

**KELAYAKAN PENERAPAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
SISTEM TERPUSAT DAN LOKASI LAHAN BASAH BUATAN
DI KOTA KENDARI**

*FEASIBILITY OF OFF-SITE SYSTEM DOMESTIC WASTEWATER
TREATMENT APPLICATION AND CONSTRUCTED WETLAND
LOCATION IN KENDARI CITY*

RIDWAN SALEH



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**KELAYAKAN PENERAPAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
SISTEM TERPUSAT DAN LOKASI LAHAN BASAH BUATAN
DI KOTA KENDARI**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Teknik Perencanaan Prasarana

Disusun dan diajukan oleh

RIDWAN SALEH

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

TESIS**KELAYAKAN PENERAPAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
SISTEM TERPUSAT DAN LOKASI LAHAN BASAH BUATAN
DI KOTA KENDARI**

Disusun dan diajukan oleh

RIDWAN SALEH

Nomor Pokok P2800211019

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 31 Juli 2013

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,

Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc

Ketua

Ketua Program Studi
Teknik Perencanaan Prasarana,

Prof. Dr. Ir. Ramli Rahim, M.Eng

Dr. Ir. Roland A Barkey

Anggota

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,

Prof. Dr. Ir. Mursalim

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ridwan Saleh
Nomor Mahasiswa : P2800211019
Program Studi : Teknik Perencanaan Prasarana
Konsentrasi : Teknik Perencanaan Prasarana

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 31 Juli 2013
Yang menyatakan

Ridwan Saleh

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul : “Kelayakan Penerapan Pengolahan Air Limbah Domestik Sistem Terpusat dan Lokasi Lahan Basah Buatan di Kota Kendari”.

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister dalam Program Studi Teknik Perencanaan Prasarana pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar. Dalam penyusunan tesis ini, berbagai pihak telah banyak memberikan dorongan, bantuan serta masukan sehingga dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Prof. Dr. Ir. Mursalim beserta seluruh staf, atas segala bantuan dan kemudahan yang telah diberikan selama pendidikan. Ketua Program Studi Teknik Perencanaan Prasarana pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Dr. Ir. Ramli Rahim, M.Eng. Ibu Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc sebagai pembimbing utama yang telah banyak memberikan pengetahuan, bimbingan serta ilmunya dan Bapak Dr. Ir. Roland A Barkey selaku pembimbing kedua yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingannya yang sangat bermanfaat bagi penyusunan tesis ini. Bapak Prof. Dr. Ing. M. Yamin Jinca, M.Str., Prof.Dr.Ir. M. Saleh Pallu, M.Eng. dan Prof.Dr.Ir. Ramli Rahim, M.Eng., selaku penguji yang telah memberikan kritikan dan saran dalam penyusunan tesis ini.

Walikota Kendari yang telah memberikan izin dalam melanjutkan studi ke jenjang pascasarjana. Kepala BAPPEDA & PM Kota Kendari beserta staf, terkhusus rekan-rekan di Bidang Fisik dan Prasarana, dan Kamaluddin Mustafa yang telah banyak membantu dalam proses pengambilan data sampai dengan penyusunan tesis ini.

Istri tercinta Tri Normasasi Kasadedurina dan Anakku tersayang Alifrahmat Rian Athallah, yang selama ini telah sabar dan tak pernah lelah memberikan semangat, doa, dan penuh pengertian. Ayah dan Ibu saya tercinta, Kakak, beserta Adik, Bapak dan Ibu mertua, dan semua keluarga yang selalu memberikan dukungan moril dan materiil sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana dengan baik.

Rekan-rekan Teknik Perencanaan Prasarana UNHAS angkatan 2011 Dayat, Arri, Yusuf, Alkaf, Iyan, Andry, Ashari, Herman, Aan, Syahrir, Endang, Irma, Irna, Nini, Erni, Rossi, Ika, Meska, Oneng, dan Riri. Teman-teman di Pasca Sarjana UNHAS, serta sahabat lainnya yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu, Terima kasih atas segala dukungan, bantuan dan sarannya sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih banyak kekurangan, oleh karenanya kritik dan saran sangat penulis harapkan guna menyempurnakan penulisan ini. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih dan semoga tesis ini dapat berguna bagi kita semua.

Makassar, 31 Juli 2013

Ridwan Saleh

ABSTRAK

Ridwan Saleh. Kelayakan Penerapan Pengolahan Air Limbah Domestik Sistem Terpusat dan Lokasi Lahan Basah Buatan di Kota Kendari (dibimbing oleh Mary Selintung dan Roland A Barkey).

Tingkat pencemaran di Teluk Kendari akibat dari air limbah domestik dapat dikurangi dengan penerapan teknologi lahan basah buatan. Sebagai studi kelayakan, terutama berdasarkan aspek lokasi, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) Kelurahan yang layak penerapan pengolahan air limbah domestik dengan sistem terpusat, dan (2) Lokasi instalasi pengolahan air limbah domestik dengan teknologi lahan basah buatan yang layak. Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Mandonga dan Kadia, Kota Kendari Provinsi Sulawesi Tenggara, mulai Bulan April sampai dengan Juli 2013.

Metode analisis pertama yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif dengan metode skoring berdasarkan parameter-parameter kepadatan penduduk, air tanah dangkal, topografi, kemiringan lereng, dan sumber air bersih. Analisis kedua yaitu menggunakan analisis spasial dengan metode *overlay* berdasarkan parameter-parameter jarak wilayah pelayanan, jarak dari sumber air bersih, jarak dari pusat permukiman, tata guna lahan, kemiringan lereng, dan jarak dari jalan untuk menentukan lokasi IPAL Domestik yang layak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kelurahan Mandonga dan Korumba di Kecamatan Mandonga, dan Kelurahan Bende, Anaiwoi, Wowawanggu, dan Pondambea di Kecamatan Kadia, layak menerapkan pengolahan air limbah dengan sistem terpusat. Berdasarkan hasil analisis dengan metode *overlay*, didapat lokasi yang layak untuk pembangunan IPAL Domestik dengan teknologi lahan basah buatan sebesar 3,49 Ha, dimana 3,10 Ha berada pada areal mangrove dan 0,39 Ha berada pada areal tambak, yang dapat melayani sekitar \pm 84.250 jiwa.

Kata kunci : Air limbah, Lahan basah buatan, Kelayakan, Lokasi

ABSTRACT

Ridwan Saleh. Feasibility of Application Domestic Wastewater Treatment Off-site System and Constructed Wetland Location in Kendari City. (supervised by Mary Selintung and Roland A Barkey).

Pollution level at Kendari Bay resulted from domestic wastewater can be reduced using constructed wetland. As feasibility study, particularly based on location aspect, this research aims to identify: (i) Kelurahan is feasible for application off-site system domestic wastewater treatment, and (ii) the most appropriate location for that wastewater treatment using constructed wetland method. This research was conducted at Mandonga and Kadia Districts of Kendari City during April to July, 2013.

First analysis, to identify feasibility of off-site system, descriptive quantitative analysis using scoring method was applied based on some parameters, namely: population density, shallow groundwater, topography, contour and source of water supply. And second analysis, to identify the appropriate location, spatial analysis using overlay method was utilized, based on parameters, namely: distance of service area, distance from water source, distance from settlement, land use, contour and distance from access.

This analysis identified that Kelurahan Mandonga, and Korumba at Kecamatan Mandonga, and Kelurahan Bende, Anaiwoi, Wowanggu dan Pondambea at Kecamatan Kadia were feasible for off-site system. Based on overlay analysis, it was identified that there was totally 3,49 Ha site appropriate for constructed wetland, which is 3,10 Ha as mangrove forest and 0,39 Ha as aquaculture site, which can serve approximately \pm 84,250 people.

Keywords: Wastewater, Constructed wetland, Feasibility, Location

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| PRAKATA | v |
| ABSTRAK | vii |
| <i>ABSTRACT</i> | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 4 |
| C. Tujuan Penelitian | 4 |
| D. Kegunaan Penelitian | 4 |
| E. Ruang Lingkup Penelitian | 5 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| A. Air Limbah | 6 |
| 1. Pengertian air limbah | 6 |
| 2. Air limbah domestik | 7 |
| 3. Instalasi pengolahan air limbah | 9 |
| B. Lahan Basah Buatan | 17 |
| 1. Tipe-tipe lahan basah buatan | 21 |
| 2. Lahan basah buatan aliran horisontal | 25 |

| | |
|---|----|
| C. Tanaman Mangrove Pada Lahan Basah Buatan | 29 |
| 1. Habitat mangrove | 29 |
| a. Kondisi fisik | 29 |
| b. Tipe vegetasi mangrove | 31 |
| 2. Penelitian tentang mangrove sebagai tanaman air dalam lahan basah buatan | 33 |
| D. <i>Geographic Information System</i> | 36 |
| E. Penelitian Terkait | 39 |
| F. Kerangka Konseptual Penelitian | 42 |
| III. METODE PENELITIAN | 44 |
| A. Rancangan Penelitian | 44 |
| B. Lokasi dan Waktu Penelitian | 45 |
| C. Bahan dan Alat Penelitian | 46 |
| 1. Bahan penelitian | 46 |
| 2. Alat penelitian | 46 |
| D. Jenis dan Sumber Data | 48 |
| E. Instrumen Pengumpulan Data | 49 |
| F. Teknik Analisis Data | 50 |
| 1. Analisis sistem pengolahan air limbah | 50 |
| 2. Analisis spasial penentuan lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah | 53 |
| 3. Proyeksi luas area lahan basah buatan | 61 |
| G. Definisi Operasional | 63 |

| | | |
|-----|--|-----|
| IV. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 72 |
| A. | Gambaran Umum Kota Kendari | 72 |
| 1. | Kondisi geografis dan administratif | 72 |
| 2. | Kondisi demografi | 74 |
| 3. | Kondisi klimatologi | 75 |
| 4. | Kondisi jenis tanah | 78 |
| 5. | Kondisi topografi | 82 |
| 6. | Kondisi ekosistem mangrove Teluk Kendari | 85 |
| B. | Analisis Kelayakan Sistem Pengolahan Air Limbah | 91 |
| 1. | Kajian kondisi wilayah penelitian | 91 |
| a. | Kepadatan penduduk | 91 |
| b. | Air tanah dangkal | 93 |
| c. | Topografi dan kemiringan lereng | 96 |
| d. | Sumber air bersih | 103 |
| 2. | Skoring sistem pengolahan air limbah | 106 |
| C. | Analisis Spasial Lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah | 110 |
| 1. | Pemetaan kesesuaian lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah | 110 |
| 2. | Proyeksi luas area lahan basah buatan | 128 |
| a. | Proyeksi jumlah dan kepadatan penduduk | 128 |
| b. | Proyeksi debit air limbah | 130 |
| c. | Proyeksi luas area | 131 |

| | | |
|----|----------------------|-----|
| V. | KESIMPULAN DAN SARAN | 133 |
| | A. Kesimpulan | 133 |
| | B. Saran | 134 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 135 |
| | LAMPIRAN | 139 |

