

EVALUASI RINCI KARAKTERISTIK DAN TINGKAT KESESUAIAN LAHAN TAMBAK DI KECAMATAN BALUSU KABUPATEN BARRU PROVINSI SULAWESI SELATAN

Tarunamulia dan Akhmad Mustafa

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau
Jl. Makmur Dg. Sitakka-Maros, Sulawesi Selatan 9051
E-mail: tarunamulia@yahoo.com

(Naskah diterima: 9 September 2008; Disetujui publikasi: 30 September 2009)

ABSTRAK

Upaya peningkatan produksi tambak yang optimal dan berkelanjutan mutlak didukung oleh informasi karakteristik lahan yang rinci dan mudah diinterpretasi oleh berbagai *stakeholder*. Ketersediaan informasi spasial tambak di berbagai daerah di Indonesia utamanya masih diperuntukkan bagi kebutuhan umum perencanaan tata ruang wilayah pesisir dan pantai tingkat provinsi dan kabupaten. Dengan demikian data tersebut tentunya belum memuat informasi yang berhubungan langsung dengan upaya pengelolaan dan peningkatan produktivitas lahan tambak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan menilai tingkat kesesuaian secara rinci lahan tambak pada salah satu kawasan tambak di Kecamatan Balusu Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan melalui analisis spasial. Informasi spasial secara rinci yang meliputi tata letak tambak dan saluran tambak termasuk penggunaan lahan di sekitar tambak diekstrak dari citra satelit resolusi tinggi Quickbird akuisisi tahun 2007. Pengambilan sampel tanah tambak mengikuti metode acak bertingkat (*Stratified random sampling*) pada wilayah pertambakan. Hasil analisis spasial peubah kimia tanah yang secara rinci dikelompokkan menurut peubah yang mewakili tingkat kemasaman dan kesuburan tanah menunjukkan bahwa hamparan tambak eksisting umumnya memiliki karakteristik tanah yang masam dengan tingkat kesuburan yang rendah. Lebih lanjut diketahui bahwa dari total lahan tambak 548,33 ha yang disurvei; 260,6 ha lahan tersebut berkategori kurang layak; 283,3 ha layak; dan hanya sekitar 4,43 ha yang berkategori sangat layak. Namun demikian 52,47% lahan yang berstatus layak hingga sangat layak tersebut juga masih dapat berubah status menjadi kurang layak dengan adanya batasan aspek hidrologis, utamanya tingkat ketersediaan air yang mengandalkan jaringan saluran tambak.

KATA KUNCI: karakteristik, kelayakan, tambak, Sulawesi Selatan

ABSTRACT: *Detailed assessment of characteristics and suitability of coastal areas used for brackishwater aquaculture in Balusu Sub-district Barru Regency, South Sulawesi. By: Tarunamulia and Akhmad Mustafa*

The current national plan to increase shrimp production to the optimum and sustainable level must be supported by adequate and accurate information on detailed spatial characteristics of coastal areas. The spatial characteristics must also be interpretable or readable to most aquaculture stakeholders. However, the existing available spatial information of land-based aquaculture in most of regions in Indonesia is so far only employed for the global spatial planning of coastal areas (provincial and regency level). In fact, the available information does not have enough detail if it

is intended for pond management and engineering applications with respects to upgrading pond productivity. The purpose of this study was to understand the detailed soil characteristics and to assess the level of suitability of the existing brackishwater pond areas in Balusu Sub-district Barru Regency, South Sulawesi with the application of spatial analysis. The detailed spatial information comprising pond layout, canal network and adjacent land use/land cover around the pond unit area was extracted from quickbird satellite imagery acquired in 2007. Soil samples were collected following a stratified random sampling method over shrimp farming areas. Output of spatial analysis of chemical soil variables that were divided into variables representing the level of soil acidity and variables indicating soil fertility showed in general that most of the pond units have high level of soil acidity and can be categorized as marginal land with low level of soil fertility. Furthermore, the analysis showed that from 548.33 ha area of surveyed fish pond areas, 260.6 ha were categorized as less suitable, 283.3 ha were suitable, and only 4.43 ha were in the category of highly suitable. Although there were 52.47% of the total area classified in the category of suitable to highly suitable, the status might switch to less suitable if there is not enough attention paid onto the existing limiting factors such as the less optimal function of the present canal networks as the main source of tide-water supply for all pond units.

