

**DENSITAS SPIKULA ANGGOTA HOLOTHUROIDEA SEBAGAI AGEN
BIOASESMEN PENCEMARAN MERKURI DI LAMPON KABUPATEN
BANYUWANGI**

Moh. Baiturohman¹⁾, Susintowati²⁾ Magdalena Putri Nugrahani³⁾

^{1, 2, 3} FKIP, Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi

Jl. Adi Sucipto No. 26, Kabupaten Banyuwangi

Email Corresponding author: susintowati@untag-banyuwangi.ac.id

Abstrak

Penelusuran efek pencemaran merkuri di muara Lampon masih perlu dilakukan, setelah ada indikasi dampak pada beberapa spesies bioindikator. Penelitian ini menggunakan densitas spikula anggota ordo Holothuroidea sebagai agen bioasesmen polutan tersebut. Pengambilan data populasi Holothuroidea dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif, menggunakan transek dan plot kuadrat ukuran 4 m². Indeks diversitas jenis dianalisis menggunakan indeks Shannon-Weinner. Lokasi pengambilan data utama di muara Lampon dan pantai berbatu Lampon, sedangkan data kontrol diambil dari pantai berbatu Rajegwesi Taman Nasional Merubetiri. Densitas spikula diperoleh dengan metode maserasi organ tentakel spesimen, kemudian spikula diamati dan dihitung menggunakan mikroskop binokuler. Parameter lingkungan yang diukur yaitu suhu air, suhu sedimen, pH air, salinitas air dan oksigen terlarut (DO) dalam air. Hasil penelitian menunjukkan indeks keanekaragaman masing-masing lokasi penelitian tergolong rendah, indeks diversitas di Lampon 0,838 dan indeks diversitas di Rajegwesi 0,826. Berdasar analisis Anova satu arah menunjukkan tidak ada perbedaan secara signifikan densitas spikula pada spesies *Holothuria leucospilota*, namun terdapat perbedaan signifikan densitas spikula pada spesies *Leucosynapta* sp di kedua lokasi. Dugaan efek pencemar merkuri pada anggota Holothuroidea masih perlu dikaji lebih mendalam, walaupun densitas spikula dapat digunakan sebagai agen bioasesmennya.

Keywords: populasi, pencemaran, logam berat, bioindikator lingkungan

Abstract

Exploration of the effects of mercury pollution in the Lampon estuary is still necessary, after there were indications of impacts on several bioindicator species. This study used spicule density of members of the order Holothuroidea as a bioassessment agent for the pollutant. Data collection on Holothuroidea populations was carried out using a quantitative descriptive method, using transects and 4 m² quadrat plots. The species diversity index was analyzed using the Shannon-Weinner index. The main data collection locations were at the Lampon estuary and the rocky coast of Lampon, while control data was taken from the rocky coast of Rajegwesi, Merubetiri National Park. Spicule density was obtained by maceration of specimen tentacle organs, then spicules were observed and counted using a binocular microscope. The environmental parameters measured were water temperature, sediment temperature, water pH, water salinity, and dissolved oxygen (DO) in the water. The results showed that the diversity index of each study location was relatively low; the diversity index in Lampon was

0,838 and the diversity index in Rajegwesi was 0,826. A one-way ANOVA analysis showed no significant difference in spicule density in *Holothuria leucospilota*, but there was a significant difference in spicule density in *Leucosynapta* sp. at both locations. The suspected effects of mercury pollution on members of the *Holothuroidea* still require further investigation, although spicule density can be used as an agen of bioassessment.

Keywords: *population, pollution, heavy metals, environmental bioindicators*

1. PENDAHULUAN

Polutan logam berat dapat memiliki waktu tinggal yang sangat lama di wilayah tercemar, termasuk di dalamnya adalah waktu tinggal merkuri (Hg). Pencemar merkuri telah terdeteksi pada beberapa penelitian sebelumnya, disebutkan bahwa muara Lampon merupakan tempat proses amalgamasi emas secara tradisional tahun 2009 (Susintowati dan Hadisusanto, 2014). Kajian bioekologis di Pantai Lampon sudah dilakukan pada kelas Gastropoda (*T. sulcata* dan *Nerita argus*) dan *Holothuroidea*. Selain itu hasil penelitian yang belum dipublikasikan oleh Susintowati dkk (2023) menunjukkan bahwa merkuri masih ditemukan di wilayah ini, terutama di sedimen, air dan gastropoda bioindikator. Bioindikator merupakan suatu komponen biotik yang dijadikan indikator dan dapat menunjukkan waktu serta lokasi, kondisi alam, dan perubahan lingkungan yang terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia (Pratiwi, 2019).