DAFTAR TABEL

| nomor | | halaman |
|--------------|---|----------------|
| 1. | Estimasi jumlah air limbah untuk berbagai jenis kegiatan perumahan, perusahaan dan jasa | 10 |
| 2. | Perbedaan kebutuhan energi untuk setiap tipe pengolahan air limbah | 19 |
| 3. | Kemampuan toleransi jenis mangrove terhadap kondisi salinitas | 31 |
| 4. | Persentase penghilangan bahan pencemar air limbah beberapa jenis mangrove | 35 |
| 5. | Skoring parameter sistem sarana sanitasi | 52 |
| 6. | Kriteria dan variabel dalam analisis kesesuaian lokasi IPAL Domestik | 56 |
| 7. | Rangkuman definisi operasional | 68 |
| 8. | Matriks rumusan masalah, tujuan, variabel penelitian, metode pengumpulan data, metode analisis, dan keluaran penelitian | 70 |
| 9. | Luas wilayah menurut kecamatan di Kota Kendari | 73 |
| 10. | Jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk Kota Kendari menurut kecamatan Tahun 2011 | 75 |
| 11. | Rata-rata suhu udara dan kelembaban udara Kota Kendari Tahun 2011 | 76 |
| 12. | Rata-rata jumlah hari hujan, curah hujan dan penyinaran matahari setiap bulan Kota Kendari Tahun 2011 | 77 |
| 13. | Kondisi topografi Wilayah Kota Kendari menurut kecamatan | 84 |
| 14. | Sebaran mangrove per kecamatan | 86 |
| 15. | Luas wilayah, jumlah dan kepadatan penduduk Kecamatan Mandonga tahun 2012 | 92 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 16. | Luas wilayah, jumlah dan kepadatan penduduk Kecamatan Kadia tahun 2013 | 93 |
| 17. | Klasifikasi kemiringan lereng Kecamatan Mandonga | 99 |
| 18. | Klasifikasi kemiringan lereng Kecamatan Kadia | 101 |
| 19. | Pelanggan air bersih Kota Kendari Tahun 2012 | 104 |
| 20. | Pelanggan air bersih Kecamatan Mandonga Tahun 2012 | 105 |
| 21. | Pelanggan air bersih Kecamatan Kadia Tahun 2012 | 106 |
| 22. | Hasil analisis sistem pengolahan air limbah domestik | 108 |
| 23. | Persentase Kesesuaian jarak rencana lokasi IPAL Domestik | 111 |
| 24. | Persentase kesesuaian jarak lokasi IPAL Domestik dari sumber air bersih | 116 |
| 25. | Persentase kesesuaian jarak lokasi IPAL Domestik dari permukiman | 117 |
| 26. | Persentase kesesuaian tata guna lahan rencana lokasi IPAL Domestik | 119 |
| 27. | Persentase kesesuaian kemiringan lereng rencana lokasi IPAL Domestik | 120 |
| 28. | Persentase kesesuaian jarak lokasi IPAL Domestik dari jalan | 123 |
| 29. | Persentase luas lokasi IPAL Domestik yang sesuai | 128 |
| 30. | Proyeksi jumlah penduduk wilayah penelitian | 129 |

DAFTAR GAMBAR

| nomor | | halaman |
|--------------|--|----------------|
| 1. | Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah | 8 |
| 2. | Skema pemilihan sistem pengolahan air limbah | 16 |
| 3. | Lahan basah buatan dalam pengolahan air limbah | 20 |
| 4. | Tipe-tipe pengolahan lahan basah | 22 |
| 5. | Skema aliran air limbah pada aliran horisontal <i>constructed wetland</i> | 24 |
| 6. | Skema aliran air limbah pada aliran vertikal <i>constructed wetland</i> | 25 |
| 7. | <i>Surface flow wetland</i> | 26 |
| 8. | <i>Subsurface flow wetland</i> | 27 |
| 9. | <i>Aquatic plan wetland</i> | 28 |
| 10. | Ilustrasi uraian subsistem GIS | 38 |
| 11. | Kerangka konsep penelitian | 43 |
| 12. | Peta lokasi penelitian | 47 |
| 13. | Peta Kepadatan Penduduk Kota Kendari tahun 2009 | 58 |
| 14. | Peta Penggunaan Lahan Eksisting | 59 |
| 15. | Peta Rencana Pola Ruang | 60 |
| 16. | Peta Jenis Tanah Kota Kendari | 81 |
| 17. | Peta Topografi / Ketinggian Kota Kendari | 83 |
| 18. | Karakteristik mangrove jenis <i>Rhizophora mucronata</i> | 87 |
| 19. | Karakteristik mangrove jenis <i>Sonneratia alba</i> | 87 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 20. | Karakteristik mangrove jenis <i>Nypa fruticans</i> | 88 |
| 21. | Karakteristik mangrove jenis <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> | 89 |
| 22. | Karakteristik mangrove jenis <i>Acrostichum aureum</i> | 89 |
| 23. | Karakteristik mangrove jenis <i>Acanthus ilicifolius</i> | 90 |
| 24. | Peta Hidrologi Kota Kendari | 95 |
| 25. | Peta Kemiringan lereng Kota Kendari | 102 |
| 26. | Peta lokasi penelitian layak <i>off site</i> | 109 |
| 27. | Jarak wilayah pelayanan dari lokasi IPAL Domestik | 112 |
| 28. | Peta kriteria jarak rencana lokasi dari sumber air bersih | 114 |
| 29. | Peta jarak rencana lokasi dari sungai | 115 |
| 30. | Peta jarak rencana lokasi dari pusat perumahan/permukiman | 118 |
| 31. | Peta kesesuaian tata guna lahan | 121 |
| 32. | Peta kesesuaian kemiringan lereng | 122 |
| 33. | Peta kesesuaian jarak lokasi IPAL dari jalan | 125 |
| 34. | Hasil overlay rencana lokasi IPAL Domestik | 126 |
| 35. | Peta lokasi rencana lokasi IPAL Domestik | 127 |

DAFTAR LAMPIRAN

| nomor | | halaman |
|--------------|--|----------------|
| 1. | Hasil perhitungan skoring parameter-parameter sistem pengolahan air limbah | 139 |
| 2. | Data pelanggan air bersih PDAM Tirta Anoa Kota Kendari pada wilayah penelitian | 145 |
| 3. | Data spasial penelitian | 149 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Kendari merupakan Ibu Kota Provinsi Sulawesi Tenggara, dengan luas wilayah daratan sebesar 295,89 Km². Secara Geografis Kota Kendari merupakan Kota Teluk, dimana hampir seluruh kecamatan di Kota Kendari berbatasan dengan Teluk Kendari. Dengan bentuk kota yang dikelilingi perbukitan dan langsung berhadapan dengan teluk, menjadikan Teluk Kendari sebagai muara bagi beberapa sungai di Kota Kendari. Ada 13 sungai yang bermuara di Teluk Kendari, dengan 3 sungai yang cukup besar yaitu Sungai Wanggu, Sungai Mandonga, dan Sungai Lasolo.

Penelitian yang dilakukan oleh Noraduola (2009) terhadap permukiman di tepi sungai-sungai tersebut, mengidentifikasi bahwa terjadi penurunan kadar DO dan kenaikan kadar COD pada kawasan sungai-sungai tersebut. Hal ini tidak terlepas dari masih minimnya kepemilikan *septic tank* dan belum adanya fasilitas pengolahan limbah di Kota Kendari, yang mengakibatkan pembuangan limbah ke badan air (Noraduola, 2009). Kondisi ini tentunya dapat mencemarkan Teluk Kendari.

Pencemaran di Teluk Kendari akan bertambah parah dimasa yang akan datang seiring dengan geliat pembangunan dan pertumbuhan

ekonomi serta pertambahan jumlah penduduk yang begitu signifikan. Saat ini saja, jumlah penduduk Kota Kendari berdasarkan hasil sensus penduduk tahun 2010 berjumlah 289.966 jiwa dan meningkat pada tahun 2011 berjumlah 295.737 jiwa, dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,99% per tahun. Pencemaran tersebut sangat berpengaruh terhadap kehidupan biota laut di sekitar teluk, seperti berkurangnya populasi ikan, rusaknya terumbu karang, dan semakin berkurangnya populasi hutan mangrove, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kehidupan nelayan yang mengalami penurunan hasil tangkapan. Oleh karena itu dibutuhkan upaya pengolahan air limbah domestik di Kota Kendari agar kualitas badan air dan ekosistem Teluk Kendari dapat diselamatkan.

Salah satu teknologi pengolahan air limbah domestik yang dianggap mudah dan murah dalam pembangunan, operasional dan pemeliharaan, dapat diintegrasikan dengan *landscape* kawasan dan dapat memelihara keanekaragaman hayati kawasan adalah teknologi lahan basah buatan atau yang lebih dikenal dengan istilah *constructed wetland*. Teknologi ini memanfaatkan lahan basah sebagai media tanam beberapa jenis tanaman air yang efektif untuk mengurangi kadar pencemaran air limbah. Selama air tercemar berada di rawa-rawa, tumbuhan air dan organisme mikro yang banyak terdapat di sana akan menghilangkan sebagian bahan pencemar, sehingga konsentrasi bahan pencemar dalam air yang keluar

dari rawa akan menjadi lebih rendah daripada dalam air yang masuk ke sana (Khatuddin, 2010).

Sebagai Kota Teluk, Kota Kendari memiliki potensi lahan basah berupa vegetasi mangrove yang cukup besar, dimana hampir di sepanjang pesisir Teluk Kendari terdapat populasi mangrove. Menurut data dari BP DAS SAMPARA (2012), luas Hutan Mangrove di Teluk Kendari pada Tahun 2012 sebesar 110,53 Ha, namun potensi ini seakan terabaikan karena populasinya semakin hari semakin berkurang akibat dari perubahan fungsi lahan. Banyak kawasan hutan yang beralih fungsi menjadi kawasan permukiman, tambak, perkantoran, industri, perdagangan dan jasa. Dengan penerapan teknologi *constructed wetland* di Kota Kendari, diharapkan tidak hanya dapat menyelesaikan permasalahan limbah domestik kota namun dapat juga memelihara ekosistem alam Teluk Kendari.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005, pemilihan lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) harus memperhatikan aspek teknis, lingkungan, sosial budaya masyarakat setempat serta dilengkapi dengan zona penyangga. Sebagai studi pendahuluan, aspek teknis IPAL yang meliputi pemilihan lokasi, pemilihan teknologi, kapasitas IPAL, dan tata letak fasilitas, perlu dianalisis lebih mendalam untuk menghasilkan suatu perencanaan yang baik. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji aspek teknis khususnya aspek lokasi IPAL Domestik di Kota Kendari dengan teknologi lahan basah buatan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Kelurahan mana yang layak penerapan pengolahan air limbah domestik dengan sistem terpusat?
2. Di mana lokasi instalasi pengolahan air limbah domestik dengan teknologi lahan basah buatan yang layak?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kelurahan yang layak penerapan pengolahan air limbah domestik dengan sistem terpusat.
2. Untuk menentukan lokasi instalasi pengolahan air limbah domestik dengan teknologi lahan basah buatan yang layak.

D. Kegunaan Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan bagi penelitian selanjutnya dalam melakukan studi kelayakan IPAL Domestik di Kota Kendari, yang dapat dilanjutkan pada aspek ekonomi, sosial dan kelembagaan, serta *Master Plan* IPAL Domestik di Kota Kendari.

