

## Analisis Kandungan Merkuri (Hg) dan Kadar Klorofil Lamun *Enhalus Acoroides* Di Perairan Marlosso dan Nametek Kabupaten Buru Provinsi Maluku

Nur Alim Natsir<sup>1</sup>, Debby.A.J Selanno<sup>2</sup>, Charlotha.I. Tupan<sup>3</sup>, Yustinus.T.Male<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
Institut Agama Islam Negeri Ambon

<sup>2,3</sup>Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Pattimura Ambon

<sup>4</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pattimura Ambon

<sup>1</sup>Email: nuralimnatsir@gmail.com

<sup>2</sup>Email: debby\_st@yahoo.co.id

<sup>3</sup>Email: lotjetupan@yahoo.com

<sup>4</sup>Email : [yusmale@fmipa.unpatti.ac.id](mailto:yusmale@fmipa.unpatti.ac.id)

**Abstrak:** Lamun adalah salah satu jenis vegetasi yang mampu hidup dan berkembang dengan baik di kawasan pesisir serta menjadi habitat beberapa jenis hewan laut, seperti: teripang, landak laut, bintang laut, dan bulu babi. Lamun merupakan organisme yang rentan terhadap pencemaran lingkungan pesisir seperti merkuri (Hg) sehingga berdampak pada kandungan klorofil daun lamun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat Hg dan hubungannya dengan kadar klorofil lamun *Enhalus acoroides* di perairan Marlosso dan Nametek Kabupaten Buru Provinsi Maluku. Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2018 dan analisis laboratorium dilakukan pada bulan Juni 2018. Sampel diambil pada dua stasiun yaitu Pantai Nametek dan Muara Sungai Marlosso. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Hg pada akar > rhizoma>daun lamun. Kandungan logam berat dan kadar klorofil lamun memiliki korelasi negatif dimana logam Hg memiliki korelasi sebesar ( $r = - 0,97$ ) dan menunjukkan semakin tinggi kandungan logam berat akan menurunkan kadar klorofil lamun.

**Kata Kunci:** Klorofil; *Enhalus acoroides*; pencemran; Hg; vegetasi

**Abstract:** Seagrass is a type of vegetation that is able to live and develop well in coastal areas and is a habitat for several types of marine animals, such as sea cucumbers, sea urchins, starfish and sea urchins. Seagrass is an organism that is susceptible to pollution of the coastal environment such as mercury (Hg) so that it has an impact on the chlorophyll content of seagrass leaves. This study aims to determine the content of heavy metal Hg and its relationship with the chlorophyll content of seagrass *Enhalus acoroides*

in the waters of Marlosso and Nametek in Buru District Maluku Province. The study was conducted in May 2018 and laboratory analysis was conducted in June 2018. Samples were taken at two stations namely Nametek Beach and Muos Sungai Marlosso. The results showed that the content of heavy metal Hg in roots > rhizoma > seagrass leaves. The content of heavy metals and seagrass chlorophyll content has a negative correlation where the Hg metal has a correlation of ( $r = - 0.97$ ) and indicates that the higher the content of heavy metals will reduce the seagrass chlorophyll content.

**Keywords: Chlorophyll, Enhalus acoroides, pollution, Hg, vegetation**

Lamun adalah salah satu jenis vegetasi yang mampu hidup dan berkembang dengan baik di kawasan pesisir serta menjadi habitat beberapa jenis hewan laut, seperti: teripang, landak laut, bintang laut, dan bulu babi. Lamun merupakan organisme akuatik yang rentan terhadap masuknya bahan pencemar ke laut seperti limbah rumah tangga, antropogenik dan logam berat. Tumbuhan ini merupakan salah satu organisme hidup yang dapat dijadikan sebagai bioindikator tingkat pencemaran logam berat dalam lingkungan perairan. Limbah logam berat merupakan limbah yang paling berbahaya karena menimbulkan efek racun bagi manusia (Boran dan Altinok, 2010). Pencemaran logam berat yang masuk ke lingkungan perairan akan terlarut dan akan terakumulasi dalam sedimen ataupun biota dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut (Wulandari *et al.*, 2012).

Bioakumulasi logam dalam suatu organisme laut merupakan langkah pertama sebelum organisme tersebut menunjukkan responnya terhadap pencemar atau kontaminan dan siklus geokimia (Fisher, 2003). Penelitian mengenai kemampuan vegetasi perairan, baik lamun maupun makro alga dalam mengakumulasi logam berat telah diteliti sebelumnya oleh (Endang, 2008; Ahmad *et al.*, 2015; Ambo-Rappe *et al.*, 2011; Sudharsan *et al.*, 2012; Supriyantini *et al.*, 2016; Thangaradjou *et al.*, 2010; Tupan dan Azrianingsih, 2016) yang menemukan bahwa lamun merupakan salah satu cara untuk menentukan tingkat cemaran di perairan laut. Lamun merupakan suatu penanda kapasitas akumulasi logam karena berinteraksi secara langsung dengan badan air dan air tanah (substrat) melalui daun dan akarnya untuk *uptake* ion-ion sehingga lamun dapat merefleksikan status kesehatan perairan secara keseluruhan (Ahmad *et al.*, 2015; Supriyantini *et al.*, 2016).

