

**EVALUASI LAHAN BASAH BERVEGETASI MANGROVE
DALAM MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN
(STUDI KASUS DI DESA KEPETINGAN KABUPATEN SIDOARJO)**



THESIS

Untuk memenuhi persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan

**Widayati Kusumastuti
L4K 006 028**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2009**

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI LAHAN BASAH BERVEGETASI MANGROVE DALAM MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN (STUDI KASUS DI DESA KEPETINGAN KABUPATEN SIDOARJO)

Disusun oleh :

Widayati Kusumastuti
L4K 006 028

Mengetahui
Komisi Pembimbing :

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

.....
Dr. Boedi Hendrarto, MSc

.....
Ir. Danny Sutrisnanto, MEng

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan
Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro

.....
Prof. Dr. Ir Purwanto, DEA

LEMBAR PENGESAHAN

**EVALUASI LAHAN BASAH BERVEGETASI MANGROVE
DALAM MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN
(STUDI KASUS DI DESA KEPETINGAN KABUPATEN SIDOARJO)**

Disusun oleh :

Widayati Kusumastuti
L4K 006 028

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 13 Maret 2009
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Tanda Tangan

Dr. Boedi Hendrarto, MSc

.....

Anggota

1. Ir. Danny Sutrisnanto, MEng

.....

2. Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

.....

3. Ir. Agus Hadiyanto, MT

.....

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Master dari Program Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri.

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

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

Semarang, 13 Maret 2009

Widayati Kusumastuti

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Semarang, 8 Maret 1983. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Kusmartono dan Endang Sulishartini. Pendidikan formal penulis adalah lulusan SDN Plamongan Sari 06 Semarang pada tahun 1995, kemudian melanjutkan di SLTP Negeri 2 Mataram NTB dan lulus pada tahun 1998. Setelah itu melanjutkan pendidikan di SMUN 1 Semarang dan lulus pada tahun 2001. Menamatkan S1 dari Program Studi Oseanografi Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro pada tahun 2006. Penulis menempuh jenjang Master pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro pada tahun 2007 hingga 2009.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Thesis yang berjudul "Evaluasi Lahan Basah Buatan Vegetasi Mangrove Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Studi Kasus di Desa Kepetingan Kabupaten Sidoarjo."

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dr.Boedi Hendrarto, MSc selaku pembimbing utama atas saran dan bimbingannya selama penelitian dan penulisan laporan Thesis ini.
2. Ir. Danny Sutrisnanto Meng selaku pembimbing kedua, atas saran dan bimbingannya selama penelitian dan penulisan laporan Thesis ini.
3. Prof. Dr. Sutrisno Anggoro, MS selaku penguji pertama
4. Ir. Agus Hadiyanto, MT selaku penguji kedua
5. Lembaga- lembaga yang telah membantu pelaksanaan penelitian thesis ini :
 - a. Departemen Kelautan dan Perikanan RI, atas fasilitas dan bantuannya.
 - b. PT. Indotama Mahesa Karya, atas fasilitas dan bantuannya.
 - c. Laboratorium MIPA Universitas Airlangga, atas fasilitas dan bantuannya.
6. Keluarga dan teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, atas segala bantuan dan semangat yang diberikan kepada penulis.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan. Sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk hasil yang terbaik.

Semarang, Maret 2009

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| RIWAYAT HIDUP | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| ABSTRAK | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Permasalahan | 2 |
| 1.3. Tujuan penelitian | 3 |
| 1.4. Manfaat penelitian | 4 |
| | |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Pencemaran Perairan | 5 |
| 2.2. Kualitas Air | 5 |
| 2.2.1. Parameter Fisika | 6 |
| 2.2.2. Parameter Kimia | 6 |
| 2.3. Logam Berat Dalam Sedimen | 8 |
| 2.4. Upaya Penanggulangan Perairan | 8 |
| 2.4.1. Filtrasi Dengan Zona Tanaman | 9 |
| 2.4.2. Teknik Fitoremediasi | 10 |
| 2.5. Lahan Basah | 12 |
| 2.5.1. Lahan Basah Buatan | 12 |
| 2.5.2. Jenis Lahan Basah Buatan | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.5.3. Kinerja Lahan Basah Buatan | 14 |
| 2.5.4. Lahan Basah Buatan Di Areal Perikanan Darat | 15 |
| 2.6. Tanaman Lahan Basah Buatan | 16 |
| 2.6.1 Tanaman Mangrove di Lahan Basah | 17 |
| 2.6.2. Rumput Laut di Lahan Basah | 20 |
| | |
| BAB III. METODE PENELITIAN | 21 |
| 3.1. Tipe Penelitian | 21 |
| 3.2. Ruang Lingkup Penelitian | 21 |
| 3.3. Lokasi Penelitian | 21 |
| 3.4. Variabel Penelitian | 23 |
| 3.5. Jenis dan Sumber Data | 23 |
| 3.6. Teknik Pengambilan Sampel | 23 |
| 3.6.1. Prosedur penetapan Stasiun Sampling Air | 23 |
| 3.6.2. Teknik Pengambilan Sampek Mangrove | 24 |
| 3.6.3. Teknik Sampling Kualitas Air | 24 |
| 3.6.4. Teknik Sampling Sedimen | 26 |
| 3.7. Metode Analisis Data | 27 |
| 3.7.1. Data Pohon | 27 |
| 3.7.2. Data Kualitas Air dan Sedimen | 29 |
| | |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 31 |
| 4.1. Hasil | 31 |
| 4.1.1. Penggunaan Lahan Untuk Lahan Basah | 31 |
| 4.1.2. Data Iklim Lokasi Penelitian | 31 |
| 4.1.3. Flora Mangrove | 32 |
| 4.1.4. Kualitas Air | 37 |
| 4.1.5. Kualitas Sedimen..... | 40 |
| 4.1.6. Pasang Surut | 44 |
| 4.1.7. Kecepatan Aliran dan Debit Air | 46 |
| 4.2. Pembahasan | 47 |
| 4.2.1. Efisiensi Lahan Basah Berdasarkan Parameter Fisika Kualitas Air .. | 47 |
| 4.2.2. Efisiensi Lahan Basah Berdasarkan Parameter Kimia Kualitas Air .. | 48 |

| | |
|---|----|
| 4.2.3. Efisiensi Lahan Basah Berdasarkan Kualitas Sedimen | 52 |
| 4.2.4. Frekuensi Kehadiran, Kerapatan Dan Basal Area Mangrove | 54 |
| 4.2.5. Efektifitas Lahan Basah Berdasarkan Kecepatan Aliran | 56 |
| 4.2.6. Bioakumulasi Logam Berat | 57 |
| 4.2.7. Bioremoval Logam Berat | 57 |
| BAB V. KESIMPULAN | 59 |
| 5.1. Kesimpulan | 59 |
| 5.2. Rekomendasi | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | 62 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Hal |
|---|------------|
| 2.1. Parameter Desain Untuk Filtrasi Melalui Zona Tanaman | 10 |
| 2.2. Kinerja Lahan Basah Buatan Dalam Pembersihan Logam | 15 |
| 3.1. Metode Singkat Analisis Sampel Air | 29 |
| 3.2. Variabel Metode Penelitian | 30 |
| 4.1. Curah Hujan di Sidoarjo..... | 32 |
| 4.2. Komposisi Vegetasi Mangrove di Area Lahan Basah | 32 |
| 4.3. Sebaran Spesies Pada Masing-masing Stasiun Untuk Kategori Pohon | 33 |
| 4.4. Sebaran Spesies Pada Masing-masing Stasiun Untuk Kategori Sapling..... | 33 |
| 4.5. Sebaran Spesies Pada Masing-masing Stasiun Untuk Kategori Seedling | 33 |
| 4.6. Kerapatan dan Basal Area Tiap Spesies Untuk Kategori Pohon | 36 |
| 4.7. Kerapatan dan Basal Area Tiap Spesies Untuk Kategori Sapling | 36 |
| 4.8. Kerapatan dan Basal Area Tiap Spesies Untuk Kategori Seedling | 36 |
| 4.9. Hasil Pengukuran Kualitas Air Lokasi Lahan Basah | 38 |
| 4.10. Hasil Pengukuran Kualitas Sedimen Lahan Basah | 42 |
| 4.11. Hasil Pengukuran Pasang Surut di Muara Sungai Kepetingan | 45 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Hal |
|---|------------|
| 1.1. Bagan Kerangka Pikir Penelitian | 4 |
| 2.1. Filtrasi Alami Dengan Zona Tanaman | 9 |
| 2.2. Jenis-jenis lahan Basah Buatan Aliran Horizontal | 14 |
| 2.3. Lahan Basah Buatan di Tambak Ikan | 16 |
| 3.1. Peta Lokasi Penelitian | 22 |
| 3.2. Stasiun Pengambilan Sampel Air dan Sedimen | 24 |
| 3.3. Peletakan Subplot Seedling dan Sapling Dalam Plot Pohon | 24 |
| 4.1. Frekuensi Kehadiran mangrove Kategori Pohon | 34 |
| 4.2. Frekuensi Kehadiran mangrove Kategori Sapling | 34 |
| 4.3. Frekuensi Kehadiran mangrove Kategori Seedling | 35 |
| 4.4. Kadar Fosfat Di Air Pada 5 Stasiun Penelitian | 40 |
| 4.5. Kadar Nitrat Di Air Pada 5 Stasiun Penelitian | 40 |
| 4.6. Kadar BOD Di Air Pada 5 Stasiun Penelitian | 41 |
| 4.7. Kadar Kadmium Di Air Pada 5 Stasiun Penelitian | 41 |
| 4.8. Kadar Tembaga Di Air Pada 5 Stasiun Penelitian | 42 |
| 4.9. Kadar Timbal di Sedimen Pada 5 Stasiun Penelitian | 43 |
| 4.10. Kadar Tembaga di Sedimen Pada 5 Stasiun Penelitian | 44 |
| 4.11. Ilustrasi Peredaran Kandungan Nitrat dan Fosfat di Area Lahan Basah | 48 |
| 4.12. Ilustrasi Peredaran Kandungan BOD,Cd dan Cu di Area Lahan Basah..... | 50 |
| 4.13. Ilustrasi Peredaran Kandungan Pb dan Cu di Sedimen Lahan Basah | 52 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Hal |
|---|------------|
| Lampiran I. Data Analisa Air dan Sedimen Pengambilan Pertama | 65 |
| Lampiran II. Data Analisa Air dan Sedimen Pengambilan Kedua | 72 |
| Lampiran III. Data Analisa Air dan Sedimen Pengambilan Ketiga | 79 |
| Lampiran IV. Data Sampel Fauna – Makrobentos | 86 |

ABSTRAK

Widayati Kusumastuti. L4K 006 028. Evaluasi Lahan Basah Bervegetasi Mangrove Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. (Studi Kasus di Desa Kepetingan Kab.Sidoarjo)
Pembimbing : Dr. Boedi Hendrarto, MSc ; Ir.Danny Sutrisnanto, MEng

Hutan mangrove sebagai salah satu sumber daya alam mempunyai peranan yang sangat penting, salah satunya adalah untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Di daerah penelitian di Desa Kepetingan Kabupaten Sidoarjo terdapat lahan mangrove di areal pertambakan yang dimaksudkan menjadi lahan basah untuk fitoremediasi bagi air tambak. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan lahan basah mangrove yang sudah ada sekaligus menilik kemungkinan pengembangannya sebagai wetland buatan.

Penelitian yang dilaksanakan pada tanggal 25, 26 dan 27 Juni 2007 ini mengkaji efektifitas lahan basah kaitannya dengan kualitas air dan sedimen yang diteliti. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran langsung kualitas air, kualitas sedimen dan pengambilan sample vegetasi lahan basah buatan. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada tempat-tempat yang dianggap mewakili keadaan Sungai Kepetingan, lahan basah dan area tambak secara keseluruhan. Sampel diambil pada lima stasiun yaitu stasiun sungai, stasiun inlet, stasiun lahan basah, stasiun outlet dan stasiun muara. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali pada tiap stasiun. Studi struktur dan komposisi mangrove dilakukan dengan menggunakan metode yang merupakan modifikasi dari cara yang digunakan oleh Mueller Dumbois dan Ellenberg (1974). Pengamatan pasang surut dilakukan di satu titik pada lokasi yang representatif dengan lama pengamatan 30 x 24 jam. Pengamatan dilakukan dengan cara memasang alat ukur ketinggian muka air yang dibaca setiap jam. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan secara berjajar pada beberapa titik dalam satu lokasi. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *current meter*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan basah mangrove di Sidoarjo memiliki tipe dataran pantai yang didominasi jenis *Rhizophora sp*, *Avicennia Sp* dan *Excoecaria Sp*. Dalam area lahan seluas 7.762 m² frekuensi kehadiran tertinggi kategori pohon, sapling dan seedling lahan basah berkisar 0.45 – 0.55 %. Species yang berada di dalam wetland adalah *Avicennia Sp* dengan kerapatan 64 Ind/Ha. Pengukuran parameter fisika kualitas air menyatakan lahan mangrove mampu meningkatkan kecerahan. Kemampuan lahan basah sangat tinggi dalam mengatasi kelimpahan kadar nitrat dan fosfat. Kadar nitrat berkurang menjadi 0.13 mg/l di outlet dari semula 0.63 mg/l di inlet dan kadar fosfat menjadi 0.05 mg/l di outlet dari semula 0.35 di inlet. Kadar tembaga (Cu) di outlet mencapai 0.053 mg/l dari semula 0.042 mg/l di inlet. Kadar BOD mencapai maksimum di dalam wetland yaitu sebesar 76 mg/l. Lahan berhasil mereduksi kadar cadmium (Cd) menjadi 0.017 di outlet dari awalnya 0.026 di inlet. Logam Pb di sedimen, lahan mangrove berhasil mengurangi konsentrasi dari 25 mg/kg dan 45 mg/kg menjadi hanya 18 mg/kg di outlet. Cu di sedimen, konsentrasi tertinggi justru berada di dalam lahan yaitu sebesar 277 mg/kg namun sedikit menurun menjadi 219 mg/kg pada pengukuran di outlet.

Kata kunci : lahan basah, mangrove, efisiensi, kualitas air, kualitas sedimen.

ABSTRACT

Widayati Kusumastuti. L4K 006 028. Mangrove Wetland Evaluation For Reducing Environment Pollution. (Case Study at Kepetingan Village, Sidoarjo)

Advisor : Dr. Boedi Hendrarto, MSc ; Ir.Danny Sutrisnanto, MEng

Mangrove forest is one of the natural resources that has important function to conquer environment pollution. Research area at Kepetingan Village-Sidoarjo district has mangrove area inside fish hatchery that intended to a wetland as fitoremediation for watering hatchery. The research aims is to evaluate the mangrove wetland ability that has already been there and watch the possibility to extended it as an artificial wetland.

The Research has been done on June 25,26 and 27 2007. It was to verify wetland effectiveness interlaced to water and soil quality that has been examined. This is a descriptive research. Data collected by observation, in field measurement of water quality and soil quality also measurement of artificial wetland's vegetation sample. Water and soil sampling taken from place that represent condition of Kepetingan River, wetland and hatchery. Sample taked at five place: river, inlet, wetland, outlet and sea. Sample taked for thre times each place. Structur and compotition mangrove study by Mueller Dumbois and Ellenberg (1974) methodes. Tide measurement taked at one representative place during 30 x 24 hour. Tide measurement by simple tide gauge that we must check for every hour. Water velocity measurement teked at two point in one location by current meter.

The research shown that mangrove wetland at Kepetingan has intertidal type, dominated by Rhizopora sp, Avicennia Sp and Excoecaria Sp. At 7.762 m² width wetland area, the highest attendance frequency for tree, sapling and seedling numbering between 0.45 – 0.55 %. The Species which is grow inside the wetland is Avicennia Sp that has 64 Ind/Ha for the density. Physic water quality says that the efficiency has been reached because the wetland has been able to reduced turbidity and increase the brightness. Wetland has high capability to handle nitrite and phosphate abundance. The nitrite concentrates decrease from 0.63 mg/l at the inlet to 0.13 mg/l at the outlet and for phosphate is 0.35 mg/l at inlet to 0.05 mg/l at outlet. Cuprum (Cu) increase from 0.042 mg/l at the inlet become 0.053 mg/l at the outlet. In this area BOD concentration reach the maximum is about 76 mg / lt. Wetland has succeed to reduce Cadmium (Cd) concentrate become 0.017 mg/l at the outlet from 0.026 mg/l at the inlet. Plumbum (Pb) heavy metal in soil, wetland reduced from 25 mg/kg at the inlet and 45 mg/kg inside the wetland become 18 mg/kg at the outlet, while Cuprum-the heavy metal in soil, the highest concentrate is 277 mg/kg was inside the wetland. But its decrease becomes 219 mg/kg at the outlet. Wetland functioned to catch and settle heavy metals.

Key word : wetland, mangrove, efficiency, water quality, soil quality.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Pencemaran merupakan salah satu faktor penting penyebab kerusakan lingkungan. Pencemaran lingkungan adalah berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Sunu,2001). Pencemaran lingkungan meliputi pencemaran air, tanah dan udara. Berdasarkan definisi Fardiaz dalam Monoarfa (2002) bahwa pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, dengan demikian perairan yang sudah tidak lagi berfungsi secara normal dapat dikategorikan sebagai perairan tercemar.

Kerusakan lingkungan perairan dapat disebabkan tertimbunnya banyak hal baik itu karena pertanian, peternakan maupun industrialisasi. Limbah-limbab industri misalnya tidak dapat dengan mudah didegradasi sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Tak terkecuali limbah industri yang dibuang ke sungai. Sungai adalah salah satu sumber daya perairan yang sangat penting. Peningkatan aktifitas manusia, seperti bidang perindustrian maupun limbah rumah tangga yang dibuang ke sungai menyebabkan terjadinya degradasi kualitas perairan sungai. Limbah akan mencemari perairan dan seluruh aspek yang memanfaatkan perairan tersebut.

Desa Kepetingan merupakan sebuah desa pantai atau pesisir yang terletak di Kecamatan Buduran Kabupaten Sidoarjo. Di Desa Kepetingan terdapat Sungai Kepetingan yang selama ini dikenal sebagai salah satu objek wisata memancing di Kabupaten Sidoarjo. Akan tetapi saat ini kondisi sudah sangat berubah. Limbah industri sangat menyumbang bagi kerusakan lingkungan. Industri yang pembuangan limbahnya memasuki Sungai Kepetingan diantaranya industri bahan kimia organik, industri logam tembaga dan industri perabot rumah tangga. Selain itu juga terdapat sampah rumah tangga dan limpahan sisa pakan yang turut terbang bersama air dari tambak di sepanjang sungai. Hal ini akan membahayakan lingkungan yang memanfaatkan air tersebut.

Hingga saat ini di daerah penelitian masih terdapat lahan mangrove dan areal pertambakan. Lahan mangrove tersebut telah dimodifikasi menjadi area bioremediasi bagi air yang masuk dan keluar dari tambak. Akan tetapi sampai saat ini belum banyak diteliti kemampuan mangrove sebagai tanaman filter dan pereduksi pencemaran. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan lahan basah yang sudah ada sekaligus menilai kemungkinan pengembangannya sebagai lahan basah buatan. Dengan mengetahui kemampuan awal diharapkan nantinya dapat ditentukan sistem lahan basah terbaik yang akan dibuat, tanaman yang harus ditumbuhkan dan sarana yang harus ditambahkan agar wetland dapat berfungsi secara maksimal.

1.2. PERMASALAHAN

Dari luas wilayah Desa Kepetingan yang lebih dari 2000 Ha sekitar 1.604,989 hektar atau 71,57% merupakan kawasan ekosistem mangrove termasuk areal pertambakan. Tambak milik nelayan tersebut berbatasan langsung dengan Sungai Kepetingan. Kondisi yang terjadi di Sidoarjo, khususnya di Desa Kepetingan adalah adanya limbah-limbah baik limbah industri maupun limbah rumah tangga yang dibuang ke Sungai Kepetingan sehingga dapat menurunkan kualitas air.

Bersamaan dengan kondisi pasang surut air sungai masuk dan keluar dari tambak. Apabila air sungai yang telah tercemar memasuki tambak tanpa di filter maka akan membahayakan biota yang dibudidayakan. Begitu pula ketika air keluar dari tambak dengan membawa sisa pakan dan hasil metabolisme biota maka akan mencemari lingkungan. Untuk menanggulangnya maka dibuat lahan basah yang ditanami mangrove sebagai upaya mengurangi pencemaran. Pada kondisi ideal, lahan basah mangrove berfungsi sebagai filter dan membantu mengendapkan zat-zat yang mencemari perairan. Tetapi yang menjadi masalah adalah kondisi ideal ini belum tercapai dan masih belum terdapat data yang membuktikan kinerja lahan basah mangrove sebagai pereduksi pencemaran. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar kinerja lahan basah mangrove yang telah ada berkaitan dengan fungsinya sebagai bioremediasi. Data ini diharapkan dapat pula dijadikan acuan bagi perencanaan pembuatan lahan basah di kemudian hari.

1.3. PENDEKATAN PERMASALAHAN

Untuk mendekati masalah tersebut terlebih dahulu harus dilakukan penelitian awal dan pengambilan contoh zat-zat pencemar dan konsentrasi zat tersebut di perairan. Selain itu perlu pula dilakukan analisis terhadap zat pencemar, meliputi seberapa tinggi kadarnya di perairan dan apakah melebihi Baku Mutu atau tidak. Selanjutnya akan dilakukan analisis seberapa besar perubahan kadar zat pencemar saat sebelum memasuki lahan basah, ketika berada di dalam lahan basah dan sesudah meninggalkan lahan basah. Dengan demikian akan dapat dievaluasi tingkat keberhasilan lahan basah dalam mereduksi zat pencemar. Oleh karena itu, maka permasalahan yang harus ditangani adalah

1. Mengetahui kualitas air dan sedimen di area lahan basah dan sekitarnya.
2. Evaluasi efektifitas lahan basah yang sudah ada dalam mengurangi pencemaran.
3. Perencanaan pengelolaan lahan basah buatan di kemudian hari.