2. Manfaat bagi Pemerintah Kota Kendari, yaitu sebagai informasi bagi Pemerintah Daerah Kota Kendari khususnya instansi terkait dalam menentukan lokasi IPAL Domestik yang layak di Kota kendari.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini, yaitu:

1. Ruang lingkup wilayah:
Daerah penelitian yaitu di Kota Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara. Penjelasan mengenai lokasi penelitian akan dijelaskan pada BAB III.
2. Ruang lingkup pembahasan:
 - a. Studi kelayakan teknis yang dilakukan terbatas pada aspek kelayakan sistem pengolahan air limbah dan lokasi IPAL domestik dengan sistem lahan basah buatan.
 - b. Teknologi yang digunakan yaitu teknologi lahan basah buatan, dengan vegetasi mangrove merupakan lahan basah (*wetland*) yang menjadi variabel dalam penentuan lokasi.
 - c. Air limbah domestik yang dimaksud dalam penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 tahun 2003). Air limbah tersebut berupa *grey water* (limbah cucian kamar mandi, dapur/sisa makanan, dan tempat cuci).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Limbah

1. Pengertian air limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Menurut Asmadi dan Suharno (2012), air limbah merupakan kombinasi dari cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersil, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan. Sedangkan menurut Metcalf dan Eddy dalam Supradata (2005), air limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan.

Dari beberapa pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa setiap kegiatan produksi pada suatu aktivitas manusia maupun industri selalu menghasilkan air limbah. Air limbah merupakan sisa yang sudah tidak terpakai, yang sebagian besar mengandung bahan kimia berbahaya. Oleh karena itu diperlukan penanganan lebih lanjut secara tepat agar tidak mencemari lingkungan.

Berdasarkan sumbernya, air limbah dapat dibedakan menjadi:

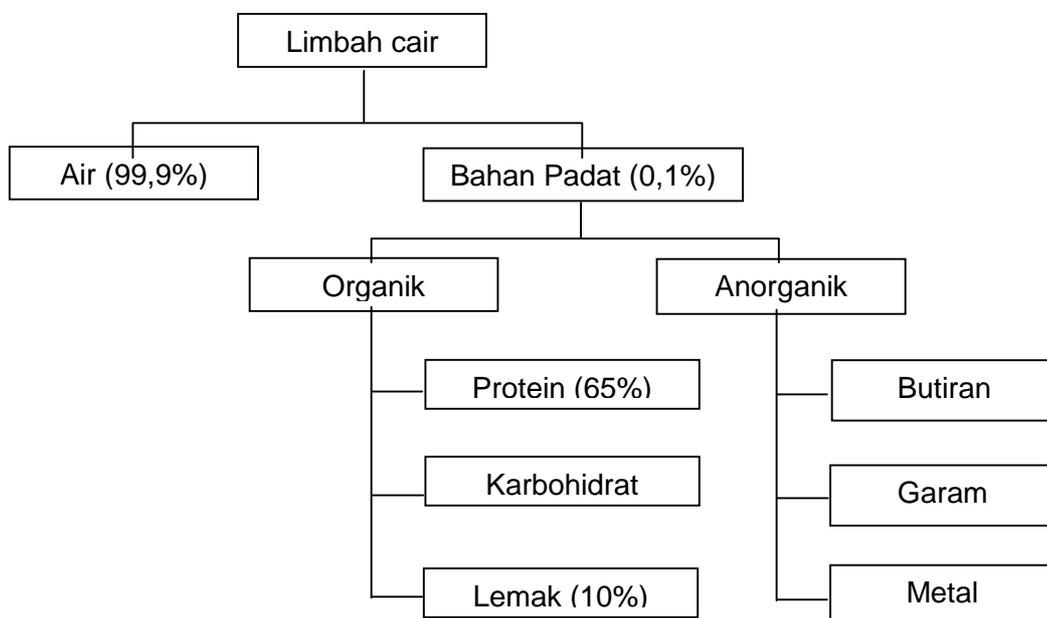
- 1) Air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga/domestik:
 - a) *Black Water* merupakan istilah yang digunakan untuk air limbah yang mengandung kotoran manusia, dan
 - b) Air bekas cucian dari kamar mandi, dapur, dan pakaian yang biasa disebut *Grey Water*.
- 2) Air limbah yang berasal dari kegiatan industri.
- 3) Air limbah dari kegiatan perdagangan.
- 4) Air limbah yang berasal dari kegiatan peternakan/pertanian.

2. Air limbah domestik

Air limbah domestik, menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Menurut Hammer (2004) air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari permukiman, perniagaan, dan perkantoran. Sedangkan menurut Sugiharto (2005), air limbah domestik adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak.

Air limbah domestik merupakan air buangan dari aktivitas permukiman, rumah makan, perkantoran, apartemen dan asrama yang sudah tidak terpakai. Sesuai dengan sumber asalnya, air limbah memiliki

variasi komposisi dari setiap sumber yang berbeda dan setiap saat. Dalam perkembangannya dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas komersil, membuat komposisi bahan pencemar pada air limbah domestik semakin bertambah. Akan tetapi, secara garis besar bahan-bahan yang terdapat dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah (Sugiharto, 2005)

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa komposisi terbesar dari air limbah domestik 99% adalah berisi air dan sisanya adalah kandungan pencemar organik dan anorganik. Kandungan air yang begitu tinggi dalam air limbah domestik semestinya masih dapat dimanfaatkan untuk kepentingan lainnya, tentu saja dengan diolah terlebih dahulu untuk mengurangi bahan pencemar dalam air limbah.

Untuk setiap kegiatan manusia, pasti akan menghasilkan jumlah air limbah yang berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan oleh kebutuhan air bersih yang tidak sama untuk setiap orang. Masyarakat perkotaan cenderung membutuhkan air bersih yang lebih banyak daripada masyarakat perdesaan. Begitu juga dengan rumah mewah tentu saja lebih banyak membutuhkan air bersih daripada rumah sederhana. Perbedaan kebutuhan air bersih berpengaruh terhadap jumlah air limbah dari setiap kawasan permukiman. Rata-rata timbulan air limbah domestik yang dihasilkan untuk berbagai jenis aktivitas domestik adalah seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

3. Instalasi pengolahan air limbah

Jika pengurangan air limbah dari sumbernya sudah dilakukan secara optimal, maka air limbah yang terpaksa tetap dihasilkan selanjutnya harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Tujuan pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kandungan pencemar air sehingga mencapai tingkat konsentrasi dan bentuk yang lebih sederhana dan aman jika terpaksa dibuang ke badan air di lingkungan.

Tabel 1. Estimasi jumlah air limbah untuk berbagai jenis kegiatan perumahan, perusahaan dan jasa (Hammer, 2004)

| Tipe | Galon/orang/ hari | Persentase BOD/orang/hari |
|---|----------------------|------------------------------|
| Air limbah domestik dari area permukiman | | |
| Rumah mewah | 120 | 0,20 |
| Rumah menengah | 80 | 0,17 |
| Apartemen | 60 - 75 | 0,17 |
| Rumah sederhana | 50 | 0,17 |
| Air limbah domestik dari daerah komersil dan hotel | | |
| Resort mewah | 100 - 150 | 0,20 |
| <i>Mobile home parks</i> | 50 | 0,17 |
| <i>Trailer parks</i> | 35 | 0,15 |
| Hotel dan motel | 50 | 0,10 |
| Sekolah | | |
| Sekolah asrama | 75 | 0,17 |
| Sekolah dengan kafeteria | 20 | 0,06 |
| Sekolah tanpa kafeteria | 15 | 0,04 |
| Restoran | | |
| Setiap pekerja | 30 | 0,10 |
| Setiap pelanggan | 7 - 10 | 0,04 |
| Setiap makanan yang disajikan | 4 | 0,03 |
| Terminal transportasi | | |
| Setiap pekerja | 15 | 0,05 |
| Setiap penumpang | 5 | 0,02 |
| Rumah sakit | 150 - 300 | 0,30 |
| Perkantoran | 15 | 0,05 |
| <i>Drive-in theaters, per tall</i> | 5 | 0,02 |
| <i>Movie theaters, per seat</i> | 3 - 5 | 0,02 |
| <i>Factorie, exclusive of industrial and kafeteris wastes</i> | 15 - 30 | 0,05 |

Proses pengurangan kandungan zat pencemar dapat dilakukan melalui tahapan penguraian sebagaimana dijelaskan berikut ini (Direktorat Jenderal Ciptakarya PU, 2006a):

- a. Proses alamiah tanpa bantuan tangan manusia dalam mengolah limbah yang mengandung pencemar, alam sendiri memiliki kemampuan untuk memulihkan kondisinya sendiri atau yang disebut "*self purification*". Alam memiliki kandungan zat yang mampu mendegradasi pencemar dalam air limbah menjadi bahan yang lebih aman dan mampu diterima alam itu sendiri, diantaranya adalah mikroorganisme. Waktu yang diperlukan akan sangat tergantung dari tingkat pencemarannya yang otomatis berkorelasi dengan tingkat kepadatan penduduk. Jika kepadatan penduduk meningkat maka pencemaran pun akan sangat mungkin meningkat sehingga proses alam untuk membersihkan dirinya sendiri akan memakan waktu yang sangat lama. Sehingga akhirnya akan terjadi penumpukan beban limbah sampai dimana kemampuan alam untuk dapat melakukan pembersihan sendiri (*self purification*) jauh lebih rendah dibanding dengan jumlah pencemar yang harus didegradasi, dan
- b. Sistem pengolahan air limbah jika kapasitas alam sudah tidak sebanding dengan beban pencemar, maka satu-satunya langkah yang harus ditempuh adalah dengan cara mengolah air limbah tersebut dengan rangkaian proses dan operasi yang mampu menurunkan dan mendegradasi kandungan pencemar sehingga air

limbah tersebut aman jika dibuang ke lingkungan. Untuk air limbah yang berasal dari aktivitas domestik dimana kandungan zat organik merupakan zat yang paling dominan terkandung didalamnya, pengolahan yang dapat dilakukan dapat berupa teknologi yang sederhana dan murah seperti cubluk kembar sampai pada pengolahan air limbah komunal menggunakan teknologi pengolahan yang mutakhir.

Sesuai dengan buku pedoman Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003) tentang Pedoman Pengelolaan Air Limbah Perkotaan, terdapat 2 macam sistem dalam pengolahan air limbah domestik/permukiman yaitu:

- a. Sanitasi sistem setempat atau dikenal dengan sistem sanitasi *on-site* yaitu sistem dimana fasilitas pengolahan air limbah berada dalam persil atau batas tanah yang dimiliki, fasilitas ini merupakan fasilitas sanitasi individual seperti septik tank atau cubluk.

Kelebihan sistem setempat, yaitu:

- 1) Menggunakan teknologi sederhana,
- 2) Memerlukan biaya yang rendah,
- 3) Masyarakat dan tiap-tiap keluarga dapat menyediakannya sendiri,
- 4) Pengoperasian dan pemeliharaan oleh masyarakat, dan
- 5) Manfaat dapat dirasakan secara langsung.

