



Struktur Komunitas dan Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Teripang di Pantai Tanjung Benoa, Badung, Bali

Kadek Widya Suryaningsih^a, I Gusti Ngurah Putra Dirgayusa^a, dan I Nyoman Giri Putra^{*a}

^aProgram Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

*Corresponding author, email: nyomangiriputra@unud.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: June 10th 2020

Received in revised form: July 21th 2020

Accepted: August 21th 2020

Available online: September 30th 2020

Keywords:

Heavy Metals (Pb)

Sea Cucumber

Bioaccumulation

Tanjung Benoa

ABSTRACT

High shipping activity in Tanjung Benoa beach has caused a strong possibility of heavy metal contamination to the marine ecosystems. Heavy metal in the water will process a deposition which causes an accumulation to the body of marine biotas especially to the filter feeders such as sea cucumber. This research aims to determine the community structure of sea cucumber and to calculate the bioaccumulation of lead (Pb) content in sea cucumber. Sampling activity was conducted at four sites located in Tanjung Benoa, Bali. At each site, a transect method was performed to assess the community structure of sea cucumber like density, diversity, and species composition. Meanwhile, the analysis of heavy metal was conducted by Atomic Absorption Spectrophotometer. In this research, we found 151 sea cucumbers which is come from five species such as *Holothuria scabra*, *H. edulis*, *Synapta maculata*, *H. atra*, *H. leucospilota*. The highest level of density was found in site one (0.0104 ind/m²) and the lowest was found in site four (0.0034 ind/m²). The highest level diversity index was found in site three (0,37) and the lowest was in site two (0,14). The highest level of uniformity index was found in site three (0,21) and the lowest was in site two (0,01). The highest level of dominance index was found in site two (0,94) and the lowest was site three (0,85). The species composition was dominated by *S. maculata* which is represents 94.03% of the total species found in Tanjung Benoa. The number of bioaccumulation factor (BCF o-s) showed that the accumulation of Pb is categorized as deconcentrator category or low accumulation level since the number of the bioconcentration factor is less than one. While the number of bioconcentration factor (BCFo-w) is categorized as a low category since the number is less than 100. Therefore, it can be concluded that biota which categorized as a filter feeder such as sea cucumbers, can accumulate heavy metal (Pb) indeed with the low accumulation level.

2020 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Pencemaran laut didefinisikan sebagai masuk atau dimasukkannya makhluk hidup berupa zat dan komponen lain yang bersifat racun ke dalam laut yang dapat menyebabkan fungsi dari laut tidak sesuai dengan peruntukannya. Contoh dari bahan pencemar yang biasa ditemukan dalam laut yaitu logam berat (Alfian, 2009). Beberapa jenis logam memiliki sifat non-esensial serta memiliki sifat toksik terhadap suatu organisme misalnya timbal (Pb). Logam berat yang masuk ke dalam air akan mengalami sebuah proses pengendapan dan akan terserap dalam tubuh biota laut. Terserapnya logam berat biasanya melalui insang maupun melalui rantai makanan karena sifatnya yang mudah bereaksi dan umumnya bersifat toksik, kemudian disebut bioakumulasi (Arifin, 2011).

Bioakumulasi merupakan pengambilan zat kimia dari lingkungan oleh makhluk hidup yang dimana ditemukannya pencemar didalam tubuh organisme dengan konsentrasi yang melebihi dari pada konsentrasi di lingkungan sesuai piramida makanan (Ashraf, 2006). Proses bioakumulasi memiliki dua tahap

penyerapan, diawali dengan penyerapan yang terjadi pada permukaan sel dan yang kedua yaitu proses pengangkutan aktif dari membran sel ke sel bagian dalam (Qurantulan et al., 2017). Menurut Ghosh and Singh (2005) untuk mengetahui mekanisme akumulasi logam berat dalam organisme perairan dengan cara menghitung nilai *bioconcentration factor* (BCF) atau faktor biokonsentrasi.

Biota akuatik yang dapat bertindak sebagai akumulator atau dapat mengambil dan mengakumulasi bahan kimia dalam jumlah yang dapat diukur yaitu teripang. Teripang merupakan hewan dari filum echinodermata, yang habitatnya dapat dijumpai pada ekosistem terumbu karang, lamun, dan zona intertidal sampai kedalaman 30 meter. Teripang tidak bisa menghindar dari kontaminasi dan mempunyai daya tahan yang tinggi pada konsentrasi beberapa logam (Darmono, 1995). Hal ini disebabkan karena teripang sebagai hewan *filter feeder* adalah organisme yang memiliki peran sebagai penyimpanan terbesar partikel yang terdapat dalam perairan (Suhendrayatna, 2003).

Pada perairan di Bali terdapat beberapa jenis spesies teripang. Menurut penelitian Yanti (2014), menyatakan bahwa adanya teripang pada perairan Bali selatan yaitu di Pantai Tanjung Benoa. Tanjung Benoa menjadi salah satu kawasan pariwisata dan menjadi tempat yang dilalui jalur sirkulasi pasang surut air laut di Teluk Benoa menuju ke laut lepas serta menjadi jalur lalu lintas kapal (Try Al Tanto et al., 2017). Tingginya aktivitas perkapalan di wilayah perairan Tanjung Benoa berpotensi membawa bahan pencemar sehingga logam berat Pb yang bersumber dari bahan bakar kapal mudah masuk ke badan perairan. Menurut NRCNA (2011), menyatakan bahwa logam berat Pb yang masuk ke perairan melalui air ballast pada kapal, dimana konsekuensi yang tidak disengaja dari lalu lintas ini adalah pengangkutan logam berat ke berbagai tempat melalui air ballast yang dibawa oleh kapal ke draft control. Menurut Palar (1994), berpendapat bahwa logam berat Pb masuk ke perairan berasal dari penggunaan emisi berbau bakar minyak pada kapal. Khasanah (2009), menyatakan bahwa dalam proses alami logam berat timbal (Pb) dapat masuk ke dalam perairan melalui proses perubahan timbal menjadi kristal di udara dengan bantuan air hujan.

