

## **KESESUAIAN LAHAN AKTUAL UNTUK BUDIDAYA UDANG WINDU DI TAMBAK KABUPATEN LUWU TIMUR PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Erna Ratnawati, Hasnawi, dan Akhmad Mustafa**

Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau  
Jl. Makmur Dg. Sitakka No. 129, Maros 90512, Sulawesi Selatan  
E-mail: *ernaratnawati60@yahoo.co.id*

*(Naskah diterima: 27 Agustus 2013; Disetujui publikasi: 27 Maret 2014)*

### **ABSTRAK**

Kabupaten Luwu Timur (Lutim) adalah salah satu kabupaten di pantai timur Sulawesi Selatan yang memiliki lahan tambak yang cukup luas, namun tingkat produktivitas untuk udang windu masih rendah. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengevaluasi kesesuaian lahan untuk budidaya udang windu di tambak demi meningkatkan produktivitas tambak di Kabupaten Lutim. Faktor yang dipertimbangkan untuk mengetahui karakteristik lahan meliputi: topografi dan elevasi, tanah, hidrologi serta iklim. Analisis spasial dengan Sistem Informasi Geografis digunakan untuk penentuan kesesuaian lahan budidaya tambak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan tambak di Kabupaten Lutim termasuk tanah sulfat masam dan tanah sulfat masam yang berasosiasi dengan tanah gambut yang dicirikan dengan pH rendah, potensi kemasaman serta kandungan unsur toksik tergolong tinggi dan kandungan unsur hara makro tergolong rendah. Curah hujan tahunan berkisar antara 1.895 sampai 3.758 mm/tahun dengan rata-rata 2.632 mm/tahun. Hasil analisis kesesuaian lahan aktual menunjukkan bahwa dari luas tambak yang ada di Kabupaten Lutim, ternyata 144,27 ha tergolong sangat sesuai, 2.555,67 ha tergolong cukup sesuai dan 11.666,48 ha tergolong sesuai marjinal untuk budidaya udang windu.

**KATA KUNCI:** kesesuaian, lahan, tambak, analisis spasial, Kabupaten Luwu Timur

**ABSTRACT:** *Actual land suitability for tiger prawn culture in brackishwater ponds of East Luwu Regency, South Sulawesi Province. By: Erna Ratnawati, Hasnawi, and Akhmad Mustafa*

*East Luwu is one of the regencies in the east coast of South Sulawesi which has a large brackishwater ponds. However productivity for shrimp is still low. This study was carried out to evaluate the land suitability for brackishwater ponds in order to support the productivity of brackishwater ponds in the East Luwu Regency. Four important factors were considered in this study such as: topography and elevation, soil, hydrology as well as climate. Spatial Analysis based on Geographic Information Systems was used for analysing land suitability for brackishwater ponds. The results showed that brackishwater ponds in East Luwu were dominated by acid sulfate soils and acid sulfate soils associated with peat soils which were characterized by low pH, high of potential acidity and toxic element and low of macro nutrient. Annual rainfall ranges between 1,895 to 3,758 mm/year with an average of 2,632 mm/year. Actual land suitability analysis showed that from the existing brackishwater ponds in East Luwu*

Regency about 144.27 ha of existing area was classified as highly suitable, 2,555.67 ha was moderately suitable and 11,666.48 ha was marginally suitable for tiger prawn culture.

**KEYWORDS:** *suitability, land, brackishwater ponds, spatial analysis, East Luwu Regency*

## PENDAHULUAN

Sampai tahun 2008, perkiraan luasan tambak di pantai timur Provinsi Sulawesi Selatan mencapai 50.131 ha (Anonim, 2009). Tambak tersebut tersebar di Kabupaten Luwu Timur (Lutim), Luwu Utara (Lutra), Luwu, Wajo, Bone, dan Sinjai serta Kota Palopo dengan luas masing-masing 11.397 ha, 6.367 ha, 6.889 ha, 12.000 ha, 11.633 ha, 714 ha, dan 1.131 ha. Lahan tambak yang ada tersebut masih memiliki produktivitas lahan yang rendah, terutama untuk udang windu. Pantai timur Sulawesi Selatan, termasuk Kabupaten Lutim juga masih memiliki potensial lahan seluas 15.000 ha untuk budidaya tambak (DKP, 2005). Pada tahun 2008, sekitar 95% produksi total tambak di Kabupaten Lutim berasal dari rumput laut yang dibudidayakan secara polikultur dengan ikan bandeng secara sistem ekstensif. Padahal Kabupaten Lutim, secara regional ditetapkan sebagai sasaran areal program Kebangkitan Udang Windu di Sulawesi Selatan (Anonim, 2008) dan secara nasional sebagai lokasi pengembangan Kawasan Minapolitan dengan komoditas unggulan udang dan ikan bandeng (Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia NOMOR KEP.32/MEN/2010). Dengan demikian, masih ada peluang peningkatan produksi budidaya tambak di Kabupaten Lutim, baik melalui intensifikasi, ekstensifikasi, maupun diversifikasi.

Udang windu (*Penaeus monodon*), udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), ikan bandeng (*Chanos chanos*), rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah komoditas yang umum dibudidayakan di tambak. Komoditas tersebut termasuk komoditas perikanan yang berbasis lahan, maka untuk dapat tumbuh atau hidup dan berproduksi dengan maksimal memerlukan persyaratan-persyaratan lahan tertentu yang dapat berbeda satu sama lain. Dalam kaitannya dengan sumberdaya alam, dikenal istilah lahan yang merupakan suatu lingkungan fisik yang terdiri atas tanah, topografi, hidrologi, vegetasi dan iklim di mana pada batas-batas tertentu mempengaruhi kemampuan penggunaan lahan

(FAO, 1976; FAO, 1998; Rajitha *et al.*, 2007). Oleh karena itu, perbedaan kombinasi penyusunan lingkungan fisik lahan tersebut akan memberikan karakteristik lahan yang berbeda dan pada akhirnya kesesuaian lahan yang berbeda pula. Lahan memiliki karakteristik yaitu suatu sifat yang khas yang dapat dijadikan sebagai pembeda dengan tipe lahan lainnya (FAO, 1998). Karakteristik lahan yang dicirikan oleh kualitas tanah, kualitas air, topografi dan elevasi, dan iklim adalah faktor dari karakteristik lahan yang umum dipertimbangkan dalam evaluasi lahan untuk budidaya tambak (Muir & Kapetsky, 1988; Poernomo, 1988; Boyd, 1995; Treece, 2000; Salam *et al.*, 2003; Karthik *et al.*, 2005; Mustafa *et al.*, 2007a).

Sistem evaluasi lahan yang sering digunakan di Indonesia yaitu: klasifikasi kemampuan lahan dan klasifikasi kesesuaian lahan. Klasifikasi kemampuan lahan digunakan untuk penggunaan lahan bersifat umum atau dalam arti luas seperti untuk pertanian, sedangkan klasifikasi kesesuaian lahan digunakan untuk penggunaan lahan yang lebih bersifat khusus seperti untuk padi (Ritung *et al.*, 2007). Kesesuaian lahan adalah tingkat kecocokan suatu bidang lahan untuk penggunaan tertentu, seperti untuk budidaya tambak. Evaluasi kesesuaian lahan untuk budidaya tambak perlu dilakukan agar menjadi dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan dalam rangka pemanfaatan lahan penggunaan lahan sejalan dengan tingkat kesesuaiannya. Menurut Rossiter (1996), evaluasi kesesuaian lahan sangat penting dilakukan karena lahan memiliki sifat fisik, sosial, ekonomi, dan geografi yang bervariasi atau lahan diciptakan tidak sama. Sifat yang bervariasi dari lahan tersebut dapat mempengaruhi penggunaan lahan tersebut. Evaluasi kesesuaian lahan merupakan suatu proses pendugaan keragaan lahan apabila lahan digunakan untuk tujuan tertentu (FAO, 1985) atau sebagai metode yang menjelaskan atau memprediksi kegunaan potensial dari lahan (van Dieven *et al.*, 1991) serta bertujuan untuk menyelamatkan sumberdaya yang ada secara berkelanjutan (Young, 1987). Apabila potensi lahan sudah dapat ditentukan, maka

perencanaan penggunaan lahan dapat dilakukan berdasarkan pertimbangan yang rasional, paling tidak mengenai apa yang dapat ditawarkan oleh sumberdaya lahan tersebut (Dengüz, *et al.*, 2003). Dengan demikian, evaluasi kesesuaian lahan merupakan alat perencanaan penggunaan lahan yang strategis. Evaluasi kesesuaian lahan memprediksi keragaan lahan mengenai keuntungan yang diharapkan dari penggunaan lahan dan kendala penggunaan lahan yang produktif serta degradasi lingkungan yang diperkirakan akan terjadi karena penggunaan lahan. Kesesuaian lahan merupakan suatu tahapan awal dalam kegiatan akuakultur yang mempengaruhi kesuksesan dan keberlanjutannya serta dapat memecahkan konflik antara berbagai kegiatan dan membuat penggunaan lahan lebih rasional (Pérez *et al.*, 2003; Hossain & Das, 2010). Kesesuaian lahan tersebut dapat dinilai untuk kondisi saat ini (kesesuaian lahan aktual) atau setelah diadakan perbaikan (kesesuaian lahan potensial). Kesesuaian lahan aktual adalah kesesuaian lahan berdasarkan data sifat biofisik lahan sebelum lahan tersebut diberikan masukan-masukan yang diperlukan untuk

