

AKUMULASI LOGAM CU PADA *AVICENNIA MARINA* DI WILAYAH TAPAK, TUGUREJO, SEMARANG

Nana Kariada TM, Dewi Liesnoor, Nur Kusuma Dewi

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang
Email: nana.kariada@yahoo.co.id

Abstrak. Mangrove merupakan *hyperaccumulator* yang baik, mangrove bukan saja mampu tumbuh di tanah dengan konsentrasi unsur beracun yang tinggi, tetapi juga mampu mengakumulasi unsur tersebut di dalam batang dan daun. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji bioakumulasi logam berat Cu pada *Avicennia marina* di wilayah Tapak Semarang. Penelitian dilakukan di Wilayah Tapak Kota Semarang, obyek penelitian merupakan kawan ekosistem mangrove yang berada pada wilayah pertambakan bandeng. Penelitian ini menggunakan pendekatan ekologi (*ecological approach*). Data bioakumulasi dan translokasi logam berat dalam tanaman, sedimen dan air dianalisis berdasarkan rumus yang ada. Hasil penelitian menunjukkan adanya logam Cu di air (0,0069 mg/l), sedimen (26,76-37,889 mg/Kg), akar (2,336-7,997 mg/Kg), daun muda (2,367-6,604 mg/Kg) dan daun tua (1,08-6,748 mg/Kg) *Avicennia marina*. Sedimen mempunyai nilai tertinggi dalam mengakumulasi logam Cu dari air dengan Faktor Konsentrasi (3878,26 - 5491,16). *Bio Concentration Factor* (BCF) akar dan sedimen 0,09-0,211, dan *Translocation Factors* (TF) untuk daun muda (0,83-1,54), daun tua (0,46-0,94). Diperoleh hasil adanya tren kenaikan konsentrasi logam Cu tambak yang mengarah ke laut. Simpulan penelitian terdapat akumulasi logam Cu pada sedimen, akar dan daun *Avicennia marina* di wilayah tambak Tapak, Tugurejo Semarang. Sedimen tambak mempunyai kemampuan tertinggi dalam mengakumulasi logam Cu dari lingkungannya.

Kata Kunci: akumulasi, logam Cu, *Avicennia marina*, BCF, TF

PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan tipe hutan yang khas terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove tumbuh pada pantai-pantai yang terlindung atau pantai-pantai yang datar, biasanya di sepanjang sisi pulau yang terlindung dari angin atau di belakang terumbu karang di lepas pantai yang terlindung (Nontji, 1987; Nybakken, 1992). Mangrove merupakan komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas di daerah pasang surut, hutan mangrove atau sering disebut hutan bakau merupakan sebagian wilayah ekosistem pantai yang mempunyai karakter unik dan khas, dan

memiliki potensi kekayaan hayati. Ekosistem mangrove adalah suatu sistem yang terdiri dari lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi di dalam suatu habitat mangrove.

Ekosistem mangrove tidak dapat berdiri sendiri, melainkan mempunyai keterkaitan dengan ekosistem lain. Keterkaitan antar ekosistem ini membentuk suatu sistem yang lebih besar yaitu DAS. Mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampung terakhir bagi limbah dari industri di perkotaan dan permukiman di wilayah hulu yang terbawa aliran sungai. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukkan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air (Collen *et al.*, 2011; Mulyadi *et al.*, 2009).

Mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampung terakhir bagi limbah dari industri di perkotaan dan permukiman bagian hulu yang terbawa aliran sungai. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukkan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air. Mangrove alami berperan efektif dalam melindungi pantai dari tekanan alam dan erosi Mulyadi *et al.*, (2009). Penurunan kadar nutrien, logam berat dan bahkan polutan organik pada wilayah mangrove merupakan hasil interaksi yang kompleks antara tanah, tumbuhan, mikroorganisme, dan komponen air pada ekosistem lahan basah.