Kekurangan sistem setempat, yaitu:

- 1) Tidak dapat diterapkan pada semua daerah misalnya tergantung permeabilitas tanah, tingkat kepadatan dan lain-lain,
- 2) Fungsi terbatas pada buangan kotoran manusia dan tidak menerima limbah kamar mandi dan air limbah bekas mencuci, dan
- 3) Operasi dan pemeliharaan sulit dilaksanakan.

Adapun persyaratan yang diperlukan untuk menerapkan sistem setempat, yaitu:

- 1) Kepadatan < 100 org/ha,
 - 2) Kepadatan > 100 org/ha sarana *on site* dilengkapi pengolahan tambahan seperti kontak media dengan atau tanpa aerasi,
 - 3) Jarak sumur dengan bidang resapan atau cubluk > 10 m, dan
 - 4) Instalasi pengolahan lumpur tinja minimal untuk melayani penduduk urban > 50.000 jiwa atau bergabung dengan kawasan urban lainnya.
- b. Sanitasi sistem terpusat atau dikenal dengan istilah sistem *off-site* atau sistem *sewerage*, yaitu sistem dimana fasilitas pengolahan air limbah berada diluar persil atau dipisahkan dengan batas jarak atau tanah yang menggunakan perpipaan untuk mengalirkan air limbah dari rumah-rumah secara bersamaan dan kemudian dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Kelebihan sistem ini adalah:

- 1) Menyediakan pelayanan yang terbaik,

- 2) Sesuai untuk daerah dengan kepadatan tinggi,
- 3) Pencemaran terhadap air tanah dan badan air dapat dihindari,
- 4) Memiliki masa guna lebih lama, dan
- 5) Dapat menampung semua air limbah.

Kekurangan sistem terpusat, yaitu:

- 1) Memerlukan biaya investasi, operasi dan pemeliharaan yang tinggi,
- 2) Menggunakan teknologi yang tinggi,
- 3) Tidak dapat dilakukan oleh perseorangan,
- 4) Manfaat secara penuh diperoleh setelah selesai jangka panjang,
- 5) Waktu yang lama dalam perencanaan dan pelaksanaan, dan
- 6) Memerlukan pengelolaan, operasi dan pemeliharaan yang baik.

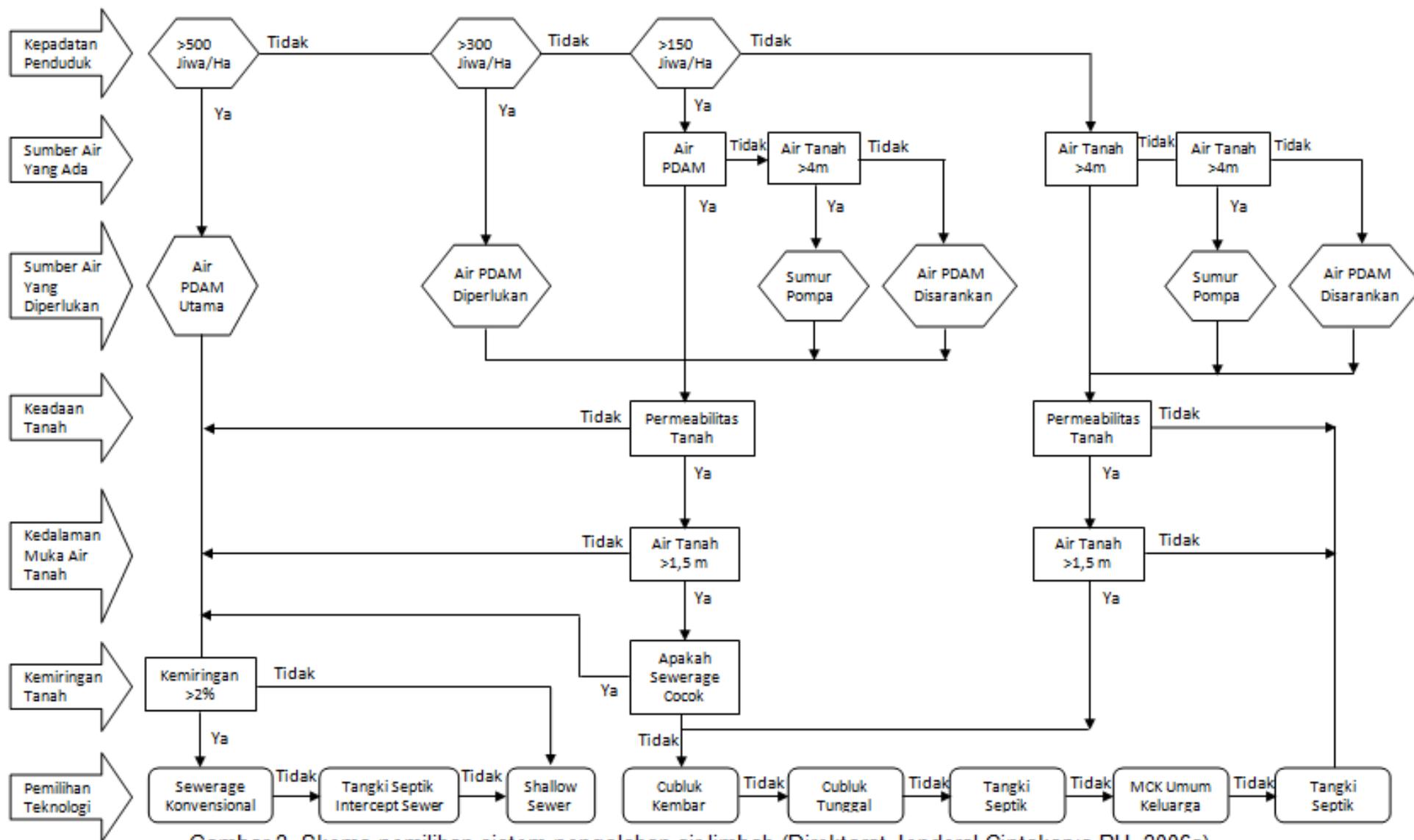
Adapun persyaratan yang diperlukan untuk menerapkan sistem terpusat, yaitu:

- 1) Kepadatan > 100 org/ha,
- 2) Bagi kawasan berpenghasilan rendah dapat menggunakan sistem septik tank komunal (*decentralized water treatment*) dan pengaliran dengan konsep perpipaan *shallow sewer*. Dapat juga melalui sistem kota/modular bila ada subsidi tarif, dan
- 3) Bagi kawasan terbatas untuk pelayanan 500 - 1000 sambungan rumah disarankan menggunakan basis modul. Sistem ini hanya menggunakan 2 atau 3 unit pengolahan limbah yang paralel.

Untuk menghasilkan hasil olahan air limbah yang efektif, maka pemilihan teknologi pengolahan yang tepat akan menentukan hasil pengolahan. Kesalahan dalam menentukan teknologi pengolahan air limbah membuat kualitas air yang dihasilkan tidak akan maksimal. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan pengolahan air limbah adalah (Direktorat Jenderal Ciptakarya PU, 2006b):

- a. Kepadatan penduduk,
- b. Sumber air yang ada,
- c. Permeabilitas tanah,
- d. Kemiringan tanah, dan
- e. Kemampuan membiayai

Kepadatan penduduk merupakan variabel utama dalam pemilihan teknologi pengolahan air limbah. Daerah yang tingkat kepadatannya rendah, maka lebih efektif untuk menggunakan sistem *on-site*, sedangkan daerah yang tingkat kepadatannya tinggi maka sistem *off-site* yang paling efektif digunakan. Untuk lebih jelasnya Gambar 2 menjelaskan tentang skema pemilihan pengolahan air limbah.



Gambar 2. Skema pemilihan sistem pengolahan air limbah (Direktorat Jenderal Ciptakarya PU, 2006a)

B. Lahan Basah Buatan

Walaupun teknologi canggih dalam bidang pembersihan air limbah telah banyak ditemukan, namun untuk negara berkembang seperti Indonesia pengolahan air limbah masih kurang mendapat perhatian bila dibanding dengan sarana dan prasarana lainnya seperti jalan, transportasi, dan air bersih. Akibatnya pencemaran air cenderung meningkat bahkan semakin parah. Hal ini tidak terlepas dari anggapan bahwa mahalnya biaya yang dibutuhkan untuk membangun sebuah proyek pengolahan air limbah. Seiring dengan berkembangnya pengetahuan manusia, teknologi konvensional yang biasa digunakan dapat dialihkan ke teknologi sederhana yang lebih baik dan murah. Teknologi yang memanfaatkan potensi lahan basah/rawa buatan atau lebih dikenal dengan istilah *constructed wetland*. Teknologi lahan basah buatan memiliki potensi yang baik untuk pengolahan air limbah di negara berkembang karena operasinya yang sederhana dan biaya pembuatannya yang rendah.

Sistem lahan basah buatan merupakan proses pengolahan limbah yang meniru/aplikasi dari proses penjernihan air yang terjadi di lahan basah/rawa (*wetlands*), dimana tumbuhan air (*hydrophita*) yang tumbuh di daerah tersebut memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah (Supradata, 2005). *Constructed wetland* adalah kolam dangkal yang diisi dengan beberapa jenis bahan filter (substrat), biasanya pasir atau kerikil, dan ditanami dengan vegetasi

yang toleran terhadap kondisi jenuh (UN-HABITAT, 2008). Menurut Hammer dan Bastian dalam Edy (2002) lahan basah adalah habitat peralihan antara lahan darat dan air, jadi bukan merupakan habitat darat ataupun habitat air. Sedangkan menurut *Environmental Protection Agency (EPA) United States (1999)*, *constructed wetland* adalah sistem pengolahan air limbah buatan yang terdiri dari kolam atau saluran dangkal (biasanya kedalaman kurang dari 1m) yang telah ditanami dengan tanaman air, dan yang bergantung pada mikroba alami, biologis, proses fisik dan kimia untuk mengolah air limbah.

Teknologi lahan basah buatan adalah salah satu sistem pengolahan yang termurah dalam hal pengoperasian dan perawatan (Kadlec and Wallace, 2009). Energi yang digunakan dalam pengolahan air limbah dengan sistem lahan basah memanfaatkan energi dari lingkungan, meminimalkan penggunaan bahan bakar dan bahan kimia yang biasanya digunakan dalam teknologi konvensional. Perbandingan kebutuhan energi untuk setiap tipe pengolahan air limbah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

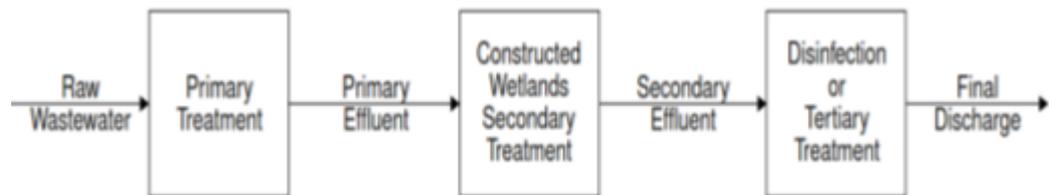
Proses pembersihan air tercemar dalam lahan basah buatan pada prinsipnya sama dengan yang terjadi pada lahan basah alami. Oleh karena itu, desain dari lahan basah buatan dibuat semirip mungkin dengan yang alami kemudian ditanami dengan tumbuhan akuatik atau semi akuatik.