Bagan kerangka pikir penelitian ini dapat disaksikan pada **Gambar 1.1**.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi efektifitas lahan basah buatan yang berfungsi sebagai *bio filter* untuk mitigasi pencemaran. Diantaranya dengan melakukan :

1. Analisis kualitas air dan sedimen pada area yang telah difilter oleh lahan basah buatan.
2. Kajian efektifitas lahan basah kaitannya dengan kualitas air dan sedimen yang diteliti.
3. Merekomendasikan pengelolaan lahan basah buatan agar lebih efektif di kemudian hari.

1.3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini sekiranya akan mendatangkan manfaat yang luas yaitu :

1. Mengetahui efektifitas lahan basah dalam mengurangi pencemaran terhadap air yang digunakan sebagai pasokan lahan tambak yang berada di sekitar Sungai Kepetingan.
2. Mengetahui kekurangan lahan basah yang sudah ada sehingga dapat merencanakan sistem lahan basah dan tumbuhan apa yang sebaiknya ditumbuhkan demi perbaikan kinerja lahan basah di kemudian hari
3. Pencegahan pencemaran terhadap perairan laut yang merupakan muara dari sungai dan tambak dengan mereduksi limbah melalui lahan basah buatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Perairan

Dalam bahasa sehari-hari, pencemaran lingkungan dipahami sebagai sesuatu kejadian lingkungan yang tidak diinginkan, menimbulkan gangguan atau kerusakan lingkungan bahkan gangguan kesehatan sampai kematian. Sedangkan pencemaran atau polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yg tidak terpolusi tidak selalu merupakan air murni. Tapi adalah air yg tidak mengandung bahan-bahan asing tertentu dalam jumlah melebihi batas yg ditetapkan sehingga air tersebut dapat digunakan secara normal untuk keperluan tertentu (Fardiaz,1992).

Pencemaran air diakibatkan oleh masuknya bahan pencemar yang dapat berupa gas, bahan-bahan terlarut dan partikulat. Pencemar memasuki badan air dengan berbagai cara, baik itu melalui atmosfer, tanah, limpasan pertanian, limbah domestik dan perkotaan, pembuangan limbah industri dan lain-lain. Berdasarkan sifat toksiknya, polutan dibedakan menjadi dua yaitu polutan non-toksik dan polutan toksik. (Jeffries dan Mills dalam Effendi,2003)

1. Polutan Non-toksik

Polutan ini biasanya telah berada pada ekosistem secara alami. Sifat destruktif pencemar ini muncul apabila berada dalam jumlah yang berlebihan sehingga dapat mengganggu kesetimbangan ekosistem melalui perubahan proses fisika – kimia perairan.

2. Polutan toksik

Polutan toksik ini biasanya berupa bahan-bahan yang bukan bahan alami, misalnya pestisida, detergen dan bahan artificial lainnya termasuk logam (Pb, Cd, Hg), anion, asam dan alkali. Kesemua bahan pencemar tersebut akan memengaruhi kualitas air di suatu perairan.

2.2. Kualitas Air

Pengelolaan sumber daya air sangat penting agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Salah satu langkah pengelolaan yang dilakukan adalah pemantauan dan interpretasi data kualitas air, meliputi kualitas fisika, kimia dan biologi. Definisi kualitas air

menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain di dalam air. Kualitas air dinyatakan dengan beberapa parameter, yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan terlarut, salinitas), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, kadar logam) dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri dan sebagainya) (Effendi,2003).

2.2.1. Parameter Fisika

a. Suhu : Suhu suatu badan air diantaranya dipengaruhi oleh ketinggian dari permukaan laut, sirkulasi udara, aliran serta kedalaman badan air. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misal O₂, CO₂, N₂ dan sebagainya. (Haslam dalam Effendi,2003).

b. Salinitas : Pada perairan laut dan limbah industri, salinitas sangat perlu diukur. Salinitas adalah konsentrasi ion total yang terdapat di perairan. Nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari 0.5 ‰, perairan payau antara 0.5 – 30 ‰ dan perairan laut 30 – 40 ‰ (Effendi,2003). Pada perairan sungai nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh masukan dari laut ketika pasang maupun surut.

2.2.2. Parameter Kimia.

a. pH : pH limbah cair adalah ukuran keasaman atau kebasaan limbah cair. pH normal 6-8. Sedangkan pH air terpolusi berbeda-beda tergantung jenis buangnya. Contohnya pabrik pengalengan nilai pH berkisar 6.2-7.6, pabrik susu dan produk-produknya berkisar 5.3-7.8, pH pabrik pulp dan kertas berkisar 7.6-9.5 (Fardiaz,1993).

b. Oksigen terlarut (OD) : OD berasal dari proses fotosintesis tanaman air, dimana jumlahnya tidak tetap tergantung dari jumlah tanaman, dan oksigen yang masuk dari atmosfer. Konsentrasi OD dalam keadaan jenuh bervariasi tergantung dari suhu dan tekanan atmosfer. Pada suhu 20 dgn tekanan 1atm konsentrasi oksigen terlarut dalam keadaan jenuh =9.2 ppm. Sedangkan pada suhu 50=5.6 ppm. Semakin tinggi suhu air semakin rendah tingkat kejenuhan. (Fardiaz,1993).

c. Biochemical Oxygen Demand (BOD) : Menunjukkan jumlah oksigen terlarut yg dibutuhkan oleh mikroorganisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Nilai BOD tdk menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tapi hanya mengukur secara relative jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. (Fardiaz,1993). Oksigen tersebut dipergunakan untuk menguraikan atau membongkar senyawa organik. Dengan demikian kadar oksigen dalam limbah cair lama kelamaan akan berkurang dan limbah cair menjadi bertambah keruh dan berbau, sehingga kehidupan air sulit berlangsung secara normal.

d. Kadar Logam : Logam berat yg berbahaya dan sering mengkontaminasi lingkungan diantaranya merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), kromium (Cr), Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu).

1. Tembaga (Cu) : Tembaga merupakan logam berat yang dikumpai pada perairan alami dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, akan tetapi akan bersifat racun terhadap semua tumbuhan pada konsentrasi larutan diatas 0.1 ppm (Palar,1994). Pada perairan alami, kadar tembaga biasanya , 0.02 mg/liter (Moore dalam Effendi,2003).

2. Timbal (Pb) : Timbal pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Perairan tawar alami biasanya memiliki kadar timbal , 0.05 mg/liter. Pada perairan laut kadar timbal sekitar 0.025 mg/liter (Moore dalam Effendi, 2003). Timbal tidak termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup, bahkan cenderung bersifat toksik bagi hewan dan manusia karena dapat terakumulasi pada tulang.

3. Merkuri (Hg) : Merkuri merupakan satu-satunya logam yang berada dalam bentuk cairan pada suhu normal. Kadar merkuri pada perairan tawar alami berkisar antara 10-100 µg/liter, sedangkan pada perairan laut berkisar antara , 10-30 µg/liter (Moore dalam Effendi,2003). Senyawa merkuri bersifat sangat toksik bagi manusia dan hewan.

4. Cadmium (Cd) : Bahan pencemar kadmium dalam air berasal dari pembuangan limbah industri dan limbah pertambangan. Sifat kadmium sangat mirip dengan seng. Lapisan permukaan air yang bersifat aerobik mengandung kadmium terlarut dalam konsentrasi relatif tinggi terutama dalam bentuk ion CaCl^+ . Di lapisan tengah perairan dimana kondisinya anaerob airnya hanya sedikit mengandung kadmium karena terjadinya proses reduksi oleh mikroba yang mereduksi sulfat menjadi sulfida yang kemudian mengendapkan CaCl^+ mjd Cd (Moore dalam Effendi,2003). Gambrel dalam Nora F Y Tam (1997) mengatakan bahwa penyerapan kadmium oleh tanaman rawa akan lebih efektif dalam

keadaan asam dan teroksidasi. pH yang rendah akan meningkatkan daya larut logam berat di tanah dan penyerapan oleh tanaman.

2.3. Logam Berat Dalam Sedimen di Perairan

Keberadaan lumpur di dasar perairan sangat dipengaruhi oleh banyaknya partikel tersuspensi yang dibawa oleh air tawar dan air laut serta faktor-faktor yang mempengaruhi penggumpalan, pengendapan bahan tersuspensi tersebut, seperti arus dari laut (Nybakken,1992). Kandungan logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen, dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir (Korzeniewski & Neugabieuer dalam Amin,2002). Baku mutu logam berat dalam lumpur atau sedimen di Indonesia sendiri belum ditetapkan. Sedimen mangrove adalah media pencuci yang sangat penting bagi bahan pencemar yang berasal dari tanah,terutama untuk logam berat. Logam akan terperangkap oleh sedimen, dalam proses sedimentasi partikel suspended dan berbagai proses retensi berasosiasi dengan sedimen organik permukaan dan bahan inorganik.

2.4. Upaya Penanggulangan Pencemaran Perairan

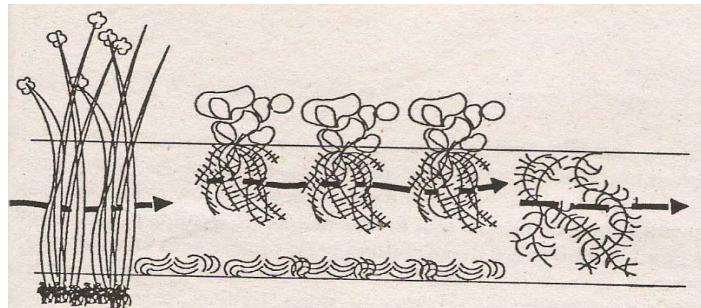
Pencemaran oleh berbagai polutan merupakan permasalahan yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan ekosistem secara umum. Setelah mengetahui berbagai dampak yang ditimbulkan dari polutan-polutan logam berat, maka sangatlah perlu dilakukan upaya pengendalian bahkan pencegahan terhadap pencemaran mengingat akibatnya yang tidak saja dirasakan oleh biota perairan tetapi juga oleh manusia.

Prinsip penanggulangan pencemaran perairan adalah menghilangkan atau memodifikasi kotoran yang mengganggu kesehatan manusia atau lingkungan air, tanah dan udara. Untuk melindungi sumber air maka harus dilakukan pengendalian terhadap pengeluaran polutan. Upaya pengendalian pencemaran oleh logam berat perlu dilaksanakan sejak awal, dalam arti limbah-limbah yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan manusia, baik di darat maupun di laut, haruslah diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke laut. Berbagai metoda pengolahan limbah telah digunakan dan dikembangkan pada berbagai industri. Pengolahan yang dilakukan dapat merupakan pengolahan secara fisik, kimia, dan biologi ataupun merupakan gabungannya (Effendi,2003).

Pengolahan artifisial sangat efektif untuk mengurangi jumlah zat-zat yang berbahaya bagi ekologi dalam badan air penerima, antara lain zat-zat yang dapat mengendap. Proses pengolahan yang termasuk pengolahan fisika antara lain pengolahan mempergunakan screen, sieves dan filter, pemisahan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (sedimentasi atau oil/water separation), serta flotasi, adsorpsi dan stripping. Proses pengolahan secara kimia adalah netralisasi, presipitasi, oksidasi, reduksi dan pertukaran ion (Sastrawijaya, 2000).

2.4.1. Filtrasi Dengan Zona Tanaman

Pengolahan air limbah dengan zona tanaman yaitu dengan memanfaatkan aliran dibawah tanaman yang biasa dikenal *Subsurface Flow System* (SFS), dengan lapisan kedap air atau lapisan plastik. Peranan akar tanaman untuk membantu filtrasi alami menjadi sangat dominan. Melalui akar ini zat asam disalurkan ke dasar kolam pengolah. Selain itu akar tanaman juga menjadi media tempat melekat dan tumbuh dari mikroorganisme yang akan melakukan pengolahan biologis.



Gambar 2.1. Filtrasi Alami Dengan Zona Tanaman (FWS)
(Sumber : Maulida Khiatudin, 2003)

Pada kolam tidak diisi dengan pasir atau tanah, tetapi berisi dengan kolam yang penuh dengan tanaman maka disebut sistem *Free Water Surface* (FWS). Waktu inap di dalam filtrasi alami ini memegang peranan penting untuk mengurangi BOD atau mengangkat nitrogen. Tanaman terapung seperti apu-apu dan ganggang membentuk konsep *Free Water Surface* yang terdiri dari kolam atau saluran paralel dengan kedalaman air berkisar 0.50-1.80 m. Proses pemurnian air limbah terjadi ketika air menerobos batang dan akar tanaman. Berikut contoh parameter desain untuk sistem FWS dan SFS

Tabel. 2.1. Parameter Desain Untuk Filtrasi Dengan Zona Tanaman

| No | Parameter Desain | Satuan | FWS | SFS |
|----|--|---|----------------|--------------|
| 1 | Waktu inap hidraulik | Hari | 4 - 15 | 4 – 15 |
| 2 | Kedalaman air | Meter | 0.1 – 0.6 | 0,3 – 0,8 |
| 3 | Tingkat pembebanan BOD | Kg/Ha.hari | < 65 | < 65 |
| 4 | Tingkat pembebanan hidraulik (jumlah influent) | m ³ /m ² . hari | 0.013 – 0.0014 | 0,13 – 0,004 |
| 5 | Luas spesifik | Ha/(10 ³ m ³ /hr) | 7 – 2,1 | 7 – 2,1 |

(Sumber : Maulida Khatudin,2003)

2.4.2. Teknik Fitoremediasi

Fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman. Teknologi ini mulai berkembang dan banyak digunakan karena memberikan banyak keuntungan. Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman untuk digunakan dan dengan dampak negatif relatif kecil, memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan, dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan masyarakat (Khatuddin,2003)

Teknologi fitoremediasi dikembangkan berdasarkan kemampuan beberapa jenis tanaman dalam menyerap beberapa logam renik seperti seng (Zn) dan tembaga (Cu) dalam pertumbuhannya. Berdasarkan logam yang diperlukan untuk pertumbuhannya dikenal beberapa jenis tanaman yaitu serpentine (memerlukan tanah yang kaya akan unsur Ni, Cr, Mn, Mg, Co), seleniferous (memerlukan tanah yang kaya akan unsur Se), uraniferous (memerlukan tanah yang kaya akan unsur uranium), dan calamine (memerlukan tanah yang kaya akan unsur Zn dan Cd) (Sastrawijaya,2000)

Dalam pengaplikasian teknik fitoremediasi ini tanaman yang dipilih akan dipelihara dalam suatu kolam atau lahan basah buatan (artificial wetland). Adakalanya tanaman benar-benar menyerap zat polutan namun bisa juga berfungsi sebagai biofilter. Lahan basah buatan yang umum diberlakukan di perairan yang dekat dengan laut biasanya ditanami dengan mangrove. Mangrove adalah tumbuhan yang bisa hidup di daerah intertidal sekaligus memiliki berbagai kelebihan dalam menyaring zat polutan. Selain itu pemeliharaan mangrove tergolong mudah dan efisien (Khatuddin,2003)

2.4.3. Teknik Bioremoval

Bioremoval didefinisikan sebagai terakumulasi dan terkonsentrasinya zat polusi (pollutant) dari suatu cairan oleh material biologi, selanjutnya melalui proses rekoveri material ini dapat dibuang dan ramah terhadap lingkungan. Berbagai jenis mikroorganisme yang kapasitasnya sebagai material biologi diketahui dapat mengakumulasi logam berat dalam jumlah besar. Phenomena ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan proses bioremoval sehingga berpotensi dan layak secara ekonomis diaplikasikan pada teknologi removal dan proses rekoveri ion logam berat dari suatu cairan tercemar. Salah satunya adalah proses pengolahan dengan menggunakan mikroorganisme dengan tujuan mengurangi tingkat keracunan elemen polusi terhadap lingkungan, pendekatan ini dapat mengacu pada proses bioremediasi. (Effendi,2003).

2.4.3.1. Mekanisme proses bioremoval

Secara alami di mana kondisi tanpa kendali, proses bioremoval ion logam berat umumnya terdiri dari dua mekanisme yang melibatkan proses active uptake dan passive uptake. Pada saat ion logam berat tersebar pada permukaan sel, ion akan mengikat pada bagian permukaan sel berdasarkan kemampuan daya affinitas kimia yang dimilikinya (Sastrawijaya,2000)

a. Passive uptake.

Passive uptake dikenal dengan istilah proses biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion di mana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat; dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional groups seperti carbonyl, amino, thiol, hydroxy, phosphate, dan hydroxy-carboxyl yang berada pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat bolak balik dan cepat. Proses bolak balik ikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati

dan sel hidup dari suatu biomass. Proses biosorpsi dapat lebih efektif dengan kehadiran tertentu pH dan kehadiran ion-ion lainnya di media di mana logam berat dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut. [17] Misalkan, pH optimum biosorpsi ion lead(II), nickel(II) dan copper(II) oleh *Zoogloea ramigera* adalah berkisar antara 4.0-4.5 sedangkan untuk besi(II) adalah 2.0. [18] (Khatuddin,2003).

b. Aktif uptake.

Aktif uptake dapat terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau/dan akumulasi intraselular ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekresi pada tingkat ke dua. Proses ini tergantung dari energy yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter-parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, cahaya dll. Disamping itu proses ini dapat dihambat oleh suhu yang rendah, tidak tersedianya sumber energi dan penghambat-penghambat metabolisme sel. Di sisi lain, biosorpsi logam berat dengan sel hidup ini terbatas dikarenakan oleh akumulasi ion yang menyebabkan racun terhadap mikroorganisme. Hal ini biasanya dapat menghalangi pertumbuhan mikroorganisme disaat keracunan terhadap ion logam tercapai. (Khatuddin,2003)

2.5. Lahan Basah

Lahan Basah adalah kawasan yang terletak di zona peralihan antara daratan yang kering secara permanen dan perairan yang berair secara permanen (Maltby,1991 Dalam Khatudin.2003). Menurut EPA lahan basah adalah suatu area dimana air selalu menutupi tanah, baik dimasa saat ini maupun di sebagian besar waktu dalam setahun, termasuk pada musim pertumbuhan (EPA,2006). Jenis-jenis lahan basah (wetland) tergantung dari perbedaan regional dan lokal pada tanah, topografi, iklim, hidrologi, kualitas air, vegetasi dan berbagai faktor lain termasuk juga aktifitas manusia. Dua jenis umum lahan basah yang dikenal yaitu tidal wetland dan non-tidal wetland.

1. Tidal wetland : adalah lahan basah yang berhubungan dengan estuari, dimana air laut bercampur dengan air tawar dan membentuk lingkungan dengan bermacam-macam kadar salinitas. Fluktuasi pemasukan air laut yang tergantung pada pasang surut seringkali menciptakan lingkungan yang sulit bagi vegetasi, salah satu yang dapat beradaptasi disini adalah tumbuhan mangrove dan beberapa tanaman yang tahan terhadap salinitas.

2. Non-tidal wetland : adalah lahan basah yang biasanya berada di sepanjang aliran sungai, di bagian yang dangkal dikelilingi oleh tanah kering. Keberadaannya tergantung musim, dimana mereka akan mengering pada satu atau beberapa musim di setiap tahunnya. Tipe ini bisa di ditemui di Amerika atau Alaska.

(EPA,2006)

2.5.1. Lahan Basah Buatan

Lahan basah buatan adalah suatu sistem perawatan yang mempergunakan proses alamiah yang melibatkan vegetasi lahan basah, tanah dan mikrobakteri yang berasosiasi di dalamnya dengan tujuan memperbaiki kualitas air (EPA,2004). Lahan Basah buatan memiliki banyak fungsi diantaranya untuk filtrasi air. Ketika aliran air melewati lahan basah, mereka akan berjalan perlahan dan sebagian besar bahan pencemar akan terjebak oleh vegetasi untuk kemudian terangkat atau berubah bentuk menjadi lebih tidak berbahaya. Tumbuhan yang hidup dalam lahan basah membutuhkan unsur hara yang terkandung dalam air. Jika yang tertahan adalah air yang mengandung bahan pencemar berbahaya bagi lingkungan namun bermanfaat bagi tumbuhan, maka bahan itu akan diserapnya (Wong, 1997).

Lahan basah memindahkan polutan dari perairan melibatkan proses yang kompleks antara aspek biologi, fisika dan kimia. Pengambilan nutrient oleh tumbuhan tingkat tinggi dan penyimpanan logam berat di dalam akar adalah komponen biologi yang paling nyata pada ekosistem lahan basah (Orson 1992; Rai 1995 dalam Wong 1997). Dalam pengambilan polutan oleh tumbuhan, transformasi bakteri dan proses fisika-kimia termasuk adsorpsi, presipitasi dan sedimentasi dalam tanah dan rhizosphere di zona akar adalah mekanisme utama untuk pengangkatan bahan pencemar (Wong,1997)

Ditinjau secara fisik, kimiawi dan biologis, peran rawa dalam proses penghilangan bahan pencemar dari air limbah terjadi menurut salah satu proses berikut (Wildeman dan Laudon 1989 dalam Khatudin,.2003)

1. Penyaringan bahan tersuspensi dan koloida yang terdapat dalam air.
2. Asimilasi bahan pencemar ke dalam jaringan akar dan daun tumbuhan hidup.
3. Pengikatan atau pertukaran bahan pencemar dengan tanah rawa, bahan tanaman hidup, bahan tanaman mati dan bahan alga hidup.

