisi transgresi.



Gambar 4. Kurva distribusi ukuran butir kumulatif dari enam sampel inti (Coring 1 hingga Coring 6)

Gambar 5a menunjukkan hubungan linear positif antara kandungan Pb dan Cu dengan variasi Zn yang ditunjukkan oleh skala warna. Titik-titik dengan konsentrasi logam rendah (Pb < 10 ppm, Cu < 10 ppm, Zn < 20 ppm) mewakili sedimen latar alami, sedangkan titik-

titik dengan konsentrasi logam tinggi ($Pb > 15$ ppm, $Cu > 15$ ppm, $Zn > 50$ ppm) mengindikasikan adanya pengayaan logam yang tidak alami (Any, 2017). Hal ini menunjukkan adanya distribusi heterogen logam berat di sedimen pesisir Manggar, yang dapat terkait dengan aktivitas antropogenik. Analisis *Principal Component Analysis* (PCA) menjelaskan 83,2% variasi total, sedangkan PC2 menjelaskan 12,4%. Vektor Pb , Cu , dan Zn mengarah ke sisi kanan plot menunjukkan bahwa variasi utama sedimen dikontrol oleh peningkatan konsentrasi logam berat. Posisi titik-titik yang tersebar di sepanjang arah vektor logam berat menegaskan adanya pengayaan logam akibat aktivitas manusia, sedangkan titik-titik di sisi kiri plot mewakili sedimen latar dengan kandungan logam rendah (Gambar 5b). Sedimen yang dikelompokkan sebagai pengayaan antropogenik memiliki konsentrasi logam berat lebih tinggi, menunjukkan akumulasi yang terkait dengan aktivitas manusia, seperti limbah industri, pelabuhan, dan urbanisasi pesisir (Gambar 5c). Data ini mendukung identifikasi indikator Antroposen dalam rekaman sedimen pesisir Manggar, Kota Balikpapan. Peningkatan konsentrasi logam berat (Pb , Cu , Zn) di sedimen menunjukkan pengaruh signifikan aktivitas manusia dalam beberapa dekade terakhir, yang tercatat dalam stratigrafi sedimen sebagai “*fingerprint*” antropogenik. Hal ini sejalan dengan konsep Antroposen, di mana aktivitas manusia meninggalkan tanda kimiawi yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan lingkungan pesisir akibat tekanan antropogenik.



Gambar 5. Analisis hubungan kandungan logam berat dalam sedimen pesisir Manggar, Balikpapan