Tabel 2. Perbedaan kebutuhan energi untuk setiap tipe pengolahan air limbah (Kadlec *and* Wallace, 2009)

| Sistem Pengolahan | Beban Hidrolik (m ³ /d) | Kebutuhan Energi (kW·h/m ³) | Sumber |
|--|------------------------------------|---|------------------------------|
| <i>Surface Flow Wetlands</i> | - | < 0.1 | Brix (1999) |
| <i>Subsurface Flow Wetlands</i> | - | < 0.1 | Brix (1999) |
| <i>Facultative Lagoon + Rapid Infiltration</i> | 3,786 | 0.11 | Campbell and Ogden (1999) |
| <i>Facultative Lagoon + Overland Flow</i> | 3,786 | 0.16 | Crites <i>et al.</i> (2006) |
| <i>Aerated Subsurface Flow Wetlands</i> | 5,500 | 0.16 | Wallace <i>et al.</i> (2006) |
| <i>Tidal Flow (Fill-and-Drain) Wetlands</i> | 1,000 | 0.18 | Maciolek and Austin (2006) |
| <i>Carrousel Oxidation Ditch</i> | 3,786 | 0.51 | US. EPA (1996) |
| <i>Trickling Filter + Nitrogen Removal</i> | 3,786 | 0.61 | Crites <i>et al.</i> (2006) |
| <i>Activated Sludge + Nitrification</i> | 3,786 | 0.76 | Campbell and Ogden (1999) |
| <i>Extended Aeration Package Plant</i> | 3,786 | 1.06 | US. EPA (1996) |
| <i>Sequencing Batch Reactor</i> | 303 | 1.13 | US. EPA (1996) |
| <i>Living Machine</i> | 3,786 | 1.51 | US. EPA (1996) |

Lahan basah buatan dapat dibangun dimana saja dengan ukuran kecil, menengah, atau besar sekalipun. Ukuran yang dibuat tergantung dari debit air limbah yang akan diolah, dan tingkat pencemaran dari air limbah. Dalam sistem lahan basah buatan biasanya memiliki 3 tahapan pengolahan, yaitu *Primary Treatment*, *Secondary Treatment*, dan *Disinfection or Tertiary Treatment*. Untuk lebih jelasnya pengolahan air

limbah dalam sistem lahan basah buatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lahan basah buatan dalam pengolahan air limbah
(*Environmental Protection Agency United States, 1999*)

Lahan basah buatan terdiri dari tanah, air, tanaman dan mikroorganisme dan ada banyak interaksi antara mereka membuat desain lahan basah buatan menjadi sangat kompleks. Jadi, desain yang optimal sangat penting untuk mendapatkan kinerja pembersihan air limbah yang baik dan untuk menghindari masalah dalam pengoperasiannya. Menurut UN-HABITAT (2008) bangunan lahan basah buatan terdiri dari lima komponen utama, yaitu:

- 1) Kolam,
- 2) Substrat berupa pasir, batu, tanah, dan kerikil,
- 3) Tumbuhan air,
- 4) Sistem pengaturan *inlet* dan *outlet*, dan
- 5) Konstruksi beton.

Walaupun teknologi lahan basah buatan telah terbukti ampuh dalam membersihkan air limbah dengan biaya murah dan ramah lingkungan dan telah diterapkan oleh beberapa negara maju dan berkembang, namun

tentu saja teknologi ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Adapun Kelebihan dari teknologi lahan basah buatan, yaitu:

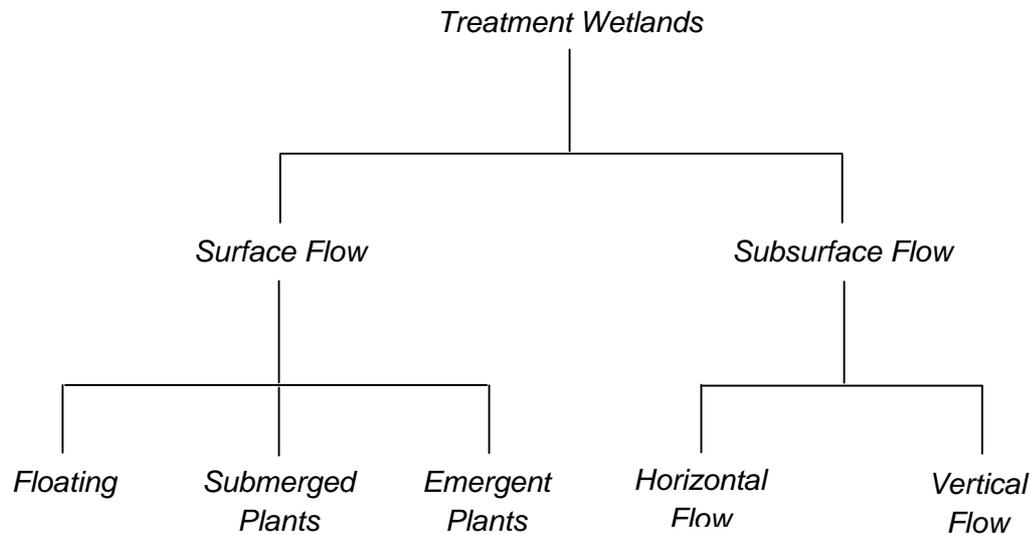
- 1) Teknologi lahan basah lebih murah bila dibandingkan dengan teknologi konvensional,
- 2) Pemanfaatan alam dalam prosesnya,
- 3) Konstruksi sederhana (dapat dibuat dengan bahan-bahan lokal),
- 4) Pengoperasian dan pemeliharaan sederhana,
- 5) Efektivitas biaya (biaya konstruksi dan operasi rendah), dan
- 6) Prosesnya berlangsung stabil.

Sedangkan kekurangan dari teknologi *constructed wetland* adalah sebagai berikut:

- 1) Membutuhkan area yang luas,
- 2) Teknologi lahan basah relatif lebih ekonomis bila dibandingkan dengan teknologi lainnya, hanya apabila lahan tersedia dan harganya terjangkau, dan
- 3) Kriteria desain belum dikembangkan untuk berbagai jenis air limbah dan iklim.

1. Tipe-tipe lahan basah buatan

Berdasarkan Gambar 4, menurut jenis alirannya lahan basah buatan dibedakan menjadi 2 jenis aliran yaitu *surface flow* (aliran permukaan) dan *subsurface flow* (aliran bawah permukaan).



Gambar 4. Tipe-tipe pengolahan lahan basah buatan (Kadlec and Wallace, 2009)

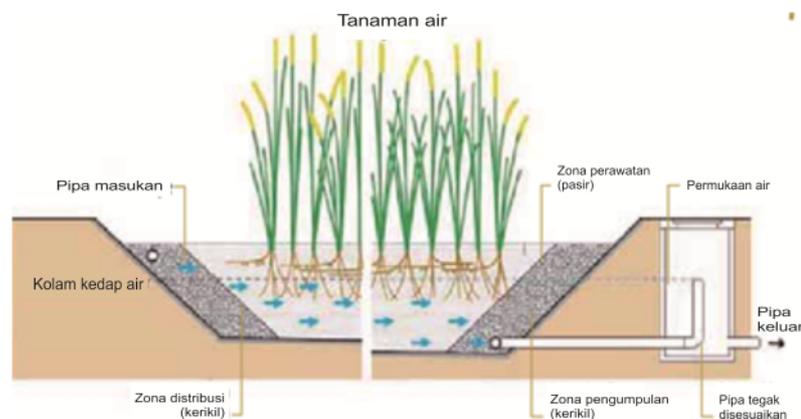
Pada sistem *surface flow* sistem pengolahan air limbah terbagi menjadi 3 jenis berdasarkan jenis tanaman air yang digunakan, yaitu:

- a. *Floating plants* (tanaman mengambang di atas permukaan air).

Pada jenis ini, daun-daun dari tumbuhan air mengambang pada permukaan air limbah. Tumbuhan ini memiliki akar yang diantaranya mengapung bebas dan lainnya memiliki akar yang melekat ke tanah. Yang termasuk kedalam golongan ini yakni *Pistia stratiotes*, *Salvinia natans*, *Lemna minor*, *Nymphaea*, *Wolffia spp*, dan *Eichornia crassipes* (Kurniadie, 2011). Kekurangan dari jenis ini yaitu jika dalam jumlah banyak tanaman air yang digunakan dapat menimbulkan dampak negatif seperti mempercepat pendangkalan dan menurunkan nilai estetika suatu tempat (Edward dalam Kurniadie, 2011).

- b. *Submerged plants* (tanaman terendam di dalam air). Tanaman air pada golongan ini hampir seluruh bagian vegetatifnya tumbuh di bawah permukaan air atau terendam di dalam air. Menurut Kurniadie (2011), jenis ini memiliki kemampuan dalam mengabsorpsi nutrisi dan herbisida hingga ke daun dan batang seperti halnya akar. Kekurangan dari jenis ini yaitu sering menjadi masalah pada perairan dangkal, biasanya sangat sulit untuk dikendalikan dengan menggunakan herbisida, karena aliran air akan menghanyutkan larutan herbisida. Tanaman air *submerged* ini jarang digunakan untuk membersihkan limbah cair karena hidupnya di bawah dasar air, sehingga kurang efektif dalam membersihkan limbah cair (Kurniadie, 2011).
- c. *Emergent plants* (tanaman muncul di permukaan air). Tanaman air pada golongan ini memiliki perakaran yang melekat di dasar perairan dengan batang dan daun berada di atas permukaan air. Jenis ini banyak digunakan untuk menjernihkan limbah cair dalam sistem *constructed wetland*. Beberapa dari tanaman air pada golongan ini memiliki daun yang lebar, sementara lainnya memiliki daun seperti padi-padian. Kekurangan dari jenis ini yaitu pada daunnya sering dijadikan habitat bagi beberapa jenis serangga seperti nyamuk, sehingga dapat menimbulkan penyakit yang menyerang tanaman dan manusia.