Pada suatu saat logam berat yang terdapat didalam perairan akan menuju dasar perairan dan terjadi proses pengendapan yang menyebabkan terbentuknya sedimentasi sehingga logam berat yang terkonsentrasi pada sedimen memiliki jumlah lebih tinggi dari konsentrasi logam yang sama dalam badan air (Amelia et al., 2019). Hal tersebut dapat menyebabkan organisme laut yang hidup di dasar perairan seperti teripang berpeluang sangat besar terkontaminasi logam berat karena sifat teripang yang memiliki mobilitas rendah dipandang dapat menjadi mediator terhadap bahaya keracunan karena kemampuannya sebagai bioakumulator.

Tingginya kandungan logam berat pada perairan nantinya akan berdampak buruk terhadap ekosistem laut di Pantai Tanjung Benoa. Mengingat Pantai Tanjung Benoa merupakan pantai yang banyak aktivitas perkapalan dan pariwisata, maka perlunya penelitian mengenai kadar logam berat pada perairan Pantai Tanjung Benoa melalui bioakumulasi logam berat (Pb) pada teripang dan struktur komunitas teripang di Pantai Tanjung Benoa.

2. Metode

2.1 Waktu dan Tempat

Pengambilan sampel dilaksanakan di sepanjang Pantai Tanjung Benoa dengan membagi wilayah pantai menjadi empat stasiun (Gambar 1). Pengambilan sampel dilaksanakan pada tanggal 26 Januari 2020 pada sore hari. Analisis kandungan Timbal (Pb) pada teripang, sedimen dan air dilakukan di Laboratorium Analitik Universitas Udayana dan di Laboratorium MIPA Terpadu.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Metode Pengambilan Sampel

Sampel berupa teripang, sedimen, dan air laut yang diambil pada kondisi air laut yang surut. Pada proses pengambilan data menggunakan metode *purposive sampling* yaitu memilih empat lokasi yang diketahui menjadi habitat teripang. Jarak antar titik stasiun sekitar 1 km dan daerah jelajah pengambilan data pada setiap titiknya yaitu 100 m x 50 m dengan jarak dari bibir pantai yaitu 20 m. Pada setiap stasiun diambil 5 teripang. Pengambilan sampel teripang yaitu dalam satu titik stasiun diambil 5 sampel teripang secara acak kemudian teripang diidentifikasi dengan menggunakan buku panduan identifikasi teripang. Sampel sedimen diambil sebanyak 100 g pada setiap titik stasiun dengan menggunakan sekop lalu disimpan dalam plastik *ziplock*. Sampel selanjutnya dimasukkan dalam *cooling box* sehingga dapat dilanjutkan proses analisa di laboratorium Analitik Universitas Udayana. Sampel air laut diambil sebanyak 600 ml pada setiap titik stasiun. Kemudian sampel air segera disimpan kedalam *cooling box* untuk dianalisa kandungan logam beratnya di laboratorium Analitik Universitas Udayana.

2.3 Pengolahan Sampel Teripang

Sebelum dilakukan analisis kadar logam berat Pb, sampel di bersihkan terlebih dahulu. Sampel yang telah dibersihkan dilakukan pengukuran berat dan panjangnya. Selanjutnya sampel yang telah dibersihkan dipotong menjadi kecil dan tipis, sampel kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 100°C dengan rentang waktu 24 jam. Setelah itu sampel menuju tahap penghalusan menggunakan mortar sehingga sampel menjadi serpihan kecil.

2.4 Analisis Data

2.4.1 Struktur Komunitas Teripang

1. Kepadatan Teripang

Kepadatan dari masing-masing jenis sampel yang diambil pada setiap titik koordinat dihitung menggunakan persamaan berikut (Odum, 1993).

$$Di = ni / A \quad (1)$$

Dimana, Di merupakan kepadatan jenis (ind./m²), ni adalah jumlah total individu jenis (ind.), dan A adalah luas area yang di sampling (m²).

2. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman jenis (*Species Diversity Indeks*) (H') digunakan rumus Shannon-Weiner (Odum, 1993) dengan persamaan berikut:

$$H' = -\sum Pi \ln Pi \quad (2)$$

Dimana, H' adalah Indeks Keanekaragaman, Pi adalah perbandingan total antara jumlah individu jenis ke-i dengan jumlah total individu (ni/N). Selanjutnya dapat dikategorikan jika, 0 < H' ≤ 1 berarti keanekaragamannya rendah, 1 < H' ≤ 3 berarti memiliki keanekaragaman sedang, H' > 3 memiliki keanekaragaman tinggi.

3. Indeks Keseragaman Jenis

Indeks keseragaman dapat diartikan sebagai keseimbangan, dimana komposisi dari individu setiap jenis yang terdapat pada suatu komunitas. Indeks keseragaman jenis yaitu dengan menggunakan persamaan berikut (Odum, 1993).

$$E = H' / (H' \text{ maks}) \quad (3)$$

Dimana, E adalah Indeks Keseragaman, H' adalah Indeks keanekaragaman jenis, serta H maks adalah Jumlah jenis organisme (ln S). Selanjutnya dapat dikategorikan, jika E < 0,4

berarti tingkat keseragaman populasi kecil, jika $0,4 < E < 0,6$ berarti tingkat keseragaman populasi sedang, jika $0,6 < E < 1$ berarti tingkat keseragaman populasi besar.

4. Indeks Dominansi

Indeks dominansi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Odum, 1993).

$$D = \sum (ni/N)^2 \quad (4)$$

Dimana, D adalah Indeks Dominansi, ni adalah jumlah individu spesies ke-I, N adalah jumlah total individu setiap jenis. Selanjutnya hasil dari perhitungan dapat dikategorikan sebagai berikut, $0 < D < 0,6$ berarti tidak terdapat spesies yang mendominasi, serta $D > 1$ berarti terdapat spesies yang mendominasi.