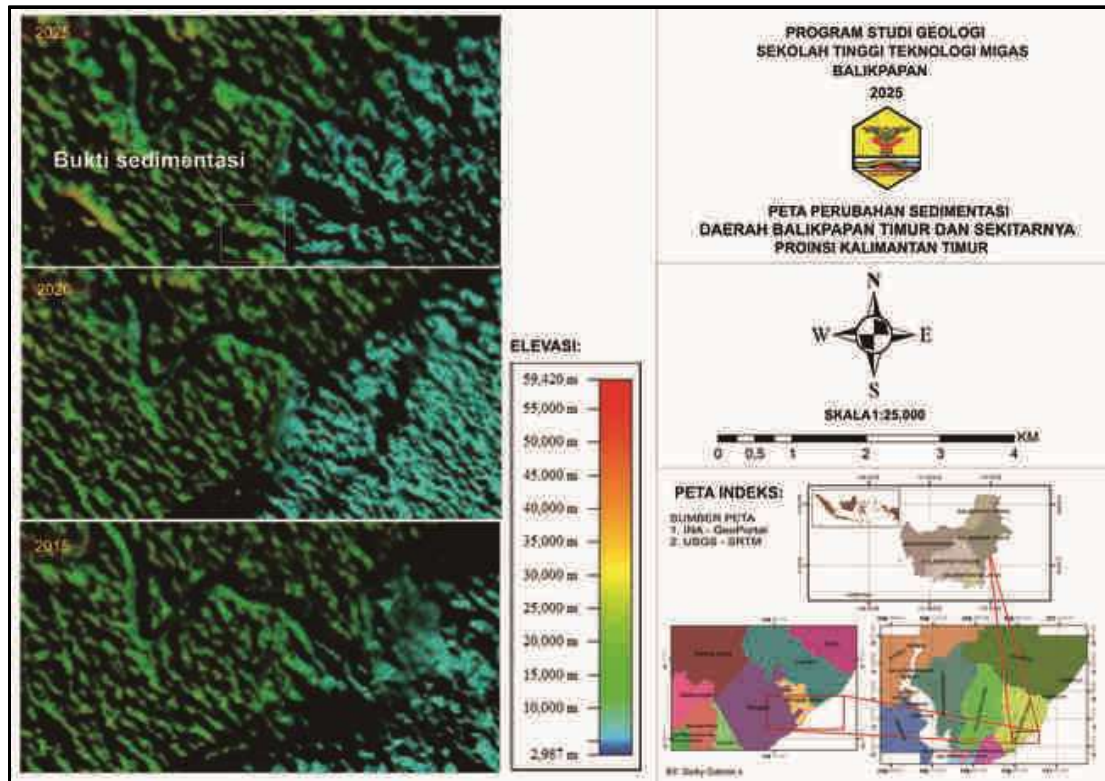
Dinamika perubahan lingkungan pesisir

Berdasarkan peta perubahan sedimentasi pesisir di wilayah Balikpapan Timur dan sekitarnya yang disajikan, terlihat dinamika lingkungan pesisir yang signifikan selama periode 2015 hingga 2025. Analisis spasial elevasi menunjukkan adanya akresi sedimentasi di beberapa area pesisir, yang terlihat dari meningkatnya elevasi permukaan laut atau akumulasi endapan baru pada citra tahun 2025 dibandingkan tahun 2015. Hal ini mengindikasikan proses progradasi pantai, di mana material sedimen diendapkan ke arah laut akibat interaksi aliran sungai, arus pasang surut, dan aktivitas manusia di pesisir (Sinaga dkk., 2013).

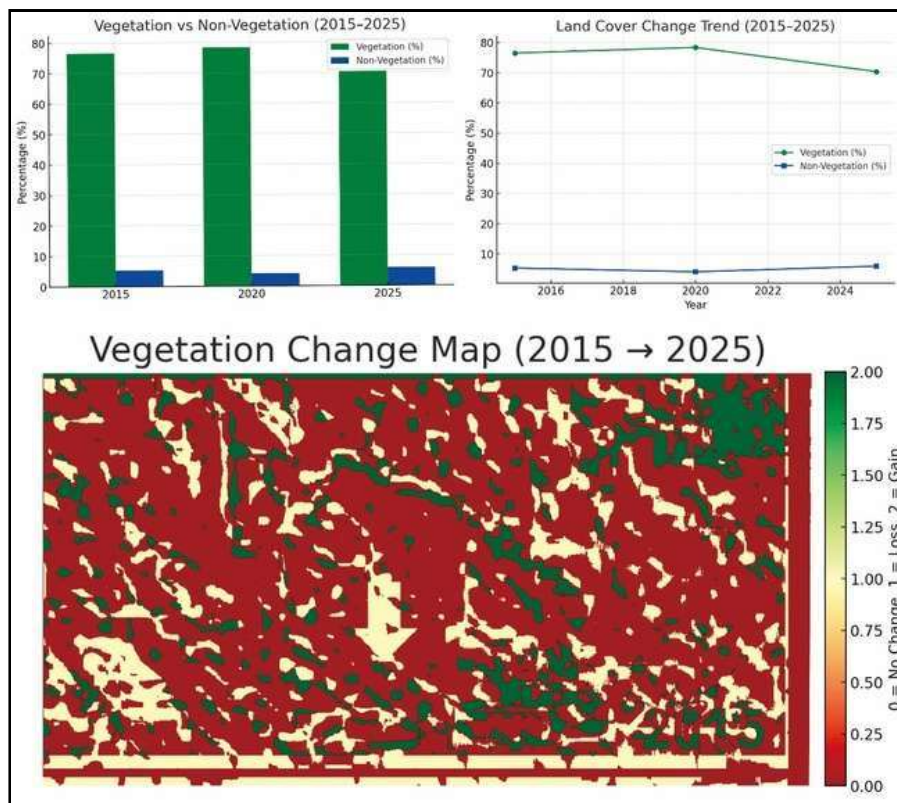
Pada citra tahun 2015, wilayah pesisir relatif homogen dengan pola aliran sedimen yang terdistribusi merata, sementara pada citra tahun 2020 terlihat adanya akumulasi sedimen yang lebih jelas di beberapa titik, kemungkinan akibat aktivitas antropogenik seperti reklamasi lahan, pembangunan dermaga, dan pengendapan limbah sedimen dari sungai. Kemudian pada 2025, peningkatan endapan sedimentasi lebih nyata di beberapa zona pesisir, menandakan percepatan akumulasi sedimen atau perubahan morfologi pantai akibat kombinasi proses alami dan pengaruh manusia. Fenomena ini dapat dikaitkan dengan meningkatnya intrusi antropogenik yang memengaruhi dinamika sedimentasi dan morfologi pesisir, sehingga membentuk ciri khas stratigrafi yang mencerminkan awal jejak Anthroposen (Gambar 6).