Kemampuan mangrove untuk mengakumulasi logam berat berbeda untuk tiap spesies, konsentrasi logam berat antar organ tumbuhan seperti akar, cabang, dan daun berbeda dalam tiap-tiap spesies. Perbedaan konsentrasi logam berat pada organ tumbuhan tertentu berkaitan dengan proses fisiologis tumbuhan tersebut (Sinha, 1999; Tam and Wong, 1996). Dari hasil penelitian Kartikasari *et al.*, (2002) tentang akumulasi logam berat pada tumbuhan mangrove di Sungai Babon Semarang diperoleh hasil, terdapat perbedaan akumulasi logam berat Cr dan Pb antar organ tumbuhan akar, cabang dan daun mangrove *A. Marina*. Akumulasi logam Cr akar > cabang > daun. Sedangkan akumulasi Pb dalam akar, cabang dan daun mengikuti urutan akar > (cabang < daun).

Kumar *et al.*, (2011) menggunakan bagian tanaman mangrove (akar, batang, daun) dan sedimen yang dianalisis untuk menemukan adanya akumulasi logam. Dari analisis logam berat dalam *Avicennia marina* menunjukkan hasil bahwa akumulasi dari semua logam berat (kecuali Cd) dalam jaringan akar lebih tinggi dibandingkan dengan batang, daun dan sedimen sekitarnya.

Konversi kawasan mangrove menjadi lahan tambak ikan/udang merupakan penyebab utama rusaknya ekosistem mangrove. Adanya pembuatan tambak di sekitar muara sungai dan dataran Pantai Utara Jawa menyebabkan perubahan vegetasi muara secara nyata. Ekosistem mangrove hanya tersisa pada tempat-tempat tertentu yang sangat terisolasi atau ditanam di tepi tambak

yang berbatasan dengan pantai atau sungai untuk mencegah abrasi (Setyawan dan Winarno, 2006). Luas hutan mangrove di Semarang mengalami penurunan dari tahun 2002 seluas 52,4 Ha (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2003) menjadi seluas 28,74 Ha pada tahun 2007 (Departemen Kelautan dan Perikanan, 2007) dan seluas 9,96 Ha pada tahun 2009 yang meliputi Kecamatan Tugu seluas 7,74 Ha dan Kecamatan Semarang Barat seluas 2,22 Ha.

METODE

Penelitian ini dilakukan di wilayah Tapak, Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. Sampel penelitian untuk pengukuran logam berat pada ekosistem mangrove diambil menggunakan teknik “*purposive sampling*” berdasarkan sebaran tambak dari daratan ke arah laut.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian, Ekosistem mangrove Wilayah Tapak, Kelurahan Tugurejo Kota Semarang

Bahan yang diperlukan dalam penelitian tahun pertama meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh dari lapangan meliputi data kondisi iklim mikro (meliputi temperatur, pH, salinitas), serta data kandungan logam berat Cu pada air dan sedimen tambak bandeng, akar dan daun *Avicennia marina*. Data sekunder berupa: Data iklim regional; curah hujan. Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian meliputi: termometer, refraktometer, DO meter, pH meter. Sedangkan peralatan AAS untuk menganalisis logam berat dalam air, sedimen dan tanaman mangrove.

Pengumpulan data primer di lapangan meliputi pengukuran faktor lingkungan ekosistem mangrove (suhu, pH, salinitas, DO), serta pengambilan sampel air, sedimen dan akar, daun *Avicennia marina*. Pengumpulan data sekunder diperoleh dari beberapa instansi terkait, antara lain Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) dan BLH, berupa data curah hujan, suhu, pasang surut, COD, BOD.

Untuk mengetahui terjadinya akumulasi logam pada mangrove dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, akar dan daun. Perbandingan antara konsentrasi

logam di akar dan daun dengan konsentrasi di sedimen diukur dengan *bio concentration factor* (BCF). BCF pada daun dan akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam pada daun dan akar yang berasal dari lingkungan. Disamping BCF, dihitung pula *translocation factors* (TF) yang merupakan perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan akar mangrove. Nilai TF dihitung untuk mengetahui terdapatnya akumulasi logam dari akar ke daun (MacFarlane *et al.*, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Logam Cu

Dari hasil analisis laboratorium yang sudah dilakukan pada air, sedimen, akar dan daun *Avicennia marina* di empat setasiun penelitian, diperoleh hasil sebagai berikut:

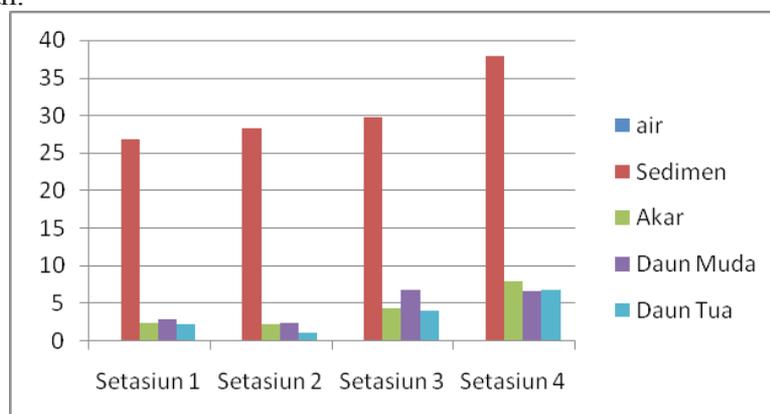
Tabel 1. Rerata kandungan logam berat Cu pada air, sedimen, akar dan daun *Avicennia marina* pada tambak Wilayah Tapak

	air	Sedimen	Akar	Daun Muda	Daun Tua
Setasiun 1	0,0069	26,76	2,512	2,942	2,354
Setasiun 2	0,0069	28,368	2,336	2,367	1,08
Setasiun 3	0,0069	29,797	4,4	6,76	4,108
Setasiun 4	0,0069	37,889	7,997	6,604	6,748

Sumber: Data lapangan 2013

Dari hasil laboratorium tersebut di atas (Tabel 1), dapat diketahui kandungan logam Cu pada air untuk semua setasiun menunjukkan hasil kurang dari 0,0069 mg/l, sedangkan pada sedimen berkisar antara 26,76-37,889 mg/Kg. Pada akar berkisar antara 2,336-7,997 mg/Kg, daun muda 2,367-6,604 mg/Kg, dan pada daun tua antara 1,08-6,748 mg/Kg.

Berikut grafik hasil laboratorium kandungan logam Cu pada masing-masing parameter penelitian:



Gambar 1. Grafik kandungan logam Cu pada air, sedimen, akar dan daun *Avicennia marina* pada masing-masing setasiun penelitian (2013)

Berdasarkan kedua grafik (Gambar 1), dapat dilihat adanya tren yang menunjukkan kenaikan logam berat dari stasiun 1 ke stasiun 4. Grafik tersebut menunjukkan pula adanya kenaikan yang signifikan pada sedimen maupun *Avicennia marina* yang berada pada lokasi penelitian.

Hasil penelitian dimungkinkan karena keberadaan setasiun penelitian yang berbeda, dimana setasiun 1 merupakan tambak yang berada paling dekat dengan daratan, sedangkan setasiun 2, 3 dan 4 merupakan tambak yang semakin mendekati muara. Muara merupakan tempat pengendapan bahan pencemar, sehingga memungkinkan hasil logam Cu di wilayah muara lebih tinggi dibandingkan tambak yang mendekati daratan. Sebagaimana yang dikemukakan Mulyadi *et al.*, (2009), limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukkan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air.

Kandungan logam Cu dalam sedimen paling tinggi (26,76-37,889 mg/Kg) dibandingkan dengan parameter lainnya (akar dan daun), hal ini dikarenakan kemampuan sedimen dalam menjerap logam yang cukup tinggi. Sifat fisik dan kimia yang dimiliki sedimen mangrove adalah kemampuannya untuk mengakumulasi material di lingkungan tepian pantai. Selain itu sistem perakaran mangrove turut menahan logam berat agar tetap berada di sedimen (Kusumastuti *et al.*, 2011). Kumar *et al* (2011); Gautier *et al.*, (2001) mengatakan, ekosistem mangrove memainkan peran penting sebagai filter dan pengendalian polusi alami karena kekhasan sistem akarnya yang berhasil mengendalikan kualitas air dan merupakan perangkap sedimen serta partikel yang diangkut oleh arus ke lautan dari muara.

