

Efektivitas Tanaman Lemna (*Lemna perpusilla* Torr) Sebagai Agen Fitoremediasi Pada Keramba Jaring Apung (KJA) Disekitar Tanjungmas Semarang

Umarudin, Jumriah Nur, Ayu Wulandari dan Munifatul Izzati

* Magister Biologi Universitas Diponegoro

Jurusan Biologi Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Tembalang, Semarang 50275

Abstract

The port of Tanjung Emas, Semarang as the main port in Central Java that have activity increases pollution impact. Hence the need for special attention and handling by using aquatic plants *Lemna perpusilla*. The purpose of this research is to know the physical condition of floating around the net keramba Tanjungmas city of Semarang. Designing the application fitoremediasi on floating around the net keramba Tanjungmas city of Semarang and Knowing the prospects of development of fitoremediasi. This paper uses a case study research methods (case study), which this method has the goal to provide a detailed description of the background, traits and characters typical of cases of water are there in KJA around the Tanjungmas City of Semarang by taking the research object. While this research is the observation and interview is open ended. So that the data obtained indicate that the physical condition of floating around the net keramba Tanjungmas Semarang blackened water greenish colours, smells, and oily. Application design fitoremediasi by *Lemna perpusilla* utilize water plants and fish seed bandeng continued with the observed results. As well as direct application on the KJA in the waters of Tanjung Mas with lemna and seed density setting fish whitefish. Fitoremediasi development prospects by looking at opportunities to fish bandeng and *Lemna perpusilla*.

Key words: Fitoremediasi, KJA, Fish Bandeng, *Lemna perpusilla*, Pollution.

Abstrak

Pelabuhan Tanjung Emas Semarang sebagai pelabuhan utama di Jawa Tengah yang memiliki aktivitas semakin meningkat yang berdampak pencemaran. Oleh karena itu perlu adanya perhatian dan penanganan khusus dengan memanfaatkan tumbuhan air *Lemna perpusilla*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi fisik keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang. Mendesain aplikasi fitoremediasi pada keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang dan Mengetahui prospek pengembangan fitoremediasi. Karya tulis ini digunakan metode penelitian studi kasus (*case study*), yang mana metode ini mempunyai tujuan untuk memberikan gambaran secara mendetail tentang latar belakang, sifat-sifat serta karakter-karakter yang khas dari kasus air yang ada di KJA sekitar Tanjungmas Kota Semarang dengan mengambil objek penelitian air tersebut. Sedangkan penelitian ini bersifat observasi dan wawancara secara *open ended*. Sehingga diperoleh data yang menunjukkan bahwa kondisi fisik keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang yaitu warna air menghitam kehijauan, berbau, dan berminyak. Desain aplikasi fitoremediasi yaitu dengan memanfaatkan tanaman air *Lemna perpusilla* dan benih ikan bandeng dilanjutkan dengan mengamati hasilnya. Serta aplikasi langsung pada KJA di Perairan Tanjung Mas dengan pengaturan kepadatan lemna dan benih ikan bandeng. Prospek pengembangan fitoremediasi dengan melihat peluang ikan bandeng dan *Lemna perpusilla*.

Kata kunci : Fitoremediasi, KJA, Ikan bandeng, *Lemna perpusilla*, Pencemaran.

PENDAHULUAN

Pelabuhan Tanjung Emas Semarang sebagai pelabuhan utama di Jawa Tengah yang memiliki peranan penting bagi perekonomian sehingga

tuntutan akan jasa pelabuhan semakin meningkat terus. Peningkatan permintaan akan jasa pelabuhan mendorong aktivitas di pelabuhan semakin tinggi. Selain sebagai sarana transportasi juga sebagai

