Sebaran Substrat Dasar Perairan Berdasarkan Nilai Hambur Balik Hidroakustik Di Perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan

Roseani Baiti Rohmah*, Asep Ma'mun, Try Febrianto

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji
Jl. Politeknik Senggarang, Kota Tanjungpinang, Kepulauan Riau, 29111, Indonesia
Email: baitiroseani@gmail.com

Abstract

Distribution Of Water Bottom Substrate Based on Hydroacoustic Backscatter Value In The Waters Of Sei Enam, Bintan District

The use of hydroacoustic technology, namely single beam echosounder scientific Simrad EK15 for the measurement of bottom substrate in large area coverage and accurate data. The purpose of this study was to analyze the hydroacoustic backscatter value of bottom substrate, analyze the relationship between the size of the substrate fraction to the backscatter value and map the distribution of bottom substrate in Sei Enam waters, Bintan Regency. This research was conducted on May 29, 2024-December 2024. The results obtained substrate types with a percentage distribution of 46% gravel, 30% sandy gravel, 13% gravelly sand, and 10% slightly gravelly sand. The highest average surface backscattering strength value E1 on gravel ranged from -22.76 dB to -19.84 dB with an average value of E2 ranging from -40.53 dB to -33.34 and the lowest by slightly gravelly sand substrate ranging from -26.63 dB to -25.20 dB with an average value of E2 ranging from -42.54 dB to -29.43 dB. Based on simple linear regression analysis shows the results of a very strong relationship on the size of the diameter fraction with a roughness backscatter value of 0.900 and the size of the diameter fraction of the substrate has an 81,1% influence on the backscatter value, as well as on the size of the diameter fraction has a very strong relationship with hardness of 0.868 and the size of the diameter fraction has an influence of 75.4% on the backscatter value of hardness. In the distribution of substrates from the land direction, the dominant type of gravel substrate and the direction of open water is the type of slightly gravelly sand.

Keywords: *first reflection value; second reflection value; single beam echosounder*

Abstrak

Penggunaan teknologi hidroakustik yaitu *single beam echosounder scientific* Simrad EK15 untuk pengukuran substrat dasar perairan dalam jangkauan area luas dan data akurat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai hambur balik hidroakustik substrat dasar, menganalisis hubungan antara ukuran fraksi substrat terhadap nilai hambur balik dan memetakan sebaran substrat dasar di perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan. Penelitian ini dilaksanakan 29 Mei 2024-Desember 2024. Hasil penelitian memperoleh tipe substrat dengan sebaran persentase *46% gravel,* 30% *sandy gravel,* 13% *gravelly sand, dan* 10% *slightly gravelly sand*. Nilai *surface backscattering strength* rata-rata E1 yang tertinggi pada *gravel* berkisar -22,76 dB sampai -19,84 dB dengan nilai rata-rata E2 berkisar -40,53 dB sampai -33,34 dan terendah oleh substrat *slightly gravelly sand* berkisar -26,63 dB sampai -25,20 dB dengan nilai rata-rata E2 berkisar -42,54 dB sampai -29,43 dB. Berdasarkan analisis regresi linier sederhana menunjukkan hasil hubungan yang sangat kuat pada ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekasaran sebesar 0,900 dan ukuran diameter fraksi substrat memiliki pengaruh 81,1% terhadap nilai hambur balik, serta pada ukuran diameter fraksi memiliki hubungan yang sangat kuat dengan kekerasan sebesar 0,868 dan ukuran diameter fraksi memiliki pengaruh 75,4% terhadap nilai hambur balik kekerasan. Pada sebaran substrat dari arah daratan dominan tipe substrat *gravel* dan arah perairan lepas berupa tipe slightly *gravelly sand*.

Kata kunci: nilai pantulan kedua; nilai pantulan pertama; *single beam echosounder*

PENDAHULUAN

Perairan Sei Enam merupakan bagian dari wilayah pesisir Kabupaten Bintan yang memiliki peranan penting dalam mendukung aktivitas perikanan, menjadi habitat biota akuatik, serta berfungsi sebagai tempat berlabuhnya kapal-kapal transportasi. Aktivitas-aktivitas ini memberikan manfaat secara ekonomi dan sosial bagi masyarakat setempat. Namun, intensitas aktivitas manusia yang terus meningkat di kawasan ini dapat menimbulkan permasalahan lingkungan, salah satunya sedimentasi. Sedimentasi di perairan umumnya terjadi akibat gangguan fisik yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti penggundulan hutan, alih fungsi lahan, dan kegiatan di sekitar dermaga. Aktivitas ini menyebabkan peningkatan erosi yang berdampak pada masuknya material sedimen

*) Corresponding author
www.ejournal2.undip.ac.id/index.php/jkt
Diterima/Received : 18-02-2025, Disetujui/Accepted : 09-05-2025
DOI: https://doi.org/10.14710/jkt.v28i2.26009

ke dalam perairan (Dewi *et al*., 2020). Kondisi ini tidak hanya mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, tetapi juga dapat menyebabkan pendangkalan alur pelayaran perairan dan terganggunya aktivitas kapal (Nabila *et al*., 2021; Nisa et a., 2019). Pada hasil kajian Ma'mun *et al*., (2025) menunjukkan bahwa perairan Sei Enam memiliki konsentrasi partikel tersuspensi (TSS) yang tinggi pada kolom tengah hingga dasar perairan. Kandungan TSS yang tinggi ini dipengaruhi faktor hidrodinamika seperti arus dan pasang surut yang menyebabkan pergerakan substrat dasar menjadi lebih aktif. Tingginya konsentrasi TSS tersebut mengindikasikan terjadinya proses erosi dan pengikisan yang berpotensi memicu sedimentasi dan menurunkan kualitas dasar perairan (Sasmito *et al*., 2022).

Dengan adanya dinamika sedimentasi ini, maka diperlukan survei bawah laut dengan penelitian hidrografi untuk pengukuran substrat dasar. Pengukuran substrat dasar perairan yang akan mendeskripsikan sifat dan karakteristiknya. Salah satu metode pengukuran substrat yang digunakan adalah metode sieve analysis yang diperoleh dari mengambil sampel sedimen, melakukan pengayakan, dan mengklasifikasikan menggunakan diagram segitiga shepard (Nurainie & Wiyanto, 2021; Patiung, 2021). Namun, metode tersebut hanya mampu memberikan gambaran lokal titik tertentu sehingga kurang efisien untuk pengkajian skala luas.

