

Penyisihan Konsentrasi Logam Zn Menggunakan Mangrove *Avicennia marina*

Isbir Farhan dan Mohammad Razif

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: razif@its.ac.id

Abstrak—Hutan mangrove di Indonesia terutama Pulau Jawa terus mengalami degradasi akibat konversi peruntukan yaitu tambak, penebangan kayu mangrove untuk berbagai keperluan, disamping rendahnya kesadaran masyarakat tentang fungsi ekologis hutan mangrove dan ketidakpastian status kawasan. Keseimbangan ekologi lingkungan perairan pantai akan tetap terjaga apabila keberadaan mangrove dipertahankan karena mangrove dapat berfungsi sebagai biofilter, agen pengikat dan perangkap polusi, penangkap sumber pencemar yang sangat banyak dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung seberapa besar efisiensi mangrove *Avicennia marina* dalam meremoval larutan artifisial logam $ZnSO_4$. Pada penelitian ini digunakan variabel konsentrasi polutan larutan artifisial $ZnSO_4$ setelah dilakukan uji pendahuluan *Range Finding Test*. Variabel konsentrasi setelah uji *Range Finding Test* yaitu 100 mg/L, 200 mg/L dan 300 mg/L dengan pengulangan tiga kali/triplo. Pada penelitian ini digunakan reaktor skala laboratorium dengan sistem batch. Berdasarkan hasil penelitian, efisiensi removal mangrove *Avicennia marina* pada konsentrasi 100 mg/L yaitu 79,83%, pada konsentrasi 200 mg/L yaitu 70,75% dan konsentrasi 300 mg/L yaitu 67,17%.

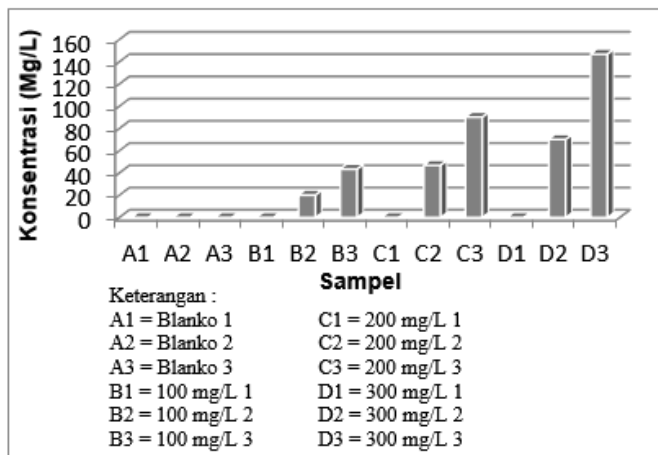
Kata Kunci—Mangrove, Logam Zn, *Avicennia marina*, Spektrofotometer.

I. PENDAHULUAN

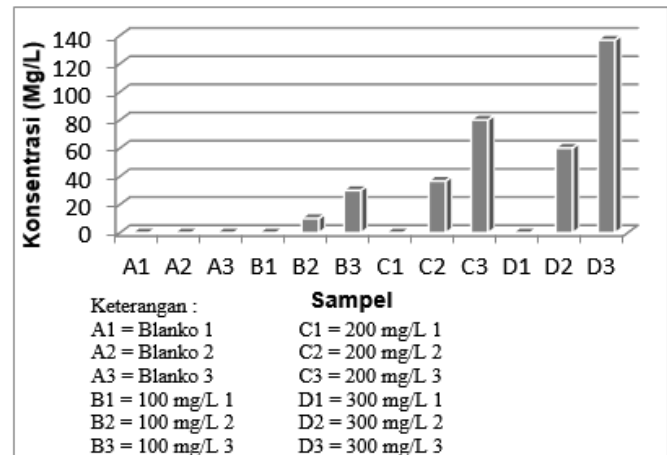
HUTAN mangrove di Indonesia terutama Pulau Jawa terus mengalami degradasi akibat konversi peruntukan yaitu tambak, penebangan kayu mangrove untuk berbagai keperluan, disamping rendahnya kesadaran masyarakat tentang fungsi ekologis hutan mangrove dan ketidakpastian status kawasan [1]. Kondisi tersebut sebagai akibat dari adanya pertambahan penduduk yang sangat pesat, yang membutuhkan lahan untuk pemukiman dan kebutuhan hidup sehari-hari. Dengan demikian hutan mangrove sebagai ekosistem pesisir yang pada akhirnya berdekatan dengan pusat-pusat pemukiman penduduk akan menjadi sangat rawan ancaman dan tekanan, sehingga kelestariannya sangat rentan terhadap perubahan lingkungan [2]. Berbagai hasil sisa kegiatan manusia di daratan, seperti limbah domestik, pertanian dan perindustrian berujung di daerah muara sungai dan pantai. Kelompok masyarakat dan industri memiliki anggapan bahwa sungai dan laut merupakan keranjang sampah yang dapat digunakan untuk membuang sampah dengan cara yang sangat mudah dan murah. Pengelolaan lingkungan masih dipandang sebagai beban bagi pengusaha dan pengambil keputusan tidak begitu mudah terdorong untuk mengadopsi aspek lingkungan dalam kebijakannya.

