



DISERTASI

**DINAMIKA LOGAM Cu DALAM TAMBAK BANDENG:
INTERAKSI ANTARA MEDIA LINGKUNGAN, *Avicennia marina*
DAN IKAN BANDENG (*Chanos chanos*)**

**Nana Kariada Tri Martuti
NIM. 210811150006**

**PROGRAM DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2016**

**DINAMIKA LOGAM Cu DALAM TAMBAK BANDENG:
INTERAKSI ANTARA MEDIA LINGKUNGAN, *Avicennia marina*
DAN IKAN BANDENG (*Chanos chanos*)**

Disertasi

**Untuk memperoleh gelar Doktor
dalam Ilmu Lingkungan**

**Untuk dipertahankan di hadapan
Dekan Sekolah Pascasarjana dan Tim Penguji pada Ujian Promosi
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro
pada Tanggal 31 Oktober tahun 2016 pukul 13.00 WIB**

Oleh

Nana Kariada Tri Martuti

LEMBAR PENGESAHAN

Dinamika Logam Cu Dalam Tambak Bandeng: Interaksi Antara Media Lingkungan, *Avicennia marina* Dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Nana Kariada Tri Martuti
NIM. 2108111500006

Telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 31 Oktober 2016
Oleh tim penguji Program Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro

Telah disetujui oleh :

Promotor

Ko Promotor

Prof. Dr. Ir. Budi Widianarko, M.Sc
NIDN. 0623116201

Dr.Ir. Bambang Yulianto, DEA
NIP. 196107221987031002

Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro Semarang,
Dekan

Program Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro,
Ketua

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA
NIP. 19611228 198601 1 004

Dr. Hartuti Purnaweni, MPA
NIP. 19611202 198803 2 002

**Dinamika Logam Cu Dalam Tambak Bandeng:
Interaksi Antara Media Lingkungan, *Avicennia marina*
Dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)**

Oleh:

**Nana Kariada Tri Martuti
NIM: 2108111500006**

Telah disetujui oleh:

Pimpinan Sidang :

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Sekretaris Sidang:

Dr. Hartuti Purnaweni, MPA

Anggota Tim Penguji:

Dr. Ir. Eko Hendarto, M.Si

Dr. Munifatul Izzati, M.Sc

Dr. Boedi Hendrarto, M.Sc

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Dr. Henna Rya Sunoko, Apt., MES

Dr. Hartuti Purnaweni, MPA

Dr. Ir. Bambang Yulianto, DEA

Prof. Dr. Ir. Budi Widianarko, M.Sc

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa disertasi dengan judul “Dinamika Logam Cu Dalam Tambak Bandeng: Interaksi Antara Media Lingkungan, *Avicennia marina* dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)” merupakan hasil karya saya sendiri, yang saya susun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan disertasi yang saya kutip dari hasil karya orang lain, telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah yang ada.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian disertasi ini bukan hasil karya saya sendiri atau plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, 31 Oktober 2016

Yang membuat pernyataan,

Nana Kariada Tri Martuti

BIODATA PENULIS



Nana Kariada Tri Martuti. Lahir di Semarang Jawa Tengah, tanggal 16 Maret 1966 merupakan anak ketiga dari enam bersaudara. Pasangan Bapak Prof. Drs. Dirham (alm) dan Ibu Sudarmini. Menikah pada tahun 1993 dengan Ir. Ratnanta Priyambudi dan dikaruniai 3 orang anak bernama Nana Varian Januardi, Nana Adnan Rahmanto dan Nana Kirani Ratnantya.

Penulis adalah dosen pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang sejak tahun 1993. Riwayat pendidikan, dimulai dari SDN Taman Pekunden 1 Semarang (lulus tahun 1977), SMPN 1 Semarang (lulus tahun 1981), SMAN 1 Semarang (lulus tahun 1984), melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Perikanan Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Diponegoro (lulus tahun 1989), dan melanjutkan pendidikan S2 pada Program Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada (lulus tahun 2001).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas ridho dan karunia Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Disertasi yang berjudul “**Dinamika Logam Cu Dalam Tambak Bandeng: Interaksi Antara Media Lingkungan, *Avicennia marina* Dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)**”. Disertasi disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat gelar Doktor Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Penelitian Disertasi bertujuan untuk melakukan analisis komprehensif terhadap dinamika logam Cu di ekosistem tambak bandeng Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Semarang, dengan mengkaji dinamika logam Cu pada air, sedimen, tumbuhan *Avicennia marina* dan ikan bandeng yang dipelihara dalam tambak.

Perkenankanlah penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Yos Johan Utama, S.H., M.Hum., selaku Rektor Universitas Diponegoro, yang telah memberikan bantuan fasilitas dalam mengikuti program Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro dan telah memberi saran dan masukan yang berharga.
2. Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA, selaku Direktur Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah berkenan menguji dan memberi masukan, saran-saran, motivasi untuk menyelesaikan disertasi.

3. Prof. Dr. Prof. Fathur Rokhman, M.Hum, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan izin dan dukungan selama mengikuti Program Doktor Ilmu Lingkungan
4. Prof. Dr. Zaenuri S.E, M.Si, Akt., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberi dukungan dan semangat selama menempuh pendidikan di Program Doktor Ilmu Lingkungan UNDIP.
5. Dr. Hartuti Purnaweni, MPA, selaku Ketua Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro yang telah memberikan saran, fasilitas, motivasi dalam menyelesaikan disertasi.
6. Prof. Dr. Ir. Budi Widianarko, M.Sc, selaku Promotor yang telah meluangkan waktu untuk bimbingan dengan sabar memberikan ilmu, arahan dan motivasi dalam penyusunan disertasi.
7. Dr. Ir. Bambang Yulianto, DEA, selaku Ko-Promotor yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan meluangkan waktu untuk konsultasi guna penyelesaian disertasi.
8. Dr. Ir. Eko Hendarto, M.Si, selaku penguji eksternal dari Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan masukan dan koreksi untuk perbaikan disertasi.
9. Dr. Ir. Boedi Hendarto, M.Sc, selaku penguji internal yang telah memberikan masukan, kritik, saran dan koreksi untuk perbaikan disertasi.
10. Dr. Munifatul Izzati, M.Sc selaku penguji internal yang telah memberikan masukan, kritik, saran dan koreksi untuk perbaikan disertasi.

11. Dr. Henna Rya Sunoko, Apt., MES selaku penguji internal yang telah memberikan masukan, kritik, saran dan koreksi untuk perbaikan disertasi
12. Seluruh dosen pengampu pada Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmunya sebagai penunjang penyusunan disertasi.
13. Ketua dan pengelola Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, atas bantuan dan dukungan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian berlangsung.
14. Teman-teman Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, penulis ucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan dalam penyusunan disertasi.
15. Teman-teman dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang, penulis ucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan selama penyelesaian studi pada Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
16. Kelompok Lingkungan Prenjak dan masyarakat Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo Semarang yang telah membantu dan memberikan fasilitas selama pelaksanaan penelitian berlangsung.
17. Semua pihak yang telah membantu selama penelitian, penulisan dan penyusunan disertasi.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga disertasi ini bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Semarang, Oktober 2016

Penulis

Abstrak

Avicennia marina merupakan tumbuhan pionir yang terdapat banyak di wilayah pesisir Kota Semarang. *A.marina* mempunyai kemampuan yang baik dalam mengakumulasi logam Cu dari media lingkungan hidupnya. Adanya dinamika Cu dari proses absorpsi dan akumulasi pada media (air dan sedimen), tumbuhan *A. marina* (akar, daun dan serasah) dan ikan bandeng dalam ekosistem tambak di wilayah pesisir perlu dipelajari. Tujuan dari penelitian adalah (1) Untuk mengetahui konsentrasi logam Cu dalam air dan sedimen pada tambak bandeng di Dukuh Tapak; (2) Untuk mengetahui translokasi logam Cu dalam tumbuhan *A. marina* (akar, daun dan serasah); (3) Untuk mengetahui tingkat eliminasi logam Cu melalui proses defoliasi serasah daun tumbuhan *A. marina*; (4) Untuk mengetahui pola akumulasi logam Cu ikan bandeng selama periode pertumbuhan di tambak; dan (5) Untuk merencanakan strategi pengelolaan lingkungan tambak bandeng yang baik di Dukuh Tapak terkait dengan keberadaan mangrove dan pencemaran logam. Adapun orisinalitas dari penelitian adalah mengkaitkan kemampuan tumbuhan *A. marina* dalam mengakumulasi logam Cu dari media lingkungan hidupnya, serta hubungannya dengan dinamika logam di perairan dan ikan bandeng.

Penelitian dilakukan selama 7 bulan untuk mengetahui konsentrasi logam Cu pada air, sedimen, *A. marina* (akar, daun dan serasah) dan ikan bandeng. Analisis logam Cu pada sampel penelitian dilakukan setiap 2 minggu sekali dengan 8 kali ulangan, pada tambak tanpa *A. marina* (Tambak 1) dan tambak dengan *A. marina* (Tambak 2). Analisis logam Cu dalam air, sedimen, *A. marina* dan ikan bandeng menggunakan AAS. Teknik analisis data dengan menggunakan uji regresi linear dan non linear. Konsentrasi logam Cu dalam ikan bandeng dievaluasi berdasarkan model toksikokinetika kompartemen tunggal. Selanjutnya data akumulasi logam Cu pada air, sedimen, *A. marina* dan ikan bandeng dihitung FK, BCF dan TF.

Air, sedimen, *A. marina* (akar, daun dan serasa) dan ikan bandeng di tambak Dukuh Tapak mengandung logam Cu dengan konsentrasi yang bervariasi, dengan pola kecenderungan meningkat dari waktu ke waktu. Konsentrasi logam Cu di air melebihi baku mutu air laut yang ditentukan pemerintah. Terdapat akumulasi logam Cu pada sedimen tambak. Akar *A. marina* mampu mengakumulasi logam Cu dari sedimen tambak, yang selanjutnya ditranslokasikan ke daun. Melalui proses defoliasi, serasah mengeliminasi logam Cu dari *A. marina* ke lingkungan hidupnya. Terdapat akumulasi logam Cu pada ikan bandeng selama pertumbuhan 12 minggu penelitian. Akumulasi logam Cu pada ikan bandeng Tambak 1 > Tambak 2.

Kesimpulan dari penelitian adalah: (1) Sedimen tambak bandeng mempunyai konsentrasi logam Cu yang lebih tinggi dari konsentrasi logam Cu pada perairan tambak. (2) Tumbuhan *A. marina* mempunyai kemampuan dalam mentranslokasi logam Cu dalam jaringan tubuhnya, secara berurutan konsentrasi logam Cu dalam akar < daun < serasah. (3) Serasah daun mempunyai kemampuan dalam mengeliminasi logam dari tumbuhan melalui defoliasi serasah. (4) Pola akumulasi logam pada ikan bandeng menunjukkan kecenderungan meningkat dari waktu ke waktu. (5) Diperlukan strategi pengelolaan lingkungan tambak bandeng yang baik dengan penanaman *A. marina* dalam tambak

(wanamina), untuk mengurangi tingkat pencemaran logam dan terjadinya akumulasi pada ikan yang dipelihara. Untuk mencegah kembalinya logam dari *A. marina* ke lingkungan tambak, sebaiknya serasah daun ditangkap dengan menggunakan jaring penampung. Disamping itu dapat juga dilakukan penanaman *A. marina* yang terpisah dengan kolam pemeliharaan ikan, sehingga fungsi *A. marina* sebagai fitoremediasi logam dapat berfungsi dengan baik.