KEYWORDS: *characteristics, suitability, brackishwater aquaculture, South Sulawesi*

PENDAHULUAN

Kegiatan budidaya tambak air payau masih menjadi salah satu unggulan kegiatan perikanan budidaya di seluruh wilayah pantai di Indonesia. Di Sulawesi Selatan misalnya, pada periode 1999 hingga 2004 produksi tambak air payau berkontribusi rata-rata 42% dari total rata-rata 1.130.776 ton hasil perikanan budidaya (DKP, 2005). Namun demikian kondisi produksi pada sistem budidaya berbasis lahan tersebut telah mengalami pasang surut hal ini dapat dilihat dari grafik perkembangan produksi terutama dari komoditas udang windu dalam kurun waktu 1990 hingga tahun 2005 (Diskan-Sulsei, 2006). Penurunan produksi tambak khususnya dari komoditas udang windu secara nasional yang terjadi awal tahun 1990-an telah diresponi oleh berbagai kebijakan lokal dan nasional. Kegiatan tersebut antara lain adalah kegiatan peningkatan produksi perikanan budidaya untuk menunjang ekspor (PROPEKAN), peningkatan produksi perikanan budidaya untuk menunjang konsumsi masyarakat (PROGSIMAS) dan pengendalian sumberdaya perikanan budidaya (PROLINDA) (Diskan-Sulsei, 2006). Faktor utama yang diduga menjadi penyebab kegagalan panen yang berujung pada penurunan produksi tersebut antara lain adalah ketidaksesuaian lokasi tambak, menurunnya kualitas lingkungan kawasan budidaya dan serangan penyakit viral (DKP, 2003; Poernomo, 1982).

Dalam upaya peningkatan produksi tambak, kualitas lahan merupakan aspek penting yang harus diperhatikan. Kualitas lahan tersebut akan berpengaruh antara lain pada kecermatan pemilihan lokasi, pemilihan komoditas yang tepat dan strategi pengelolaan lahan yang tepat. Kualitas lahan itu sendiri dapat meliputi aspek fisika, kimia, biologis, dan sosial ekonomi (Anwar, 1990). Penelitian tentang kualitas lahan tambak telah banyak dilakukan akan tetapi hasilnya masih terbatas pada informasi global kualitas lahan tambak yang kadangkala membandingkan suatu peubah lingkungan tertentu untuk kabupaten atau bahkan provinsi yang berbeda, padahal kualitas lahan tidak berhubungan dengan batas administrasi.

Hingga saat ini informasi spasial yang tersedia di Indonesia umumnya hanya memuat informasi umum mengenai karakteristik lahan. Sebagai contoh peta tanah hanya tersedia hingga tingkat ketelitian 1:250.000 dan hanya memuat informasi yang merupakan gabungan dari dua atau lebih *order* atau *great group* yang dominan seperti pada tanah pantai biasanya ditemukan kategori tanah yang merupakan gabungan Sufaquent, Sulfihemist, dan sulfaquepts (Puslittanak, 2006). Begitupula peta elevasi lahan umumnya tersedia hanya pada tingkat ketelitian 1:25.000 dan 1:50.000 yang memuat informasi ketinggian dengan jarak kontur masing-masing 12,5 dan 25 meter. Padahal untuk kebutuhan pengelolaan lahan

tambak itu sendiri dibutuhkan informasi spasial yang lebih rinci. Informasi spasial yang lebih rinci tersebut setidaknya dapat digunakan antara lain untuk membantu estimasi jumlah agro *input* (kapur, pupuk, pestisida, dll.) yang diperlukan, estimasi kebutuhan air tambak, konstruksi petak tambak hingga untuk kebutuhan estimasi luasan hutan mangrove yang harus disisakan sebagai biofilter/zona penyangga (DKP, 2003). Dengan demikian tingkat ketelitian peta kualitas lahan harus meliputi ketelitian dalam dua dimensi (panjang atau luas) dan tiga dimensi (volume).

Sejak lima tahun terakhir terjadi perkembangan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dan telah mampu membantu tersedianya informasi spasial yang lebih rinci. Sebagai contoh citra Quickbird yang diluncurkan dan mulai beroperasi sejak bulan Oktober tahun 2001 mampu menyajikan informasi resolusi spasial tinggi dengan *band* multispektral (inframerah dekat) (4 m x 4 m), dan *band* pankromatik (1 m x 1 m) (DigitalGlobe, 2006; Jensen, 2007), sehingga petakan tambak serta jaringan saluran tambak akan nampak sangat jelas. Lebih lanjut kualitas informasi dari citra beresolusi spasial tinggi tersebut masih dapat ditingkatkan dengan integrasi sistem informasi geografis melalui penambahan informasi kualitas lahan pada liputan citra satelit tersebut. Namun demikian hingga saat ini keberadaan teknologi tersebut belum secara maksimal diadopsi dan dipraktikkan dalam dunia budidaya, padahal berbagai informasi yang terkandung didalamnya dapat digunakan secara langsung maupun tidak langsung untuk menjawab berbagai permasalahan teknis budidaya tambak air payau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara rinci karakteristik dan tingkat kesesuaian lahan tambak di Kecamatan Balusu Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan sebagai suatu uji coba pengaplikasian informasi spasial rinci untuk mendukung pengelolaan lahan tambak yang lebih optimal.