Merkuri termasuk suatu logam berat yang sangat berbahaya dan bersifat racun untuk semua makhluk hidup. Merkuri dapat terakumulasi dalam tubuh dan menimbulkan efek negatif yang berbahaya terutama pada biota laut dan lingkungan (Bearden dkk., 2008; Rasul & Musafira, 2022). Dampak limbah merkuri sangat berbahaya, terutama limbah dalam proses amalgamasi penambangan emas, karena dapat mencemari status ekosistem daratan, udara dan perairan serta dapat menyebabkan kepunahan spesies akibat kerusakan pada jaringan tubuh dan memerlukan waktu yang lama untuk menghilangkan efek merkuri (Lutfi dkk., 2018; Thalib dkk., 2023; Sinha dkk., 2012).

Holothuroidea merupakan hewan invertebrata yang habitatnya berada di terumbu karang, padang lamun, dan sebagian hutan mangrove. Ciri-ciri *Holothuroidea*

yaitu memiliki tubuh bulat panjang (silindris) sekitar 10-30cm. Bagian ventral terdapat podia lokomotrik dan dorsal terdapat papila. Mulut berada diposisi anterior yang dikelilingi tentakel dan anus di bagian posterior (Yunita dkk., 2022; Purcell dkk., 2012; Carpenter & Niem, 1998). Zona intertidal memiliki beragam jenis habitat. Setiap habitat memiliki substrat yang berbeda hal ini yang pola distribusi teripang (Silaen dkk., 2017). Fungsi ekologis *Holothuroidea* sebagai pengurai zat organik di dasar laut dan bersifat *deposit feeder*, yaitu pemakan apa saja yang terdapat di dasar perairan (Marsoedi dkk., 2020). Berdasarkan hal tersebut, anggota hewan ini menjadi sangat penting sebagai bioindikator lingkungan terutama sebagai pemakan sedimen yang mengandung banyak polutan. Kemungkinan sangat besar terjadi bioakumulasi polutan dalam tubuh hewan ini.

Spikula atau *ossicle* merupakan suatu endoskeleton pada anggota *Holothuroidea*. Spikula sebagai dasar untuk identifikasi spesies. Setiap spesies memiliki karakteristik spikula yang khusus (Yunita dkk., 2022). Bentuk spikula beragam mulai dari yang sederhana hingga kompleks. Bentuk spikula *rods* (batang), tombol, meja, jangkar, lurus C atau S, dan roset/bunga (Purcell dkk, 2012). Susintowati dan Nurchayati (2014) menyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam densitas spikula anggota *Holothuroidea* di muara Lampon, yang diindikasikan merupakan efek dari polutan merkuri di tempat ini.

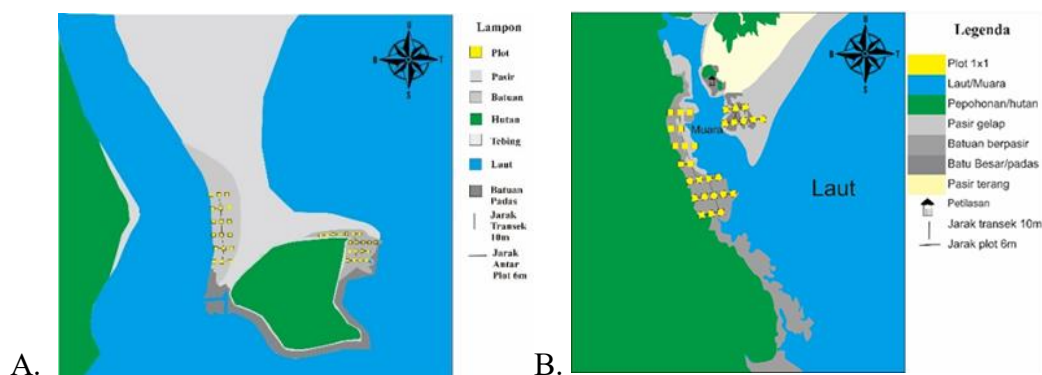
Bioasesmen merupakan penilaian status ekosistem perairan, daratan maupun udara melalui pemantauan perubahan pada biota yang berhubungan dengan ekosistem dan pengaruh aktivitas manusia terhadap sumber daya alam (Ibrahim & Sjarmidi, 2016). Bioasesmen akuatik mengacu pada suatu proses penilaian ekologi melalui badan air dengan mengukur organisme akuatik sebagai penghuni perairan. (Husamah & Abdulkadir, 2019). Makroinvertebrata dapat menunjukkan kualitas air, mengukur penanggulangan tindakan pencemaran, dan cenderung menunjukkan prediksi terhadap perubahan yang mendatang. Terhitung satu dekade sejak pengambilan data efek cemar merkuri yang dilakukan oleh Susintowati dan Hadisusanto (2014) dan penelitian