Kata kunci: *Avicennia marina*, ikan bandeng, logam Cu, serasah, defoliasi, toksikokinetik, wanamina Dukuh Tapak

Abstract

Avicennia marina is the pioneer plant of coastal regions, such as at Dukuh Tapak, Semarang city, Indonesia. This is evoked by *A. marina* capability in percolating heavy metals which exist around its rhizosphere. The dynamics of Cu via absorption and accumulation processes over milkfish pond ecosystem of Semarang coast which consists of media (water and sediment), *A. marina* plants (roots, leaves and litter), and fish was a matter that should be studied. Furthermore, the detail purposes of the study were (1) analysing the Cu metal content in the water and sediments of milkfish ponds at Dukuh Tapak; (2) analysing the Cu metal translocation within *A. marina* plants (roots, leaves and litter); (3) analysing elimination level of *A. marina* Cu metal by defoliation mechanism by using the plants' litter as the measurement substances; (4) analysing accumulation pattern of the ponds milkfish Cu metal during the fishes growth period; and (5) planning a good implementable milkfish pond environment management strategy in relation to the mangrove sustainability and heavy metal adjustment. The capability of *A. marina* regarding Cu metal accumulation as a constituent of heavy metal dynamics against the pond and milkfish has become the research novelty.

The study was conducted in 7 mounts observation at ponds of Dukuh Tapak by measuring metal Cu contents in water, sediments, *A. marina* (roots, leaves and litter) and milkfish. The detections were taken every 2 weeks in 8 repetitions by comparing ponds without (1st pond) and with (2nd pond) *A. marina*. Cu metal analysis was done by AAS and data analysis were done by linear and non linear regression. The Cu metal contents were used to measure FK, BCF and TF. Additional evaluation by one compartment toxicokinetic was applied toward milkfish Cu metal content.

The data showed gradual increase of Cu metal contents among water, sediment, *A. marina* (roots, leaves, and litter) and milkfish at Dukuh Tapak ponds. Cu metal content of the water passed the sea water standar grade settled by the government, while the sediment seemed to have a saturated Cu metal. Cu was eliminated by *A. marina* of defoliation litter to environment. The metal Cu was also accumulated within the milkfishes of both ponds during 12 weeks of experiment. The 1st pond fishes metal was higher than the 2nd.

The conclusion of this study are (1) the pond sediment had more Cu metal content than the water, (2) *A. marina* had an ability in Cu metal translocation which encompasses through organs with the metal level decreases from litter, leaves and roots, (3) litter had an ability in Cu metal elimination through defoliation, (4) Cu metal content had an increasing tendency from time to time, (5) an environment management strategy should be implemented to decrease metal pollution and prevent its accumulation within the cultivated milkfish by cultivating *A. marina* in the pond area (Silvofishery). Leaf litter was captured by using container nets to prevent the return of metal from *A. marina* to the pond areas. The planting of *A. marina* which is separated from fish-breeding pond was do well. Therefore, *A. marina* can function as well as metal fitoremediasi.

Keywords: *Avicennia marina*, milkfish, Cu metal, litter, defoliation, toxicokinetic, Dukuh Tapak, Silvofishery

RINGKASAN

Ekosistem mangrove di wilayah pesisir mempunyai peran sebagai bioakumulator logam berat yang baik karena kemampuannya menyerap logam dari lingkungan hidupnya. Mangrove memiliki kemampuan toleransi dan kapasitas untuk mengakumulasi logam pada sedimen yang terkontaminasi, yang menjadi dasar konsep remediasi (Krbek *et al.*, 2011; Kumaret *al.*, 2011; Gautier *et al.*, 2001; MacFarlane *et al.*, 2003; 2007). *Avicennia marina* merupakan tumbuhan pionir yang banyak terdapat di pantai Kota Semarang. *A. marina* mempunyai potensi yang baik dalam mengakumulasi Cu dari sedimen, ditunjukkan dengan adanya akumulasi Cu yang tinggi pada akar dan daun dengan *Bio Concentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF) dengan nilai > 1 (Usman *et al.*, 2013).

Martuti (2012; 2013) dalam penelitiannya menyebutkan, kadar Cu pada perairan tambak di Dukuh Tapak 0,007 ppm - 0,06 ppm (2014), sedangkan pada Sungai Tapak mengandung Cu 0,013 – 0,037 ppm. Hasil tersebut menunjukkan kandungan logam Cu di perairan Dukuh Tapak telah melebihi ambang batas baku mutu air laut yang ditentukan. Perairan yang tercemar logam berat akan terkumulasi pada biota yang hidup dalam perairan, termasuk komoditas ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak-tambak wilayah pantai. Tembaga (Cu) dapat mempengaruhi individu dan populasi organisme dalam ekosistem air. Walaupun dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit, bila kelebihan dapat mengganggu kesehatan atau mengakibatkan keracunan. Tembaga juga merugikan karena mempengaruhi indra penciuman pada ikan (Solomon, 2009).

Hingga saat ini belum ada penelitian yang melaporkan tentang dinamika Cu dari proses absorpsi dan akumulasi pada media (air dan sedimen), tumbuhan *A. marina* (akar, daun dan serasah) serta ikan bandeng dalam ekosistem tambak belum ada, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dinamika logam tembaga (Cu) dalam ekosistem tambak bandeng. Asumsinya adanya bioakumulasi logam dalam ekosistem tambak, yang selanjutnya dapat dijelaskan oleh adanya pergerakan logam Cu tersebut dalam air, sedimen, tumbuhan mangrove, serta bioakumulasinya dalam ikan bandeng yang dipelihara pada tambak-tambak.

Tujuan dari penelitian adalah (1) Untuk mengetahui konsentrasi logam Cu dalam air dan sedimen pada tambak bandeng di Dukuh Tapak; (2) Untuk mengetahui translokasi logam Cu dalam tumbuhan *A. marina* (akar, daun dan serasah); (3) Untuk mengetahui tingkat eliminasi logam Cu melalui proses defoliasi serasah daun tumbuhan *A. marina*; (4) Untuk mengetahui pola akumulasi logam Cu ikan bandeng selama periode pertumbuhan di tambak; dan (5) Untuk merencanakan strategi pengelolaan lingkungan tambak bandeng yang baik di Dukuh Tapak, terkait dengan keberadaan mangrove dan pencemaran logam. Orisinalitas dari penelitian ini adalah mengkaitkan kemampuan tumbuhan *A. marina* dalam mengakumulasi logam Cu dari media lingkungan hidupnya, serta hubungannya dengan dinamika logam di perairan dan ikan bandeng yang dipelihara dalam tambak.

Penelitian dilakukan pada tambak bandeng di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Dukuh Tapak merupakan satu kawasan pesisir Kota Semarang yang terdapat banyak tambak ikan maupun udang. Selain merupakan wilayah pertambakan, Dukuh Tapak juga merupakan satu wilayah pesisir di Kota Semarang yang masih terdapat ekosistem mangrove. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada keberadaan industri-industri yang terdapat pada kawasan industri Tambakaji, yang merupakan hulu dari Sungai Tapak, juga adanya ekosistem tambak bandeng yang masih berproduksi, serta keberadaan tumbuhan mangrove dari jenis *A. marina* yang terdapat dalam tambak bandeng tersebut

Penelitian dilakukan selama 7 bulan (Pebruari-Agustus 2015), dengan rincian 1 bulan persiapan tambak, 3 bulan pengambilan data dan 3 bulan di Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Sampel dalam penelitian terdiri atas: air, sedimen, *A. marina* (akar, daun dan serasah), serta ikan bandeng (*Chanos chanos*). Sampel diambil secara *time series* setiap 2 minggu selama 12 minggu, pada tambak tanpa *A. marina* (Tambak 1) dan tambak dengan *A. marina* (Tambak 2). Logam Cu pada sampel penelitian dianalisis dengan menggunakan AAS.

Teknik analisis data yang digunakan adalah uji regresi linear dan non linear. Model regresi bertujuan mendeskripsikan hubungan antara variabel *independent* dengan variabel *dependent*. Cu dalam ikan bandeng dievaluasi berdasarkan model toksikokinetika

kompartemen tunggal. Selanjutnya data akumulasi logam Cu pada air, sedimen, *A. marina* dan ikan bandeng dihitung FK, BCF dan TF.

Hasil penelitian menunjukkan, konsentrasi logam Cu perairan tambak di Dukuh Tapak (0,02 - 0,05 mg/L) lebih tinggi jika dibandingkan dengan baku mutu air menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk logam Cu (0,008 mg/L). Konsentrasi logam Cu pada sedimen Tambak 1 > Tambak 2. Konsentrasi logam Cu dalam air dan sedimen pada Tambak 1 menunjukkan kecenderungan meningkat, sedangkan pada Tambak 2 menunjukkan kecenderungan yang relatif menurun dari minggu ke-0 hingga minggu ke-12.

Adanya konsentrasi logam dalam air dan sedimen suatu wilayah tergantung oleh adanya aktivitas manusia di bagian hulu. Dusun Tapak merupakan wilayah yang didominasi permukiman, pertanian dan industri yang menyebabkan wilayah Tapak mempunyai potensi resiko tercemar bahan-bahan berbahaya, termasuk logam. Keberadaan logam Cu dalam air tambak dapat menyebabkan hewan (ikan bandeng) terkontaminasi logam tersebut. Oleh karena itu adanya logam pada lingkungan perairan tambak perlu diwaspadai.

Sedimen tambak merupakan bagian dari lahan basah yang mempunyai kemampuan untuk memerangkap/mengakumulasi bahan pencemar, yaitu adanya logam Cu dari lingkungan perairan. Kemampuan sedimen dalam mengakumulasi logam dari perairan, menjadikan sedimen tambak tersebut berperan sebagai filter bahan pencemar dalam perairan tambak yang berasal dari Kali Tapak. Cu merupakan logam berat yang cenderung mudah untuk terendapkan dalam sedimen, sehingga akumulasi logam Cu pada sedimen akan lebih tinggi dibandingkan akumulasi pada kolom air (Purwiyanto, 2013). Hasil tersebut menunjukkan bahwa sedimen merupakan bagian penting dalam sistem mangrove karena kemampuan sedimen dalam menyimpan logam berat dari lingkungannya.

Tumbuhan *A. marina* mempunyai kemampuan dalam mentranslokasi logam Cu dalam jaringan tubuhnya, secara berurutan konsentrasi logam Cu dalam akar < daun < serasah. Hasil analisis Regresi menunjukkan, waktu berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi Cu pada akar, daun dan serasah *A. marina*. Nilai Rasio Konsentrasi

(RK) antara akar *A. marina* dan sedimen tambak berkisar 0,04 – 0,13, hasil tersebut menunjukkan kecenderungan terjadinya peningkatan dari minggu ke-0 hingga ke-8, namun selanjutnya menurun kembali hingga minggu ke-12. Nilai TF antara daun dan akar *A. marina* berkisar antara 0,4-1,1. Hasil tersebut mengindikasikan adanya proses suplai dan translokasi logam Cu dari akar menuju daun. Ketika terjadi translokasi logam Cu, maka hal tersebut akan mengurangi kandungan Cu di akar dan selanjutnya akan ditambahkan ke daun. Akibatnya terjadi proses pengurangan dan penambahan diantara keduanya.