5. Komposisi Jenis Teripang

Komposisi jenis teripang dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Fachrul, 2007).

$$Ki = ni/N \times 100\% \quad (5)$$

Dimana, Ki adalah Komposisi Jenis ke-i (%), ni adalah Jumlah individu jenis ke-i (ind), serta N adalah Jumlah total individu (ind).

2.4.2 Analisis Logam Berat

Analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Analitik Universitas Udayana, dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom atau *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Metode ini merupakan analisis yang dilakukan secara kuantitatif dengan mengukur penyerapan cahaya dengan panjang gelombang (Skoog *et al.*, 1998). Analisis logam berat Pb pada sampel air laut dilakukan dengan memasukkan 50 ml sampel air laut ke dalam *beaker glass* dan ditambahkan 10 ml asam Sulfat (H_2SO_4) sambil di panaskan pada *hotplate* hingga mendidih perlahan. Pemanasan dilakukan selama 10-20 menit sampai larutan tersisa 30 ml dan berubah menjadi warna bening. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dengan ukuran pori $0,45\mu m$ lalu kadar logam berat Pb diuji menggunakan AAS.

Sampel sedimen dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu $105^\circ C$, kemudian diambil 0,5 gram sampel yang telah dipanaskan dan di mortar. Kemudian ditambahkan 10 ml asam nitrat (HNO_3) dan dilarutkan dengan akuades hingga volumenya mencapai 25 ml. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dengan ukuran pori $0,45\mu m$ lalu dilakukan pengujian logam berat dengan AAS. Sampel teripang kering ditimbang dengan jumlah 0,5 gram kemudian dimasukkan menuju *beaker glass* lalu ditambahkan 10 ml asam sulfat (H_2SO_4) dan dilarutkan dengan akuades hingga volumenya mencapai 25 ml. Kemudian diletakkan pada *hotplate* dengan suhu $85^\circ C$ dalam lemari asam selama 8 jam. Setelah menjadi larutan bening kemudian didinginkan pada suhu ruangan. Kemudian proses penyaringan menggunakan kertas saring *whatman*. Selanjutnya proses pengujian kadar logam Pb dengan menggunakan AAS. Kandungan logam berat yang ada dihitung dari nilai konsentrasi regresi yang dapat dilihat pada AAS. Untuk menentukan kadar logam timbal (Pb) menggunakan sebagai berikut (Supriatno dan Lelifajri, 2009)

$$C \times P \times V$$

$$\text{Kadar Logam Pb (ppm)} = \frac{G}{G} \quad (6)$$

Dimana, C adalah konsentrasi terbaca (mg/L), P adalah faktor pengenceran, V adalah volume dalam sampel (L), dan G adalah berat sampel (Kg).

2.4.3 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Faktor biokonsentrasi (BCF) memiliki fungsi untuk mengetahui kemampuan teripang dalam mengakumulasi logam berat timbal (Pb) yang diartikan sebagai perbandingan logam berat dalam organisme dan kandungan logam dalam sedimen (BCF o-s) atau air (BCFo-w) (Vassiliki dan Konstantina 1984 *in* Ahmed *et al.*, 2017):

$$BCF \text{ o-s} = C_{org(ppm)} / C_{sed(ppm)} \quad (7)$$

$$BCF \text{ o-w} = C_{org(ppm)} / C_{air(ppm)} \quad (8)$$

Dimana, BCF adalah Faktor Biokonsentrasi, C_{org} adalah Konsentrasi logam berat dalam organisme (ppm), C_{air} adalah Konsentrasi logam berat dalam air (ppm), serta C_{sed} adalah konsentrasi logam berat dalam sedimen (ppm).

Nilai BCF untuk melihat kemampuan dari organisme dalam mengakumulasi logam berat. (BCFo-s) diklasifikasikan menjadi *macroconcentrator* jika (BCFo-s > 2), *microconcentrator* jika ($1 < BCFo-s < 2$), dan *Deconcentrator* (BCFo-s < 1). Sedangkan (BCFo-w) dikategorikan sifat akumulatif tinggi jika (BCFo-w > 5000), sifat akumulatif sedang jika (1000-5000), dan sifat akumulatif rendah jika (100-1000) (Van Esch, 1977 dalam Ahmed *et al.*, 2017).

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut dan biota dan Baku mutu kandungan logam berat dalam sedimen menurut IADC/CEDA (1997) disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu logam berat timbal (Pb)

No	Parameter	Pb (ppm)	Keterangan
1	Biota	0.001	
2	Air Laut	0.005	
3	Sedimen Level Target	85 > K	Substansi tidak terlalu berbahaya.
	Sedimen Level Limit	530=K	Dapat ditolerir kesehatan manusia dan ekosistem
	Sedimen Level Tes	85 < K < 530	Tercemar ringan
	Sedimen Level Intervensi	530=K	Tercemar sedang
	Sedimen Level Bahaya	1000 < K	Harus dilakukan pembersihan sedimen

Keterangan; K merupakan kontaminan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Struktur Komunitas Teripang

1. Komposisi jenis teripang di Pantai Tanjung Benoa

Berdasarkan hasil identifikasi teripang yang ditemukan di Pantai Tanjung Benoa bahwa terdapat 151 individu dari dua *Genus* yang ditemukan yaitu *Holothuria* dan *Synapta*. Tabel 2. menunjukkan bahwa jenis teripang yang ditemukan terdiri dari 5

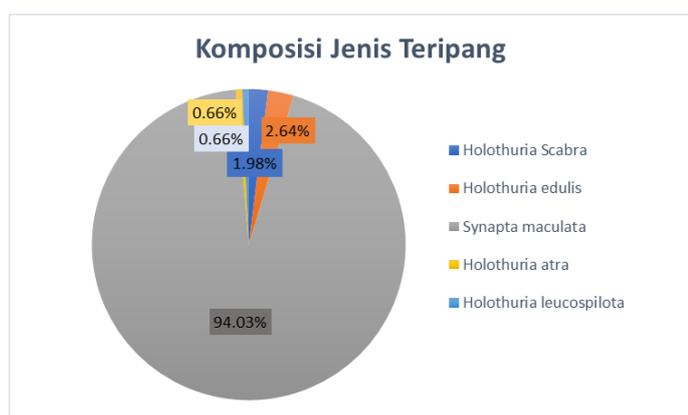
spesies yaitu *Holothuria scabra*, *H. edulis*, *Synapta maculata*, *H. atra*, *H. leucospilota*.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Teripang.