khusus Holothuroidea di muara Lampon oleh Susintowati dan Nurchayati (2014) yang lalu. Efek cemar merkuri sepuluh tahunan pertama diperoleh dari hasil penelitian ini. Rohmah dkk (2024) juga menyatakan bahwa efek cemar merkuri di lokasi ini mempengaruhi fenotip cangkang Gastropoda, sehingga penelusuran lebih jauh sangat diperlukan untuk mengetahui pola efek cemar merkuri di lingkungan muara dalam waktu satu dekade.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan Juli 2024 sampai Maret 2025 di Pantai Lampon, Desa Pesanggaran, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi. Ada dua lokasi peletakan transek yaitu di muara ($8^{\circ}37'29,5''S$ $114^{\circ}05'25,0''E$) dan pantai berbatu ($8^{\circ}37'15,3''S$ $114^{\circ}05'19,3''E$). Pantai Rajegwesi Taman Nasional Merubetiri ($8^{\circ}33'31,0''S$ $113^{\circ}56'14,8''E$) dijadikan sebagai lokasi kontrol (pembanding) yang terletak di Desa Sarongan, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur (Gambar 1.). Pengamatan densitas spikula dilakukan di Laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi. Pengambilan data populasi, spesimen dan pengukuran parameter lingkungan dilakukan pada surut maksimal (*low spring tide*) di bulan pengamatan.



Gambar 1. A. Denah lokasi sampling di muara dan pantai berbatu Lampon, B. Pantai Rajegwesi Taman Nasional Merubetiri

2.2 Metode Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Metode penelitian yang digunakan untuk pengambilan sampel anggota *Holothuroidea* dengan menggunakan transek dengan titik plot (per plot dengan luas 4 m²), jumlah plot sesuai luasan area sampling. Pengambilan data populasi dilakukan insitu, dan spesimen anggota *Holothuroidea* secara langsung difiksasi untuk kepentingan maserasi spikula. Densitas spikula diamati khusus pada bagian tentakel anggota *Holothuroidea*.

2.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan diantaranya: mikroskop, hemasitometer, ember plastik, botol sampel, thermometer batang, *Hand counter*, pH meter, DO meter, *Hand refractometer*, kamera/Hp, alat tulis, buku identifikasi. Hemasitometer digunakan dengan tujuan memperoleh plot pengamatan densitas spikula secara mikroskopis. Sedangkan bahan penelitian diantaranya adalah: Sodium hipoklorit (NaClO) yang digunakan untuk proses maserasi spikula, alkohol 70% sebagai larutan fiksatif, dan spesimen *Holothuroidea*.

2.4 Pengambilan dan Analisis Data

Denah peletakan transek dan plot di kedua lokasi pengamatan ada di gambar 2. Jarak antar transek 10 m sedangkan jarak antar plot kuadrat 6 meter. Luas plot pengamatan 4 m². Data cacah individu *Holothuroidea* yang ditemukan kemudian ditabulasi dan dilakukan analisis indeks keanakeragaman. Pengukuran parameter lingkungan dilakukan insitu, meliputi DO (*Dissolved oxygen*) dengan cara memasukkan prob piranti ke dalam air \pm 4-5 cm dari permukaan air dan juga untuk pengukuran suhu air dan sedimen, salinitas air, dan pH air. Pengulangan pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali di tiap transek.