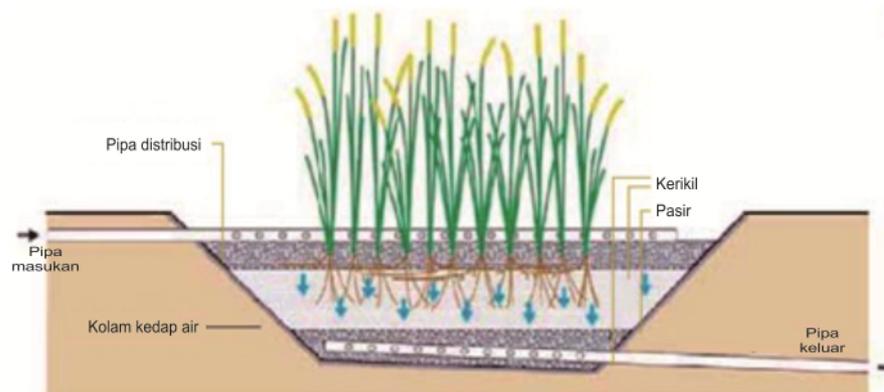
Sistem *subsurface flow constructed wetland* secara garis besar dibedakan menjadi 2 tipe pengolahan yaitu aliran horisontal dan aliran vertikal. Dalam sistem aliran horisontal, air memasuki lahan basah/rawa dari pipa *inlet*, kemudian mengalir secara horisontal dalam rawa buatan yang ditanami tumbuhan air, kemudian keluar dari *outlet* di ujung rawa. Proses mengalirnya air limbah pada sistem horisontal ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema aliran air limbah pada aliran horisontal *constructed wetland* (Morel and Diener, 2006)

Sedangkan dalam rawa buatan aliran vertikal, air mengalir secara vertikal baik dari atas ke arah bawah atau dari bawah ke arah atas sistem untuk ke luar dari sistem. Pada sistem ini, air limbah secara perlahan masuk melalui saluran *inlet*, yang kemudian secara perlahan terserap dalam tanah atau substrat yang telah ditanami oleh tumbuhan air. Air limbah yang terserap ke bawah akan keluar melalui saluran *outlet* yang terdapat dibagian bawah bangunan lahan basah buatan. Desain dari sistem vertikal harus diperhitungkan agar air limbah dapat terserap

sempurna dan waktu tinggalnya sesuai dengan yang diinginkan. Proses mengalirnya air limbah dalam sistem vertikal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

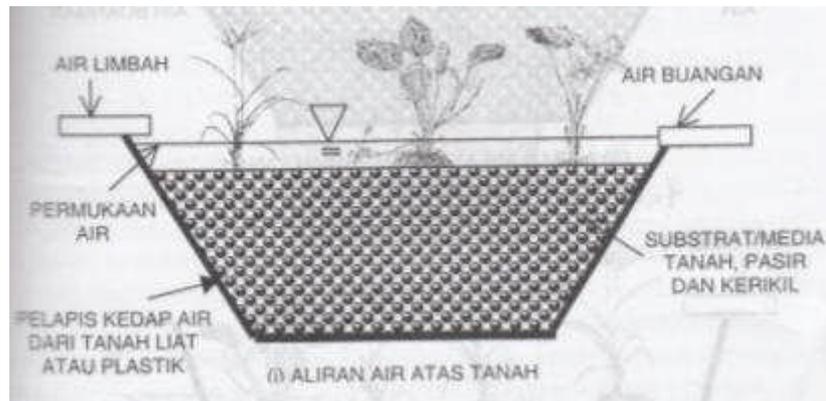


Gambar 6. Skema aliran air limbah pada aliran vertikal *constructed wetland* (Morel and Diener, 2006)

2. Lahan basah buatan aliran horisontal

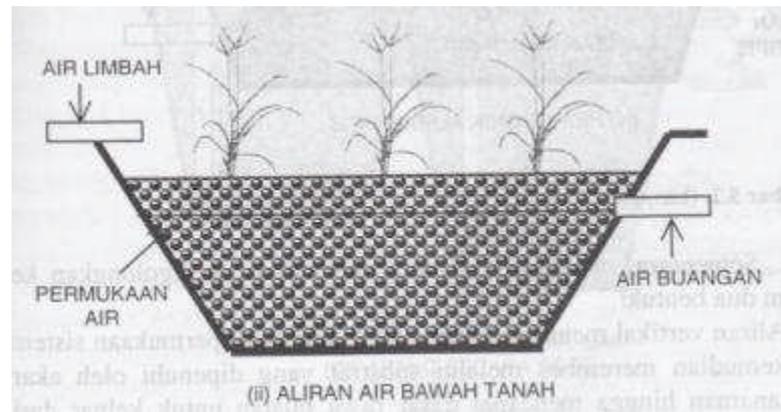
Lahan basah buatan aliran horisontal dapat digolongkan dalam 3 bentuk, yaitu:

1. *Surface flow wetland* (SFW), yaitu lahan basah buatan yang aliran airnya mengalir di atas permukaan tanah. Pada sistem SFW, air limbah mengalir di sela-sela tumbuhan air dan di atas permukaan tanah yang tergenang. Sistem SFW sangat mirip dengan lahan basah/rawa alami. Tanaman air yang digunakan pada jenis ini dapat digunakan yang akarnya mengambang di air atau yang akarnya tertancap di media tanah. Gambar 7 menunjukkan aliran air pada sistem SFW.



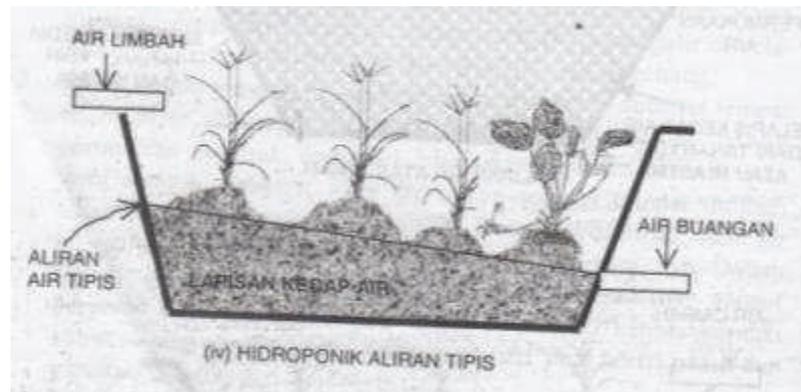
Gambar 7. *Surface flow wetland* (Khiatuddin, 2010)

2. *Subsurface flow wetland* (SSFW), yaitu lahan basah buatan yang proses pengaliran airnya melewati substrat tempat tumbuhnya tanaman air. Air yang masuk melalui *inlet* mengalir di bawah permukaan substrat, melewati zona akar tanaman akuatik atau semi akuatik. Agar air dapat dengan mudah mengalir dalam substrat, maka substrat yang digunakan adalah jenis yang mudah dirembesi atau dilewati oleh air dan tanaman air dapat hidup di atasnya. Jenis substrat yang biasa digunakan seperti pasir, kerikil, tanah, abu sisa pembakaran, dan sebagainya. Dalam sistem SSFW, mikroorganisme sangat berperan dalam penghilangan bahan pencemar, karena kondisi substrat yang aerob berkat adanya pori-pori yang berisi udara dan pasokan oksigen dari akar tanaman. Tanaman air yang digunakan pada sistem ini yaitu hanya tanaman air hidup dipermukaan tanah. Untuk lebih jelasnya, aliran air limbah dalam sistem SSFW seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Subsurface flow wetland* (Khiatuddin, 2010)

3. *Aquatic plan wetland*, yaitu lahan basah buatan yang memanfaatkan badan air yang terbuka. Pada sistem ini tidak menggunakan substrat tanah atau pasir. Air limbah mengalir tipis dan permanen di atas permukaan yang agak miring, keras, dan kedap air. Tanaman air yang dapat digunakan dalam sistem ini yaitu hanya tanaman air yang bisa hidup dengan mengambang di atas permukaan air. Keadaan akar yang teraerasi dengan baik akan memungkinkan bakteri hidup dengan mudah di akar tanaman dan mampu menguraikan secara aerobik bahan pencemar dalam air limbah yang merembes di sela-sela akar. Gambar 9 menunjukkan aliran air pada sistem *aquatic plan wetland*.



Gambar 9. *Aquatic plan wetland* (Khiatuddin, 2010)

Dalam penerapannya lahan basah sistem SFW membutuhkan wilayah secara substansial lebih luas dari lahan basah sistem SSFW, ini karena air limbah pada sistem SFW mengalir melalui lapisan atas dan hanya sedikit kontak dengan sedimen sedangkan pada sistem SSFW yang dirancang untuk membuat aliran air limbah melalui seluruh volume substrat. Hal ini memungkinkan luas permukaan masing-masing bagian substrat dalam sistem SSFW berfungsi sebagai tempat hidup untuk mikroorganisme dan sebagai sebuah situs untuk filtrasi air limbah, sedimentasi dan interaksi mikroba. Pada sistem SFW juga dapat menyebabkan potensi bau tidak sedap, dan sarang nyamuk. Oleh karena itu, lahan basah dengan sistem SSFW tampaknya menjadi jenis yang paling bagus untuk diterapkan pada sistem lahan basah buatan untuk menghilangkan bahan pencemar dan pemurnian air limbah sehingga dapat didaur ulang dalam mendukung kehidupan yang berkelanjutan.

C. Tanaman Mangrove Pada Lahan Basah Buatan

Mangrove atau dalam bahasa lokalnya lebih dikenal dengan istilah bakau adalah salah satu tanaman yang mampu beradaptasi dengan baik dalam lingkungan air, bahkan dalam air yang mengandung garam yang tinggi seperti air payau atau asin, yang bagi kebanyakan tanaman lain berbahaya (Khiatuddin, 2010). Sementara itu, Soerianegara (1987) dalam Noor dkk (2006) mendefinisikan hutan mangrove sebagai hutan yang terutama tumbuh pada tanah lumpur aluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut, dan terdiri atas jenis-jenis pohon *Aicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Lumnitzera*, *Excoecaria*, *Xylocarpus*, *Aegiceras*, *Scyphyphora* dan *Nypa*.

Tanaman mangrove umumnya dapat dijumpai pada daerah endapan lumpur seperti area rawa, di sekitar muara sungai, dan daerah pasang surut di tepi pantai yang tenang. Kawasan Samudera India bagian utara dan Pasifik barat daya (memanjang dari Laut Merah sampai Jepang dan Indonesia) merupakan tempat keanekaragaman jenis mangrove tertinggi di dunia. Saenger dkk (1983) dalam Noor dkk (2006) mencatat dua kawasan tersebut mewakili masing-masing 44 dan 38 jenis dari 60 jenis mangrove sejati yang tercatat di dunia.

1. Habitat mangrove

a. Kondisi fisik

Berdasarkan kondisi fisiknya vegetasi mangrove sangat dipengaruhi oleh kondisi wilayah tempat tumbuhnya seperti tipe tanah (lumpur, pasir,

atau gambut), keterbukaan terhadap hempasan gelombang, salinitas serta pengaruh pasang surut.

Sebagian besar jenis-jenis mangrove tumbuh dengan baik pada tanah berlumpur yang terbawa oleh air dari daratan. Menurut Kint (1934) dalam Noor dkk (2006), di Indonesia substrat berlumpur ini sangat baik untuk tegakan *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Pada pantai yang berpasir atau pada pantai yang berbatu dapat tumbuh jenis *Rhizophora stylosa* dan *Sonneratia alba*. Pada kondisi tertentu, mangrove juga dapat tumbuh pada daerah pantai bergambut seperti yang ditemukan di utara Teluk Bone dan sepanjang Larian - Lumu, Sulawesi Selatan.

Kondisi salinitas sangat mempengaruhi komposisi mangrove. Berbagai jenis mangrove mengatasi kadar salinitas dengan cara yang berbeda-beda. Beberapa diantaranya secara selektif mampu menghindari penyerapan garam dari media tumbuhnya, sementara beberapa jenis yang lainnya mampu mengeluarkan garam dari kelenjar khusus pada daunnya. Tabel 3 menjelaskan perbedaan kemampuan toleransi terhadap kondisi salinitas untuk beberapa jenis mangrove.

Zona vegetasi mangrove nampaknya berkaitan erat dengan pasang surut. Beberapa penulis melaporkan adanya korelasi antara zonasi mangrove dengan tinggi rendahnya pasang surut dan frekuensi banjir (van Steenis, 1958 & Chapman, 1978 dalam Noor dkk, 2006).