Perairan Marlosso dan Nametek merupakan perairan yang terdapat di Pulau Buru Provinsi Maluku dan berada di sepanjang perairan pesisir Teluk Kayeli. Perairan ini rentan mengalami kontaminasi logam berat aktivitas pertambangan emas tradisional yang beroperasi di kawasan aliran Sungai Waeapo dan bermuara langsung ke Teluk Kayeli. Pertambangan ilegal yang tidak terkendali di daerah ini akan mengancam kelestarian

lingkungan. Lingkungan yang tercemar dengan limbah bahan kimia pertambangan akan berdampak pada lahan pertanian, pencemaran laut serta dalam jangka panjang dapat mnegancam kesehatan penduduk setempat karena mengkonsumsi air serta bahan pangan yang telah tercemari logam berat limbah pertambangan (Tuaputty, 2014). Ning *et al.* (2011) melaporkan bahwa pertambangan emas tradisional merupakan salah satu sumber masuknya logam berat ke dalam lingkungan perairan. Kegiatan penambangan emas tanpa ijin (PETI) banyak dilakukan secara tradisional dengan menggunakan merkuri (Hg). Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang bersifat toksik. Hasil penambangan yang diperoleh akan diolah dengan metode amalgamasi yaitu proses pengikatan logam emas dari bijih dengan menggunakan merkuri. Proses amalgamasi pada aktivitas PETI dapat mencemari lingkungan oleh limbah yang terbuang (KLH Landak, 2009 *dalam* Rumatoras *et al.*, 2016).

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, pertumbuhan lamun di daerah ini mengalami penurunan populasi dengan hanya ditemukaannya lamun *Enhalus acoroides* pada dua perairan yakni Marlosso dan Nametek. Pertumbuhan ini disebabkan oleh terganggunya proses fotosintesis pada lamun yang berakibat pada pertumbuhan lamun. Terdapat pigmen hijau yang diperlukan pada proses fotosintesis ini yakni klorofil. Klorofil merupakan komponen kloroplas yang utama dan kandungan klorofil relatif berkorelasi positif dengan laju fotosintesis (Li *et al.*, 2006). Klorofil disintesis di daun dan berperan untuk menangkap cahaya matahari yang jumlahnya berbeda untuk tiap spesies. Fungsi dari klorofil akan terganggu dengan paparan polutan yang terabsorbsi tanaman melalui akar. Hal ini diduga menyebabkan terjadinya penurunan kadar klorofil pada daun lamun. Polutan yang terabsorbsi akan terikut dalam proses metabolisme. Keefektifan tanaman dalam menyerap polutan akan semakin berkurang dengan peningkatan konsentrasi polutan. Dampak lanjutannya adalah terganggunya fungsi tanaman dalam lingkungan (Taiz, L dan E. Zieger, 2002). Lie *et al.*, 2006 menyatakan bahwa proses fotosintesis pada tanaman berpembuluh angkut, sensitif terhadap cekaman biotik (patogen) maupun abiotik (kekeringan, temperatur, defisiensi nutrient, polutan). Oleh karena itu, sangat perlu dilakukan kajian tentang akumulasi logam berat merkuri (Hg) dan hubungannya dengan kadar klorofil pada *Enhalus acoroides* di perairan Marlosso dan Nametek Kabupaten Buru Provinsi Maluku.

## METODE PENELITIAN

### Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel

Penetapan stasiun pengambilan sampel menggunakan *Geographic Positioning System* (GPS) merek Garmin. Penetapan stasiun pengambilan sampel dilakukan secara sengaja yakni dengan pertimbangan sesuai kebutuhan dan sumber masukan bahan pencemar ke dalam perairan dari darat. Stasiun pengambilan sampel dilakukan pada dua

stasiun di sepanjang perairan Teluk Kayeli yakni Muara Sungai Marlosso dan Pantai Nametek dikarenakan lamun hanya terdapat pada dua perairan ini. Pada daerah ini terdapat kegiatan di darat seperti pertambangan (tromol), pemukiman dan dermaga. Pengambilan sampel lamun dilakukan dengan menggunakan alat trolol kemudian dicabut perlahan-lahan agar lamun tidak rusak. Sampel lamun *Enhalus acoroides* diambil di perairan Teluk Kayeli yang terdapat lamun. Sampel lamun dimasukkan ke dalam kantong plastik, lalu disimpan dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium untuk preparasi sebelum dianalisis kandungan logam berat Hg pada organ akar, rhizoma dan lamun.