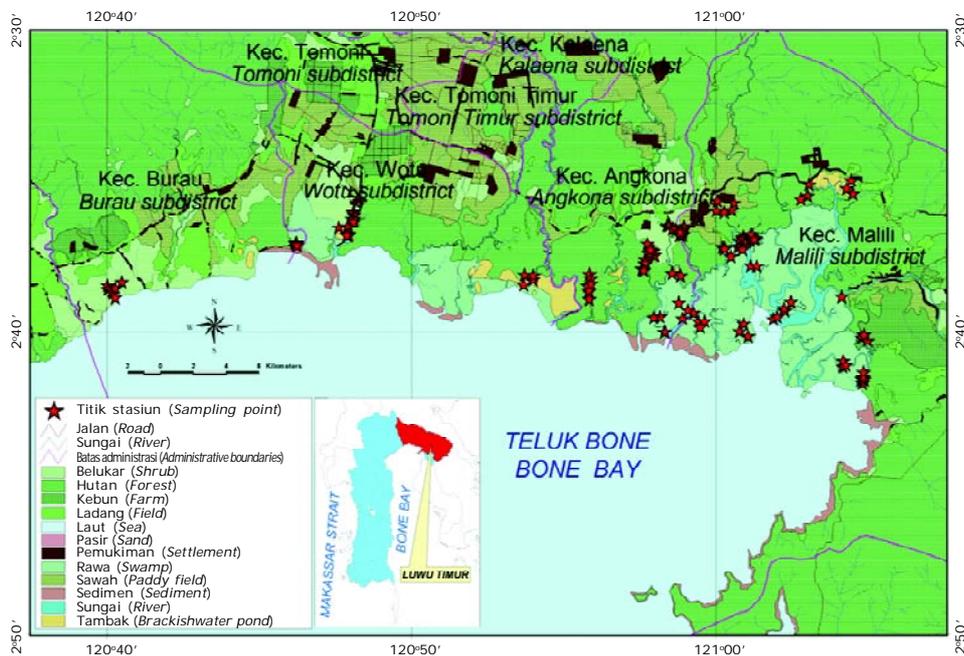
mengatasi kendala (Ritung *et al.*, 2007; Mustafa *et al.*, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kesesuaian lahan untuk budidaya udang windu tambak. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi acuan Pemerintah Kabupaten Lutim secara khusus dan Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan secara umum dalam penentuan Rencana Tata Ruang Wilayah, sehingga nantinya dapat meningkatkan produktivitas lahan tambak dan berkelanjutan.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April yang mewakili musim hujan di Kabupaten Lutim, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian adalah wilayah pesisir yang merupakan kawasan pertambakan di Kecamatan Burau, Wotu, Angkona, dan Malili (Gambar 1). Wilayah pesisir tersebut berada mulai dari garis pantai Kabupaten Lutim di Teluk Bone sampai ke arah darat di mana masih ada tambak atau potensial lahan tambak.



Gambar 1. Titik-titik pengambilan contoh tanah dan air di tambak Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan

Figure 1. Sampling points for soil and water in brackishwater pond of East Luwu Regency South Sulawesi Province

## Pengumpulan Data

### Data primer

Data primer yang dikumpulkan adalah data biofisik meliputi: kondisi tanah dan kualitas air. Penentuan titik-titik pengambilan contoh tanah didasarkan pada peta Satuan Unit. Peubah kondisi tanah yang diukur langsung di lapangan berupa kedalaman tanah sampai lapisan pada keras dan ketebalan gambut dengan menggunakan bor tanah yang dilengkapi dengan meteran. Peubah kualitas tanah yang diukur langsung di lapangan adalah  $pH_F$  (pH tanah menggunakan pH-meter) (Ahern & Rayment, 1998),  $pH_{FOX}$  (pH tanah setelah dioksidasi dengan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) 30% menggunakan pH-meter dan potensial redoks menggunakan redox-meter (Ahern & Rayment, 1998). Contoh tanah diambil pada kedalaman 0-0,2 m. Setelah sisa tumbuhan segar, kerikil, cangkang, dan kotoran lainnya dibuang dan bongkahan besar dicecilkan dengan tangan, kemudian contoh tanah tersebut dimasukkan dalam kantong plastik dan disimpan dalam *cold box* yang diberi es. Contoh tanah diovenkan pada suhu  $80^\circ C$ - $85^\circ C$  selama 48 jam (Ahern & Blunden, 1998). Setelah kering, tanah dihaluskan dengan cara ditumbuk pada lumpang porselin dan diayak dengan ayakan ukuran lubang 2 mm dan 5 mm dan selanjutnya dianalisis di Laboratorium Tanah Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau (BPPBAP) di Maros. Peubah kualitas tanah yang dianalisis meliputi  $pH_{KCl}$ ,  $pH_{OX}$ ,  $S_{KCl}$ ,  $S_{pr}$ ,  $S_{POS}$ , TPA, TAA, TSA, pirit (Ahern & Rayment, 1998; Ahern *et al.*, 1998a, 1998b), bahan organik atau C organik dengan Walkley dan Black, Fe dengan spektrofotometer, Al dengan spektrofotometer,  $PO_4$  dengan metode Olsen atau Bray 1 (Sulaeman *et al.*, 2005), Ni dengan Spektrofotometer Serapan Atom, dan tekstur dengan metode hidrometer (Bouyoucos, 1962).

Pengukuran dan pengambilan contoh air dilakukan di sungai, laut, saluran, dan tambak. Pengukuran dan pengambilan contoh air di tambak mengikuti titik pengambilan contoh tanah. Pengukuran dan pengambilan contoh air dilakukan pada musim hujan dengan total titik pengamatan sebanyak 60 titik. Peubah kualitas air yang diukur langsung di lapangan adalah suhu, salinitas, oksigen terlarut dan pH dengan menggunakan Hydrolab® Minisonde. Contoh air untuk analisis di laboratorium diambil dengan menggunakan Kmerer Water

Sampler dan dipreservasi mengikuti petunjuk APHA (2005). Analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Air BPPBAP, Maros. Peubah kualitas air yang dianalisis meliputi:  $NH_4$ ,  $NO_3$ ,  $NO_2$ ,  $PO_4$ ,  $SO_4$ , Fe, bahan organik total dan Ni mengikuti petunjuk Menon (1973), Parsons *et al.* (1989) dan APHA (2005). Seluruh titik-titik pengamatan dan pengambilan contoh ditentukan posisinya dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

### Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari berbagai instansi yang terkait. Data sekunder yang dikumpulkan berupa Laporan Statistik Perikanan Kabupaten Luwu Timur, peta Administrasi Kabupaten Luwu Timur, peta Jenis Tanah Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat, peta Curah Hujan Tahunan Provinsi Sulawesi Selatan dan peta Rupabumi Indonesia (nomor dan nama lembar 2113-24: Wotu; 2113-23/21: Bonebone; 2113-22: Tanjung Bulupolo; 2113-33: Malili; 2113-31: Tolala).

### Analisis Data

Peta penutupan/penggunaan lahan yang digunakan adalah hasil klasifikasi Citra Landsat-7 ETM+ *path* 114 dan *row* 062 (akuisisi tanggal 6 Oktober 2005) dengan Program Er Mapper 7.1 yang diintegrasikan dengan peta dasar dari peta Rupabumi Indonesia.

Peta penutupan/penggunaan lahan disatukan dengan peta bentuk lahan dari peta Rupabumi Indonesia untuk mendapatkan peta Satuan Unit yang digunakan sebagai acuan dalam survei lapang.

Data primer, sekunder dan peta penutup/penggunaan lahan yang sudah dikumpulkan, selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menggunakan analisis spasial dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Purwadhi, 1999). Pada proses analisis menggunakan program ArcView 3.3 dengan cara memasukkan setiap peubah data untuk menghasilkan peta tematik bagi setiap peubah data. Pemberian bobot untuk masing-masing peubah digunakan program MS Excel 2007 dengan formulasi penentuan bobot dimensi yang dimodifikasi dari *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dikembangkan oleh Saaty (1977). Peubah yang mempunyai pengaruh dominan dan relatif tidak dapat diubah memiliki faktor pembobot yang paling besar, sebaliknya peubah yang kurang dominan memiliki faktor pembobot

yang lebih kecil. Dalam metode perbandingan berpasangan, tingkat kepentingan dari masing-masing peubah dievaluasi berdasarkan sembilan skala dimulai dari yang tidak terlalu penting sampai ke yang sangat penting. Setelah perbandingan dibuat, kemudian bobot dari matriks perbandingan berpasangan dihitung untuk menghasilkan total bobot sama dengan 1 (satu) melalui Expert choice v 9.5. Kriteria yang digunakan dalam penentuan kesesuaian lahan untuk budidaya udang windu tambak mengacu pada kriteria yang ada (Mustafa *et al.*, 2007a).