Nama Spesies	St 1.	St 2.	St 3.	St 4.	Jumlah Ind.
<i>H. Scabra</i>	2	1	-	-	3
<i>H. edulis</i>	1	-	2	1	4
<i>S. maculata</i>	49	32	45	16	142
<i>H. atra</i>	-	-	1	-	1
<i>H. leucospilota</i>	-	-	1	-	1
Total	52	33	49	17	151

Berdasarkan hasil penelitian komposisi jenis teripang yang paling rendah adalah Genus *Holothuria*. Teripang lebih menyukai habitat dengan karakteristik berasosiasi dengan padang lamun. Kekayaan jenis teripang (*Holothuria*) pada suatu habitat dipengaruhi oleh kemampuan jenis untuk melakukan adaptasi dengan kondisi sekitar dan untuk kehidupan habitat teripang hanya tipe habitat didalam ekosistem yang dapat mawadahi jenis organisme untuk mampu hidup dengan baik (Hartati, dan Yanti, 2005). Karena pada keempat stasiun tidak semua memiliki padang lamun maka ditemukan jumlah spesies *Holothuria* yang berbeda di setiap stasiun. Spesies *H. leucospilota* dibandingkan dengan jenis teripang lainnya memiliki ciri khas yaitu laju pertumbuhan larva yang relatif rendah (Hu *et al.*, 2013) sehingga teripang jenis *H. leucospilota* sulit ditemui di Pantai Tanjung Benoa.

Hasil perhitungan komposisi jenis teripang terendah yaitu *H. atra* dan *H. leucospilota* sebesar 0,66% dan yang tertinggi yaitu *S. maculata* sebesar 94,03%. Komposisi jenis teripang yang dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Presentase komposisi jenis teripang diempat stasiun penelitian.

Komposisi jenis teripang tertinggi yaitu Genus *Synapta* yang terdiri dari satu spesies yaitu *S. maculata* sebesar 94,03%. Kondisi ini terjadi karena *S. maculata* dapat mentolerir terhadap turbidinitas (kekeruhan) dan pencemaran sehingga dapat terdistribusi pada kisaran yang luas dan spesies ini juga dapat ditemukan di habitat yang ekstrim dan juga *S. maculata* merupakan jenis teripang yang tidak memiliki nilai ekonomis tinggi sehingga tidak ditangkap oleh masyarakat (Miller *et al.*, 1990).

2. Kepadatan Teripang

Nilai kepadatan teripang pada setiap stasiun memiliki nilai yang berbeda-beda (Gambar 3). Stasiun satu merupakan stasiun dengan nilai kepadatan tertinggi yaitu sebesar 0,0104 ind/m², sedangkan stasiun empat memiliki nilai kepadatan terendah yaitu sebesar 0,0034 ind/m².

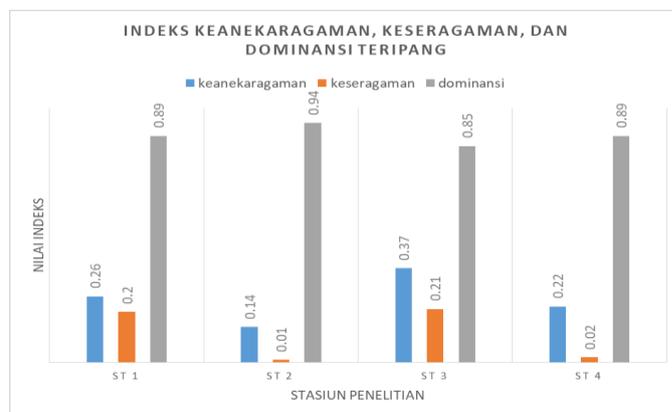


Gambar 3. Kepadatan Teripang

Rendahnya kepadatan pada stasiun empat dikarenakan memiliki substrat yang berlumpur. Menurut pernyataan Darmisa *et al.* (2019), teripang yang bersifat sebagai *filter feeder* yang terdapat pada tipe substrat berlumpur umumnya akan kesulitan karena partikel-partikel lumpur akan menyumbat saluran respirasi teripang. Hal inilah yang menyebabkan kepadatan teripang pada stasiun dua dan stasiun empat rendah karena memiliki substrat pasir berlumpur.

3. Indeks Keanekaragaman, Indeks Keseragaman, dan Indeks Dominansi

Berdasarkan hasil dari perhitungan indeks keanekaragaman di keempat stasiun tergolong rendah, ini terbukti dari nilai indeks keanekaragaman paling tinggi dari keempat stasiun hanya sebesar 0,37 pada stasiun tiga dan nilai indeks yang terendah yaitu sebesar 0,14 pada stasiun dua. Dilihat dari indeks keseragaman yang tertinggi hanya sebesar 0,21 pada stasiun tiga dan nilai yang terendah yaitu sebesar 0,01 pada stasiun dua jadi dapat digolongkan indeks keseragaman pada setiap stasiun tergolong rendah. Berbeda halnya dengan indeks keanekaragaman dan keseragaman, indeks dominansi dapat dikategorikan tinggi. Terlihat pada nilai indeks dominansi tertinggi bernilai 0,94 pada stasiun dua dan terendah bernilai 0,85 pada stasiun tiga. Jika Nilai Indeks Keanekaragaman dan Keseragaman tinggi maka nilai indeks dominansi rendah begitupun sebaliknya dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Indeks keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi teripang

Indeks keseragaman teripang yang terdapat di setiap stasiun memiliki kategori dengan tingkat keseragaman populasi kecil, dengan jenis teripang yang ada pada lokasi penelitian tergolong sangat sedikit. Hal tersebut menjadi alasan keseragaman populasi teripang relatif kecil dengan persebaran yang tidak merata. Sesuai dengan pernyataan dari Wilham dan Dorris (1986) yang menyebutkan indeks keseragaman akan mencapai batas maksimum bila kelimpahan individu per jenis menyebar dengan merata yang menunjukkan jumlah individu dari setiap jenisnya relatif sama (seragam). Dikatakan lebih lanjut semakin kecil keseragaman jenis dalam komunitas, maka penyebaran jumlah individu setiap jenisnya tidak sama. Ada kecenderungan bahwa komunitas tersebut didominasi oleh suatu spesies atau jenis tertentu.