Adanya kandungan logam Cu pada akar (2,336-7,997 mg/Kg); daun muda (2,367-6,604 mg/Kg), dan daun tua (1,08-6,748 mg/Kg), menunjukkan adanya kemampuan akar dan daun *Avicennia marina* untuk mengakumulasi logam Cu. Salah satu fungsi ekosistem mangrove adalah menyerap atau mengikat logam berat. Hasil penelitian Kr'bek *et al*, (2011); Kumar *et al* (2011); Gautier *et al.*, (2001) menunjukkan bahwa mangrove mempunyai peran sebagai bioakumulator logam berat yang baik. Kumar *et al.*, (2011) menggunakan bagian tanaman mangrove (akar, batang, daun) dan sedimen yang dianalisis untuk menemukan adanya akumulasi logam. MacFarlane *et al.*, (2003; 2007), menemukan adanya hubungan linier yang kuat terdapat pada semua logam dalam sedimen dengan logam dalam jaringan tumbuhan mangrove (akar). Hal ini menunjukkan adanya toleransi dan kapasitas untuk mengakumulasi metaloid dan logam yang memiliki konsep remediasi pada tanah yang terkontaminasi, yang merupakan proses fitoremediasi atau lebih tepatnya *phytoextraction* (Wenzel *et al.*, 1999; Tu *et al.*, 2002 dalam Kr'bek *et al.*, 2011).

Dari gambar grafik 1, dapat dilihat pula adanya peningkatan kadar logam Cu pada

sedimen berdampak pula pada peningkatan logam Cu pada tanaman mangrove (akar dan daun). Peningkatan ini menunjukkan adanya kemampuan akar dan daun *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam dari sedimen tempat hidupnya. Logam cenderung terakumulasi dalam akar sama dengan konsentrasi yang ada pada sedimen yang berdekatan, sementara konsentrasi logam dalam daun adalah setengah dari akar atau lebih rendah. Kandungan logam dalam daun berada sepersepuluh atau kurang dari konsentrasi yang ada pada sedimen, dengan Cu dan Zn menunjukkan lebih besar dibandingkan Pb (MacFarlane *et al.*, 2003; 2007)

Hal ini membuktikan bahwa mangrove merupakan *hyperaccumulator* yang baik. Mangrove bukan saja mampu tumbuh di tanah dengan konsentrasi unsur beracun yang tinggi, tetapi mereka juga mampu mengakumulasi unsur tersebut di dalam batang dan daun dengan jumlah yang mungkin lebih tinggi dan mematikan bagi organisme hidup lainnya. Beberapa tanaman (*metallophytes*) dapat tumbuh dalam substrat dengan kondisi konsentrasi logam yang sangat tinggi (Salt *et al*, 1995;. Brooks 1998; Boyd 2007 dalam Kr'bek *et al*, 2011).

Akumulasi Logam Cu

Faktor Konsentrasi logam berat Cu pada air dan sedimen

Berdasarkan hasil laboratorium kandungan logam Cu pada air dan sedimen yang ada di Wilayah Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu Semarang, diperoleh Faktor Konsentrasi pada masing-masing setasiun penelitian sebagai berikut:

Tabel 2. Faktor konsentrasi logam Cu pada air dan sedimen

	Sedimen	Air	Faktor Konsentrasi
Setasiun 1	26,76	0,0069	3878,26
Setasiun 2	28,368	0,0069	4111,30
Setasiun 3	29,797	0,0069	4318,41
Setasiun 4	37,889	0,0069	5491,16

Sumber: data lapangan 2013

Dengan kandungan logam Cu dalam air 0,0069 mg/l dan sedimen 26,76-37,889 mg/Kg diperoleh Faktor Konsentrasi antara 3878,26 - 5491,16. Posisi lokasi penelitian yang berada pada muara Sungai Tapak, memungkinkan terjadinya akumulasi berbagai logam di wilayah penelitian. Sehingga tingginya logam Cu pada sedimen menunjukkan kemampuan sedimen tambak dalam mengakumulasi logam Cu dari air di lingkungannya.