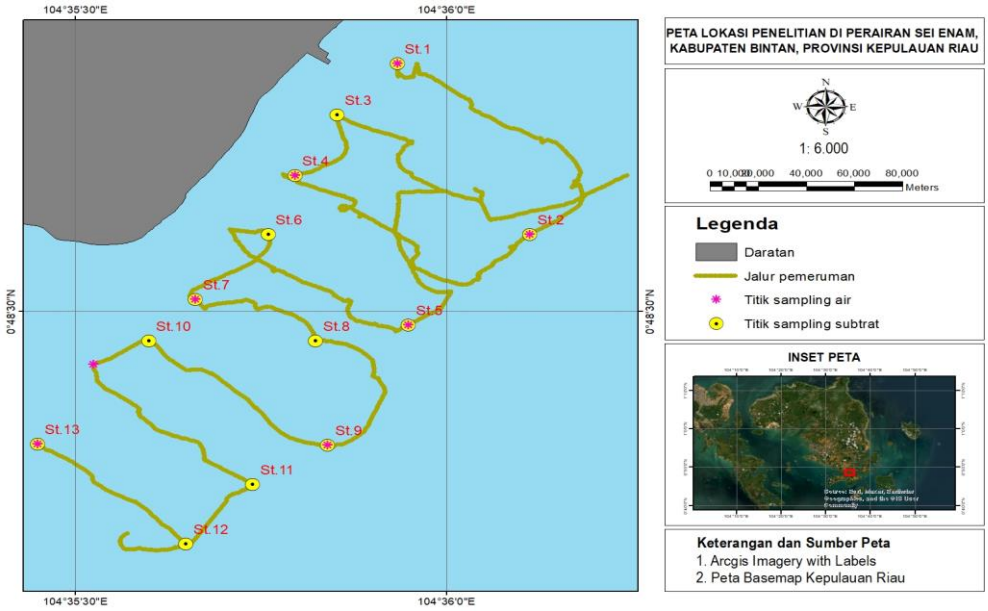
Pada penelitian hidrografi di area luas dan efisiensi penelitian, maka diperlukan teknologi yaitu, teknologi hidroakustik. Teknologi ini memanfaatkan gelombang suara untuk mengukur dan memetakan dasar perairan. Pengukuran substrat menggunakan teknologi ini melihat pantulan nilai hambur balik yang dipengaruhi oleh parameter fisik substrat yaitu pantulan pertama (E1) yang menggambarkan substrat dengan permukaan kasar sehingga dan pantulan kedua (E2) yang menggambarkan seberapa keras substrat dapat mempengaruhi suara (Hamuna *et al*., 2018, Ningsih *et al*., 2013; Pujiyati *et al*., 2010). Substrat yang lebih kasar dan keras cenderung menghasilkan nilai hambur balik (*backscatter*) yang lebih tinggi (Elson *et al*., 2022, Ningsih *et al*., 2021). Selain itu, nilai hambur balik yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh ukuran butiran substrat, di mana substrat dengan ukuran yang lebih besar menghasilkan pantulan yang lebih kuat dibandingkan sedimen halus seperti lumpur (Yustisia *et al*., 2023; Farihah *et al*., 2020).

Kondisi substrat dasar merupakan indikator penting dalam menentukan kerentanan suatu wilayah perairan terhadap sedimentasi. Substrat dengan karakteristik halus dan kasar rendah lebih rentan mengalami penumpukan sedimen baru yang dapat mengganggu ekosistem dasar dan aktivitas pelayaran. Berdasarkan pentingnya informasi substrat dasar dalam pengelolaan wilayah pesisir, maka penelitian ini bertujuan memetakan sebaran substrat dasar perairan dengan memanfaatkan teknologi hidroakustik di Perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan.

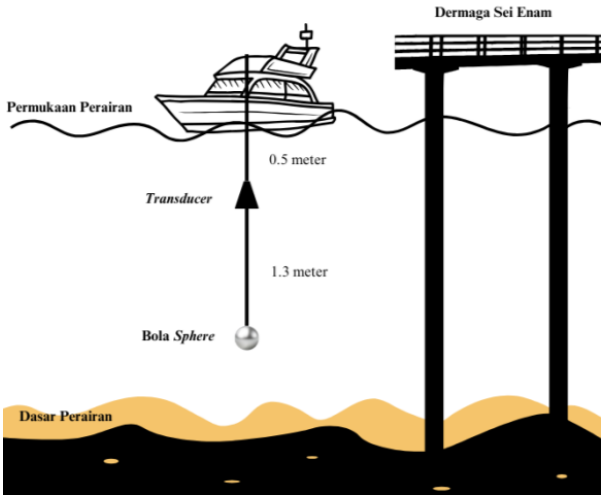
MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada 29 Mei 2024 hingga Desember 2024 di Perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau yang terletak pada titik koordinat Latitude 0°48'41.08"LU Longitude 104°35'38.90"BT. Lajur perum berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 76446:2010 terkait survei hidrografi menggunakaan single beam echosounder scientific dengan pola membujur dan melintang yang terdiri 13 stasiun data akustik sepanjang 1400 meter dengan jarak antar stasiun ±540 meter dalam posisi lajur membujur dan jarak ke samping 200 meter pada posisi lajur melintang. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

Metode penelitian dalam pengambilan data hidroakustik mengikuti lajur perum yang terdiri dari 13 stasiun menggunakan metode survei. Metode survei merupakan metode pengambilan data primer secara langsung dari lapangan (Siregar *et al*., 2020). Pengambilan data akustik dengan pemeruman menggunakan Single Beam Echosounder Scientific SIMRAD EK15 dengan melakukan proses kalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan bola *sphere*. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir terjadinya penyimpangan dalam pengukuran maupun perekaman data saat melakukan survei. Tahapan kalibrasi dapat dilihat pada gambar 2. Spesifikasi instrumen *single beam echosounder* SIMRAD EK15 yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Kalibrasi dengan bola *sphere*

Tabel 1. Spesifikasi instrumen *single beam echosounder* SIMRAD EK15

Parameter	Keterangan
Tipe *transducer*	*Single beam*
Frekuensi	200 kHz
Ping rate	50 Hz
Durasi pulsa (*Pulse duration*)	16 μs
Transmitted power	46.1 W
Lebar beam (*Beam width*)	28°
Kecepatan suara (*Sound speed*)	1549.45 m/s
Panjang pulsa suara (*Pulse length*)	0.160 m/s
Koefisien absorbsi (*Absorption coefficient*)	0.051240 dB/m
Transducer gain	14.200 dB

Sumber : Hamuna *et al.*, 2018

Pengolahan data hidroakustik menggunakan aplikasi ESP3 ver 1.52 dengan mengekstrak *file* *.*Raw* hasil pemeruman *single beam echosounder scientific* SIMRAD EK 15 di perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan untuk mendapat nilai hambur balik berupa E1 merupakan nilai hambur balik pertama yang menggambarkan kekasaran (*Roughness*) dan E2 merupakan nilai hambur balik kedua yang menggambarkan kekerasan (*Hardness*). Setelah data diekstrak, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu menggunakan data parameter perairan untuk mendapat hasil yang lebih akurat.