Asumsi yang diterapkan dalam evaluasi kesesuaian lahan tambak disesuaikan pada pengelolaan yang rendah atau sederhana sampai sedang. Infrastruktur, aksesibilitas dan pemasaran hasil produksi tidak dipertimbangkan dalam evaluasi kesesuaian lahan ini. Hasil proses penilaian kesesuaian lahan ditampilkan dalam bentuk sistem klasifikasi kesesuaian lahan aktual. Sistem klasifikasi kesesuaian lahan ditentukan sampai tingkat kategori Kelas. Kelas S1: lahan tidak mempunyai faktor pembatas yang berat untuk penggunaan secara berkelanjutan atau hanya mempunyai faktor pembatas tidak berarti dan tidak berpengaruh nyata terhadap produksi serta tidak menyebabkan kenaikan masukan yang diberikan pada umumnya; Kelas S2: lahan mempunyai faktor pembatas agak berat untuk mempertahankan tingkat pengelolaan yang harus dilakukan; Kelas S3: lahan mempunyai faktor pembatas yang sangat berat untuk mempertahankan tingkat pengelolaan yang harus dilakukan; dan Kelas N: lahan mempunyai faktor pembatas yang lebih berat, tetapi masih mungkin untuk diatasi, hanya tidak dapat diperbaiki dengan tingkat pengetahuan sekarang ini dengan biaya yang rasional (FAO, 1976).

## HASIL DAN BAHASAN

### Karakteristik Lahan

#### Kualitas tanah

Jenis tanah yang dijumpai di kawasan per-tambakan Kabupaten Lutim didominasi oleh tanah sulfat masam dan sebagian kecil tanah sulfat masam yang berasosiasi dengan tanah gambut. Kondisi tanah tersebut sangat mirip dengan kondisi tanah di Kabupaten Lutra (Hasnawi & Mustafa, 2010). Karakteristik tanah sulfat masam di setiap kecamatan yang memiliki tambak di Kabupaten Lutim ditampilkan pada Tabel 1. Peta distribusi setiap peubah

kualitas tanah di tambak Kabupaten Lutim disajikan pada lampiran. Perbedaan kondisi tanah sulfat masam (teroksidasi atau tereduksi) berdampak pada perubahan karakteristik tanah, sehingga peubah kualitas tanah yang dianalisis untuk tanah sulfat masam adalah juga peubah kualitas tanah yang khas atau menjadi ciri spesifik untuk tanah sulfat masam.

$pH_e$  tanah relatif sama di setiap kecamatan, sedangkan  $pH_{FOX}$  cenderung bervariasi dan  $pH_{FOX}$  terendah dijumpai di Kecamatan Malili. Kondisi ini menunjukkan bahwa di Kecamatan Malili mempunyai potensi kemasaman tertinggi yang digambarkan oleh nilai  $pH_e - pH_{FOX}$ .

Nilai  $S_{POS}$  tanah telah digunakan oleh Ahern *et al.* (1998b) untuk menentukan kebutuhan kapur bagi tanah sulfat masam, dengan nilai  $S_{POS}$  yang lebih tinggi berarti kebutuhan kapurnya juga lebih tinggi. Dengan demikian, kebutuhan kapur terbesar untuk tambak tanah sulfat masam adalah di Kabupaten Malili, sebab memiliki nilai  $S_{POS}$  tanah yang tertinggi maupun potensi kemasaman tertinggi juga. Kandungan unsur beracun seperti Fe (besi) dan Al (aluminium) yang tertinggi dijumpai di Kecamatan Burau/Wotu.

Potensial redoks tanah menggambarkan kondisi tanah yang tereduksi atau teroksidasi. Potensial redoks tanah di Kabupaten Lutim bernilai negatif yang berarti tanah dalam kondisi tereduksi (Tabel 1). Hal ini sebagai akibat tanah yang telah lama tergenang pada saat pengambilan contoh tanah, sehingga terbentuk kondisi reduksi pada tanah dasar tambak. Tanah sulfat masam di Kabupaten Lutim umumnya digunakan untuk budidaya rumput laut dengan musim tanam 6-8 siklus/tahun tanpa dilakukan pengeringan.

Kandungan bahan organik tanah tertinggi di Kabupaten Lutim dijumpai di Kecamatan Malili yaitu 24,09%. Telah disebutkan sebelumnya bahwa tanah sulfat masam di Kabupaten Lutim berasosiasi dengan tanah gambut.

Kandungan pasir tergolong tinggi di setiap kecamatan di Kabupaten Lutim dan tergolong tekstur yang kurang menguntungkan secara fisik untuk konstruksi pematang tambak. Tekstur tanah yang mendominasi tambak di Kabupaten Lutim adalah lempung berpasir dan pasir berlempung. Secara kimia, tekstur tanah demikian juga tidak mampu menyimpan unsur hara dan memiliki daya sangga tanah yang rendah sehingga fluktuasi pH dapat lebih besar.

Tabel 1. Kualitas tanah tambak di berbagai kecamatan Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan

Table 1. Soil quality of brackishwater pond in various subdistricts in East Luwu Regency South Sulawesi Province

Peubah (Variable)	Kecamatan (Sub districts)		
	Burau/Wotu	Angkona	Malili
pH <sub>F</sub>	7.04±0.253	7.11±0.245	7.21±0.199
pH <sub>FOX</sub>	1.86±1.091	1.26±0.406	0.94±0.108
pH <sub>F</sub> -pH <sub>FOX</sub>	5.18±1.088	5.85±0.367	6.27±0.200
Potensial redoks <i>Redox potential</i> (mV)	-192.21	-277.7	-265.63
pH <sub>KCl</sub>	6.82±0.831	7.49±0.333	6.07±0.376
pH <sub>OX</sub>	1.67±0.157	2.77±1.685	1.27±0.272
S <sub>KCl</sub> (%)	0.61±0.152	0.53±0.201	0.73±0.158
S <sub>P</sub> (%)	6.27±3.004	6.04±2.725	10.54±6.205
S <sub>POS</sub> (%)	5.67±2.979	5.51±2.587	9.81±6.124
TPA (mol H <sup>+</sup> /t) ( <i>mole H<sup>+</sup>/t</i> )	463.55±158.386	374.64±356.251	758.95±323.567
TAA (mol H <sup>+</sup> /t) ( <i>mole H<sup>+</sup>/t</i> )	0.05±0.224	0.00±0.000	0.03±0.112
TSA (mol H <sup>+</sup> /t) ( <i>mole H<sup>+</sup>/t</i> )	463.50±158.394	374.64±356.251	758.93±323.597
Bahan organik <i>Organic matter</i> (%)	8.25±3.290	9.69±5.581	14.22±5.917
Pirit (Pyrite) (%)	2.07±0.707	1.70±1.564	3.39±1.445
Fe (ppm)	4822.9±242.839	3985.81±1718.207	4770.58±280.047
Al (ppm)	197.28±62.654	144.39±99.807	108.83±33.568
N-total ( <i>Total-N</i> ) (%)	0.4226±0.09526	0.5301±0.18029	0.5276±0.15061
PO <sub>4</sub> (ppm)	43.55±20.316	49.36±25.184	15.29±13.369
Pasir ( <i>Sand</i> ) (%)	75.50±5.978	58.89±10.895	63.80±11.162
Liat ( <i>Clay</i> ) (%)	3.60±1.046	6.56±2.975	2.70±0.979
Debu ( <i>Silt</i> ) (%)	20.90±6.034	34.67±10.605	34.00±10.682

Kabupaten Lutim merupakan salah satu penghasil nikel (Ni) utama di dunia yaitu melalui PT International Nickel Indonesia (INCO) Tbk yang terletak di Sorowako. Kandungan Ni tanah tambak di Kabupaten Lutim berkisar antara 1,45 sampai 365,12 mg/L. Kandungan Ni di tambak Kabupaten Lutim yaitu rata-rata 69,45 mg/L, secara umum lebih rendah dari kandungan Ni yang ada pada kerak bumi. Moore (1991) melaporkan bahwa kandungan Ni kerak bumi sekitar 75 mg/kg atau 75 mg/L.

#### Kualitas air dan pasang surut

Salinitas air tambak berkisar antara 0,5 sampai 30,6 ppt dengan rata-rata 15,94 ppt. Rendahnya salinitas air tambak sebagai aki-

bat pengambilan contoh air yang dilakukan pada musim hujan. Suhu air tambak relatif bervariasi dari 25,53°C sampai 37,15°C (Tabel 2). Suhu air yang tinggi terukur pada tambak yang airnya sangat dangkal (kurang dari 10 cm). Suhu air yang layak untuk budidaya udang windu berkisar antara 26°C sampai 32°C (Poernomo, 1988) serta antara 13°C sampai 33°C (Poxton, 2003) dan optimumnya antara 29°C sampai 30°C (Poernomo, 1988). Suhu air 25°C-30°C adalah suhu yang baik untuk budidaya udang windu (Blanco, 1972; Chen, 1972).

