JURNAL BIOSENSE
Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya
Volume 8 No. 2, April 2025, Hal 233 - 248 E-ISSN: 2622 - 6286

PLASTISITAS FENOTIP CANGKANG DAN OPERKULUM FAMILI NERITIDAE (GASTROPODA: MOLUSKA) DI MUARA LAMPON SEBAGAI PEREKAM JEJAK POLUTAN MERKURI

Fatimatul Rohmah[1)], Susintowati[1)], Totok Hari Prasetiyo[1)]
[1]Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi
Jl. Adi Sucipto No 26, Kec. Banyuwangi, Kab. Banyuwangi, Prov. Jawa Timur Indonesia 68416
e-mail: susintowati@untag-banyuwangi.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan kemampuan plastisitas fenotip anggota Neritidae di Lampon Banyuwangi, yang diduga dapat digunakan untuk mengetahui efek cemar merkuri yang telah berjalan lebih dari satu dekade. Metode penelitian adalah deskriptif kuantitatif dengan pengukuran morfometri cangkang dan operculum sebagai karakter plastisitas fenotip. Analisis plastisitas fenotif menggunakan non-Metric Multidimentional Scaling (nMDS) dengan software Past 4.03. Berdasarkan hasil morfometri cangkang dan operkulum dan analisis similaritas nMDS terdapat perbedaan morfometri cangkang *Nerita argus* dan *Nerita costata* spesimen muara Lampon dibandingkan dengan spesimen lokasi kontrol yaitu pantai Grajagan. Spesimen *Nerita argus* dari pantai berbatu Lampon memiliki kisaran rasio morfometri yang tidak jauh berbeda dengan spesimen kontrol. Berdasarkan hasil pengukuran morfometri ini, menunjukkan bahwa efek cemar merkuri lebih mempengaruhi fenotip spesimen *Nerita argus* dan *Nerita costata* yang berada di muara Lampon dibandingkan dengan spesimen Pantai berbatu Lampon. Plastisitas fenotip *Nerita argus* di muara Lampon dapat menjadi perekam perilaku merkuri yang mempengaruhi biota laut, karena cangkang dan operkulum anggota Gastropoda ini dipengaruhi faktor lingkungan termasuk polutan, khususnya saat proses pembentukan cangkang selama hidupnya.
Kata kunci: *Morfometri; adaptasi fenotip; pencemaran; bioindikator*

Abstract

*This research aims to prove the ability of phenotypic plasticity of Neritidae members in Lampon Banyuwangi, which is thought to be able to be used to determine the effects of mercury pollution that has been going on for more than a decade. The research method is descriptive quantitative with measurements of shell and operculum morphometry as phenotypic plasticity characters. Phenotypic plasticity analysis used non-Metric Multidimensional Scaling (nMDS) with Past 4.03 software. Based on the results of shell and operculum morphometry and nMDS similarity analysis, there were differences in the shell morphometry of **Nerita argus** and **Nerita costata** specimens from the Lampon estuary compared to specimens from the control location, namely Grajagan Beach. **Nerita argus** specimens from the rocky coast of Lampon had a range of morphometric ratios that were not much different from control specimens. Based on the results of these morphometric measurements, it show that the effects of mercury pollution have a greater influence on the phenotype of the **Nerita argus** and **Nerita costata** specimens located*

JURNAL BIOSENSE
Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya
Volume 8 No. 2, April 2025, Hal 233 - 248 E-ISSN: 2622 - 6286

in the Lampon estuary compared to the rocky Lampon Beach specimens. The phenotypic plasticity of ***Nerita argus*** *in the Lampon estuary can be a record of the behavior of mercury affecting marine biota, because the shell and operculum of this Gastropod member are influenced by environmental factors including pollutants, especially during the process of shell formation during its life.*
Keywords: *morphometry; phenotype adaptation; pollution; bioindicator*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan suatu kondisi yang diakibatkan oleh adanya beban pencemaran di dalam lingkungan air berupa gas, bahan terlarut maupun partikulat (Liku, 2022). Sumber pencemaran air sebagian besar berasal dari pertambangan, peleburan logam, dan industri lainnya (Budiastuti, 2016 dan Pratiwi, 2020). Salah satu logam berat yakni Merkuri (Hg) (Yudo, 2006 dan Rumoey, 2022). Isu tentang pencemaran merkuri dari aktifitas penggelondongan emas di muara Lampon telah dilaporkan oleh Susintowati dan Hadisusanto (2014). Terdeteksi pula tentang tingginya kandungan merkuri di sedimen, air dan bioindikator (Gastropoda, Bivalvia dan Holothuroidea) di muara dan zona intertidal Lampon (Susintowati dan Hadisusanto, 2014; Susintowati dan Nurchayati, 2014; Susintowati dan Hadisusanto, 2015). Eliminasi merkuri diperairan dan di dalam sedimen membutuhkan waktu yang sangat lama, bahkan bisa ratusan tahun. Bioremediator merkuri dapat berupa bakteri (Lutfi dkk, 2018) yang secara alami ada, juga berbagai biota yang berperan sebagai bioakumulator dalam rantai makanan di Lokasi tercemar.