Sampel yang dibawa dari lokasi dimasukkan ke dalam flakon yang telah berisi air dari lokasi sampling. Tujuannya adalah untuk melemaskan spesimen dan membuat semua materi dalam perut spesimen keluar sehingga spesimen dapat difiksasi dalam keadaan lemas dan bersih. Proses ini membutuhkan waktu sekitar 8-10 jam (*over*

night). Selanjutnya, spesimen yang sudah mati lemas difiksasi menggunakan alkohol 70% sebelum dilakukan maserasi.

Sampel spikula diambil khusus pada bagian tentakel. Bagian tentakel dipotong tepat pada bagian pangkal sebanyak tiga batang tentakel tiap spesimen. Tentakel kemudian dimaserasi dengan menggunakan sodium hipoklorit sebanyak 20 tetes, setara dengan 1 ml di dalam tabung reaksi, yang diinkubasi selama 24 jam. Selanjutnya penghitungan spikula menggunakan kaca hemositometer sebagai plot hitungnya. Penghitungan spikula menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 100x dan 400x untuk dokumentasi dan dihitung berdasarkan *L-rule* dengan plot hitung yang ada di hemositometer.

Analisis data populasi dan indeks keanekaragaman dihitung menggunakan indeks Shannon-Weinner (Afrely dkk., 2015) dan data diinterpretasi secara deskriptif kuantitatif, dengan memperhatikan kondisi di lokasi pengamatan. Rumus Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener sebagai berikut:

$$H' = -\sum [p_i \times \ln p_i], \text{ dimana } p_i = (n_i/N)$$

Keterangan:

H' = Indeks Keanekaragaman Jenis

p_i = Proporsi Jumlah Individu jenis ke- i dengan jumlah total individu seluruh jenis

N = Jumlah Total individu seluruh jenis

n_i = jumlah individu ke- i

\ln = logaritma natural

Kriteria nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener sebagai berikut

$H' \leq 1$ = Keanekaragaman Rendah

$1 < H' < 3$ = Keanekaragaman Sedang

$H' \geq 3$ = Keanekaragaman Tinggi

Data populasi densitas spikula seluruh populasi dianalisis menggunakan ANOVA satu jalur dan 2 jalur untuk variabel spesies dan jumlah tiap tipe spikula. Karakterisasi tipe spikula menggunakan buku identifikasi Holothuroidea oleh Purcell dkk (2012).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Parameter Lingkungan

Pengukuran parameter lingkungan diperlukan untuk mengetahui kondisi lingkungan di kisaran normal. Berdasarkan Kepmen LH No 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut di kawasan bahari dan PP No. 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup: standar baku mutu air laut adalah pH air dengan kisaran 7-8,5 kemudian suhu di kisaran normal laut tropis (28-32°C), salinitas di kisaran normal air laut tropis (32-34 ‰ di habitat koral/pantai berbatu karang), salinitas di mangrove 32-33‰ dan salinitas air di muara tergantung debit air sungai dan pasang surut air laut, DO air laut dalam kisaran > 5 mg/l termasuk dalam habitat untuk biota laut dan kandungan logam berat merkuri 0.002 mg/l.

Berdasarkan hasil perhitungan di kedua lokasi pengamatan, semua parameter yang terukur dalam kisaran normal (tabel 1.) dan sesuai baku mutu air laut yang ditetapkan. Hal ini menjadi sangat penting bahwa sisa polutan satu dekade lamanya tidak mempengaruhi kualitas air secara nyata, khususnya pada pengukuran suhu, DO, salinitas dan pH. Namun sesuai dengan laporan penelitian Susintowati dkk (2024), masih terdeteksi kandungan merkuri di kawasan ini: 6,88 mg/L di dalam air muara, 4,00 mg/kg di dalam sedimen, dan bioakumulasi merkuri dalam bioindikator 47,26 mg/kg. Perlu penelusuran kontinu sehubungan dengan eliminasi polutan merkuri secara alami oleh pergerakan air, sedimentasi dan bioakumulasi ataupun biomagnifikasi biota muara.

Tabel 1. Data parameter lingkungan di lokasi pengambilan data.