Fungsi dan manfaat mangrove telah banyak diketahui baik sebagai tempat pemijahan ikan di perairan, pelindung daratan dan abrasi oleh ombak, pelindung dari tiupan angin, penyaring intrusi air laut ke daratan, habitat satwa liar, tempat singgah migrasi burung dan menyerap kandungan logam berat yang berbahaya bagi kehidupan, mengendapkan lumpur dan menyaring bahan pencemar. Keseimbangan ekologi lingkungan perairan pantai akan tetap terjaga apabila keberadaan mangrove dipertahankan karena mangrove dapat berfungsi sebagai biofilter, agen pengikat dan perangkap polusi, masukkan sumber pencemar yang sangat banyak dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat [3]. Penyerapan logam berat oleh akar pohon dipengaruhi sistem perakaran dan luasan permukaan akarnya, sebagai contoh: *Rhizophora Micronata* dapat menyerap Cadmium (Cd) sebesar 17,933 ppm, *Rhizophora apiculata* memiliki kemampuan menyerap Cd sebesar 17,433 ppm sedangkan *Avicennia marina* hanya mampu menyerap Cd sebesar 0,5 ppm [4].

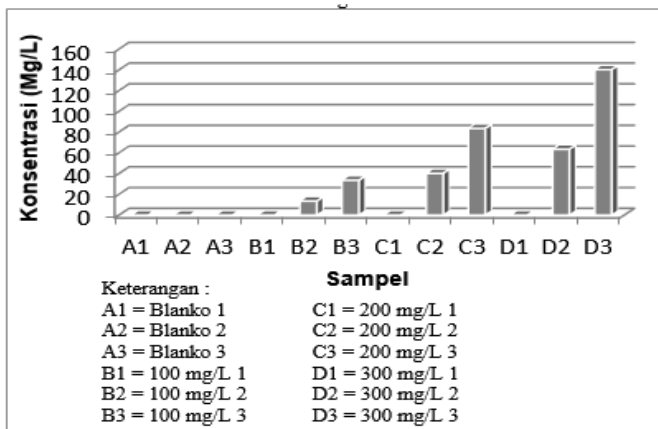
Bahan pencemar dari limbah industri dapat mencemarkan air sungai dan berdampak negatif yaitu terjadinya perubahan ekosistem muara berupa perubahan temperatur, pH, BOD dan COD serta kandungan logam berat yang sangat mempengaruhi kehidupan flora dan fauna perairan. Salah satu industri yang limbahnya mengandung logam berat adalah industri elektroplating. Elektroplating atau lapis listrik (penyepuhan) merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit [5]. Kandungan logam berat yang terdapat pada limbah industri elektroplating adalah ion kromium valensi VI (Cr^{6+}), kromium total (Cr_{tot}), Sianida (CN^-), Tembaga (Cu^{2+}), Seng (Zn^{2+}), Nikel (Ni^{2+}), Timbal (Pb^{2+}), dan Kadmium (Cd^{2+}) [6]. Konsentrasi dari beberapa logam seperti Cr, Ni, Zn lebih tinggi daripada kadar yang diperbolehkan untuk dibuang. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 mengenai baku mutu air limbah industri pelapisan logam, kadar maksimum logam Cr total yaitu 0,5 mg/L, Cr^{6+} 0,1 mg/L, Cu 0,6 mg/L, Zn 1 mg/L, Ni 1 mg/L, Cd 0,05 mg/L dan Pb 0,1 mg/L. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan yang sesuai untuk menyisihkan logam berat ini dari air limbah sebelum dilepaskan ke dalam lingkungan [7]. Jenis mangrove *Avicennia marina* digunakan karena sudah terdapat beberapa penelitian terdahulu bahwasanya jenis mangrove ini dapat meremoval logam berat dan juga merupakan jenis yang mayor pada ekosistem hutan mangrove. Logam Zn diukur karena merupakan logam yang berbahaya. Keberadaan logam Zn pada air yang hanya 1 mg/L dapat menyebabkan penyakit hemochromatosis dan gastrointestinal dalam hati dan ginjal [8].