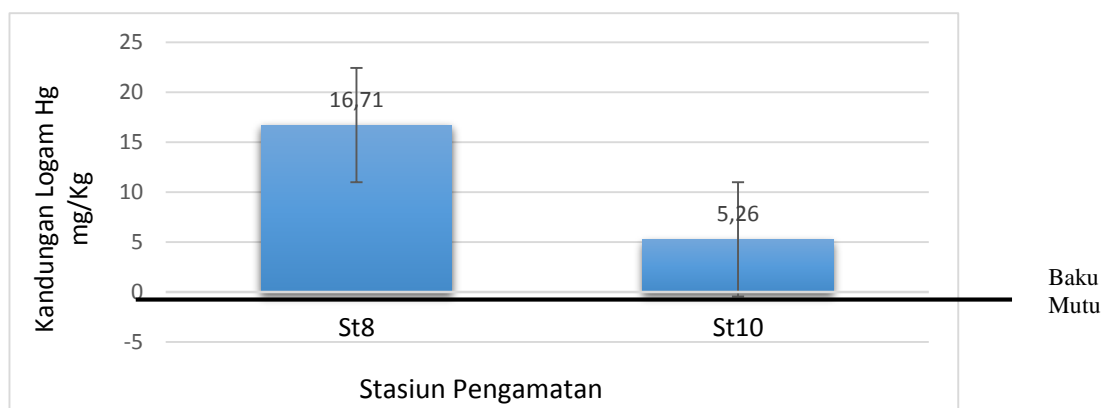
#### **Analisis Kandungan Logam Berat Hg**

Sampel *Enhalus acoroides* diambil pada 2 stasiun (Marlosso dan Nametek) dimana terdapat lamun dengan cara dicabut perlahan-lahan agar tidak merusak bagian akar, rhizoma maupun daunnya. Selanjutnya sampel *Enhalus acoroides* yang telah diambil dipisahkan bagian akar, rhizoma dan daunnya untuk kemudian digunakan sebagai sampel uji. Bagian-bagian lamun *Enhalus acoroides* yang diambil dihaluskan menggunakan blender, kemudian dikeringkan. Sampel halus diambil dan ditimbang sebanyak 30 g dengan timbangan analitik. Sampel dimasukkan dalam plastik yang sudah diberi label. Kemudian dilakukan ekstraksi: Masukkan sampel ke dalam tabung *digestion*. Ditambahkan 5 ml HNO<sub>3</sub> p.a. dan 0,5 ml HClO<sub>4</sub> p.a. dan biarkan satu malam. Besoknya dipanaskan dalam *digestions* blok dengan suhu 100 °C selama satu jam, kemudian suhu ditingkatkan menjadi 150 °C. Setelah uap kuning habis suhu *digestion* blok ditingkatkan menjadi 200 °C. Destruksi selesai setelah keluar asap putih dan sisa ekstrak kurang lebih 0,5 ml. Tabung diangkat dan dibiarkan dingin. Ekstrak diencerkan dengan air bebas ion hingga volume tepat 50 ml dan kocok dengan pengocok tabung hingga homogen. Ekstrak ini dapat digunakan untuk pengukuran unsur-unsur makro dan mikro. Untuk standar tanpa melewati proses pengabuan. Sampel dianalisis menggunakan *Cold Vapour Atomic Absorption Spectrofotometer* (CV-AAS). Kadar Klorofil diukur dengan cara ditimbang 1 gr daun, kemudian dihaluskan dengan mortal dan diberi alkohol 85% sebanyak 25 ml. Larutan disaring dengan kertas saring dan filtratnya dimasukkan ke dalam cuvet sebanyak 3 ml dengan menggunakan mikropipet. Cuvet dimasukkan ke dalam spektrofotometer dengan mengatur panjang gelombang 640 nm dan melakukan pengamatan absorbansi kadar klorofil yang tertera di layar spektrofotometer. Data kandungan logam berat Hg yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik dan histogram kemudian dibahas secara deskriptif. Kandungan logam berat Hg dalam organ lamun dibandingkan dengan baku mutu SNI 7387:2009. Keeratan hubungan antara kandungan logam berat merkuri dengan kadar klorofil dianalisis menggunakan korelasi pearson (Matjik dan Sumartajaya, 2000).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Logam Berat Hg pada Akar Lamun *Enhalus acoroides*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam Hg di akar lamun pada dua stasiun Marlosso dan Nametek adalah sebesar  $16,71 \pm 0,21$  mg/kg dan  $5,26 \pm 0,16$  mg/kg (Gambar 1). Kandungan Hg tertinggi diperoleh pada ST 8 dan terendah pada ST 10. Nilai baku mutu logam berat merkuri pada lamun sebesar 0,5 mg/kg (SNI 7387:2009) dan 1,0 mg/kg (BPOM).