Parameter	Lokasi Pengamatan			Satuan
	Lampon Pantai Batu	Lampon Muara	Rajegwesi	
DO Air	20,0	18,2	20,0	ml/g
Suhu Air	28	31,4	28,7	°C
Suhu Sedimen	29	30,3	28,5	°C
pH	7,0	6,9	7,2	
Salinitas	31	29,3	33,8	‰

Catatan: Pengukuran parameter dilakukan saat surut maksimal (*low spring tide*)

3.2 Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener

Berdasarkan perhitungan indeks keanekaragaman Shannon Wiener terhadap populasi anggota Holothuroidea di kedua lokasi, didapatkan data bahwa keanekaragaman jenis Holothuroidea termasuk dalam kategori rendah. Indeks keanekaragaman jenis di Lampon $H' = 0,838$ sedangkan di pantai Rajegwesi TN Merubetiri $H' = 0,826$. Keanekaragaman yang rendah ini disebabkan oleh banyak faktor, tidak hanya karena polutan tetapi juga dikarenakan penyebab alami (predasi, kompetisi atau sumberdaya) dan faktor lingkungan contohnya perubahan iklim dan lain-lain (Susintowati dkk. 2019). Pada tabel 2 dan tabel 3 disampaikan keanekaragaman jenis dan indeks keanekaragaman Holoturoidea di kedua lokasi.

Tabel 2. Indeks Keanekaragaman Jenis lampon

No	Jenis	Jumlah	Pi (ni/N)	Ln Pi	Pi Ln Pi
1	<i>Holothuria leucospilota</i>	31	0.534	-0.627	-0.335
2	<i>Holothuria cinarecens</i>	1	0.017	-4.060	-0.070
3	<i>Cucumaria sp</i>	1	0.017	-4.060	-0.070
4	<i>Holothuria sp</i>	0	0	0	0
5	<i>Leucosynapta sp</i>	25	0.431	-0.842	-0.363
H'					0.838

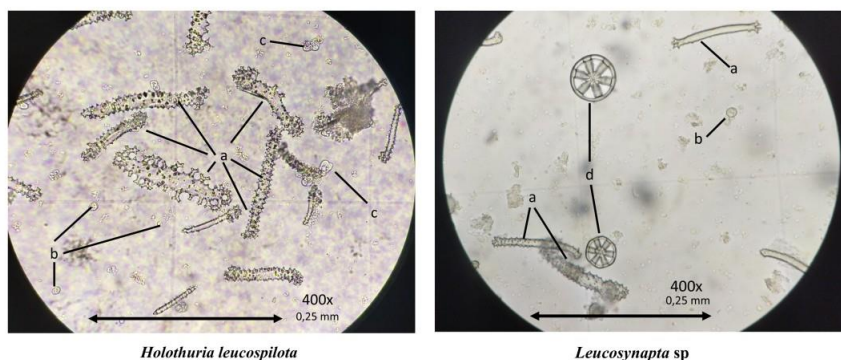
Catatan: *Holothuria sp* ditemukan dilokasi, namun tidak masuk plot hitung.

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman jenis Rajegwesi

No	Jenis	Jumlah	Pi (ni/N)	Ln Pi	Pi Ln Pi
1	<i>Holothuria leucospilota</i>	34	0.523	-0.648	-0.339
2	<i>Leucosynapta sp</i>	29	0.446	-0.807	-0.360
3	<i>Holothuria arenicola</i>	1	0.015	-4.174	-0.064
4	<i>Holothuria sp</i>	1	0.015	-4.174	-0.064
H'					0.826

Ketetapan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener menyatakan bahwa jika nilai $H' = <1$, maka komunitas tersebut dengan indeks keanekaragaman populasi rendah, dikarenakan sedikitnya jumlah individu dan jumlah jenis yang ditemukan (Anjani dkk., 2022). Sebagai pembanding, telah ditelusur oleh Susintowati dan Nurchayati (2014)