Nilai E1 dan E2 diperoleh dengan menerapkan batas intensitas hambur balik hidroakustik (*threshold*), yaitu antara minimal -50.00 dB dan maksimum -20.00 dB. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan *Elementary Sampling Distance Unit* (ESDU) sebesar 50 ping, hal diartikan data dianalisis berdasarkan setiap 50 pantulan sinyal untuk mendapatkan hasil yang konsisten. Ketebalan integrasi kekasaran (E1) dan kekerasan (E2) ditentukan berdasarkan ukuran alat pengambilan sampel sedimen yaitu, ekman *grab* yang memiliki ukuran sebesar 20 cm/0,2 meter. Hal ini dilakukan untuk memastikan kesesuaian *echogram* dalam pengaturan sistem ESP3 dengan pengambilan sampel sedimen dengan ekman *grab*, dimana ketebalan data yang dianalisis disesuaikan dengan kedalaman 0.2 meter. Setelah itu, menghasilkan nilai Sv yang kemudian diolah pada aplikasi microsoft excel dengan menggunakan rumus *surface backscatter strength* (SS) diperoleh dengan menghubungkan Sv dengan Ss (Manik *et al*, 2006) :

$$Sv=\frac{Ss\,\Phi}{\Psi\frac{c\tau}{2}}$$

Pada *peak bottom echo,* nilai integrasi $\Psi \approx \Phi$ sehingga persamaan (1) menjadi:

$$s = Sv\frac{c\tau}{2}$$

$$SS= 10 \log Ss$$

Dalam rumus ini, Sv merupakan *volume backscattering coefficient*, sedangkan *Ss* adalah *surface backscattering coefficient*. Simbol Φ menyatakan *instantaneous equivalent beam angle* untuk hamburan permukaan (*surface scattering*), dan Ψ adalah *equivalent beam angle* untuk hamburan volume (*volume scattering*). Parameter c menunjukkan kecepatan rambat suara di dalam air, sedangkan τ merupakan panjang pulsa (*pulse length*) dari sinyal akustik yang digunakan. Pengambilan sampel substrat dilakukan untuk menentukan tipe dan ukuran fraksi substrat dasar perairan. Pengambilan sampel substrat dilakukan menggunakan ekman grab yang diturunkan ke dasar perairan, pengambilan sampel tepat diambil pada bawah kapal sesuai titik stasiun. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 13 stasiun. Dalam penentuan stasiun pengambilan sampel sedimen menggunakan metode *purposive sampling* yang dilakukan agar sampel yang diambil dapat mewakili pada area luas yang bertujuan mendapatkan gambaran dari area sampling dengan pengambilan sampel pada titik tertentu (Abida *et al*., 2018). Selanjutnya analisis sampel sedimen menggunakan *sieve shaker* dilakukan di Laboratorium Kimia UMRAH Senggarang.

Pengolahan sampel sedimen dikeringkan kemudian diayak menggunakan *sieve shaker* sehingga dapat diidentifikasi tipe dan ukuran fraksi substrat di setiap stasiun untuk validasi hasil rekaman data hidroakustik. Sampel sedimen ditimbang sebanyak $\pm$ 150 gram berat kering kemudian disaring pada *sieve shaker* dengan ukuran diameter kisi saringan tertentu mulai dari yang kasar hingga yang halus selama $\pm$ 10 menit. Analisis substrat untuk penentuan tipe substratnya menggunakan gradistat. Rumus yang digunakan adalah *sieve analysis* :

$$\%berat=\frac{\text{berat fraksi i}}{\text{berat total sampel}}\times 100\%$$

Berat fraksi (i) adalah berat tiap-tiap fraksi ukuran butir (gram). Selanjutnya, menggunakan aplikasi microsoft excel untuk penentuan ukuran diameter rata-rata fraksi diperoleh dengan rumus (Pujiyati *et al*., 2010), sebagai berikut:

$$\text{Diameter rata-rata fraksi} = \frac{\sum D_i \times V_i)}{\sum V_i}$$

D_i adalah diameter ayakan pada fraksi ke-i dan volume fraksi ke-i, yang disimbolkan sebagai V_i, dihitung berdasarkan perbandingan antara W_i dan total berat seluruh fraksi W_{total},

$$V_i = \frac{W_i}{W_{total}}$$

W_i merupakan berat fraksi ukuran butir ke-i dan W_{total} adalah total berat dari semua fraksi. Nilai SS yang diperoleh dengan menggunakan ESP3 kemudian divalidasi dengan hasil sieve analysis dengan gradistat 8.0. yang berupa ukuran diameter fraksi. Kemudian kedua data dianalisis menggunakan SPSS untuk melihat hubungan rata-rata ukuran diameter butiran terhadap nilai hambur balik surface backscattering strength dari kekasaran (E1) dan kekerasan (E2) dengan menggunakan analisis regresi linier sederhana pada 13 sampel:

$$y = \text{a+bx}$$

Dalam uji regresi ini menguji dua variabel y yang terdiri dari y1 yang menggambarkan nilai hambur balik kekasaran (E1) dan y2 yang menggambarkan nilai hambur balik kekerasan. Adapun a adalah nilai konstanta, b adalah koefisien regresi, dan x adalah rata-rata ukuran diameter butiran (Siregar,2014). Kemudian, hasil uji yang didapatkan menentukan seberapa kuat dan arah hubungan linier antara rata-rata ukuran diameter butiran terhadap nilai hambur balik surface backscattering strength dari kekasaran (E1) dan kekerasan (E2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai *Surface backsacttering strength*(SS) dilihat dari pantulan pertama yang berupa kekasaran (E1) dan pantulan kedua yang berupa kekerasan (E2). E1 menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan E2. Hal ini dikarenakan E1 merupakan pantulan dari dasar perairan kemudian langsung diterima oleh *transducer* sehingga nilai E1 sebagai penentuan tipe substrat, sedangkan E2 pantulan dari dasar perairan kemudian mengalami beberapa refleksi baru diterima lagi ke *transducer* (Hamuna *et al*., 2018). Grafik persentase tipe substrat berdasarkan nilai E1 surface backscattering strength (SS) dapat dilihat pada Gambar 3.