Akar merupakan jaringan tumbuhan yang langsung berhubungan dengan sedimen dan berfungsi menyerap nutrient dari sedimen. Bahan pencemar yang terdapat dalam sedimen akan terserap pula oleh akar, dilanjutkan dengan mentransfernya ke jaringan tumbuhan yang lain. Semakin lama interaksi antara akar dan sedimen, konsentrasi logam yang terakumulasi dalam jaringan akar juga akan semakin meningkat. Abohassan (2013), menyampaikan bahwa sedimen pada ekosistem mangrove mengandung logam berat yang paling tinggi, diikuti oleh tanaman mangrove (akar, batang dan daun). Sebagaimana disampaikan oleh Setiawan (2013), bahwa melalui akarnya, mangrove dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun air. Selanjutnya mangrove yang memiliki fungsi sebagai *polutant trap* akan mengakumulasi logam berat tersebut (Purwiyanto, 2013).

Akumulasi logam dalam daun merupakan salah satu bentuk adaptasi tumbuhan terhadap logam berat, dengan melalui proses translokasi logam dari akar ke daun. Dengan bertambahnya waktu menunjukkan hasil semakin banyak logam dari akar yang ditranslokasikan ke jaringan daun. Hasil tersebut menunjukkan kemampuan/peran *A. marina* sebagai tumbuhan hiperakumulator, yang mampu mengakumulasi logam dari lingkungan hidupnya. Kemampuan *A. marina* sebagai hiperakumulator ini ditunjukkan dengan konsentrasi logam Cu pada daun yang lebih tinggi dari akarnya. Sebagaimana yang disampaikan oleh Subiandono *et al.* (2013), bahwa daun merupakan parameter yang baik di dalam menentukan kemampuan penyerapan logam berat pada tumbuhan mangrove. Adanya akumulasi logam Cu pada bagian akar dan daun tumbuhan mengindikasikan adanya mekanisme fitoremediasi (Dedy *et al.*, 2013).

Konsentrasi logam Cu pada serasah menunjukkan kecenderungan yang sama dengan konsentrasi logam yang ada dalam daun. Tingginya konsentrasi logam Cu pada serasah dikarenakan, logam yang terdapat pada daun dieliminasi melalui daun tua yang kemudian dilepaskan melalui pengguguran serasah. Pelepasan logam tersebut sebagai bentuk adaptasi tumbuhan dalam mempertahankan diri dari konsentrasi logam Cu yang berlebihan. Sebagaimana yang disampaikan Barutu *et al.* (2014), banyaknya akumulasi pada daun biasanya merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan yaitu mengumpulkan dalam satu organ baik intraseluler maupun ekstraseluler yang bisa juga terjadi pada daun. Proses ini merupakan salah satu bentuk ekskresi tumbuhan secara aktif melalui kelenjar pada tajuk, atau secara pasif dengan akumulasi pada daun dengan ditandai lepasnya daun tua.

Nilai Rasio Konsentrasi (RK) akar dan sedimen sangat kecil, menunjukkan kurangnya kemampuan akar *A. marina* dalam mengakumulasi logam Cu dari sedimen tambak bandeng. Akar *A. marina* merupakan akar napas yang berada pada permukaan sedimen, dan sebagian dari akar tersebut keluar perairan sebagai bentuk adaptasi tumbuhan pada kondisi pasang surut. Dengan kondisi tersebut menyebabkan rambut-rambut akar kurang maksimal dalam mengakumulasi logam dari sedimen. Disisi lain hasil tersebut menunjukkan peran *A. marina* sebagai hiperakumulator, yaitu merupakan jenis tumbuhan yang jaringan akarnya mempunyai kemampuan untuk menyerap logam dari sedimen lingkungan hidupnya. Selanjutnya logam tersebut akan ditranslokasikan ke bagian atas (batang dan daun) tumbuhan. Tumbuhan yang berperan sebagai hiperakumulator ini dapat digunakan sebagai fitoremediasi pada lingkungan yang tercemar.

Berdasar nilai TF antara akar dan daun, dapat diketahui bahwa akar *A. marina* mensuplai logam Cu melalui proses translokasi menuju daun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *A. marina* memiliki kemampuan dalam mendistribusikan logam Cu dari bagian akar ke bagian daun. Einollahipeer *et al.* (2013) dalam penelitiannya menyampaikan, TF logam Cu dalam tumbuhan *A. marina* menunjukkan hasil yang signifikan antara konsentrasi logam Cu dalam jaringan batang dan daun dengan bagian akar. Tumbuhan mempunyai

kemampuan toleransi dan mengakumulasi logam berat dan hal tersebut berkaitan dengan fitostabilisasi.

Ekskresi merupakan salah satu bentuk mekanisme tumbuhan dalam menghadapi konsentrasi toksik di lingkungannya. Pengguguran serasah dilakukan oleh tumbuhan *A. marina* untuk mengeliminasi logam Cu yang berlebihan pada jaringan tubuhnya. Adanya ekskresi tersebut, tumbuhan akan tetap bertahan hidup, meskipun lingkungan hidupnya tercemar oleh logam. Adanya proses ekskresi logam dari jaringan tanaman melalui serasah daun dapat mengembalikan logam tersebut ke lingkungan hidupnya. Pengembalian logam ke lingkungan melalui serasah merupakan mekanisme adaptasi tumbuhan dalam kondisi lingkungan yang ekstrim. Chaney *et al.* (1998) menyampaikan, logam berat akan didistribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses *uptake* pada akar, disimpandalam jaringan, dan dilepas ke lingkungan melalui pelepasan daun.

Konsentrasi logam Cu dalam ikan bandeng pada Tambak 1 berkisar antara 1.289–4.743 mg/Kg, dan pada Tambak 2 antara 1.620– 3.396 mg/Kg. Hasil tersebut menunjukkan konsentrasi logam Cu pada ikan bandeng Tambak 1 > Tambak 2. Uji Regresi menunjukkan bahwa waktu paparan berpengaruh terhadap konsentrasi logam Cu pada ikan bandeng. Konsentrasi ikan bandeng Tambak 1 dan Tambak 2 lebih kecil dibandingkan dengan ambang batas yang ditentukan oleh BPOM No. 03725/B/SK/VII/89 Tahun 1989 sebesar 20 ppm. Meskipun konsentrasinya relative kecil, akan tetapi perlu diwaspadai keberadaan logam Cu pada jaringan tubuh ikan bandeng terkait dengan keamanan pangan. Ikan bandeng merupakan ikan yang populer dan mempunyai nilai ekonomis tinggi di Kota Semarang. Adanya konsumsi yang berlebihan dan dalam jangka waktu lama dapat mempengaruhi kesehatan manusia.

Pada Tambak 2 yang di dalamnya terdapat tumbuhan *A. marina*, menunjukkan adanya akumulasi logam Cu dalam jaringan tumbuhan *A. marina*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa logam Cu dalam perairan sebagian telah terakumulasi dalam *A. marina*, sehingga menyebabkan logam yang terakumulasi dalam tubuh ikan bandeng menunjukkan kecenderungan menurun. Kondisi tersebut memperlihatkan peran tumbuhan

A. marina sebagai fitoremediasi pada tambak ikan, dalam mengendalikan/memperbaiki kualitas air tambak.

Peningkatan konsentrasi logam Cu pada ikan dikarenakan kemampuan ikan dalam mengakumulasi logam dalam lingkungan hidupnya. Adanya logam pada perairan dapat terabsorpsi oleh tubuh ikan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung masuknya logam ke dalam tubuh ikan dapat terjadi melalui proses oral melalui makanan dan proses respirasi. Sedangkan secara tidak langsung melalui proses menempelnya logam dalam jaringan tubuh ikan (kulit). Oleh karena itu ikan yang hidup pada perairan yang tercemar logam Cu, akan mengakumulasi logam yang terdapat pada perairan tersebut. Semakin lama ikan berinteraksi dengan perairan tersebut, menyebabkan semakin meningkat pula konsentrasi logam dalam jaringan tubuh ikan bandeng tersebut. Hasil ini menunjukkan adanya proses biokonsentrasi logam dari perairan lingkungan ke tubuh ikan yang hidup pada perairan tersebut.

Berdasarkan observasi dan prediksi model Toksikokinetik kompartemen tunggal, dapat diperoleh nilai *Bio Concentration Factor* (BCF) sebesar 15,1 pada Tambak 1 dan 2,7 pada Tambak 2. Hasil observasi maupun prediksi konsentrasi logam Cu pada ikan bandeng Tambak 1 dan Tambak 2, terlihat adanya peningkatan konsentrasi dari waktu ke waktu. Hasil tersebut menunjukkan adanya kemampuan ikan dalam mengakumulasi logam dari lingkungan hidupnya. Akumulasi logam berat dapat terjadi karena proses biokonsentrasi dari air secara langsung maupun melalui proses biomagnifikasi melalui rantai makanan pada hewan air (Connell & Miller, 1995). Menurut Van der Oost *et al.* (2003), nilai BCF dikatakan rendah bila < 100 , sedangkan dikatakan sedang bila nilainya antara $100 - 250$ dan tinggi bila nilainya > 300 . Dengan kriteria menurut Van der Oost *et al.* (2003) tersebut, BCF ikan bandeng yang diteliti menunjukkan hasil BCF yang rendah. Meskipun nilai BCF nya termasuk dalam katagori rendah, namun hasil tersebut menunjukkan adanya akumulasi logam Cu dari air media hidup ke tubuh ikan bandeng. Adanya akumulasi tersebut dimungkinkan karena ikan bandeng cenderung hidup di kolom air sehingga banyak terjadi kontak dengan air. Kualitas air tambak yang diteliti meliputi: suhu air, pH, salinitas dan oksigen terlarut masih berada pada kisaran untuk budidaya ikan bandeng yang baik.

Adapun konsep wanamina di Dukuh Tapak dikembangkan untuk mendapatkan jalan keluar yang terbaik dalam pengembangan wilayah pesisir Semarang. Konsep Wanamina diharapkan dapat tercipta keseimbangan antara kepentingan ekonomi masyarakat berupa tambak ikan, dengan kepentingan perlindungan kawasan pantai dengan penanaman mangrove. Keberadaan tumbuhan mangrove *A. marina* di dalam tambak bandeng dapat memberikan keuntungan bagi pembudidaya ikan bandeng. Disamping kemampuannya mengakumulasi logam, keberadaan tumbuhan tersebut dapat meningkatkan kekuatan struktur tambak. Sebagaimana disampaikan oleh Diarto *et al.* (2012), jenis mangrove yang paling tepat untuk ditanam di pertambakan adalah dari jenis *A. marina*, dengan pertimbangan bahwa bagian akar jenis mangrove ini tidak akan merusak pematang dan dapat membantu menahan pematang tambak, jika dibandingkan dengan jenis *Rhizophora mucronata* yang memiliki akar tunggang yang justru dapat merusak pematang karena dalam jangka panjang akar dapat menembus pematang, sehingga air dari tambak satu akan bercampur dengan tambak lainnya. Selanjutnya disampaikan pula, dengan memanfaatkan jenis *A. marina* hanya perlu dilakukan pengangkatan sedimen tambak sebanyak 1-2 kali dalam setahun. Sedangkan untuk jenis *Rhizophora mucronata* diperlukan 3-4 kali pengangkatan sedimen tambak dalam setahun, artinya secara teknis, operasionalnya pun akan lebih ekonomis dengan memanfaatkan jenis *Avicennia marina*.

