

ANALISIS LOGAM TIMBAL (Pb) PADA *Kappaphycus alvarezii* (Doty) ALGA MERAH YANG DI BUDIDAYA DI TELUK TOTOK MINAHASA TENGGARA, SULAWESI UTARA

Lead (Pb) Metal Analysis on Kappaphycus alvarezii (Doty) Red Algae Cultivated in Totok Bay Southeast Minahasa, North Sulawesi

Filemon Hosea^{1*}, Desy M. H. Mantiri¹, James J. H Paulus¹, Rizald M Rompas¹,
Frans Lumoindong¹, Joppy Mudeng²

1. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado
2. Program Studi Budi daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 95115. Sulawesi Utara. Indonesia
Correspondence Author : dmh_mantiri@unsrat.ac.id

Abstract

Macroalgae are chlorophyll plants, consisting of thallus and can live in polluted waters. The purpose of the study was to analyze the lead metal (Pb) in the water column and thallus red algae *Kappaphycus alvarezii* which was cultivated in a certain period of time in the waters of Totok Bay. The cultivation method used is the bottom method. The algae weight is measured every two weeks. Water quality parameters and lead metal analysis (PB) are carried out in the Baristan laboratory. The results obtained are algae can grow according to the time period. Water quality can affect algae growth. Lead metal content in water is detected high enough as well as in thallus algae in the 3rd week.

Keywords : *Kappaphycus alvarezii*, Lead metal, Water quality, Totok Bay

Abstrak

Makroalga merupakan tumbuhan yang berklorofil dan tubuhnya berupa *thallus* serta mampu hidup pada perairan tersemar. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis kandungan logam timbal (Pb) dalam air dan *thallus* alga merah *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidayakan dalam periode waktu tertentu di perairan Teluk Totok. Metode budidaya pada yang digunakan adalah metode lepas dasar (*bottom method*). Pengukuran berat alga dilakukan setiap dua minggu. Beberapa parameter kualitas air dan analisis logam timbal (Pb) dilakukan di Laboratorium Baristan. Hasil yang diperoleh yaitu alga dapat tumbuh sesuai dengan periode waktu. Kualitas air dapat mempengaruhi pertumbuhan alga. Kandungan logam timbal pada air terdeteksi cukup tinggi demikian juga pada thallus alga di minggu ke-3.

Kata kunci : *Kappaphycus alvarezii*, Logam Timbal, Kualitas air, Teluk Totok

PENDAHULUAN

Alga adalah organisme autotrof, salah satu penyumbang oksigen terbesar di suatu perairan. Keberadaan alga memiliki fungsi sebagai parameter biologi dan memberikan informasi untuk mengevaluasi keadaan, kualitas dan kesuburan perairan (Awal *et al.*, 2014). Maraknya pembuangan limbah ke sungai oleh kegiatan pertambangan, dapat menimbulkan dampak yang kurang baik terhadap lingkungan perairan termasuk organisme (Wardhana, 2001). Proses pertumbuhan alga membutuhkan nutrisi dari lingkungan perairan, lingkungan yang tercemar dapat mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme pada alga (Dawes, 1998). Namun pada alga jenis tertentu seperti alga hijau *Ulva* sp. (Kepel *et al.*, 2018) *Halimeda opuntia* (Nasprianto *et al.*, 2019), alga coklat *Padina australis* (Mantiri *et al.*, 2019), yang hidup di perairan Teluk Totok, terdeteksi logam berat seperti merkuri, kadmium, arsen dan timbal pada thallus alga-alga tersebut. Proses transfer logam ke alga, berasal dari sedimen dimana alga-alga tersebut hidup. Walaupun ditemukan logam dalam struktur sel alga *H. Opuntia* (Mantiri, *et al.*, 2018), akan tetapi alga tersebut ditemukan hidup dan bertumbuh sepanjang tahun di Teluk Totok. Alga mampu menyerap logam berat melalui sistem biologi yang dikenal dengan istilah *biosorption*. Alga merupakan salah satu

tumbuhan air yang mampu bertahan pada kondisi perairan yang tercemar (Kepel dan Baulu., 2013).