Oksigen terlarut sangat esensial bagi pernapasan dan merupakan salah satu komponen utama dalam metabolisme akuatik. Kebutuhan organisme akan oksigen terlarut sangat bervariasi bergantung kepada jenis,

Tabel 2. Kualitas air di tambak Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan

Table 2. Water quality in brackishwater ponds in East Luwu Regency South Sulawesi Province

Peubah Variables	Minimum	Maksimum Maximum	Rata-rata Average	Standar deviasi Standard deviation
Suhu ( <i>Temperature</i> ) (°C)	25.53	37.15	29.91	2.384
Salinitas ( <i>Salinity</i> ) (ppt)	0.50	30.60	15.90	7.45
Oksigen terlarut <i>Dissolved oxygen</i> (mg/L)	1.32	19.51	7.11	2.975
pH	4.32	9.36	6.6	1.084
NH <sub>3</sub> (mg/L)	0.0145	5.3741	0.7425	1.02188
NO <sub>2</sub> (mg/L)	0.0021	0.9332	0.0492	0.15987
NO <sub>3</sub> (mg/L)	0.0005	17.309	1.1233	3.07885
PO <sub>4</sub> (mg/L)	0.0033	3.6438	0.3046	0.54573
Fe (mg/L)	0.0002	0.6092	0.0132	0.07641
SO <sub>4</sub> (mg/L)	4.849	105.7	58.173	22.2852
Bahan organik total <i>Total organic matter</i> (mg/L)	23.88	45.73	36.65	3.453
Ni (mg/L)	0.01	0.17	0.11	0.032

stadium, dan aktivitasnya. Oksigen terlarut air tambak di Kabupaten Lutim berkisar 4,32 sampai 9,36 mg/L dengan rata-rata 7,11 mg/L. Dalam hal ini, oksigen terlarut air tambak di Kabupaten Lutim tergolong sesuai untuk budidaya tambak. Pada kandungan oksigen terlarut antara 1,5 sampai 3,5 mg/L dapat menyebabkan pertumbuhan serta konsumsi pakan dan efisiensi pakan pada udang windu menjadi rendah (Tsai, 1989). Batas oksigen terlarut untuk udang windu adalah 3–10 mg/L dan optimum 4–7 mg/L (Poernomo, 1988).

Batas toleransi organisme akuatik terhadap pH bervariasi dan dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain: suhu oksigen terlarut, alkalinitas, dan adanya anion dan kation serta jenis dan stadium organisme. Kisaran pH yang baik untuk udang windu adalah 7,5–8,7 dengan optimum 8,0–8,5 (Poernomo, 1988). Menurut Swingle (1968), pada umumnya pH air yang baik bagi organisme akuatik adalah 6,5–9,0; pada pH 9,5–11,0 dan 4,0–6,0 mengakibatkan produksi rendah dan jika lebih rendah dari 4,0 atau lebih tinggi 11,0 akan meracuni organisme akuatik.

Amonia dapat berada dalam bentuk molekul (NH<sub>3</sub>) atau bentuk ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, di mana NH<sub>3</sub> lebih beracun daripada NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Poernomo, 1988). Kandungan amonia air tambak Kabupaten

Lutim berkisar antara 0,0145 sampai 5,3741 mg/L dengan rata-rata 0,7425 mg/L. Kandungan NH<sub>3</sub> 0,05–0,20 mg/L sudah menghambat pertumbuhan organisme akuatik pada umumnya. Apabila kandungan NH<sub>3</sub> lebih dari 0,2 mg/L, perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan (Sawyer & McCarty, 1978). Liu (1989) dan Chanratchakool *et al.* (1995) menyatakan bahwa kandungan amonia yang diperkenankan untuk budidaya udang windu adalah kurang dari 0,1 mg/L. Berdasarkan informasi yang ada menunjukkan bahwa kandungan amonia air tambak Kabupaten Lutim tergolong tinggi.

Kandungan fosfat (PO<sub>4</sub>) air di kawasan pertambakan Kabupaten Lutim berkisar antara 0,0033 sampai 3,6438 mg/L dengan rata-rata 0,3046 mg/L. Berdasarkan klasifikasi kesuburan perairan oleh Yoshimura (1966) dalam Liaw (1969), maka kandungan PO<sub>4</sub> ini tergolong perairan dengan tingkat kesuburan sangat tinggi. Kandungan PO<sub>4</sub> pada perairan alami berkisar antara 0,005 sampai 0,020 mg/L (UNESCO/WHO/UNEP, 1992 dalam Effendi, 2003).

Bahan organik total air menggambarkan kandungan bahan organik suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi dan koloid. Bahan organik di perairan terdapat

sebagai plankton, partikel-partikel tersuspensi dari bahan organik yang mengalami perombakan (detritus) dan bahan-bahan organik total yang berasal dari daratan dan terbawa oleh aliran sungai. Kandungan bahan organik total air di tambak Kabupaten Lutim berkisar antara 23,88 sampai 45,73 mg/L dengan rata-rata 36,36 mg/L. Menurut Reid (1961), perairan dengan kandungan bahan organik total lebih dari 26 mg/L adalah tergolong perairan yang subur. Hal ini sejalan dengan yang telah disebutkan sebelumnya bahwa air di tambak Kabupaten Lutim tergolong perairan dengan tingkat kesuburan sangat tinggi.

Kandungan Ni dalam air lebih rendah dibandingkan dalam tanah (Tabel 1 dan 2). Hal ini terjadi karena sifat dari logam berat termasuk Ni tersebut yang masuk ke dalam lingkungan air akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup dalam air. Pengendapan logam berat dalam air terjadi karena adanya anion karbonat hidroksil dan klorida. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar air dan berikatan dengan partikel-partikel tanah atau sedimen, sehingga kandungan logam berat dalam tanah atau sedimen lebih tinggi dibanding dalam air (Hutagalung, 1991). Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam tanah atau sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi tanah atau sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan tanah atau sedimen (Fardiaz, 1992).

Kandungan Ni dalam air di daerah pertambakan Kabupaten Lutim tergolong tinggi yaitu dengan rata-rata 0,11 mg/L. Hal ini sangat berhubungan dengan kandungan Ni tanah di tambak Kabupaten Lutim yang berkisar antara 1,45 sampai 365,12 mg/L (Tabel 2). Kandungan Ni pada perairan tawar alami adalah 0,001-0,003 mg/L (Scoullios & Hatzianestis, 1989 dalam Moore, 1991), sedangkan pada perairan laut berkisar antara 0,005 sampai 0,007 (McNeely *et al.*, 1979 dalam Moore, 1991). Selanjutnya Moore (1991) menyatakan bahwa untuk melindungi kehidupan organisme akuatik, kandungan Ni sebaiknya tidak melebihi 0,025 mg/L. Namun demikian, Ni termasuk unsur yang memiliki toksisitas rendah. Toksisitas Ni ( $EC_{50}$ ) terhadap *Lemma minor* adalah 0,45 mg/L (Effendi, 2003). Nilai  $LC_{50}$  Ni terhadap *Daphnia magna* adalah 19,5 mg/L, terhadap beberapa jenis ikan air tawar dan ikan

air laut berkisar antara 1 sampai 100 mg/L (Effendi, 2003).

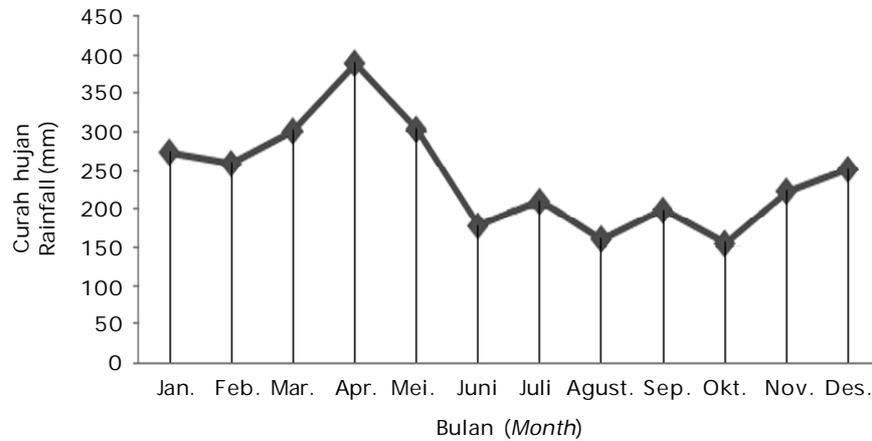
Telah dilaporkan sebelumnya oleh Mustafa *et al.* (1994) bahwa pasang surut di Kabupaten Lutim yang diukur di Kecamatan Malili mencapai 2,20 m. Poernomo (1988) berpendapat bahwa lokasi yang fluktuasi pasang surutnya sedang (kisaran maksimumnya antara 2 sampai 3 m dan rata-rata amplitudonya antara 1,1 sampai 2,1 m) adalah layak bagi pengelolaan tambak di kawasan intertidal. Kisaran pasang surut antara 1 sampai 3 m lebih baik dalam pengisian serta pengeringan dan pembuangan limbah dari dalam tambak (Chanratchakool *et al.*, 1995). Dengan demikian, pasang surut di kawasan pesisir Kabupaten Lutim tergolong ideal untuk budidaya udang windu di tambak.