Dinamika logam Cu pada tambak bandeng, ditunjukkan pula dengan konsentrasi logam Cu ikan bandeng yang mempunyai hubungan yang selaras dengan konsentrasi logam pada perairan, sedimen serta adanya tumbuhan *A. marina*. Pada tambak bandeng yang terdapat tumbuhan *A. marina* (Tambak 2), menunjukkan hasil konsentrasi logam Cu pada ikan bandeng lebih kecil dari konsentrasi logam Cu pada ikan bandeng yang dipelihara pada tambak yang tidak terdapat *A. marina*. Hasil tersebut menunjukkan peran *A. marina* dalam mengakumulasi logam dari media hidup ikan bandeng. Seperti disampaikan oleh Hamzah dan Setiawan (2010), bahwa *A. marina* merupakan salah satu jenis mangrove yang dapat digunakan sebagai fitoremediator pada lingkungan yang tercemar logam berat. Hasil tersebut sesuai dengan salah satu fungsi hutan mangrove, yaitu sebagai penyerap unsur bahan pencemar yang bersifat racun. Lebih lanjut Gunawan dan Anwar (2008)

menyampaikan hasil penelitian tentang kandungan Hg ikan bandeng yang hidup di tambak biasa mengandung 49 kali lebih tinggi daripada di hutan mangrove, dan untuk udang dua kali lebih tinggi. Penggunaan teknik fitoremediasi tersebut merupakan salah satu solusi untuk mengurangi kontaminasi bahan pencemar yang murah dan hemat tenaga. Adapun salah satu aplikasi dari fitoremediasi yaitu fitostabilisasi. Fitostabilisasi merupakan usaha untuk mengurangi kandungan polutan dimana tumbuhan yang digunakan sebagai sarannya dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam pada tanah atau sedimen (Ma *et al.*, 2001).

Sesuai dengan hasil penelitian yang diperoleh, direkomendasikan langkah-langkah/strategi pengelolaan dan perbaikan wilayah tambak di Dukuh Tapak sebagai berikut:

1. Penanaman *A. marina* yang terpisah dengan kolam pemeliharaan ikan

Konsep wanamina diberikan untuk memisahkan kolam penanaman mangrove dengan kolam ikan. Adanya kolam terpisah, peran tumbuhan mangrove sebagai fitoremediasi akan tetap berlangsung, tanpa mengganggu kolam ikan yang dipelihara. Strategi pertama ini dilakukan untuk menghindari kembalinya logam ke lingkungan karena adanya eliminasi logam melalui defoliiasi serasah.

Keuntungan kolam terpisah antara mangrove dan ikan, dapat memaksimalkan fungsi mangrove sebagai fitoremediasi, tanpa mengganggu kolam sebagai tempat budidaya ikan. Sebagaimana disampaikan oleh Kumar *et al.* (2011); Gautier *et al.* (2001), adanya 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 dibawa oleh arus dari muara menuju lautan. Pernyataan tersebut diperkuat oleh pendapat MacFarlane *et al.* (2007) yang menyatakan, ekosistem mangrove berperan sebagai *phytostabilisers* yang berpotensi membantu menetralkan logam beracun dari lingkungan hidupnya.

Pemilihan jenis mangrove yang tepat dan pengaturan kerapatan mangrove menjadi salah satu hal yang harus diperhatikan. Dukuh Tapak hingga tahun 2016 belum ada aturan ataupun ketentuan untuk menanam jumlah dan jenis mangrove tertentu di Tambak.

Menurut Fitzgerald and William. (2002), kepadatan mangrove hendaknya disesuaikan dengan spesies budidaya yang dilaksanakan, untuk ikan bandeng sebaiknya menggunakan kepadatan mangrove rendah (2000 ind/ha). Untuk budidaya udang dan kepiting dapat menggunakan tingkat kepadatan yang lebih tinggi. Adanya penerapan sistem wanamina dapat memberikan manfaat ekonomi dari kawasan mangrove dengan tetap menjaga aspek kelestarian lingkungan.

2. Pemasangan jaring penangkap serasah pada tumbuhan *A. marina* yang berada di dalam tambak.

Penelitian terhadap akumulasi logam Cu pada *A. marina* (Gambar 13), menunjukkan hasil konsentrasi logam Cu serasah > daun > akar. Hasil tersebut memperlihatkan adanya kemampuan tumbuhan dalam melakukan adaptasi terhadap logam, logam yang terserap melalui akar selanjutnya dilepas/dieliminasi melalui serasah. Serasah yang jatuh dapat mengembalikan (*return*) logam ke lingkungan hidup tumbuhan. Serasah yang jatuh ke lingkungan akan terurai menjadi detritus yang merupakan makanan bagi ikan/udang yang dipelihara di tambak.

Melihat kemampuan serasah dalam mengembalikan logam ke lingkungan, perlu dilakukan strategi dalam mencegah pengembalian logam yang telah terakumulasi dalam tumbuhan ke lingkungan hidupnya. Sesuai dengan pendapat Lotfinasabasl and Gunale (2012) dan Abohassan (2013), bahwa serasah daun *A. marina* dapat mengembalikan logam ke lingkungan hidupnya. Salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk mencegah logam kembali ke lingkungan, dengan menangkap serasah yang jatuh menggunakan jaring penampung. Adanya jaring penampung dapat menghindari eliminasi logam pada serasah ke perairan atau sedimen tambak, sehingga kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi logam di tambak dapat lebih maksimal.

Serasah merupakan salah satu bagian tumbuhan mangrove yang mempunyai peran penting bagi ekosistem tambak. Serasah merupakan jatuhnya dari organ tumbuh-tumbuhan, berupa daun, ranting, bunga dan buah yang membentuk suatu lapisan pada permukaan tanah (Spurr dan Burton 1980). Daun merupakan komponen terbesar serasah. Tingginya kontribusi serasah daun dibandingkan dengan komponen lainnya karena secara biologis

pembentukan daun lebih cepat dibandingkan dengan komponen reproduksi (bunga/buah) dan ranting. Daun mangrove yang jatuh adalah daun yang berwarna kuning. Daun mangrove yang berwarna kuning sebelum jatuh, diduga sudah tidak mampu menjalankan fungsi utamanya berfotosintesa, karena jaringan sel daunnya sudah mati (Miasto, 2010).

3. Pengelolaan lingkungan wilayah pesisir berbasis masyarakat

Kelembagaan yang bersifat formal dalam pengembangan wanamina di Dukuh Tapak belum ada. Melihat antusiasme, keinginan dan harapan masyarakat setempat, maka bentuk kelembagaan yang paling ideal adalah kelembagaan partisipatif, yaitu selain dengan melibatkan berbagai pihak terkait juga melibatkan masyarakat sebagai sebagai objek dan juga sebagai subjek dalam seluruh kegiatan yang berkaitan dengan pengembangan wanamina. Pembentukan kelembagaan tersebut perlu didukung dengan adanya perangkat hukum dan kebijakan yang dilandasi dengan komitmen yang kuat dari seluruh pihak (Diarto, 2012).

Pengelolaan lingkungan di Dukuh Tapak cukup dinamik, hal tersebut didasarkan adanya kelompok lingkungan Prenjak dan kelompok petani tambak Sido Rukun yang saling bersinergi memperbaiki lingkungan. Penanaman mangrove oleh kelompok lingkungan Prenjak di Dukuh Tapak, dilakukan di lokasi sekitar tambak ikan/udang milik kelompok petani tambak. Hanya saja belum ada sosialisasi, pendampingan serta percontohan terkait wanamina yang dapat memberi keuntungan bagi semua pihak tanpa merusak lingkungan.

Revitalisasi dengan penanaman mangrove di dalam tambak dapat dilakukan dengan kerjasama yang baik antara petani tambak dengan masyarakat peduli lingkungan. Revitalisasi dapat pula dilakukan bersama-sama dengan dinas terkait, hal tersebut dimungkinkan karena adanya program penanaman yang dilakukan oleh beberapa dinas. Disamping itu diperlukan adanya sosialisasi dan pembinaan terhadap masyarakat khususnya petani tambak mengenai penerapan wanamina. Program wanamina dilakukan untuk mendukung pengelolaan mangrove yang baik dengan tetap menjaga keutuhan dan kelestarian lingkungan. Budidaya ikan dengan sistem wanamina sesuai dengan Pasal 3 UU Nomor 5 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya,

konservasi sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya bertujuan mengusahakan terwujudnya kelestarian sumberdaya alam hayati serta keseimbangan ekosistemnya sehingga dapat lebih mendukung upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia.

Untuk meningkatkan peran masyarakat dalam perlindungan wilayah dan sumberdaya alam, diperlukan kelembagaan sosial, untuk mendorong peranan masyarakat secara bersama-sama. Semangat kebersamaan tersebut akan mendorong upaya pemberdayaan masyarakat untuk melindungi wilayahnya dari kerusakan yang dapat mengancam perekonomian. Adanya pemberdayaan masyarakat melalui pengembangan lembaga sosial diharapkan untuk memperkuat posisi masyarakat dalam menjalankan fungsi manajemen wilayah pesisir.

Pelibatan masyarakat bersama-sama dengan Satuan Kerja Pemerintah Daerah (SKPD) di dalam pengelolaan wilayah pesisir Kota Semarang, sesuai dengan Perda Nomor 14 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang 2011-2031. Rencana Strategis Wilayah Pesisir Kota Semarang tersebut memberikan arah kebijakan kepada SKPD dan pemangku kepentingan dalam pengelolaan wilayah pesisir dan melaksanakan program-program pembangunan di wilayah pesisir, terkait dengan pencapaian tujuan ekologi, peningkatan ekonomi, pengembangan sosial budaya dan kelembagaan masyarakat pesisir.

Salah satu hal yang dilakukan Pemkot Semarang dalam menjaga lingkungan mangrove berbasis masyarakat, yaitu membentuk Kelompok Kerja Mangrove Kota Semarang (KKMKS) melalui Surat Keterangan Walikota Semarang No.0504/466 tanggal 22 Desember 2010. KKMKS merupakan sebuah forum silaturahmi dan kerjasama antara para penggiat mangrove yang ada di Kota Semarang, beranggotakan berbagai lapisan masyarakat. Anggota KKMKS membentuk sebuah jaringan mangrove di Kota Semarang yang berfungsi mengkoordinasikan program dan proyek mangrove yang sudah, sedang dan akan dijalankan. Tujuan dari didirikannya KKMKS adalah untuk mengendalikan kerusakan ekosistem mangrove, sehingga perlu dilakukan langkah strategis yang dapat menjamin terselenggaranya perlindungan, pelestarian, dan pemanfaatan ekosistem mangrove sebagai

sumberdaya di wilayah pesisir, sistem penyangga kehidupan dan kekayaan alam yang bernilai tinggi.

Darmawan (2001) menyampaikan, adanya pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu merupakan upaya dari berbagai lintas sektoral antara pemerintah, komunitas, ilmu pengetahuan, manajemen, kepentingan sektoral dengan kepentingan masyarakat dalam mempersiapkan dan perencanaan secara terpadu guna perlindungan dan pengembangan ekosistem pesisir beserta sumberdayanya. Adanya pengelolaan wilayah pesisir tersebut, bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup dari suatu komunitas masyarakat yang menggantungkan hidupnya dari sumberdaya yang terkandung di wilayah pesisir, sekaligus menjaga keanekaragaman hayati dan produktifitas dari ekosistem pesisir.