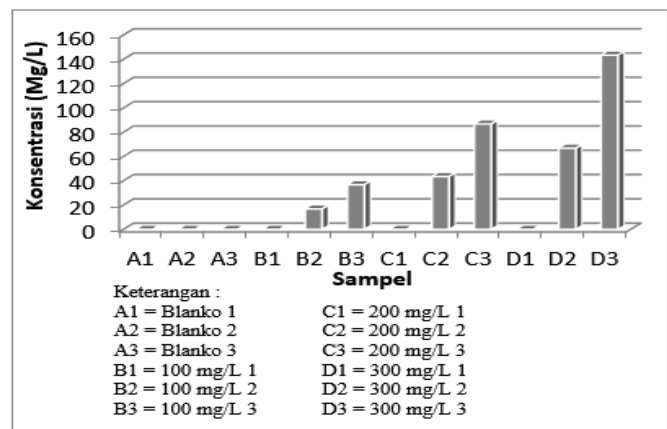
Gambar 1. Removal limbah artificial logam Zn hari ke -5.



Gambar 3. Removal limbah artificial logam Zn hari ke -15.



Gambar 2. Removal limbah artificial logam Zn hari ke -10.



Gambar 4. Removal limbah artificial logam Zn hari ke -20.

Logam Zn menjadi perhatian karena toksisitas dan non biodegradabilitas dengan dampak negatif pada ikan ketika dilepaskan ke sungai [9]. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui peranan mangrove *Avicennia marina* terhadap paparan logam Zn.

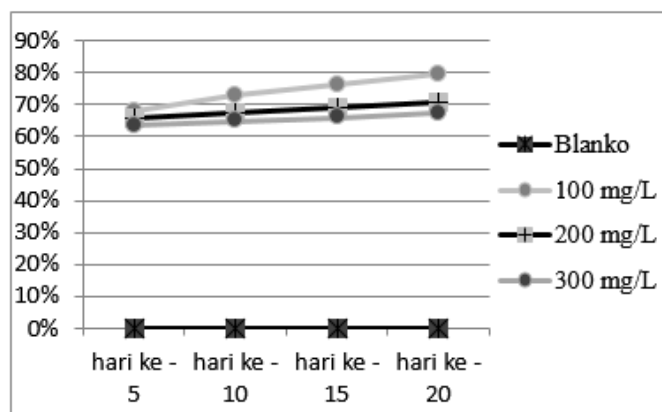
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas tentang peranan *Avicennia marina* dalam menyerap logam berat Zn dengan sistem *batch*. Sampel yang digunakan adalah sampel larutan artifisial Zn dalam bentuk ZnSO₄ dengan berbagai variasi konsentrasi. Sampel larutan artifisial adalah sampel buatan yaitu dengan membuat larutan ZnSO₄. Variabel yang digunakan adalah jenis mangrove *Avicennia marina* dengan variasi konsentrasi larutan sampel artifisial ZnSO₄ dengan berbagai konsentrasi yang sebelumnya dilaksanakan uji *Range Finding Test* terlebih dahulu. Parameter utama yang diukur yaitu logam berat Zn sedangkan parameter kontrollernya yaitu suhu dan pH. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium dengan menggunakan Spektrofotometri UV-VIS.