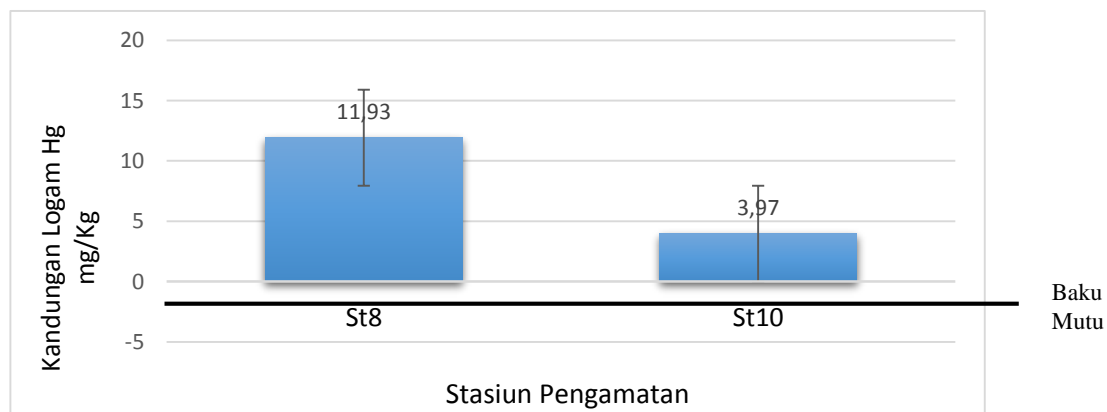
**Gambar 1. Kandungan Merkuri (Hg) pada Akar**

Kandungan Hg yg didapatkan dalam organ lamun (akar) menunjukkan bahwa telah melebihi baku mutu 0,5 mg/Kg berdasarkan SNI 7387:2009, baik pada Marlosso maupun Nametek Hal ini dianggap berbahaya bagi tumbuhan karena merkuri dimungkinkan akan diangkut melalui jaringan pengangkut xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Kandungan Hg yang tinggi pada ST 8 diduga disebabkan oleh kegiatan pertambangan emas yang terdapat di dekatnya. Kegiatan ini telah terlebih dahulu akan mencemari tanah dan air sungai di sekitarnya. Tumbuhan akan merespon pertama adalah pada bagian akar. Terdapat serangkaian proses fisiologis yang berperan dalam akumulasi logam sepanjang siklus hidup tumbuhan. Proses pertama adalah interaksi rizosferik pada zona perakaran, dimana terjadi proses pengolahan unsur-unsur di dalam tanah dari bentuk yang tidak dapat diserap menjadi bentuk yang dapat diserap dengan melibatkan sejumlah eksudat yang diproduksi akar. Tumbuhan hiperakumulator memiliki kemampuan lebih tinggi dalam merubah logam pada zona perakaran menjadi bentuk yang tersedia. Akar tumbuhan hiperakumulator memiliki daya selektifitas yang tinggi terhadap unsur logam tertentu. Penyerapan logam oleh akar antara lain ditentukan oleh permeabilitas, transpirasi dan tekanan akar serta kehadiran dari sistem pemacu penyerap logam (*enhanced metal uptake system*), yang diperkirakan hanya dimiliki oleh tumbuhan hiperakumulator.

Hasil analisis berdasarkan uji T menunjukkan bahwa kandungan Hg pada ST 8 berbeda ( $P < 0,05$ ) dengan ST 10. Kandungan Hg pada akar di perairan Marlosso lebih tinggi dibandingkan dengan Nametek. Hal ini diduga partikulat pasir dan lumpur yang mengandung logam berat terbawa arus akan membentuk sedimen dan mengendap di media tanam lamun. Respon tumbuhan terhadap logam berat untuk setiap jenis tumbuhan sangat beragam dalam kemampuan tumbuhan toleran ataupun tidak toleran terhadap keracunan unsur logam (Salsibury dan Ross, 2002). Tumbuhan memiliki 3 strategi dasar untuk tumbuh pada media yang tercemar logam berat, yaitu: 1. *Metal excluder*, tumbuhan mencegah masuknya logam dari bagian aerial atau menjaga agar konsentrasi logam tetap rendah dalam tanah; 2. *Metal indicator*, tumbuhan mentoleransi keberadaan konsentrasi logam dengan menghasilkan senyawa pengikat logam atau mengubah susunan logam dengan menyimpan logam pada bagian yang tidak sensitif; 3. *Metal accumulator*, tumbuhan mengkonsentrat konsentrasi logam yang tinggi pada bagian aerial tumbuhan, tumbuhan ini menyerap kadar kontaminan yang tinggi dan diendapkan dalam akar, batang, daun atau tunas (Raskin, dkk., 1994 dalam Irawanto dkk, 2014).

**Kandungan Logam Berat Hg pada Rhizoma Lamun *Enhalus acoroides***

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan di laboratorium, kandungan logam berat Hg pada rhizoma tanaman lamun *Enhalus acoroides* adalah  $3,97 \pm 0,31$  mg/Kg pada ST 8 dan  $11,93 \pm 0,24$  mg/Kg pada ST 10 (Gambar 2).