Adanya logam Cu di Tambak Wilayah Tapak ini sesuai dengan hasil penelitian Martuti (2012) yang menyebutkan, kadar Cu pada perairan tambak di wilayah Tapak 0,007 mg/l dan Pb

0,003 mg/l, sedangkan pada Sungai Tapak mengandung Cu 0,013 – 0,037 mg/l dan Pb < 0,030 mg/l. Sedangkan Yusuf dan G. Handoyo (2004) menunjukkan adanya logam berat Cu, Cd, Pb, Ni nilainya telah melebihi batas yang diinginkan dalam Baku Mutu Air Laut Pulau Tirangcawang Wilayah Tapak Semarang.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekosistem bakau memiliki kapasitas besar untuk mengurangi polutan dari limbah perkotaan (Tam and Wong, 1996; Silva *et al.*, 2003; Jonathan *et al.*, 2010). Kandungan logam berat yang tinggi dalam ekosistem mangrove terutama disebabkan adanya input dari antropogenik, termasuk limbah domestik, industri dan pertanian, baik dari pembuangan air pasang atau masukkan air tawar dari darat (sungai) (Tam and Wong, 2000; Obasohan, 2008; Collen *et al.*, 2011). Sama seperti lahan basah alami dan buatan lainnya, ekosistem mangrove dapat dianggap sebagai metode alternatif yang murah, mudah perawatannya, dan sederhana untuk mengolah limbah rumah tangga, industri, pertanian dan bahkan pertambangan (Tam and Wong 1996). Hal ini dikarenakan Komponen sedimen mangrove memiliki kapasitas yang besar untuk menyimpan logam berat. Akan tetapi kemampuan untuk menahan logam berat ini tergantung dari usia tanaman dan produksi biomassa (Tam and Yao, 1997).

Jenis tanah tambak Wilayah Tapak yang berupa lumpur memungkinkan sedimen tersebut menjerap logam Cu dari air yang berada di lingkungannya. Dengan kemampuannya menjerapa menyebabkan logam terakumulasi pada lingkungan sedimen tambak tempat lokasi penelitian. Dalam penelitian Tam and Wong, 1996; 2000; Jime'nez and Osuna, 2001; Jonathan *et al.*, (2010), konsentrasi logam berat ditemukan lebih tinggi pada butiran halus daripada ukuran pasir pada fraksi sedimen, hal ini ditunjukkan dengan tingginya Mn, Cu, Zn dan kandungan karbon organik dalam fraksi ukuran butiran halus (<63 µm). Keberadaan logam ini terutama ditemukan di lapisan permukaan tanah dengan mayoritas logam yang ditambahkan pada perlakuan penelitian terakumulasi di lapisan 0-1 cm dan 1-2 cm lapisan permukaan. Dari kolom yang menerima air limbah secara signifikan memiliki konsentrasi jumlah Cu, Cd, Mn, dan Zn lebih tinggi dibandingkan kontrol, dengan tembaga tampaknya lebih kuat diserap oleh tanah mangrove daripada logam berat lainnya. Konsentrasi logam tersebut menurun secara signifikan berdasarkan kedalaman tanah (Tam and Wong, 1996; 2000; Jime'nez and Osuna, 2001). Dalam penelitian Tam dan Wong (1999) mendapatkan hasil tanah bakau memiliki kapasitas besar untuk menahan Cu. Di akhir penelitian kadar Cu telah berkurang sebanyak >40%.

Bio Concentration Factor (BCF) logam Cu pada akar mangrove

Bio Concentration Factor (BCF) logam Cu dapat dilihat dengan membandingkan kadar logam Cu pada akar dengan kadar logam Cu dalam sedimen yang ada pada masing-masing setasiun penelitian (Tabel 3).

Tabel 3. Bio Concentration Factor (BCF) Logam Cu pada akar dan sedimen

	Akar	Sedimen	BCF
Setasiun 1	2,512	26,76	0,09
Setasiun 2	2,336	28,368	0,08
Setasiun 3	4,4	29,797	0,15
Setasiun 4	7,997	37,889	0,211