sarana perdagangan dan bisnis, industri, rekreasi, cagar budaya serta permukiman. Laporan dari Bapeda menunjukkan bahwa terdapat beberapa masalah lingkungan yang terjadi di sekitar kawasan Pelabuhan, hal ini karena aktivitas pelabuhan yang semakin meningkat seperti kegiatan kapal-kapal yang berlabuh di pelabuhan menghasilkan banyak limbah baik berupa buangan minyak, selain itu juga aktivitas industri dalam proses produksinya juga menghasilkan buangan baik cair maupun gas yang dapat menyebabkan pencemaran di sekitar kawasan pelabuhan. Aktivitas darat lainnya berupa pergudangan, docking atau perbaikan kapal, perkantoran, dan industri kayu yang menghasilkan limbah kulit kayu yang dibuang ketempat KJA, serta di dekat tempat tersebut adanya tempat pembuangan sampah yang menyebabkan dampak pencemaran.

Dampak pencemaran air pada daerah Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) yang berada di daerah sekitar Pelabuhan Tanjungmas Semarang dengan kondisi awal pencemaran warna air menghitam kehijauan, berbau, dan berminyak. Oleh karena itu perlu adanya perhatian dan penanganan khusus. Salah satu solusi yang ditawarkan dengan memanfaatkan tumbuhan air lemna atau mata lele untuk menanggulangi jumlah pencemar dengan cara menyerap, mengumpulkan dan mendegradasi bahan-bahan pencemar tertentu yang terdapat dalam keramba jaring apung yang kita kenal dengan *phytoremediasi*. Fitoremediasi adalah teknologi pembersihan zat polutan dari badan air yang telah tercemar dengan menggunakan tanaman. Teknologi ini mudah, dan murah, serta memberikan efek negative yang kecil bagi kesehatan (Khatuddin. 2003 dalam Kusumastuti. 2009).

Lemna atau 'mata lele' (*Lemna perpusilla* Torr) merupakan tumbuhan akuatik kecil yang hidup mengapung bebas di perairan air tawar dan merupakan satu dari 13 jenis marga Lemna yang termasuk dalam suku Lemnaceae (Pancho & Soerjani, 1978; Landesman *et al.*, 2005; Hasan & Chakrabarti, 2009). Jenis tumbuhan ini hidup kosmopolitan di daerah tropis, terutama di perairan tergenang di daerah dengan ketinggian rendah hingga sedang. Selain itu juga tanaman ini adalah jenis tanaman

mengapung (*floating*). Jenis tanaman ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah karena tingkat pertumbuhannya tinggi dan mampu untuk menyerap hara langsung.

Berbagai jenis lemna telah dimanfaatkan dalam proses pengolahan limbah domestik dan industri di beberapa Negara. Cedergreen & Madsen (2002) melaporkan kemampuan *Lemna minor* mampu menyerap NH_4 dan NO_3 melalui bagian akar dan daunnya. Pada percobaan *in vitro*, laju penyerapan senyawa nitrogen dan fosfor pada tumbuhan ini mencapai 3,36 g/m²/hari dan 0,20 g/m²/hari, sementara di lapangan mencapai 2,11 g/m²/hari dan 0,59 g/m²/hari (Cheng *et al.*, 2002). El-Kheir *et al.* (2007) melaporkan kemampuan *Lemna gibba* menyisihkan berbagai parameter, meliputi padatan tersuspensi, BOD, COD, NO_3 , NH_4 , O- PO_4 , Cu, Pb, Zn, dan Cd berturut-turut sebesar 96,3%, 90,6%, 89,0%, 100%, 82,0%, 64,4%, 100%, 93,6%, dan 66,7%.