**Gambar 2. Kandungan Merkuri (Hg) pada Rhizoma**

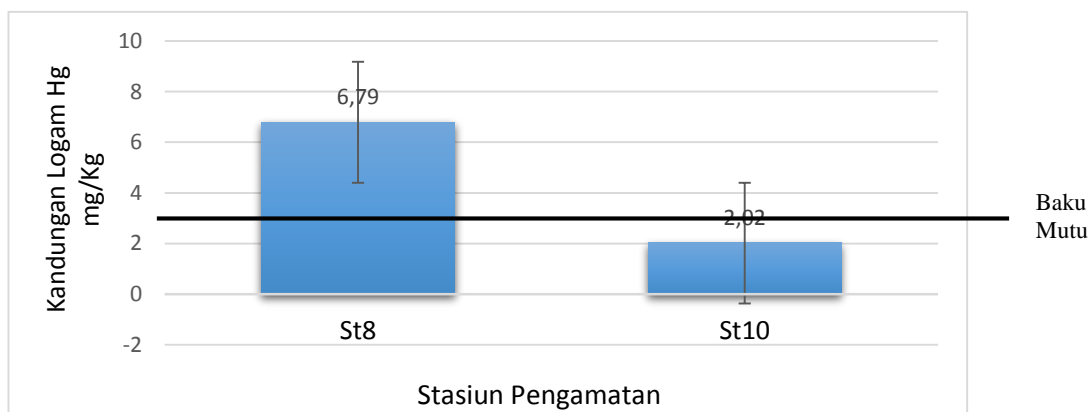
Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa kandungan Hg pada ST 8 lebih tinggi ( $11,93 \pm 0,24$  mg/Kg) dibandingkan dengan ST 10 ( $3,97 \pm 0,31$  mg/Kg). Nilai baku mutu logam berat merkuri pada lamun sebesar 0,5 mg/kg (SNI 7387:2009) dan 1,0 mg/kg (BPOM). Rata-rata hasil analisis laboratorium logam merkuri pada rhizoma yang diperoleh dari lokasi penelitian telah melebihi baku mutu baik pada Marlosso maupun Nametek. Kandungan logam berat merkuri dalam sampel rhizoma lebih kecil daripada di akar. Namun demikian peningkatan kandungan logam ini perlu diwaspadai dikarenakan

peran dari tumbuhan sebagai produsen utama dalam sistem rantai makanan. Konsentrasi Hg tidak mustahil akan menjadi besar (terakumulasi) pada biota dengan trofik level yang lebih tinggi. Hasil analisis berdasarkan uji T menunjukkan bahwa kandungan Hg pada ST 8 berbeda ( $P < 0,05$ ) dengan ST 10. Kandungan Hg pada rhizoma di perairan Marlosso lebih tinggi dibandingkan dengan Nametek.

Tingginya kandungan logam berat Hg pada rhizoma lamun baik ST 8 maupun ST 10 diduga tanaman mengalami proses fisiologis tumbuhan lamun sebagai bentuk respon awal terhadap konsentrasi logam yang terserap dengan translokasi logam dari akar ke rhizoma. Hal ini terbukti bahwa tumbuhan di titik ini memiliki laju jauh melebihi tumbuhan normal. Translokasi ini dikendalikan oleh dua proses utama yakni pergerakan ion ke xilem dan volume fluks dalam xilem yang dimediasi oleh tekanan akar dan transpirasi. Hal ini juga mengindikasikan adanya sistem translokasi logam dari akar ke tajuk yang efisien. Sekuestrasi (*secuestration*) dan kompleksasi (*complexation*) adalah proses yang dilalui untuk menentukan bentuk ikatan logam yang akan diakumulasi dan di bagian jaringan mana akan disimpan. Kompartementalisasi dan akumulasi logam terjadi lebih efisien pada tumbuhan hiperakumulator. Disamping itu rhizoma lamun sebagai hiperakumulator memiliki derajat seleksi yang tinggi terhadap logam.

**Kandungan Logam Berat Hg pada Daun Lamun *Enhalus acoroides***

Hasil penelitian kandungan logam berat merkuri pada daun yang diambil menunjukkan hasil yang berbeda pada dua stasiun. Kandungan merkuri pada daun adalah  $6,79 \pm 0,26$  mg/kg untuk ST 8 dan  $2,02 \pm 0,21$  mg/kg di ST 10. Kandungan logam berat merkuri pada tanaman dengan batas normal antara 0,01 – 0,3 mg/kg dan kritis pada kisaran 0,3 – 0,5 mg/kg (Mirdat, *dkk*, 2013). Kandungan logam berat Hg pada daun tanaman lamun *Enhalus acoroides* disajikan pada Gambar 3 di bawah ini.



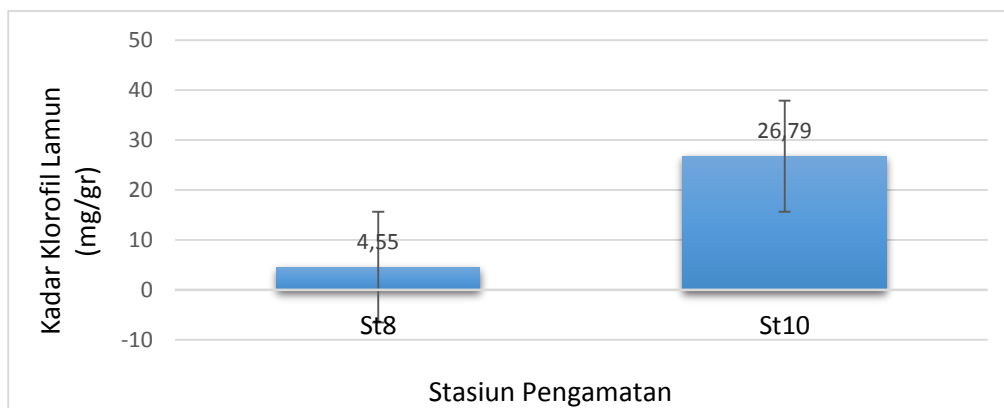
**Gambar 3. Kandungan Merkuri pada Daun**