Sumber: data lapangan 2013

Hasil perhitungan BCF menunjukkan adanya kemampuan akar dalam mengakumulasi logam Cu dari sedimen lingkungan tempat hidupnya (0,09-0,211). Semakin tinggi konsentrasi logam dalam sedimen, semakin tinggi pula konsentrasi logam dalam akar. Pada stasiun 1 dimana nilai BCF terendah (0,09), dimungkinkan karena kadar logam Cu sedimen sebesar 26,76 mg/Kg dan kadar logam Cu dalam akar 2,512 mg/Kg. Nilai BCF tertinggi diperoleh pada stasiun 4 (0,211), dengan konsentrasi logam Cu pada sedimen 37,889 mg/Kg dan akar 7,997 mg/Kg. Hasil penelitian ini menunjukkan kemampuan akar *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam Cu. Selain akumulasi, diduga *Avicennia marina* ini memiliki kemampuan penanggulangan toksik lain. Diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga dapat mengurangi toksisitas logam tersebut (Mulyadi *et al.*, 2009). Tumbuhan mangrove mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat di bagian akarnya. Namun demikian faktor lain seperti mobilitas dan kelarutan logam juga berpengaruh terhadap akumulasi logam berat dalam tumbuhan Tam dan Wong (1996).

MacFarlane *et al.*, (2003) mengatakan, bahwa akar *A. marina* dapat digunakan sebagai indikator biologis paparan lingkungan Cu, Pb dan Zn. Ini menunjukkan potensi *Avicennia marina* sebagai spesies fitoremediasi untuk ekosistem mangrove. Pertumbuhan *A. marina* tersebut subur dibandingkan dengan spesies mangrove lainnya, hal ini menunjukkan terhadap kemampuan adaptasinya bahkan dalam kondisi yang tercemar (Kumar *et al.*, 2011). MacFarlane *et al.*, (2007) mengatakan, logam cenderung terakumulasi dalam akar sama dengan konsentrasi yang ada pada sedimen yang berdekatan, sementara konsentrasi logam dalam daun adalah setengah dari akar atau lebih rendah. Kandungan logam dalam daun berada sepersepuluh atau kurang dari konsentrasi yang ada pada sedimen, dengan Cu dan Zn menunjukkan lebih besar dibandingkan Pb (MacFarlane *et al.*, 2003)

Meskipun kadar BCF akar *Avicennia marina* dengan sedimen sangat kecil (0,008- 0,211), tetapi hal ini dapat menjadikan indikator adanya kemampuan akar dalam mengakumulasi logam Cu dari lingkungan tempat hidupnya. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian MacFarlane *et al.*, (2007), dimana logam cenderung terakumulasi dalam akar sama dengan konsentrasi yang ada

pada sedimen yang berdekatan, sementara konsentrasi logam dalam daun adalah setengah dari akar atau lebih rendah. Hanya saja MacFarlane *et al.*, (2003) mengatakan, bahwa akar *A. marina* dapat digunakan sebagai indikator biologis paparan lingkungan Cu, Pb dan Zn. Ini menunjukkan potensi *Avicennia marina* sebagai spesies fitoremediasi untuk ekosistem mangrove. Pertumbuhan *A. marina* tersebut subur dibandingkan dengan spesies mangrove lainnya, hal ini menunjukkan terhadap kemampuan adaptasinya bahkan dalam kondisi yang tercemar (Kumar *et al.*, 2011).

Translocation Factors (TF) Logam Cu pada daun

Hasil perhitungan kandungan logam Cu dalam daun dengan kandungan Cu dalam akar mangrove di wilayah penelitian dihitung dengan *Translocation Factors* (TF) pada tabel 4.

Tabel 4. *Translocation Factors* (TF) Logam Cu pada daun dan akar mangrove

	Daun Muda	Daun tua
setasiun 1	1,17	0,94
setasiun 2	1,01	0,46
setasiun 3	1,54	0,93
setasiun 4	0,83	0,84
Rata-rata	1,1375	0,7925

Sumber: data lapangan 2013

Berdasarkan data tabel 4, dapat dilihat bahwa daun muda *Avicennia marina* mempunyai TF lebih besar (0,83 – 1,54) dari daun tuanya (0,46 – 0,94). Hal ini dimungkinkan karena daun muda mempunyai kemampuan mengakumulasi logam Cu lebih besar (2,367-6,604 mg/Kg) dari daun tua (1,08-6,748 mg/Kg). Selain mengakumulasi, diduga *Avicennia marina* ini memiliki kemampuan penanggulangan toksik, diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga dapat mengurangi toksisitas logam tersebut. Adanya pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya (Mulyadi *et al.*, 2009).