tentang keanekaragaman jenis Holothuroidea di lokasi yang sama. Saat itu ditemukan 12 spesies, namun yang termasuk dalam plot hitung 5 spesies Holothuroidea, yaitu *Holothuria leucospilota*, *Holothuria cinarescens*, *Holothuria arenicola*, *Cucumaria* sp dan *Leucosynapta* sp. Spesies *Leucosynapta* sp sangat jarang dijumpai tahun 2014, namun pada penelitian ini *Leucosynapta* sp cukup melimpah di muara Lampon. Penurunan populasi sangat tajam terutama untuk spesies *Cucumaria* sp di pantai berbatu Lampon. Perubahan diversitas dan jumlah populasi perlu dipantau dari waktu ke waktu. Indikasi pencemaran logam berat merkuri kemungkinan dapat menjadi salah satu penyebabnya, namun masih perlu pembuktian lebih lanjut. Selain itu, waktu tinggal tinggal pada perairan dan sedimen laut sangat lama (Susintowati dan Hadisusanto, 2014). Bioakumulasi merkuri dalam organisme termasuk anggota Holothuroidea dapat menjadi penyebab menurunnya keanekaragaman jenis anggota Holothuroidea karena tingkat kerentanan hewan ini terhadap polutan yang ada. Keanekaragaman jenis merupakan suatu ciri pada makhluk hidup yang biasanya digunakan sebagai alat ukur stabilitas makhluk hidup yaitu mengetahui kemampuan suatu makhluk hidup dalam menjaga stabilitas tubuhnya untuk tetap stabil meskipun terdapat gangguan terhadap lingkungan sekitar (Anjani dkk., 2022).



Gambar 2. Tipe spikula pada tentakel *Holothuria leucospilota* dan *Leucosynapta* sp, perbesaran 400x: a. Rod, b. Grain, c. Rosset, d. Wheel

3.3 Densitas Spikula

Pemilihan dua spesies untuk diamati densitas spikulanya karena pertimbangan kedua spesies tersebut ditemukan di dua lokasi pengamatan, sehingga didapatkan data perbandingan. Tipe spikula yang ditemukan dalam tentakel *Holothuria leucospilota* adalah tipe rod, rosset dan grain. Sedangkan pada *Leucosynapta* sp ada 4 tipe spikula yaitu rod, rosset, grain dan wheel (gambar 2). Spikula merupakan suatu endoskeleton yang terdapat tereduksi terletak di dalam lapisan dermis pada dinding tubuh teripang dan berukuran mikroskopis (Hartati dkk., 2016). Hasil penelitian terdahulu oleh Susintowati (2014) tentang densitas spikula *Holothuria leucospilota* di pantai Lampon merupakan gambaran efek patologis yang diduga disebabkan oleh pencemar merkuri. Hal ini mendasari pernyataan oleh Neustad dan Pieczenik (2011), yaitu pencemaran logam berat merkuri dapat mempengaruhi kinerja DNA sebagai penghasil protein termasuk dalam hal pembentukan spikula oleh hewan ini.

Tabel 4. Hasil analisis densitas spikula *Leucosynapta* sp. menggunakan Anova satu arah

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	360879,2	2	180439,6	4,306	0,024	3,354
Within Groups	1131494	27	41907,2			
Total	1492373	29				

Berdasarkan hasil analisis densitas spikula menggunakan Anova satu jalur (tabel 4 dan tabel 5) terdapat gambaran yang cukup unik karena perbedaan signifikan hanya tampak pada spesies *Leucosynapta* sp. Analisis densitas *Leucosynapta* sp menunjukkan F hitung (4.306) > F critical (3.354). Sedangkan densitas spikula pada *Holothuria leucospilota* tidak terdapat beda nyata dengan spesimen yang diambil dari pantai Rajegwesi TN Merubetiri. Hal ini dapat dibandingkan dengan densitas *Holothuria leucospilota* tahun 2014 yang disampaikan oleh Susintowati (2014). F hitung (0,067) < F critical (4,196) artinya tidak terdapat beda nyata pada densitas spikula *Holothuria*

leucospilota antara spesimen dari pantai berbatu Lampon dan pantai Rajegwesi TN Merubetiri.

Tabel 5. Hasil analisis densitas spikula *Holothuria leucospilota* menggunakan Anava satu jalur

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	8772,3	1	8772,3	0,067	0,798	4,196
Within Groups	3682902	28	131532.2			
Total	3691674	29				

Beberapa penyebab yang mungkin terjadi adalah: dampak polutan merkuri di muara Lampon telah mempengaruhi populasi *Holothuria leucospilota*, karena spesies ini tidak ditemukan di plot-plot muara Lampon. Namun populasi cukup melimpah di pantai berbatu Lampon. Selain itu, pengamatan densitas spikula ini memberikan gambaran bahwa spesies ini kemudian mampu berkembang lebih baik di pantai berbatu. Paparan polutan merkuri lebih banyak di muara lampon mengingat sumber pencemar dulu berada di muara ini. Sedangkan pantai berbatu Lampon cukup terpisah dengan sumber pencemar, kemungkinan dampaknya juga sedikit untuk saat ini. Perlu dikaji juga terkait dengan kisaran umur dari hewan ini, karena semakin lama umurnya maka kemungkinan waktu terpapar polutan juga akan semakin lama. Selanjutnya, walaupun umur hewan ini dalam kisaran waktu yang pendek, akan tetap mendapatkan dampak karena sifatnya yang menjadi *deposit feeder*. Sedangkan telah diketahui bahwa sedimen yang ada di muara Lampon masih terdeteksi sangat tinggi (Susintowati dkk. 2023).