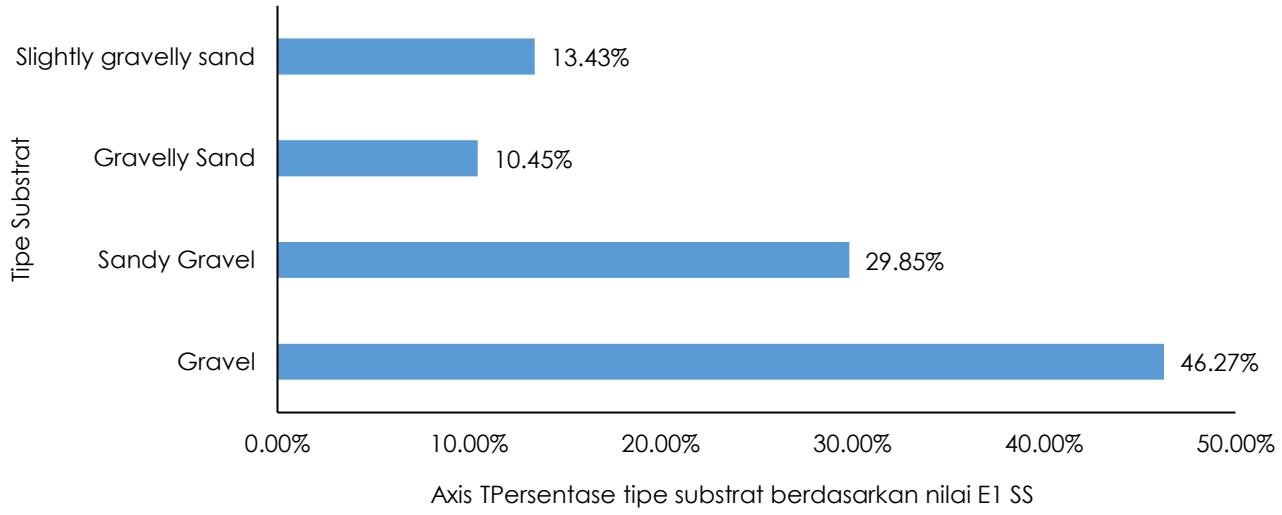
Berdasarkan gambar diatas hasil analisis surface backscattering strength (SS) seluruh file *.raw* per 50 ping dalam keberadaan persentase setiap tipe substrat menunjukkan bahwa tipe substrat *gravel* mendominasi di Perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan sebanyak 46,27%, tipe substrat *sandy gravel* sebanyak 29,85%, tipe substrat *gravelly sand* sebanyak 10,45% dan tipe substrat slightly *gravelly sand* 13,43%. Tipe substrat yang ada juga dihasilkan oleh penelitian Setyanto *et al*., 2022 di Perairan Bintan Selatan ditemukan substrat perairan dasarnya berupa kerikil, kerikil pasiran, pasir kerikilan, pasir sedikit kerikilan dan pasir.

Dari persentase tipe substrat *gravel* memiliki selang rata-rata nilai kekasaran (E1) berkisar antara -22,76 dB sampai -19,84 dB dan kekerasan (E2) berkisar -40,53 dB sampai -33,34 dB. Tipe substrat *gravel* memiliki nilai surface backscattering E1 yang tinggi dikarenakan dominan kerikil yang memiliki tekstur yang kasar dan ukuran diameter butiran fraksi yang besar. Menurut Manik (2015), ukuran butiran substrat yang besar dapat meningkatkan kekasaran dan kekerasan substrat dasar perairan dan ukuran substrat kecil menghasilkan nilai hambur yang rendah. Nilai hambur balik yang dipantulkan rendah diduga dipengaruhi oleh kondisi perairan, posisi substrat, dan kondisi substrat yang dapat menyebabkan terjadinya pantulan gelombang suara yang kembali kurang maksimal, khususnya pada E2 (hamuna *et al*., 2025). Substrat keras seperti kerikil, pasir, dan karang masif menghasilkan nilai pantulan tinggi pada E1, tetapi jika substrat tidak cukup padat atau memiliki porositas yang tinggi, maka energi hambur balik pada E2 akan menurun secara signifikan (Hamuna

et al., 2025; Papenmeier *et al*., 2020). Tingkat densitas dan porositas substrat memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan pantulan akustik, substrat dengan densitas tinggi dan porositas rendah cenderung menghasikan E2 yang lebih kuat, sedangkan substrat lunak dan berposi menghasilkan pantulan lemah (Lazuardi *et al*., 2025). E2 yang tinggi berasal dari substrat yang keras dan E2 yang rendah berasal dari substrat yang lunak. Pada penelitian Hamuna *et al*., 2018, menghasilkan tipe substrat karang yang memiliki nilai hambur akustik tinggi.

Tipe substrat *Sandy gravel* memiliki selang rata-rata nilai kekasaran (E1) berkisar antara -23,67 dB sampai -22,67 dB dan kekerasan (E2) berkisar -40,36 dB sampai -34,74 dB. E1 pada tipe substrat *sandy gravel* berbeda tipis dengan tipe substrat *gravel* hal ini dikarenakan komposisi utamanya kerikil tetapi terdapat sedikit pasir. Nilai E2 tipe substrat *sandy gravel* juga menunjukkan tingkat kekerasan yang berbeda tipis dengan tipe substrat *gravel*. Tipe substrat *gravelly sand* memiliki selang rata-rata nilai kekasaran (E1) berkisar -25,15 dB sampai 23,93 dB dan kekerasan (E2) berkisar -41,08 sampai -31,58. Tingkat kekasaran (E1) yang dimiliki tipe substrat *gravelly sand* mulai menurun dikarenakan komposisi utamanya adalah pasir yang masih ada kerikil, memiliki tekstur kasar tetapi, ukuran diameter butiran fraksi yang lebih kecil dibandingkan dengan kerikil, maka tingkat kekerasan dimiliki tipe substrat *gravelly sand* juga menurun. Tipe substrat *slightly gravelly sand* memiliki selang rata-rata nilai kekasaran (E1) terendah, yaitu memiliki kisaran -26,63 dB sampai -25,20 dB dan kekerasan (E2) berkisar -42,54 dB sampai -29,43 dB. Komposisi substratnya dominan pasir dengan sedikit kerikil, sehingga yang terpantul dan terbaca pada echogram diduga berupa pasir. Namun, kekerasan yang dipantulkan beberapa menghasilkan pantulan tinggi ini dipengaruhi kondisi perairan saat pemeruman (Farihah *et al*., 2020). Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa substrat pasir menunjukkan nilai hamburan balik yang lebih tinggi dibandingkan dengan substrat lumpur karena kekasaran, kekerasan, dan ukuran butiran yang lebih besar (Hamuna *et al*., 2018; Ningsih *et al*., 2013; Pujiyati *et al*., 2010). Karakteristik ini dapat berkontribusi pada perbedaan hamburan balik kerikil, pasir, dan lumpur. Nilai hambur balik selain dipengaruhi ukuran butiran juga dipengaruhi morfologi dasar laut, relief, variasi peralatan dan frekuensi yang digunakan (Elson *et al*., 2022). Adapun penelitian telah menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi yang digunakan dalam pengukuran akustik maka semakin rendah nilai hamburan balik permukaan (Manik *et al*., 2006).