Dalam penelitiannya Kumar *et al.* (2011) menunjukkan hasil adanya potensi *Avicennia marina* sebagai spesies fitoremediasi logam berat yang dipilih dalam banyak ekosistem mangrove. Sedangkan Kulkarni *et al.*, (2010) mengatakan, adanya dominasi *Avicennia marina* dan buruknya kelimpahan dan keragaman mangrove mengindikasikan adanya tekanan dalam lingkungan.

Clark *et al.*, (1998) dalam Kumar *et al* (2011); Gautier *et al.*, (2001) mengatakan, ekosistem mangrove memainkan peran penting sebagai filter dan pengendalian polusi alami karena kekhasan sistem akarnya yang berhasil mengendalikan kualitas air dan merupakan perangkap sedimen serta partikel yang diangkut oleh arus ke lautan dari muara. Hal ini diperkuat oleh pendapat MacFarlane *et al.*, (2007) yang mengatakan, bahwa ekosistem mangrove yang paling berperan sebagai *phytostabilisers*, berpotensi membantu dalam retensi logam beracun dan dengan demikian mengurangi transportasi ke muara yang berdekatan dan sistem ke perairan laut. Oleh karena itu menghilangkan hutan mangrove tidak hanya akan menghilangkan potensi polutan yang dapat berperan sebagai perangkap yang sangat efektif dalam melindungi lingkungan yang berdekatan, tetapi juga sangat mungkin untuk melepaskan beberapa polutan yang sebelumnya terjebak ketika berada di hutan mangrove (Saenger, P & McConchie, 2004). Ekosistem mangrove mempertahankan dan mungkin mengurangi remobilisasi logam di sedimen, yang akibatnya dapat mengurangi transportasi logam ke perairan, karena ikatan sedimen logam yang bergerak karena proses fisik dan biogeokimia. Lingkungan tersebut tampaknya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai penghalang transportasi logam. Lahan basah mangrove digunakan di Kolombia untuk hidrokarbon dan penghapusan logam berat dari kilang minyak dan limbah penyamakan kulit (Gautier, 2002).

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman menurut Priyanto dan Prayitno (2007) dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu :

1. Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya.
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Simpulan dari penelitian ini, terdapat akumulasi logam Cu pada sedimen, akar dan daun *Avicennia marina* di wilayah tambak Tapak, Tugurejo Semarang. Sedimen tambak mempunyai kemampuan tertinggi dalam mengakumulasi logam Cu dari lingkungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Kelautan dan Perikanan. 2010. Pemetaan Potensi, Kerusakan dan Model Rehabilitasi Kawasan Pesisir Kota Semarang. Pemerintah Kota Semarang.
- Dinas Kelautan dan Perikanan. 2010. Perikanan Dalam Angka. Pemerintah Kota Semarang.
- Collen, John D.; Jane E. Atkinson; and John E. Patterson. 2011. Trace Metal Partitioning in a Nearshore Tropical Environment: Geochemistry of Carbonate Reef Flats Adjacent to Suva Harbor, Fiji Islands. *Pacific Science* 65 (1) :95–107
- Gautier, D; J Amador and F Newmark. 2001. The use of mangrove wetland as a biofilter to treat shrimp pond effluents: preliminary results of an experiment on the Caribbean coast of Colombia. *Aquaculture Research* 32 (10): 787–799 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2109.2001.00614.x/pdf>
- Gautier, D. 2002. The Integration of Mangrove and Shrimp Farming: A Case Study on the Caribbean Coast of Colombia. *Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment*. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 26 pages. Diunduh dari http://library.enaca.org/Shrimp/Case/LatinAmerica/Columbia/Mangrove/Final_Columbia_Mangrove.pdf (diakses 29 Juli 2012)
- Jime´nez, M. F Soto and F.P Osuna. 2001. Distribution and Normalization of Heavy Metal Concentrations in Mangrove and Lagoonal Sediments from Mazatla´n Harbor (SE Gulf of California). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 259–274
- Jonathan, M. P; S. K. Sarkar; P. D. Roy; Md. A. Alam; M. Chatterjee; B. D. Bhattacharya; A. Bhattacharya and K. K. Satpathy. 2010. Acid leachable trace metals in sediment cores from Sunderban Mangrove Wetland, *India: an approach towards regular Monitoring*. *Ecotoxicology* 19: 405–418
- Kr´bek, Bohdan; Martin Mihaljevic; Ondra Sracek ; Ilja Kne´sli ; Vojte´ch Ettler and Imasiku Nyambe. 2011. The Extent of Arsenic and of Metal Uptake by Aboveground Tissues of *Pteris vittata* and *Cyperus involucratus* Growing in Copper- and Cobalt-Rich Tailings of the Zambian Copperbelt. *Arch Environ Contam Toxicol* 61:228–242
- Kartikasari, V; S.D Tandjung dan Sunarto. 2002. Akumulasi Logam Berat Cr dan Pb Pada Tumbuhan Mangrove *Avicennia marina* Di Muara Sungai Babon Perbatasan Kota Semarang dan Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. IX No. 3. Hal. 137-147*.
- Kumar N.J.I; P.R. Sajish; Rita N Kumar; Basil George and Shailendra Viyol. 2011. Bioaccumulation of Lead, Zinc and Cadmium in *Avicennia marina* Mangrove Ecosystem near Narmada Estuary in Vamleshwar, West Coast of Gujarat, India. *J. Int. Environmental Application & Science, 6 (1): 008-013*
- MacFarlane, G.R; A. Pulkownik and M.D. Burchett. 2003. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution* 123 : 139–151.
- MacFarlane, G.R; Claudia E. Koller and Simon P. Blomberg. 2007. Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. *Chemosphere* 69 : 1454–1464
- Martuti, NKT. 2012. Analisis Logam Berat Pb dan Cu Pada Bandeng di Tambak Wilayah Tapak, Semarang. *Laporan Penelitian. Universitas Negeri Semarang*.

- Mulyadi, Edi; R. Laksmono; D. Aprianti. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan; 1 (Edisi Khusus) 33-39.*
- Nontji, Anugerah. 1987. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta
- Nybaken. J.W. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Priyanto, B dan J. Prayitno. 2007. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. <http://ltl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>. diakses tanggal 15 Februari 2013.
- Saenger, P & McConchie, D 2004, 'Heavy metals in mangroves: methodology, monitoring and management', *Envis Forest Bulletin, vol. 4, pp. 52-62*
- Setyawan, AD dan K. Winarno. 2006. Pemanfaatan Langsung Ekosistem Mangrove di Jawa Tengah dan Penggunaan Lahan di Sekitarnya; Kerusakan dan Upaya Restorasinya. *Jurnal Biodiversitas; 7 (3) 282-291.*
- Silva, L. F. F., W. Machado, S. D. L. Filho and L. D. Lacerda. 2003. Mercury Accumulation in Sediment of a Mangrove Ecosystem in SE Brazil. *Water, Air, and Soil Pollution 145: 67-77*
- Sinha S. 1999. Accumulation of Cu, Cd, Cr, Mn and Pb from artificially contaminated soil by *Bacopa Monnieri*. *J. Environmental Monitoring and Assessment 57 (3): 253-264*
- Tam NFY and Wong, YS. 1996. Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater. *Journal Environmental Pollution 94: 283-291*
- Tam, NFY and M.W.Y. Yao. 1997. Normalisation And Heavy Metal Contamination In Mangrove. *The Science of The Total Environment Vol 216 : 33-39*
- Tam, N F Y and Wong, Y S. 1999. Mangrove soils in removing pollutants from municipal wastewater of different salinities. *Journal of Environmental Quality. 28 (2): 556-564.*
- Tam, N.F.Y and Y.S. Wong. 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environmental Pollution 110 : 195-205*
- Yusuf, M dan G. Handoyo. 2004. Dampak Pencemaran Terhadap Kualitas Perairan dan Strategi Adaptasi Organisme Makrobenthos di Perairan Pulau Tirangcawang Semarang. *Jurnal Ilmu Kelautan; 9 (1): 12-42.*