Disamping sebagai agen pengolah limbah, jenis-jenis lemna juga diketahui memiliki potensi besar sebagai pakan (Hasan & Chakrabarti, 2009). Pada kondisi optimal jenis tumbuhan ini dapat menggandakan biomasanya hanya dalam waktu 2 hari (Landesman, 2005), sehingga pada pola tanam yang efektif dapat mencapai produktivitas 13 – 38 ton berat kering/Ha/tahun (Ansal *et al.*, 2010). Jenis-jenis lemna juga mempunyai kandungan protein tinggi, yaitu mencapai 10–43 % berat keringnya (Leng *et al.*, 1995; Landesman, 2005), sehingga nilai produktivitas protein kultur lemna dapat mencapai 6 – 0 kali lebih tinggi dibandingkan dengan luasan tanaman kacang kedelai (Landesman *et al.*, 2005). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan jenis tumbuhan untuk pakan berbagai jenis hewan, yaitu itik, babi dan ikan nila (Leng *et al.*, 1995). Uji coba di Brasil memperlihatkan potensi biomassa kering lemna untuk suplemen pakan ikan nila hingga mencapai 50% tanpa mengganggu kinerja tumbuhnya (Tavares *et al.*, 2008). Rasio konversi pakan (FCR; *Food Conversion Ratio*) biomassa Lemna gibba untuk pakan ikan nila adalah 1,5; sementara laju tumbuh spesifik ikannya dapat mencapai 0,71 (El-Shafaia *et al.*, 2004). Tanaman ini mempunyai potensi untuk menyerap logam berat dari air, sehingga

kemungkinan dapat digunakan untuk pengolahan limbah yang mengandung logam berat sangat besar. Berdasarkan informasi-informasi di atas, maka dipandang perlu untuk mengkaji efektivitas tumbuhan lemna yang tumbuh tersebar di Indonesia untuk dijadikan sebagai agen fitoremediasi pada keramba jaring apung (KJA) di sekitar Tanjungmas Kota Semarang.

Tujuan dari karya tulis ini adalah untuk mengetahui kondisi fisik keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang. Mendesain aplikasi fitoremediasi pada keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang dan Mengetahui prospek pengembangan fitoremediasi.

BAHAN DAN METODE

Karya tulis ini digunakan metode penelitian studi kasus (*case study*), yang mana metode ini mempunyai tujuan untuk memberikan gambaran secara mendetail tentang latar belakang, sifat-sifat serta karakter-karakter yang khas dari kasus air yang ada di KJA sekitar Tanjungmas Kota Semarang dengan mengambil objek penelitian air tersebut. Sedangkan penelitian ini bersifat observasi dan wawancara secara *open ended*. Penelitian ini dilakukan terhadap air di KJA sekitar Tanjungmas Kota Semarang. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui kondisi fisik keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang. Mendesain aplikasi fitoremediasi pada keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang dan Mengetahui prospek pengembangan fitoremediasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Karamba Jaring Apung Sekitar Tanjung Mas

Pencemaran perairan ini pada akhirnya berdampak pada pencemaran air daerah Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA). Indikasi awal pencemaran di KJA adalah warna air menghitam kehijauan, berbau, dan berminyak. Berikut ini salah satu area budidaya ikan bandeng dengan sistem KJA yang menjadi lokasi survey peneliti lakukan dengan tanda-tanda ketercemarannya yang tersaji pada Gambar I dibawah ini.



Gambar 1. Kondisi Area Tambak Sekitaran Tanjung Mas

Budidaya ikan bandeng ini ternyata tidak hanya berkembang di air payau, namun berkembang di air tawar maupun laut dengan sistem Keramba Jaring Apung (KJA). Keramba jaring apung atau kantong jaring terapung adalah berupa kantong jaring yang letaknya terapung dipermukaan air dengan disengaja oleh pengapung yaitu berupa drum (Rochdianto, 2004) Permasalahan limbah dari industri dan domestik, bukan menjadi hal satu-satunya yang menyebabkan ketercemaran dan masalah pada budidaya ikan KJA karena sistem budidaya ikan sistem KJA juga intensif menghasilkan limbah (kotoran ikan dan sisa pakan yang tidak termakan) yang nantinya akan merangsang produktivitas perairan dan mempengaruhi karakteristik biotik dan abiotik perairan (Krismono, 1992). Pemberian pakan yang dilakukan secara *ad libitum* (terus menerus hingga ikan betul-betul kenyang) menyebabkan banyak pakan yang terbuang dan terakumulasi di dasar perairan sehingga dapat menyebabkan turunnya kadar O_2 dan meningkatkan kadar NH_3 , NO_2 dan H_2S yang pada konsentrasi tertentu dapat mematikan ikan (Sukadi, 1991). Menurut Juaningsih (1997), sisa pakan dan buangan padat ikan akan terurai melalui proses dekomposisi membentuk senyawa organik dan anorganik, beberapa diantaranya senyawa nitrogen (NH_3 , NO_2 , NO_3) dan fosfor (PO_4). Kotoran ikan dapat menimbulkan deposisi yang meningkat di dasar perairan, selanjutnya mengakibatkan penurunan kadar oksigen di bagian dasar.