Selanjutnya sampel sedimen yang telah diambil dari 13 stasiun dilakukan pengukuran di Laboratorium menggunakan sieve shaker dan dianalisis menggunakan gradistat 8.0 berfungsi sebagai data validasi hasil pemeruman akustik. Gradistat menganalisis berdasarkan ukuran butir fraksi dan komposisi ukuran butir. Ukuran butir fraksi dan persentase fraksi substrat dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. persentase tipe substrat

Hasil dari Tabel 2. yang terdiri 13 stasiun tersebut yang menunjukkan adanya empat klasifikasi tipe substrat yaitu *gravel*/kerikil sebanyak 4 stasiun, *sandy gravel*/kerikil berpasir sebanyak 6 stasiun, *gravelly sand*/pasir berkerikil sebanyak 2 stasiun, serta slightly *gravelly sand*/pasir dengan sedikit kerikil ada 1 stasiun. Tipe substrat ditentukan dari ukuran diameter fraksi, perbedaan tipe substrat terjadi dikarenakan adanya komposisi antara substrat kerikil dengan pasir mana yang lebih banyak persentasenya. Ukuran diameter butiran >2 mm dan komposisi substrat kasar 50% adalah mekanisme transportasi melalui bedload dan suspension (Ode *et al.*, 2020). Hal ini dikarenakan substrat mengalami pengangkutan oleh arus melalui *rolling* (menggelinding), *sliding* (terseret), *creeping* (merayap) and *saltation* (siltasi) untuk fraksi pasir (Farhan *et al*., 2024). Rata-rata nilai E1 dan E2 pada tipe substrat *gravel* yang paling tinggi sedangkan tipe substrat *slightly gravelly sand* lebih rendah, dikarenakan ukuran rata-rata diameter butiran dari tipe substrat *gravel* lebih besar dan komposisi substrat yang kasar dibandingkan dengan slightly *gravelly sand*. Tipe substrat *gravel* memiliki komposisi partikel kerikil yang lebih banyak daripada substrat lainnya. Hal ini sesuai penelitian Solikin *et al*., 2018 menyatakan bahwa substrat dengan diameter rata-rata yang lebih besar dan permukaan yang lebih kasar menghasilkan nilai hambur balik yang tinggi. *Sandy gravel* adalah substrat dengan komposisi kerikil terbanyak namun ada sedikit campuran pasir, Tipe substrat *gravelly sand* adalah substrat dengan komposisi partikel pasir lebih banyak dengan sedikit kerikil, dan tipe substrat *slightly gravelly sand* memiliki komposisi dominan pasir dengan sedikit kerikil.

Berdasarkan (tabel 2) diatas maka dapat dicari analisis lanjutan terkait hubungan ukuran butiran fraksi substrat dengan nilai hambur balik *surface backscattering strength* berupa kekasaran/*roughness*(E1) dan kekerasan/hardness (E2) menggunakan SPSS. Dengan varibel independen/bebas (X) adalah ukuran butiran fraksi substrat dianalisis dengan masing-masing variabel dependen/terikat (Y1) berupa kekasaran (E1) dan (Y2) berupa kekerasan (E2). Pengujian hipotesis ada hubungan antara ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik (surface backscattering strength) berupa kekasaran maupun kekerasan menggunakan rumus analisis regresi linear sederhana. Analisis regresi linear sederhana merupakan analisis hubungan secara linear antara satu variabel independen dengan variabel dependen. Persamaan regresi untuk hubungan ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekasaran adalah Y= -25,822 + 1,664 X. Konstanta sebesar -25,822 artinya nilai hambur balik kekasaran bernilai negatif saat ukuran diameter fraksi nol, dan koefisien regresi 1,664 menunjukkan bahwa peningkatan ukuran diameter fraksi akan meningkatkan nilai hambur balik kekasaran. Dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Nilai rata-rata SS dengan data validasi

Titik Sampling	Rata-rata nilai SS		Ukuran D. Fraksi	Komposisi Substrat (%)			Tipe Substrat
	E1	E2		*Gravel*	Pasir (*Sand*)	Lumpur (*Mud*)	
Stasiun 1	-21,99	-37,94	2.33	98.3	1.6	0.1	G
Stasiun 2	-25,15	-41,08	0.75	14.3	85.7	-	GS
Stasiun 3	-22,89	-38,95	1.61	60.1	39.9	0.6	SG
Stasiun 4	-23,51	-39,36	1.07	34.8	64.8	0.4	SG
Stasiun 5	-25,24	-41,26	0.50	3	97	-	SGS
Stasiun 6	-23,41	-39,32	1.09	35.6	63.7	7	SG
Stasiun 7	-22,76	-38,69	2.18	89.9	9.8	0.2	G
Stasiun 8	-21,56	-36,53	2.34	99	0.9	0.1	G
Stasiun 9	-23,05	-39,11	1.13	36.2	63.7	0.1	SG
Stasiun 10	-22,67	-39,07	1.72	66	33.5	0.5	SG
Stasiun 11	-25,10	-40,06	0.86	13.3	86.7	-	GS
Stasiun 12	-23,54	-39,68	1.69	57.8	42.2	-	SG
Stasiun 13	-22,22	-38,26	2.32	97.8	2.1	0.1	G

*Keterangan : G: *gravel*, GS: *gravelly sand*, SG: *sandy gravel*, SGS: slightly *gravelly sand*

Persamaan regresi untuk hubungan ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekerasan adalah Y=-41.688+1,666X dengan konstanta -41.688 menunjukkan nilai hambur balik kekerasan bernilai negatif saat ukuran diameter fraksi nol, dan koefisien regresi 1,666 menunjukkan peningkatan ukuran diameter fraksi juga meningkatkan nilai hambur balik kekerasan. Dapat dilihat pada tabel 4.

Nilai koefisien determinasi menggunakan R square untuk mengetahui seberapa besar variabel bebas memiliki pengaruh terhadap variabel terikat, nilai mendekati 1 menunjukkan pengaruh yang kuat (Aryani, 2020). Nilai koefisien korelasi atau R digunakan untuk melihat apakah antar variabel memiliki hubungan yang lemah atau kuat. Koefisien regresi ukuran diameter fraksi dengan nilai E1 dapat dilihat pada tabel 5.