Umur tanaman yang digunakan yaitu 90 hari. Lama pengamatan yaitu selama 20 hari untuk mengetahui kemampuan optimum tanaman mangrove dalam menyerap logam dimana sampel diambil selama 5 hari sekali. Penelitian dilakukan dengan ulangan tiga kali/triplo dimana di setiap media tanam terdapat 1 tanaman mangrove. Sehingga untuk

penelitian ini diperlukan 9 bak perlakuan dan 3 bak kontrol dengan jumlah tanaman sebanyak 12 *Avicennia marina*. Penelitian ini menggunakan reaktor berupa ember dengan ukuran 270 mm x 233 mm. Reaktor diisi dengan media tanah dengan ketinggian media 5 – 10 cm dan volume air sebanyak 8 L.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan penelitian pendahuluan dengan mempersiapkan media dan tanaman. Penelitian pendahuluan yang dilakukan meliputi aklimatisasi dan uji *Range Finding Test*. Aklimatisasi tanaman dilakukan supaya tanaman *Avicennia marina* dapat menyesuaikan diri dengan kondisi dan media yang akan digunakan pada tahap uji *Range Finding Test* dan uji paparan logam Zn. Tahap ini dilakukan selama 7 hari menggunakan media tanah tanpa pencemar, dan menggunakan air PDAM. Sedangkan uji *Range Finding Test* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman dalam menyerap polutan pada konsentrasi tertentu selama 7 hari. Variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 0% (kontrol), 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, 400 mg/L, dan 500 mg/L. Pada penelitian utama yaitu tahap uji logam Zn dengan jenis tanaman *Avicennia marina*. Pada tahap ini yang harus dilakukan yaitu mempersiapkan limbah sampel artifisial ZnSO₄.7H₂O dengan konsentrasi berdasarkan hasil uji *Range Finding Test* pada penelitian pendahuluan. Parameter yang diukur yaitu logam Zn, pH dan suhu.



Gambar 5. Rata – rata efisiensi removal *Avicennia marina*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi merupakan sebuah tahapan dalam upaya penyesuaian adaptasi dari suatu organisme terhadap suatu lingkungan baru yang akan dimasukinya. Pada hal ini aklimatisasi tanaman dilakukan supaya tanaman *Avicennia marina* dapat menyesuaikan diri dengan kondisi dan media yang akan digunakan pada tahap uji *Range Finding Test* dan uji paparan logam Zn.

Proses aklimatisasi dilakukan dengan cara meletakkan tanaman pada reaktor yang akan digunakan pada penelitian uji paparan logam Zn. Tahapan ini dilakukan selama 7 hari dengan menggunakan media tanah tanpa pencemar dan menggunakan air PDAM. Pada proses aklimatisasi tersebut, tanaman *Avicennia marina* dapat hidup dengan baik dalam keadaan tidak mati dan tidak layu. Tanaman ini yang akan digunakan pada uji *Range Finding Test* dan uji paparan logam Zn.

B. Uji *Range Finding Test*

Range Finding Test (RFT) dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman *Avicennia marina* dalam menyerap polutan logam Zn pada konsentrasi tertentu. Tahapan ini dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi polutan logam Zn yang kemudian akan diujikan pada tanaman pengolah. Tanaman yang digunakan dalam *Range Finding Test* ini adalah tanaman hasil aklimatisasi sebelumnya. Variasi konsentrasi logam Zn yang digunakan dalam tahap *Range Finding Test* ini adalah 0 ppm (kontrol), 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm.