Hasil perhitungan dari indeks dominansi teripang secara keseluruhan menunjukkan bahwa indeks dominansi teripang pada semua stasiun termasuk dalam kategori tinggi. Nilai indeks yang didapatkan berkisar antara 0,85 sampai 0,94. Nilai indeks dominansi yang ditemukan di Pantai Tanjung Benoa menunjukkan bahwa adanya spesies yang dominan di kawasan tersebut. Indeks dominansi juga menunjukkan keseragaman dan pemerataan suatu kawasan. Apabila ada satu atau beberapa spesies yang mendominasi disuatu kawasan tersebut sementara spesies lainnya tidak dominan atau densitasnya lebih rendah, maka nilai keseragamannya rendah, dan apabila suatu kawasan tidak ada spesies yang dominan, maka nilai keseragamannya semakin tinggi (Arrijani, 2008).

3.3 Analisis Logam Berat

Tabel 4. Menunjukkan jenis teripang yang diambil untuk analisis logam berat. *S. maculata* merupakan spesies yang paling banyak ditemukan pada tiap stasiun (Gambar 2) sehingga spesies ini yang paling banyak diambil untuk analisis logam berat Pb.

Tabel 3. Jenis teripang yang diambil untuk analisis logam berat Pb

No	St 1.	St 2.	St.3	St 4.
1	<i>H. scabra</i>	<i>H. scabra</i>	<i>H. arta</i>	<i>H. edulis</i>
2	<i>H. edulis</i>	<i>S. maculata</i>	<i>S. maculata</i>	<i>S. maculata</i>
3	<i>S. maculata</i>	<i>S. maculata</i>	<i>H. edulis</i>	<i>S. maculata</i>
4	<i>S. maculata</i>	<i>S. maculata</i>	<i>S. maculata</i>	<i>S. maculata</i>
5	<i>S. maculata</i>	<i>S. maculata</i>	<i>H. leucospilota</i>	<i>S. maculata</i>

Bioakumulasi logam Pb dalam teripang bervariasi pada setiap spesies dan stasiunnya (Tabel 4). Dilihat dari tingginya kandungan logam berat Pb pada teripang di setiap stasiun, stasiun empat rata-rata memiliki kandungan logam berat Pb yang tinggi sebesar 165.120 ± 17.538 dan stasiun satu memiliki kadar logam berat Pb yang lebih rendah dari stasiun lainnya yaitu sebesar 72.993 ± 18.967 . Kandungan logam berat per spesies berbeda begitu pula dengan kandungan pada spesies yang sama di stasiun yang berbeda. Spesies yang memiliki kandungan logam berat yang tertinggi yaitu spesies *S. maculata* pada stasiun empat dan terendah yaitu spesies *H. edulis* pada stasiun satu. Variasi kadar konsentrasi logam berat timbal pada teripang dalam penelitian ini juga dipengaruhi oleh nilai kandungan logam berat yang diserap oleh sedimen dan air. Weisner *et al.*, (2001), menyatakan bahwa penyerapan dan pengeluaran logam berat terjadi secara dinamis. Akumulasi logam berat Pb dalam teripang diakibatkan oleh habitatnya yang ada di dasar perairan.

Tabel 4. Bioakumulasi logam Pb dalam teripang

No	St 1. (ppm)	St 2. (ppm)	St 3. (ppm)	St 4. (ppm)
1	96.197	88.384	120.876	154.683

2	45.992	81.559	103.865	153.446
3	81.447	114.105	135.260	168.864
4	63.997	74.473	133.882	154.270
5	77.301	112.208	108.226	194.334
Mean (\pm SD)	72.993 ± 18.967	94.146 ± 18.050	120.422 ± 14.356	165.120 ± 17.538

Tabel 5. menunjukkan kadar logam berat Pb pada sedimen dan air di setiap stasiun. Kadar logam berat pada sedimen di setiap stasiun memiliki perbedaan yang cukup signifikan seperti pada stasiun satu kadar logam berat Pb pada sedimen terendah yaitu sebesar 192,451 ppm dan pada stasiun tiga memiliki kadar logam berat Pb tertinggi yaitu sebesar 227,872 ppm. Kadar logam berat Pb pada air di setiap stasiunnya juga berbeda, kadar logam Pb pada air tertinggi ada di stasiun empat 4,791 ppm dan kadar yang terendah di stasiun tiga 4,271 ppm.

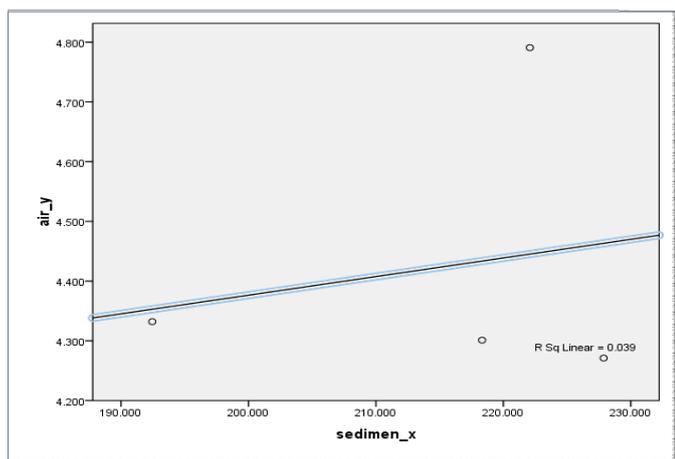
Berdasarkan hasil pengukuran logam berat pada sedimen dapat digolongkan pada sedimen level target. Jika kandungan pencemaran pada sedimen memiliki nilai dibawah nilai level target, maka substansi atau sumber yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Hasil analisis logam berat Pb pada air laut menunjukkan bahwa air laut yang diukur melewati batas baku mutu yang sudah ditetapkan ($>0,005$ ppm)