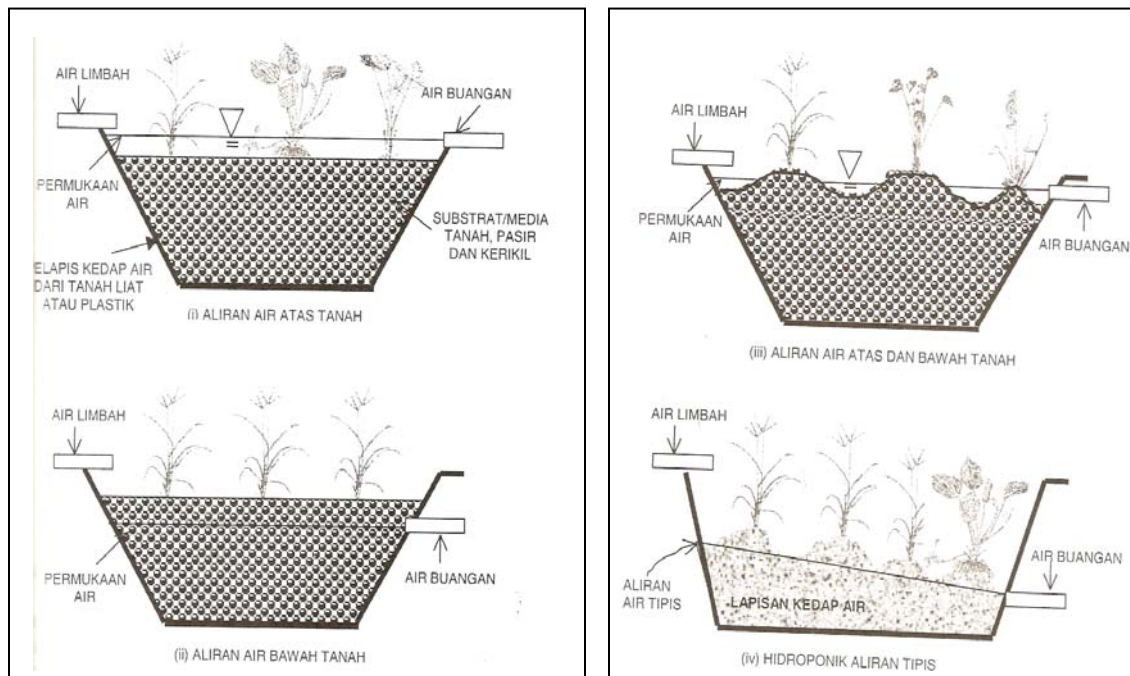
4. Presipitasi dan netralisasi melalui pembentukan NH_3 dan HCO_3^- dari penguraian bahan biologis karena kegiatan bakteri.
5. Presipitasi logam di lapisan oksidasi dan reduksi yang dikatalisir oleh aktivitas bakteri.

2.5.2. Jenis Lahan Basah Buatan

Menurut jenis aliran air, lahan basah buatan secara umum digolongkan dalam dua bentuk yaitu aliran horisontal dan aliran vertikal. Dalam sistem aliran horisontal, air memasuki lahan dari satu titik, mengalir dalam lahan buatan, kemudian keluar dari titik di ujung lahan basah. Sedangkan pada aliran vertikal, air merembes atau mengalir secara vertikal baik dari atas ke arah bawah atau dari bawah ke arah atas sistem untuk keluar dari sistem.

Lahan basah buatan aliran horisontal digolongkan menjadi :

1. Lahan basah buatan yang airnya mengalir di atas permukaan tanah
2. Lahan basah buatan yang airnya mengalir lewat substrat tempat tanaman air.
3. Kombinasi bentuk 1 dan 2
4. Lahan basah buatan hidroponik aliran tipis tanpa substrat



Gambar 2.2. Jenis-Jenis Rawa Buatan Aliran Horisonta
(Sumber : Maulida Khiatudin,2003)

Lahan basah buatan aliran vertikal digolongkan menjadi

1. Aliran vertikal menurun. Air masuk dari permukaan, merembes ke substrat hingga mencapai dasar rawa untuk keluar dari sistem.
2. Aliran vertikal menanjak. Air disalurkan melalui pipa kemudian keluar melalui saluran yang terletak di permukaan substrat. (Khatudin,2003)

2.5.3. Kinerja Lahan Basah Buatan Dalam Menghilangkan Bahan Pencemar

Kinerja lahan basah buatan dalam penghilangan zat pencemar tergantung dari jenis bahan pencemar, sistem pengaliran air di atas atau di bawah permukaan tanah, jenis substrat tempat tanaman tumbuh, jenis tanaman, dan lain-lain. Kemampuan rawa buatan biasanya dihitung dalam suatu persentase kehilangan bahan pencemar dalam air limbah yang masuk dan keluar. Walaupun rawa buatan tidak dapat menghilangkan bahan pencemar secara total, namun minimal dapat mengurangi konsentrasi bahan pencemar yang ada dalam air.

Dalam ekosistem lahan basah, masing-masing organisme mempunyai kedudukan khusus untuk menjaga kelancaran perpindahan biomassa keluar dari ekosistem rawa. Interaksi antar semua komponen ekosistem tersebut memungkinkan terjadinya proses daur ulang baha pencemar secara alami. Penghilangan bahan pencemar dengan mekanisme fisika akan terjadi melalui sedimentasi, penyaringan dan adsorpsi. Secara kimiawi akan terjadi melalui presipitasi, adsorpsi dan penguraian bentuk senyawa yang kurang stabil. Secara biologi polutan akan tereduksi dikarenakan metabolisme mikroba, metabolisme tanaman, adsorpsi oleh tanaman dan kematian alami oleh bakteri dan virus (Stowe et al 1980 dalam Khatudin, 2003)

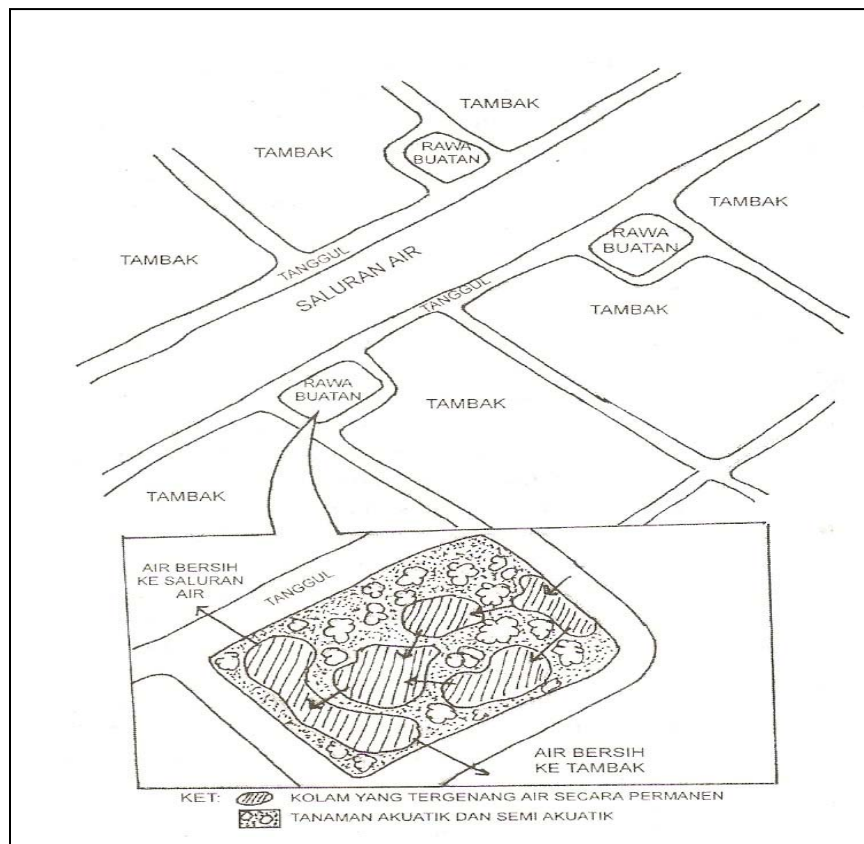
Tabel 2.2. Kinerja Lahan Basah Buatan Dalam Pembersihan Logam

| Jenis Logam | Tingkat Penghilangan (%) |
|-------------------------------|--|
| Pb (timah hitam) ¹ | 27 – 83 |
| Zn (seng) ¹ | (-22) – 51 |
| Cu (tembaga) ¹ | (5 – 32) ¹ dan (0- 96) ² |
| Ni (nikel) ¹ | (-30) – 34 |
| Cr (kromium) ¹ | 20 - 53 |
| Al (aluminium) ² | 0 – 53 |
| Cd (kadmium) ³ | 0 – 99,7 |
| Hg (air raksa) ³ | 17 |

Sumber : (1) Meiorin, (2) Wileman & Laudon, (3) Kadlec & Knight Dalam Khiatudin(2003)

2.5.4. Lahan Basah Buatan Di Sekitar Areal Perikanan Darat

Bahan pencemar yang timbul di kolam atau tambak adalah sisa-sisa makanan, kotoran ikan, larutan pupuk dan bibit penyakit. Air yang berasal dari kolam ikan sering mengandung unsur hara dalam kadar tinggi sehingga dapat menghasilkan eutrofikasi di perairan. Rawa buatan yang diciptakan di kolam/tambak berada di areal yang dekat dengan saluran air. Air limbah dapat dibersihkan secara ekologis bila dialirkan ke rawa buatan sebelum dibuang. Untuk pencapaian maksimal pinggiran saluran umum yang digunakan sebagai sarana pembagi air bagi areal pertambakan juga perlu dihijaukan dengan tanaman akuatik dan semi-akuatik. Diantara tanaman akuatik yang cocok ditanam di areal perikanan air tawar adalah sagu. Sedangkan tanaman bakau dan nipah untuk perikanan air payau.



Gambar 2.3. Lahan Basah Buatan Di Tambak Ikan
(Sumber : Maulida Khiatudin,2003)

2.6. Tanaman Lahan Basah Buatan

Tanaman adalah komponen terpenting yang berfungsi sebagai pendaur ulang bahan pencemar dalam air limbah untuk menjadi biomassa yang bersifat ekonomis dan menyuplai oksigen ke dasar air atau ke dalam substrat yang berkondisi anaerobik. Selain itu biomassa fauna yang terbentuk sebagai hasil transformasi biomassa tumbuhan dapat dimanfaatkan untuk membantu mempercepat aliran bahan pencemar keluar dari air limbah dan menambah hasil ekonomi lahan basah buatan (Khatuddin,2003)

Tanaman yang paling sering digunakan dalam lahan basah buatan di Eropa dan Amerika adalah rerumputan air jenis *Phragmites australis*. Di daerah tropis biasa digunakan tanaman *Eichornia crassipes* (eceng gondok) (EPA,2006) Di Indonesia, tanaman akuatik dari berbagai jenis tumbuh dengan baik di lingkungan rawa. Tanaman besar yang mampu beradaptasi di kawasan rawa seperti sagu, nipah dan bakau terdapat dimana-mana. Tumbuhan yang hidup di daerah tercemar memiliki mekanisme penyesuaian yang membuat polutan menjadi nonaktif dan disimpan di dalam jaringan tua sehingga tidak membahayakan pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan (Khatuddin,2003)

2.6.1. Tanaman Mangrove di Lahan Basah Buatan.

Bakau atau mangrove adalah salah satu tanaman yang mampu beradaptasi dengan baik dalam lingkungan air, bahkan air payau maupun asin. Endapan yang dihanyutkan oleh air dari daratan merupakan substrat tempat tumbuh yang sangat cocok bagi tanamn ini. Kemampuan berbagai spesies bakau beradaptasi dengan lingkungan basah berbeda-beda. Di endapan lumpur yang terendam secara permanen hanya spesies *Rhizophora Mucronata* yang mampu hidup. Di endapan yang terendam secara periodik ketika air pasang ukuran menengah, spesies yang mendominasi adalah *Avicennia sp.*, *Soneratia griffithii* dan *Rhizophora* (di pinggiran air). Di endapan yang dibanjiri oleh air pasang besar normal, semua spesies dapat hidup tetapi yang mendominasi adalah *Rhizophora*. Di lahan oleh air pasang bulan purnama atau bulan gelap, spesies yang utama adalah *Bruguiera gymnorphyza* dan *Bruguiera cylindrica*, *Ceriops sp.* Sementara di lahan yang hanya dibanjiri oleh air pasang ekuinoks atau air pasang yang tinggi sekali ketika bersamaan dengan banjir dari hulu, spesies *Bruguiera gymnophora* dominan, dan disertai oleh *Rhizophora apiculata* dan *Xylocarpus granatum* (Knox 2001 Dalam Khatudin 2003).

Beberapa mekanisme fisiologis yang terjadi pada tanaman bakau menjelaskan kemampuan adaptasi tanaman ini antara lain:

1. Pembatasan penyerapan garam ke dalam sel akar serta percepatan pengeluaran garam melalui kelenjar di daun. Tanaman ini juga mampu mengakumulasi garam dari kulit batang yang mati dan daun yang hampir rontok.
2. Kemampuan hidup dalam endapan lumpur yang bersifat anaerob berkat adanya akar yang berada di atas permukaan tanah atau air dan mampu menyerap oksigen.
3. Sistem reproduksi yang memungkinkan biji tumbuh ketika masih berada di pohon induk.

Bakau adalah tanaman yang sangat cocok untuk dibudidayakan di areal pertambakan. Ekosistem bakau akan mampu menghilangkan sebagian bahan pencemar dari tambak. Penelitian di Hongkong menunjukkan tanah di hutan bakau mampu menghilangkan senyawa fosfor dan logam yang berasal dari air limbah, tetapi kurang efisien untuk menghilangkan senyawa nitrogen (Tam dan Wong dalam Khatudin,2003).

Sebuah studi mengenai efek dari pembuangan limbah pada komunitas mangrove di Darwin Australia mengatakan bahwa pohon mangrove memiliki kapasitas tinggi untuk menerima muatan limbah tanpa menderita kerusakan pada pertumbuhan mereka. Konsentrasi nutrient yang melekat pada sedimen mangrove dan tingginya produksi primer dari ekosistem mangrove mengindikasikan bahwa sistem ini kerap mengalami kekurangan nutrien sehingga memiliki kemampuan besar untuk menahan nutrien. Dengan masukan nutrient yang cocok akan menguntungkan bagi sistem apabila mampu menstimulasi produksi biomassa dan formasi tanah yang ada (Breaux dalam Tam et all,1997).

Penelitian mengenai akumulasi dan distribusi logam berat pada mangrove simulasi oleh Nora F.Y Tam dan Yuk Shan Wong menyatakan bahwa kandungan logam berat lebih banyak ditemukan di perakaran. Masih menurut Nora F Y Tam (1997), baik dalam sedimen maupun tanaman konsentrasi logam berat meningkat sesuai peningkatan jumlah air dari pembuangan. Ini menunjukkan bahwa komponen sedimen mangrove memiliki kapasitas yang besar untuk menyimpan logam berat. Akan tetapi kemampuan untuk menahan logam berat ini tergantung dari usia tanaman dan produksi biomassa (Tam et all,1997).

Tanaman mangrove yang potensial untuk ditumbuhkan di lahan basah buatan antara lain:

- a. *Rhizophora sp* : Semua species *Rhizophora* memiliki akar penunjang yang tumbuh dari batangnya. *Rhizophora* mempergunakan ultrafiltrasi pada akar untuk mengeluarkan garam

yang akan hilang bersamaan dengan daun yang gugur. Berdasarkan studi di Cina mengenai penyerapan logam berat oleh *Rhizophora stylosa* konsentrasi logam berat ditemukan pada beberapa bagian pohon yang berbeda. Konsentrasi tertinggi dari Cu, Pb dan Cr ditemukan di batang, sedangkan Zn, Cd, Ni dan Mn ditemukan di daun, bunga dan akar (Zheng, 1997). Sedangkan pada *Rhizophora mangle* konsentrasi Mn paling tinggi ditemukan di batang dan daun. Cu terdeteksi di buah, bunga dan daun. Cr di temukan di cabang dan batang. Dan Pb serta Cd ditemukan diseluruh bagian tumbuhan (Silva et al,1990). Ini membuktikan bahwa jenis *Rhizophora* mampu menyerap polutan logam berat dengan baik.

b. *Avicennia sp* : Spesies *Avicennia* diperkirakan memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap beberapa kandungan logam dibanding spesies mangrove yang lain. Penelitian mengenai akumulasi logam pada *A.marinna* menunjukkan Zinc merupakan logam yang paling banyak ditemukan, selanjutnya Cu dan Pb berada pada akumulasi terendah (De Lacerda dalam MacFarlane,2003).

Avicennia marina ditemukan mengakumulasi Cu,Pb dan Zn dalam jaringan akar dengan level yang sama ataupun lebih tinggi dari konsentrasi sedimen di sekitarnya. Cu dan Zn menunjukkan pergerakan di seluruh bagian tanaman, terakumulasi di jaringan daun dengan level kurang lebih 10% dari akar. Baik Cu maupun Zn adalah mikro nutrisi yang penting bagi tanaman. Keterhubungan antara logam di sedimen dan akumulasi di daun hanya berlaku untuk Zn. Level Zn di sedimen merefleksikan level jumlahnya di daun mengacu pada pergerakan dan kapasitasnya sebagai nutrisi bagi tanaman. Penurunan pH sedimen akan meningkatkan akumulasi Zn di jaringan akar. Dapat dikatakan bahwa akar dari *Avicennia marina* inilah yang berfungsi sebagai indikator biologi terhadap paparan Cu,Pb dan Zn di lingkungan (MacFarlane,2003).

2.6.1.1. Kandungan Nutrient Lahan Basah Mangrove

Keberadaan nutrisi di lahan mangrove dikendalikan oleh berbagai macam proses biogeokimia termasuk pasang surut, akumulasi kotoran dan dekomposisi kotoran. Nutrient berlimpah di lahan yang semakin dalam dan di lokasi dimana masukan air segar terbilang tinggi (Boto and Wellington 1996 dalam Le, 2008).

Nitrogen dan fosfat adalah jenis nutrisi yang dibutuhkan oleh lahan mangrove. Di sedimen lahan basah, ammonium adalah bentuk pertama dari inorganik nitrogen.

Ammonium akan berinteraksi dengan oksigen dan teroksidasi menjadi nitrat. Melalui proses denitrifikasi, nitrat akan berubah secara mikrobial menjadi N₂O dan N₂. Sama dengan nitrogen di lahan basah konsentrasi fosfat terlarut juga terpengaruh oleh konsentrasi salinitas dimana larutan fosfat akan berkurang dengan meningkatkan kadar salinitas (Robertson and Blaber 1992 dalam Loi Tan Le 2008). Keterbatasan jumlah fosfat akan memperlambat pertumbuhan mangrove (Broome et al 1994 dalam Loi Tan le, 2008).

Hutan mangrove yang menjadi lahan bagi pelepasan air limbah justru akan memperoleh keuntungan terutama untuk pertumbuhan tanaman dan produktifitas ekosistem mangrove yang didapat dari suply nutrien oleh air limbah (Boto 1996 dalam Y.S.Wong et all 1997). Penelitian Henry (1978) dalam Y.S.Wong (1997) melaporkan bahwa tingkatan nutrient di daun mangrove yang menerima air limbah secara signifikan lebih tinggi dibanding yang tidak menerima air limbah. Akan tetapi tingkatan nutrient di daun sama nilainya dengan nutrient di perakaran.

2.6.1.2. Sedimen Lahan Basah Mangrove.

Industrialisasi dan urbanisasi meningkatkan resiko akan kontaminasi logam berat. Mangrove sedimen menjadi anaerobik, menjadi kekurangan atau bisa saja kelebihan sulfida dan menjadi tempat terakumulasinya logam berat. Meskipun begitu, konsentrasi absolut logam berat di sedimen tidak secara signifikan mengindikasikan tingkat kontaminasi logam dari sumber yang alami. Penelitian yang pernah ada menunjukkan bahwa Fe dapat menormalisasi konsentrasi Mn, Zn dan Ni di sedimen mangrove. Sedangkan Al akan lebih cocok untuk normalisasi Cu dan Cr (Tam, 1998).

Sifat fisik dan kimia yang dimiliki sedimen mangrove adalah kemampuannya untuk mengakumulasi material di lingkungan tepian pantai. Pengendapan logam di sedimen dapat dikenali dari tingginya nilai pH, dimana jumlahnya bertepatan dengan proses fotosintesis dan pengurangan sulfat di sedimen anaerobic (Harbison,1986) Interaksi sedimen maupun air di area pasang surut boleh jadi merupakan hasil dari pergerakan logam dari sedimen di permukaan. Lingkungan kimiawi di perairan dangkal berasal dari fluktuasi fase diurnal pasang surut, biasanya disepanjang periode *slack water* (Harbison, 1986). Analisis sebelumnya mengenai sedimen dari teluk tepi pantai menyatakan bahwa

daerah pasang surut dan beberapa bagian substrat mangrove berisi lebih banyak logam berat daripada sedimen di bagian tepi pantai yang lain (Harbison,1986).

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan tipe penelitian, ruang lingkup penelitian, lokasi dan metode penelitian yang digunakan.

3.1. Tipe Penelitian

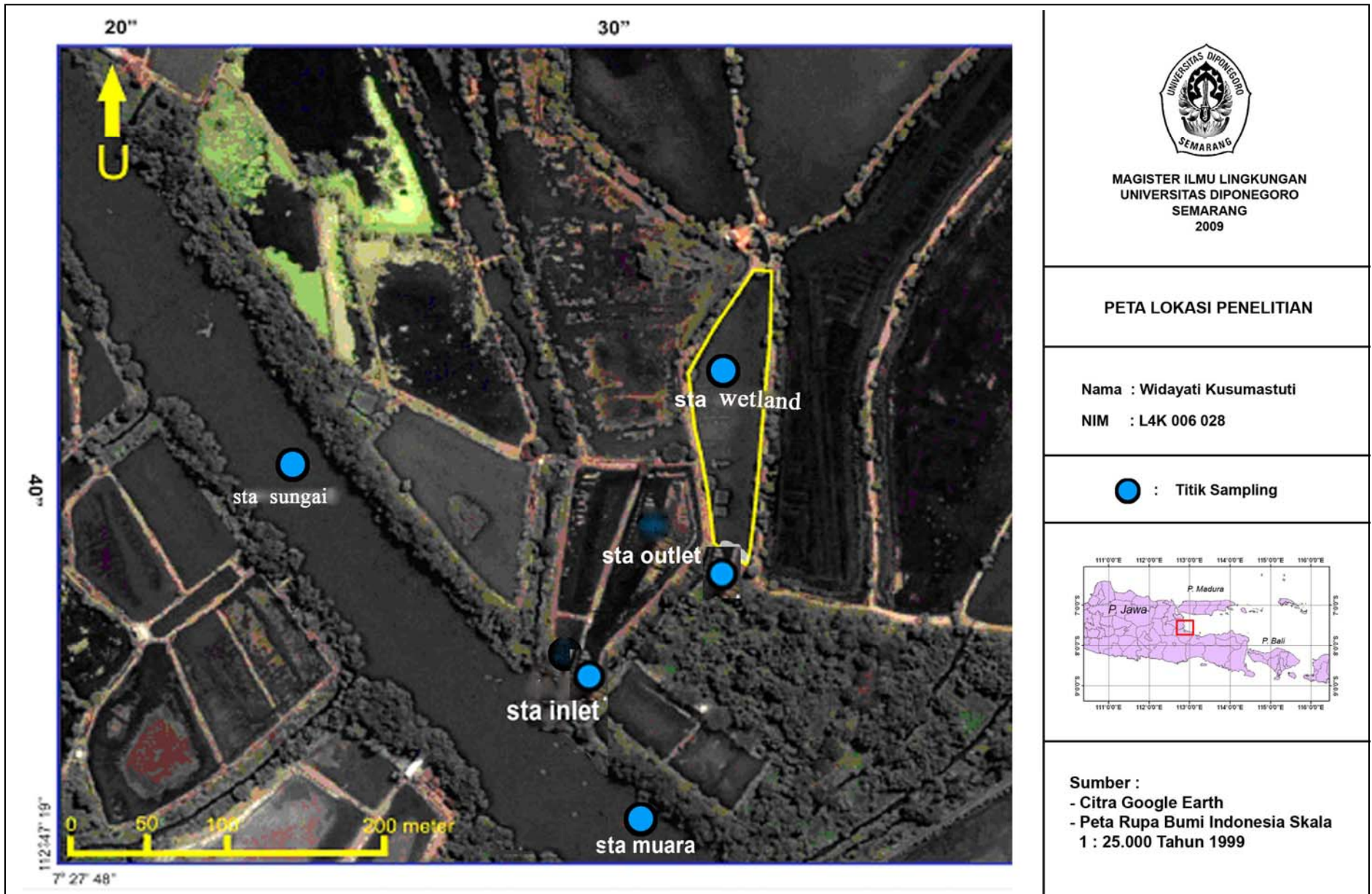
Penelitian ini termasuk dalam penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi mengenai status suatu gejala yang ada menurut apa adanya pada saat penelitian dilaksanakan (Apridayanti, 2008) Penelitian ini dimaksudkan untuk membuat gambaran secara sistematis, factual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diteliti (Nazir, 1999). Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran langsung kualitas air dan pengambilan sample vegetasi lahan basah buatan.