Pada uji *Range Finding Test* digunakan reaktor berupa ember dengan ukuran 270 mm x 233 mm. Volume air limbah yang digunakan sebanyak 8 L, dengan media tanah dengan ukuran tingginya 9 cm. Tahapan ini dilakukan selama 7 hari. Melalui tahap *Range Finding Test* ini juga akan diketahui konsentrasi yang tidak memberikan efek kematian pada tanaman seperti daun menguning, terdapat bercak – bercak cokelat dan terdapat banyak lubang pada daun. Konsentrasi yang tidak memberikan efek kematian ini yang nantinya akan digunakan pada uji penelitian utama yaitu paparan logam Zn.

Dari hasil pengamatan selama 7 hari, dapat dilihat bahwa tanaman *Avicennia marina* mampu hidup dengan baik dengan

konsentrasi 100 ppm, 200 ppm dan juga 300 ppm ditandai dengan daun yang tidak layu dan tidak menguning, Sedangkan pada konsentrasi 400 ppm dan 500 ppm, tanaman *Avicennia marina* mengalami kematian, daun menguning, dan terdapat lubang pada daun maupun bercak – bercak coklat.

C. Analisa Logam Zn

Analisa logam Zn dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman mangrove *Avicennia marina* ketika di paparkan limbah artifisial logam Zn. Sampel limbah diambil selama 5 hari sekali dalam waktu 20 hari. Lama pengamatan ini untuk mengetahui kemampuan optimum tanaman mangrove *Avicennia marina* dalam menyerap pencemar logam Zn. Limbah artifisial logam Zn yang digunakan terdiri dari berbagai konsentrasi dimulai dari blanko, 100 mg/L, 200 mg/L dan 300 mg/L sesuai dengan hasil uji *Range Finding Test*. Semua konsentrasi dilakukan sebanyak triplo atau tiga kali pengulangan. Pada setiap pengulangan dilakukan perlakuan yang berbeda, pengulangan yang pertama dengan menggunakan 100% air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove, pengulangan kedua 75% air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove + 25% konsentrasi air limbah artifisial logam Zn, pengulangan ketiga 50% air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove + 50% air limbah artifisial logam Zn.

Tanaman mangrove memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi dan tergantung dari jenis mangrovenya. Penyerapan logam berat ditentukan oleh tipe jaringan dan perlakuan yang diberikan [10]. Sehingga yang paling menentukan adalah jenis/spesies tanaman dimana hal ini digunakan tanaman *Avicennia marina*. Sejumlah tanaman terbukti memiliki sifat hiperakumulasi, yakni mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator [11]. Sifat hiperakumulator dapat digunakan untuk logam berat diserap oleh akar tanaman untuk disimpan, diolah atau dibuang saat dipanen. Tanaman mampu menyerap logam berat dan mentranslokasikannya ke bagian tanaman mulai dari akar hingga ke daun [12]. Berikut merupakan hasil kandungan paparan limbah artifisial logam Zn terhadap tanaman *Avicennia marina* selama 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 20 hari dalam Gambar 1,2,3 dan 4.

Hasil pengamatan Gambar 1-4 menunjukkan bahwasanya pada pengulangan pertama konsentrasi 100 mg/L, 200 mg/L maupun 300 mg/L menghasilkan 0 mg/L limbah logam Zn karena hanya diisi dengan air yang sesuai dengan pertumbuhan mangrove yang tidak terdapat limbah Zn. Sedangkan pada pengulangan kedua dan ketiga konsentrasi 100 mg/L, 200 mg/L dan 300 mg/L terdapat pengurangan yang signifikan dari masing – masing konsentrasi terutama pada pemaparan hari ke – 5. Pada gambar di atas dapat dilihat bahwasanya semakin banyak penambahan air yang sesuai pada pertumbuhan mangrove maka pengurangan limbah artifisial logam Zn juga semakin banyak. Kemampuan menyerap limbah artifisial logam Zn pada tanaman mangrove *Avicennia marina* semakin hari semakin menurun yang dapat dilihat pada Gambar 1-4.

Setelah mengetahui kemampuan menyerap mangrove dalam bentuk konsentrasi, didapatkan rata - rata efisiensi removal masing – masing mangrove pada hari ke -5, ke 10, ke -15, dan ke – 20 dalam bentuk presentase seperti Gambar 5.