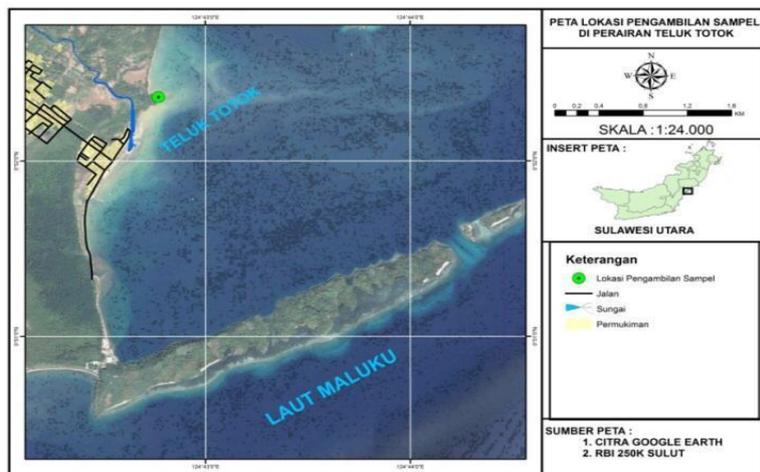
Kemampuan alga untuk bertahan hidup pada perairan tercemar memungkinkan dilakukan budidaya alga di perairan seperti di Teluk Totok dengan tujuan mengetahui pertumbuhan dan akumulasi logam timbal (Pb) pada thallus alga. Alga yang dibudidayakan di Teluk Totok adalah alga merah *Kappaphycus alvarezii* yang berwarna coklat (Gambar 1). Alga *K. alvarezii* adalah alga yang dibudidayakan secara komersial karena merupakan komoditi penting penghasil kappa karagenan. Ciri morfologi dari *K. alvarezii* adalah thallus yang silindris dengan permukaan yang licin dan kartilagenus (Trono, 1997). Warna thalus tidak tetap tergantung faktor lingkungan terkadang berwarna coklat, hijau, kuning dan kemerahan (Luning, 1990).



Gambar 1. Alga *K. alvarezii*

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian



Gambar 2.
Peta Lokasi Penelitian di Teluk Totok Kabupaten Minahasa Tenggara.

Lokasi Penelitian terletak di perairan Teluk Totok, Kabupaten Minahasa Tenggara (Gambar 2). Penelitian dilakukan sejak awal bulan Maret sampai akhir bulan Mei 2019. Sampel alga cokelat *K. alvarezii* diambil dari lokasi budidaya alga di Perairan Desa Buku Utara, Kecamatan Belang, Kabupaten Minahasa Tenggara.

Budidaya Alga Merah *K. alvarezii*

Persiapan budidaya dilakukan dengan terlebih dahulu membuat kuadran yang berbentuk persegi dengan ukuran 1,5 meter x 1,5 meter x 0,5 meter terbuat dari kayu pohon kelapa sebagai tempat meletakkan wadah tempat budidaya untuk mencegah wadah budidaya tersebut terbawa arus.

Metode yang digunakan adalah metode lepas dasar (*bottom method*) yang dimodifikasi. Alga *K. alvarezii* diikat dengan tali plastik dan diletakan di dalam keranjang yang dilapisi dengan jaring untuk mencegah masuknya predator. Jumlah sampel alga 10 dengan berat awal alga 50 gram. Setiap dua minggu alga

tersebut ditimbang dan diamati secara visual proses pertumbuhannya. Penelitian ini berlangsung selama 7 minggu termasuk dua minggu tahap aklimatisasi.

Pengukuran kualitas air untuk parameter suhu, kecerahan air, salinitas, keterlindungan, kedalaman dan kecepatan arus dilakukan secara *in situ*. Analisis kualitas air lainnya dilakukan di Laboratorium BARISTAND (Balai Riset dan Standardisasi Industri) Manado.