Anggota filum moluska dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran karena pergerakannya sangat lambat dan memiliki tingkat toleransi sangat luas terhadap pencemaran perairan (Wulansari, 2018). Salah satu kelas yang umum digunakan sebagai bioindikator yaitu gastropoda (Susintowati dkk. 2019). Famili Neritidae merupakan anggota kelas gastropoda yang mudah ditemui di zona intertidal lautan tropis (Djoemharsjah dkk. 2023) termasuk di zona intertidal Lampon. Selain memiliki sifat polimorfisme yang tinggi, beberapa spesies Neritidae dapat merespon perubahan faktor lingkungan dengan berbagai ekspresi fenotip yang beragam , dan hal ini disebut

kemampuan plastisitas fenotip (Kelly at al., 2012).

Plastisitas fenotip gastropoda: morfologi cangkang dan operculum (Whelan, 2021) diukur berdasar morfometrinya. Sedangkan fenotip merupakan ekspresi informasi genetik. Informasi ini bersifat herediter, yaitu diturunkan ke generasi berikutnya. Ekspresi ini juga dipengaruhi oleh lingkungan sehingga sering kali terjadi perubahan pada informasi genetik yang kemudian diturunkan secara herediter lagi. Penelusuran pengaruh pencemar merkuri di muara Lampon menjadi menarik untuk dikaji, mengingat keberadaan merkuri di Lokasi penelitian sudah lebih dari 10 tahun yang lalu. Setelah biokumulasi merkuri yang tinggi serta beberapa kerusakan jaringan hepatopankreas anggota gastropoda yang telah disebutkan oleh Susintowati dan Hadisusanto (2014) dan Susintowati dan Hadisusanto (2015), maka efek pencemar merkuri dalam jangka waktu lama diduga akan tampak pada fenotip cangkang dan operculum hewan ini.

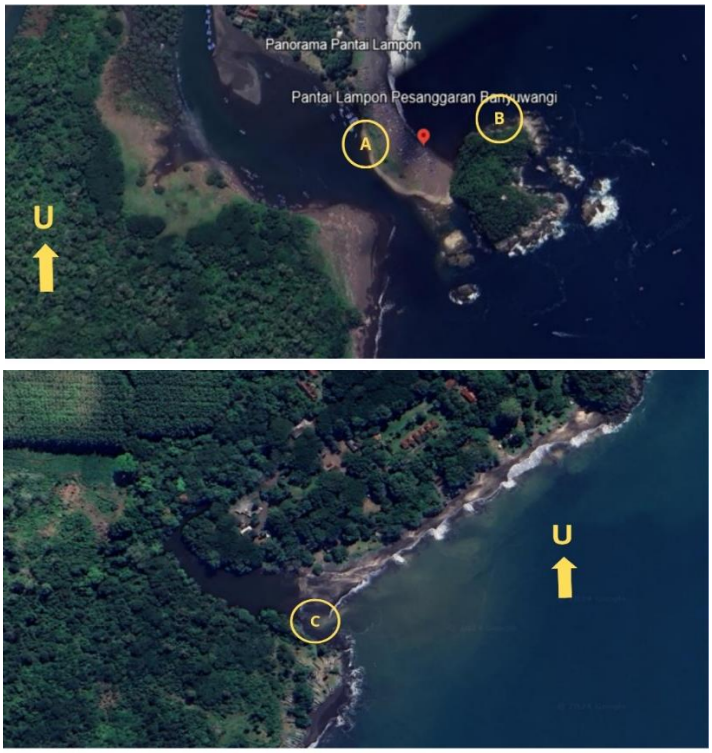
Sebagai pembuktian efek cemar merkuri di muara Lampon terhadap biota laut khususnya gastropoda, terpilih famili Neritidae karena memenuhi kriteria sebagai bioindikator, selain itu juga telah terbukti terpengaruh oleh polutan ini di penelitian sebelumnya. Karakteristik fenotip melalui morfometri cangkang dan operkulum dilakukan secara menyeluruh di beberapa parameter rasio pengukuran. Sebagai parameter pembanding dilakukan pula pengukuran morfometri cangkang dan operkulum anggota Neritidae di pantai Grajagan yang diduga tidak tercemar logam berat ini.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, dengan metode pengambilan sampel *purposive sampling* dengan bantuan garis transek dan kuadrat plot berukuran 2x2 meter di lokasi yang telah ditentukan. Lokasi utama yaitu pada muara dan pantai berbatu Lampon. Zona intertidal pantai Grajagan digunakan sebagai titik kontrol. Jumlah plot disesuaikan dengan panjang zona intertidal masing-masing lokasi.

JURNAL BIOSENSE
Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya
Volume 8 No. 2, April 2025, Hal 233 - 248 E-ISSN: 2622 - 6286



Gambar 1. Lokasi penelitian
A. muara Lampon (8°37'07.5"S 114°05'11.0"E), B. pantai berbatu Lampon (8°37'08.3"S 114°05'14.3"E) dan C. pantai Grajagan (8°36'32.9"S 114°13'34.1"E) Banyuwangi (Sumber: www. Google Earth.com, diakses tanggal 1 Desember 2024).