### **Iklim**

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap kualitas air tambak adalah iklim, terutama curah hujan. Curah hujan bulanan di Kabupaten Lutim yang terukur di Kecamatan Malili disajikan pada Gambar 2 dan menunjukkan bahwa setiap bulan terjadi hujan dengan curah hujan melebihi 150 mm. Curah hujan bulanan yang rendah terjadi pada Juni sampai Oktober sedangkan curah hujan yang lebih tinggi terjadi pada bulan lainnya yaitu dari November sampai Mei. Curah hujan tahunan berkisar antara 1.895 sampai 3.758 mm dengan rata-rata 2.632 mm. Curah hujan yang baik untuk budidaya tambak adalah antara 1.500 sampai 2.500 mm/tahun (Mustafa *et al.*, 2011).

### **Kesesuaian Lahan**

Hasil analisis menunjukkan bahwa dari luas tambak yang ada di Kabupaten Lutim, ternyata 144,27 ha tergolong sangat sesuai (kelas S1), 2.555,67 ha tergolong cukup sesuai (kelas S2) dan 11.666,48 ha tergolong sesuai marjinal (kelas S3) (Gambar 3). Berdasarkan Pasal 27 Keppres Nomor 32 tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung dan kisaran pasang surut di Kabupaten Lutim maka lebar jalur hijau di tepi pantai sekitar 286 m dan berdasarkan Pasal 16 Keppres Nomor 32 tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung maka lebar jalur hijau di tepi kiri dan kanan sungai adalah 100 m. Pada Pasal 13 Penjelasan UU RI Nomor 31 (2004) dikatakan bahwa salah satu kawasan konservasi yang terkait dengan perikanan adalah mangrove. Hal ini juga sesuai dengan Pasal 6 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 tahun



Gambar 2. Curah hujan bulanan di kawasan pesisir Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan selama 12 tahun (1992-2003)

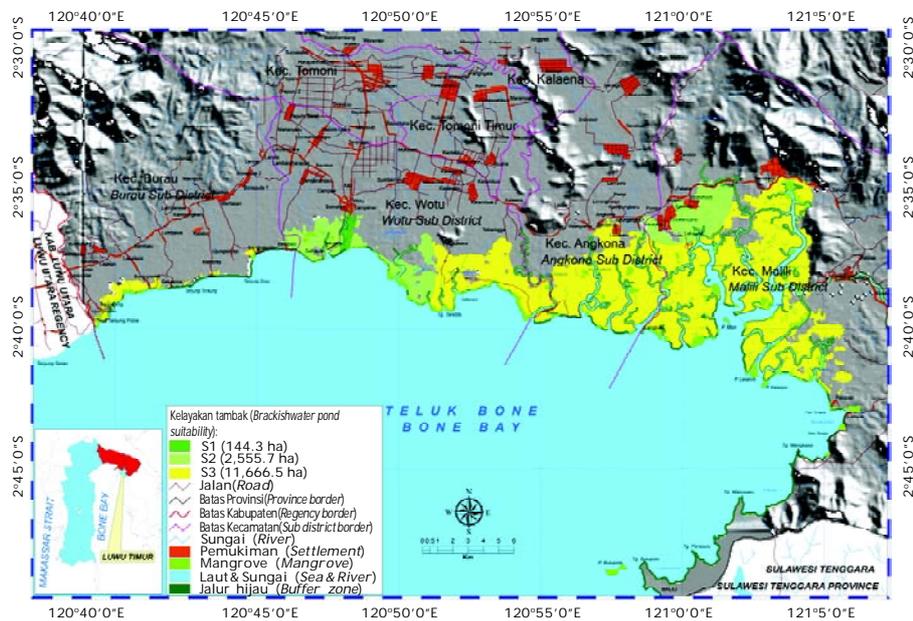
Figure 2. Monthly rainfall in coastal area of East Luwu Regency, South Sulawesi Province for 12 years (1992-2003)

2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional bahwa strategi untuk pencegahan dampak negatif kegiatan manusia yang dapat menimbulkan kerusakan lingkungan hidup yaitu melindungi kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi dan atau komponen lain yang dibuang ke dalamnya. Kesesuaian dengan penggunaan lain, keberadaan daerah penyangga, mengatur suatu keseimbangan yang sesuai antara luas mangrove dan tambak, memperbaiki disain tambak, mengurangi pergantian air serta meningkatkan waktu tinggal dari air, ukuran dan kemampuan untuk mengasimilasi limbah dari badan air adalah contoh-contoh dari cara untuk mengurangi pengaruh-pengaruh yang merugikan (Páez-Osuna, 2001).

Sebagai faktor pembatas utama kesesuaian lahan tambak di Kabupaten Lutim adalah potensi kemasaman tanah yang tinggi dan kandungan bahan organik yang juga tinggi. Tekstur tanah yang tergolong kasar termasuk tekstur tanah lempung berpasir dan pasir berlempung juga dapat menjadi faktor pembatas kesesuaian lahan tambak di Kabupaten Lutim, terutama untuk penerapan teknologi tradisional. Salinitas air yang rendah pada musim hujan juga dapat menjadi faktor pembatas kesesuaian lahan untuk budidaya tambak di Kabupaten Lutim.

Ketika tanah sulfat masam teroksidasi, maka terjadi penurunan pH lebih kecil dari 4,0. Akibat lebih lanjut, kelarutan unsur-unsur tok-

sik seperti Fe, Al, dan Mn menjadi lebih tinggi yang dapat mematikan organisme yang dibudidayakan termasuk udang windu di tambak (Mustafa & Suwardi, 1993; Alongi *et al.*, 1999; Sammut, 1999; Mustafa & Sammut, 2007). Pengelolaan lahan terutama tanah yang dapat dilakukan untuk menurunkan potensi kemasaman tanah adalah melalui remediasi baik berupa pengeringan, perendaman dan pembilasan tanah maupun melalui pengapuran. Selain perbaikan tanah, rekayasa tambak tepat dapat pula mengoptimalkan produksi di tambak tanah sulfat masam. Untuk mengurangi masuknya asam-asam organik dari pematang ke dalam tambak pada saat hujan (terutama setelah panas yang lama), maka pada tambak tanah sulfat masam sebaiknya pematang diberi *berm* dan ditanami rumput (Mustafa *et al.*, 1992; Mustafa, 2008). *Berm* berfungsi memperkuat kedudukan pematang dan melindungi pematang dari erosi yang diakibatkan oleh gerakan air dalam tambak dan pada tambak tanah sulfat masam berfungsi untuk menahan asam-asam organik yang tercuci dari atas pematang (Mustafa, 2008). Penanaman rumput pada pematang ini juga dapat mengurangi erosi pematang. Selain itu, untuk mengurangi masuknya asam-asam organik dari dalam tanah pematang tambak yang dibangun di tanah sulfat masam, disarankan melakukan pengapuran berlapis atau integrasi kapur ke dalam tanah pematang pada saat pembuatan pematang baru atau rekonstruksi pematang.



Gambar 3. Peta kesesuaian lahan aktual tambak di Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan

Figure 3. Actual land suitability map of brackishwater pond in East Luwu Regency South Sulawesi Province

Tekstur tanah yang tergolong kasar termasuk tekstur tanah berpasir juga dapat menjadi faktor pembatas kesesuaian lahan tambak di Kabupaten Lutra, terutama untuk penerapan teknologi tradisional. Tambak dengan tekstur tanah kasar sangat sulit untuk penumbuhan klekap yang merupakan makanan penting bagi organisme yang dibudidayakan dengan teknologi tradisional. Tambak dengan tanah bertekstur kasar seperti pasir berlempung dan pasir memiliki tingkat porositas yang tinggi, sebagai akibatnya tambak tidak bisa menahan air. Tanah tambak sering dijumpai bertekstur halus dengan kandungan liat minimal 20–30% untuk menahan peresapan ke samping (Boyd, 1995). Tekstur tanah yang baik untuk tambak adalah: liat, lempung berliat, lempung liat berdebu, lempung berdebu, lempung, dan lempung liat berpasir (Ilyas *et al.*, 1987).