Pada gambar diatas dapat dijelaskan bahwa efisiensi removal pada konsentrasi 100 mg/L dari hari ke – 5 hingga hari ke – 20 yaitu 68,17%, 73,17%, 76,50% dan 79,83%. Sedangkan pada konsentrasi 200 mg/L efisiensi removal yang didapat berturut – turut yaitu 65,75%, 67,42%, 69,08% dan 70,75%. Pada konsentrasi 300 mg/L didapatkan efisiensi removal berturut – turut yaitu 63,83%, 64,94%, 66,06% dan 67,17%. Efisiensi removal terbesar terdapat pada konsentrasi 100 mg/L pada hari ke – 20 sedangkan konsentrasi 200 mg/L dan 300 mg/L tidak lebih besar kemampuan efisiensi removalnya dari konsentrasi 100 mg/L.

Tanaman yang mampu menyerap/mengakumulasi pencemar dalam tubuhnya disebutnya tanaman akumulator. Apabila kemampuan menyerapnya sebanyak 100 ppm dianggap tanaman hiperakumulator [13]. Sehingga tanaman mangrove *Avicennia marina* merupakan tanaman yang potensial sebagai hiperakumulator. Seperti halnya tanaman akuatik lain yang digunakan dalam fitoremediasi [14].

Proses penyerapan logam berat Zn yang dilakukan oleh akar disebut rhizofiltrasi. Tanaman mengeluarkan senyawa organik dan enzim melalui akar yang disebut eksudat akar sehingga daerah rhizosfer merupakan lingkungan yang sangat baik untuk tempat tumbuhnya mikroba dalam tanah. Mikroba tersebut akan mempercepat proses rhizofiltrasi. Logam dalam bentuk ion-ion logam dapat larut dalam lemak dan mampu melakukan penetrasi pada membran sel, sehingga ion logam akan terakumulasi di dalam sel dan jaringan. Logam dapat masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator, sehingga reaksi kimia di sel akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tanaman [15].

Sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dan jaringan, tanaman mangrove mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar [16]. Adanya akumulasi logam merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tanaman mangrove dengan mengumpulkan dalam satu organ [17]. Dalam sel tanaman logam melewati plasmalema, sitoplasma, dan vakuola, dimana logam akan dilokalisasi/terakumulasi dalam vakuola.

Tanaman mangrove memiliki pengaruh dalam penanggulangan materi toksik lain di antaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut [18]. Hal ini pun berbanding lurus dengan hasil penelitian yang di dapat bahwasanya kedua tanaman mangrove dapat menyerap logam secara signifikan pada hari ke – 5 dan ini di akibatkan oleh presentase pengenceran pada penambahan nutrien air pada kedua tanaman mangrove dimana semakin besar presentase nutrien airnya, maka penyerapan logam melalui dilusi pun jadi semakin besar.

Mangrove adalah salah satu tanaman yang mampu beradaptasi dengan baik dalam lingkungan air, bahkan air payau maupun asin. Kemampuan berbagai spesies mangrove beradaptasi dengan lingkungan basah berbeda-beda. Spesies yang mendominasi adalah *Avicennia sp.*, *Sonneratia griffithii* dan *Rhizophora*, semua spesies dapat hidup tetapi yang

mendominasi adalah *Rhizophora*. Tanaman yang tumbuh di air akan terganggu oleh bahan kimia toksik dalam limbah. Pengaruh polutan terhadap tanaman mangrove dapat berbeda tergantung pada macam polutan, konsentrasinya dan lamanya polutan itu berada [19]. Sistem perakaran tanaman mangrove yang besar dan luas dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah, sehingga mencegah tersebarnya bahan tercemar ke area yang lebih luas dan memungkinkan tersebarnya bahan pencemar secara fisik.