2.2 Lokasi Penelitian

Data diambil bulan Juli-Desember 2024. Pengambilan spesimen Famili Neritidae pada zona intertidal, dilakukan di 2 titik penelitian: muara (A) koordinat 8°37'07.5"S 114°05'11.0"E dan pantai berbatu (B) koordinat 8°37'08.3"S 114°05'14.3"E Lampon Banyuwangi (Gambar 1). Pantai Grajagan sebagai Lokasi kontrol (koordinat: 8°36'32.9"S 114°13'34.1"E) memiliki karakter yang hampir sama dengan Pantai Lampon. Identifikasi spesies dan pengukuran morfometri (cangkang dan operkulum) untuk data morfometri plastisitas fenotip dilakukan di laboratorium IPA Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi.

2.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk mengukur parameter lingkungan: DO meter, pH-meter, *hand-refractometer*, termometer, dan roll-meter. Pengukuran morfometri menggunakan: mikroskop stereo, *petridisc*, alat tulis, pinset, flakon dan jangka sorong.

Identifikasi spesimen Neritidae menggunakan referensi dan monograf (Dance, 1992; Dharma, 2006; Eichorst, 2016), katalog/panduan online, yaitu *Hardy's Internet Guide to Marine Gastropod (& Near Classes)* dan *World Register of Marine Species (WoRMS)*. Bahan yang digunakan: spesimen famili Neritidae (cangkang dan operculum), air bersih, sabun pencuci piring, kantong plastik dan tisu.

2.4 Pengambilan Data Parameter lingkungan dan Pengawetan Sampel

Parameter lingkungan diukur secara insitu: salinitas, suhu air, pH air dan DO air di semua lokasi pengambilan data. Selain itu juga diamati dan dicatat kondisi substrat di mana spesimen Neritidae ditemukan. Data parameter lingkungan dicatat dan diambil rata-rata tiga pengulangan pengukuran yang diambil.

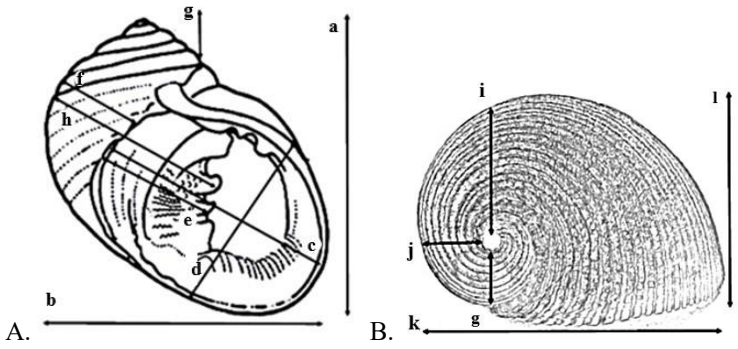
Pengambilan spesimen anggota famili Neritidae dilakukan dengan metode *purposive sampling* dengan bantuan garis transek. Pada tiap transek diletakkan plot kuadrat dengan pembagian titik plot yang disesuaikan dengan panjang zona intertidal masing-masing lokasi saat surut maksimal. Pendataan dan perhitungan anggota Neritidae yang masuk ke dalam plot dilakukan secara insitu. Prosentase pengambilan spesimen Neritidae yang ditemukan dalam plot minimal 25% untuk dilakukan morfometri cangkang dan operkulum. Jika cacah anggota spesies yang ditemukan sangat sedikit maka pengukuran morfometri dilakukan pada semua spesimen yang ditemukan. Spesimen cangkang dan operkulum didapat dengan cara menghilangkan bagian lunak siput ini. Spesimen direbus selama 10-15 menit, kemudian dipisahkan dari bagian lunaknya. Cangkang dan operkulum kemudian dikeringkan dan dijemur hingga siap untuk diukur morfometrinya.

2.4 Pengukuran Morfometri dan Analisis Data

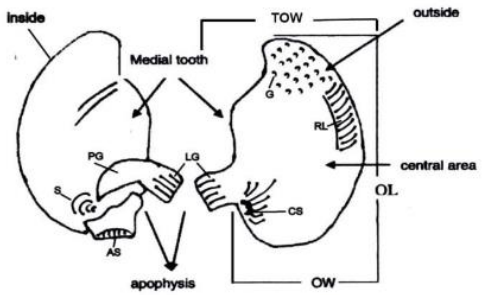
Pengukuran morfometri cangkang dan operkulum famili Neritidae menggunakan jangka sorong dengan ukuran milimeter. Terdapat 15 parameter yang diukur dan dianalisis yaitu: SL: s*hell length* (panjang cangkang), SW: s*hell width* (lebar cangkang), AL: *aperture length* (panjang bukaan cangkang), AW: *aperture width* (lebar bukaan cangkang), CW: *columellar deck* (lebar dasar kolumela), CP: *columellar*

JURNAL BIOSENSE
Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya
Volume 8 No. 2, April 2025, Hal 233 - 248 E-ISSN: 2622 - 6286

protrude (tonjolan kolumela), SH: *spire height* (tinggi gelung), ST: *shell thickness* (tebal cangkang), WH: *whorl width* (lebar *whorl*), SP: *spire width* (lebar gelung), VL: *ventral length* (panjang ventral cangkang), SH: *shell height* (tinggi cangkang), OL: *operculum length* (panjang operkulum), OW: *operculum width* (lebar operkulum), TOW: *total operculum width* (lebar total operkulum). Terminologi morfometri cangkang Neritidae dapat dilihat di gambar 2 dan morfometri operkulum di gambar 3.