Merkuri adalah salah satu kontaminan yang paling berbahaya apabila mencemari lingkungan perairan, dan secara luas dianggap sebagai salah satu penyebab utama polusi

lingkungan tertinggi oleh *European Water Framework Directive* (WFD) dan pada skala global (Spencer, 2002). Pencemaran logam berat dari sumber manapun, memberi peluang terakumulasinya logam tersebut dalam lingkungan termasuk habitat lamun. Kandungan merkuri pada daun yang terdapat di lokasi penelitian ST 8 (Marlosso) dan ST 10 (Nametek) telah melebihi ambang batas normal yakni 0,5 mg/Kg berdasarkan SNI 7387:2009. Kandungan Hg pada lokasi ini telah memasuki kondisi yang sangat mengkhawatirkan dan hal ini meningkat sejalan dengan polutan yang masuk secara berkala dari aktivitas di sekitar perairan. Naiknya kandungan logam yang ada di lokasi tersebut seharusnya sudah mulai diwaspadai dan disadari karena bahaya atau pencemaran merkuri dikawasan ini sudah mulai nyata. Limbah kegiatan pertambangan emas yang mengalir bersama arus sungai akan meningkatkan kandungan merkuri di daerah ini. Hasil analisis berdasarkan uji T menunjukkan bahwa kandungan Hg pada ST 8 berbeda signifikan ( $P < 0,05$ ) dengan ST 10. Kandungan Hg pada daun di perairan Marlosso lebih tinggi dibandingkan dengan Nametek.

**Kadar Klorofil Daun Lamun *Enhalus acoroides***

Hasil penelitian menunjukkan kadar klorofil pada daun lamun *Enhalus acoroides* di ST 8 pada lokasi Marlosso menunjukkan rata-rata sebesar  $4,55 \pm 5,55$  mg/gr dan pada ST 10 pada lokasi Nametek menunjukkan kadar klorofil rata-rata sebesar  $26,79 \pm 6,02$  mg/gr. Kadar klorofil untuk stasiun 8 dan stasiun 10 disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4. Kadar Klorofil pada Daun Lamun Di Dua Lokasi Berbeda**

Pada daerah ST 8 menunjukkan kadar klorofil yang rendah dibandingkan dengan ST 10. Berdasarkan observasi di lapangan, menunjukkan bahwa daerah Marlosso merupakan daerah dengan kondisi perairan yang mulai keruh. Tingkat kecerahan perairan yang rendah akan mempengaruhi penetrasi cahaya matahari yang masuk di perairan. Kecerdahan menentukan ketebalan lapisan produktif. Berkurangnya kecerahan air akan mengurangi kemampuan fotosintesis dan kegiatan fisiologi tumbuhan air. Keekeruhan di daerah Marlosso diakibatkan pula oleh suspensi sedimen, limbah domestik dan buangan limbah pengolahan emas di sekitar perairan. Polutan dari limbah pertambangan emas



memegang peranan penting sebagai pemasok limbah yang menyebabkan pencemaran perairan sehingga menyebabkan sedimentasi. Hal ini akan berakibat buruk pada pertumbuhan lamun yang berperan sebagai produsen. Hogart (2007) menyatakan bahwa dampak lingkungan dari kelebihan nutrisi atau sedimen yang paling umum adalah penurunan padang lamun. Kondisi lamun *Enhalus acoroides* di lapangan menunjukkan morfologi tumbuhan yang kerdil, daun yang kecil, tidak berwarna hijau dan cenderung berwarna kekuningan karena mengalami klorosis atau dikenal *Yellow Disease*. Resapan logam berat yang masuk bersama nutrisi diduga mempengaruhi kuantitas ketercukupan hara tanaman sehingga daun yang masih muda tampak layu dan pertumbuhan lamun terganggu.

Pada ST 10 yaitu daerah Nametek merupakan daerah dengan kondisi perairan yang masih alami dan jernih. Intensitas cahaya matahari yang masuk di perairan lebih maksimal. Hal ini memungkinkan lamun yang berada di daerah ini mengalami proses fotosintesis yang meningkat. Laju metabolisme oleh tanaman akan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu yang ada di daerah ini. Klorofil akan menarik elektron dari cahaya matahari agar terjadi fotosintesis dan berperan sebagai pengabsorbansi energi dari sinar matahari sehingga akan berubah menjadi molekul yang berenergi tinggi, dan dapat melepaskan elektron dari molekul air dan proton dari oksigen. Konsentrasi klorofil-a merupakan indikator utama untuk mengestimasi produktivitas primer dan merupakan variabel penting dalam proses fotosintesis (Wetzel, 2001; Asriyana dan Yuliana, 2012; Ma *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2014; Xiao *et al.*, 2015; Chen *et al.*, 2017). Parameter fisik-kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a adalah intensitas cahaya dan nutrisi.