Salinitas air yang sangat rendah pada musim hujan dapat menjadi faktor pembatas kesesuaian lahan untuk budidaya udang windu di tambak di Kabupaten Lutim. Udang windu merupakan organisme eurihaline, namun karena dibudidayakan untuk tujuan komersial, kisaran salinitas yang optimum perlu diper-

tahankan. Udang windu mampu menyesuaikan diri terhadap salinitas 3–45 ppt, namun untuk pertumbuhan optimum diperlukan salinitas 15–25 ppt (Poernomo, 1988), 10–30 ppt (Chanratchakool *et al.*, 1995), 20–30 ppt (Chiang *et al.*, 1989), dan 15–25 ppt (Liu, 1989). Pada lokasi yang tergolong sangat sesuai disarankan untuk melakukan budidaya udang windu secara tradisional plus dan semi-intensif, pada lokasi yang tergolong cukup sesuai disarankan melakukan budidaya udang windu secara tradisional dan pada lokasi yang kurang sesuai melakukan polikultur antara udang windu dengan bandeng dan atau nila serta rumput laut. Pada musim hujan disarankan untuk tidak melakukan budidaya rumput laut, termasuk polikultur dengan komoditas lainnya pada daerah yang bersalinitas kurang dari 15 ppt. Rumput laut tumbuh optimum pada salinitas 25 ppt (Lin, 1974; Tseng & Borowitzka, 2003) dan antara 18 sampai 30 ppt (Chen, 1976) serta 15 sampai 25 ppt (Anonymous, 1991). Khusus untuk tambak di pantai timur Sulawesi Selatan, termasuk Kabupaten Lutim dijumpai rumput laut tumbuh optimum pada salinitas 25,6 ppt (Mustafa *et al.*, 2007b).

## KESIMPULAN

Kabupaten Luwu Timur memiliki karakteristik tanah yang selain didominasi oleh tanah sulfat masam juga tanah sulfat masam yang berasosiasi dengan tanah gambut. Tanah sulfat masam di kabupaten ini memiliki potensi kemasaman dan unsur-unsur beracun yang tinggi dan sebaliknya unsur hara makro yang rendah. Tekstur tanah umumnya tergolong pasir berlempung dan lempung berpasir. Dari luas tambak yang di Kabupaten Luwu Timur, ternyata 144,27 ha tergolong sangat sesuai (kelas S1), 2.555,67 ha tergolong cukup sesuai (kelas S2) dan 11.666,48 ha tergolong sesuai marjinal (kelas S3).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Sitti Rohani atas bantuan pengukuran dan pengambilan dan analisis contoh air, Muhammad Arnold, dan Darsono atas bantuan pengukuran dan pengambilan contoh tanah serta Rosiana Sabang, Kamariah, dan Rahmiyah atas bantuan analisis kualitas tanah.

## DAFTAR ACUAN

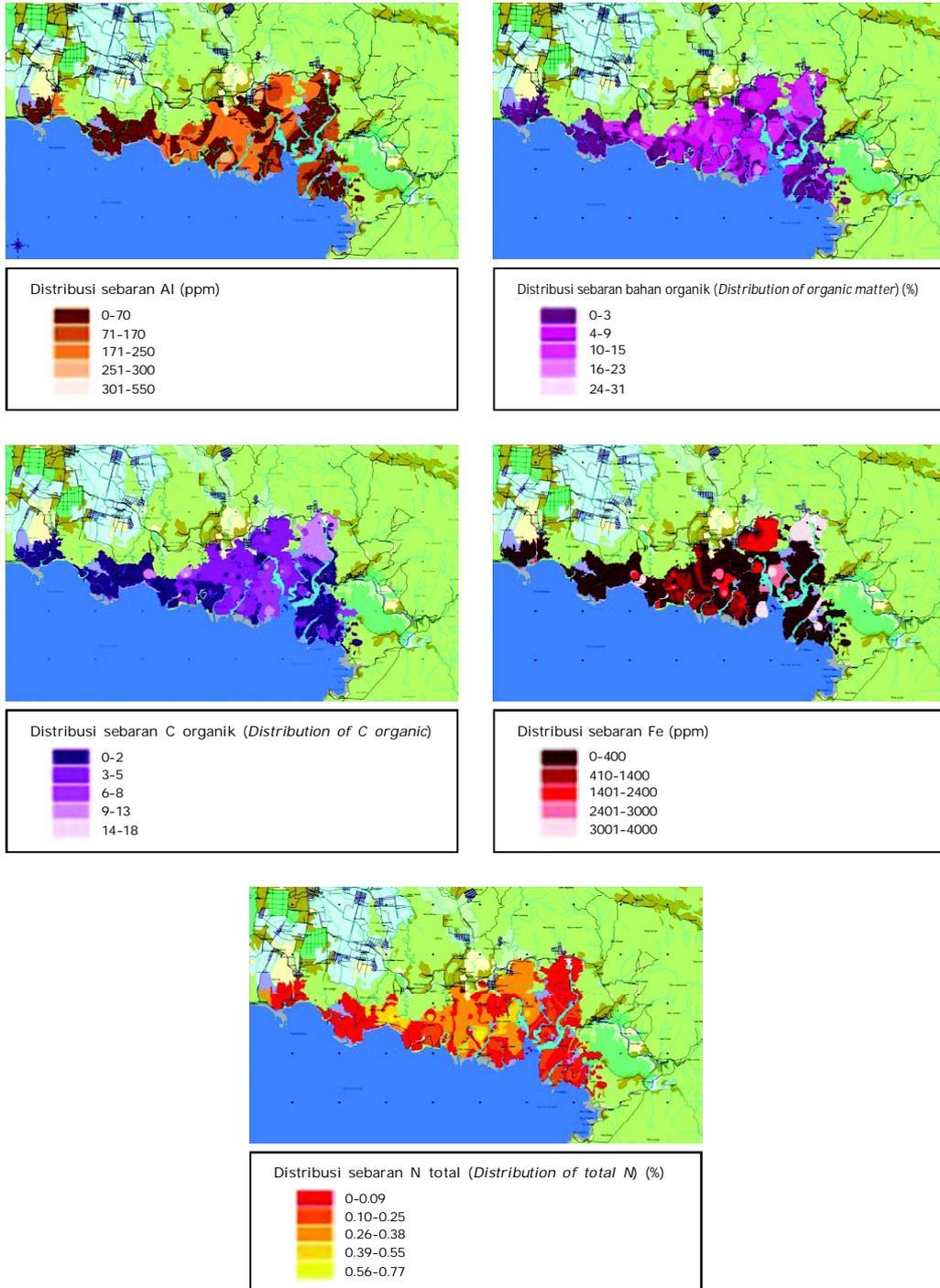
- Ahern, C.R. & Blunden, B. 1998. Designing a soil sampling and analysis program. In: Ahern, C.R., Blunden, B., & Stone, Y. (eds.), *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Acid Sulfate Soil Management Advisory Committee, Wollongbar, NSW. p. 2.1-2.6.
- Ahern, C.R., McElnea, A., & Baker, D.E. 1998a. Peroxide oxidation combined acidity and sulfate. In: Ahern, C.R., Blunden, B., & Stone, Y. (eds.), *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Acid Sulfate Soil Management Advisory Committee, Wollongbar, NSW, p. 4.1-4.17.
- Ahern, C.R., McElnea, A., & Baker, D.E. 1998b. Total oxidisable sulfur. In: Ahern, C.R., Blunden, B., & Stone, Y. (eds.), *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Acid Sulfate Soil Management Advisory Committee, Wollongbar, NSW, p. 5.1-5.7.
- Ahern, C.R. & Rayment, G.E. 1998. Codes for acid sulfate soils analytical methods. In: Ahern, C.R., Blunden, B., & Stone Y. (eds.), *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Acid Sulfate Soil Management Advisory Committee, Wollongbar, NSW. p. 3.1-3.5.
- Alongi, D.M., Tirendi, F., & Trott, L. A. 1999. Rates and pathways of benthic mineralization in extensive shrimp ponds of the Mekong delta, Vietnam. *Aquaculture*, 175: 269-292.
- Anonim. 2008. *Kebangkitan Budidaya Udang Windu di Sulsel tahun 2008*. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan, Makassar, 18 hlm.
- Anonim. 2009. *Laporan Statistik Perikanan Sulawesi Selatan, 2008*. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sulawesi Selatan, Makassar, 243 hlm.
- Anonymous. 1991. Mariculture of seaweeds. In: Shokita, S., Kakazu, K., Tomori, A., and Toma, T. (eds.), *Aquaculture in Tropical Areas*. Midori Shobo Co., Ltd., Tokyo, p. 31-95.
- APHA (American Public Health Association). 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. APHA-AWWA-WEF, Washington, DC, 1185 pp.
- Blanco, G.J. 1972. Fish seed production for intensive coastal aquaculture in the Indo-Pacific Region. In: Pillay, T.V.R. (ed.), *Coastal Aquaculture in the Indo-Pacific Region*. Fishing News (Books) Ltd., London, p. 195-207.
- Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- Boyd, C.E. 1995. *Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture*. Chapman and Hall, New York, 348 pp.
- Chanratchakool, P., Turnbull, J.F., Funge-Smith, S., Limsuwan, C. 1995. *Health Management in Shrimp Ponds*. Second edition. Aquatic Animal Health Research Institute, Department of Fisheries, Kasetsart University Campus, Bangkok, 111 pp.
- Chen, T.P. 1972. Fertilization and feeding in coastal fish farms in Taiwan. In: Pillay, T.V.R. (ed.), *Coastal Aquaculture in the Indo-Pacific Region*. Fishing News (Books) Ltd., London, p. 410-437.
- Chen, T.P. 1976. Culture of Gracilaria. In: *Aquaculture Practices in Taiwan*. Page Bros., London, p. 145-149.
- Chiang, P.D.-M., Kuo, C.-M., & Liu, C.-F. 1989. Pond preparation for shrimp growout. In: Akiyama, D.M. (ed.), *Proceedings of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop*. American Soybean Association, Singapore, p. 48-55.
- Dengüz, O., Bayramün, Ü., & Ksel, M.Y. 2003. Geographic information system and re-