Gambar 2. Terminologi morfometri cangkang Famili Neritidae
*A.Sisi ventral cangkang: a. panjang cangkang, b. lebar cangkang, c. panjang bukaan, d. lebar bukaan, e. lebar dasar kolumela, f. tonjolan kolumela, B. Sisi lateral cangkang: g. tinggi gelung, h. tebal kolumela, i. lebar whorl, j. lebar gelung, k. panjang ventral, l = tinggi cangkang (A. Modifikasi dari Leal, 2003, B. cangkang **Nerita balteata**, Susintowati dkk. 2018).*



Gambar 3. Terminologi operkulum Famili Neritidae
G-granulae/bintil-bintil bulat, CS-central spire, LG-iongitudinal groove, PG-peg-like projection, S-striae, AS-apophysis striae, RL-radier line, OL-panjang operkulum, OW-lebar operkulum dan TOW-Panjang total Operculum. (Susintowati dkk, 2018).

Setelah dilakukan pengukuran morfometri cangkang dan operkulum kemudian dilakukan penghitungan rasio morfometri, penghitungan rata-rata rasio dan standar deviasinya. Hasil perhitungan rata-rata rasio morfometri cangkang dan operculum kemudian dianalisis dengan analisis non-metric multidimensional scaling (nMDS)

JURNAL BIOSENSE
Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya
Volume 8 No. 2, Bulan 2025, Hal 233 - 248 E-ISSN: 2622 - 6286

(Chiu dkk. 2002) menggunakan software PAST 4.03 (Hammer dkk. 2001), mengacu pada persamaan matriks *Bray Curtis* yang dapat digunakan untuk mendeteksi komposisi spesies (Mulansari, 2021). Analisis nMDS bertujuan untuk menggambarkan posisi sebuah obyek dengan obyek lainya, berdasarkan letak kemiripan (*similarity*) yang dimiliki (Chiu dkk., 2002; Taguchi dan Oono, 2005; Herman, 2010; Mulansari, 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi anggota Famili Neritidae

Keberagaman spesies merupakan suatu karakteristik komunitas berdasarkan organisasi biologis yang dapat menyatakan struktur dan kestabilan suatu komunitas (Odum & Barret, 2005). Hasil identifikasi menunjukkan bahwa di muara Lampon ditemukan 8 spesies, sedangkan di pantai berbatu ada 1 spesies. Anggota Neritidae yang ditemukan di Pantai Grajagan ada 2 spesies (tabel 1.)

Tabel 1. Anggota Neritidae yang ditemukan di lokasi pengamatan

No	Spesies	Simbol	Lokasi		
			A	B	C
1	*Nerita argus* Réchuz, 1841	Na	✓	✓	✓
2	*Nerita albicilla* Linnaeus, 1758	Nal	✓	×	×
3	*Nerita costata* Gmelin, 1791	Nc	✓	×	✓
4	*Nerita chameleon* Linnaeus, 1758	Nch	✓	×	×
5	*Nerita exuvia* Linnaeus, 1758	Nex	✓	×	×
6	*Nerita insculpta* Récluz, 1841	Nsc	✓	×	×
7	*Nerita plicata* Linnaeus, 1758	Npl	✓	×	×
8	*Nerita squamulata* Le Guillou, 1841	Nsq	✓	×	×
Total spesies			8	1	2

Keterangan: **A**: Muara Lampon (ML), **B**: pantai Berbatu Lampon (BL), **C**: pantai Grajagan (Gj) Banyuwangi

Terdapat perbedaan temuan anggota Neritidae dalam satu dekade terakhir jika dibandingkan dengan Susintowati (2012) yang menyatakan saat itu ditemukan 9

spesies famili Neritidae diantaranya yakni *Nerita argus, Nerita costata, Nerita polita, Nerita plicata, Nerita albicilla, Nerita planospira, Nerita lineata, Nerita squamulata,* dan *Nerita insclupta.* 3 spesies yang saat ini tidak ditemukan pada pada penelitian ini yakni *Nerita planospira, Nerita polita* dan *Nerita lineata*. Penelitian ini tidak meliputi lokasi mangrove di Lampon, sehingga *Nerita planospira* dan *Nerita lineata* tidak masuk dalam cakupan penemuan. Sedangkan *Nerita polita* yang sebelumnya ditemukan, pada penelitian ini tidak ditemukan lagi. Sebaliknya, *Nerita argus* justru mengalami penyebaran hingga di Pantai berbatu, yang sebelumnya tidak ditemukan. Selain itu di muara Lampon ditemukan *Nerita chamaeleon* dan *Nerita exuvia* yang sebelumnya tidak terdapat pada penelitian Susintowati (2012) 12 tahun lalu. Spesies-spesies yang masih dapat ditemui yaitu: *Nerita argus, Nerita costata, Nerita albicilla, Nerita plicata, Nerita insclupta,* dan *Nerita squamulata*.