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Satu dekade pengendapan dan eliminasi polutan merkuri di muara Lampon masih meninggalkan jejak yang nyata. Salah satu efek yang diduga menjadi

dampaknya adalah penurunan jumlah spesies Holothuroidea di muara Lampon dengan menunjukkan indeks keanekaragaman rendah, walaupun sebab penurunan dapat karena faktor lainnya. Densitas spikula sebagai agen bioasesmen dampak polutan merkuri menunjukkan hal yang unik, yaitu: densitas spikula *Holothuria leucospilota* tidak berbeda secara nyata dengan densitas spikula dari lokasi kontrol. Densitas spikula berbeda sangat nyata pada spesies *Leucosynapta* sp. Beberapa hal yang dapat menjadi pertimbangan penyebab perubahan populasi adalah: sumber alami yaitu sumber makanan, predasi atau kompetisi, sumber lainnya yaitu diduga karena efek polutan merkuri. Sedangkan terkait densitas spikula, *Holothuria leucospilota* menunjukkan kemampuan resistensi lebih tinggi dibandingkan *Leucosynapta* sp. Namun perlu diketahui bahwa habitat *Leucosynapta* sp memungkinkkan hewan ini terpapar lebih tinggi dibandingkan *Holothuria leucospilota*.

4.2 Saran

Pada penelitian dan penelusuran selanjutnya diharapkan kajian pola arus pasang surut dan aliran air sungai dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui dampak signifikannya terhadap biota laut yang ada di lokasi ini.

5. REFERENSI

- Afrely, R. W., Rosyidi, M. I., & Fajariyah, S. (2015). *Keanekaragaman Jenis Holothuroidea di Zona Intertidal Pantai Pancur Taman Nasional Alas Purwo*. 16(1), 23–28. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JID/article/download/1390/1492/>
- Anjani, W., Umam, A. H., & Anhar, A. (2022). Keanekaragaman, Kemerataan, dan Kekayaan Vegetasi Hutan Raya Lae Kombih Kecamatan Penanggalan, Kota Subulussalam. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 770–778. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.20136>
- Bearden, B. G., Starmer, J. A., Wood, H. R., Cnmi, M. A. I. S., & Houk, P. (2008). H Eavy M Etals in B Iotic R Epresentatives From the I Ntertidal Z One and N Earshore W Aters of T Anapag L Agoon , S Aipan , C Ommonwealth of the N Orthern M Ariana I Slands. *Environmental Research*, 123.
- Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (1998). FAO Species Identification Guide For Fishery Purposes Western Central edited by Norwegian Agency for International Development. In *Fao* (Vol. 3).
- Hartati, R., Widianingsih, W., & Fatimah, U. (2016). Re-Deskripsi Teripang Stichopus