3.2. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian meliputi kondisi Sungai Kepetingan dan evaluasi efektifitas lahan basah buatan yang masih dalam keadaan apa adanya serta pengaruhnya pada kualitas air yang masuk dan keluar ke dan dari area tambak di sekitarnya. Pada akhirnya akan berpengaruh pada upaya pengelolaan lahan basah buatan dimana diharapkan akan bisa lebih efektif. Penelitian ini dilakukan pada musim kemarau yaitu pada bulan Juni 2007.

3.3. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 25, 26 dan 27 Juni 2007. Lokasi penelitian adalah areal tambak termasuk lahan basah berisi mangrove yang berbatasan langsung dengan Sungai Kepetingan. Areal ini terletak di Desa Kepetingan, Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Area tambak dan lahan basah berbatasan langsung dengan Sungai Kepetingan dimana dari sungai inilah input air berasal. Berbagai pencemaran akibat aktifitas manusia sangat mempengaruhi kualitas air sungai dan inputannya, oleh karena itu perlu dibuat wetland yang ditanami mangrove sebagai upaya mengurangi pencemaran. Peta Lokasi Penelitian dapat disaksikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan pokok-pokok data yang akan dianalisis berdasarkan materi penelitian yang ada. Variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2. Metode Penelitian halaman 28.

3.5. Jenis dan Sumber Data

Data yang diambil dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil terdiri dari data struktur dan komposisi mangrove, data kualitas fisika dan kimia perairan sungai Kepetingan, lahan basah dan area tambak dan data pasang surut perairan yang bersangkutan. Sedangkan data sekunder untuk pendukung adalah data curah hujan dan data hasil tambak. Jenis dan sumber data dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2. Metode Penelitian halaman 28.

3.6. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini meliputi teknik sampling tanaman mangrove, teknik pengambilan sampel kualitas air (kualitas fisika dan kimia air) dan teknik pengukuran pasang surut. Kesemuanya melalui pengukuran langsung di lapangan dengan metode purposive sampling.

3.6.1. Prosedur Penetapan Stasiun Pengambilan Sampel Air

Lokasi pengambilan sampel air yang dianggap mewakili keadaan Sungai Kepetingan, lahan basah dan area tambak secara keseluruhan. Sampel diambil pada lima stasiun yaitu :

Stasiun I : merupakan badan sungai Kepetingan.

Stasiun II : merupakan *inlet*, yaitu daerah aliran masuk dari Sungai Kepetingan.

Stasiun III : merupakan area lahan basah yang telah ditumbuhi mangrove secara alami.

Stasiun IV : merupakan *outlet*, yaitu daerah aliran keluar dari area tambak dan lahan basah

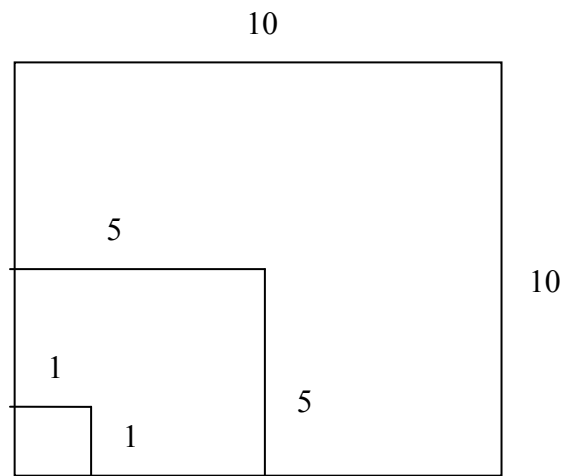
Stasiun V : merupakan muara Sungai Kepetingan.

Untuk melihat lebih jelas lokasi dari masing-masing stasiun dapat dilihat pada Gambar 3.2. Stasiun Pengambilan Sampel Air dan Sedimen Sidoarjo

3.6.2. Teknik Pengambilan Sample Tanaman Mangrove

Lokasi pengambilan sampel flora tersebar di 5 (lima) stasiun. Pemilihan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara purposif didasarkan keberadaan flora dan dianggap mewakili kondisi ekosistem tersebut pada masing-masing stasiun.

Studi struktur dan komposisi mangrove dilakukan dengan menggunakan metode yang merupakan modifikasi dari cara yang digunakan oleh Mueller Dumbois dan Ellenberg (1974). Pada tiap stasiun ditetapkan 3 titik pengambilan sampel yang diharapkan dapat mewakili stasiun tersebut. Selanjutnya pada masing-masing titik sampling tersebut dibuat plot berukuran 10 m x 10 m untuk pengambilan data pohon ($dbh \geq 4$ cm), subplot 5 m x 5 m untuk data *sapling* ($1 \text{ cm} \leq dbh < 4$ cm) dan subplot 1m x 1m untuk *seedling* (anakan) dengan ketinggian $< 1\text{m}$ (Gambar 3.1.)



Gambar 3.2. Peletakan Subplot 1 m x 1 m (*Seedling*) dan Subplot 5 m x 5 m (*Sapling*) dalam Plot 10 m x 10 m (Pohon) untuk sampling flora.

Data yang diambil tersebut dianalisa untuk diketahui nilai Frekuensi kehadiran Kerapatan (K) dan Basal Area (BA).

3.6.3. Teknik Pengambilan Sampel Kualitas Air

Pengambilan sampel dan analisis kualitas air dilakukan pada 5 (lima) stasiun penelitian dengan *purposive sampling method*. Pengukuran kualitas air dimaksudkan sebagai data dasar dalam menganalisis kondisi eksisting kualitas air saat ini dan untuk perencanaan lahan basah buatan. Sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui kualitas air di lokasi kajian pada saat dilakukan pengukuran.

Data kualitas perairan meliputi :

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Temperatur | 13. Nitrat |
| 2. pH (derajat keasaman) | 14. Nitrit |
| 3. Oksigen Terlarut | 15. Fosfat |
| 4. Salinitas | 16. Cd |
| 5. Amonia | 17. Hg |
| 6. Kecerahan | 18. Pb |
| 7. Cr | 19. Cu |
| 8. Pestisida | 20. Rasa |
| 9. COD | 21. Warna |
| 10. TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) | 22. Bau |
| 11. Silikat | 23. Konduktivitas |
| 12. BOD | |

Pengambilan sampel air dilakukan secara berurutan dari stasiun I, II, III, IV dan terakhir stasiun V. Perlakuan ini diambil menyesuaikan dengan waktu terjadinya pasang dan surut air yang mengalir tambak dikarenakan pada saat sampling dilakukan pintu air untuk input dan output masih menjadi satu. Pada waktu pasang maka air akan menjadi inputan dan ketika surut air akan menjadi output. Waktu pengambilan sampel adalah sebagai berikut :

| No | Tanggal | Stasiun Dan Waktu Pengambilan |
|----|--------------|---|
| 1 | 26 Juni 2007 | 1. St.Sungai : 08.00 WIB 2. St. Inlet : 10.00 WIB 3. St. Wetland : 12.30 WIB 4. St.Outlet : 14.00 WIB 5. St Muara : 16.00 WIB |

Pengukuran kualitas air dilakukan secara langsung dan analisa laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali pada tiap stasiun. Selain itu secara bersamaan pula dicatat kondisi cuaca serta posisi lokasi koordinat sampling dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

Untuk mendapatkan parameter-parameter kualitas air digunakan metoda sebagai berikut:

1. Untuk pengukuran temperatur dan salinitas dipergunakan instrumen *water quality checker*, HORIBA, dimana alat ini mampu mengukur parameter kualitas air, seperti: salinitas, DO, TDS, suhu, kedalaman, turbiditas.
2. Untuk pengukuran parameter nitrat, nitrit, fosfat, amoniak, Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, BOD, COD, silikat, TSS akan dilakukan dengan pengambilan contoh air dengan menggunakan botol Nansen. Contoh air tersebut kemudian akan dianalisa di

laboratorium untuk mengetahui nilai masing-masing parameter. Sedangkan untuk pengukuran warna, bau dan rasa dilakukan secara *insitu*.

3. Preparasi sampel air sebelum dibawa ke laboratorium ditujukan untuk meminimalkan perubahan kandungan/nilai parameter kualitas air. Sampel air yang akan dianalisis kandungan nitrit, nitrat dan phosphate terlebih dahulu diawetkan dengan cara menambahkan 40 mg HgCl_2 / L sampel (SNI 06-2503-1991) Sedangkan sampel air yang akan dianalisis kandungan ammonia bebas diawetkan dengan cara pengasaman yang cepat dengan menambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat / L sampel (SNI 06-6989.30-2005) Demikian juga untuk sampel air untuk analisis nilai COD diawetkan dengan penambahan 1 mL H_2SO_4 pekat / L (SNI 06-6989.15-2004). Sampel air untuk analisis nilai BOD diawetkan dengan cara penyimpanan dalam suhu rendah (botol sampel dipendam dalam hancuran es didalam *cool box*) (SNI 06-2503-1991)

3.6.4. Teknik Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil dengan menggunakan *grab sampler* yang kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip sebanyak 250 gram untuk masing-masing titik pengambilan sampel. Sampel sedimen diambil pada tiap stasiun dengan menggunakan alat *Ekman grab*. Sampel sedimen yang diambil merupakan sedimen pada bagian permukaan dasar perairan yang memiliki ketebalan kurang dari 20 cm. Contoh sedimen kemudian ditampung dalam botol polyetylen. Selanjutnya tempat sampel dibungkus dengan kantong plastik dan selanjutnya dimasukkan kedalam *Cool box* untuk diangkut menuju laboratorium.

Sampel sedimen kemudian dianalisa di laboratorium Fakultas MIPA Universitas Airlangga untuk mengetahui kandungan Hg, Cd, Pb, Cu, Cr, Pestisida, dan pH. Pengambilan data biota (moluska) dan sedimen dimaksudkan sebagai data dasar dalam mengumpulkan dan menganalisis kondisi eksisting kualitas perairan serta sebagai indikator pencemaran lingkungan di lokasi kajian.

3.6.5. Teknik Pengukuran Pasang Surut Perairan

Pengamatan pasang surut dilakukan di satu titik pada lokasi yang representatif dengan lama pengamatan 30 x 24 jam. Pengamatan dilakukan dengan cara memasang alat ukur ketinggian muka air yang dibaca setiap jam. Elevasi hasil pengamatan muka air

selanjutnya diikatkan pada titik tetap yang ada (Bench Mark). Analisis hasil pengamatan berupa tinggi muka air rata-rata dan konstanta-konstanta pasang surutnya. Dari hasil perhitungan konstanta ini dapat ditentukan bidang surutan terendah dan bidang pasang tertinggi.

Pengumpulan data pasang surut dimaksudkan sebagai data dasar dalam menganalisis kondisi eksisting, sehingga baik tipe pasut maupun range pasut saat purnama atau perbani dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan lahan basah buatan.

3.6.6. Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran dilakukan secara berjajar pada beberapa titik dalam satu lokasi. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *current meter*. Untuk mendapatkan besarnya debit (aliran) metoda yang dipakai yaitu *Area Velocity Method*. Peralatan yang dipergunakan untuk melakukan pekerjaan ini adalah *Current meter*.

3.7. Metode Analisis Data

3.7.1. Data Pohon

Data pohon yang diambil dari masing-masing lokasi berupa jenis, jumlah dan diameter pohon. Data yang diambil tersebut dianalisa untuk diketahui jenis, sebaran, kelimpahannya, nilai penting serta indeks ekologinya (Indeks Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominasi). Data flora dianalisa dengan metode sebagai berikut:

Frekuensi Kehadiran

Persen kehadiran mangrove untuk kategori pohon, kategori sapling dan kategori seedling di tiga lokasi pengambilan sampel dengan menggunakan rumus :

$$FK (\%) = \frac{n}{100} \times 100$$

Dimana n adalah jumlah titik keberadaan pohon mangrove untuk tiap kategori pada 3 stasiun dengan 3 kali pengambilan sampel.

Kerapatan (K)

Kerapatan adalah jumlah individu per unit area (Individu/Ha) (Cintron dan Novelli, 1984).

Basal Area (BA)

Basal area merupakan penutupan areal hutan oleh batang pohon. Basal area didapatkan dari pengukuran batang pohon yang diukur secara melintang (Cintron dan Novelli, 1984).

Diameter batang tiap spesies tersebut kemudian diubah menjadi basal area dengan menggunakan rumus :

$$BA = \frac{\pi D^2}{4} \text{ cm} \quad (3.1)$$

Dimana : BA = Basal Area

π = 3,14

D = Diameter batang

3.7.2. Data Kualitas Air dan Sedimen

Tabel 3.1. Metode singkat analisis sampel air

| PARAMETER | PERALATAN | BAHAN | METODE | SUMBER |
|---------------|---|---|--|------------------------|
| Temperatur | Termometer | | <i>insitu</i> | |
| pH | pH meter | | <i>insitu</i> | |
| Salinitas | Refracto | | <i>insitu</i> | |
| Amonia | Spectrofotometer | NH ₄ Cl, C ₅ H ₅ OH, C ₅ FeN ₆ Na ₂ O, C ₆ H ₅ Na ₃ O ₇ , NaClO | Spectrofotometri secara fenat | SNI 06-6989.30-2005 |
| Kecerahan | <i>Secchi disk</i> | | <i>insitu</i> | |
| Pestisida | Kromatografi | Air suling | Gas Kromatografi | SNI 06-6989.34.2006 |
| COD | Fluks (labu Erlenmeyer dan pendinginLiebig 30 cm), hot plate | K ₂ Cr ₂ O ₇ , Ag ₂ SO ₄ , FeSO ₄ .7H ₂ O, HgSO ₄ | Refluks terbuka secara titrimetri | SNI 06-6989.15-2004 |
| TSS | Desikator yang berisi silica gel, oven, pompa vacuum | Kertas saring (glass-fiber filter), air suling | Gravimetric | SNI 06-6989.3-2004 |
| Silikat | Spectrophotometer sinar tunggal, pemanas listrik, tanur, desikator yang hampa udara | Na ₂ SiO ₃ .9H ₂ O, H ₂ SO ₄ , HCl, (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ , H ₂ C ₂ O ₄ , HF, air suling | Spectrofotometri secara molibdat silikat | SNI M-46-1990-03 |
| DO | DO meter | | <i>insitu</i> | |
| BOD | Botol BOD 300mL | Larutan NaOH (0,1N); H ₂ SO ₄ (0,1N) dan Na ₂ SO ₃ (0,025N) | | SNI 06-2503-1991 |
| Fosfat | Spectrophotometer sinar tunggal, pemanas listrik | Phenolphthalein, H ₂ SO ₄ (5N), K(SbO)C ₄ H ₄ O.½H ₂ O, (NH ₄) ₆ MO ₇ O ₂ .4H ₂ O, Asam Asorbik, Air Suling, KH ₂ PO ₄ . | Spectrofotometri secara asam askorbat | SNI 06-6989.31-2005 |
| Nitrat | Spectrophotometer sinar tunggal, pemanas listrik | KNO ₃ , NaAsO ₂ , HCl, H ₂ SO ₄ , NaCl, air suling | Spectrofotometri secara brusin sulfat | APHA 1998: 4500-NO3-NB |
| Nitrit | Spectrophotometer sinar tampak dengan kuvet silica | Air suling, H ₂ NC ₆ H ₄ SO ₂ NH ₂ , Na ₂ C ₂ O ₄ , Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ , NaNO ₂ , KmnO ₄ | Spectrofotometri | SNI 06-6989.9-2004 |
| Hg | SSA, lampu hollow katoda Hg | Air suling, HNO ₃ , C ₂ H ₂ | SSA - Dingin | SNI M-31-1990-03 |
| Cr | SSA, lampu hollow katoda Cr | Air suling, HNO ₃ , C ₂ H ₂ | SSA - nyala | SNI 06-6989.17-2004 |
| Pb | SSA, lampu hollow katoda Pb | Air suling, HNO ₃ , C ₂ H ₂ | SSA - Nyala | SNI 06-6989.8-2004 |
| Cu | Spectrophotometer sinar tunggal, pemanas listrik | HNO ₃ , air suling, gas asetilena | SSA - Nyala | SNI 06-2514-1991 |
| Cd | SSA, lampu hollow katoda Cd | Air suling, HNO ₃ , C ₂ H ₂ | SSA - Nyala | SNI 06-6989.16-2004 |
| Warna dan bau | visual | | | |
| konduktivitas | konduktimeter | | <i>insitu</i> | |

Tabel 3.2. Metode Penelitian

| Input | Parameter | Variabel | Jenis Data | Teknik Pengumpulan Data | Sumber Data | Analisis |
|--|--|---|------------|------------------------------|--|----------------------|
| Kualitas air di Sungai, Inlet, Wetland, Outlet dan Muara | Fisika Air | 1. Suhu 2. Kecerahan 3. TSS | Primer | Pengukuran | Hasil pengukuran langsung di lapangan dan analisa laboratorium | Analisis lajur |
| | Kimia Air | 1. pH 2. Salinitas 3. COD | Primer | Pengukuran | | |
| | Logam Berat | 1. Hg 2. Cd 3. Cr 4. Cu 5. Pb | Primer | Sampling dan pengukuran | | |
| Sedimen di sungai, inlet, wetland, outlet dan muara | Logam Berat | 1. Cd 2. Cr 3. Hg 4. Cu 5. Pb | Primer | Sampling dan pengukuran | Hasil pengukuran langsung di lapangan dan analisa laboratorium | |
| Tanaman mangrove yang ada di wetland | 1. Pohon 2. Sapling 3. Seedling | 1. Frekuensi kehadiran 2. Kerapatan 3. Basal Area | Primer | Pengukuran secara purposif | Hasil pengukuran langsung di lapangan | Analisis perhitungan |
| Hidrometri perairan | Pasang surut | 1. Tipe pasut 2. MSL | Primer | Pengukuran dengan palm pasut | Hasil pengukuran langsung di lapangan | Admiralty |
| Upaya pengelolaan lahan basah | Hasil evaluasi efektifitas lahan basah | 1. Kualitas air dan sedimen 2. Tanaman yang dibutuhkan | - | - | - | Deskriptif analisis |

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

4.1.1. Penggunaan Lahan Untuk Kegiatan Lahan Basah

Lahan yang dipergunakan untuk kegiatan lahan basah berada di area tambak milik Bp. Iwan Hamzah, seorang warga Sidoarjo. Adapun lahan tambak tersebut terletak di Desa Kepetingan, Sidoarjo yang berada disisi Sungai Kepetingan. Ada 1 petak lahan yang digunakan sebagai rawa buatan, 1 petak tandon air sementara dan 3 petak tambak yang mendapat pasokan air dari wetland pertama. Lahan tambak yang berada di Desa Kepetingan yang dipergunakan sebagai tapak kegiatan lahan basah (*wetland*) tersebut pada saat ini keadaannya masih aktif dipergunakan untuk kegiatan pembudidayaan udang windu (*Penaeus monodon*) dengan cara tradisional.

Lokasi tambak dengan Sungai Kepetingan dihubungkan dengan satu aliran sungai kecil sepanjang ± 50 m yang berfungsi sebagai jalan masuk air (*inlet*). Pada ujung aliran sungai dengan tambak dibatasi dengan satu pintu air yang difungsikan untuk memasukkan air, menutup air sungai agar tidak masuk tambak, menambahkan air kedalam tambak, dan menguras air tambak. Seluruh kegiatan tersebut memanfaatkan satu pintu air tersebut.

Tambak-tambak dikelola dengan cara tradisional dan pemilik tambak cenderung mempraktekkan metode budidaya ramah lingkungan, dimana udang tidak diberikan makanan tambahan sehingga udang terbebas dari kontaminasi oleh bahan antibiotik dan juga tidak mempergunakan bahan-bahan kimia seperti pestisida untuk pembersihan dan persiapan lahan.