Hal yang mungkin menjadi penyebab terjadinya perubahan komposisi komunitas gastropoda khususnya Neritidae di Lokasi ini adalah berbagai faktor lingkungan, dan diduga pula karena efek polutan merkuri. Seperti yang dinyatakan oleh Hawan dkk. (2020) bahwa gastropoda di zona intertidal dipengaruhi banyak oleh faktor lingkungan, terutama pasang surut, ombak, suhu dan faktor-faktor lain yang cukup kompleks termasuk polutan yang masuk ke badan perairan (Tala dkk., 2022 dan Haumahu dkk., 2023). Jika dilihat dari hasil pengukuran faktor lingkungan di ketiga Lokasi pengamatan, diduga hal yang mempengaruhi kehidupan dan populasi Neritidae kurang lebih sama, karena faktor-faktor lingkungan terukur dalam kisaran rentang yang tidak jauh berbeda (tabel 2.) dan dalam kisaran normal untuk habitat intertidal yang dekat dengan muara sungai. Jenis substrat yang mencolok berbeda adalah muara Lampon yang didominasi oleh pasir hitam dan bebatuan, sedangkan pantai berbatu Lampon dan Pantai Grajagan karakter batuannya sama, dengan diselingi terumbu karang. Merujuk pada Prasetya dkk. (2022), bahwa tingginya kepadatan organisme dipengaruhi oleh kondisi substrat. Sehingga diduga kondisi substrat yang berpasir dan banyak mengandung berbagai macam bahan organik, merupakan kondisi lingkungan yang

sangat baik untuk kelangsungan hidup organisme terutama Neritidae. Menurut Persulessy & Arini (2018) menyatakan bahwa tipe substrat berpasir memudahkan famili Neritidae untuk mendapatkan suplai nutrisi dan air yang diperlukan sehingga banyak gastropoda khususnya famili neritidae yang menyukai substrat yang banyak mengandung pasir. Tidak hanya hal itu famili neritidae banyak hidup dan mendiami di lokasi berbatu dan berpasir yang melekat dibalik batu yang bertujuan untuk melindunginya dari predator (Tan dan Clements, 2008; Susintowati dkk., 2019).

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter lingkungan di lokasi penelitian

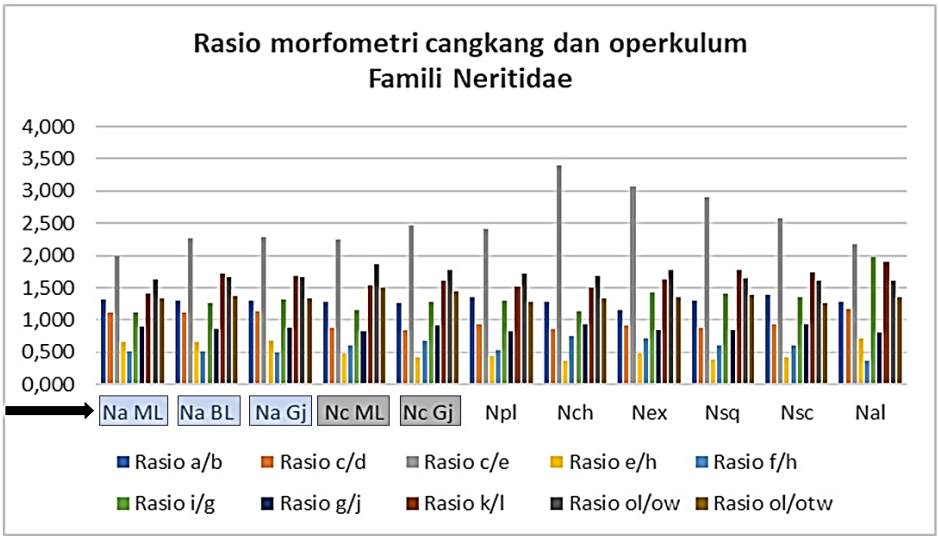
No	Lokasi Penelitian	Parameter Lingkungan			
		Suhu (°C)	pH	DO Air (mg/L)	Salinitas (ppm)
1	Muara Pantai Lampon	27,8	7,6	18,7	20
2	Pantai Berbatu Lampon	26,4	7,9	19,9	48
3	Pantai Gerajagan	26,4	6,8	20,0	15

Polimorfisme dalam famili Neritidae terbukti sangat tinggi. Polimorfisme yang dimaksud terutama dalam pola warna dan corak dalam satu spesies, terkadang corak antar spesies hamper sama sehingga menimbulkan kerancuan dalam identifikasi (Djoemharsjah dkk, 2022; Susintowati dkk. 2019; Choirunnisa & Ambarwati, 2018). Hewan ini bersifat hidup berkoloni atau berkelompok (Tan & Clements (2008). Sehingga jika terjadi peristiwa pencemaran lingkungan di perairan ini, maka diduga dampaknya akan dialami oleh semua populasi. Pengambilan spesimen secara acak tetap memberikan hasil yang signifikan bahwa bioakumulasi merkuri sangat tinggi di anggota Neritidae. Bioakumulasi dan kerusakan hepatopankreas yang telah dilaporkan oleh Susintowati dan Hadisusanto (2014), sedikit banyak akan mempengaruhi proses pertumbuhan hewan ini, terutama proses pembentukan cangkang dan operkulumnya. Sehingga plastisitas fenotip cangkang dan operkulum menjadi parameter sejauh mana, efek polutan ini bagi anggota gastropoda terutama Neritidae.