- hermanii Dari Kepulauan Karimunjawa Melalui Analisa Morfologi, Anatomi Dan Spikula (Ossicles). *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 70–75. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i2.517>
- Husamah, & Abdulkadir, R. (2019). *Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring)* (1st ed.). Universitas Muhammadiyah Malang.
- Ibrahim, A., & Sjarmidi, A. (2016). PENGEMBANGAN METODE BIOASESMEN UNTUK PENILAIAN KUALITAS AIR SUNGAI CIHAMPELAS DI DAS CITARUM. *Jurnal Sumber Daya Air*, 13(1), 37–52.
- KepMen LH No 51 Tahun 2004. (2004). Baku Mutu Air Laut. 1489- 1498.
- Lampiran PP NO 22 Tahun 2021. (2021). *Hidup yang*. 097053, 187–190.
- Lutfi, S. R., Wignyanto, W., & Kurniati, E. (2018). Bioremediasi Merkuri Menggunakan Bakteri Indigenous Dari Limbah Penambangan Emas Di Tumpang Pitu, Banyuwangi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(1), 15–24. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2018.019.01.2>
- Marsoedi, M., Guntur, G., & Mulyani, L. F. (2020). Identifikasi Kesesuaian Lahan Budidaya Teripang Pasir (*Holothuria Scabra*) Berdasarkan Parameter Kimia Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Perairan Lombok Barat. *Jurnal Perikanan Unram*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i1.198>.
- Neustadt, J. dan Pieczenik, S. 2011. Heavy-metal Toxicity With Emphasis on Mercury. *Integrative Medicine*. Vol.10.No.5: 45-50.
- Pratiwi, A. (2019). Bioindikator kualitas perairan Sungai. *Journal Of Chemical Information and Modeling*, 1–23.
- Purcell, W. S., Samyn, Y., & Conand, C. (2012). Commercially Important Molluscs. In *Elsevier Science* (Issue 6).
- Rasul, E., & Musafira, M. (2022). Analisis Kandungan Merkuri (Hg) pada Badan Air, Sedimen dan Biota yang Terdampak Aktivitas Pertambangan Emas di Kabupaten Parigi Moutong. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(1), 39–44. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i1.15835>
- Rohmah, Fatimatul., Susintowati, Prasetyo, T.H. (2025). Plastisitas Fenotip Cangkang Dan Operkulum Famili Neritidae (Gastropoda: Moluska) di Muara Lampon Sebagai Perekam Jejak Polutan Merkuri. *Jurnal BIOSENSE: Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya*. Vol. 8 No.2: 233-248. E-ISSN: 2622 - 6286.
- Silaen, D. B., Arthana, I. W., & Saraswati, S. A. (2017). Distribusi Teripang (*Holothuroidea*) Pada Perairan Pesisir Nusa Lembongan, Kecamatan Nusa Penida, Kabupaten Klungkung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2), 263. <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i02.263-270>
- Sinha, A., Pant, K. K., & Khare, S. K. (2012). Studies on mercury bioremediation by alginate

- immobilized mercury tolerant *Bacillus cereus* cells. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 71, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.12.014>
- Susintowati., Jannah, I.N., Yuniari, S.H. (2023). *Reassessment Bioakumulasi Limbah Merkuri di Muara Lampon, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur*. Buku Abstrak: _ Seminar Nasional Biologi 2023. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman.
- Susintowati. (2014). Efek Patologi Merkuri terhadap Densitas Spikula Holothuroidea (Echinodermata) di Kawasan Bekas Penggelondongan Emas Lampon, Kabupaten Banyuwangi. *Saintek*: Vol. 11 No. 1: 10-14. ISSN: 1693-8917.
- Susintowati & Nurchayati, N. (2014). Protein profile of *Holothuria leucospilota* (Echinodermata: Holothuroidea) at Ceased Traditional Gold Mining, Lampon Banyuwangi District. *Proceedings: The 4th Annual Basic Science International Conference*. 12-13 Feb. 2014, 26-28.
- Susintowati, & Hadisusanto, S. (2014). Bioakumulasi Merkuri dan Struktur Hepatopankreas Pada *Terebralia sulcata* dan *Nerita argus* (Moluska: Gastropoda) di Kawasan Bekas Penggelondongan Emas, Muara Sungai Lampon, Banyuwangi, Jawa Timur. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 34-40.
- Susintowati, S., Puniawati, N., Poedjirahajoe, E., Handayani, N. S. N., & Hadisusanto, S. (2019). The intertidal gastropods (Gastropoda: Mollusca) diversity and taxa distribution in Alas Purwo National Park, East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. Vol. 20 (7): 2016-2027.
- Thalib, D., Daud, A., & Amqam, H. (2023). Kadar Merkuri dan Arsen pada Air Laut dan Ikan di Teluk Kao. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(3), 463–471. <https://doi.org/10.14710/jil.21.3.463-471>
- Yunita, N., Amalia, A., Ponkiyawati, F. A., Janah, L. N., Khasanah, L. U., Gavintri, M. B., Nurahmah, Z., Khalallia, F. B. R., & Epilurahman, R. (2022). Diversity of holothuroidea by spicule type in the intertidal zone of Sepanjang Beach, Gunungkidul, Yogyakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1036(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1036/1/012053>