Adanya kasus ini memungkinkan terjadinya proses penyuburan atau eutrofikasi di perairan yang berdampak pada kematian ikan, penurunan pertumbuhan ikan bandeng tak sempurna dan penurunan jumlah produktivitas ikan bandeng. Hasil tangkapan ikan bandeng di sekitar KJA ukuran bandengnya relatif kecil dan jauh dari normal. Apalagi banyak yang mati, namun ketika hidup ukurannya kecil Berat ikan dewasa hanya separuh atau sepertiga dari normal (Kompas, 2010). Hal tersebut juga diungkapkan oleh salah satu warga yang sedang memancing pada area KJA tempat observasi peneliti, hasil wawancara kepada pemancing menyatakan bahwa terjadi penurunan pertumbuhan ikan dan penurunan hasil produksi serta terjadi pengurangan jumlah spesies ikan. Hal yang mendukung terjadinya penurunan produksi ini, yaitu 1) Menurunnya daya dukung lahan (*Carrying Capacity*) secara terus menerus, 2) Terjadinya pencemaran lahan tambak dan air laut yang cukup tinggi.

Buangan limbah air budidaya selama operasional yang mengandung konsentrasi tinggi dari limbah organik dan nutrisi sebagai konsekuensi dari masukan bahan-bahan yang ditambahkan dalam budidaya udang/bandeng yang menghasilkan sisa pakan dan feces yang terlarut dalam air untuk kemudian dibuang ke perairan sekitarnya. Limbah-limbah pabrik yang bermuara ke laut. Disini yang perlu dikritisi adalah dengan semakin banyaknya areal industri yang dekat dengan laut, maka akan semakin besar resiko dan pengaruh limbah yang terbuang untuk mencemari lahan-lahan dan perairan laut. Meskipun sudah ada kriteria AMDAL bagi industri-industri tersebut, tetapi jika tidak diimbangi dengan adanya pemetaan prioritas lahan lokasi industri, dan pengawasan secara kontinyu untuk mengukur kualitas limbah buangnya, maka secara akumulasi kedepan akan semakin memperbanyak permasalahan di ekosistem pertambakan.

Adanya penggunaan bahan-bahan kimia sebagai desinfektan (sterilisasi) air tambak dan untuk tujuan lain (contoh. membunuh pemakan ikan dan plankton) Sebagian besar industri-industri tambak di negara kita ini masih banyak menggantungkan keberhasilan dalam berbudidaya tambak dengan menggunakan bahan-bahan kimia

sebagai alat untuk sterilisasi air, membunuh kepiting, udang liar, ikan, ataupun plankton yang berlebihan. Memang untuk tujuan jangka pendek guna mengejar produksi sesaat, cara-cara ini sangat membantu, Tetapi dalam jangka panjang kedepannya, kita semua sering tidak menyadari bahwa cara-cara ini sangatlah berbahaya. Efek yang ditimbulkannya jauh lebih berbahaya jika dibandingkan dengan tujuan jangka pendek tersebut, karena jika kondisi lahan-lahan kita sudah rusak, perlu energi, waktu, dan dana yang cukup besar untuk merehabilitasi lagi diantaranya : 1) Iklim yang tidak menentu. 2) Dukungan teknologi dan budaya masyarakat yang kurang perhatian akan lingkungan. 3) Padat Benur / benih yang terlalu tinggi. 4) Kualitas benur yang jelek.