- remote sensing based land evaluation of Bepazarı area soils by ILSEN Model. *Turk J. Agric. For.*, 27: 145-153.
- DKP (Departemen Kelautan dan Perikanan). 2005. *Revitalisasi Perikanan Budidaya*. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta, 275 hlm.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 258 hlm.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1976. A framework for land evaluation. In: *FAO Soil Bulletin* 32. Soil Resources Management and Conservation Service and Water Development Division, FAO, Rome, 72 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1985. Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture. In: *FAO Soil Bulletin* 55. Soil Resources Management and Conservation Service and Water Development Division, FAO, Rome, 231 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1998. Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. In: *FAO Land and Water Bulletin* 5. FAO, UNDP, UNEP, and World Bank, Rome, 208 pp.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 192 hlm.
- Hasnawi & Mustafa, A. 2010. Karakteristik, kesesuaian, dan pengelolaan lahan untuk budidaya tambak di Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 5(3): 449-463.
- Hossain, M.S. & Das, N.G. 2010. GIS-based multi-criteria evaluation to land suitability modelling for giant prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in Companigonj Upazila of Noakhali, Bangladesh. *Computers and Electronics in Agriculture* 70(1): 172-186.
- Hutagalung, H.P. 1991. Pencemaran laut oleh logam berat. Dalam: Kurnarso, D.H. & Ruyitno (eds.), *Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, hlm. 45-60.
- Ilyas, S., Cholikh, F., Poernomo, A., Ismail, W., Arifudin, R., Daulay, T., Ismail, A., Koesoemadinata, S., Rabegnatar, I N.S., Soepriyadi, H., Suharto, H.H., Azwar, Z.I., & Ekowardoyo, S. 1987. *Petunjuk Teknis bagi Pengoperasian Unit Usaha Pembesaran Udang Windu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta, 100 hlm.
- Karthik, M., Suri, J., Saharan, N., & Biradar, R.S. 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacultural Engineering*, 32: 285-302.
- Liaw, W.K. 1969. Chemical and biological studies of fish ponds and reservoirs in Taiwan, Rep. Fish Culture Res. Fish Series, Chin, Am. Joint Commission on Rural Reconstruction, 7: 1-43.
- Lin, M.N. 1974. *Culture of Gracilaria*. Fish Research Institute, Keelung, Taipei, p. 1-8.
- Liu, C.-I. 1989. Shrimp disease, prevention and treatment. In: Akiyama, D.M. (ed.), *Proceedings of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop*. American Soybean Association, Singapore, p. 64-74.
- Menon, R.G. 1973. *Soil and Water Analysis: A Laboratory Manual for the Analysis of Soil and Water*. Proyek Survey O.K.T. Sumatera Selatan, Palembang, 190 pp.
- Moore, J.W. 1991. *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer-Verlag, New York. 334 pp.
- Muir, J.F. & Kapetsky, J.M. 1988. Site selection decisions and project cost: the case of brackish water pond systems. In: *Aquaculture Engineering Technologies for the Future*. Hemisphere Publishing Corporation, New York, p. 45-63.
- Mustafa, A. 2008. Desain, tata letak dan konstruksi tambak. *Media Akuakultur* 3(2): 166-174.
- Mustafa, A., Hanafi, A., & Ahmad, T. 1992. Pengelolaan kawasan hutan mangrove untuk budidaya tambak. Dalam: Sunarno, S., Mansur, H., Rachmansyah, Mustafa, A., dan Hanafi, A. (eds.), *Prosiding Lokakarya Ilmiah Potensi Sumberdaya Perikanan Maluku*. Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai, Maros, hlm. 124-133.
- Mustafa, A., Hanafi, A., Pantjara, B., & Suwardi. 1994. Karakteristik lahan mangrove di Delta Tampinna, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan. Dalam: Mansur, H., Rachmansyah, Atmomarsono, M., dan Mustafa, A. (eds.), *Risalah Seminar Hasil Penelitian Perikanan Budidaya Pantai*. Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai, Maros, hlm. 95-105.
- Mustafa, A., Rachmansyah, & Hanafi, A. 2007a. Kelayakan Lahan untuk Budi Daya Per-