Hasil dari tabel 5. Menunjukkan pengaruh antara ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekasaran menghasilkan koefisien determinasi/R *square* sebesar 0,811 artinya adanya pengaruh ukuran diameter fraksi terhadap nilai hambur balik kekasaran sebesar 81,1%. Koefisien korelasi pada ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekasaran sebesar 0,900 maka terdapat hubungan yang sangat kuat antara ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekasaran. Selanjutnya, koefisien regresi ukuran diameter fraksi dengan nilai E1 dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 3. Hasil Persamaan Regresi Antara Ukuran Diameter Fraksi Dengan Nilai E1

Coefficients[a]					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constant)	-25.822	.395		-64.310	.000
Ukuran Diameter Fraksi	1.664	.242	.900	6.866	.000

Tabel 4. Hasil Persamaan Regresi Antara Ukuran Diameter Fraksi Dengan Nilai E2

Coefficients[a]					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constant)	-41.688	.468		-88.988	.000
Ukuran Diameter Fraksi	1.666	.287	.868	5.802	.000

Tabel 5. Hasil Koefisien Regresi ukuran diameter fraksi dengan Nilai E1

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.900[a]	.811	.794	.55329

a. Predictors: (Constant), Ukuran Diameter Fraksi

Tabel 6. Hasil koefisien Regresi Ukuran diameter fraksi dengan nilai E2

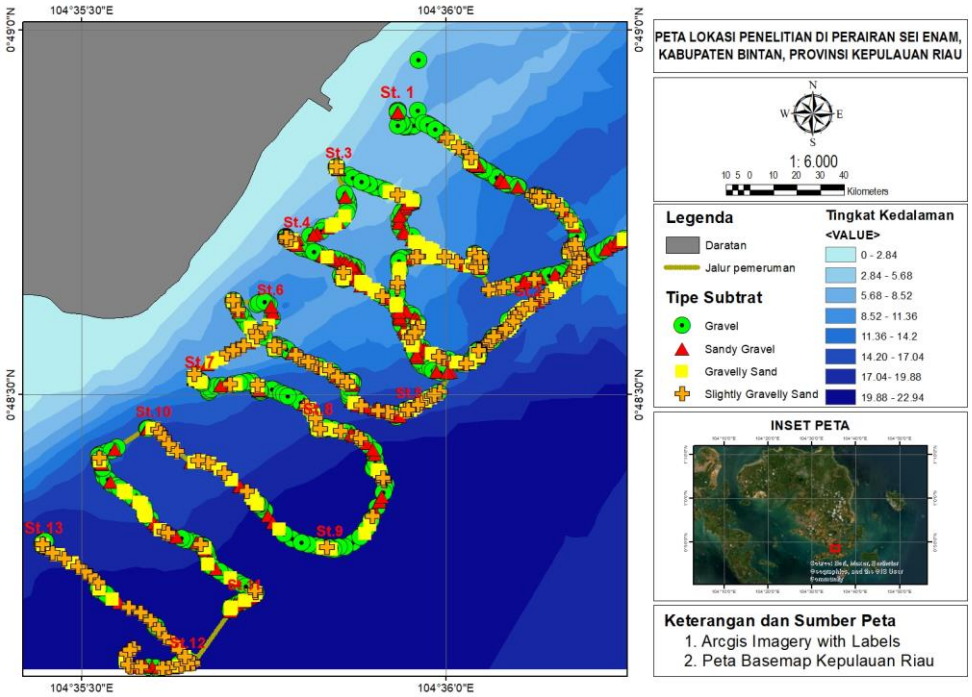
Model Summary				
Model	R	R Square	AdjustedR Square	Std. Error of the Estimate
1	.868[a]	.754	.731	.64760

a. Predictors: (Constant), Ukuran Diameter Fraksi

Hasil dari Tabel 6. Menunjukkan adanya pengaruh antara ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekerasan menghasilkan koefisien determinasi/R *square* sebesar 0.754 artinya ukuran diameter fraksi terhadap nilai hambur balik kekerasan sebesar 75,4 %. Koefisien korelasi pada ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekasaran sebesar 0,868 maka terdapat hubungan yang sangat kuat antara ukuran diameter fraksi dengan nilai hambur balik kekerasan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ukuran diameter fraksi substrat di Perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan memiliki hubungan dan pengaruh yang signifikan terhadap nilai hambur balik (surface backscattering strength) pada kekasaran/roughness (E1) maupun kekerasan/hardness (E2). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Elson *et al*., 2022; Hamuna *et al*., 2018; Pujiyati *et al*., 2010) yang menunjukkan bahwa analisis masing-masing ukuran diameter dengan nilai hambur balik (*surface backscattering strength*) menghasilkan hubungan yang kuat dan signifikan.

Pada perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan merupakan perairan dengan kedalaman yang dangkal dengan rentang kedalaman 3,88 meter hingga 22,94 meter dengan perairan yang didominasi oleh tipe substrat *gravel*. Jika dilihat pada Standar Nasional Indonesia terkait kedalaman dermaga dengan kedalaman minimum 4 hingga 14 meter, maka perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan tergolong dangkal. Keadaan topografi sangat penting dilakukan peninjauan untuk mengatasi sedimentasi, pengelolaan dermaga dan alur lalu lintas perairan. Substrat *gravel* ditemukan pada rentang kedalaman 4,46 hingga 22,64 meter, substrat *sandy gravel* pada rentang 3,88 hingga 22,64 meter, substrat *gravelly sand* pada rentang kedalaman 4,3 meter hingga 22,36 meter, dan substrat *slightly gravelly sand* pada rentang kedalaman 4,98 meter hingga 22,94 meter. Peta sebaran substrat dasar dan kedalaman perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan dapat dilihat pada Gambar 4.

Dilihat hasil peta batimetri dan sebaran substrat di Perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan dari arah daratan dominan tipe substrat *gravel* dan arah perairan lepas berupa tipe *slightly gravelly sand*. Perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan didominasi oleh *gravel* diduga karena terjadinya hidrodinamika seperti kedalaman, arus, dan gelombang (Ma'mun *et al*., 2025). Perairan yang memiliki kedalaman lebih dangkal terjadi hidrodinamika lebih tinggi dikarenakan pengaruh gelombang dan arus yang lebih kuat, energi ini menghambat pengendapan partikel kecil seperti



Gambar 4. Peta batimetri dan sebaran substrat dasar perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan

pasir maupun lumpur. Hal ini sesuai dengan penelitian Setiady *et al*., 2018 bahwa Pulau Bintan didominasi oleh tipe substrat pasir berkerikil semakin kearah laut lepas tipe substrat semakin halus. Perairan yang memiliki kedalaman lebih dangkal terjadi hidrodinamika lebih tinggi dikarenakan pengaruh gelombang dan arus yang lebih kuat, energi ini menghambat pengendapan partikel kecil seperti pasir maupun lumpur. Hamuna *et al*., 2018 menyatakan bahwa, kedalaman dalam distribusi substrat, dengan karang biasanya ditemukan pada kedalaman 2-3 m, pasir pada kedalaman 2-10 m, dan lumpur mendominasi kedalaman di atas 10 m.