Desain Aplikasi Fitoremediasi

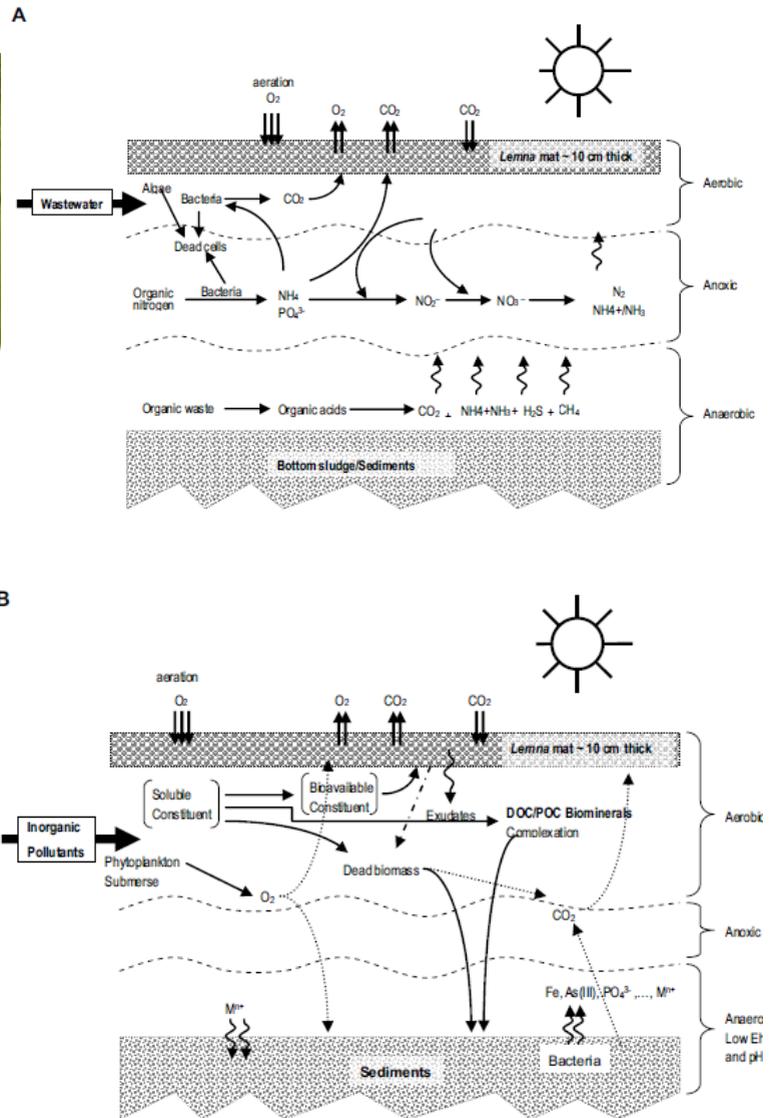
Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan sebagai agen peremediasi. Salah satu tumbuhan yang dapat mengintegrasikan upaya penanggulangan masalah kesuburan dan tercemar logam adalah *Lemna perpusilla*. Masalah kesuburan dan ketercemaran logam dianggap paling penting, hal ini dikarenakan mampu menyebabkan kurang optimumnya pertumbuhan ikan bandeng di area KJA, pengurangan jenis ikan bandeng, penurunan jumlah produksi ikan bahkan sampai pada kematian massal ikan akibat *Upwelling*.