4.1.2. Data Iklim Lokasi penelitian

Berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt Fergusson, wilayah ini termasuk pada tipe iklim A dan B, dengan kondisi iklim seperti pada daerah tropis lain yang terdapat di Indonesia. Musim hujan terjadi bulan September sampai Februari dan musim kemarau terjadi bulan Maret sampai Agustus. Walaupun sering mengalami perubahan cuaca, hujan rata-rata 1.500 mm – 3.000 mm/tahun. Data iklim (suhu, kelembaban dan curah hujan) selama 1 tahun ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 . Banyaknya curah hujan di Sidoarjo Tahun 2006

| Bulan | Banyaknya Hujan (mm) |
|------------------|----------------------|
| Januari | 3.487 |
| Februari | 8.802 |
| Maret | 5.475 |
| April | 1.955 |
| Mei | 2.170 |
| Juni | 33 |
| Juli | - |
| Agustus | 8 |
| September | - |
| Oktober | 41 |
| November | 183 |
| Desember | 3.466 |
| Rata-rata | 2.562 |

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Sidoarjo

Keterangan: (-) Tidak terjadi hujan,

(0) Terjadi hujan tetapi tidak teratur karena terlalu kecil/ gerimis.

4.1.3. Flora Mangrove

Secara umum, hutan mangrove di Kabupaten Sidoarjo sebagian besar beralih fungsi sebagai tambak. Berdasarkan kelas lingkungannya, hutan mangrove di kabupaten Sidoarjo termasuk hutan mangrove tipe dataran pantai (*fringing mangrove*), yang biasanya merupakan jalur sempit memanjang pantai. Umumnya tipe dataran pantai memiliki substrat dari pasir, pasir berlumpur atau batu-batuan (Nybakken, 1992). Di bagian yang berbatasan langsung dengan laut, pada umumnya di dominasi oleh *Avicennia sp.*, semakin ke arah darat akan ditumbuhi oleh jenis *Rhizophora sp.* Hasil pengamatan lapangan terhadap jenis mangrove di wilayah Desa Kepetingan dapat disaksikan pada Tabel 4.2. sampai dengan 4.5.

Tabel 4.2. Komposisi vegetasi mangrove di kawasan Sidoarjo

| Famili | Spesies | Keterangan |
|----------------|------------------------------|-----------------|
| Avicenniaceae | <i>Avicennia marina</i> | Komponen Mayor* |
| Arecaceae | <i>Nypa fruticans</i> | |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora apiculata</i> | |
| Euphorbiaceae | <i>Excoecaria agallocha</i> | Komponen Minor* |
| Acanthaceae | <i>Acanthus illicifolius</i> | Asosiasi* |

*klasifikasi menurut Tomlinson (1994). Sumber data : Data primer, 2007

Tabel 4.3. Sebaran spesies pada tiap stasiun untuk kategori pohon di Kepetingan

| Spesies | Tambak | | | Sungai | | | Muara | | |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| <i>Avicennia marina</i> | - | - | + | + | + | + | - | | - |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | - | + | + | - | - | - | + | - | - |
| <i>Rhizophora apiculata</i> | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Jumlah | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Keterangan: + = ada ; - = tidak ada. Sumber data : Data primer, 2007

Tabel 4.4. Sebaran spesies pada tiap stasiun untuk kategori *sapling* di Kepetingan

| Spesies | Tambak | | | Sungai | | | Muara | | |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | - | + | + | - | - | - | + | - | - |
| <i>Nypa fruticans</i> | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Rhizophora apiculata</i> | + | + | - | - | - | - | - | - | - |
| Jumlah | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Keterangan: + = ada ; - = tidak ada. Sumber data : Data primer, 2007

Tabel 4.5. Sebaran spesies pada tiap stasiun untuk kategori *seedling* di Kepetingan

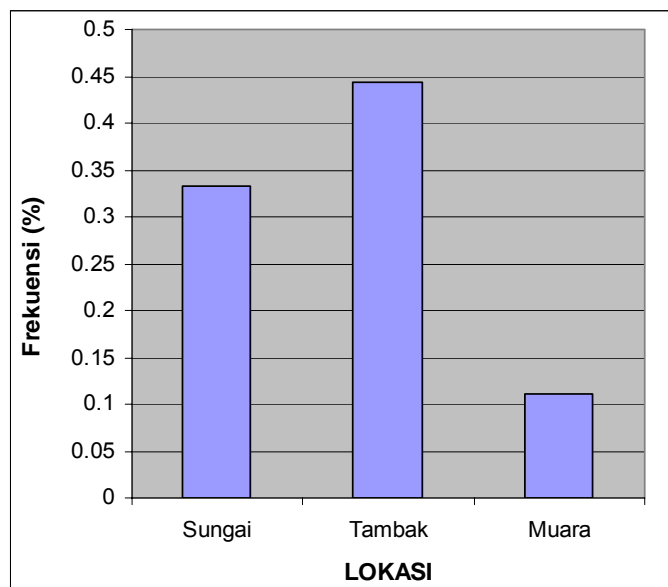
| Spesies | Tambak | | | Sungai | | | Muara | | |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| <i>Acanthus illicifolius</i> | - | + | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| <i>Rhizophora apiculata</i> | + | + | + | - | - | - | - | - | - |
| Jumlah | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Keterangan: + = ada ; - = tidak ada. Sumber data : Data primer, 2007

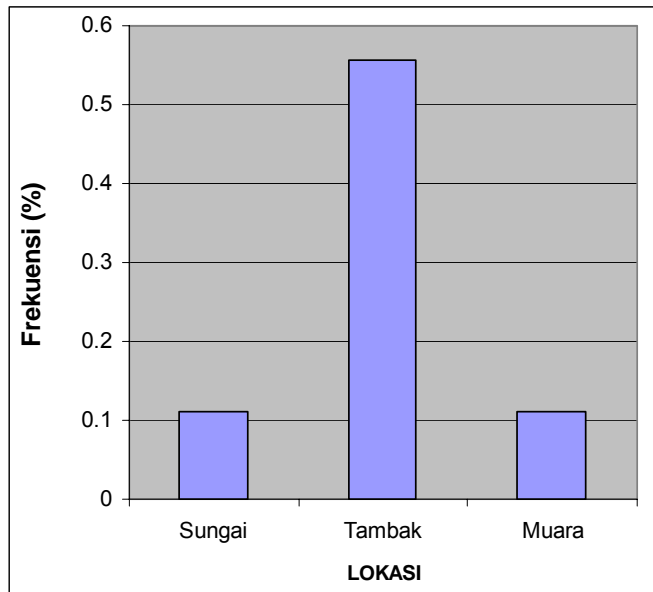
Berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi di lokasi penelitian jenis vegetasi di Desa Kepetingan, Kecamatan Buluran, Kabupaten Sidoarjo ditemukan sejumlah lima spesies mangrove. Tiga spesies termasuk komponen mayor, satu spesies komponen minor

mangrove dan satu spesies komponen mangrove asosiasi. Untuk dapat mengetahui efisiensi lahan basah maka harus diketahui pula frekuensi kehadiran mangrove yang ada saat penelitian dilakukan.

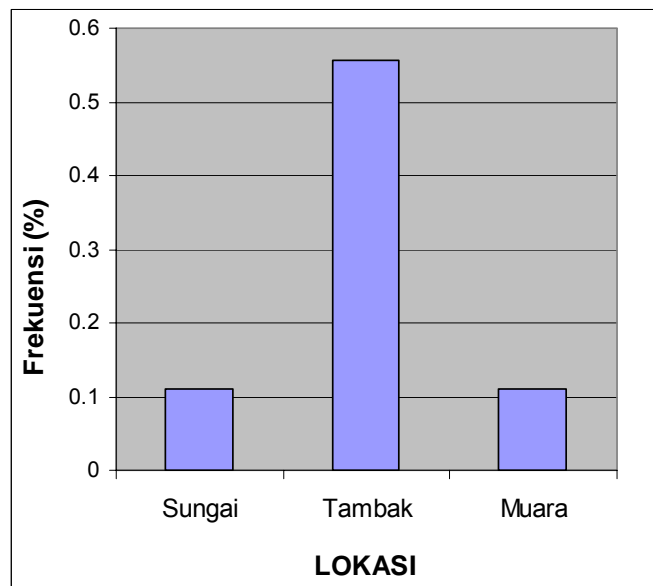
Dari gambar grafik frekuensi kehadiran mangrove menunjukkan bahwa kehadiran mangrove baik itu kategori pohon, *sapling* dan *seedling* paling banyak berada di lahan yang menjadi area lahan basah itu sendiri. Akan tetapi vegetasi yang hidup di Sidoarjo memiliki komposisi yang berbeda. Lokasi tersebut untuk ketiga kategori (pohon, *sapling*, dan *seedling*) didominasi oleh *Excoecaria agalloca*, sedangkan di areal pertambakan adalah *Avicennia* sp, hal ini dikarenakan *Avicennia* sp memiliki struktur morfologi akar yang dapat menancap kuat pada substrat yang keras dan bertahan hidup di air yang dominan tawar. Area penelitian sebagian besar sudah beralih fungsi menjadi pertambakan yang digunakan oleh masyarakat sekitar, sehingga mangrove yang ditemukan sudah tipis sekali dan hanya berada disepanjang tepi sungai dan muara. Grafik frekuensi kehadiran tanaman mangrove di area lahan basah berdasarkan jumlah keberadaan tiap kategori di tiga stasiun pengamatan ditampilkan pada **Gambar 4.1. sampai dengan 4.3.**



Gambar 4.1. Frekuensi Kehadiran Mangrove Kategori Pohon



Gambar 4.2. Frekuensi Kehadiran Mangrove Kategori *Sapling*



Gambar 4.3. Frekuensi Kehadiran Mangrove Kategori *Seedling*

Secara umum berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi di lokasi penelitian jenis vegetasi di Desa Kepetingan, Kecamatan Buluran, Kabupaten Sidoarjo ditemukan sejumlah 5 spesies mangrove. 3 spesies termasuk komponen mayor, satu spesies komponen minor mangrove dan satu spesies komponen mangrove asosiasi.

Agar dapat berbicara mengenai kemampuan ataupun efisiensi suatu lahan basah maka harus kita kemukakan data kerapatan pohon dan basal area mangrove di lahan

tersebut. Kerapatan yaitu jumlah individu pada tiap hektar luas lahan. Basal area adalah penutupan areal lahan oleh batang pohon. Basal area didapatkan dari pengukuran batang pohon yang diukur secara melintang. Kerapatan dan Basal Area tiap spesies pohon, *sapling* dan *seedling* ditampilkan pada **Tabel 4.6, 4.7 dan 4.8.**

Tabel 4.6. Kerapatan dan Basal Area Untuk Tiap Spesies Pohon di Kepetingan

| Species | K (ind/ha) | BA (m ²) |
|-----------------------------|---------------|----------------------|
| Inlet | | |
| <i>Rhizophora apiculata</i> | 100 | 0.89 |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | 533 | 145.60 |
| <i>Avicennia marina</i> | 200 | 44.26 |
| Jumlah | 833 | 190.75 |
| Tambak | | |
| <i>Avicennia marina</i> | 64 | 289.65 |
| Jumlah | 64 | 289.65 |
| Sungai | | |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | 867 | 75.15 |
| Jumlah | 867 | 75.15 |

Sumber data : Data primer, 2007

Tabel 4.7. Kerapatan dan Basal Area Untuk Tiap Spesies *Sapling* di Kepetingan

| Species | K (ind/ha) | BA (m ²) |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|
| Inlet | | |
| <i>Rhizophora apiculata</i> | 19 | 5.28 |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | 20 | 6.68 |
| <i>Nypa fruticans</i> | 4 | 0.00 |
| Jumlah | 43 | 11.96 |
| Sungai | | |

| | | |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| <i>Excoecaria agallocha</i> | 36 | 30.85 |
| Jumlah | 36 | 30.85 |

Sumber data : Data primer, 2007

Tabel 4.8. Kerapatan (K) Untuk Tiap Spesies *Seedling* di Kepetingan

| Species | K (ind/ha) |
|-----------------------------|---------------|
| Inlet | |
| <i>Rhizophora apiculata</i> | 48 |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | 102 |
| Jumlah | 150 |
| Sungai | |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | 20 |
| Jumlah | 20 |

Sumber data : Data primer, 2007

Pada kategori pohon, *E. agallocha* merupakan spesies yang dengan kerapatan paling tinggi, terutama di area *inlet* dan sungai, sedangkan di area lahan basah *A.marina* merupakan spesies yang mutlak ada di area tersebut. Kebiasaan masyarakat yang lebih mempertahankan spesies tersebut selain spesies yang lain menjadi faktor penting mengapa spesies tersebut mendominasi di area tambak.

Vegetasi yang hidup di sidoarjo memiliki komposisi yang berbeda. Lokasi tersebut untuk ketiga kategori (pohon, *sapling*, dan *seedling*) didominasi oleh *Excoecaria agalloca*, sedangkan diareal pertambakan adalah *Avicennia* sp, hal ini dikarenakan *Avicennia* sp memiliki struktur morfologi akar yang dapat menancap kuat pada substrat yang keras dan bertahan hidup di air yang dominan tawar. Di sekitar pertambakan juga di temukan *Calotropis gigantea* yang merupakan asosiasi mangrove, namun sedikit sekali ditemukannya. Area penelitian sebagian besar sudah beralih fungsi menjadi pertambakan yang digunakan oleh masyarakat sekitar, sehingga mangrove yang ditemukan sudah tipis sekali dan hanya berada disepanjang tepi sungai dan muara.

4.1.4. Kualitas Air

Pengambilan data kualitas air dilakukan di 5 titik, yaitu sungai, inlet, lahan basah, outlet dan muara. Beberapa data diambil secara *insitu*, namun ada beberapa data yang harus dianalisis di laboratorium sehingga dilakukan pengambilan sampel air. Sedangkan pengukuran-pengukuran parameter yang dilakukan meliputi:

- parameter fisika (kecerahan, padatan tersuspensi, suhu)

- parameter kimia (salinitas, DO, BOD, COD, Amonia total, Fosfat, Nitrit, Nitrat, Silika)
- logam berat total (Hg, Cd, Cu, Pb, dan Cr)

Hasil analisis laboratorium terhadap sampel air yang diambil dari 5 titik sampling di lokasi Sidoarjo dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Kualitas Air Lokasi Lahan Basah di Desa Kepetingan Sidoarjo, Jawa Timur

| Parameter | Lokasi | | | | | Baku Mutu |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|
| | Sungai | Inlet | Tambak | Outlet | Muara | |
| Fisika | | | | | | |
| Kecerahan | 31.1 | 29.2 | 31.4 | 31.8 | 29.8 | 28-32 |
| Padatan Tersuspensi Total | 64 | 148 | 128 | 164 | 112 | coral&lamun: 20 mangrove: 80 |
| Suhu | 29 | 29 | 30 | 30 | 30 | 28-32 |
| Warna | Hijau muda | Hijau muda | Hijau muda | Hijau muda | Hijau muda | Hijau muda |
| Rasa | Tak ada | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada | Tak ada | - |
| Bau | Tak ada | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada | Tak ada | Alami |
| Kimia | | | | | | |
| Salinitas (‰) | 11 | 7 | 5 | 6 | 31 | - |
| DO (mg/L) | 5.5 | 6.0 | 5.8 | 5.9 | 6.0 | > 5 |
| BOD (mg/L) | 40 | 42 | 76 | 58 | 34 | 20 |
| COD (mg/L) | 100 | 100 | 180 | 140 | 80 | - |
| Amonia total (mg/L) | 0.95 | 3.1 | 0.9 | 1.2 | 2.050 | 0.3 |
| Fosfat (mg/L) | 0.06 | 0.35 | 0.07 | 0.05 | 0.160 | 0.015 |
| Nitrat (mg/L) | 0.01 | 0.63 | 0.05 | 0.13 | 0.240 | 0.008 |
| Nitrit (mg/L) | 0.04 | 0.22 | 0.04 | 0.005 | 0.143 | 0.005 |
| Silika (mg/L) | 11 | 40 | 22 | 1 | 7 | - |
| Logam Total | | | | | | |
| Kadmium (mg/L) | 0.027 | 0.026 | 0.021 | 0.017 | 0.012 | 0.001 |

| | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Khromium (mg/L) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 |
| Tembaga (mg/L) | 0.050 | 0.042 | 0.049 | 0.053 | 0.038 | 0.008 |
| Timbal (mg/L) | 0.001 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.006 | 0.008 |

Sumber data : Data primer, 2007

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas air di lokasi lahan basah di Sidoarjo menunjukkan bahwa :

Parameter kimia air (DO, BOD, COD, salinitas, ammonia, nitrat, nitrit, silikat dan fosfat) menunjukkan bahwa nilai BOD, Ammonia, Nitrat, Nitrit dan Fosfat telah melebihi ambang batas yang dipersyaratkan untuk kehidupan biota laut. Kondisi ini menunjukkan bahwa lokasi studi mendapat banyak asupan bahan organik (ditunjukkan dari nilai BOD) dan nutrient (ditunjukkan oleh nilai BOD, nitrat, fosfat dan ammonia) baik dari sungai maupun keluaran tambak.

Kandungan logam berat (Hg, Cd, Cu, Cr, dan Pb) menunjukkan bahwa nilai 3 jenis logam berat (Hg, Cr, dan Pb) masih berada dibawah ambang batas yang disyaratkan menurut Keputusan Kementrian Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004. Sedangkan 2 jenis logam berat (Kadmium/Cd dan Tembaga/Cu) kandungannya menunjukkan nilai diatas ambang batas dari KepMen KLH No 51 Tahun 2004 (Cd=0.001 mg/L dan Cu=0.008 mg/L), dan dapat dianggap melebihi nilai kelayakan bagi kepentingan budidaya biota air.

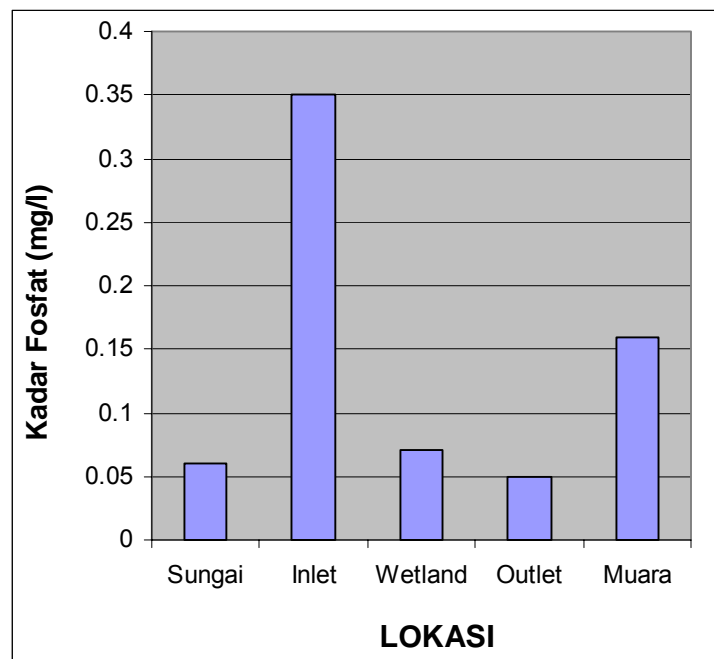
Dari hasil pengukuran terhadap parameter-parameter kualitas air pada stasiun-stasiun pengamatan di lokasi Sidoarjo menunjukkan bahwa kandungan logam berat di satu stasiun dengan stasiun yang lain menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda. Sedangkan untuk parameter padatan tersuspensi total, BOD dan COD menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada stasiun lahan basah, inlet dan outlet. Misalnya pada parameter padatan tersuspensi total, nilai tertinggi ditemukan pada stasiun outlet (164 mg/L), diikuti stasiun inlet (148 mg/L), dan lahan basah (128 mg/L). Kondisi ini menunjukkan adanya peningkatan akumulasi padatan tersuspensi total pada pemasukan air, selanjutnya bersirkulasi di wilayah lahan basah dan dikeluarkan dari lahan basah.

Akan tetapi meskipun hasil keluaran dari outlet sebagian besar melebihi baku mutu lahan basah ini tidak serta merta bisa dikatakan tidak efektif. Hasil yang ada juga tidak semua bisa dikategorikan pencemar, karena ada beberapa aspek dari parameter kimia, yaitu fosfat dan nitrat justru berperan sebagai nutrient bagi kehidupan mangrove itu sendiri.

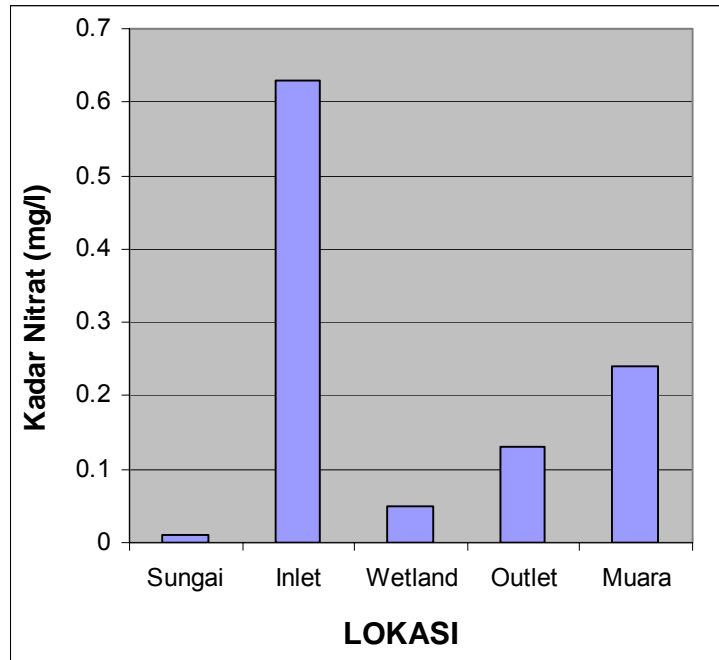
Sedangkan parameter logam berat hanya akan disoroti aspek kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) karena hanya kedua aspek inilah yang nilainya melebihi nilai baku mutu.

Efisiensi atau efektifitas lahan basah akan lebih terlihat dari perbedaan hasil kualitas air di inlet, lahan basah dan outlet. Karena meskipun nilai di outlet melebihi baku mutu akan tetapi bila masih lebih kecil daripada nilai di dalam lahan basah itu sendiri maka bisa dikatakan lahan basah berhasil menjalankan fungsinya sebagai pereduksi bahan pencemar. Namun hasil akan berbeda pada zat yang berfungsi sebagai nutrient dan zat yang berposisi sebagai pencemar.