3.3 Hasil Analisis Morfometri

JURNAL BIOSENSE
Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya
Volume 8 No. 2, April 2025, Hal 233 - 248 E-ISSN: 2622 - 6286

Rata-rata nilai rasio morfometri cangkang dan operkulum dapat menjadi acuan untuk mengetahui plastisitas fenotip hewan ini (gambar 4). Perbandingan dilakukan terutama pada spesies yang dapat dijumpai di muara Lampon, pantai berbatu Lampon dan pantai Grajagan. Spesies yang dapat ditemui di ketiga lokasi adalah *Nerita argus*. Spesies yang dapat dijumpai di muara Lampon dan Pantai Grajagan adalah *Nerita costata*. Dua spesies ini menjadi data utama untuk mengetahui sejauh mana penyimpangan fenotip yang terjadi karena pengaruh polutan di muara Lampon. Enam spesies lainnya semuanya ditemukan di muara Lampon. Tingginya diversitas anggota Neritidae di muara Lampon menunjukkan bahwa hewan ini tetap dapat bertahan di lingkungan tercemar, namun respon terhadap faktor ini dapat menjadi parameter yang jelas terutama fenotipnya. Beberapa spesies tidak ditemukan lagi, diduga karena gabungan berbagai macam faktor dan masih perlu dikaji lebih dalam.

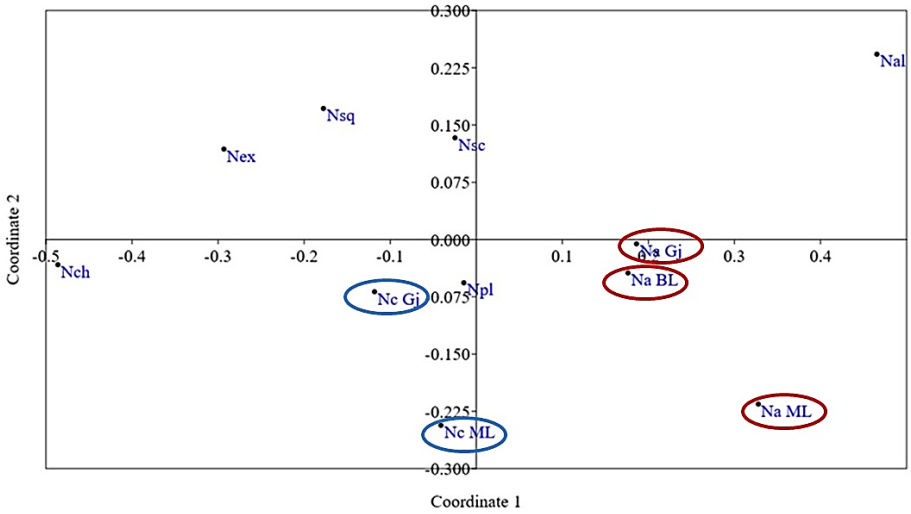


Gambar 4. Rasio morfometri cangkang dan operkulum Neritidae

Na=Nerita argus; Nc=Nerita costata; Npl=Nerita plicata; Nch=Nerita chamaeleon; Nex=Nerita exuvia; Nsq=Nerita squamulata; Nsc=Nerita insculpta; Nal=Nerita albicilla; ML=Muara Lampon; BL=pantai berbatu Lampon; Gj=pantai Grajagan; a-l =terminologi morfometri; ol=panjang operkulum; ow=lebar operkulum dan tow=lebar total operkulum.

JURNAL BIOSENSE
Jurnal Penelitian Biologi dan Terapannya
Volume 8 No. 2, Bulan 2025, Hal 233 - 248 E-ISSN: 2622 - 6286

Analisis nMDS membantu menunjukkan similaritas atau kesamaan pengukuran rasio morfometri anggota Neritidae yang ditemukan di semua Lokasi penelitian, khususnya spesies-spesies yang menjadi target penelitian ini. Dalam gambar 5 jelas menunjukkan hasil bahwa similaritas morfometri cangkang dan operkulum *Nerita argus* di muara Lampon sangat rendah dibandingkan spesimen *Nerita argus* dari pantai berbatu Lampon dan pantai Grajagan.



Gambar 5. Hasil analisis nMDS rasio morfometri cangkang dan operkulum
Keterangan simbol spesies sesuai dengan Tabel 1. Lingkaran merah menunjukkan posisi similaritas ***Nerita argus****, sedangkan lingkaran biru menunjukkan posisi similaritas* ***Nerita costata****.*

Cangkang Nerita argus yang berasal dari di muara Lampon memiliki cangkang lebih tebal lebih tebal dan kondisi cangkangnya yang tidak mulus dibandingkan cangkang *Nerita argus* yang berada di Pantai berbatu dan Pantai Grajagan. Hal ini diduga disebabkan spesimen di muara lampoon lebih terpapar polutan dan mengalami adaptasi fenotip lebih berat dibandingkan spesimen di Lokasi lainnya. Walaupun pantai berbatu Lampon memiliki koneksi sangat dekat dengan muara, namun diperkirakan pengaruh ombak yang besar di Pantai berbatu dapat menepis aliran sisa polutan yang berasal dari muara Lampon, sehingga populasi Neritidae di Pantai berbatu sedikit lebih terproteksi di lingkungannya. Merujuk pada pernyataan Choyrulloh, (2017) Neritidae dapat merubah karakteristik cangkangnya menjadi lebih tebal dikarenakan perubahan

lingkungan yang mendorong proses seleksi untuk merubah karakteristik morfologi fenotip yang dapat menyimpang dari rata-rata karakteristik tersebut, yang bertujuan untuk melindungi organ-organ penting yang terdapat dalam mantel yang lunak.