4. Regulasi untuk mendukung konsep pengembangan wanamina

Penanaman mangrove dalam tambak merupakan salah satu strategi yang dilakukan dalam memperbaiki wilayah pantai dengan tetap memberikan keuntungan secara ekonomi bagi masyarakat. Untuk menjaga keberadaan mangrove tersebut secara berkesinambungan, diperlukan adanya upaya perlindungan secara komprehensif melalui kegiatan di lapangan maupun dengan penerbitan peraturan perundang-undangan. Peraturan tersebut dapat digunakan sebagai payung hukum dalam kegiatan perbaikan wilayah pesisir, khususnya penanaman dan pengelolaan mangrove di dalam tambak.

Atas dasar tersebut di atas maka perlu disusun sebuah Peraturan Kelurahan (Perkel) tentang pengelolaan dan penanaman mangrove di dalam tambak (wanamina). Peraturan Kelurahan tersebut bukan untuk membatasi kegiatan budidaya ikan bandeng dan aktivitas perekonomian lainnya, melainkan untuk mengatur pengelolaan sumberdaya alam pesisir secara bijaksana dan berkelanjutan. Peraturan Kelurahan tentang wanamina juga sebagai payung hukum kelompok-kelompok masyarakat dalam berkegiatan di masing-masing wilayahnya. Sehingga diharapkan dapat mewujudkan lingkungan hidup yang lebih baik dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Ketiadaan aturan terkait pengelolaan wilayah pantai dengan penanaman mangrove di Dukuh Tapak, menjadikan kegiatan penanaman dan pengelolaan mangrove belum

terkoordinasi dengan baik. Pelaksanaan di lapangan sering menimbulkan interpretasi yang berbeda dari berbagai kelompok kepentingan dan menjadi salah satu sumber konflik antar kelompok masyarakat. Misalnya, Kelompok Petani Tambak kurang berkenan bila tambaknya ditanami tanaman mangrove sehingga kegiatan penanaman mangrove tidak bisa dilakukan. Selain itu juga, belum ada peraturan yang mengatur tentang jumlah ideal yang ditanam (kerapatan), pemilihan jenis yang ditanam, pemilihan lokasi tanam, dan kelompok yang berwenang dalam penanaman dan pengelolaan mangrove. Begitu pula belum ada sanksi yang tegas bagi masyarakat ketika menebang atau merusak tanaman mangrove.

Adanya Perkel tentang wanamina di Dukuh Tapak, diharapkan dapat memperbaiki kondisi wilayah pantai dan kerusakan tambak yang ada. Keberadaan Perkel ini diharapkan pula mencegah terjadinya konflik antar kelompok masyarakat, yang mempunyai kepentingan masing-masing. Di samping itu adanya peraturan penanaman mangrove di wilayah tambak, selain mempunyai fungsi konservasi lingkungan pantai, juga dapat meningkatkan produktivitas ikan/udang yang dipelihara oleh masyarakat.

Penyusunan Peraturan Kelurahan hendaknya melibatkan seluruh *stakeholder* Kelurahan, memetakan permasalahan, menjaring aspirasi dan merancang peraturan sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Peraturan Kelurahan yang dibuat hendaknya dapat disinergikan dengan peraturan daerah Kota Semarang, agar tidak terjadi tumpang tindih wewenang antara Kelurahan dengan Pemerintah Kota Semarang. Sebagaimana diatur dalam Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031 bahwa Kelurahan Tugurejo merupakan bagian dari sempadan pantai alami Kota Semarang yang masuk dalam kawasan perlindungan setempat. Kawasan perlindungan setempat sempadan pantai di Kota Semarang, meliputi Kel. Tugurejo, Kel. Mangkang Kulon, Kel. Mangunharjo, Kel. Mangkang Wetan, dan Kel. Randugarut yang ditetapkan dengan luas kurang lebih 175 ha.

SUMMARY

In coastal areas, mangrove ecosystems have a role as a good heavy metal bio-accumulator. Mangrove has an ability to absorb the metals from the environment. Mangrove has a tolerance capability and capacity to accumulate metals in contaminated sediments. The mangrove's ability is used as the basic concept of remediation (Krbek et al., 2011; Kumar et al., 2011; Gautier et al., 2001; MacFarlane et al., 2003; 2007). *Avicennia marina* is a pioneer plant that is widely grows in the coastal city of Semarang. *A. marina* has good potential on copper (Cu) accumulation in sediment. It was showed by the high Cu accumulation in its roots and leaves with Bio Concentration Factor (BCF) and Translocation Factor (TF) at a value > 1 (Usman et al., 2013).

According to Martuti (2012; 2013), the Cu concentration in the pond water in Dukuh tapak showed 0,007 ppm - 0.06 ppm (2014), whereas in Tapak River was at 0.013 to 0.037 ppm. These results indicated that the Cu content in Dukuh Tapak waters were surpassed the specified sea water quality standard. Heavy metal in the contaminated waters will be accumulated in the sea biota, especially on the farmed biota that live in surface waters, including commodities of farmed fish in aquaculture ponds along the coastal areas. Cu may affect individuals and populations of organisms in aquatic ecosystems. The effects of copper on aquatic organisms could be deadly. Copper is also harmful because it affects the olfactory in fish (Solomon, 2009).

In fact, there was no study has reported on Cu absorption and accumulation in the medium (water and sediment), in *A. marina* plants (roots, leaves and litter) as well as in the milkfish that live in pond ecosystems. Therefore, this research should be conducted to determine the dynamics of copper (Cu) in milkfish pond ecosystem. It is assumed that the bioaccumulation of metals in the ecosystem of ponds can be further explained by the presence of the Cu movement in the water, sediments, mangroves, and its bio-accumulation in fish reared in aquaculture ponds.

The purpose of this study were (1) to analyze the concentration of Cu in water and sediment of milkfish aquaculture ponds in Dukuh Tapak; (2) to analyze the translocation of Cu in mangrove plants *A. marina* (roots, leaves and litter); (3) to analyze the levels of Cu elimination through a process of *A. marina* leaf litters defoliation; (4) to analyze the pattern of Cu accumulation in milkfish during their growth periods in ponds; and (5) to plan the environmental management strategies on milkfish ponds in Dukuh Tapak associated by the presence of mangroves and metal pollution. The originality of the research is to link the ability of *A. marina* plants to accumulate Cu metal from its environment and its association with the metal cycle dynamics in waters and the milkfish reared in the ponds.

The research was conducted on milkfish aquaculture ponds in Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu, Semarang City. Dukuh Tapak is one of Semarang coastal areas where there are many fish and shrimp aquaculture ponds. In addition to an area of aquaculture, Dukuh Tapak also owns the mangrove ecosystems of coastal areas in the city of Semarang. This location was selected based on the existence of industrial area that lied in Tambakaji along the upstream part of Tapak River. Also, this area was rich of milkfish aquaculture ecosystems. Moreover, there were many types of *A. marina* plants along the fish ponds.

The study was conducted over seven months; four months of field investigation, and three months of lab investigation in the Laboratory of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Soegijapranata Catholic University. The sample in this study consisted of: water, sediment, *A. marina* (roots, leaves and litters), and milkfish (*Chanos chanos*). Samples were taken in time series every 2 weeks for 12 weeks, in ponds without *A. marina* (Pond 1) and ponds with *A. marina*. The Cu concentration on samples was analyzed by the method of AAS.

In this study, the data analysis techniques used were the linear regression and non-linear regression. Regression models aimed to describe the relationship between independent variables with the dependent variables. Cu that accumulated in fish was evaluated by the model of single compartment toxic kinetics. Furthermore, the data of Cu

accumulations in water, sediment, *A. marina* and fish were calculated for its FK, BCF and TF.

The results showed that the Cu concentration of pond waters in Dukuh Tapak was higher (0.02 to 0.05 mg / L) than the water quality standard according to the Decree of the Minister of Environment No. 51 in 2004 on Sea Water Quality Standard for Cu (0.008 mg / L). The concentration of Cu in sediment of pond 1 was higher than the sediment in Pond 2. The concentration of Cu in the water and sediment at Pond 1 showed an increasing trend, whereas in Pond 2, it showed a declining trend from week 0 to week 12.

The concentration of metals in water and sediments of a region depends on the presence of human activity in the upstream side. Dukuh Tapak is an area that dominated by the settlements, agricultures, and industries causing the region to have a potential risk of contamination by the hazardous materials, including metals. The existence of Cu in the pond water can cause animals (fish) contaminated with these heavy metals. Therefore, the presence of metals in the pond water environment is needed to be wary of.

Pond' sediments are part of the wetlands that have the ability to accumulate the pollutants, i.e. Cu from the aquatic environments. The ability of sediment to accumulate the heavy metals from waters had promoted the pond sediments to act as a filter of the pollutants obtained from Tapak River. Cu is a heavy metal that is susceptible to be deposited in the sediment. Therefore, the accumulation of Cu in sediment will be higher than in the water column (Purwiyanto, 2013). These results indicated that the sediments are the important part in the mangrove system for its ability to store heavy metals from the environment.

A. marina has an ability to translocate the Cu metal in their tissues. It was proved by the smallest concentration of Cu was found in the root, followed by the concentration in the leaf, and then the highest was found in litter. The results of the regression analysis showed a significant influence of period of time on the concentration of Cu in the roots, leaves, and litter of *A. marina*. *Concentration Ratio (CR)* value between the roots of *A. marina* and the pond sediments was ranged from 0.04 to 0.13; this result showed the increasing trend from 0-8 weeks. However, it was later fell back to the 12th week. TF value between the leaves

and roots of *A. Marina* was ranged from 0.4 to 1.1. It indicated that there was a process of supply and translocation of Cu from the root to the leaves, which when the translocation of Cu from roots decreased the Cu content in the roots and then was added to the leaves. Resulting in the reduction and the addition processes between root and leaf. When a translocation of Cu occurs, then it will reduce the amount of Cu in the roots and then be added to the leaves. The result of translocation process is the subtraction in roots and addition in leaves.

Root is a plant tissue that is directly connected to the sediments and it absorbs the nutrients from the sediment. Therefore, the pollutants contained in sediment will also be absorbed by the roots, followed by transfer to another plant tissue. The longer the interactions between roots and sediment, the concentration of metal that accumulated in the root tissues will also increase. Abohassan (2013) stated that the sediment in mangrove ecosystems accumulated the highest heavy metal content, followed by mangrove plant parts (roots, stems and leaves). As pointed out by Setiawan (2013), through its roots, mangroves can absorb heavy metals contained in sediments and water. Furthermore, as a pollutant trap, mangroves will accumulate the heavy metals (Purwiyanto, 2013).

Metal accumulation in the leaves is one form of plant adaptation to heavy metals, through a process of metal translocation from roots to leaves. The longer period of accumulation time, the more metals from roots translocate into the leaf tissue. These results demonstrate the ability / role of *A. marina* as the hyper-accumulator plants, which are able to accumulate metals from the environment. The ability of *A. marina* as the hyper-accumulator is indicated by the highest concentration of Cu in the leaves. As reported by Subiandono et al. (2013), the leaves were involved as good parameter in determining the ability of absorption of heavy metals in mangrove. The accumulation of Cu in the roots and leaves of plants indicates a mechanism of phytoremediation (Dedy et al., 2013).