Pada umumnya sebaran konsentrasi klorofil tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari tingginya masukan nutrisi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai namun ada beberapa tempat lepas pantai masih ditemukan konsentrasi klorofil yang cukup tinggi. Seperti halnya daerah Nametek, kondisi ini diduga oleh adanya proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkutnya sejumlah nutrisi dari tempat lain (daratan). Hal ini sesuai dengan pendapat Qurban *et al.*, (2017) bahwa masukan nutrisi dari daratan melalui limpasan air sungai mampu mengangkut nutrisi yang masuk perairan pantai. Selain itu Canion *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa sebaran klorofil-a di dalam kolom perairan sangat tergantung pada konsentrasi nutrisi. Pengujian hubungan antara kadar klorofil dan logam berat pada daun lamun dilakukan menggunakan korelasi. Uji hipotesis menunjukkan  $H_0$  ditolak yang berarti bahwa terdapat korelasi yang signifikan terhadap kadar klorofil lamun *Enhalus acoroides*.

Korelasi yang signifikan antara logam berat Hg terhadap klorofil adalah -0.97 dengan signifikansi 0.00, untuk kedua perairan pada ST 10 dan ST 8. Hasil analisis korelasi hubungan logam berat dengan klorofil *Enhalus acoroides* menunjukkan semakin

tinggi kandungan logam berat yang terakumulasi pada daun maka kandungan klorofil semakin berkurang. Masuk dan bertambahnya kandungan logam berat ke dalam lamun *Enhalus acoroides* akan mengubah kandungan klorofil jika kandungannya melebihi ambang batas karena Hg merupakan logam berat non esensial yang bersifat toksik. Penurunan klorofil pada *Enhalus acoroides* disebabkan karena masuknya logam berat secara berlebihan sehingga mempengaruhi produksi pigmen dalam klorofil dan menjadi berkurang. Kandungan logam berat di daun pada daerah ini akan menghambat pertumbuhan daun dan secara fisiologis akan mengakibatkan penebalan epidermis. Kandungan logam berat Hg pada daun di daerah Marlosso menunjukkan kadar yang lebih tinggi dibandingkan Nametek. Logam berat yang terserap melalui kutikula daun akan menyerang ikatan sulfida pada molekul protein sel, menimbulkan kerusakan struktur protein terkait, menghalangi kerja enzim dan mengakibatkan ketimpangan-ketimpangan metabolisme tubuh. Cekaman polutan dalam lingkungan menyebabkan meningkatnya radikal bebas, yang berakibat rusaknya berbagai enzim yang dapat menurunkan jumlah protein pada organ-organ tanaman (Kong *et al.*, 2000 dalam Munzuroglu *et al.*, 2005).

Pada kondisi lebihnya kandungan logam dari ambang batas menurut Perales Vela *et al.* (2007) akan menyebabkan kematian sel. Kematian sel akibat keracunan diawali proses rusaknya kloroplas. Kerusakan kloroplas menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis. Terganggunya aktivitas fotosintesis menyebabkan kemampuan sel untuk memperbanyak diri menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan pertumbuhan dan pertambahan jumlah sel menjadi terhambat. Efek toksik dari logam berat akan menurunkan pigmen klorofil pada *Enhalus acoroides*. Kandungan logam berat Hg yang semakin tinggi akan mempengaruhi kadar klorofil, dan kondisi ini dapat mengakibatkan penurunan energi cahaya yang diserap, sehingga menghambat fotosintesis. Kandungan klorofil akan menentukan kecepatan fotosintesis. Semakin besar kadar klorofil maka laju fotosintesis berlangsung dengan cepat. Kandungan Hg pada daun di kedua stasiun menunjukkan bahwa Marlosso dan Nametek telah melebihi ambang batas yang ditetapkan. Kandungan logam berat Hg pada daun di Marlosso dan Nametek telah melewati baku mutu yakni  $6,79 \pm 0,26$  untuk wilayah Marlosso dan  $2,02 \pm 0,25$  untuk wilayah Nametek. Efek toksik dari logam berat Hg diduga akan mempengaruhi pembentukan klorofil.