Sedangkan rasio morfometri pada *Nerita costata* yang berada di muara Lampon dan *Nerita costata* pantai Grajagan memiliki kemiripan. Hal ini diduga karena *Nerita costata* yang berada pada Muara Lampon, di temukan di garis transek dan letak kuadrat plot nya terletak berdekatan dengan garis gelombang ombak arus yang cukup tinggi yang berbatasan langsung dengan laut. Sedangkan *Nerita argus* yang berada di Pantai Lampon ditemukan dan terletak pada garis transek kuadarat plot pada aliran Sungai muara yang terdapat endapan sedimen yang masih terpapar oleh adanya polutan merkuri. Menurut Mubarok (2018) menyatakan bahwa arus ombak dapat mengurangi kadar logam berat yang terdapat pada sedimen yang terpapar oleh polutan merkuri. Logam berat dalam air mengalami proses pengenceran dengan adanya pengaruh pola arus dan konsentrasi merkuri dalam sedimen cenderung menurun dengan semakin jauh jarak dari kontaminasi (Irsan dkk, 2020).

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya toksisitas logam diperairan (termasuk merkuri) terhadap organisme yang hidup di dalamnya adalah: bentuk ikatan kimia dari logam terlarut; pengaruh interaksi antara logam dan jenis toksikan lainnya; pengaruh faktor lingkungan lainnya yaitu suhu, salinitas, pH dan kadar oksigen terlarut dalam air; kondisi organisme, fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), ukuran organisme, jenis kelamin dan kecukupan kebutuhan nutrisi; kemampuan organisme untuk menghindar dari pengaruh polusi; serta kemampuan organisme untuk beraklimatisasi/adaptasi terhadap bahan toksik logam (Darmono, 2008). Dalam kasus pencemaran merkuri di muara lampoon yang telah sekian lama degan proses eliminasi secara alami oleh Gerakan air Sungai di muara dan pasang surut air laut, atau proses bioakumulasi serta bioremediasi alami, dapat menjadi contoh perilaku polutan merkuri di lingkungan muara. Hasil penelitian ini dapat digunakan tolok ukur informasi pengaruhnya terhadap plastisitas fenotip melalui pengukuran rasio morfometri cangkang dan perkulum

anggota Neritidae. Jelas terlihat, pengaruh logam berat ini terhadap fenotip Neritidae.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah: setelah isu pencemaran logam berat merkuri di muara Lampon satu dekade lalu, jejaknya masih terekam dalam fenotip cangkang dan operkulum anggota Neritidae, khususnya *Nerita argus*. Spesies ini sangat penting di lingkungan muara Lampon, sehingga dapat dinyatakan bahwa *Nerita argus* merupakan bioindikator pencemar merkuri di muara yang perlu diperhatikan oleh para peneliti lingkungan. Pengaruh faktor lingkungan terutama ombak menjadi perhatian khusus, terkait dengan tingkat efek cemar merkuri pada keberadaan spesimen Neritidae.

4.2 Saran

Masih perlu adanya penelitian lanjutan, terutama bagi pemerhati lingkungan dan toksikologinya. Jika ada penelitian lanjutan di Lokasi muara Lampon, dapat dikaji lebih dalam lagi terutama di habitat mangrove sekitar muara Lampon. Biomonitoring pencemar logam berat termasuk merkuri perlu dilakukan dari waktu ke waktu.

5. REFERENSI

Budiastuti, P., Raharjo, M., & Dewanti, N. A. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungan Babon Kecamatan Genuk Semarang. Jurnal Kesehatan Masyarakat.

Chiu, Y.-W., Chen, H.-C., & Chen, C. A. (2002). Morphometric analysis of shell and operculum variations in the viviparid snail, *Cipangopaludina chinensis* (Mollusca: Gastropoda), in Taiwan. Zoological Studies, 41(3): 321-331.

Choirunnisa, Z. A., & Ambarwati, R. (2018). Variasi Pola Cangkang dan Profil Habitat *Clithon oualaniense* (Lesson, 1831) (Gastropoda: Neritidae) di Bangkalan, Madura. Zoo Indonesia, 38-49.

Choyrullah, A. (2017). Distribusi dan Plastisitas Fenotip Neritidae Intertidal Taman Nasional Alas Purwo Kabupaten Banyuwangi Provinsi Jawa Timur. Banyuwangi: FKIP Biologi Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi. Skripsi: tidak dipublikasikan.