Lemna atau 'mata lele' (*Lemna perpusilla* Torr) merupakan tumbuhan akuatik kecil yang hidup mengapung bebas di perairan air tawar. Jenis tumbuhan ini hidup kosmopolitan di daerah tropis, terutama di perairan tergenang di daerah dengan ketinggian rendah hingga sedang. Berikut gambar dari *Lemna perpusilla* yang tersaji pada Gambar 2.



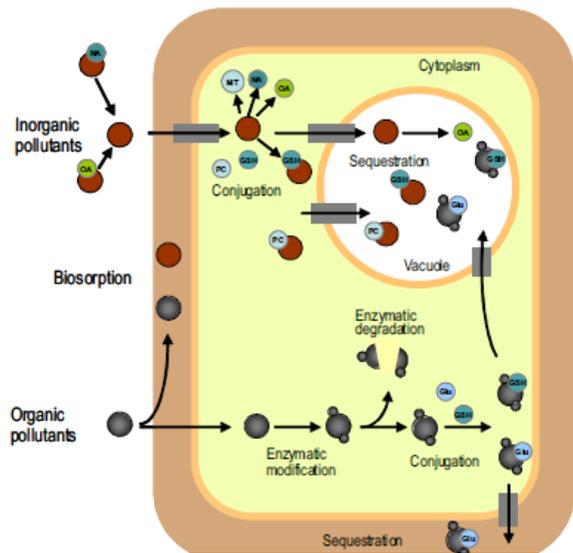
Gambar 2. Mata lele atau lemna (*Lemna perpusilla* Torr), populasi padat kultur dan insert individu tanaman.

Berbagai jenis lemna telah dimanfaatkan dalam proses pengolahan limbah domestik dan industri di beberapa negara, seperti Jerman, Amerika Serikat, Mesir, India, Bangladesh dan Israel (Cheng *et al.*, 2002; El-Kheir *et al.*, 2007; Ansal *et al.*, 2010; Ferdoushi *et al.*, 2008; Schröder *et al.*, 2007). Cedergreen & Madsen (2002) melaporkan kemampuan *Lemna minor* mampu menyerap NH_4 dan NO_3 melalui bagian akar dan daunnya. Alart *et al.*, (1996) melaporkan bahwa lemna menyisihkan 74% TKN (*Total Kjeldahl N*) dan 77 % TP (total Fosfor) di kolam pengolah limbah dengan waktu retensi 21 hari sehingga dapat dihasilkan luaran air dengan kandungan nutrient relative rendah, yaitu 2,7 mg/L TKN dan 0,4 mg/L TP. Adanya kemampuan dari beberapa jenis *lemna* dalam menanggulangi masalah tersebut membuat peneliti menggunakan jenis *lemna perpusilla* dengan pandangan memiliki kemampuan yang sama dengan *lemna minor* dan *lemna giba*. Berikut ini gambar mekanisme penyerapan kontaminan oleh lemna yang tersaji pada Gambar dibawah ini.



Gambar 3. Mekanisme Lemna terhadap penyerapan kontaminan

Mekanisme toleransi untuk pencemar organik dan anorganik dalam sel Lemna. Detoksifikasi yang terlibat dalam penyerapan aktif terjadi di bagian-bagian yang dapat melakukan proses detoks. Chelator (agen kelatin) yang terlibat adalah :Glutathionin (GSH), glukosa, Metallothionin (MT), nicotiamines (NA), asam organik dan ploychelatin. Berikut ini gambar mekanismenya yang tersaji dibawah ini.



Gambar 4. Mekanisme toleransi pencemar didalam sel Lemna

Selanjutnya untuk desain aplikasi *lemna perpusilla* sebagai agen fitoremediasi pada keramba jaring apung disekitar Tanjungmas di Kota Semarang yang tersaji di Lampiran 1.