Hal diatas berbanding lurus dengan hasil penelitian paparan logam Zn yang didapat bahwasanya konsentrasi dan lamanya pemaparan juga mempengaruhi efisiensi removal logam Zn, bahwasanya semakin tinggi konsentrasi maka kemampuan mangrove tersebut semakin menurun. Dan semakin lama waktu pemaparan maka kemampuan mangrove tersebut terhadap paparan logam Zn semakin berkurang. Mangrove ini digunakan selama 20 hari yang di paparkan limbah artifisial logam Zn dimulai dari hari pertama hingga hari ke 20 dengan kondisi dan perlakuan yang sama.

D. Analisa suhu

Analisa suhu dilakukan pada reaktor yang memasuki masa penelitian utama setelah *Range Finding Test* yang dilakukan selama 20 hari dan diambil selama 5 hari sekali. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat termometer. Suhu merupakan derajat atau tingkat panas. Pengukuran suhu bertujuan untuk mengetahui suhu dari limbah artifisial logam Zn pada setiap reaktor. Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses pertukaran zat (metabolisme) pada makhluk hidup [20].

Faktor lingkungan suhu semua reaktor berkisar 29 °C - 31°C selama 20 hari pada tanaman *Avicennia marina*. Pada hari ke - 5 suhu tanaman yaitu 30°C, hari ke – 10 yaitu 29 °C sedangkan pada hari ke – 15 dan 20 suhu tanaman yaitu 30°C. Reaktor diletakkan di dalam Halaman belakang Jurusan Teknik Lingkungan ITS di luar laboratorium sehingga mempengaruhi cahaya matahari yang mengakibatkan tingginya suhu setiap reaktor. Fluktuasi suhu ini dapat dipengaruhi oleh suhu lingkungan di lokasi. Suhu udara berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena adanya proses metabolisme tubuh tanaman. Pengukuran suhu dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu pada air limbah artifisial selama 20 hari. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan mangrove yaitu kisaran 26-30 °C [21]. Hasil pengukuran suhu yang dilakukan pada tanaman *Avicennia marina* masih berada dalam rentang suhu tanaman yang pertumbuhannya dapat tumbuh dengan baik dan optimum.

E. Analisa pH

Pengukuran pH dilakukan pada reaktor yang memasuki masa penelitian utama setelah *Range Finding Test* yang dilakukan selama 20 hari dan diambil selama 5 hari sekali. Pengukuran pH diukur dengan menggunakan pH meter di dalam laboratorium. Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion H⁺ dan ion OH⁻ pada limbah Zn. Semakin tinggi ion H⁺ menandakan bahwa limbah tersebut bersifat asam. Semakin tinggi ion OH⁻ menandakan bahwa limbah tersebut bersifat basa.

Hasil analisa pH menunjukkan bahwa pH pada air limbah artifisial Zn berfluktuasi pada kisaran 7,76-8,89 pada tanaman *Avicennia marina*. Dari hari ke 5 hingga ke 20 yang artinya