Analisis Laboratorium

Prosedur Analisis Logam Timbal (Pb) Pada Alga *K. alvarezii*

Analisis logam timbal pada alga dilakukan di Laboratorium BARISTAND dengan metode pengukuran Timbal (Pb), sebagai berikut :

1. Sampel alga *K. alvarezii* dikeringkan dengan menggunakan *freez dryer*
2. Selanjutnya sampel alga *K. alvarezii* dihaluskan dengan menggunakan cawan porselin, kemudian ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam gelas beker 100 ml
3. Sampel alga *K. alvarezii* ditambahkan 10 ml HNO_3 dan dipanaskan pada hotplat dengan temperatur 85°C

4. Ketika volume tersisa 1-2 ml, larutan didinginkan. Setelah itu, ditambahkan 10 ml HNO₃ dan 10 ml HClO₄.
5. Selanjutnya sampel alga dihomogenkan dan dipanaskan kembali hingga uap HClO₄ hilang, lalu ditambahkan 100 ml akuades kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring berukuran 0,45µm
6. Dilanjutkan analisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

Hasil pengukuran parameter kualitas air secara *in-situ* di lapangan adalah suhu/temperatur, salinitas, kecerahan dan kecepatan arus. Temperatur di perairan Teluk Totok berkisar 27°C – 30°C dengan rata-rata 28,5 °C. Tingginya suhu disebabkan oleh faktor cuaca, dimana pada saat pengamatan cuaca dalam keadaan cerah. Kenaikan temperatur tidak hanya akan meningkatkan metabolisme biota di suatu perairan, namun dapat meningkatkan toksisitas logam berat di perairan (Hutagulung dan Sutomo, 1999). Data hasil pengukuran kualitas air secara *in situ* tabel 1 berikut ini.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Kualitas Air

Tabel 1. Pengukuran *In Situ* Beberapa Parameter Kualitas Air di Teluk Totok

No.	Parameter	Hasil Pengukuran	Standar Baku Mutu*
1	Suhu	28,5 ⁰ C	Alami
2	Salinitas	34 ⁰ / ₀₀	Alami
3	Keccerahan	37 cm	>5 meter
4	Kecepatan Arus	0,237 m/s	-

Tabel 2. Hasil Analisis Beberapa Parameter Kualitas Air di Laboratorium BARISTAND

No	Parameter	Hasil Analisis	Persyaratan Baku Mutu*)	Satuan	Metode Analisis
I. Fisika					
1	Kebauan	Tidak berbau	Alami	-	SNI 3554:2005 butir 3.2.1
2	TSS	53	20	mg/l	SNI 06-6989.3-2005
3	TDS	31538	1000	mg/l	SNI 06-6989.27-2005
II. Kimia					
1	pH	8,20	7 – 8,5	-	SNI 06-6989.11-2004
2	Oksigen Terlarut (DO)	6,00	>5	mg/l	SNI 06-6989.14-2004
3	BOD ₅	1,20	20	mg/l	SNI 06-6989.72-2004
4	Amoniak (NH ₃ -N)	0,0797	0,3	mg/l	SNI 19-6964.3-2003
5	Fosfat (PO ₄ -P)	0,012	0,015	mg/l	SNI 06-6989.31-2005
6	Nitrat (NO ₃ -N)	<0,0899	0,008	mg/l	SNI 19-6964.7-2003

* Standar Baku Mutu KEPMENLH No.51 Tahun 2004

Hasil analisis sampel air laut ditemukan tidak memiliki kebauan sehingga kondisi ini dapat dikatakan sebagai kondisi yang alamiah. Hasil analisis TSS adalah 53 mg/l, sudah melebihi standar baku mutu air yaitu 20 mg/l dan hasil analisis TDS adalah 31.538 mg/l. TDS juga sudah melebihi batas persyaratan baku mutu air adalah yaitu 1000 mg/l. TDS berhubungan dengan tingkat kecerahan suatu perairan. Rendahnya kecerahan pada badan air di Teluk Totok yaitu hanya 37 meter, dipengaruhi oleh keberadaan dan jumlah beberapa faktor penghalang intensitas matahari seperti *suspended solid*, *dissolved organic matter*, *particulate organic* dan plankton (Sunarto, 2008).

Tingginya TDS dan rendahnya tingkat kecerahan pada air di Teluk Totok diakibatkan oleh limbah aktifitas pertambangan emas yang ada berupa sedimen dan material organik lainnya yang mengalir melalui Sungai Totok menuju ke perairan Totok secara terus menerus. Oleh karena itu beberapa penelitian yang dilakukan oleh Siahaan *et al.*, (2017), Kepel *et al.*, (2018); Mantiri *et al.*, (2018) dan Naspriato *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat termasuk Timbal di Teluk Totok cukup tinggi.

Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) merupakan bentuk fosfor atau unsur esensial yang dimanfaatkan oleh tumbuhan tingkat tinggi dan alga, Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) merupakan

senyawa mikronutrien pengontrol produktivitas primer di lapisan permukaan daerah eufotik. Kadar nitrat di daerah eufotik sangat dipengaruhi oleh transportasi nitrat, oksidasi amoniak oleh mikroorganisme dan pengambilan nitrat untuk proses produktivitas primer (Schaduw *et al.*, 2013). Hasil analisis Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) adalah 0,012 mg/l, Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) adalah <0,0899 mg/l dan Amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) adalah 0,3 mg/l.

Salinitas rata-rata di perairan Teluk Totok berkisar 34‰ Pengukuran kecepatan arus sebesar 0,237 m/s, arus pada saat pengukuran tidak terlalu kuat, mengakibatkan terjadi penumpukan sedimen pada alga.

Pertumbuhan Alga *K.alvarezii*

Hasil pengamatan morfologis pada alga alga *K. alvarezii* yang dibudidayakan di Teluk Totok, telah terjadi proses pertumbuhan (Gambar 3), dimana pada ujung *thallus* terlihat tumbuh cabang baru. Hal ini membuktikan bahwa alga dapat beradaptasi di lingkungan yang sudah tercemar.

Kondisi kualitas air pada umumnya sudah melebihi batas persyaratan baku mutu, antara TDS dan TSS, sedangkan Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan Amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) merupakan nutrisi bagi organisme di suatu perairan. Hal ini menyebabkan alga dapat bertumbuh di lokasi tersebut.

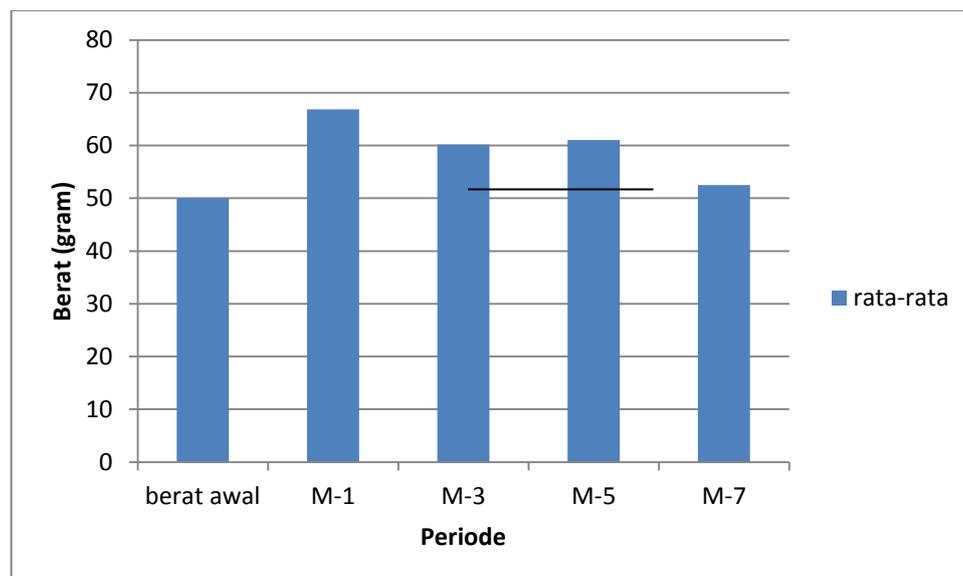


Gambar 3. Pertumbuhan minggu I menyerupai tunas pada *thallus* Alga *K. alvarezii*

Hasil pengukuran berat alga pada Minggu ke-1 sampai minggu ke-7 seperti pada gambar 4. Pada minggu pertama terhadap berat awal, terjadi peningkatan pertumbuhan sebesar 16,82 gr, namun pada minggu ke-3 sampai minggu ke-5 sampai minggu ke-7 terjadi penurunan dimana berat alga rata-rata sebesar 52,5 gr. Penurunan berat alga mulai minggu ke-3 diasumsikan disebabkan oleh faktor internal yang menghambat pertumbuhan antara lain bakteri patogen. Infeksi bakteri menyebabkan rusaknya *thallus* pada alga dan mengakibatkan alga menderita penyakit *ice-ice*. Penyakit ini diawali dengan perubahan warna pada *thallus*, pemutihan pada bagian pangkal *thallus* dengan ciri berwarna putih transparan (Aris, 2011). Suhu berpengaruh terhadap

pertumbuhan bakteri, suhu pada lokasi penelitian berada pada 28,5°C dan kecerahan rata-rata sebesar 37 cm. Penetrasi cahaya sangat kurang karena tingkat kecerahan sangat kecil dibandingkan standar baku mutu.