Perairan dengan kedalaman yang lebih dalam pengaruh hidrodinamikanya lebih rendah, diduga arus dan gelombang lebih lemah memungkinkan partikel halus mulai mengendap (Pawitra *et al*., 2022). Kerikil adalah substrat yang kasar yang umumnya menetap dan terkikis arus maupun gelombang berbeda dengan partikel fraksi substrat yang halus seperti pasir dan lumpur yang mudah terbawa arus. Randa *et al*., 2021 menyatakan bahwa substrat yang lebih kasar seperti kerikil akan cenderung mengendap di daerah dengan kecepatan arus yang lebih tinggi, sedangkan partikel yang lebih halus seperti pasir dan lanau mengendap di perairan yang lebih tenang. Kecepatan arus memegang peranan penting dalam pengangkutan dan pengendapan substrat, dengan kecepatan yang lebih tinggi mampu membawa partikel yang lebih besar, di Sungai Pawan, pasir kasar (ukuran diameter substrat 0,24-1,96 mm) ditemukan di daerah dengan kecepatan arus yang lebih tinggi (0,15 sampai 0,59 m/s), sedangkan substrat yang lebih halus mengendap di zona yang lebih tenang (Nursiani *et al*., 2020).

KESIMPULAN

Penelitian mengenai nilai hambur balik hidroakustik yang diperoleh dari data pemeruman menggunakan single beam echosounder SIMRAD EK15 menunjukkan variasi antar tipe substrat. Tipe substrat *gravel* memiliki nilai hambur balik tertinggi pada pantulan pertama (E1) berkisar antara -22,76 dB hingga -19,84 dB dan pantulan kedua (E2) antara -40,53 dB hingga -33,34 dB, sedangkan nilai terendah ditemukan pada tipe substrat slightly *gravelly sand*. Analisis regresi linier sederhana menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara ukuran diameter fraksi substrat dengan nilai hambur balik. Ukuran fraksi memiliki hubungan kuat terhadap nilai kekasaran (E1) dengan koefisien korelasi 0,900 dan pengaruh sebesar 81,1%, serta terhadap nilai kekerasan (E2) dengan koefisien korelasi 0,868 dan pengaruh sebesar 75,4%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran fraksi substrat, maka semakin tinggi nilai hambur balik yang dihasilkan. Pemetaan substrat dasar menunjukkan bahwa distribusi substrat di Perairan Sei Enam didominasi oleh *gravel* (46,27%), *sandy gravel* (29,85%), *gravelly sand* (10,45%), dan *slightly gravelly sand* (13,43%). Tipe substrat *gravel* umumnya tersebar di wilayah yang lebih dekat ke daratan, sementara tipe substrat *slightly gravelly sand* lebih dominan di arah perairan terbuka. Perairan Sei Enam tergolong dangkal, dengan hidrodinamika yang mempengaruhi distribusi tipe substrat yang ada. Sangat penting memahami karakteristik tipe substrat dan teknologi yang efektif yang digunakan dalam pengelolaan perairan, kebijakan konservasi, dan restorasi ekosistem di perairan Sei Enam, Kabupaten Bintan.

DAFTAR PUSTAKA

Abida, I.W., Andayani, S., Yanuhar, U., & Hardoko, H. (2018). Status Mutu Air dan Sedimen Perairan Desa Sukolilo Kec. Labang Kabupaten Bangkalan. *Rekayasa, 11*(2), 163-170. doi: 10.21107/rekayasa.v11i2.4422

Aryani, Y. (2020). Sistem Informasi Penjualan Barang Dengan Metode Regresi Linear Berganda dalam Prediksi Pendapatan Perusahaan. *Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi*, *2*(2), 39-51. doi: 10.52005/jursistekni.v2i2.47

Dewi, I.S., Prartono, T., Arman, A., & Koropitan, A.F. (2020). Laju Akumulasi Sedimen Mangrove Di Tanjung Batu, Kepulauan Derawan Kalimantan Timur Mangrove Sediment Accumulation Rate In Tanjung Batu, Kepulauan Derawan, East Borneo. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, *12*(2), 327-340. doi: 10.29244/jitkt.v12i2.28427

Elson, L., Manik, H.M., Hestirianoto, T., & Pujiyati, S. (2022). Kuantifikasi Hambur Balik Akustik Dasar Laut menggunakan Scientific Single Beam Echosounder. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis,* 14(1), 15-29. doi: 10.21107/JK.V11I1.2892

Farhan, M., Novaningtyas, T., Ramadani, S., & Sasmito, K. (2024). Mekanisme Transportasi Butiran dan Lingkungan Pengendapan di Kelurahan Lempake, Samarinda Utara: Kajian Granulometri dan Lingkungan Pengendapan. *Jurnal Teknik Geologi: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, *7*(1), 44-60. doi: 10.30872/jtgeo.v7i1.18221

Farihah, R.A., Manik, H.M., & Harsono, G. (2020). Pengukuran dan Analisis Hambur Balik Akustik Menggunakan Teknologi Multibeam Echosounder untuk Klasifikasi Sedimen Dasar Laut Teluk Palu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, *12*(2), 437-453. doi: 10.29244/jitkt.v12i2.28465

Hamuna, B., Dimara, L., Pujiyati, S., & Natih, N.M.N. (2018). Hambur Balik Akustik Permukaan Substrat Dasar Perairan Menggunakan Echosonder Bim Tunggal. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, *11*(1), 31-37. doi: 10.21107/jk.v11i1.2892

Hamuna, B., Pujiyati, S., Gaol, J.L., & Hestirianoto, T. (2025). Quantification of the Seabed Acoustic Backscatter from a Single-Beam Echosounder Using Sonar5-Pro. *Transactions on Maritime Science,* 14(1), 1–10. doi: 10.7225/toms.v14.n01.009

Hamuna, B., Pujiyati, S., Natih, N.M.N., & Dimara, L. (2018). Analisis Hambur Balik Akustik untuk Klasifikasi dan Pemetaan Substrat Dasar Perairan di Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10 (2): 291-300. doi: 10.29244/JITKT.V10I2.24045

Lazuardi, M.N.R., Manik, H.M., & Setiyadi, J. (2025). Computing and Classification of Acoustic Backscatter Values of the Bottom Substrate of Jakarta Bay Using Multibeam Echosounder. *Fisheries Journal*, 15(1), 338–348. doi: 10.29303/jp.v15i1.1383

Ma'mun, A., Nugraha, A.H., Febrianto, T., Kurniawati, E., Kurniawan, R., & Suhana, M.P. (2025). Exploration of the Environmental Characteristics of Kijang Waters (Sungai Enam Village) from the Perspective of Statistics and Development Potential. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), 50-71.