semakin lama waktu pemaparan, pH di masing-masing reaktor dari mulai blanko hingga paparan limbah artifisial Zn 300 mg/L menuju ke arah yang semakin turun pHnya atau ke arah yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan terjadi proses respirasi tanaman yang menghasilkan CO₂ yang dapat menurunkan nilai pH. Hal ini terjadi karena CO₂ yang dikeluarkan tanaman dari hasil respirasi dimanfaatkan kembali untuk proses fotosintesis sehingga akan menggeser keseimbangan ke arah kanan yang berarti ada pengurangan ion H⁺ (asam) pada limbah artifisial Zn. Untuk pH optimum Zn²⁺ yang teradsorpsi terjadi pada pH 6 dan 7 [22]. Hal ini berbanding lurus dengan kondisi real yang terdapat pada limbah industri elektroplating bahwasanya pH dalam industri tersebut sebesar 6. Hasil analisis pH didapatkan dengan kisaran pH 7,85-8,99, walaupun tidak optimum tetapi tanaman *Avicennia marina* dapat tumbuh dengan baik dan menyerap limbah artifisial dengan baik dalam jangka waktu 20 hari.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa efisiensi removal mangrove *Avicennia marina* terhadap limbah artifisial logam Zn pada konsentrasi 100 mg/L yaitu 79,83%. Sedangkan pada konsentrasi 200 mg/L sebesar 70,75%. Kemudian pada konsentrasi 300 mg/L sebesar 67,17%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pengelola Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya atas sumbangan tanaman mangrove *Avicennia marina* untuk keperluan penelitian, serta kepada dosen penguji tugas akhir yang telah memberi kritik dan saran terhadap penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Said and M. A. K. Smith, "Proyek Rehabilitasi dan Pengelolaan Mangrove di Sulawesi: Ekonomi Sumberdaya. Laporan Akhir," Jakarta, 1997.
- [2] P. . Tomlinson, *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, 1986.
- [3] G. R. Macfarlane, A. Pulkownik, and M. D. Burchett, "Accumulation and Distribution of Heavy Metals in the Grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh: Biological Indication Potential," *Environ. Pollut.*, vol. 123, no. 1, pp. 59–131, 2003.
- [4] P. Arisandi, "Bioakumulasi logam berat dalam pohon bakau (*Rhizophora mucronata* Bl.) dan pohon api-api (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Rob.)," 2008. .
- [5] E. Istiyono, "Pengolahan Limbah Industri Penyepuhan Logam Perak (Elektroplating) di Lingkungan Pengrajin Perak Kecamatan Kotagede," *J. FMIPA dan PGSD FIP Univ. Negeri Yogyakarta*, vol. 12, no. 2, pp. 184 – 192, 2008.
- [6] K. Sumada, "Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating yang Efisien," *J. Tek. Kim.*, vol. 1, no. 1, 2006.
- [7] A. K. Meena, G. K. Mishra, and P. K. Rai, "Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution using Carbon Aerogel as an Adsorbent," *J. Hazard. Mater.*, vol. 122, pp. 161 – 170, 2005.
- [8] Y. Li, Q. Yue, and B. Gao, "Adsorption Kinetics and Desorption of Cu(II) and Zn(II) from Aqueous Solution onto Humic Acid," *J. Hazard. Mater.*, vol. 178, pp. 455–461, 2010.
- [9] A. Gerhardt, D. B. L. Janssens, and A. M. V. M. Soares, "Macroinvertebrate Response to Acid Mine Drainage; Community Metrics and On-line Behavioural Toxicity Bioassay," *J. Environ. Pollut.*, vol. 130, no. 2, pp. 263–274, 2004.
- [10] A. S. Knox, *Chemostabilization of Metals in Contaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc, 2000.
- [11] N. Hidayati, "Fitoremediasi dan Potensi Tanaman Hiperakumulator," Bogor, 2005.
- [12] G. S. Panjaitan, A. Dalimunthe, and Yunasfi, "Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove," Medan, 2009.
- [13] W. Widowati, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Andi, 2008.
- [14] B. V. Tangahu, "Comparison of Single Plant And Combined Plants Using Reedbed System In Treating Batik Industry Wastewater," in *International Postgraduate Conference on Biotechnology*, 2015.
- [15] M. Haryati, "Kemampuan Tanaman Genjer (*Limncharis Flava* (L.) Buch) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda," *Lateral Bio*, vol. 1, no. 3, 2012.
- [16] B. Priyanto and J. Prayitno, "Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat," *J. Inf. Fitoremediasi*, 2004.
- [17] N. M. Heriyanto and E. Subiandono, "Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-Jenis Mangrove," 2011.
- [18] H. Palar, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta, 1994.
- [19] A. J. M. Baker, "Terrestrial Higher Plants Which Hyper Accumulate Metallic Elements-A Review of Their Distribution, Ecology and Distribution," *J. Biorecovery*, vol. 1, pp. 81–126, 1989.
- [20] D. Permana, "Keanekaragaman Makrobentos di Bendungan Bapang dan Bendungan Ngablabaan Sragen," Surakarta, 2003.
- [21] P. Hutchings and P. Saenger, *Ecology of Mangrove Aust, Eco. Series*. St Lucia Quesland: University of Queensland Press, 1987.
- [22] R. I. Pratama, M. Y. Awaluddin, and S. Ishmayana, "Analisis lebih komposisi," *J. Akuatika*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2011.