The concentration of Cu in the litter showed the same trend with the metal concentrations in the leaves. The metal contained in the leaves was eliminated through the old leaves that fell off, causing high concentration of Cu in litters. The removal of Cu through the fallen leaves was a form of plant adaptation from the excessive concentration of

Cu in its tissues. As stated by Barutu et al. (2014), the amount of metal accumulation in the leaves was a localization efforts made by plants. It proposed one plant organ that can accumulate in both intracellular and extracellular. This process is one form of active plant excretion through the glands in the canopy, or passively by the accumulation in the leaves with a marked loss of older leaves.

The BCF values in roots and sediment were very small; it demonstrated a lack of *A. marina* roots ability to accumulate the ponds sediment. Some roots of *A. marina* acted as the respiratory roots on the surface of the sediment and also on the water surface as a dorm of plant adaptation to tidal conditions. Under these conditions, it caused a low metal accumulation by the hair roots. On the other hand, these results demonstrated the role of *A. marina* as the hyper-accumulator, which is a type of plant root tissue ability to absorb metals from sedimentary environment. Furthermore, these metals will be translocated to the top part of the plants (stem and leaf). Plants act as the hyper-accumulator can be used as the agent of phytoremediation on the polluted environment.

Based on the TF values between roots and leaves, it can be seen that the roots of *A. marina* supplies the Cu through the process of translocation to the leaves. These results suggested that *A. marina* has the ability to distribute Cu from the roots to the leaves. Einollahipeer et al. (2013) stated that *A. marina* showed a significant TF value results among the concentration of Cu in the stems, leaves, and roots. This plant showed the ability to tolerate and to accumulate heavy metals related to the phyto-stabilization.

Excretion is one of the plants mechanisms on facing the toxic concentrations in the environment. The loss of litter is carried by *A. marina* to eliminate redundant Cu metal in their tissue. Given this mechanism, plants will survive, even though their environment is polluted by metals. The presence of metal excretion process of plant tissue through leaf litter can restore these metals into the environment. The return of metals into the environment through litter is an adaptation mechanism of plants under extreme environmental conditions. Chaney et al. (1998) said that heavy metals was distributed to the entire plant tissues to leaf through the process of uptake in the roots, stored in the tissues, and then it was released into the environment through the release of the leaves.

Cu metal concentrations in fish that lived Pond 1 were ranged from 1.289- 4743 mg / kg, and in Pond 2 were in between of 1.620- 3.396 mg / Kg. These results indicated that the concentration of Cu in fish in Pond 1 was higher than Pond 2. The regression test results showed that the exposure time affected the concentration of Cu in fish. The concentration of fish ponds Ponds 1 and 2 was smaller than the threshold specified by BPOM No. 03 725 / B / SK / VII / 89 of 1989 amounted to 20 ppm. Although the concentration was relatively small; it should be wary of the presence of Cu in fish tissue that must be related to food safety. Milkfish is a fish that is popular and has a high economic value in the city of Semarang. The occurrence of the over consumption of contaminated milkfish in a long period of time may affect human health.

In Pond 2 in which there were the present of *A. marina* showed that the Cu metal accumulation in plant tissues of the plants. These results indicated that Cu in most waters have accumulated in *A. marina*, causing the metal concentration that was accumulated in milkfish showed a declining trend. The condition represented the role of *A. marina* as the agent of phytoremediation on fish farms to control and to improve the water quality.

Increasing of Cu concentrations in fish was because of the fish's ability to accumulate metals from their environment. The presence of metal in the water can be absorbed by the body of the fish, either directly or indirectly. Direct intake of metal into the body of the fish can occur through oral process through food and respiration. While the indirectly intake of metals is through the process of attachment of the metal in fish tissue via its body. Therefore, the fish that live in the polluted waters of Cu will accumulate the metals contained in water. The longer the fish interact with these waters, the higher the concentration of metals in the body tissues of the fish. These results indicated a metal bio-concentration process from the water environmental to the fish organs that live in these waters.

Based on the observations and the predictions of single compartment toxic kinetic model, it was obtained that the BCF value at 15.13 in Pond 1 and 2.67 in Pond 2. Based on the observations and predictions of Cu metal concentrations in milkfish Pond 1 and Pond 2, it showed a visible presence of increasing Cu concentrations time to time. These results

indicated that fish have the ability to accumulate metals from the environment. Accumulation of heavy metals may occur as bio-concentration mechanism from the water, directly; and also through the process of bio-magnification through the food chain in aquatic animals (Connell & Miller, 1995). According to Van der Oost et al. (2003) the low BCF value is less than 100; medium BCF value showed in between 100-250, and high BCF value was over 300. Based on the criteria of Van der Oost et al. (2003), the BCF value in the fish studied in this research, it showed a low BCF result. Despite its low BCF value, it indicated the presence of Cu accumulation from water to the fish organs. The accumulation was possible because milkfish tend to live in the water column that much going on contact with water.

The water quality studied include: water temperature, pH, salinity and dissolved oxygen were still in the good range for the milkfish cultivation media. The concept wanamina in Dukuh Tapak was developed to obtain the best solution in the development of coastal areas Semarang. With the concept of Wanamina, it was expected to create a balance between the economic interests of the community in the form of fish farms, with the protection of coastal areas with mangrove planting.

A. marina grows in milkfish can provide benefits for fish farmers. Besides their ability to accumulate metals, the plant also can increase the strength of the structure of the pond. As stated by Diarto et al. (2012), the most appropriate mangrove species to be grown in aquaculture is *A. marina*, with the consideration that the roots of mangrove species will not damage the dikes and can help hold the pond dikes, comparing with *Rhizophora mucronata* which has a taproot. It can damage the dike because in the long term roots can penetrate the dike; therefore, the water from the pond would be mixed with the other ponds. Furthermore, also presented by utilizing *A. marina* just need to make removal of sediment ponds as much as 1-2 times a year. As for *Rhizophora mucronata* require removal of accumulated sediment ponds 3-4 times a year, meaning technically. Operational would be more economical by utilizing *Avicennia marina*.

The dynamics of Cu on milkfish is also indicated by the concentration of Cu in fish that have a relationship with the concentration of metals in water, sediments, and the

presence of plants *A. marina*. In milkfish that lives in the pond contained *A. marina* (Pond 2), shows the lower concentration of Cu comparing with the milkfish live in reared ponds without any *A. marina*. This result has been demonstrating the role of *A. marina* in metals accumulation on the fish living media. As presented by Hamzah and Setiawan (2010), *A. marina* is one of the mangrove species as phytoremediator on heavy metal contaminated environment. These results are in accordance with one of the functions of mangrove forests, namely as an absorbent element of a toxic pollutant. Further Gunawan and Anwar (2008) present the results of research on Hg content in fish that live in common ponds shows 49 times higher concentration than in the fish that live in the mangrove forests. This phenomenon is also found twice higher in shrimp. Ma et al. (2001) stated that phytoremediation is one solution that is cheap cost, long lasting usage, and non-tedious work to solve every contaminated area. One application of phytoremediation is Phytostabilization. Phytostabilization is an attempt to reduce the amount of pollutants where the plants used as ingredients in order to reduce the level of metal movement in soil or sediment.

In accordance with the research results, recommended measures / strategies and improved management of ponds in Dukuh Tapak region are as follows:

1. Planting *A. marina* in a fish culture separated area

The concept of wanamina is given to separate the fish ponds with mangrove planting. The existence of separated-ponds supports the role of mangrove as phytoremediation will still take place, without disturbing the fish pond. The first strategy is to avoid the return of metals to the environment due to the elimination of metal through defoliation litter.

Advantages of the separation between fish ponds with mangrove plantation area can maximize the function of mangroves as phytoremediation, without disturbing the pond as fish farming. As pointed out by Kumar et al. (2011); Gautier et al. (2001), the mangrove ecosystem plays an important role as a natural filter and control pollution due to the peculiarities of its root system that succeeded in controlling the quality of water and a trap sediment and particles carried by the currents of the estuary to the ocean. The statement

was reinforced by the opinions of MacFarlane et al. (2007) which state that mangrove ecosystem role as phytostabilizers can help to neutralize potentially toxic metals from the environment.

Selection of the right type of mangrove and mangrove density settings become one of the things that must be considered. In Dukuh Tapak until 2016 there is no rule or provision to plant a certain number and type of mangrove in fish ponds. According to Fitzgerald and William (2002), the density of mangrove near fish ponds should be low (2000 ind/ha), whereas for the cultivation of shrimp and crabs, the density must high. Their implementation wanamina system can provide economic benefits of the mangrove area while maintaining aspects of environmental sustainability.

2. Installation of litter catcher nets in plants *A. marina* located in the pond.

Research on Cu metal accumulation in *A. marina* (Figure 13), shows the concentration of Cu litter > leaves > roots. These results demonstrate the ability of plants to adapt to the metal, the metal is absorbed through the roots subsequently removed / eliminated through litter. Litter that falls can restore (return) metals into the environment of plants. Litter that falls into the environment will break down into detritus which is food for fish / shrimp reared in ponds.

In fact, the capability of litter in the metal restoration to the environment, there should be a strategy to prevent the return of metal that has accumulated in the plant into the environment. In accordance with the opinion of Lotfinasabasl and Gunale (2012) and Abohassan (2013), that *A. marina* leaf litter can return the metals to the environment. One strategy that can be done to prevent the metal back into the environment is by trapping of fallen litter using nets container. Their nets can avoid elimination of metal container on a litter into the water or sediment ponds. Therefore, the ability of plants to accumulate metals in ponds can be maximized.

Litter is one part of mangrove plants that have a significant role to the ecosystem of the pond. Litter is a dropping of the organs of plants, such as leaves, twigs, flowers and fruits that form a layer on the surface of the soil (Spurr and Burton 1980). Leaves are the

largest component of litter. The high contribution of leaf litter compared with other components is caused by faster biological leaf formation than other plant parts such as reproductive organs i.e. flower /fruit and twigs. The color of falling mangrove leaves is yellow since it unable to perform its primary function of photosynthesis (Miasto, 2010).

3. Environmental management of community-based coastal areas

There has been no formal institution in the development of wanamina in Dukuh Tapak. By looking at the enthusiasm, the desire, and hope and their local knowledge on the local community, the institutional form of the most ideal is institutional participation, i.e. in addition to involving various stakeholders also involves the community as an object and as a subject in all activities relating to the development wanamina. Institutional formation has to be supported by the legal framework and policies are based on the strong commitment of all parties (Diarso, 2012).

Environmental management in Dukuh Tapak is quite dynamic; it is based on their Prenjak environmental groups and groups of Sido Rukun fish farmers are in synergy on improving the environment. Planting of mangroves by environmental groups Prenjak Tapak in Dukuh Tapak, performed at locations around the pond fish / shrimp pond farmers belonging to the group. However, there is no socialization and assistance related to pilot the wanamina that can benefit all parties without damaging the environment.