Manik, H.M. (2015). Acoustic Characterization Of Fish And Seabed Using Underwater Acoustic Technology In Seribu Island Indonesia. *Marine Science Research & Development Journal*, *5*(1), 1-9. doi: 10.4172/2155- 9910.1000157

Manik, M.H., Furusawa, M. & Amakasu, K. (2006). Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echosounder. *Journal of Fisheries Science*, *72*(3), 503–512. doi: 10.1111/j.1444-2906.2006.01178.

Nabila, A., Marwoto, J., Subardjo, P., Rifai, A., & Atmodjo, W. (2021). Analisa Laju Sedimentasi di Dermaga 4 Pelabuhan Cigading 1 Provinsi Banten. *Indonesian Journal of Oceanography*, *3*(1), 36-43. doi: 10.14710/ijoce.v3i1.9901

Ningsih, E.N., Barus, B.S., Aryawati, R., Ramadhan, S., & Supriyadi, F. (2021). Penentuan Tipe Sedimen Dasar Perairan Muara Sungai Banyuasin Berdasarkan Nilai Hambur Balik Akustik. *Jurnal Penelitian Sains*, *23*(3), 158-162. doi: 10.56064/jps.v23i3.663

Ningsih, E.N., Supriyadi, F., & Nurdawati, S. (2013). Pengukuran dan Analisis Nilai Hambur Balik Akustik Untuk Klasifikasi Dasar Perairan Delta Mahakam. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, *19*(3), 139-146. doi: 10.15578/JPPI.19.3.2013.139-146

Nisa, M., Utari, T., Azis, A., Zulfikar, Z., Ashury, A., & Paotonan, C. (2019). Analisa Kualitatif Mengenai Dampak Operasional Dermaga Kayu Bangkoa terhadap Kualitas Lingkungan Sekitarnya. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, *2*(1), 133-138. doi: 10.62012/sensistek.v2i1.13277

Nurainie, I., & Wiyanto, D.B. (2021). Karakteristik Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(3), 243-254. doi: 10.21107/juvenil.v2i3.11713

Nursiani, T., Putra, Y.S., & Muhardi, M. (2020). Studi Ukuran Diameter Butir Sedimen Dasar terhadap Kecepatan Arus di Sungai Pawan Kabupaten Ketapang. *Prisma Fisika*, 8(1), 17-20. doi: 10.26418/pf.v8i1.39868

Ode, M. La, & Ali, O. (2020). Analisis Granulometri Dan Morfologi Butir Pada Endapan Pasir Dan Kerakal di Sepanjang Aliran Sungai Trens Daerah Boro-Boro. *Jurnal Geologi Terapan, 2,* 82–87.

Papenmeier, S., Darr, A., Feldens, P., & Michaelis, R. (2020). Hydroacoustic Mapping of Geogenic Hard Substrates: Challenges and Review of German Approaches. *Geosciences*, *10*(3), 100. doi: 10.3390/geosciences10030100

Patiung, O. (2021). Distribusi Besar Butir Sedimen Tersuspensi pada Daerah West Levee Pt. Freeport Indonesia. *Dinamis*, *18*(1), 18-25. doi: 10.58839/jd.v18i1.852

Pawitra, M.D., Indrayanti, E., Yusuf, M., & Zainuri, M. (2022). Sebaran Sedimen Dasar Perairan Dan Pola Arus Laut di Muara Sungai Loji, Pekalongan. *Indonesian Journal of Oceanography*, *4*(3), 22-32. doi: 10.14710/ijoce.v4i3.13443

Pujiyati, S., Hartati, S., & Priyono, W. (2010). Efek Ukuran Substrat, Kekasaran, Dan Kekerasan Dasar Perairan Terhadap Nilai Hambur Balik Hasil Deteksi Hydroakustik. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2 (1), 59-67. doi: 10.29244/JITKT.V2I1.7863

Randa, A.M., Patandianan, E.A., & Marisan, I. (2021). Sebaran Sedimen berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Sepanjang Sungai Nuni Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat. *Jurnal Maritim*, 3(1), 8-17. doi: 10.51742/ojsm.v3i1.412

Sasmito, B., Bashit, N., & Rachmadiana, E. (2022). Analisis Perubahan Konsentrasi Total Suspended Solid secara Multitemporal Menggunakan Citra Sentinel 2A (Studi Kasus: Danau Rawa Pening, Jawa Tengah). *Teknik*, *43*(2), 178-189. doi: 10.14710/teknik.v43i2.46469

Setiady, D., Kamiludin, U., & Syafri, I. (2018). Sebaran Pasir Laut sebagai Bahan Galian di Lepas Pantai Selat Riau. *Jurnal Geologi Kelautan*, 16(2), 277001. doi: 10.32693/JGK.V16I2.545

Setyanto, A., Nurdin, N., & Setiady, D. (2022). Hubungan Antara Tekstur Dan Komposisi Sedimen di Perairan Bintan Selatan Dan Sekitarnya. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, *18*(1), 35-48. doi: 10.30556/jtmb.vol18.no1.2022.1178

Siregar, A., Hamid, N., & Arya, S. (2020). Perancangan dan Pengembangan Produk dari Diabetes ACU Slipper. *Talenta Conference Series*, 3(2), 1–7. doi: 10.32734/ee.v3i2.1108

Siregar, S. (2014). Statistic Parametric Untuk Penelitian Kuantitatif. Jakarta: Bumi Aksara. 538p

Solikin, S., Manik, H. M., Pujiyati, S., & Susilohadi, S. (2018). Measurement of Bottom Backscattering Strength Using Single-Beam Echosounder. *Journal of Physics: Conference Series*, *1075*(1), 012036. doi: 10.1088/1742-6596/1075/1/012036

Standar Nasional Indonesia (SNI). (2010). Survei Hidrografi Menggunakan Single Beam. Badan Standar Nasional.Jakarta. SNI 7646:2010. 25 pages.

Yustisia, P., Febrianto, T., Apdillah, D., & Ma'mun, A. (2023). Analisis Distribusi Hambur Balik Sedimen Menggunakan Teknologi Hidroakustik di Perairan Teluk Bakau. *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 4(3), 376-385. doi: 10.62012/zl.v4i3.27733