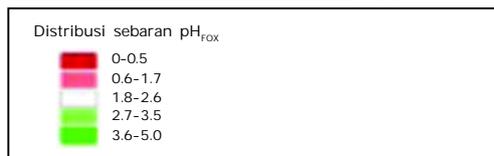
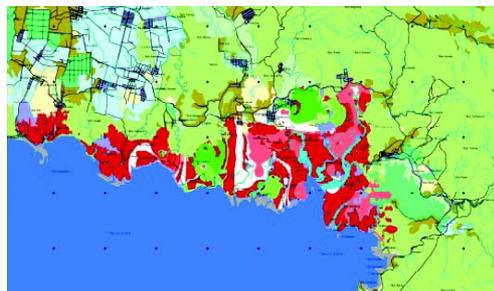
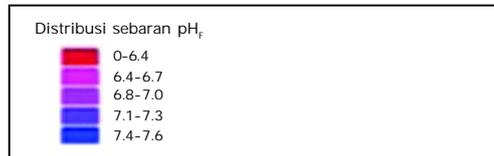
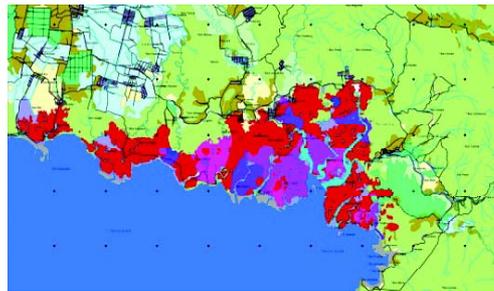
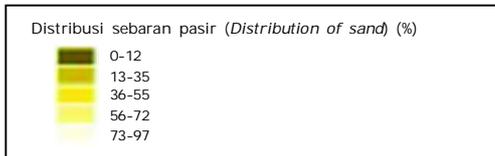
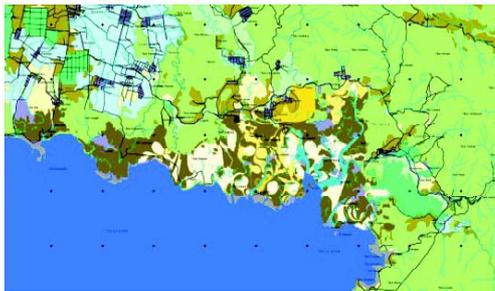
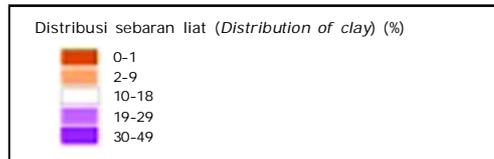
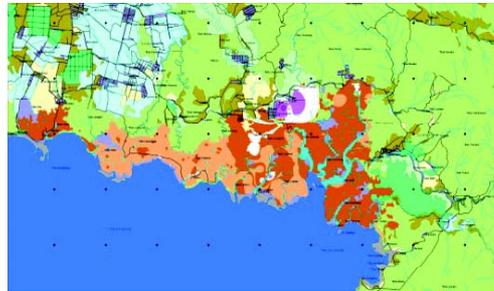
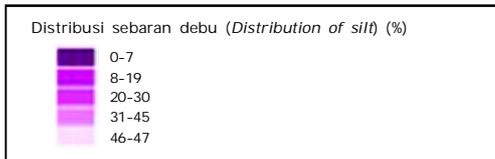
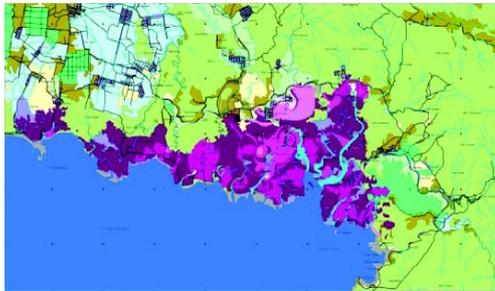
- ikanan Pesisir. *Dalam*: Kumpulan Makalah Bidang Riset Perikanan Budidaya. Disampaikan pada Simposium Kelautan dan Perikanan pada tanggal 7 Agustus 2007 di Gedung Bidakara, Jakarta. Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta, 28 hlm.
- Mustafa, A., Radiarta, I.N., & Rachmansyah. 2011. Profil dan Kesesuaian Lahan Akuakultur Mendukung Minapolitan. Diedit: Sudradjat, A. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya, Jakarta, 91 hlm.
- Mustafa, A. & Sammut, J. 2007. Effect of different remediation techniques and dosages of phosphorus fertilizer on soil quality and klekap production in acid sulfate soil-affected aquaculture ponds. *Indonesian Aquaculture Journal*, 2(2): 141-157.
- Mustafa, A., Sapo, I., Hasnawi, & Sammut, J. 2007b. Hubungan antara faktor kondisi lingkungan dan produktivitas tambak untuk penajaman kriteria kelayakan lahan: 1. Kualitas air. *Jurnal Riset Akuakultur*, 2(3): 289-302.
- Mustafa, A. & Suwardi. 1993. Pemberian kapur pertanian dan limbah pabrik kertas Gowa di tambak masam untuk budidaya udang windu, *Penaeus monodon*. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*, 9(3): 81-96.
- Páez-Osuna, F. 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. *Environmental Management*, 28(1): 131-140.
- Parsons, T.R., Maita, Y., & Lalli, C.M. 1989. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- Pérez, O.M., Ross, L.G., Telfer, T.C., & del Campo Barquin, L.M. 2003. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS. *Aquaculture*, 224: 51-68.
- Poernomo, A. 1988. *Pembuatan Tambak Udang di Indonesia*. Seri Pengembangan No. 7. Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai, Maros, 30 hlm.
- Poxton, M. 2003. Water quality. *In*: Lucas, J.S. and Southgate, P.C. (eds.), *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plans*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, p. 47-73.
- Purwadhani, F.S.H. 1999. Sistem Informasi Geografis. *Dalam*: Suharmanto, Tjinda, F., Yulmontoro, S., Arisdyo, I.L., Ginting, R., & Effendi, A. (eds.), *Pengantar Teknologi, Aplikasi Penginderaan Jauh Satelit dan Sistem Informasi Geografi*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, hlm. 367-494.
- Rajitha, K., Mukherjee, C.K., & Chandran, R.V. 2007. Applications of remote sensing and GIS for sustainable management of shrimp culture in India. *Aquacultural Engineering*, 36: 1-17.
- Reid, G.K. 1961. *Ecology in Inland Waters and Estuaries*. Chapman & Hall Ltd., New York, Reinhold Publishing Corporation, London, 375 pp.
- Ritung, S., Wahyunto, Agus, F., & Hidayat, H. 2007. *Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arahana Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia, 39 hlm.
- Rossiter, D.G. 1996. A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, 72: 165-202.
- Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234-281.
- Salam, M.A., Ross, L.G., & Beveridge, C.M.M. 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modeling. *Aquaculture*, 220: 477-494.
- Sammut, J. 1999. Amelioration and management of shrimp ponds in acid sulfate soils: key researchable issues. *In*: Smith, P.T. (ed.), *Towards Sustainable Shrimp Culture in Thailand and the Region*. ACIAR Proceedings No. 90. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, p. 102-106.
- Sawyer, C.N. & McCarty, P.L. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. Third edition. McGraw-Hill Book Company, New York, 532 pp.
- Sulaeman, Suparto, & Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Diedit oleh: Prasetyo, B. H., Santoso, D. dan Widowati, L.R. Balai Penelitian Tanah, Bogor, 136 hlm.
- Swingle, H.S. 1968. Standardization of chemical analysis for waters and pond muds. *FAO Fisheries Report*, 44(4): 397-406.
- Treece, G.D. 2000. Site selection. *In*: Stickney, R.R. (ed.), *Encyclopedia of Aquaculture*. John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 869-879.
- Tsai, C.-K. 1989. Water quality management. *In*: Akiyama, D.M. (Ed.), *Proceedings of the*

- Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop*. American Soybean Association, Singapore, p. 56-63.
- Tseng, C.K. & Borowitzka, M. 2003. Algae culture. *In: Lucas, J.S. and P.C. Southgate (eds.), Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, p. 253-275.
- van Dieven, C.A., van Keulen, H., Wolf, J., & Berkhout, J.A.A. 1991. Land evaluation: from intuition to quantification. *In: Stewart, B.A. (ed.), Advances in Soil Science*. Springer, New York. p. 139-204.
- Young, A. 1987. Distinctive features of land use planning for agriforestry. *Soil Survey and Land Evaluation*, 7: 133-140.

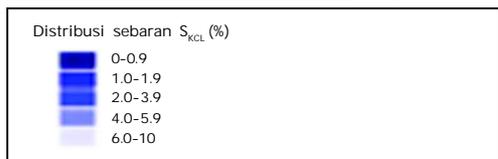
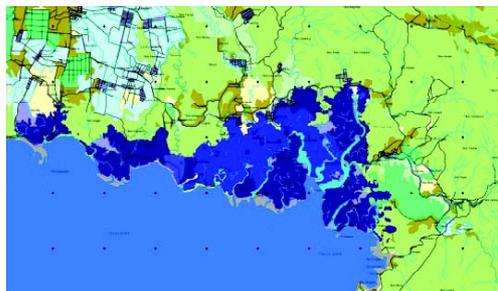
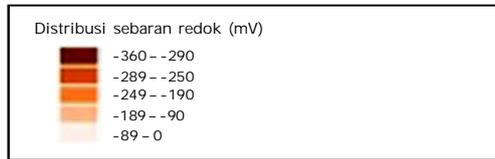
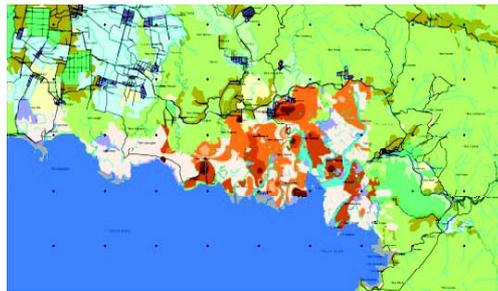
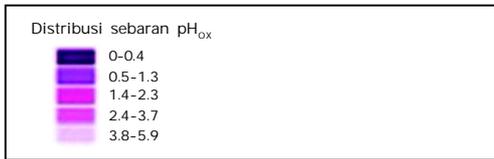
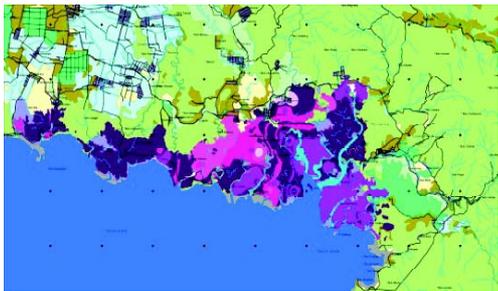
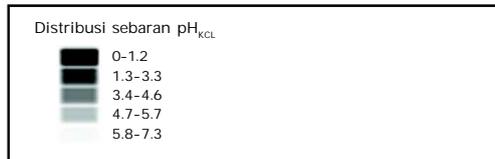
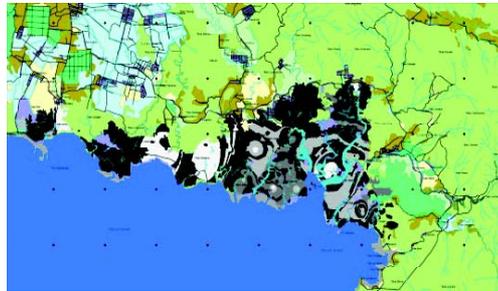
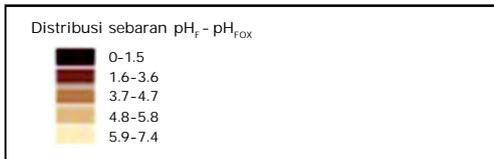
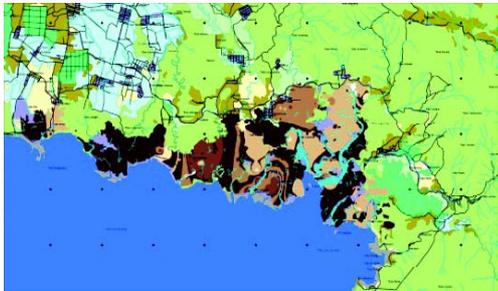
Lampiran. Peta distribusi kualitas tanah di tambak Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan  
 Appendix. Distribution maps of soil quality in brackishwater pond of East Luwu Regency, South Sulawesi Province



Lanjutan Lampiran (Appendix continued)



Lanjutan Lampiran (Appendix continued)



Lanjutan Lampiran (Appendix continued)