Faktor eksternal lainnya adalah gelombang, dimana menurut informasi dari penduduk setempat, perairan Teluk Totok sering mengalami gelombang yang disebabkan oleh musim angin selatan dan angin barat. Hambatan lainnya adalah alga ini dimakan oleh beberapa jenis ikan herbivora, seperti ikan baronang (*Siganus sp*) dan ikan ekor kuning (*Caesionidae*).



Gambar 4. Grafik Pertumbuhan Berat Pada Alga *K. alvarezii*

dan krustasea. Hasil pengamatan ditemukan udang dan ikan berada di dalam jaring budidaya alga.

Analisis Logam Timbal (Pb) Pada Air

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut

adalah berbagai jenis organisme yang hidup di perairan laut, dimana ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air laut. Beberapa parameter logam terlarut disajikan pada tabel 3. Hasil pengukuran parameter logam terlarut terdiri dari

kromium heksavalen, arsen, cadmium, tembaga, timbal, seng dan nikel.

Tabel3. Hasil Analisis Pengukuran Logam di Air

No	Parameter	Hasil Analisis	Standar Baku Mutu*)	Satuan	Metode Analisis
I. Logam Terlarut					
1.	Kromium Heksavalen (Cr ⁺⁶)	0,0014	0,005	mg/l	SNI 6989.71:2009
2.	Arsen (As)	0,0496	0,012	mg/l	SNI 06-6989.54-2005
3.	Cadmium (Cd)	0,0016	0,001	mg/l	SNI 6989.16:2009
4.	Tembaga (Cu)	<0,0004	0,008	mg/l	SNI 6989.66:2009
5.	Timbal (Pb)	0,0406	0,008	mg/l	SNI 6989.46:2009
6.	Seng (Zn)	0,0064	0,05	mg/l	SNI 6989.7:2009
7.	Nikel	0,0109	0,05	mg/l	SNI 6989.18:2009

*) Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Baku Mutu Air Laut Lampiran III untuk Biota Laut.

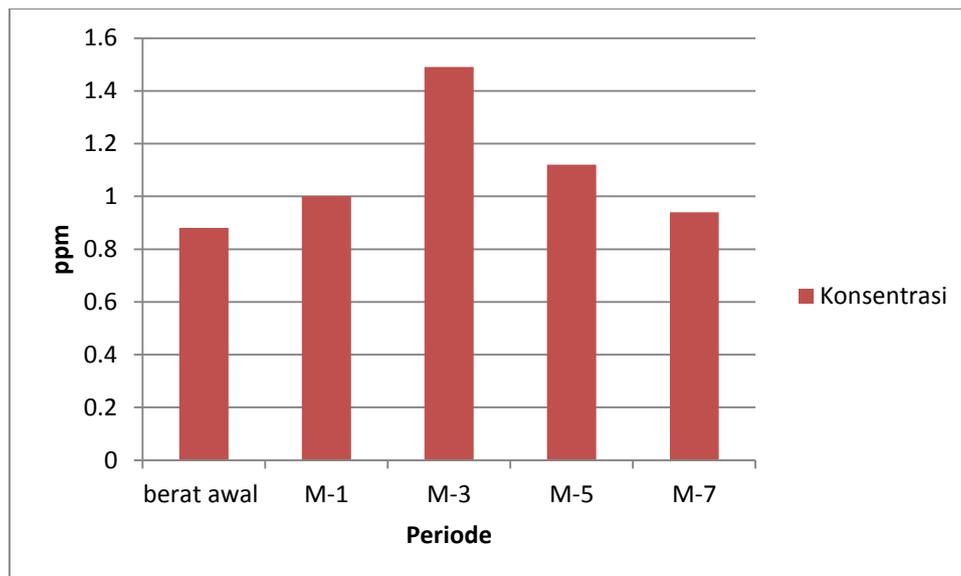
Kecuali logam kromium, tembaga, seng dan nikel yang berada di bawah standar baku mutu, logam lainnya yaitu arsen, kadmium dan timbal berada pada konsentrasi melebihi standar baku mutu. Ketiga logam tersebut adalah logam berat yang terdapat di alam atau merupakan logam ikutan terbawa bersama limbah hasil pertambangan emas.