Prospek Pengembangan Peluang Pasar Ikan Bandeng

Ikan Bandeng memiliki nilai ekonomi tinggi, hal ini dikarenakan pemanfaatannya yang begitu besar di Kota Semarang. Ikan bandeng tersebut sebagai bahan untuk membuat bandeng presto. Pasar komoditas bandeng tersebut dibutuhkan dalam beberapa tipe dan ukuran sesuai dengan tujuan pemanfaatannya. Kebutuhan ikan bandeng biasanya dijumpai pada rumah-rumah makan *sea food*, hotel, pasar swalayan dan pasar tradisional khususnya di Kota Semarang diperkirakan mencapai 6 ton per hari, dan saat ini baru terpenuhi 25% karena permasalahan pencemaran perairan. Selanjutnya bahwa *problem* utama yang dihadapi adalah kontinuitas produksi, konsistensi mutu, utamanya dalam hal bobot, rasa, ukuran, penampilan fisik, dengan adanya alternatif pemecahan masalah ketercemaran diharapkan pemenuhan konsumsi ikan bandeng dapat tercukupi.

Peluang *Lemna perpusilla*

Disamping sebagai agen pengolah limbah, jenis-jenis lemna juga diketahui memiliki potensi besar sebagai pakan (Hasan & Chakrabarti, 2009). Pada kondisi optimal jenis tumbuhan ini dapat menggandakan biomasnya hanya dalam waktu 2 hari (Landesman, 2005), sehingga pada pola tanam yang efektif dapat mencapai produktivitas 13–38 ton berat kering/Ha/tahun (Ansal *et al.*, 2010). Jenis-jenis lemna juga mempunyai kandungan protein tinggi, yaitu mencapai 10 – 43 % berat keringnya (Leng *et al.*, 1995; Landesman, 2005), sehingga nilai produktivitas protein kultur lemna dapat mencapai 6–10 kali lebih tinggi dibandingkan dengan luasan tanaman kacang kedelai (Landesman *et al.*, 2005). Beberapa penelitian pendahulu telah dilakukan untuk memanfaatkan jenis tumbuhan sebagai pakan berbagai jenis hewan, yaitu itik, babi dan ikan nila (Leng *et al.*, 1995). Uji coba di Brasil memperlihatkan potensi biomassa kering lemna untuk suplemen pakan ikan nila hingga mencapai 50% tanpa mengganggu kinerja tumbuhnya (Tavares *et al.*, 2008). Rasio konversi pakan (FCR; *Food Conversion Ratio*) biomassa *Lemna gibba* untuk pakan ikan nila adalah 1,5; sementara laju tumbuh spesifik ikannya dapat mencapai 0,71 (El-Shafaia *et al.*, 2004). Berdasarkan data tersebut diharapkan *Lemna perpusilla* mampu meremediasi unsur hara dan dijadikan pakan baik itu untuk ikan bandeng, ikan mas, ikan nila, ikan gurame dan ikan bawal maupun jenis hewan yang lain sehingga nilai ekonominya bersifat ganda dengan mengoptimalkan lahan dimana mampu menghasilkan ikan dengan produktivitas yang meningkat dan mampu memanen *Lemna perpusilla* untuk dijadikan bahan pakan yang pada akhirnya dapat pula memecahkan masalah lingkungan perairan yang tercemar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kondisi fisik keramba jaring apung disekitar Tanjungmas Kota Semarang yaitu warna air menghitam kehijauan, berbau, dan berminyak. Desain aplikasi fitoremediasi yaitu dengan memanfaatkan tanaman air *Lemna perpusilla* dan benih ikan bandeng dilanjutkan dengan mengamati hasilnya. Serta aplikasi langsung pada KJA di