Tabel 3. Kemampuan toleransi jenis mangrove terhadap kondisi salinitas
(Noor dkk, 2006)

| No. | Kondisi Salinitas | Jenis Mangrove | Sumber |
|-----|---------------------|---|--|
| 1. | Salinitas < 10% | <i>Sonneratia caseolaris</i> , dan <i>Avicennia marina</i> | Chapman (1976) & MacNae (1968) |
| 2. | Salinitas 10 - 20 % | <i>Bruguiera parviflora</i> , dan <i>Bruguiera</i> <i>gymnorrhiza</i> | MacNae (1968), & Chapman (1976) |
| 3. | Salinitas 20 - 40 % | <i>Aegiceras corniculatum</i> , dan <i>Bruguiera</i> <i>gymnorrhiza</i> | MacNae (1968) |
| 4. | Salinitas 40 - 60 % | <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>R. Stylosa</i> , dan <i>Ceriops</i> <i>tagal</i> | Chapman (1976) |
| 5. | Salinitas 90 % | <i>Avicennia marina</i> , dan <i>Lumnitzera racemosa</i> | MacNae (1966;1968), & Chapman (1976) |

Di Indonesia, areal yang selalu digenangi walaupun pada saat pasang rendah umumnya didominasi oleh *Avicennia alba* atau *Sonneratia alba*. Areal yang digenangi oleh pasang sedang didominasi oleh jenis-jenis *Rhizophora*. Adapun areal yang digenangi hanya pada saat pasang tinggi, yang mana areal ini lebih ke daratan, umumnya didominasi oleh jenis *Bruguiera* dan *Xylocarpus granatum*, sedangkan areal yang digenangi hanya pada saat pasang tertinggi (hanya beberapa hari dalam sebulan) umumnya didominasi oleh *Bruguiera sexangula* dan *Lumnitzera littorea*.

b. Tipe vegetasi mangrove

Secara garis besar menurut zona tempat tumbuhnya, umumnya mangrove terbagi dalam 4 zona tumbuh yaitu pada daerah terbuka, daerah tengah, daerah yang memiliki sungai berair payau sampai hampir

tawar, serta daerah ke arah daratan yang memiliki air tawar. Berikut penjelasan mengenai tipe mangrove berdasarkan zona tumbuhnya (Noor dkk, 2006).

1) Mangrove terbuka

Mangrove berada pada bagian yang berhadapan dengan laut, di zona ini didominasi oleh *Sonneratia alba* yang tumbuh pada areal yang betul-betul dipengaruhi oleh air laut. *Sonneratia alba* dan *Avicennia alba* merupakan jenis-jenis kodominan pada areal pantai yang sangat tergenang. *S. alba* cenderung untuk mendominasi daerah berpasir, sementara *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* cenderung untuk mendominasi daerah yang lebih berlumpur.

2) Mangrove tengah

Mangrove di zona ini terletak dibelakang mangrove zona terbuka. Di zona ini biasanya didominasi oleh jenis *Rhizophora*. Namun, peneliti menemukan di Karang Agung didominasi oleh *Bruguiera cylindrica*.

3) Mangrove payau

Mangrove berada disepanjang sungai berair payau hingga hampir tawar. Di zona ini biasanya didominasi oleh komunitas *Nypa* atau *Sonneratia*. Ke arah pantai, campuran komunitas *Sonneratia* - *Nypa* lebih sering ditemukan.

4) Mangrove daratan

Mangrove berada di zona perairan payau atau hampir tawar di belakang jalur hijau mangrove yang sebenarnya. Jenis-jenis yang umum ditemukan pada zona ini termasuk *Ficus microcarpus* (*F.retusa*), *Intsia bijuga*, *N. fruticans*, *Lumnitzera racemosa*, *Pandanus* sp. dan *Xylocarpus moluccensis*. Zona ini memiliki kekayaan jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan zona lainnya.

2. Penelitian tentang mangrove sebagai tanaman air dalam lahan basah buatan

Dalam perkembangannya semakin banyak teknologi yang dapat digunakan dalam pengolahan air limbah, mulai dari teknologi konvensional, teknologi canggih berbiaya tinggi sampai dengan memanfaatkan alam sebagai cara untuk mengolah air limbah. Setiap negara memiliki cara yang berbeda dalam hal penanganan air limbah domestiknya, hal ini tergantung dari beberapa hal seperti kemampuan membiayai dan kesadaran pemerintah untuk menangani air limbahnya. Untuk negara berkembang dan bahkan beberapa negara maju yang peduli akan pelestarian lingkungan sudah mulai melirik teknologi pengolahan air limbah dengan memanfaatkan alam, salah satunya dengan teknologi lahan basah buatan atau lebih dikenal dengan teknologi *constructed wetland*.

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, teknologi lahan basah buatan merupakan teknologi yang memanfaatkan lahan basah, substrat

dan tanaman air sebagai media untuk mengolah air limbah. Di beberapa negara telah banyak dikembangkan teknologi lahan basah buatan, tentu saja dengan menggunakan tanaman air yang berbeda-beda. Beberapa tanaman air yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah yaitu eceng gondok, padi-padian, bambu, dan mangrove. Kemampuan setiap tanaman air dalam menghilangkan bahan pencemar dalam air limbah tentu saja berbeda, dan memiliki keunggulan dan kelebihan masing-masing.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan mangrove dalam membersihkan air limbah. Beberapa negara seperti China, Hongkong, Thailand, dan Australia telah memanfaatkan mangrove sebagai tanaman air dalam sistem lahan basah buatan. Tidak semua jenis mangrove dapat digunakan sebagai tanaman air, karena tidak semua dapat menghilangkan bahan pencemar dari air limbah. Dari beberapa penelitian jenis-jenis mangrove yang telah terbukti dapat mengurangi pencemaran air limbah seperti *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Kandelia candel*, *Sonneratia caseolaris*, dan *Aegiceras corniculatum*. Tabel 4 menjelaskan kemampuan beberapa jenis mangrove dalam menghilangkan bahan pencemar dari air limbah domestik.

Tabel 4. Persentase penghilangan bahan pencemar air limbah beberapa jenis mangrove

| No. | Jenis Mangrove | Persentase penghilangan (%) | | | | | | | | Sumber |
|-----|---|-----------------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------------------------|
| | | BOD | COD | TSS | NO ₃ -N | NH ₄ -N | TN | PO ₄ -P | TP | |
| 1. | <i>Avicennia marina</i> | 49,5 - 51,1 | - | 17,1 - 65,9 | 44,0 - 60,9 | 51,1 - 83,5 | 43,4 - 50,4 | 28,7 - 58,9 | 28,3 - 48,0 | Boonsong <i>et al</i> (2002) |
| 2. | <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>A. marina</i> , <i>Bruguiera cylindrica</i> & <i>Ceriops tagal</i> | 43,9 - 53,9 | - | 27,6- 77,1 | 37,6 - 47,5 | 81,1- 85,9 | 44,8- 54,4 | 24,7- 76,8 | 22,6- 65,3 | Boonsong <i>et al</i> (2002) |
| 3. | <i>Kandelia candel</i> | - | 70,43- 76,38 | - | 47,89- 63,37 | 76,16- 91,83 | 75,15- 79,06 | - | - | Wu <i>et al</i> (2008) |
| 4. | <i>Aegiceras corniculatum</i> | 85,71 | 85,71 | - | - | - | - | - | 74,43 | Yang <i>et al</i> (2008) |

Keterangan: TSS = *Total suspended solids*; BOD = *Biochemichal oxygen demand*; TN = *Total Nitrogen*;
 COD = *Chemical oxygen demand*; NO₃-N = *Nitrat Nitrogen*; NH₄-N = *Amonium nitrogen*;
 TP = *Total Phosphorus*; PO₄-P = *Orto phosphate*

D. Geographic Information System

Sebagai alat yang sering digunakan dalam analisis data spasial, *Geographic Information System* (GIS) sering dimanfaatkan sebagai alat bantu pengganti manusia dalam menghasilkan peta. Bahkan untuk saat ini, di negara-negara maju GIS sering dimanfaatkan sebagai suatu sistem informasi terpadu yang ditujukan untuk pengambilan keputusan terutama dalam analisis kuantitatif dan integrasi data spasial.

Menurut Raper *and* Green dalam Prahasta (2009), GIS adalah sistem yang dapat mendukung (proses) pengambilan keputusan (terkait aspek) spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. Sedangkan menurut Barus dan Wiradisastra dalam Assyakur (2007), *Geographic Information System* (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi atau dengan kata lain suatu GIS adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk menangani data yang bereferensi keruangan (spasial) bersamaan dengan seperangkat operasi kerja.

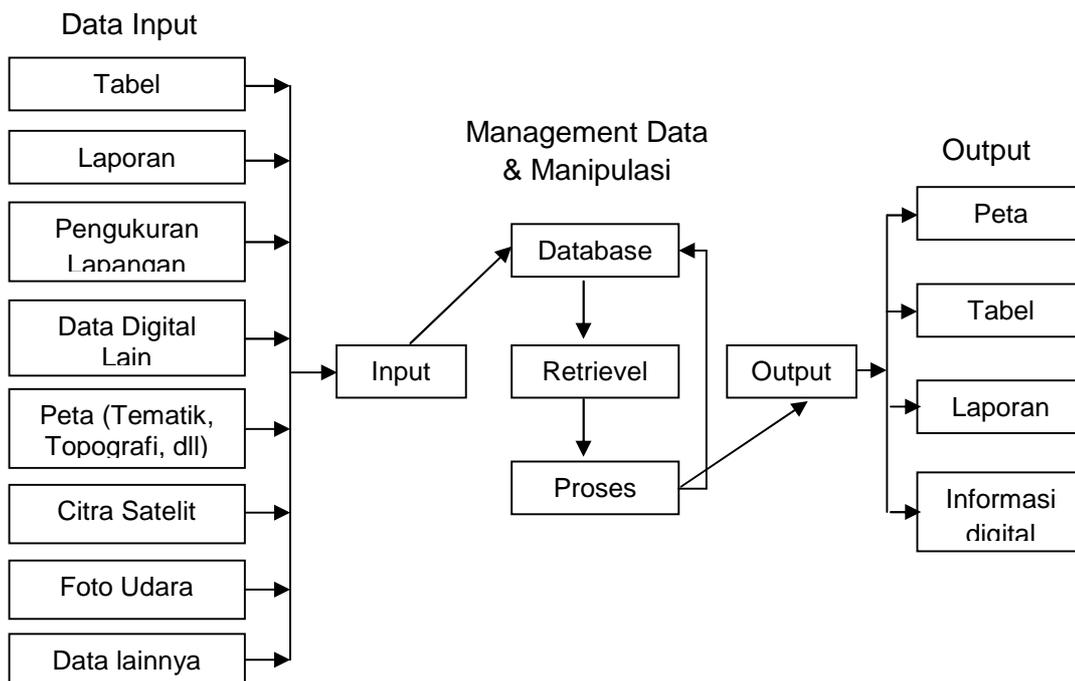
GIS dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem sebagai berikut.

1. *Data Input*, subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial dan atributnya dari berbagai sumber. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengonversikan atau mentransformasikan format-format data

aslinya ke dalam format yang dapat digunakan oleh perangkat GIS yang bersangkutan.