Logam timbal (Pb) yang merupakan logam yang menjadi objek penelitian, berasal logam ikutan dapat juga berasal dari buangan bahan bakar antropogenik. Konsentrasi logam Pb di perairan sebesar 0,0406 ppm, jika dibandingkan dengan standar baku mutu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, yaitu sebesar 0,008 mg/l sudah melebihi persyaratan baku mutu. Hasil penelitian dari Nasprianto *et al.*, (2019) konsentrasi logam Pb di perairan Teluk Totok berada di bawah standar baku mutu. Hal ini

menunjukkan bahwa konsentrasi logam terutama di air dipengaruhi oleh pola arus dan gelombang.

Analisis Logam Timbal (Pb) Pada *Thallus* Alga *K. alvarezii*

Logam Timbal (Pb), diketahui sebagai salah satu logam ikutan yang banyak ditemukan pada sisa pengolahan emas seperti dilaporkan oleh Kepel *et al.*, (2018) ; Mantiri *et al.* (2019); Nasprianto *et al.*, 2019). Alga merah *Kappaphycus alvarezii* yang merupakan sampel uji diambil dari lokasi budidaya di Perairan Belang yang terletak di Desa Buku Kecamatan Belang. Jarak antara Perairan Belang dan Teluk Totok sekitar 20 km. Hasil pengamatan logam timbal yang terkandung pada *thallus* alga dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometri* (AAS) seperti ditampilkan hasilnya pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Konsentrasi Logam Timbal (Pb) Pada Alga *K. Alvarezii* Yang di Budidaya di Teluk Totok

Keterangan :

Berat awal, M-1 = minggu ke-1, M-3 = minggu ke-3, M-5 = minggu ke-5, M-7 = minggu ke-7.

Sampel alga yang diambil dari perairan Belang, telah terdeteksi mengandung logam timbal (Pb) pada *thallus* nya sebesar 0,88 ppm. Sampel alga pada awal pengamatan ditentukan sebagai berat awal artinya berat saat dimulai budidaya, selanjutnya diaklimatisasi selama 2 minggu di lokasi penelitian yaitu di Teluk Totok.

Pengamatan pada minggu pertama (M1), menunjukkan telah terjadi peningkatan konsentrasi timbal pada alga menjadi sebesar 1,00 ppm, selanjutnya pada minggu ke tiga M-3, terus terjadi peningkatan konsentrasi menjadi 1,49 ppm. Peningkatan konsentrasi logam timbal pada minggu pertama dan ketiga menunjukkan kemampuan alga mengabsorpsi logam timbal dari lingkungan tempat hidupnya.

Konsentrasi timbal pada minggu pertama ini merupakan proses tereksposnya alga dalam waktu dua minggu pada kondisi lingkungan sekitar muara Sungai Totok. Konsentrasi pada minggu ke tiga M-3 juga mengalami

peningkatan menjadi 1,49 ppm. Alga dapat mengabsorpsi logam baik yang terdapat pada air laut, terutama yang ada pada sedimen, seperti dilaporkan oleh Kepel *et al.*, (2018) ; Mantiri *et al.*, (2018) ; Rumampuk *et al.*, 2015 dimana terdeteksi beberapa jenis logam termasuk logam timbal pada sedimen dan *thallus* alga yang hidup di Teluk Totok bahkan hasil analisis *Transmission Electron Microscope* (TEM) ditemukan logam pada sel alga dan mengakibatkan bioakumulasi total merkuri, arsen, kromium, kadmium dan timbal (Mantiri *et al.*, 2018).