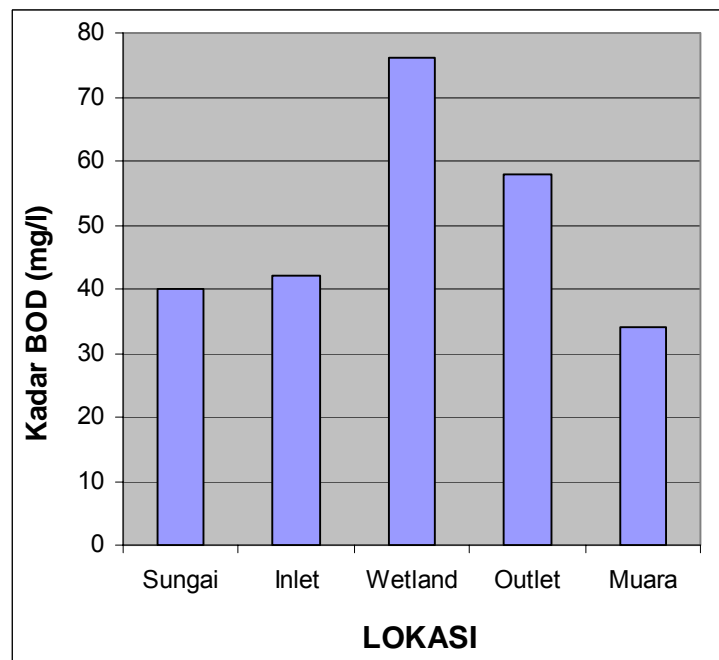
Perbedaan dapat disaksikan pada **Gambar 4.4. sampai dengan 4.8.**



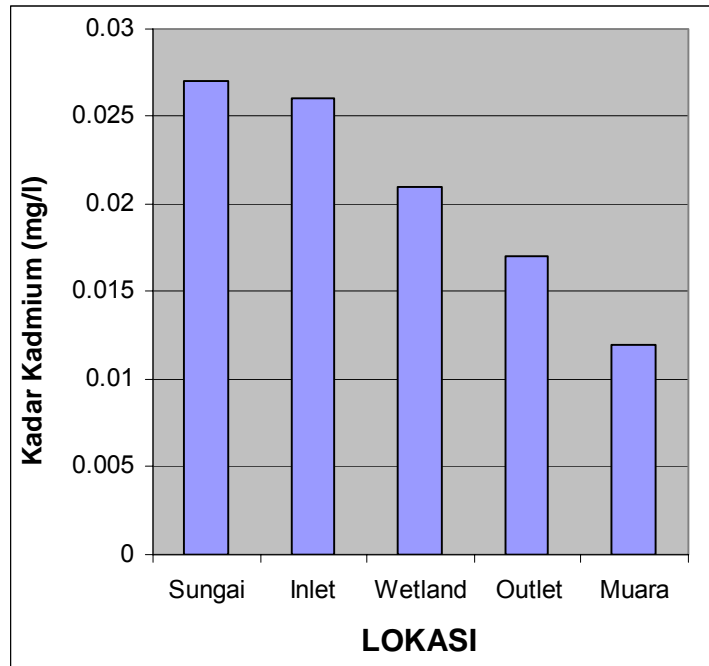
Gambar 4.4. Kadar Fosfat di Air pada 5 Stasiun



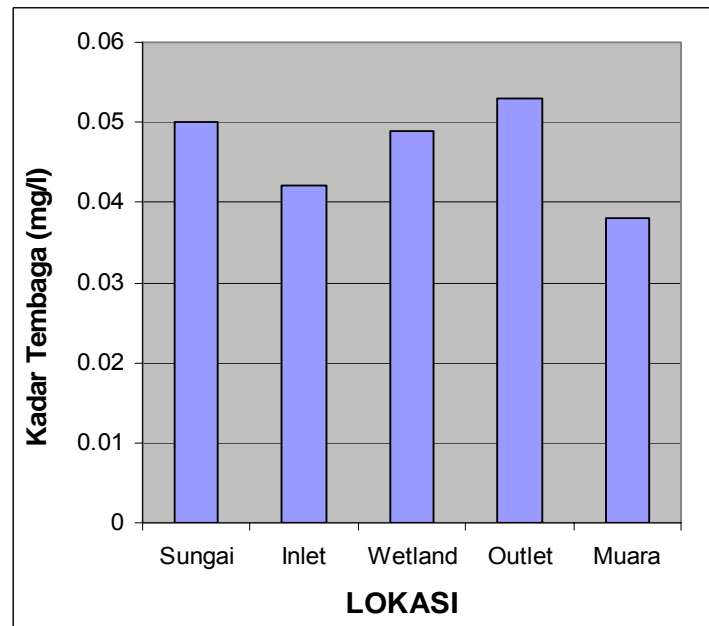
Gambar 4.5. Kadar Nitrat di Air Pada 5 Stasiun



Gambar 4.6. Kadar BOD di Air Pada 5 Stasiun



Gambar 4.7. Kadar kadmium (Cd) di Air Pada 5 Stasiun



Gambar 4.8. Kadar tembaga (Cu) di Air Pada 5 Stasiun

4.1.5. Kualitas Sedimen

Hasil analisis laboratorium terhadap sampel sedimen yang diambil dari 5 titik sampling di lokasi Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil Pengukuran Kualitas Sedimen di Lokasi Lahan Basah di Desa Kepetingan, Sidoarjo, Jawa Timur.

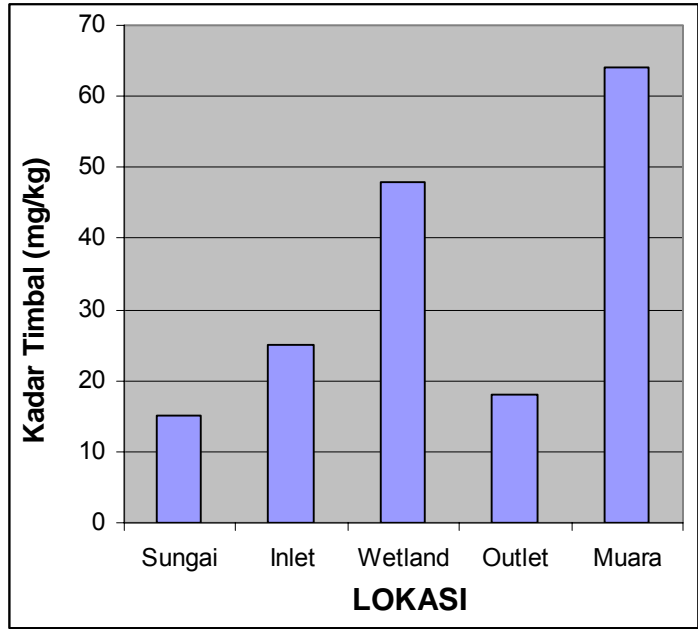
| Parameter | Satuan | Lokasi | | | | | Baku Mutu NOAA (mg/L) | Baku Mutu Ministry Environment of Canada(mg/L) | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--|-----------------|----------------|
| | | 1 (SS) | 2 (SI) | 3 (SW) | 4 (SO) | 5 (SM) | | Tidak tercemar | Tercemar sedang | Tercemar Berat |
| Logam terlarut | | | | | | | | | | |
| Kadmium | mg/kg | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | 0,676 | 0.0006 | 0.001 | 0.010 |
| Khromium | mg/kg | 16 | 13 | <3 | 11 | <3 | 52,300 | 0.022 | 0.031 | 0.111 |
| Raksa | mg/kg | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0,130 | 0.0002 | - | - |
| Tembaga | mg/kg | 44 | 44 | 277 | 219 | 45 | 18.7 | 0.016 | 0.025 | 0.114 |
| Timbal | mg/kg | 15 | 25 | 48 | 18 | 64 | 30,240 | 0.023 | 0.031 | 0.250 |
| Kimia | | | | | | | | | | |
| pH | | 8.2 | 7.6 | 8.1 | 8 | 7.4 | 7.5-8.7 | | | |

Sumber data : Data primer, 2007

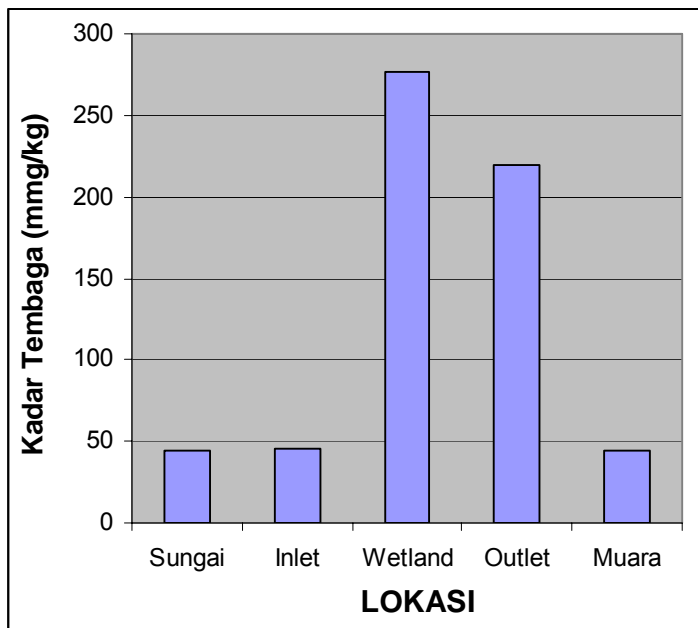
Jika mengacu pada nilai Baku Mutu yang dikeluarkan oleh NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*), US Department of Commerce, maka hasil analisis kandungan logam berat dalam sedimen di lokasi penelitian Desa Kepetingan-Sidoarjo menunjukkan:

- bahwa terdapat 3 jenis logam berat (Hg, Cr, dan Cd) yang memiliki nilai yang masih berada dibawah ambang batas yang ditentukan menurut NOAA
- bahwa terdapat 1 jenis logam berat yang melebihi batas ambang di semua stasiun pengamatan (yaitu logam Tembaga/Cu). Kandungan logam berat Tembaga yang sangat tinggi ditemukan pada stasiun 3 (di lahan basah) dan Stasiun 4 (di outlet) masing-masing 277 ppm dan 219 ppm. Tingginya kandungan logam berat Tembaga dalam sedimen di lokasi penelitian umumnya terdapat hubungan dengan kandungan logam berat di dalam airnya.
- Sedangkan kandungan logam berat Timbal (Pb) menunjukkan nilai yang melebihi ambang batas pada 2 stasiun, yaitu stasiun 3 (di lahan basah) dan stasiun 5 (di muara S. Kepetingan).
- adapun nilai pH sedimen masih berada pada kondisi normal.

Diketahui bahwa meskipun melebihi ambang batas tetapi baik nilai Pb maupun Cu di outlet telah mengalami penurunan daripada di inlet maupun di lahan basah. Ini sebagai indikasi bahwa lahan basah berfungsi dengan baik. Grafik kadar Pb dan Cu ditampilkan pada **Gambar 4.9 dan 4.10.**



Gambar 4.9. Kadar timbal (Pb) di Sedimen Pada 5 stasiun



Gambar 4.10. Kadar tembaga (Cu) di Sedimen Pada 5 Stasiun

4.1.6. Pasang Surut

Hasil analisis admiraliti pasut di Muara Sungai Kepetingan menunjukkan bahwa tipe pasut di perairan ini adalah tipe pasut campuran yang condong ke ganda ($F = 1,45$). Tinggi rata-rata permukaan laut adalah -1 cm dengan tinggi pasang tertinggi mencapai 144 dan surut terendah -151 cm.

Hasil pengukuran pasang surut dapat disaksikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Hasil Pengukuran Pasang Surut di Muara Sungai Kepetingan, Sidoardjo

Tanggal : 1 – 30 Juni 2007

Lokasi : S : -7° 28' 13"
E : 112° 50' 4"

| Jam Tanggal | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| 01-Jun-07 | 59 | 82 | 100 | 106 | 98 | 75 | 39 | -4 | -47 | -85 | -109 | -119 | -113 | -95 | -70 | -44 | -21 | -6 | 1 | 3 | 3 | 5 | 12 | 27 |
| 02-Jun-07 | 48 | 72 | 93 | 106 | 106 | 91 | 62 | 22 | -22 | -63 | -96 | -115 | -118 | -106 | -85 | -59 | -34 | -14 | -1 | 4 | 5 | 5 | 9 | 19 |
| 03-Jun-07 | 36 | 57 | 79 | 97 | 105 | 99 | 79 | 46 | 5 | -37 | -74 | -101 | -113 | -110 | -95 | -71 | -45 | -21 | -4 | 6 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| 04-Jun-07 | 25 | 41 | 60 | 79 | 92 | 95 | 85 | 62 | 29 | -10 | -49 | -80 | -100 | -106 | -98 | -79 | -54 | -28 | -6 | 9 | 17 | 18 | 16 | 15 |
| 05-Jun-07 | 18 | 26 | 39 | 55 | 69 | 78 | 78 | 65 | 42 | 11 | -23 | -56 | -80 | -93 | -92 | -79 | -58 | -32 | -7 | 13 | 25 | 29 | 27 | 21 |
| 06-Jun-07 | 17 | 16 | 20 | 30 | 41 | 52 | 57 | 55 | 43 | 22 | -5 | -33 | -58 | -74 | -79 | -73 | -56 | -32 | -6 | 17 | 33 | 41 | 40 | 33 |
| 07-Jun-07 | 23 | 14 | 8 | 8 | 13 | 20 | 28 | 31 | 29 | 19 | 3 | -18 | -38 | -54 | -62 | -60 | -48 | -28 | -4 | 20 | 40 | 52 | 54 | 48 |
| 08-Jun-07 | 36 | 21 | 6 | -4 | -9 | -9 | -5 | 0 | 3 | 2 | -3 | -13 | -26 | -37 | -44 | -45 | -37 | -22 | -1 | 23 | 44 | 59 | 67 | 64 |
| 09-Jun-07 | 53 | 36 | 15 | -4 | -20 | -30 | -35 | -34 | -30 | -26 | -22 | -22 | -24 | -28 | -30 | -30 | -24 | -13 | 3 | 23 | 44 | 62 | 74 | 77 |
| 10-Jun-07 | 71 | 56 | 34 | 9 | -16 | -38 | -53 | -61 | -62 | -58 | -51 | -42 | -34 | -28 | -23 | -18 | -13 | -4 | 7 | 23 | 41 | 59 | 74 | 83 |
| 11-Jun-07 | 84 | 76 | 58 | 32 | 2 | -29 | -56 | -76 | -87 | -89 | -82 | -69 | -53 | -37 | -23 | -12 | -4 | 3 | 11 | 21 | 34 | 50 | 66 | 81 |
| 12-Jun-07 | 90 | 91 | 81 | 60 | 30 | -5 | -42 | -74 | -97 | -110 | -109 | -98 | -78 | -55 | -32 | -13 | 1 | 9 | 15 | 20 | 27 | 38 | 53 | 70 |
| 13-Jun-07 | 86 | 97 | 98 | 86 | 62 | 27 | -14 | -56 | -92 | -116 | -126 | -121 | -103 | -77 | -47 | -21 | 0 | 12 | 18 | 19 | 21 | 26 | 37 | 53 |
| 14-Jun-07 | 73 | 92 | 104 | 104 | 89 | 60 | 20 | -27 | -72 | -108 | -130 | -134 | -122 | -97 | -65 | -32 | -5 | 12 | 20 | 20 | 17 | 17 | 22 | 35 |
| 15-Jun-07 | 55 | 78 | 98 | 109 | 106 | 87 | 52 | 6 | -43 | -87 | -120 | -135 | -131 | -111 | -80 | -45 | -13 | 9 | 21 | 22 | 17 | 11 | 10 | 18 |
| 16-Jun-07 | 35 | 58 | 83 | 102 | 110 | 101 | 75 | 35 | -13 | -61 | -100 | -124 | -129 | -116 | -89 | -55 | -22 | 5 | 20 | 24 | 19 | 11 | 5 | 6 |
| 17-Jun-07 | 18 | 38 | 62 | 86 | 100 | 101 | 86 | 54 | 12 | -34 | -75 | -105 | -117 | -112 | -91 | -60 | -28 | 0 | 19 | 26 | 23 | 14 | 5 | 1 |
| 18-Jun-07 | 6 | 20 | 41 | 64 | 82 | 89 | 82 | 61 | 27 | -13 | -52 | -83 | -100 | -100 | -86 | -60 | -30 | -3 | 18 | 28 | 27 | 19 | 9 | 2 |
| 19-Jun-07 | 1 | 8 | 23 | 42 | 59 | 69 | 68 | 55 | 31 | -1 | -35 | -63 | -80 | -85 | -75 | -55 | -29 | -3 | 17 | 29 | 32 | 27 | 17 | 7 |
| 20-Jun-07 | 2 | 3 | 10 | 22 | 35 | 45 | 47 | 40 | 24 | 2 | -24 | -46 | -62 | -68 | -62 | -47 | -26 | -3 | 17 | 31 | 36 | 34 | 26 | 17 |
| 21-Jun-07 | 8 | 3 | 3 | 8 | 14 | 20 | 23 | 20 | 11 | -4 | -20 | -36 | -47 | -52 | -48 | -37 | -20 | -1 | 17 | 31 | 39 | 40 | 36 | 28 |
| 22-Jun-07 | 18 | 10 | 3 | 0 | -1 | -1 | -1 | -3 | -8 | -15 | -23 | -31 | -37 | -39 | -35 | -27 | -14 | 1 | 17 | 30 | 40 | 45 | 44 | 39 |
| 23-Jun-07 | 31 | 20 | 9 | -1 | -10 | -17 | -22 | -26 | -29 | -31 | -32 | -33 | -32 | -29 | -25 | -17 | -8 | 4 | 16 | 28 | 39 | 47 | 51 | 50 |
| 24-Jun-07 | 44 | 34 | 20 | 5 | -11 | -26 | -38 | -46 | -49 | -49 | -46 | -40 | -33 | -25 | -18 | -10 | -3 | 6 | 15 | 25 | 36 | 46 | 54 | 58 |
| 25-Jun-07 | 57 | 49 | 35 | 17 | -5 | -27 | -46 | -60 | -67 | -68 | -62 | -52 | -39 | -27 | -15 | -6 | 1 | 7 | 14 | 22 | 32 | 43 | 54 | 63 |
| 26-Jun-07 | 67 | 64 | 53 | 33 | 9 | -19 | -45 | -67 | -80 | -84 | -79 | -67 | -51 | -33 | -18 | -6 | 2 | 7 | 12 | 18 | 26 | 38 | 52 | 65 |
| 27-Jun-07 | 75 | 77 | 70 | 54 | 28 | -4 | -36 | -65 | -86 | -97 | -95 | -84 | -66 | -45 | -25 | -9 | 2 | 7 | 10 | 14 | 20 | 31 | 45 | 62 |
| 28-Jun-07 | 77 | 86 | 86 | 74 | 51 | 18 | -19 | -55 | -84 | -103 | -108 | -100 | -82 | -59 | -35 | -15 | -1 | 7 | 10 | 11 | 14 | 22 | 35 | 53 |
| 29-Jun-07 | 73 | 88 | 96 | 92 | 74 | 44 | 5 | -36 | -73 | -101 | -114 | -113 | -98 | -74 | -47 | -22 | -3 | 8 | 11 | 11 | 10 | 13 | 23 | 40 |
| 30-Jun-07 | 61 | 82 | 97 | 102 | 93 | 69 | 33 | -10 | -53 | -89 | -112 | -119 | -110 | -88 | -60 | -30 | -6 | 9 | 15 | 14 | 10 | 8 | 12 | 23 |

4.1.7. Kecepatan Aliran dan Debit Air

Lokasi 1 (Sungai Kepetingan)

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *current meter* dan didapatkan kecepatan arus (v) sebesar 0 m/s. Kondisi ini secara nyata menggambarkan kondisi aliran sungai *stagnant* karena adanya pengaruh arus balik dari laut (adanya *backwater* saat pasang). Luas penampang basah (A) 181,035 m². Sehingga debit sungai sebesar 0 m³/detik (pengukuran dilakukan pada saat pasang tanggal 25 Juni 2007 jam 09.20 WIB, cuaca cerah). Debit aliran di Sungai Kepetingan diasumsikan dalam kondisi stagnan, dan debit aliran yang masuk ke kolam tergantung dari pembukaan pintu intakenya.

Lokasi 2 (Saluran Inlet Menuju Tambak)

Pengukuran dengan menggunakan alat *current meter* dan didapatkan kecepatan arus (v) sebesar 0 m/s. Luas penampang basah (A) 2,65 m². Sehingga debit sungai sebesar 0 m³/s (pengukuran dilakukan pada saat pasang tanggal 25 Juni 2007 jam 10.30 WIB, cuaca cerah). Hal ini juga menunjukkan bahwa terjadi kondisi aliran stagnan di saluran intake. Oleh karenanya, debit airan yang dialirkan ke kolam penampungan hanya dihitung berdasarkan kapasitas pengaliran yang dibutuhkan untuk mengisi kolam penampungan sebagai berikut.

| | | | |
|--------------------------------|---|----------|-----------------------|
| Luas Kolam Penampungan | : | 7765 | m ² |
| Luas Kolam Tambak | : | 31733 | m ² |
| Kedalaman Rerata | : | 1.5 | m |
| Volume Kolam Penampungan | : | 11647.5 | m ³ |
| Volume Kolam Tambak | : | 47599.5 | m ³ |
| Volume Total | : | 59247 | m ³ |
| Lama Pengaliran supaya Penuh | : | 1 | hari |
| Debit Aliran Di Saluran Intake | : | 0.685729 | m ³ /detik |
| | : | 685.7292 | liter/ detik |
| Dibulatkan Menjadi : | : | 700 | liter/detik |
| | : | 0.7 | m ³ /detik |

4.2. PEMBAHASAN

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai efisiensi lahan basah buatan yang ditanami mangrove sekaligus tingkat efektifitas area tersebut dalam mereduksi zat pencemar. Keberhasilan atau ketidak berhasilan fungsi lahan basah buatan akan ditentukan dari berkurang atau tidaknya zat pencemar. Sedangkan penentuannya mengacu pada beberapa parameter seperti parameter fisika, kimia dan logam berat dalam kualitas air sekaligus parameter logam berat yang ada di sedimen.