Dari perspektif sedimentologi, area yang mengalami peningkatan elevasi menunjukkan dominasi endapan pasir halus hingga lanau, sedangkan area yang relatif stabil cenderung memiliki sedimen yang lebih kasar atau berbatu. Proses ini juga dapat menunjukkan migrasi garis pantai ke arah laut, perubahan saluran aliran sungai kecil, serta pembentukan dataran baru akibat akresi sedimen. Perubahan ini memiliki implikasi ekologis dan sosial, termasuk pergeseran habitat mangrove, risiko banjir yang berbeda, dan dampak terhadap kegiatan ekonomi pesisir seperti perikanan dan transportasi laut. Dinamika ini mencerminkan interaksi kompleks antara proses alami—seperti pasang surut, gelombang, dan arus dasar—dengan tekanan antropogenik yang terus meningkat di wilayah pesisir Balikpapan Timur.

Berdasarkan analisis data dari 2015 hingga 2025, tren perubahan tutupan lahan menunjukkan dinamika yang signifikan antara area vegetasi dan non-vegetasi. Diagram batang dan garis memperlihatkan bahwa persentase area vegetasi cenderung tinggi, berada di kisaran 70–78%, dengan sedikit fluktuasi dari tahun ke tahun, sedangkan area non-vegetasi relatif stabil pada kisaran 5–7%. Hal ini mengindikasikan dominasi tutupan vegetasi dalam lanskap yang diamati, meskipun terdapat indikasi penurunan ringan pada tahun 2025.



Gambar 6. Peta dinamika perubahan sedimentasi di pesisir Balikpapan Timur dan sekitarnya (2015–2025) menunjukkan akumulasi sedimen dari waktu ke waktu.



Gambar 7. Analisis perubahan tutupan lahan vegetasi di wilayah studi periode 2015–2025. Grafik batang (kiri atas) menunjukkan perbandingan luas vegetasi dan non-vegetasi pada tiga titik waktu (2015, 2020, dan 2025), sedangkan grafik garis (kanan atas) menampilkan tren

perubahan persentase tutupan lahan.

Peta perubahan vegetasi menunjukkan distribusi spasial dari transformasi tutupan lahan (Gambar 7). Warna merah mewakili area yang tidak mengalami perubahan, kuning menunjukkan kehilangan vegetasi, dan hijau menandakan peningkatan atau regenerasi vegetasi. Dari peta tersebut, terlihat bahwa sebagian besar wilayah tetap stabil (merah), namun terdapat kantong-kantong signifikan yang mengalami kehilangan vegetasi (kuning) serta area terbatas yang menunjukkan peningkatan vegetasi (hijau). Pola spasial ini menunjukkan adanya fragmentasi vegetasi yang kemungkinan terkait dengan aktivitas manusia, perubahan penggunaan lahan, atau tekanan ekologis lainnya. Interpretasi ini sejalan dengan prinsip dasar monitoring tutupan lahan menggunakan citra satelit dan indeks vegetasi. Penurunan persentase vegetasi dan munculnya patch non-vegetasi dapat menjadi indikator awal tekanan lingkungan yang memerlukan perhatian dalam pengelolaan lahan lestari dan mitigasi degradasi ekosistem.