Daun merupakan salah satu organ tempat terjadinya fotosintesis yang berpotensi mengakumulasi logam berat di setiap jaringannya. Ahmad *et al.* (2015) menyatakan bahwa secara umum semua jaringan atau bagian morfologi lamun dapat digunakan sebagai bioakumulator dan bioindikator pencemaran logam berat yang berasal dari perairan dan sedimen. Hasil analisis menunjukkan korelasi negatif yang menyatakan semakin tinggi konsentrasi logam berat Hg di perairan maka kandungan klorofil akan semakin rendah.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Hg pada akar > rhizoma>daun lamun. Kandungan logam berat dan kadar klorofil lamun memiliki korelasi negatif dimana logam Hg memiliki korelasi sebesar ( $r = - 0,97$ ) dan menunjukkan semakin tinggi kandungan logam berat akan menurunkan kadar klorofil lamun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., S. Azman, M.I. Mohd Said, L. Baloo. (2015). Tropical seagrass as a bioindicator of metal accumulation. *Sains Malaysiana*, 44(2): 203–210.
- Ambo-Rappe, R., D.L. Lajus, M.J. Schreider. (2011). Heavy metal impact on growth and leaf asymmetry of seagrass, *Halophila ovalis*. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3(6): 149–159.
- Boran M & Altinok I. (2010). A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in The Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science* 10: 565-572
- Canion, Andy, H.L. MacIntyre, S. Phipps. (2013). Short-term to seasonal variability in factors driving primary productivity in a shallow estuary: Implications for modeling production. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 131 : 224-234
- Endang, Y.H. (2008). *Lamun (Cymodocea rotundata, Thalassia hemprichii dan Enhalus acoroides) sebagai Bioindikator Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Pesisir*. Disertasi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang
- Fisher, N. (2003). *Advantage and Problems in The Application of Radiotracer for Determining The Bioaccumulation of Contaminant in Aquatic Organism*. RCM on Biomonitoring, IAEA, Monaco
- Hogarth, P. (2007). *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. 2<sup>nd</sup> edition Oxford University Press, New York.
- Irawanto, R, Damayanti A, Bieby V.T, I. F. Purwanti. (2014). *Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik Coix lacryma-jobi (Jali)*. PKLH. FKIP. UNS
- KLH Londak. (2009). Penambang Emas Tanpa Izin (PETI) (Kerusakan alam, kerusakan sungai, ancaman merkuri)
- Li, R., P. Guo, M. Baum, S. Grando, S. Ceccarelli. (2006). *Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley*. *Agricultural Sciences in China* 5 (10): 751-757.
- Ning L, Liyuan Y, Jirui D, Xugui P. (2011). *Heavy metal pollution in surface water of Linglong Gold Mining Area, China*. *Procedia Environment Sciences*. 10: 914-917.

- Qurban M.A., M. Wafar, R. Jyothibabu, K.P.Manikandana. (2017). Patterns of primary production in the Red Sea. *Journal of Marine Systems*, 169 : 87–98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.12.008>
- Raskin, I., Kumar, P.B.A.N., Dishenkov, S. & Salt, D. (1994). Bioconcentration of Heavy Metal by Plants. *Current opinion, Biotechnology*, (5), 285-290.
- Rijal, M., Rosmawati, T., Alim, N., & Amin, M. (2014). Bioakumulation heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd) seagrass (*Enhalus acroides*) in Waai and Galala Island Ambon. *IJSBAR*, 16(2), 349-356.
- Rumatoras. H, Taipabu M.I, Lesiela L, Male Y.T. (2016). Analisis Kadar Merkuri (Hg) Pada Rambut Penduduk Desa Kayeli, Akibat Penambangan Emas Tanpa Ijin di Areal Gunung Botak , Kab. Buru-Provinsi Maluku. *Ind. J. Chem. Res*, 2016, 3, 290 - 294
- Salisbury, dan Ross. (2002). *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung: ITB.
- SNI 6989.8.2009, *Cara Uji Air dan Limbah timbal (Pb) secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Sudharsan, S., P. Seedevi, P. Ramasamy, N. Subhpradha, S. Vairamani, A. Shanmugam. (2012). Heavy metal accumulation in seaweeds and sea grasses along southeast coast of India. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(9): 4240–4244.
- Supriyantini, E., S. Sedjati, Z. Nurfadhli. (2016). *Akumulasi logam berat Zn (seng) pada lamun Enhalus acroides dan Thalassia hemprichii di Perairan Pantai Kartini Jepara*. Buletin Oseanografi Marina, 5(1): 14–20.
- Taiz, L. and E. Zieger. (2002). *Plant Physiology*, 2nd Ed., Sinauer Associates Inc., Publishers Massachusetts.
- Tuaputty, Una.S. (2014). *Eksternalitas Pertambangan Emas Rakyat di Kabupaten Buru Maluku*. Tesis. IPB
- Tupan, C. I., R. Azrianingsih. (2016). *Accumulation and deposition of lead heavy metal in the tissues of roots, rhizomes and leaves of seagrass Thalassia hemprichii (Monocotyledoneae, Hydrocharitaceae)*. AACL Bioflux, 9(3): 580–589. Unsworth RKF, Collier CJ, Waycott M, McKenzie LJ, Cullen
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology Lake and River Ecosystem* Third Edition. Academic Press, London.
- Wulandari E, Herawati EY, Arfiati D. 2012. Kandungan logam berat Pb pada air laut dan tiram *Saccostrea glomerata* sebagai bioinkator kualitas Perairan Prigi-Trenggalek, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1): 10-14.