4.2.1. Efektifitas Lahan Basah Berdasarkan Parameter Fisika Kualitas Air

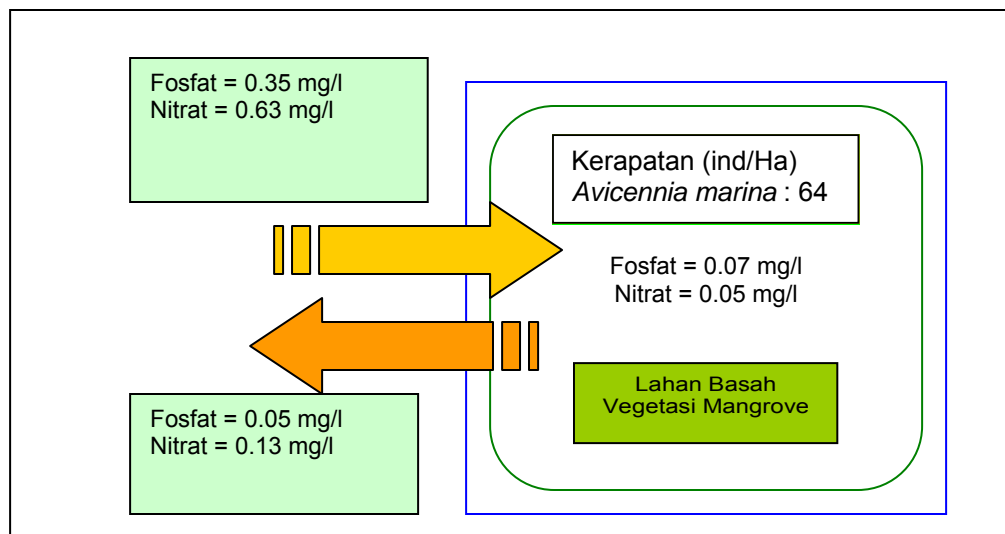
Dalam penelitian ini parameter fisika yang diukur adalah aspek kecerahan, suhu, TSS, rasa, bau, warna dan konduktivitas. Aspek rasa, bau dan warna dapat diabaikan karena menunjukkan gejala yang sama pada semua stasiun. Sedangkan aspek suhu dan kecerahan juga tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada masing-masing stasiun. Gejala ini timbul diperkirakan karena penelitian dilakukan pada bulan Mei – Juni dimana saat itu sudah memasuki musim kemarau sehingga intensitas cahaya cukup tinggi. Selain itu keseragaman suhu juga disebabkan kelima titik sampling letaknya berdekatan dan masih dalam satu kawasan serta mendapatkan pasokan air dari aliran yang sama.

Kecerahan perairan merupakan faktor fisik yang menentukan jauhnya penetrasi cahaya yang masuk kedalam perairan dan dapat menunjukkan daerah fotosintesa (Odum,1971). Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan Rahardjo (2003) mengenai perbedaan kecerahan pada lahan tambak bermangrove dan lahan tidak bermangrove, dapat disaksikan bahwa pada lahan tambak bermangrove kecerahannya mencapai 24 cm sedangkan lahan yang tidak bermangrove hanya mencapai 16 cm. Pada lahan tambak penelitian di Sidoarjo ini tingkat kecerahan dapat dikatakan baik, bernilai 29 – 31 dari baku mutu yang bernilai 28-32, diantaranya karena terdapat vegetasi mangrove di dalamnya. Menurut Odum dan Johannes (1975) dalam Supriharyono (2002) kecerahan ini dikarenakan perakaran yang kokoh dari mangrove yang memiliki kemampuan sebagai perangkap partikel-partikel sedimen, memperlambat kecepatan arus sekaligus melindungi dari pengaruh angin secara langsung yang dapat mengaduk dasar perairan yang mengakibatkan kekeruhan yang disebabkan karena adanya bahan-bahan an-organik yang ada di dalamnya.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dikatakan lahan basah buatan dengan vegetasi mangrove ini telah efektif dalam menanggulangi kekeruhan dan telah menciptakan tingkat kecerahan yang baik bagi proses fotosintesis.

4.2.2. Efektifitas Lahan Basah Berdasarkan Parameter Kimia Kualitas Air

Pada penelitian ini pengukuran parameter kimia kualitas air dilakukan terhadap aspek salinitas, BOD dan beberapa unsur nutrient seperti fosfat dan nitrat. Tidak kesemua parameter kimia adalah pencemar. Oleh karena itu maka penilaian tingkat efisiensi lahan basah buatan akan dibagi menurut dua aspek yaitu keterkaitan dengan unsur pencemar dalam hal ini BOD dan keterkaitan dengan unsur nutrient yaitu keberadaan fosfat dan nitrat.



Gambar 4.11. Ilustrasi Kandungan Nitrat dan Fosfat yang Masuk dan Keluar Lahan Basah

a. Nitrat dan Fosfat

Nitrat dan fosfat adalah nutrient yang dibutuhkan oleh organisme, tak terkecuali vegetasi mangrove. Ranoemihardjo dalam Rahardjo (2003) mengatakan bahwa nitrat merupakan bagian essensial dari seluruh kehidupan karena berfungsi sebagai pembentukan jaringan. Tanaman air lebih mudah menggunakan nitrogen dalam bentuk nitrat. Kadar nitrat selama penelitian di inlet menunjukkan nilai 0.63, dalam lahan basah bernilai 0.05 dan nilai di outlet adalah 0.13. Ini merupakan hal yang wajar karena di dalam lahan basah nitrat dimanfaatkan oleh vegetasi mangrove. Perakaran mangrove yang kuat

dan padat telah menyerap air dan mineral, tak terkecuali nitrat sehingga kadar nitrat dalam lahan basah lebih kecil daripada di dalam inlet dan outlet

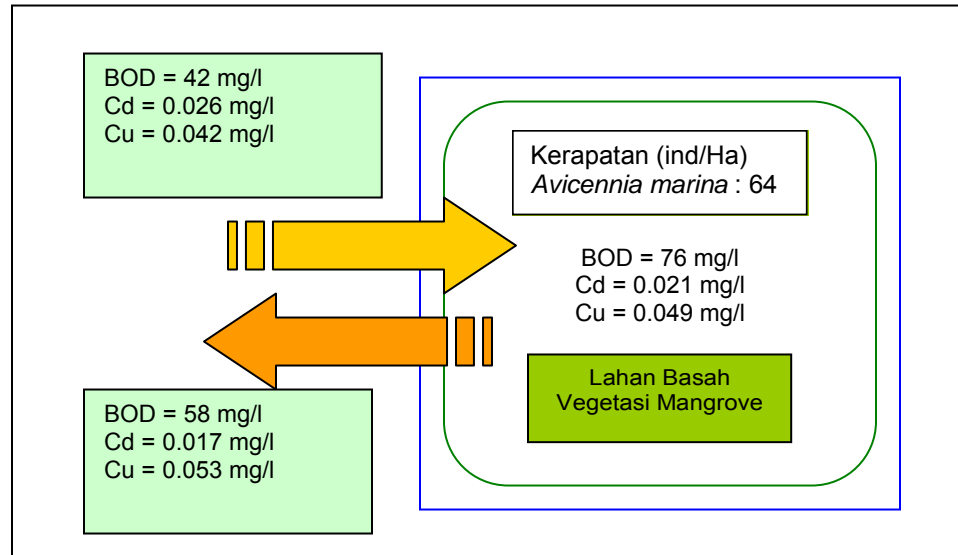
Selain itu pengambilan sampel di outlet yang dilakukan pada waktu surut turut mempengaruhi kadar nitrat yang tercatat. Saat surut maka permukaan air menjadi lebih rendah dan sinar matahari lebih mudah memanaskan air. Oleh karena itu terjadi oksidasi air yang mengakibatkan terjadinya proses nitrifikasi ini. Dari proses nitrifikasi kemudian terbentuk nitrat. Sebagian besar penghilangan senyawa nitrogen dilakukan oleh bakteri melalui proses amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi. Sisa-sisa bagian tanaman yang mati menjadi sumber karbon organik yang diperlukan oleh bakteri sebagai sumber energi dalam proses dinitrifikasi, yaitu perubahan nitrat menjadi N_2 . Hal ini yang mengakibatkan kadar nitrat di outlet lebih rendah dari kadar di inlet. Tingginya kadar nitrat dan fosfat di inlet merupakan hal yang wajar. Di saluran masuk ini terjadi penumpukan nitrat dan fosfat dari sungai, akan tetapi mangrove yang memanfaatkannya masih sangat sedikit. Kondisi ini mengakibatkan nitrat dan fosfat tidak terpakai sehingga kadarnya di perairan mencapai jumlah tertinggi.

Fosfat merupakan nutrient utama selain nitrat yang diperlukan untuk pertumbuhan organisme perairan, selain itu fosfat sangat penting untuk pernapasan, produksi protein, pembelahan sel dan pertumbuhan (Ranoemihardjo dalam Rahardjo, 2003). Hasil pengukuran fosfat yang berada dalam lahan basah adalah yang paling rendah dibanding pengukuran pada inlet dan outlet, yaitu senilai 0.07 mg/l. Rendahnya kandungan fosfat pada lahan basah dikarenakan ada pemanfaatan fosfat oleh vegetasi mangrove. Di lahan basah senyawa fosfat yang terkandung di dalam air dihilangkan melalui proses adsorpsi, absorpsi, kompleksasi dan presipitasi. Dapat dikatakan lahan basah berhasil menurunkan kadar fosfat.

b. Kandungan BOD dan logam berat

Salah satu parameter penting untuk menunjukkan adanya pencemaran dalam perairan adalah kadar BOD. Biochemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen terlarut dalam limbah cair yang dipakai untuk menguraikan sejumlah senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme pada kondisi dan suhu tertentu. Sedangkan keberadaan logam berat merupakan suatu pencemaran terhadap perairan. Dalam penelitian ini logam berat

yang kadarnya melebihi baku mutu adalah logam Kadmium (Cd) dan Tembaga (Pb). Berikut adalah ilustrasi kadar BOD, Cd dan Pb yang masuk dan keluar wetland.



Gambar 4.12. Ilustrasi Kandungan BOD, Cd dan Cu yang Masuk dan Keluar Lahan Basah

Hasil pengukuran BOD di lahan basah Sidoarjo menunjukkan nilai diatas baku mutu, akan tetapi tidak sampai menimbulkan bau menyengat. Selain itu apabila ditinjau dari ilustrasi diatas bahwa meskipun nilai inputan sebesar 42 mg/l dan nilai output 58 mg/l akan tetapi nilai output tersebut sudah lebih rendah daripada nilai BOD di dalam lahan basah itu sendiri (76 mg/l). Kadar BOD tertinggi yang mencapai 76 mg/l justru terdapat di dalam lahan basah. Hal ini disebabkan ketika di dalam lahan basah terjadi biodegradasi dari daun tumbuhan mangrove yang gugur kembali ke perairan. Dari biodegradasi daun selanjutnya terjadi pembusukan sehingga meningkatkan kadar BOD.

Kadmium (Cd) bersama dengan Hg dan Pb merupakan logam yang hingga saat ini belum diketahui dengan jelas peranannya bagi tumbuhan (Effendi, 2003). Dalam penelitian ini kadar Cd di inlet = 0.026 mg/l, di dalam wetland = 0.021 mg/l dan di outlet = 0.017 mg/l. Terlihat pengurangan kadar Cd yang keluar melalui outlet daripada di dalam wetland meskipun kesemuanya telah berada diluar ambang batas. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa lahan basah ini telah efektif dalam mengatasi pencemar dari unsur Kadmium. Kemampuan *Avicennia sp.* untuk mengurangi toksisitas logam melalui pengenceran dengan menyimpan banyak air di dalam jaringan tubuhnya mungkin dapat bekerja dengan baik untuk mereduksi kadar Cd yang ada.

Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang dijumpai pada perairan alami dan merupakan unsur yang essential bagi tumbuhan dan hewan. Akan tetapi dalam penelitian ini kadar Cu di 5 stasiun sampling telah melebihi baku mutu sehingga Cu disini dikategorikan sebagai pencemar. Kadar Cu di outlet (0.053 mg/l) melebihi kadar Cu di inlet (0.042 mg/l) maupun di dalam wetland (0.049 mg/l). Oleh karena itu lahan basah dianggap belum efektif dalam menanggulangi pencemaran oleh unsur tembaga. Banyak faktor yang mempengaruhi kondisi ini. Tingginya kadar Cu di perairan mungkin dipengaruhi kadar Cu di dalam sedimen. Ketika kadar Cu dalam sedimen tinggi maka kemungkinan konsentrasi Cu di perairan juga tinggi.

c. Hasil kualitas air disesuaikan dengan Baku Mutu

Kualitas air di lahan mangrove apabila disesuaikan dengan baku mutu memberikan hasil yang beragam. Untuk aspek fisika, tingkat kecerahan dan suhu masih berada di bawah Baku Mutu. Sedangkan kadar TSS telah melebihi baku mutu. Ini membuktikan lahan mangrove mampu membantu pengendapan polutan.

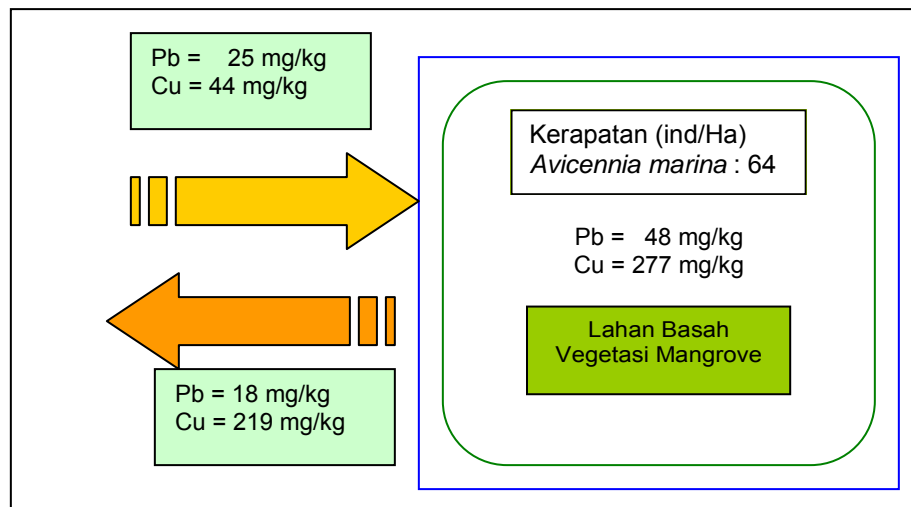
Untuk aspek kimia, kadar BOD dan COD telah melebihi baku mutu. Meskipun begitu lahan mangrove mampu mengurangi kadar BOD dan COD yang keluar dibandingkan yang masuk. Sedangkan tingginya nilai DO dapat diartikan sebagai tercukupinya ketersediaan oksigen di lahan basah. Untuk fosfat, nitrat dan nitrit hanya menunjukkan nilai yang tinggi di daerah aliran masuk (inlet). Dikarenakan pada area ini nutrient belum dimanfaatkan oleh biota. Sedangkan untuk silika, nilai yang sangat rendah justru ditemukan di dalam lahan basah dan outlet. Ini berkaitan dengan keberadaan diatom yang berasosiasi dengan mangrove. Keberadaan diatom yang memanfaatkan silika mengakibatkan nilai silika berkurang.

Ditinjau dari aspek logam berat, kadar kadmium dan tembaga telah melebihi ambang batas. Untuk logam timbal, konsentrasi logam di semua stasiun penelitian telah berada di bawah Baku Mutu, dianggap lahan mangrove mampu mereduksi logam timbal. Sedangkan untuk logam tembaga dan kadmium dan hasil sampel di semua stasiun telah melebihi Baku Mutu. Dapat dikatakan, lahan mangrove tidak mampu mengatasi pencemaran oleh tembaga dan kadmium. Meskipun begitu lahan mangrove sedikit banyak telah mereduksi konsentrasi

logam kadmium karena kadar kadmium di saluran keluar (outlet) telah berkurang apabila dibandingkan dengan stasiun lainnya.

4.2.3. Efektifitas Lahan Basah Berdasarkan Parameter Kualitas Sedimen

Sifat fisik dan kimia yang dimiliki sedimen mangrove adalah kemampuannya untuk mengakumulasi material di lingkungan tepian pantai. Meskipun begitu, konsentrasi absolut logam berat di sedimen tidak secara signifikan mengindikasikan tingkat kontaminasi logam dari sumber yang alami (N.F.Y Tam at al, 1998). Selain mendapat masukan dari perairan, bahan organik sedimen mangrove juga berasal dari dekomposisi serasah mangrove. Pada lokasi penelitian, logam berat yang konsentrasinya melebihi baku mutu adalah Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu). **Gambar 4.13** adalah ilustrasi kadar Pb dan Cu sedimen di inlet, lahan basah dan outlet.



Gambar 4.13. Kandungan Pb dan Cu Sedimen di Inlet, Wetland dan Outlet

a. Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu)

Hasil pengukuran Pb dan Cu sedimen di lahan basah mangrove menunjukkan bahwa konsentrasi kedua zat tersebut telah melebihi baku mutu. Di daerah inlet dimana letaknya berdekatan dengan sungai dan muara maka konsentrasi Cu bernilai sama. Sedangkan kadar Cu di dalam sedimen lahan basah dan outlet yang mana letaknya berdekatan menunjukkan kadar yang jauh lebih tinggi. Tingginya kadar Cu di sedimen tidak dipengaruhi oleh pencemaran air. Akan tetapi tanah yang dipergunakan dalam lahan basah bisa jadi sejak awal telah memiliki kadar Cu yang tinggi. Kondisi ini justru mengakibatkan peningkatan kadar Cu di perairan. Pada Gambar 4.7 halaman 36 dan Gambar 4.9. halaman

38 dapat disaksikan bahwa dimana kadar Cu di sedimen tinggi maka konsentrasi Cu di perairan juga akan tinggi.

Di dalam lahan basah selain terjadi proses konsumsi air dan evapotranspirasi oleh mangrove sekaligus karena jangka waktu yang lebih lama untuk air masuk ke mangrove membuat evaporasi semakin tinggi sehingga konsentrasi logam berat di sedimen juga semakin tinggi. Selain itu sistem perakaran mangrove turut menahan logam berat tetap berada di sedimen. Ketika air surut maka sedimen yang terbawa keluar dan menempati outlet adalah sedimen yang memuat konsentrasi logam lebih kecil. Oleh karena itu Pb dan Cu di outlet memiliki kadar yang lebih kecil dibanding inlet dan lahan basah. Hasil ini menunjukkan bahwa perakaran mangrove cukup efektif dalam menyaring logam berat baik dalam perairan maupun sedimen.

Dari hasil ini semakin menguatkan dugaan bahwa sistem lahan basah benar-benar telah berfungsi untuk mengendapkan pulutan di dalam sedimen. Hasil ini sesuai dengan yang diungkapkan Wildeman dan Laudon (1989) dalam Khatuddin (2003) bahwa salah satu proses lahan basah adalah memang berfungsi untuk mengikat atau menukar bahan pencemar dengan tanah rawa, bahan tanaman hidup, bahan tanaman mati dan bahan alga hidup.

Akan tetapi hasil ini masih kurang memadai apabila dibandingkan dengan lahan mangrove alami. Menurut penelitian Boonsong (2003), lahan basah alami biasanya kerapatan lebih tinggi, begitu pula biomassa tanaman mangrovenya. Tingginya biomassa tanaman akan membantu meningkatkan kecepatan penyerapan bahan pencemar yang masuk bersama penyerapan nutrient oleh mangrove. Oleh karena itu semakin tinggi tingkat kerapatan tiap individu mangrove dalam suatu lahan akan semakin tinggi pula daya serapnya terhadap nutrient dan logam berat pencemar.

b. Hasil kualitas sedimen disesuaikan dengan Baku Mutu

Ditinjau dari aspek logam berat, kadar kadmium dan kromium masih berada di bawah ambang batas berdasarkan nilai Baku Mutu yang dikeluarkan oleh NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*), US Department of Commerce. Akan tetapi berdasarkan Baku Mutu oleh Ministry Environmental of Canada sudah terkategori

tercemar berat. Untuk logam timbal, konsentrasi logam di saluran keluar (outlet) telah berada di bawah Baku Mutu, dianggap lahan mangrove mampu mereduksi logam timbal . Sedangkan untuk logam tembaga hasil sampel di semua stasiun telah melebihi Baku Mutu. Tingginya konsentrasi logam di dalam sedimen menunjukkan bahwa lahan basah telah berfungsi dalam membantu pengendapan polutan.

Seperti yang diungkapkan Nybakken (1992) bahwa mangrove dapat berkembang sendiri pada tempat dimana tidak terdapat gelombang dan kondisi fisik pertama yang harus terdapat pada lahan mangrove adalah gerakan air yang minimal. Gerakan air yang lambat mengakibatkan partikel sedimen yang halus cenderung mengendap dan berkumpul di dasar. Gerakan air yang lambat akan ditingkatkan oleh mangrove sendiri. Mangrove mempunyai akar penyangga yang khas, yang memanjang ke bawah dari batang dan dahan. Akar ini seringkali sangat banyak dan kusut sehingga sukar ditembus diantara permukaan lumpur dan permukaan air. Adanya sistem akar yang padat ini akan mengurangi gerakan air, sehingga partikel yang sangat halus mengendap di sekeliling akar mangrove dan membentuk kumpulan lapisan sedimen. Sekali mengendap, sedimen biasanya tidak dialirkan keluar lagi. Tanah hutan mangrove ditandai oleh kadar oksigen yang rendah dan kadar garam yang tinggi. Tanah yang ada merupakan butiran yang halus dengan kandungan organik yang tinggi.

4.2.4. Frekuensi Kehadiran, Kerapatan Mangrove dan Basal Area Mangrove

Berdasarkan hasil perhitungan seperti yang telah disampaikan di sub bab terdahulu bahwa frekuensi kehadiran mangrove baik itu kategori pohon, sapling dan seedling menunjukkan jumlah paling besar berada di dalam area wetland itu sendiri. Species yang dominan ada di wetland adalah *Rhizophora* dan *Avicennia*. Keberadaan dua jenis mangrove ini berkaitan dengan jenis substrat dan tipe pasang surut di lokasi penelitian. Tipe pasang surut perairan ini adalah pasut campuran condong ke harian ganda dimana dalam 24 jam akan mengalami dua kali periode pasang dan dua kali periode surut. Hal ini mengakibatkan wetland akan terendam secara periodik ketika air mencapai pasang ukuran menengah. Hanya *Rhizophora* dan *Avicennia* yang dapat hidup di lingkungan dengan klasifikasi tersebut.