Tingginya kandungan logam berat pada sedimen dan air Pantai Tanjung Benoa diduga karena banyaknya aktivitas perkapalan yang ada di Pantai Tanjung Benoa. Palar (1994), menyatakan bahwa logam Pb banyak masuk ke dalam badan perairan melalui buangan air *ballast* pada kapal serta emisi mesin berbahan bakar minyak yang digunakan sebagai *anti-knock* pada mesin. Logam berat seperti Hg, Pb, Cd, Cu, dan Zn yang sudah diserap oleh hewan tidak dapat dikeluarkan lagi atau didegradasi dan memiliki dampak berkepanjangan karena logam berat ini akan terbawa dalam suatu rantai makanan dan melalui proses biomagnifikasi (Dolfie, 2008).

Tabel 5. Kadar logam berat Pb dalam sedimen dan air

Sampel	St 1. (ppm)	St 2. (ppm)	St 3. (ppm)	St 4. (ppm)
Sedimen	192.451	218.331	227.872	222.078
Air	4.332	4.301	4.271	4.791

Dilihat dari hasil uji korelasi logam Pb pada sedimen dan air didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,198 ini menunjukkan hubungan sedimen dan air mempunyai korelasi yang positif dan lemah. Dilihat dari nilai determinasi (R^2) sebesar 0,039 ini menunjukkan bahwa 3,9% variasi (naik turunnya) kandungan Pb dalam sedimen dipengaruhi oleh air dan sisanya sebesar 96,1% dipengaruhi oleh faktor lain. Dilihat dari nilai koefisien garis regresi (b) sebesar 0,003 menunjukkan bahwa bila sedimen dinaikan 1 kg maka kandungan Pb meningkat sebesar 0,003 ppm, atau bila sedimen diturunkan 1 kg maka kandungan Pb akan turun sebanyak 0,003 ppm. Untuk hasil uji korelasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji korelasi Logam berat Pb pada sedimen dan air.

3.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Perhitungan faktor biokonsentrasi (BCF) bertujuan untuk mengetahui jumlah akumulasi logam berat pada sedimen dan air yang terakumulasi pada teripang. Nilai BCF diperoleh dari membandingkan kemampuan organisme (teripang) dalam menyerap logam dari air dan sedimen. Oleh karena itu terdapat dua nilai BCF, yaitu BCF Organisme didalam sedimen (BCFo-s) dan BCF organisme didalam air (BCFo-w)

a. BCF Organisme-sedimen (BCFo-s)

Tabel 6. Menunjukkan nilai (BCF o-s) dalam mengakumulasi logam berat Pb dari sedimen oleh teripang di keempat stasiun termasuk kategori akumulasi rendah, karena hasil BCF yang didapat kurang dari satu. Stasiun satu memiliki nilai rata-rata (BCFo-s) terendah yaitu 0,38 dan rata-rata (BCFo-s) tertinggi terdapat pada stasiun empat yaitu 0,74. Hal ini dikarenakan semakin kearah ujung Pantai Tanjung Benoa semakin banyak terdapat aktivitas perkapalan. Seperti kondisi pada stasiun empat yang berada pada ujung pantai tanjung benoa memiliki kandungan logam berat yang tinggi pada sedimen, karena banyaknya aktivitas perkapalan sehingga substrat yang terdapat pada stasiun empat berlumpur ini sejalan dengan penelitian Hamzah (2010), dimana kondisi sedimen dengan fraksi pasir berlumpur akan berpengaruh terhadap konsentrasi logam.

Tabel 6. Nilai BCF Organisme-sedimen (BCFo-s)

b. BCF Organisme-air (BCFo-w)

Nilai BCF organisme-air (BCFo-w) yaitu rasio perbandingan konsentrasi logam yang ada pada organisme didalam air. Dilihat pada Tabel 7 menunjukkan dari hasil yang didapatkan bahwa stasiun satu memiliki rata-rata (BCFo-w) terendah yaitu sebesar 16,87 dan stasiun empat memiliki rata-rata (BCFo-w) tertinggi yaitu sebesar 34,46. Semakin kearah ujung pantai tanjung benoa nilai (BCFo-w) semakin tinggi hal tersebut diduga karena semakin tingginya aktivitas perkapalan diwilayah tersebut.

Tabel 7. Nilai BCF Organisme-air (BCFo-w)

No	St 1.	St 2.	St. 3	St 4.
1	22.20	20.55	28.30	32.28
2	10.62	18.96	24.32	32.02
3	18.81	26.52	31.67	35.24

4	14.77	17.31	31.35	32.19
5	17.97	26.08	25.34	40.55
Mean	16.87±4.39	21.89±4.20	28.19±3.36	34.46±3.66
(± SD)				

Hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti lainnya terkait dengan kemampuan biota filter feeder untuk mengakumulasi logam berat. Hasil yang didapatkan adalah rata-rata faktor biokonsentrasi (BCF) sedimen dan air pada biota dari seluruh stasiun penelitian. Hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan terdapat perbedaan konsentrasi BCF pada organisme filter feeder yang berbeda pada lokasi yang berbeda seperti yang tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. BCF rata-rata logam berat Pb (BCF o-s) dan (BCF o-w) pada biota filter feeder