KESIMPULAN

1. Analisis rekaman sedimentologi secara visual dan kimiawi berhasil mengidentifikasi adanya material antropogenik yang terintegrasi dengan sedimen alami. Indikator ini mencakup keberadaan fragmen plastik, mikroplastik, botol, dan akumulasi sampah domestik di lapisan sedimen. Selain itu, ditemukan peningkatan konsentrasi logam berat (Pb, Cu, dan Zn) yang tidak alami, menandakan adanya pengayaan logam akibat aktivitas manusia seperti industri dan urbanisasi.
2. Karakteristik sedimentologi dan stratigrafi pada endapan pesisir menunjukkan adanya modifikasi yang signifikan dari kondisi alami sebelumnya. Profil stratigrafi dari coring sampel memperlihatkan variasi lapisan yang mencerminkan pengaruh manusia terhadap proses pengendapan. Analisis distribusi ukuran butir kumulatif juga menunjukkan adanya zonasi fasies yang dikontrol oleh energi gelombang, arus, dan suplai sedimen dari daratan, yang kini berinteraksi dengan masukan antropogenik. Kehadiran material buatan manusia dalam sedimen alami mengindikasikan pergeseran fundamental dalam proses sedimentasi.
3. Dinamika lingkungan pesisir dari tahun 2015 hingga 2025 menunjukkan perubahan yang signifikan, yang terekam dalam data geospasial. Terjadi akresi sedimentasi yang menyebabkan peningkatan elevasi di beberapa area, mengindikasikan proses progradasi pantai yang dipercepat oleh aktivitas manusia seperti reklamasi lahan dan pembangunan dermaga. Analisis perubahan tutupan lahan juga menunjukkan

penurunan vegetasi di beberapa titik, yang sejalan dengan tekanan lingkungan akibat aktivitas manusia. Fenomena ini mempertegas bahwa pesisir Manggar berfungsi sebagai arsip geologi kontemporer yang merekam evolusi lingkungan pesisir akibat pengaruh dominan dari aktivitas manusia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada tim Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, atas dukungan dan fasilitasi yang diberikan selama kegiatan penelitian, khususnya dalam pengambilan dan pengukuran sampel di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Any, G. (2017). *Kandungan logam berat Pb dan Cd pada air, sedimen, dan biota air di Muara Sungai Manggar Balikpapan*. Tesis Magister, Universitas Mulawarman.
- Ardan, A. R., & Ghitarina. (2022). Identifikasi sampah laut makro di Pantai Le Grandeur Kota Balikpapan Kalimantan Timur. *Tropical Aquatic Sciences*, 1(2), 16–22.
- Cordova, M. R. (2017). Pencemaran plastik di laut. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI, 42(3), 21–30.
- CRMP. (2001). Kajian erosi dan sedimentasi di DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur. Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi CRMP.
- Hidayat, A., Anugroho Dwi S., A., dan Ismunarti, D. H. (2016). Pemetaan batimetri dan sedimen dasar di perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Oseanografi*, 5 (2), 191–201.
- Irawan, A., & Lily, I. S. (2013). Karakteristik distribusi horizontal parameter fisika-kimia perairan permukaan di pesisir timur Balikpapan. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*.
- Little, D. I. (2023). Water tables and drainage characteristics of intertidal sediments: Lessons for (and from) oil spill response and remediation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 283, 108245. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108245>
- Mandang, I., & Nur, A. A. (2017). A numerical simulation of wave and sediment transport in the Balikpapan Bay, East Kalimantan, Indonesia. *In The 6th International Conference on Theoretical and Applied Physics (ICTAP) (AIP Conference Proceedings*, 1801, 070002, pp. 1–8). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.4973112>
- Sinaga, A. T., Satriadi, A., Hariyadi, H., & Novico, F. (2013). Pola Sebaran Sedimen

Tersuspensi Berdasarkan Model Pola Arus Pasang Surut Di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur, *Journal of Oceanography*, 2(3), 329-336.

Suciaty, F., Kemili, P., & Harkey, T. (2019). Studi distribusi partikel sedimen tersuspensi di Teluk Balikpapan dengan menggunakan pemodelan dispersal. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(3), 193–204.

Susyanto, M. (2018). Studi dinamika sedimen kohesif di perairan Teluk Balikpapan dengan menggunakan model numerik tiga dimensi. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 1(1).