Peningkatan konsentrasi timbal yang terjadi pada minggu pertama dan ketiga tidak diikuti pada minggu kelima (M-5) dan ketujuh (M-7). Pada minggu ke 5 dan minggu ke 7 konsentrasi timbal mengalami penurunan dari 1,12 ppm dan 0,94 ppm. Berbeda dengan minggu pertama dan ketiga, pada minggu kelima dan ketujuh terjadi penurunan konsentrasi timbal. Kondisi perubahan dinamika kandungan logam dalam tubuh alga menjadi menarik untuk dipelajari dimana kondisi lingkungan dapat menurunkan

kandungan logam timbal pada alga. Kandungan logam dalam alga dapat mengalami perubahan dengan cara mengurangi penetrasi kandungan logam dalam tubuh alga, diasumsikan penyebabnya adalah berperannya bakteri resisten logam.

Kesimpulan

Kualitas air yang rendah terutama tingkat sedimentasi yang tinggi, berpengaruh pada pertumbuhan alga. Hasil pengamatan sekitar minggu ke-5, thallus alga berwarna keputihan, menunjukkan terkena penyakit ais-ais. Kandungan logam timbal (Pb) yang terdapat pada air, berpengaruh pada penyerapan logam pada alga seperti pada minggu ke-3, kandungan logam timbal pada thalus alga *K. alvarezii*, sebesar 1,49 ppm. Terjadi penurunan konsentrasi logam timbal pada minggu ke-5 diikuti dengan penurunan pertumbuhan berat, diasumsikan disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan.

Daftar Pustaka

- Aris M, (2011). Identifikasi, Patogenisitas Bakteri dan Pemanfaatan Gen 16S-rRNA Untuk Deteksi Penyakit Ice-ice Pada Budidaya Rumput Laut. Institut Pertanian Bogor. 152 halaman.
- Awal J., H. Tantu., E.K.P. Tenriawaru, (2014). Identifikasi Alga (Algae) Sebagai Bioindikator Tingkat Pencemaran di Sungai Lamasi Kabupaten Luwu. *Jurnal Dinamika*. 5(2):21-34.
- Dawes J.C. 1998. Marine Botany. Second Edition A Wiley Interscience Publication. The United States of America.
- Kepel R. C dan S. Baulu, (2013). Makroalga dan Lamun keanekaragaman variasi laut di Maluku Barat. Jakarta: Cahaya Pineleng.
- Kepel R C., D.M.H. Mantiri., A. Rumengan., Nasprianto, (2018). Biodiversitas Makroalga di Perairan Pesisir Desa Blongko, Kecamatan Sinonsayan, Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Ilmiah Platax*. 6(1) :174-187.
- Luning. K. 1990. Seaweeds : Their Environment, Biogeography, and Ecophysiology. John Wiley and Sons, Inc.
- Mantiri D.M.H., R Ch. Kepel., B. T Wagey., Nasprianto, (2018). Heavy Metal Content, Cell Structure, and Pigment of *Halimeda opuntia* (Linnaeus) J.V. Lamouroux from Totok Bay and Blongko Waters, North Sulawesi, Indonesia. *Ecology Environment Conversation Journal*. 54-62.
- Mantiri D.M.H., R. Ch. Kepel., H. Manoppo, J. J. H Paulus., S S. Paransa., Nasprianto, (2019). Metals in Seawater, Sediment and *Padina australis* (Hauck, 1887) Algae in the Waters of North Sulawesi. 12(3):840-851.
- Nasprianto., D.M.H. Mantiri., G S. Gerung, (2019). Konsentrasi Logam Pada Air, Sedimen, dan Alga Merah *Halimeda opuntia* (Linnaeus) J. V. Lamouroux Dari Perairan Teluk Totok dan Perairan Blongko, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 7(1):233-242.
- Schaduw J N W., E. L. A, Ngangi., J. P. Mudeng, (2013). Land suitability of seaweed farming in Minahasa Regency, North Sulawesi

Province. *Ejournal UNSRAT*.
1(1):72-81.

Siahaan.S., D M.H. Mantiri., J R.T.S.L. Rimper, (2017). Analisis Logam Timbal (Pb) dan Pigmen Klorofil Pada Alga *Padina australis* Hauck Dari Perairan Teluk Totok dan Perairan Blongko, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 2(1):31-37.

Sunarto, (2008). Peranan Cahaya Dalam Proses Produksi di Laut. Dudit Press. Universitas Padjadjaran. Bandung.

Trono, G. C. 1997. Field Guide and Atlas of the Seaweed Resources of the Philippines. Bookmarks, Inc. Makaty City. 306 hal.

Wardhana, W.A, (2001). Dampak Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta; Andi Offset.