Perairan Tanjung Mas dengan pengaturan kepadatan lemna dan benih ikan bandeng. Prospek pengembangan fitoremediasi dengan melihat peluang ikan bandeng dan *Lemna perpusilla*.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diajukan saran adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pemanfaatan tanaman air *Lemna perpusilla* atau jenis *lemna* lain ditempat di KJA di tanjungmas kota Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansar, M.D.; A. Dhawan & V.I. Kaur. 2010. Duckweed based bio-remediation of village ponds: An ecologically and economically viable integrated approach for rural development through aquaculture. *Livestock Research for Rural Development* 22(7): Article #129. Retrieved April 1, 2012, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/7/ansa22129.htm>.
- Cheng, J.; L. Landesman; B. A. Bergmann; J. J. Classen; J. W. Howard & Y. T. Yamamoto. 2002. Nutrient removal from swine lagoon liquid by *Lemna minor* 8627. *Transaction of the ASAE*, 45(4): 1003–1010. Cedergreen, N. & T. V. Madsen. 2002. Nitrogen uptake by the floating macrophyte *Lemna minor*. *New Phytologist*, 155: 285–292.
- El-Kheir, W.A.; G. Ismail; F.A. El-Nour; T. Tawfik & D. Hammad. 2007. Assessment of the efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(5): 681-687.
- El-Shafaia, S.A.; F.A. El-Goharya; F.A. Nasra; N. P. van der Steenb & H.J. Gijzenb. 2004. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 232: 117–127.
- Ferdoushi, Z.; F. Haque; S. Khan & M. Haque. 2008. The effects of two aquatic floating macrophytes (*Lemna* and *Azolla*) as biofilters of nitrogen and phosphate in fish ponds, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8: 253-258.
- Hasan, M.R. & R. Chakrabarti. 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small scale aquaculture: A review, *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, No. 531. IHP-UNESCO. 2011. *Sediment deposition system on Saguling Reservoir, West Java*. Final Report Year 2011. IHP-UNESCO. Jakarta. 51 pp.
- Kompas, 2011. Ukuran Ikan Bandeng Semarang Menyusut. <http://female.kompas.com/read/2010/06/08/16362831/Ukuran.Bandeng.Semarang.Menyusut>.
- Krismono. 1992. Penelitian Potensi Sumberdaya Perairan Waduk Wadaslintang, Mrica, Karangates dan Waduk Selorejo untuk Budidaya Ikan dalam Keramba Jaring Apung. *Buletin Penelitian Perikanan Darat*. Vol. II No. 2 Juni. 20 hal.
- Kusumastuti. 2009. Evaluasi lahan basah bervegetasi mangrove dalam mengurangi pencemaran lingkungan. *Tesis*. Universitas diponegoro: Semarang.
- Landesman, L.; N.C. Parker; C.B. Fedler & M. Konikoff. 2005. Modeling duckweed growth in wastewater treatment systems. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (6): Art. #61. Retrieved April 1, 2012, from <http://www.lrrd.org/lrrd17/6/land17061.htm>.
- Leng, R.A.; J.H. Stambolie & R. Bell. 1995. Duckweed - a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development*, 7(1): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd7/1/3.htm>.
- Pancho, J.V. & M. Soerjani. 1978. Aquatic weeds of Southeast Asia. Bogor: BIOTROP, SEAMEO, *Regional Center for Tropical Biology* 130 pp.
- Rochdianto, A. 2004. *Budidaya Ikan di Jaring Terapung*. Penebar Swadaya. Jakarta. 89 hal.
- Schröder, P.; J. Navarro-Aviñó; H. Azaizeh; A.G. Goldhirsh; S. DiGregorio; T. Komives; G. Langergraber; A. Lenz.; E. Maestri; A.R.Memon; A. Ranalli; L. Sebastiani; S. Smrcek; T. Vanek; S. Vuilleumier & F. Wissing. 2007. Using phytoremediation

- technologies to upgrade waste water treatment in Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 14(7): 490–497.
- Sukadi, M. F. 1991. *Budidaya Ikan dalam Keramba Jaring Apung*. Panduan Teknis. Puslitbang Perikanan. Jakarta. 36 hal.
- Tavares, F.A.; J.B.R. Rodrigues; D.M. Fracalossi; J. Esquivel & R. Roubach. 2008. Dried duckweed and commercial feed promote adequate growth performance of tilapia fingerlings. *Biotemas*, 21 (3): 91-97.