Spesies	Lokasi Pengamatan	BCF rata-rata Logam Pb		Sumber
		(BCF o-w)	(BCF o-s)	
<i>Anadara granosa</i>	Teluk Kendari,	56,99	1,33	Amriani et al., (2011)
<i>Polymesoda bengalensis</i>	Teluk Kendari,	97,70	1,21	Amriani et al., (2011)
<i>Crassostrea gigas</i>	Perairan Batam, Riau	314,72	0,74	Amelia et al., (2019)
<i>Perna viridis</i>	Perairan Batam, Riau	191,405	0,45	Amelia et al., (2019)
<i>H. arenicola</i>	Pantai wilayah pakistan	21,83	0,034	Ahmed et al., (2017)
<i>H. pardalis</i>	Pantai wilayah pakistan	18	0,025	Ahmed et al., (2017)
<i>H.. atra</i>	Pantai wilayah pakistan	11,66	0,018	Ahmed et al., (2017)
<i>H. Leucospilota</i>	Pantai wilayah pakistan	14	0,021	Ahmed et al., (2017)
<i>S. buccalis</i>	Pantai wilayah pakistan	17	0,017	Ahmed et al., (2017)
<i>H. scabra</i>	Pantai Tanjung Benoa	21,37	0,45	Suryaningsih, (2020)
<i>H. arta</i>	Pantai Tanjung Benoa	28,30	0,53	Suryaningsih, (2020)
<i>H. edulis</i>	Pantai Tanjung Benoa	74,57	0,51	Suryaningsih, (2020)
<i>H. leucopilota</i>	Pantai Tanjung Benoa	84,03	0,47	Suryaningsih, (2020)
<i>S. maculata</i>	Pantai Tanjung Benoa	25,34	1,74	Suryaningsih, (2020)

Tabel 8. menunjukkan bahwa biota yang memiliki sifat *filter feeder* dalam mengakumulasi logam berat Pb memiliki kemampuan yang bervariasi. Dapat dilihat pada Tabel 8 biota yang memiliki sifat *filter feeder* seperti pada filum Bivalvia pada penelitian Amriani et al., (2011) dan Amelia et al., (2019), memiliki nilai (BCF o-w) lebih tinggi dari pada (BCF o-s) begitupun dengan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Ahmed et al., (2017) yang dilakukan pada teripang yang dimana memiliki nilai (BCF o-w) lebih tinggi dari pada (BCF o-s). Sehingga dapat dikatakan bahwa hewan yang memiliki sifat *filter feeder* lebih tinggi mengakumulasi pada medium air. Logam Pb mudah terakumulasi dalam biota *filter feeder* melalui medium air dibandingkan medium sedimen (Amelia et al., 2019) .

Pada tabel 8. menunjukkan hasil BCF teripang jenis *H. atra* dan *H. leucopilota* yang ditemukan di Pantai Tanjung Benoa sangat berbeda dibandingkan dengan hasil penelitian yang ditemukan oleh Ahmed et al., (2017) pada biota yang sejenis. Hal tersebut diduga karena ukuran dan beratnya yang berbeda pada tiap teripang serta variasi dari kandungan logam berat pada teripang dalam penelitian juga dipengaruhi pada nilai konsentrasi logam berat yang terkandung di sedimen dan air. Sehingga teripang dapat digunakan dalam proses biomonitoring logam berat Pb seperti biota *filter feeder* yang lain khususnya di Pantai Tanjung Benoa.

Dalam penelitian ini ditemukan bahwa kepadatan teripang yang paling rendah terdapat di stasiun empat dan nilai konsentrasi kadar Pb tertinggi juga didapatkan pada stasiun empat. Dapat dikatakan bahwa semakin tingginya konsentrasi logam Pb maka semakin rendah kepadatan teripang. Begitupula dengan nilai BCF di stasiun empat yang tertinggi diantara stasiun lainnya. Biokonsentrasi faktor merupakan kemampuan organisme dalam menyerap polutan di lingkungan. Semakin tinggi polutan yang terserap oleh organisme berarti adanya kemungkinan bahwa semakin banyaknya polutan yang terdapat pada perairan tersebut.

Semakin banyaknya polutan dapat menyebabkan berkurangnya keanekaragaman suatu organisme seperti teripang dalam artian perubahan pada kualitas air berpengaruh besar bagi kehidupan komposisi jenis teripang maupun jumlah populasinya. Dapat dilihat dari struktur komunitas bahwa spesies yang paling dominan yaitu *S. maculata* hal ini terjadi karena *S. maculata* dapat mentolerir terhadap turbidinitas (kekeruhan) dan pencemaran sehingga dapat tersebar pada jangkauan yang luas. Menurut Miller et al., (1990), spesies ini juga dapat ditemukan di

No	St 1	St 2	St 3	St 4
1	0.50	0.40	0.53	0.70
2	0.24	0.37	0.46	0.69
3	0.42	0.52	0.59	0.76
4	0.33	0.34	0.59	0.69
5	0.40	0.51	0.47	0.88
Mean (± SD)	0.38 ±0.10	0.43±0.08	0.53 ±0.06	0.74 ±0.08

habitat yang ekstrim. Oleh sebab itu *S. maculata* merupakan teripang yang paling mendominasi di setiap stasiun.

4. Kesimpulan

Spesies teripang yang berhasil diidentifikasi di Pantai Tanjung Benoa diantaranya, *H. scabra*, *H. edulis*, *S. maculata*, *H. atra*, *H. leucopilota*. Kepadatan teripang tertinggi terdapat di stasiun satu sebesar 0,0034 ind/m². Indeks keanekaragaman dan Indeks keseragaman jenis dikategorikan tingkat populasi kecil dan Indeks dominansi dapat dikategorikan tinggi serta komposisi jenis yang paling tinggi yaitu *S. maculata*

Nilai faktor biokonsentrasi (BCF o-s) dan (BCF o-w) menunjukkan bahwa akumulasi logam pada sedimen dan air oleh teripang di keempat stasiun termasuk pada kategori akumulasi rendah. Sehingga dapat dikatakan bahwa biota yang memiliki sifat *filter feeder* seperti teripang dapat mengakumulasi dengan tingkat rendah logam berat Pb.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Wayan Indah Pratiwi, Samantha Julia Blandina, Agung Mahayoni, Aditya Wacika, yang membantu dalam proses pengambilan data lapang. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Hendrawan dan Bapak Mandhara yang selalu memberikan saran dan masukan sehingga paper ini menjadi lebih baik.