Rhizophora mempunyai akar penunjang yang tumbuh dari batang. Dari penelitian Silva (1990) dan Lacerda (2003) terbukti bahwa *Rhizophora* dan *Avicennia* mampu menyerap

polutan logam dengan baik. *Rhizopora* dapat menyerap Cu, Pb, Cr, Cd dan Ni. Bahkan untuk Pb dan Cr penyerapan dilakukan oleh semua bagian tumbuhan. Begitu pula untuk *Avicennia*, mampu mengakumulasi Cu, Pb dan Zn dalam jaringan akar dengan level yang sama dan atau lebih tinggi dari konsentrasi sedimen di sekitarnya (Mc Farleane,2003).

Akan tetapi kinerja penyerapan logam ini dipengaruhi pula oleh kerapatan individu mangrove pada tiap hektar lahan dan Basal Area. Hingga saat ini belum ada Baku Mutu untuk kerapatan mangrove individu per hektar dan basal area agar dapat menyerap logam dengan konsentrasi tertentu. Dari penelitian inilah nantinya diperoleh kisaran jumlah individu yang harus ada pada tiap hektar lahan untuk dapat mereduksi logam sebagaimana yang diinginkan. Pada penelitian ini, dalam lahan basah sebesar 7.762 m² untuk kategori pohon nilai kerapatannya adalah 64 individu *Avicennia marina*. Sedangkan kerapatan *Rhizopora apiculata* sebesar 200 indv/Ha dan *Excoecaria agallocha* sebesar 533 indv/Ha. Tetapi 2 species disebut terakhir hanya banyak ditemukan di bagian inlet.

Dengan kerapatan yang masih dibawah 100 individu/Ha efisiensi lahan basah dalam mereduksi bahan pencemar telah tercapai. Basal Area adalah penutupan areal hutan oleh batang pohon. Basal area didapatkan dari pengukuran batang pohon yang diukur secara melintang. Basal area juga turut mempengaruhi kemampuan serap mangrove akan bahan pencemar. Lahan dengan kerapatan tinggi belum tentu basal areanya besar. Pada lahan basah di Desa Kepetingan ini basal area *Avicennia marina* yang terdapat di dalam lahan basah mencapai 289.65 m². Dengan kerapatan 64 ind/Ha dan basal area 289.65 m² lahan basah telah mampu mereduksi bahan pencemar. Ada beberapa jenis logam berat yang kadarnya di perairan memang tidak melampaui baku mutu, akan tetapi terhadap Pb dan Cd yang kadarnya telah melampaui baku mutu wetland mangrove telah menjalankan fungsinya dengan baik. Mangrove kemungkinan telah mereduksi limbah dengan menyerap bahan-bahan pencemar tersebut melalui perakaran dan bagian tumbuhan lain.

Wildeman dan Laudon (1989) dalam Khiatuddin (2003) menjelaskan bahwa penghilangan bahan pencemar dalam lahan basah terjadi menurut salah satu proses berikut :

1. Penyaringan bahan tersuspensi dan koloida yang terdapat dalam air.
2. Asimilasi bahan pencemar ke dalam jaringan akar dan daun tumbuhan hidup.

3. Pengikatan atau pertukaran bahan pencemar dengan tanah rawa, bahan tanaman hidup, bahan tanaman mati dan bahan alga hidup.
 4. Presipitasi dan netralisasi melalui pembentukan NH_3 dan HCO_3^- dari penguraian bahan biologis karena kegiatan bakteri.
 5. Presipitasi logam di lapisan oksidasi dan reduksi yang dikatalisir oleh aktivitas bakteri.
- Penjelasan tersebut mendukung hasil dari penelitian ini, bahwa lahan basah mangrove telah mengurangi pencemaran oleh nutrient dan logam berat. Akan tetapi proses tersebut dapat terjadi secara simultan atau didominasi oleh salah satu diantaranya, tergantung dari keadaan fisika, kimia dan biologis yang terdapat di lingkungan lahan basah.

4.2.5. Efektifitas Lahan Basah Berdasarkan Kecepatan Aliran dan Debit Air.

Kecepatan aliran air di Sungai Kepetingan dan aliran pada saluran yang menuju lahan basah adalah sangat kecil, bahkan bisa diasumsikan $V = 0$ m/s. Kondisi stagnan ini dikarenakan ada pengaruh arus balik dari laut ketika air pasang. Pada kondisi surut akan terjadi aliran yang lebih besar. Aliran yang jauh lebih besar juga akan dijumpai saat musim penghujan. Akan tetapi, pada konteks penanganan limbah, maka beban limbah terbesar (konsentrasi limbah) akan dijumpai saat musim kemarau atau saat debit aliran sungai kecil, sehingga efek terjadinya pengenceran sangat minim.

Debit yang terukurpun hanya debit sesaat karena pengukuran dilakukan pada waktu pasang. Sedangkan pada kenyataannya, debit aliran di Sungai Kepetingan akan selalu berubah dari waktu ke waktu. Oleh karena itu pengukuran debit hanya dihitung berdasarkan kapasitas pengaliran yang dibutuhkan untuk mengisi kolam, yaitu sebesar 700 liter / detik.

Akibat dari kecepatan aliran yang sangat kecil dan debit air yang selalu berubah-ubah, maka laju infiltrasi polutan terbilang lambat pula. Karena lambatnya aliran ini maka terdapat cukup waktu bagi polutan untuk mengendap bersama sedimen. Pengendapan sedimen di pintu keluar (outlet) bisa jadi dipengaruhi pula oleh turbulensi air. Perbedaan besar penampang di saluran masuk (inlet), di dalam lahan basah dan di saluran keluar (outlet) mengakibatkan perbedaan kecepatan aliran air yang melewati tiga tempat tersebut. Di saluran keluar (outlet), luas penampangnya lebih kecil daripada inlet dan lahan basah. Oleh karena itu ketika melewati area ini air akan mengalami turbulensi sehingga selanjutnya terjadi pengendapan. Sedangkan hasil yang sangat beragam yang ditemukan

pada sampel kualitas air sedikit banyak dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel. Perbedaan waktu ini berarti pula telah terjadi perbedaan efek dari hasil daur hidup dan hasil fotosintesis.

4.2.6. Bioakumulasi Logam Berat

Perakaran mangrove turut berperan sebagai bioakumulator logam berat. Seperti yang dikemukakan oleh Arisandi (2005), penelitiannya menemukan bahwa *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* adalah spesies yang mendominasi di Surabaya. Oleh Arisandi, pengambilan sampel konsentrasi logam berat di kedua spesies tersebut dilakukan untuk akar, batang dan daun. Hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi ditemukan di akar *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* yaitu untuk logam Cu. Konsentrasi tertinggi logam berat di sedimen juga di dominasi oleh Cu yaitu 26,60 ppm di Wonokromo and 25,5 ppm di Wonorejo.

Hasil penelitian Arisandi (2005) menunjang hasil penelitian ini. Bahwa di sedimen mangrove, logam berat yang konsentrasinya paling tinggi adalah Cu. Kondisi ini bisa jadi dikarenakan perakaran mangrove mampu menyerap banyak Cu dan membantu mengendapkannya di sedimen. Kandungan suatu logam berat di dalam sedimen sangat berpengaruh terhadap kandungan logam berat tersebut didalam tubuh tumbuhan.

4.2.7. Bioremoval Logam Berat.

Logam berat dalam air dapat pula dipindahkan dari badan air melalui proses absorpsi oleh organisme air, baik itu secara langsung maupun tidak langsung melalui rantai makanan organisme. Seperti yang diungkapkan Prosi (1979) dalam Supriharyono (2002) bahwa pemindahan logam berat ke dalam organisme dapat dipengaruhi pula oleh kebiasaan organisme dalam cara memakan makanannya (*feeding habit*), yaitu :

1. *phytophagus* oleh *gastropoda* dan *crustacea*
2. *filter feeding* oleh *zooplankton*, *barnacle*, *bivalvia*
3. *sediment feeding* oleh *polychaeta* dan *oligochaeta*
4. *detritus feeding* oleh *gastropoda*, *isopoda* dan *amphipoda larva chironomid*
5. *carnivorous* oleh *zooplankton*, *polychaeta*, *gastropoda*, *crustace*. larva serangga air tawar dan ikan.

Disamping melalui mikroba, absorpsi logam berat juga dapat dilakukan oleh tumbuhan laut. Sebagai contoh, Knauer dan Martin (1973) dalam Supriharyono (2002) mendapatkan bahwa logam-logam seperti kadmium, tembaga, mangan, seng dan timbal terdapat di dalam phytoplanton (diatom) di teluk Monterey, California.

Dalam hal ini, selain mengabsorpsi logam ke dalam tubuhnya sendiri, mangrove secara tidak langsung berperan dalam penyediaan habitat bagi kehidupan mikroorganisme. Fungsi lain dari tumbuhan mangrove dalam mengurangi pencemaran adalah kapasitasnya sebagai pendukung kehidupan mikro organisme pengurai limbah. Batang, cabang dan daun tanaman mangrove yang berada di dalam genangan air akan memperluas area tempat organisme mikro melekat. Sedangkan akar mangrove mengeluarkan oksigen sehingga akan terbentuk zona rizosfer yang kaya oksigen. Banyaknya organisme mikro yang hidup dalam lahan basah akan meningkatkan kinerja pembersihan secara menyeluruh, dikarenakan organisme mikro tersebut mencerna bahan pencemar dalam rangka memperoleh energi. Organisme mikro ini juga bermanfaat bagi tanaman mangrove itu sendiri, karena pengubahan unsur hara dari senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana memungkinkan tanaman untuk menyerapnya. Karena mekanisme inilah maka konsentrasi bahan pencemar akan berkurang ketika air keluar dari area lahan basah untuk mengalir lag ke perairan.

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV, kesimpulan yang dapat ditarik secara umum yaitu efisiensi wetland mangrove dalam mengeliminasi pencemaran telah tercapai. Faktor tercapainya efisiensi ini adalah pengurangan kadar logam berat dari mulanya di dalam stasiun inlet, mengalami pengurangan di dalam wetland dan akhirnya kadarnya mencapai minimal di stasiun outlet.

Berdasarkan analisis kualitatif disimpulkan sebagai berikut :

1. Wetland mangrove di Sidoarjo memiliki tipe dataran pantai yang merupakan jalur sempit memanjang pantai yang didominasi jenis *Rhizophora sp*, *Avicennia Sp* dan *Excoecaria Sp*. Untuk area wetland seluas 7.762 m² frekuensi kehadiran tertinggi kategori pohon, sapling dan seedling berada di dalam wetland berkisar 0.45 – 0.55 %. Species yang berada di dalam wetland adalah *Avicennia Sp* dengan Kerapatan 64 Ind/Ha dan Basal area 289.65 m².
2. Berdasarkan variabel kualitas air, lahan basah dinyatakan efektif dalam mengatasi pencemaran. Berdasarkan aspek fisika dibuktikan dengan kecerahan dan TSS tinggi, Aspek kimia dibuktikan dengan tereduksinya kadar BOD, nitrat dan fosfat. Logam berat kadmium (Cd) dan timbal (Pb) telah tereduksi. Akan tetapi tidak dapat mengatasi pencemaran oleh logam tembaga (Cu).
3. Berdasarkan variabel kualitas sediment, lahan basah dinyatakan efektif dalam mengatasi pencemaran. Lahan mangrove berhasil membantu pengendapan polutan timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang dibuktikan dengan tingginya konsentrasi kedua logam tersebut di sediment di dalam lahan basah. Akan tetapi nilai Pb dan Cu masih melebihi ambang batas yang disyaratkan.
4. Kinerja lahan basah dalam mengatasi pencemaran dilakukan melalui tiga cara yaitu:
 - a. penyerapan zat-zat polutan ke dalam akar, batang dan daun mangrove.
 - b. pengendapan sediment yang dibantu oleh perakaran mangrove yang rapat.
 - c. peran mangrove secara tidak langsung sebagai tempat hidup mikroorganisme

pengurai limbah.

5.2. Rekomendasi

Berdasarkan analisis kadar limbah yang berhasil direduksi oleh wetland mangrove dinyatakan efisiensi wetland telah tercapai untuk logam Pb dan Cd, namun belum berhasil mengatasi pencemaran oleh logam Cu. Hasil ini berkaitan dengan kerapian individu mangrove yang ada pada tiap hektar lahan dan sistem wetland yang dikembangkan pada lahan tersebut. Agar kedepannya wetland dapat benar-benar berfungsi untuk mengatasi pencemaran maka harus dilakukan pengkajian lebih lanjut antara lain :

1. Melakukan perhitungan jumlah pencemar yang masuk area wetland dan jumlah yang keluar setelah melalui proses penyerapan dengan vegetasi baik itu konsentrasi di dalam sedimen maupun di dalam air sekaligus mengkaji beban pencemar di dalam air dan sedimen.
2. Mengkaji kemampuan serap dan kebutuhan tanaman akan suatu konsentrasi logam. Termasuk sifat-sifat khusus yang dimiliki tanaman yang bersangkutan kaitannya dengan kondisi eksisting area wetland dan beban pencemar yang mengenainya.
3. Dengan mengetahui kemampuan serap tanaman dan beban pencemar di sedimen atau air serta mengetahui kebutuhan tanaman akan suatu logam kemudian dapat ditentukan jumlah pohon yang harus ada di area wetland yang akan dibuat.
4. Menentukan konsep penanganan limbah yang harus diterapkan di lahan basah yang bersangkutan. Sebaiknya disesuaikan dengan ketersediaan bahan. Untuk wetland di Sidoarjo ini rekomendasi paling utama adalah perlu dibuatnya satu pintu lain di bagian wetland yang difungsikan sebagai outlet. Dengan begitu air yang masuk dan keluar lahan basah tidak saling bercampur.
5. Melakukan penelitian secara lebih eksperimental atau dalam skala laboratorium. Manfaatnya agar dapat diketahui kemampuan serap mangrove akan suatu polutan tanpa ada gangguan dari faktor luar seperti yang terjadi pada lahan mangrove alami.

Sebagai contoh untuk wetland di Sidoarjo dapat dikembangkan kemungkinan sebagai berikut:

- a. Jenis tanaman yang akan ditanaman.

Direkomendasikan untuk mengatasi pencemaran di sedimen maka mangrove yang ditanaman adalah jenis *Rhizophora* sp dengan pertimbangan jenis ini memiliki kemampuan

serap logam yang tinggi, sesuai dengan kondisi lahan, mudah didapat di lokasi serta perawatan yang mudah dan murah.

b. Komponen bangunan lahan basah buatan di Sidoarjo

Untuk memaksimalkan penanganan limbah maka seharusnya wetland dibuat dengan sebaik mungkin dengan menambahkan komponen-komponen yang belum ada. Misalnya jika ingin menurunkan nilai BOD dapat dilakukan dengan menambahkan oksigen (aerasi pada lahan basah). Akan tetapi untuk lahan basah di Desa Kepetingan ini nilai DO nya sudah tinggi, sehingga tidak membutuhkan sistem aerasi tambahan. Atau dengan menambahkan saluran pengendapan untuk memaksimalkan penyaringan logam berat dalam kolom air. Selain itu dibutuhkan pula gorong-gorong atau satu pintu outlet agar asupan air tidak saling bercampur.

Dengan begitu melalui penelitian ini diharapkan nantinya dapat ditemukan rumusan yang pasti mengenai kebutuhan pohon dalam tiap hektar lahan untuk dapat mengatasi pencemaran oleh logam berat. Selain itu diharapkan keberadaan lahan basah buatan dapat menjadi tren di masyarakat mengingat begitu banyaknya keuntungan yang diperoleh dari pembuatan wetland mangrove selain sebagai alternatif penanganan pencemaran lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA.

- Amin, Bintal . 2002. *Distribusi Logam Berat Pb, Cu Dan Zn Pada Sedimen di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau*. Jurnal Natur Indonesia. Vol 35 : 65-72.
- Apridayanti, Eka. 2008. *Pengelolaan Lingkungan perairan Waduk Lahor Jawa Timur Ditinjau Dari Keberadaan Fitoplankton*. Thesis Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Tidak Dipublikasikan.
- Aprisandi. Prigi. 2005. *Mangrove Surabaya East Coast, The Forgotten Forest*. Lembaga Kajian Ekologi Dan Konservasi Lahan Basah.
- Bengen, DG ; Dahuri, R ; Wardiatno, Y. 1994. *Pengaruh Buangan Lumpur Kolam Pelabuhan Tj.Priok Terhadap Perairan Pantai Muara Gembong Bekasi*. PPLH IPB : Bogor.
- Boonsong, K. 2003. *Potential Use Of Mangrove Plantation As Constructed Wetland For Municipal Wastewater Treatment*. Water Science and Technology Vol 48 No.5 : 257-266
- Buchholz, Rogene A. 1998. *Principles Of Environmental Management. The Greening Business*. Prentice Hall : New Jersey
- Cintron, G and Novelli, YS. 1984. *Methodas for Studying Mangrove Structure*. Hal 91-113 dalam : Snedaker,SC and Snedaker, JG (eds) *The Mangrove Ecosystem : Research Methods*. Unesco : Paris
- Dumbois, Mueller And Ellenberg. 1974. *Aims And Methods of Vegetation Ecology*. Wiley Internasional Edition : London.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. PT.Kanisius : Yogyakarta.
- Fardias, S. 1992. *Polusi Air Dan Udara*. PT.Kanisius : Yogyakarta.
- Gutknecht, John. 2002. *Uptake And Retention of Cesium 137 and Zinc 65 By Seaweed*. University Of North Carolina.
- Harbison, Pat. 1986. *Mangrove Muds Asink and A Source For Trace Metal*. Marine Pollution Buletin Vol 17 No.6 : 246-250. Pergamon Journalis : Great Britain.
- Hindarko, S. 2003. *Mengolah Air Limbah Supaya Tidak Mencemari Orang Lain*. Penerbit ESHA Seri Lingkungan Hidup.
- Khatuddin, Maulida. 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air Dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.

- Lacerda, L D. 1993. *The Biogeochemistry And Trace Metal Distribution of Mangrove Rhizospheres*. Biotropica Vol 25 (3) : 252-257.
- Le, Loi Tan. 2008. *Effect Of Hidrology On The Structure And Function Of Mangrove Ecosystem In The Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Vietnam*. Dept Of Oceanography And Coastal Science : Loisiaana State University.
- Mac Farlane,G.R. 2003. *Accumulation And Distribution of Heavy Metal In The Grey Mangrove Avicennia marina*. Marine Pollution Bulletin Vol 39 : 179-186.
- Malen , P and Haritonidis , S. 2006. *Cell Wall Composition Affect Cd²⁺ Accumulation And Intracellular Triol Peptides In Marine Red Alga*. University of Thessaloniki : Yunani
- Monoarfa, Winarni. 2002. *Dampak Pembangunan Bagi Kualitas Air Di Kawasan Pesisir Pantai Losari Makasar*. Jurnal Science & Teknologi. Vol 3 No.3 : 37-44.
- National Oceanic And Atmospheric Administration (NOAA) . 2005. *Baku Mutu Kualitas Sedimen*. Department of Commerce.
- Nazir, Moh. 1999. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia : Jakarta.
- Nybakken, James W. 1992. *Biologi Laut ; Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia Pustaka : Jakarta.
- Odum, E.P. 1991. *Fundamental Of Ecology* . WB Saunders Company : Toronto
- Odum, Howard. 1992. *Ekologi Sistem*. Gadjah Mada University Press : Jogjakarta
- Raharjo, Amin Budi. 2003. *Pengaruh Kualitas Air Pada Tambak Tidak Bermangrove dan Tambak Bermangrove Terhadap Hasil Udang Alam di Desa Grinting Kab.Brebes*. Thesis Magister Management Sumber Daya Perairan. Universitas Diponegoro. Tidak Dipublikasikan.
- Rini, Daru Setyo. 2008. *Mangrove Mampu Cegah Pencemaran Logam Berat Di Pantai*. Situs Portal Resmi Yayasan Satu Dunia.
- Sastrawijaya, A Tresna. 2000. *Pencemaran Lingkungan* . PT.Rineka Cipta : Jakarta
- Schmidt, F H and Ferguson, J H A. 1952. *Rainfall Types Based On Wet And Dry Period For Indonesia With Western New Guinee* . DJULIE
- Silva, Carlos Augusto R. 1990. *Metal Reservoir In a Red Mangrove Forest*. Biotropica Vol 22 No 4 : 60-68.
- Sunu, Pramudya. 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia : Jakarta.

- Suparmin ; Soeparman , H.M. 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair* . Penerbit Buku Kedokteran. EGC
- Supriharyono , MS. 2002. *Pelestarian Dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia : Jakarta
- Suryabrata, Sumadi. 1998. *Metodologi Penelitian*. PT. Raja Grafindo Persada : Jakarta
- Tam , N F Y. 1997. *Normalisation And Heavy Metal Contamination In Mangrove Sediment*. The Science of The Total Environment Vol 216 : 33-39
- Tang, Chin Huang. 1996. *Cadmium Accumulation by Several Seaweed*. Hongkong University Of Science and Tech. Journal Science Total Environment Vol 187: 67-75
- Tomlinson, P B. 1994. *The Botany Of Mangrove*. Cambridge University Press : New York
- Wang, W X. 1999. *Kinetic Measurement of Metal Accumulation in to Marine Macroalgae*. Hongkong University of Science and Tech. Journal Marine Biologi vol 135 : 25-32.
- Wen-Jiaw, Zheng. 1997. *Accumulation And Biological Cycling of Heavy Metal Element In Rhizopora stylosa Mangroves In Yingluo Bay, China*. Marine Ecology Progress Series Vol 159 : 361-365.
- Wong, YS. 1997. *Mangrove Wetland As Wastewater Threatmen Facility : A Field Trip*. Hidrobiologia Vol 352: 49-59. Kluwer Academic Publisher : Belgium.
- Zheng, Wen Lin. 1997. *Efects of Watewater-borne Heavy Metal on Mangrove Plants and Soil Microbial Activities*. Journal Environment Science and Technology Vol 2 : 63-67.