Revitalization with mangrove planting in the pond can be done with a good cooperation between aquaculture farmers with the people concerned about the environment. Revitalization can be done together with the related department; it is possible for their planting programs conducted by several related agencies. Besides, it is necessary to socialization and guidance to the community, especially fish farmers on the application of wanamina. Wanamina program is undertaken to support the management of mangrove good while maintaining the integrity and preservation of the environment. Their wanamina can provide economic and social benefits to the communities in a sustainable manner. Fish farming system with wanamina accordance with Article 3 of Law No. 5 of 1990 about Conservation of Biological Resources and Ecosystem, conservation of natural resources

and ecosystems aims to pursue the realization of conservation of natural resources as well as the balance of its ecosystem so that it can better support efforts to improve the welfare of society and the quality of human life.

To enhance the community's role in the protection of the territory and natural resources is the necessary social institutions to promote the role of the community together. The spirit of togetherness will encourage efforts to empower communities to protect the territory of the damage that could threaten the economy. The existence of community empowerment through the development of social institutions is expected to strengthen the position of communities in coastal zone management function.

Involving the community together with the Local Government Unit (SKPD) in coastal management Semarang is in accordance with law No. 14 of 2011 on Spatial Planning Semarang 2011-2031. Strategic Plan for the Coastal Zone Semarang provides policy direction to SKPD and stakeholders in coastal zone management and implementing development programs in coastal areas, related to achieving the goals of ecological, economic improvement, social, cultural and institutional development of coastal communities.

One of the things that made the Semarang City Government in maintaining community-based mangrove environment, which formed a Working Group on Mangrove Semarang (KKMKS) through the Certificate of Semarang Mayor No.0504 / 466 dated December 22, 2010. KKMKS is a forum of friendship and cooperation between activists mangrove in the city of Semarang, consisting of various levels of society. KKMKS members form a network of mangrove in Semarang functioning mangrove coordinate programs and projects that have been, are and will be executed. The purpose of the establishment of KKMKS is to control damage to the mangrove ecosystem, so we need a strategic step to ensuring the protection, conservation, and utilization of mangrove ecosystems as resources in coastal areas, life support systems and the natural resources of high value.

Darmawan (2001) stated that the management of integrated coastal resources is an effort of the various cross-cutting between the government, community, science,

management, sectoral interests with the public interest in the preparation and planning in an integrated manner to the protection and development of coastal ecosystems and their resources with the aim of increasing the quality of life of a community of people who depend on the resources contained in the coastal areas while maintaining biological diversity and productivity of coastal ecosystems.

4. Regulations to support the development on wanamina concept

Planting mangroves in the pond is one of the strategies undertaken to improve coastal areas while providing economic benefits of community. To maintain the existence of the mangrove on an ongoing basis, efforts are required for comprehensive protection activities in the field and with the publication of legislation. The regulation can be used as a legal umbrella for the activities of improvement of coastal areas, in particular the establishment and management of mangroves in the pond.

On the basis of the above will need to establish a Village Regulation (Perkel) on the management and mangrove planting in pond (wanamina). The village regulation is not to limit the activities of fish farming and other economic activities, but rather to regulate the management of coastal natural resources wisely and sustainably. Those regulations concerning with wanamina is used as legal cover for community groups in the activities in each region. Therefore, it is expected to create a better living environment and improve the quality of life.

To the lack of rules relating to the management of coastal areas with mangrove planting in Dukuh Tapak, making management of mangrove planting activities and not well coordinated. So that the implementation in the field often lead to a different interpretation of the various interest groups and become a source of conflict between communities. For example, Farmers Pond less pleasing when planted mangrove ponds so that mangrove planting activities can not be done. In addition, there are no regulations governing the ideal amount planted (density), the selection of species are grown, plant site selection, and the group in charge of the establishment and management of mangrove. Similarly, there are no strict sanctions for the people when cut down or damage the mangrove plants.

The Perkel about wanamina in Dukuh Tapak is expected to improve the condition of coastal areas and damage the existing pond. The existence of this Perkel is also expected to prevent conflicts between community groups, which have their respective interests. Besides, the mangrove planting regulations in the area of the pond, in addition to having the function of conservation of the coastal environment, can also increase the productivity of fish / shrimp were maintained by the community.

In the preparation of the Village Regulations should involve all stakeholders Village, mapped the problem, aspiration and designing regulations in accordance with the legislation. Village regulations are made should be synergized with local regulations Semarang, in order to avoid overlapping of authority between the Village and the Government of Semarang. As stipulated in the Regulation of the Semarang City Number 14 Year 2011 on Spatial Planning Semarang City Year 2011-2031 stated that Tugurejo Village is part of the natural coastal border of Semarang city is included in the local protected areas. The local coastal borders protect the areas in the city covering Kel. Tugurejo, Kel. Mangkang Kulon, Kel. Mangunharjo, Kel. Mangkang Wetan, and Kel. Randugarut defined with an area of approximately 175 ha.

The regulation from the relevant agencies on the importance of mangroves in coastal areas, mainly in aquaculture ponds is necessary. The existence of mangroves in coastal areas can reduce the environmental pollution. The use of mangroves as part of wanamina, it is required to use of nets to trap the falling litters into the aquatic environment. This is intended to prevent the return of metal from mangroves to the environment. For more application on these results, it is necessary to do socialization on the role of mangroves as the good and safe agent of pollutant phytoremediation to the fish farmers in the ponds environment.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI.....	v
BIODATA PENULIS.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xii
RINGKASAN.....	xiii
SUMMARY.....	xxvii
DAFTAR ISI.....	xl
DAFTAR GAMBAR.....	xliii
DAFTAR TABEL.....	xlv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xlvi
INDEX.....	xlvii
GLOSARI.....	xlix
DAFTAR SINGKATAN.....	liii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	8
C. Orisinalitas.....	9
D. Tujuan Penelitian.....	13
E. Manfaat Penelitian.....	14
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	15

A. Kemampuan Mangrove sebagai Bioakumulator Logam Berat....	15
B. Mekanisme Penyerapan Logam Berat dan Pengaruhnya pada Tumbuhan.....	16
C. Konsentrasi Logam Berat Pada Tumbuhan Mangrove.....	20
D. Transport dan Translokasi Logam Pada Mangrove	21
E. Sedimen dalam Ekosistem Mangrove.....	23
F. Dinamika Logam di Ekosistem Mangrove.....	24
G. Logam Cu dan Ekosistem Mangrove.....	27
H. Akumulasi Logam oleh Ikan.....	29
I. Toksikokinetika.....	31
J. Pencemaran Logam di Semarang.....	33
K. Wilayah Tapak.....	34
L. Strategi Pengelolaan Wanamina.....	36
BAB III. KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP	40
A. KerangkaTeori.....	40
B. Kerangka Konsep.....	45
C. Hipotesis.....	46
BAB IV. METODE PENELITIAN.....	48
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	48
B. Desain Penelitian.....	50
C. Populasi dan Sampel.....	50
D. Variabel Penelitian.....	51
E. Materi Penelitian.....	53
F. Teknik Pengumpulan Data.....	53
G. Analisis Data dan Uji Statistik.....	58
H. Alur Penelitian.....	60
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61

A. Hasil Penelitian	61
A.1. Konsentrasi Logam Cu Dalam Air dan Sedimen Tambak.....	61
A.2. Konsentrasi Logam Cu pada <i>Avicennia marina</i>	66
A.3. Konsentrasi Logam Cu pada Ikan Bandeng.....	74
B. Pembahasan.....	79
B.1. Konsentrasi Logam Cu Dalam Air dan Sedimen Tambak Bandeng.....	79
B.2. Konsentrasi Logam Cu dalam <i>Avicennia marina</i>	88
B.3. Eliminasi LogamCu Melalui Proses Defoliiasi Serasah Daun <i>Avicennia marina</i>	105
B.4. Pola Akumulasi Logam Cu Ikan Bandeng Selama Periode Pertumbuhan.....	107
B.5. Dinamika Logam Cu dalam Ekosistem Tambak Bandeng.....	121
B.6. Strategi Pengelolaan Lingkungan Tambak Bandeng.....	127
 VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	 141
A. Kesimpulan.....	141
B. Saran.....	143
 DAFTAR PUSTAKA.....	 144
 LAMPIRAN.....	 159

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Fitoremediasi logam dalam tumbuhan.....	18
2	Uptake dan translokasi logam dalam tumbuhan.....	19
3	Model Kompartemen Tunggal Bioakumulasi Bahan Pencemar.....	32
4	Kerangka Teori Penelitian.....	44
5	Kerangka Konsep Penelitian.....	45
6	Peta lokasi penelitian Wilayah Tapak Tugurejo Semarang.....	49
7	Tambak bandeng lokasi penelitian	54
8	Gambaran tambak bandeng yang penelitian.....	55
9	Akar <i>Avicennia marina</i> yang diambil sebagai sampel penelitian.....	56
10	Daun muda <i>Avicennia marina</i> yang diambil sebagai sampel penelitian.....	57
11	Serasah daun <i>Avicennia marina</i> yang diambil sebagai sampel penelitian.....	57
12	Alur penelitian.....	60
13	Rata-Rata \pm Standar Deviasi Konsentrasi Logam Cu dalam Air Tambak di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Semarang.....	62
14	Rata-Rata \pm Standar Deviasi Konsentrasi logam Cu dalam Sedimen Tambak Penelitian di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Semarang.....	63
15	Perbedaan Konsentrasi Logam Cu pada Air dan Sedimen Tambak tanpa <i>Avicennia marina</i>	63
16	Perbedaan Konsentrasi Logam Cu pada Air dan Sedimen dan Tambak dengan <i>Avicennia marina</i>	64
17	Rata-Rata \pm standar deviasi Konsentrasi Logam Cu pada Akar, Daun dan Serasah <i>Avicennia marina</i> di Dukuh Tapak, Kelurahan	66

	Tugurejo, Kecamatan Tugu, Semarang.....	
18	Perbedaan Konsentrasi Logam Cu pada Sedimen dan Akar <i>Avicennia marina</i>	70
19	Nilai Rasio Konsentrasi antara sedimen dan akar <i>A. marina</i> Tambak 2.....	70
20	Perbedaan Konsentrasi Logam Cu pada Sedimen dan Daun <i>A. marina</i>	71
21	Nilai Rasio Konsentrasi antara Sedimen dan Daun <i>A. marina</i> pada Tambak.....	72
22	Perbedaan Konsentrasi Logam Cu pada Akar dan Daun <i>A. marina</i>	73
23	Perubahan konsentrasi logam Cu dalam ikan bandeng Tambak 1....	76
24	Perubahan konsentrasi logam Cu dalam ikan bandengTambak 2....	77
25	Morfologi Akar <i>Avicennia marina</i>	123
26	Ekskresi garam pada daun <i>Avicennia marina</i>	125
27	Kondisi mangrove di Tambak Dukuh Tapak.....	128
28	Tambak wanamina dengan model mangrove terpisah kolam ikan...	130
29	Model jaring penangkap serasah tumbuhan mangrove.....	132

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Perusahaan yang berpotensi membuang limbah di Sungai Tapak Semarang.....	35
2	Matrik Definisi Operasional Variabel.....	52
3	Nilai Faktor Konsentrasi logam Cu Tambak 1 dan Tambak 2.....	65
4	Analisis Regresi Pengaruh Waktu terhadap Konsentrasi Logam Cu pada Mangrove <i>A. marina</i> di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Semarang.....	68
5	Nilai TF Akar dan Daun <i>Avicennia marina</i>	74
6	Rata-Rata \pm Standar Deviasi Konsentrasi Logam Cu pada Ikan Bandeng di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Semarang.....	75
7	Nilai Dugaan Parameter Toksikokinetik Logam Cu dalam Ikan Bandeng.....	76
8	Faktor Lingkungan Hidup Ikan Bandeng.....	78