Dance, S.P. (1992). Shells. The Visual Guide to Over 500 Species of Seashell from

Around the World. Dorling Kindersley Book. London.
Darmono. (2008). Lingkungan hidup dan pencemaran : hubungannya dengan toksikologi senyawa logam. Jakarta: UI-Press.
Dharma, B. (2005). Recent and Fossil Indonesian Shells. Hackenheim, Germany: Conchbooks.
Djoemharsjah, I. S., Isnaningsih, N. R., & Ambarwati, R. (2023). Variasi Morfologi Keong Neritidae di Pantai Badur, Madura [Morphological Variations of Neritidae Snails at Badur Beach, Madura]. Berita Biologi Jurnal Ilmu-ilmu hayati, 41-50.
Eichhorst, T. (2016). Neritidae of the World vols 1 & 2. Harxheim: Conch Books.
Hammer, O., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package For Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica, 1-9.
Haumahu, S., Lokollo, F. F., & Hehanussa, S. U. (2023). Komposisi Spesies dan Kelimpahan Gastropoda Laut di Zona Intertidal Negeri Halong, Ambon, Indonesia. Jurnal Laut Pulau, 2(1): 35 - 43.
Hawan, F. K., Bullu, N. I., & Ballo, A. (2020). Identifikasi Jenis Gastropoda Pada Zona Intertidal Pantai Deri Dan Pantai Watotena Kecamatan Ile Boleng Kabupaten Flores Timur. Bioma, 15-25.
Herman, R. T. (2010). Penerapan Model Multidimensional Scaling dalam Pemetaan Brand Positioning Internet Service Provider. Journal The Winners, 81-93.
Irsan, Male, Y. T., & Selanno, D. A. (2020). Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Pada Pada Ekosistem Sungai Waelata Dan Sungai Anahoni Yang Terdampak Aktifitas Pertambangan Emas Di Pulau Buru, Maluku. Chem. Prog, 31-38.
Kelly, S. A., Panhuis, T. M., & Stoehr, A. M. (2012). Phenotypic Plasticity: Molecular Mechanisms and Adaptive Significance. Comprehensive Physiology, Vol 2:1417-1439.
Liku, J. E., Mulya, W., Sipahutar, M. K., Sari, I. P., & Noeryanto. (2022). Mengidentifikasi Sumber Pencemaran Air Limbah Di Tempat Kerja. Jurnal Pengabdian Masyarakat.
Lutfi, S. R., Wignyanto, & Kurniati, E. (2018). Bioremediasi Merkuri Menggunakan Bakteri Indigenous Dari Limbah Penambangan Emas di Tumpang Pitu, Banyuwangi. Jurnal Teknologi Pertanian , 15-24.
Mubarak, A. (2018). Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) Pada Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dan Sedimen di Makassar: Repositori UIN Alauddin.
Mulasari, Y. W. (2021). Identifikasi Mikroalga Berdasarkan Karakteristik Habitat di Pantai Siwil Kabupaten Pacitan Jawa Timur. Malang: Repository. ub. ac. id.
Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). Fundamentals of ecology Fifth Edition. Belmont: CA: Thomson Brooks/Cole.
Persulessy, M., & Arini, I. (2018). Keanekaragaman Jenis Dan Kepadatan Gastropoda di Berbagai Substrat Berkarang di Perairan Pantai Tihunitu Kecamatan Pulau

Haruku Kabupaten Maluku Tengah. Biopendix, 45-52.

Prasetia, A. A., Suwarsih, Sukma, R. N., Joesidawati, M. I., & M, P. I. (2022). Keanekaragaman Dan Keterkaitan Moluska Pada . Manfish Journal, 92-103.

Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. Jurnal Akuatek, 1(1): 59-65.

Rumoey, D. S., Umar, N. A., & Hadijah. (2022). Pencemaran Logam Berat. Sulawesi Selatan: Pusaka Almaida.

Susintowati. (2012). Bioakumulasi Merkuri dan Struktur Komunitas Gastropoda di Kawasan Bekas Penggelondongan Emas Tradisional, Muara Sungai Lampon, Banyuwangi, Jawa Timur. Naskah Tesis. Fakultas Biologi. UGM Yogyakarta: tidak dipublikasikan.

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 , & Hadisusanto, S. (2015). Mercury Bioaccumulation of Macrobenthos Based on Feeding Behavior and Niches at Lampon Ceased Traditional Gold Mining, Banyuwangi District, East Java. KnE Life Sciences Proceeding, International Conference on Biological Sciences (ICBS-2013), 451-457.

Susintowati, Hadisusanto, S., Puniawati, N., Poedjirahajoe, E., & Handayani, N.S.N. 2018. Study of the Characteristic of Neritidae: Shell and Operculum. AIP Conf. Proc. 2002, 020063-1–020063-6; https://doi.org/10.1063/1.5050159.

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, 20 (7): 2016-2027.

Taguchi, Y.-H., & Oono, Y. (2005). Relational patterns of gene expression via non-metric multidimensional scaling analysis. Bioinformatics 21:730-40

Tala, W. S., Aba, L., & Ahdianti, D. (2022). Identifikasi Jenis-Jenis Gastropoda Di Perairan Gu Timur Kabupaten Buton Tengah. Jurnal Penelitian Biologi dan Kependidikan, 53-61.

Tan, S. K., & Clements, R. (2008). Taxonomy and Distribution of the Neritidae (Mollusca: Gastropoda) in Singapore. Zoological Studies, 481-494.

Whelan, N. V. (2021). Phenotypic Plasticity and the Endless Forms of Freshwater Gastropod Shells. Freshwater Mollusk Conservation Society, 24(2): 87-103.

Wulansari, D. F., & Kuntjoro, S. (2018). Keanekaragaman Gastropoda dan Peranannya

Sebagai Bioindikator Logam Berat Timbal (Pb) di Pantai Kenjeran, Kecamatan Bulak, Kota Surabaya. Lentera.BIO, 241-247.

Yudo, S. (2006). Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai Dki Jakarta. Jurnal Air Indonesia.

.