2. *Data Output*, subsistem ini bertugas untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran (termasuk mengekspornya ke format yang dikehendaki) seluruh atau sebagian basis data (spasial) baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, report, peta, dan lain sebagainya.
3. *Data Manajemen*, Subsistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data sedemikian rupa hingga mudah dipanggil kembali atau di-*retrieve*, di-*update*, dan di-*edit*.
4. *Data Manipulation & Analysis*, Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh GIS. Selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi (evaluasi dan penggunaan fungsi-fungsi dan operator matematis serta logika) dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

Untuk lebih jelasnya mengenai subsistem dalam GIS, seperti yang diuraikan dalam skema berikut ini.



Gambar 10. Ilustrasi uraian subsistem GIS (Prahasta, 2009)

Data-data yang diolah dalam GIS pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut dalam bentuk digital, dengan demikian analisis yang dapat digunakan adalah analisis spasial dan analisis atribut. Data spasial merupakan data yang berkaitan dengan lokasi keruangan yang umumnya berbentuk peta. Sedangkan data atribut merupakan data tabel yang berfungsi menjelaskan keberadaan berbagai objek sebagai data spasial. Struktur data spasial dibagi dua yaitu model data raster dan model data vektor. Menurut Barus dan Wiradisastra dalam Assyakur (2007), data raster adalah data yang disimpan dalam bentuk kotak segi empat *grid/sel* sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur. Data vektor adalah data yang direkam dalam bentuk koordinat titik yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik, garis atau area (*polygon*).

E. Penelitian Terkait

Berikut beberapa penelitian terkait yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini:

1. *A GIS Based Score System for Siting and Sizing of Created or Restored Wetlands: Two Case Studies* (Palmeri and Trepel, 2002)

Badan air penerima dipengaruhi oleh beban DAS dalam hal nutrisi. Dampak ini merusak penggunaannya dari badan air. Seringkali tindakan preventif dan perawatan pada akhir saluran tidak mencapai beban yang dibolehkan untuk memastikan standar kualitas air di badan air. Lahan basah (*wetlands*) adalah alat yang cocok untuk meningkatkan kapasitas pemurnian diri dari sistem air dan dapat digunakan sebagai alat untuk mengurangi beban pencemaran dalam jaringan sungai.

Penelitian ini menyajikan suatu metodologi untuk penentuan lokasi dan besar kapasitas dari lahan basah buatan atau yang direstorasi pada tingkat DAS, berdasarkan teknik *Geographical Information systems* (GIS) dan estimasi daerah lahan basah yang dibutuhkan. Hasil akhir dari penelitian ini adalah nilai skor lahan untuk penentuan lokasi dan estimasi awal untuk kapasitas lahan basah/*wetlands*. Kombinasi dari kedua unsur ini diharapkan dapat berguna sebagai alat perencanaan untuk pengelolaan daerah aliran sungai dan perencanaan lahan basah. Dalam rangka untuk menilai keandalan prosedur maka penelitian dilakukan pada 2 studi kasus yang dianggap sangat berbeda.

2. Kajian Pendahuluan Kelayakan Penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Komunal di Permukiman Kota Bogor (Rifai dan Nugroho, 2007)

Sebuah penilaian awal terhadap penerapan sistem pembuangan limbah dengan teknologi *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) dan *Down Flow Hanging Sponge* (DHS) yang dilakukan di sebelah Utara Kota Bogor. Masalah yang sering muncul dalam pengelolaan air limbah domestik adalah keterbatasan lahan dan dana untuk membangun dan mengoperasikan fasilitas pengolahan air limbah. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan untuk mengembangkan teknologi pengolahan air limbah yang murah dengan efisiensi tinggi, mudah dioperasikan dan juga harus saling mendukung. Teknologi kombinasi UASB dan DHS diusulkan sebagai pengolahan air limbah ekonomi yang mudah untuk dioperasikan. Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa teknologi tersebut layak atau tidak untuk dibangun di Utara Bogor, dibutuhkan suatu kajian pendahuluan. Penilaian dilakukan melalui survei terhadap aspek teknis dan ekonomi sosial. Hasil menunjukkan bahwa sistem saluran air limbah menggunakan teknologi UASB dan DHS layak untuk diterapkan.

3. *The Use of a Mangrove Plantation as a Constructed Wetland for Municipal Wastewater Treatment* (Boonsong, Piyatiratitivorakul and Patanapolpaiboon)

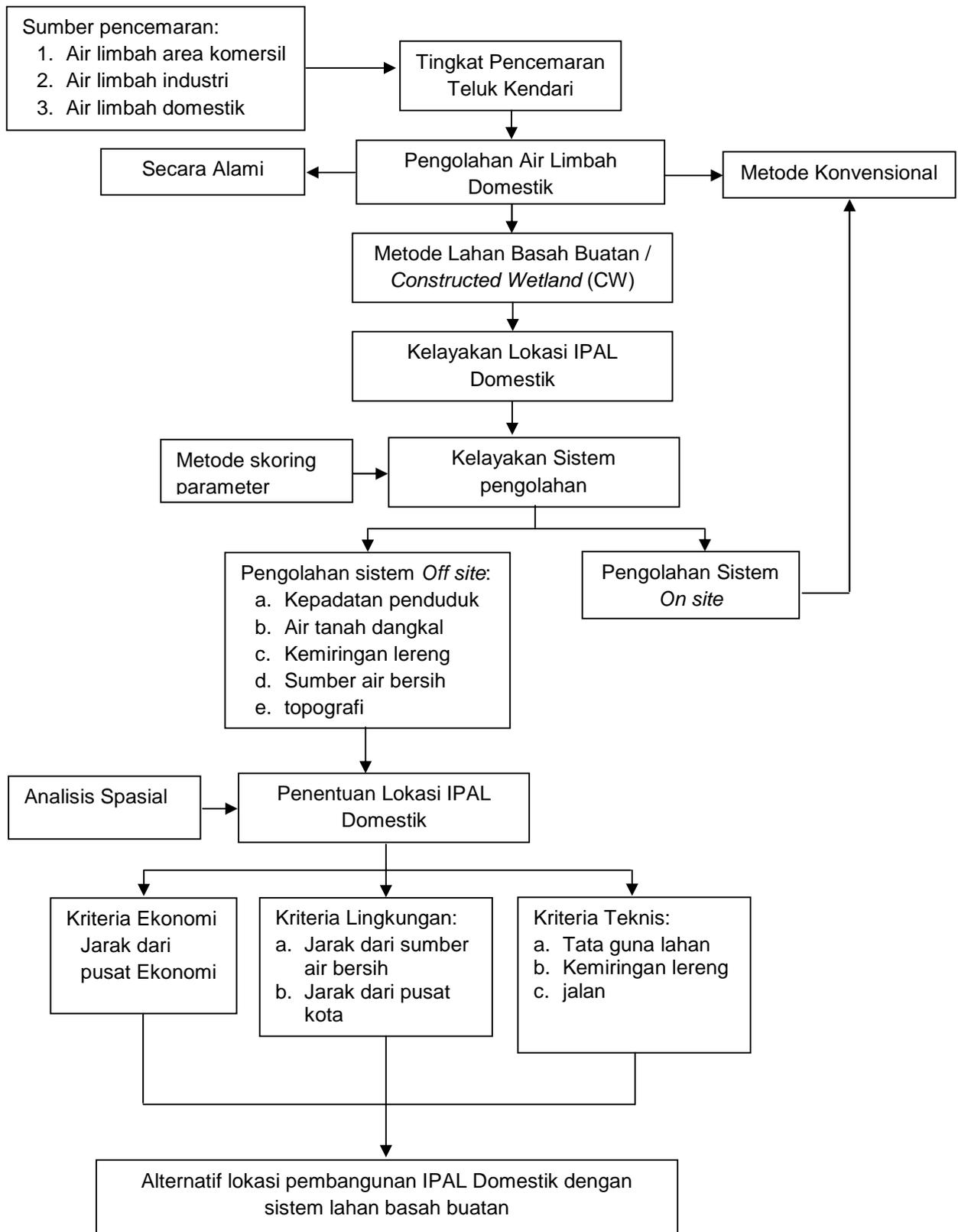
Studi ini mengevaluasi kemungkinan menggunakan tanaman mangrove untuk mengolah air limbah domestik. Dua jenis skala percobaan (100 x 150 m²) *free water surface constructed wetlands* dibuat

pada Proyek Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Royal Laem Phak Bia di pusat Thailand. Salah satu sistem adalah sistem hutan alami yang didominasi jenis *Avicennia marina*. Sistem lainnya adalah sistem lahan bakau buatan dimana bibit *Rhizophora spp.*, *A. marina*, *Bruguiera cylindrica* dan *Ceriops tagal* ditanam dengan interval 1,5 x 1,5 m, yang membentuk 4 strip dengan luasan masing-masing 37,5 x 100 m². Air limbah dari daerah kota dan yang terdekat dikumpulkan dan dipompa ke dalam sistem, kemudian dipertahankan dalam sistem selama masing-masing 7 dan 3 hari sebelum pemakaian. Hasil menunjukkan bahwa persentase penyisihan rata-rata TSS, BOD, NO₃-N, NH₄-N, TN, PO₄-P dan TP dalam sistem lahan basah buatan adalah masing-masing 27.6-77.1, 43.9-53.9, 37.6-47.5, 81.1-85.9, 44.8-54.4, 24.7-76.8 dan 22.6-65.3. Sedangkan persentase penyisihan parameter tersebut dalam sistem hutan alami adalah masing-masing 17.1-65.9, 49.5-51.1, 44.0-60.9, 51.1-83.5, 43.4-50.4, 28.7-58.9 dan 28.3-48.0. Umumnya, persentase pembersihan dalam sistem lahan basah buatan dan sistem hutan alami tidak berbeda secara signifikan. Namun, ketika persentase pembersihan dengan waktu detensi dibandingkan, persentase pembersihan TSS, PO₄-P dan TP secara signifikan lebih tinggi dalam pengolahan dengan waktu penahanan selama 7 hari. Bahkan dengan persentase pembersihan yang sangat bervariasi dan temporal tergantung dari TSS, BOD dan nutrisi, hasil keseluruhan menunjukkan bahwa penanaman mangrove dapat digunakan sebagai lahan basah buatan untuk pengolahan air limbah domestik

dengan cara dibuat mirip dengan sistem mangrove alami. Oleh karena itu, penggunaan tanaman mangrove untuk pengolahan air limbah domestik dapat diterapkan.

F. Kerangka Konseptual Penelitian

Yang menjadi permasalahan utama pada penelitian ini yaitu tingkat pencemaran di Teluk Kendari yang semakin meningkat akibat dari air limbah domestik. Air limbah langsung dibuang ke sungai/kali tanpa diolah terlebih dahulu yang pada akhirnya bermuara di Teluk Kendari. Teknologi *constructed wetland* atau lahan basah buatan merupakan teknologi yang memanfaatkan lahan basah dan tanaman air sebagai media pengolahan air limbah. Teknologi ini lebih murah dan mudah diterapkan daripada teknologi konvensional. Untuk menghasilkan suatu perencanaan yang baik maka perlu dilakukan studi kelayakan teknis IPAL domestik di Kota Kendari. Untuk lebih jelasnya mengenai kerangka konsep dari penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Kerangka konsep penelitian