Daftar Lampiran

Lampiran		Halaman
1	Rekap Kandungan Logam Cu Dalam Air Tambak.....	160
2	Rekap Kandungan Logam Cu Dalam Sedimen Tambak.....	161
3	Rekap Kandungan Logam Cu Dalam Tumbuhan <i>Avicennia marina</i>	162
4	Rekap Kandungan Logam Cu Dalam Ikan Bandeng.....	164
5	Analisis Regresi Parameter Penelitian.....	165
6	Data Curah Hujan, Suhu Udara dan Kelembaban Udara Rata-Rata Bulanan Kota Semarang, Tahun 2015	173
7	Prosedur Standar Operasional Destruksi Logam Berat Menggunakan <i>Teflon Boom</i>	174
8	Dokumentasi Kegiatan.....	179

INDEX

	Halaman
A	
AAS	50,52
Ameliorasi	17, 96
B	
<i>Bio Concentration Factor</i>	3, 97, 112
Bioakumulasi	6, 7, 8, 21, 29, 30, 32, 42, 106, 107, 113, 114
Bioakumulator	2, 15, 87, 101,
<i>Bioavailable</i>	26, 104,
<i>Biogeochemical Barriers</i>	21
Biogeokimia	16
Biomagnifikasi	30, 110,
Biomassa	26, 121,
D	
Defoliasi	9, 13, 14, 46, 47, 67, 97, 103, 127, 139
Detritus	40, 41, 96, 104,
Dilusi	17, 26
E	
Ekosistem	3, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 34, 37, 39, 40, 41, 48, 51, 61, 80, 81, 86, 87, 95, 96, 99, 104, 107, 113, 118, 120, 126, 127, 129, 131, 133, 134
Ekskresi	6, 11, 17, 21, 92, 95, 103, 104, 121, 122
Endodermis	16, 102
Estuari	25
<i>Euryhaline</i>	117
<i>Excluder</i>	100, 101
F	
Fitoremediasi	2, 7, 9, 18, 26, 41, 91, 97, 98, 99, 105, 106, 113, 120, 123, 126, 127, 140.
Floem	17, 18, 22, 102
H	
Hidrofobik	16
<i>Hyperaccumulator</i>	8, 101
K	
Koenzim	28, 79,
Komunitas	15, 27, 40, 126, 134

L	
Logam berat	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 35, 40, 41, 42, 51, 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 123
M	
Metallophytes	16
<i>Metallotionein</i>	108
Mineral makro	27, 28
Mineral mikro	27, 28, 109
P	
<i>Pneumatofor</i>	125
Polutan	7, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 33, 40, 80, 89, 96, 106, 123
S	
Serasah	7, 9, 10, 13, 14, 26, 27, 41, 42, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 61, 65, 66, 67, 68, 82, 83, 93, 94, 95, 96, 102, 103, 104, 121, 128, 129, 138,
Sukulensi	6
T	
Toksikokinetik	31, 59, 72, 73, 74, 110
<i>Translocation Factor</i>	3, 11, 23, 52, 71, 97, 99,
Transpirasi	16, 17, 98, 102
W	
Wanamina	12, 36, 37, 38, 115, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 134, 136, 139, 140
X	
Xilem	17, 22, 102

GLOSARIUM

- AAS** = *Atomic Absorption Spectroscopy* merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas
- Ameliorasi** = Mekanisme penanggulangan tumbuhan dalam menghadapi konsentrasi toksik
- Avicennia marina*** = Jenis tanaman mangrove dari famili *Acanthaceae* memiliki toleransi terhadap kadar garam tinggi dengan ciri spesifik akar napas yang berbentuk pensil yang muncul 10-30 cm dari substrat.
- Bio Concentration Factor*** = Kemampuan organisme dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungan tempat hidupnya
- Bioakumulasi** = Akumulasi suatu bahan kimia dalam suatu makhluk hidup sampai suatu kepekatan yang lebih tinggi dari pada yang ada dalam suatu sumber dari luar.
- Bioakumulator** = Kemampuan organisme pengakumulasi bahan kimia (logam berat)
- Bioavailable*** = zat organik maupun non organik yang dapat dimanfaatkan kembali oleh organisme
- Biogeochemical Barriers*** = Kemampuan perlindungan tanaman terhadap proses biologi geologi dan kimia.
- Biofilter** = Teknik mengontrol polusi menggunakan material hidup melalui penangkapan dan mendegradasi unsur biologi pencemaran
- Biogeokimia** = Daur ulang air dan komponen-komponen kimia (unsur kimia) yang melibatkan peran serta dari makhluk hidup termasuk manusia dan bebatuan/geofisik
- Biomagnifikasi** = peningkatan konsentrasi substansi atau senyawa dalam jaringan makhluk hidup, dengan semakin tingginya tingkatan trofik dalam jaring makanan.

Biomassa	= material yang berasal dari organisme hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan, hewan dan produk sampingnya seperti sampah kebun, hasil panen dan sebagainya.
Defoliasi	= Pengguguran daun akibat proses fisiologis tanaman sendiri atau karena faktor eksternal misalnya secara sengaja dipotong untuk keperluan perawatan tanaman maupun panen.
Detritus	= partikel organik hasil dari proses penguraian.
Dilusi	= Proses pengenceran dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga dapat mengurangi toksisitas logam tersebut.
Ekosistem	= sistem kehidupan berupa interaksi berbagai jenis makhluk hidup (biota) dengan berbagai faktor nirhidup (abiota) seperti tanah, air, mineral, udara dan sebagainya
Ekskresi	= Proses fisiologi organisme untuk mengeluarkan produk sampingan hasil metabolisme
Endodermis	= Lapisan paling dalam pada bagian korteks yang dilindungi dinding-dinding tebal (pita kaspari) yang membatasi antara lapisan korteks dengan stele.
Estuari	= badan air setengah tertutup di wilayah <u>pesisir</u> , dengan satu <u>sungai</u> atau lebih yang mengalir masuk ke dalamnya, serta terhubung bebas dengan <u>laut</u> terbuka
<i>Euryhaline</i>	= Kemampuan ikan bandeng hidup pada perairan dengan kisaran salinitas cukup lebar
<i>Excluder</i>	= tumbuhan yang secara efektif dapat membatasi tingkat translokasi logam berat dalam diri mereka dengan mempertahankan konsentrasi yang relatif rendah pada bagian tunas tumbuhan (daun), akan tetapi tumbuhan tersebut masih bisa mengakumulasi logam dalam bagian akarnya
Fitoremediasi	= Suatu sistem dimana tanaman tertentu pada lingkungan (tanah atau perairan) yang dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/pollutan) menjadi kurang atau

	tidak berbahaya.
Floem	= Jaringan pengangkut pada tumbuhan yang berfungsi untuk mendistribusikan produk proses fotosintesis ke seluruh jaringan tumbuhan
Hidrofobik	= Tidak larut dalam air
Hyperaccumulator	= spesies tanaman dapat mengakumulasi logam pada jaringan atas tanah pada konsentrasi yang lebih tinggi dari pada konsentrasi logam yang ada di tanah
Koenzim	= Molekul yang mengikat enzim dan sangat penting untuk aktivitasnya tetapi tidak diubah permanen oleh reaksi.
Komunitas	= Kelompok organisme yang hidup dan saling berinteraksi di dalam satu ekosistem.
Logam berat	= logam dengan <u>massa jenis</u> lima atau lebih, dengan nomor atom 22 sampai dengan 92. Logam berat dianggap berbahaya bagi kesehatan bila terakumulasi secara berlebihan di dalam tubuh. Beberapa di antaranya bersifat membangkitkan <u>kanker</u> (karsinogen). Demikian pula dengan bahan pangan dengan kandungan logam berat tinggi dianggap tidak layak konsumsi.
Mangrove	= Suatu 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.
Metallophytes	= Tumbuhan yang suka atau toleran tumbuh pada daerah dengan kandungan mineral yang khas.
Mineral makro	= Mineral yang dibutuhkan oleh organisme dalam jumlah besar
Mineral mikro	= Mineral yang dibutuhkan oleh organisme dalam jumlah kecil
Pollutant Trap	= Kemampuan menahan bahan-bahan polusi
Polutan	= bahan alami atau sintetis penyebab pencemaran, tanah, air, atau udara

- Serasah** = Sampah-sampah organik yang berupa tumpukan dedaunan kering, rerantingan, dan berbagai sisa vegetasi lainnya di atas lantai hutan atau kebun yang sudah mengering dan berubah dari warna aslinya.
- Sukulensi** = Penebalan dinding sel pada tumbuhan
- Sylvofishery*** = Salah satu bentuk budidaya ikan di wilayah pesisir yang saat ini sedang berkembang
- Toksikokinetik** = Proses perjalanan racun dalam tubuh organisme
- Translokasi** = Kemampuan tanaman dalam memindahkan bahan mineral dari akar ke batang dan daun.
- Transpirasi** = Peristiwa perubahan air menjadi uap, yang naik ke udara melalui jaringan hidup tumbuh-tumbuhan, yaitu yang biasa melalui stomata daun, lentisel dan cuticula. Besarnya transpirasi tergantung dari jenis tumbuhan, suhu, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara dan sinar matahari.
- Xilem** = Jaringan pengangkut pada tumbuhan yang berfungsi untuk mengangkut air dan bahan mineral dari akar menuju daun.

DAFTAR SINGKATAN

AAS	: <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>
BCF	: <i>Bio Concentration Factor</i>
BKPH	: Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan
BLH	: Badan Lingkungan Hidup
BMKG	: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
BPOM	: Badan Pengawasan Obat dan Makanan
BT	: Bujur Timur
BWK	: Bagian Wilayah Kota
°C	: Derajat Celcius
Cd	: Cadmium / Kadmium
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
Cr	: Chromium / Krom
Cu	: Cuppro/Tembaga
DAS	: Daerah Aliran Sungai
DO	: Dissolved oxygen
EPA	: <i>Environmental Protection Agency</i>
Fe	: Ferrum / Besi
FK	: Faktor Konsentrasi
Hg	: Hydrargyrum / Raksa
KKMKS	: Kelompok Kerja Mangrove Kota Semarang
KPH	: Kesatuan Pemangkuan Hutan
LC	: <i>Lethal Concentration</i>
LU	: Lintang Utara
LS	: Lintang Selatan
Mn	: Mangan

NAB	:	Nilai Ambang Batas
pH	:	potential of Hydrogen
Pb	:	Plumbum / Timbal
PBLPM	:	Program Pengelolaan Lingkungan Berbasis Pemberdayaan Masyarakat
Perkel	:	Peraturan Kelurahan
ppm	:	<i>part per milion</i>
RDTRK	:	Rencana Detail Tata Ruang Kota
RK	:	Rasio Konsentrasi
SKPD	:	Satuan Kerja Pemerintah Daerah
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
TDS	:	<i>Total Dissolve Solid</i>
TF	:	<i>Translocation Factor</i>
TSS	:	<i>Total Suspended Solid</i>
UU	:	Undang Undang
UUPPLH	:	Undang Undang tentang Pengendalian dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
WWF	:	World Wide Fund
Zn	:	Zink / Seng