Daftar Pustaka

- [IADC/CEDA] International Association of Dredging Companies, & Central Dredging Association.1997. Environmental aspects of dredging - conventions, codes and conditions: marine disposal. International Association of Dredging Companies (IADC), & Central Dredging Association (CEDA), Netherlands:hlm 1-71.
- Ahmed, et al. 2017. Assessment of heavy metals concentration in holothurians, sediments and water samples from coastal areas of Pakistan (Northern Arabian Sea). *Journal of Coastal Life Medicine*. Vol.5 (5) Hlm 191-201.
- Alfian, 2009. Penentuan Kandungan Logam (Hg, Pb Dan Cd) Dengan Penambahan Bahan Pengawet Dan Waktu Perendaman Yang Berbeda Pada Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) Di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta. [skripsi], Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta: 104 hlm.
- Amelia, et al. 2019. Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pada Kerang Dari Perairan Batam, Kepulauan Riau, Indonesia. *Jurnal Kimia dan Pendidikan* Vol. 4 (2). Hlm. 152-163
- Amriani, et al. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*), dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis*) di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol.9 (2). Hlm. 45-50.
- Ashraf. 2006. Levels Of Selected Heavy Metals in Tuna. *The Arabian Journal for Science and Engineering* Vol.31 (1). hlm 152-156
- Arifin Z. 2011. Konsentrasi logam berat di air, sedimen, dan biota di teluk kelabar, pulau bangka. Jakarta : pusat penelitian oseanografi-LIPI. *Jurnal ilmu teknologi kelautan tropis* Vol.3 (1) Hlm 11
- Arrijani. 2008. Struktur dan Komposisi vegetasi zona montana taman Nasional Gunung gede Pangrango. *Biodiversitas* Vol. 9 Hlm 134-141.
- Chen, C. W., Koa, C. M., Chen, C. F., and Dong, C. D., 2007. Distribution and Accumulation of Heavy Metals in Sediments of Koashiung Harbor. Taiwan. *Chemospher* Vol 3 (1). hlm 66-71
- Darmisa et al., 2019. Struktur Komunitas Teripang di Perairan Desa Tanomeha Kabupaten Wakatobi. *Jurnal sapa laut*. Vol 4. (4). Hlm 187-195
- Darmono. 2001. Lingkungan hidup dan pencemaran, hubungannya dengan toksikologi senyawa logam. Jakarta. UI Press. hlm. 10-11
- Dolfie, Mokoagouw, 2008. Indeks Keanekaragaman Biota Perairan Sebagai Indikator Biologis Pencemaran Logam Berat Di Perairan Pantai Bitung, Sulawesi Utara. *Jurnal Ekoton* Vol. 8 (2): hlm 31-40
- Fachrul, M. F. 2007. Metode sampling bioekologi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hartati, R. dan Yanti, H. 2005. Kajian Gonad Teripang Getah (*Holothuria vagabunda*) Pada Saat Bulan Penuh Dan Bulan Di Perairan Bandengan, Jepara. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan Dan Kelautan. Vol 11(3) Hlm 126-13
- Hu, C., Li, H., Xia, J., Zhang, L., Luo, P., Fan, S., Peng, P., Yang, H., Wen, J., 2013. Spawning, larval development and juvenile growth of the sea cucumber *Stichopus horrens*. *Aquaculture* 404, 47-54.
- Khasanah NE. 2009. Adsorpsi logam berat. *Jurnal Oseana* Vol 34.(4). Hlm 1-7
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor :51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut. Jakarta:Kepmen-LH
- Miller, E., John, and D.L. Pawson. 1990. Swimming Sea Cucumbers (Echino- dermata, Holothuroidea) Survey with Analysis of swimming behavior in floor Bathesal species.

- National Research Council of the National Academies, 2011. Assessing the Relationship Between Propagule Pressure and Invasion Risk in Ballast Water. The National Academies Press, Washington, DC, Page. 144
- Odum. 1993. Fundamental of Ecology. Yogyakarta:Gajah Mada University Press. Hlm 23-25
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta. Hlm 74-96
- Rahman A. 2006. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd) pada beberapa jenis Krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. BIOSCIENTIAE.Vol 3(2) Hlm 93-101.
- Skoog DA, Holler FJ, Crouch SR. 1998. Principles Of Instrumental Nalysis, 6th eg. United State: Saunders College Publishing. Hlm 1057.
- Soemirat, J. 2005. Toksikologi Lingkungan. Gadjah Mada University Press:Jogjakarta. Hlm 217.
- Suhendrayatna. 2001. Heavy Metal Bioremoval by Microorganism A Literature Study. Tokyo: Sinergi Forum PPI Tokyo Institute of Technology.Hlm 9.
- Supriatno dan Lelifajri. 2009. Analisis logam berat Pb dan Cd dalam sampel ikan dan kerang secara spektrofotometri serapan atom. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol.7(1). Hlm5-8.
- Van Esch, G.J. 1977. Aquatic Pollutant and Their Potential Ecological Effects. In Hutzigen, O., I.H. Van Lelyuccid and B.C.J. Zoetemen, ed. Aquatic Pollution : Transformation and Biological Effects, Procceding of the 2nd Int. Symp. on Aquatic Pollutans. Amsterdam: Pergamon Press, New York. Hlm 1-12
- Weisner L, Burkhart G, Christiane F. 2001. Temporal and spatial variability in the heavy-metals content of Dreissea polymorpha (Pallas) (Mollusca: Bivalvia) from the Kleines Haff (northeastern Germany). *Hydrobiologia*. Vol 443. Hlm137-145.
- Wilham, JL. And Dorris, T. C. 1968. Biological Parameter of Water Quality Criteria. Oxford:Biological Scientific Publication.
- Yanti, P.M, Subagio J.N, dan Wiryatno J. 2014. Jenis Dan Kepadatan Teripang (Holothuroidea) Di Pantai Bali Selatan. *Jurnal Simbiosis* Vol.2(1). Hlm:158-172.