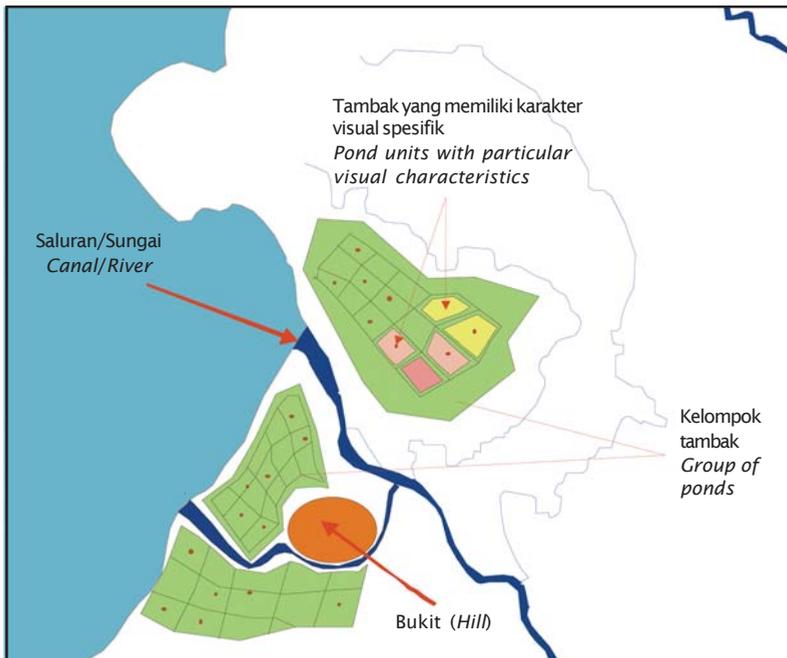
BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April hingga September tahun 2008 di lahan pertambakan Kecamatan Balusu Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. Peta dasar penggunaan dan penutup lahan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil klasifikasi citra satelit Quickbird akuisisi

28 Oktober 2006 dan 25 September 2007. Pengambilan sampel tanah tambak mengikuti metode sampling acak bertingkat (*Stratified random sampling*) pada wilayah pertambakan (Burrough & McDonnell, 1998). Dengan metode survei ini, dilakukan pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-0,2 meter dan 0,2-0,4 meter untuk setiap kelompok tambak yang memiliki karakteristik tertentu berdasarkan interpretasi visual hasil kombinasi natural band citra quickbird (kombinasi *band* 123) dengan memanfaatkan *software* ENVI 4.2 dan *image analysis* dalam ArcView 3.3. Kelompok tambak berkarakteristik spesifik tersebut dianggap sebagai stratum karena meskipun merupakan bagian dari sub-kelompok tambak yang menempati wilayah pantai yang sama akan tetapi dianggap berbeda dan sengaja dipisahkan karena terdapat pemisah alami yang diduga dapat mempengaruhi metode interpolasi yang akan diterapkan. Pemisah alami tersebut dapat berupa saluran/sungai, bukit atau pemukiman yang terdapat pada areal pertambakan. Skema penempatan titik sampling tersebut secara lebih jelas diilustrasikan pada Gambar 1 berikut.

Survai hidrologi dan topografi juga dilakukan dilakukan untuk melengkapi evaluasi kelayakan lahan. Survai hidrologi meliputi pasang surut dan kecepatan aliran air di saluran. Pasang surut diukur selama 15 piantan (hari pengamatan pasut) yang digunakan sebagai bidang referensi pengukuran elevasi lahan. Pengukuran kecepatan aliran air dalam saluran dilakukan bersamaan dengan pengukuran pasang surut sehingga didapatkan informasi kecepatan rata-rata aliran air pada saat pasang dan surut. Pengukuran elevasi lahan tambak dilakukan secara rinci mengikuti metode sipat datar luas dengan menggunakan theodolit tipe Nikon® Digital Theodolite NE-102 (Purworaharjo, 1986). Dari hasil pengukuran ini ditentukan status ketinggian dasar tambak relatif terhadap salah satu bidang referensi pasang surut seperti muka laut rata-rata (MLR).

Peubah kimia tanah yang diukur dikelompokkan menjadi dua bagian yakni peubah kimia tanah yang menunjukkan tingkat kemasaman lahan dan yang menunjukkan ketersediaan nutrien tanah. Peubah yang menunjukkan tingkat kemasaman lahan antara lain adalah pH_f (pH yang diukur langsung di lapangan dengan pH meter), pH_{FOX} (pH diukur



Gambar 1. Contoh penempatan titik *sampling* tanah mengikuti metode acak bertingkat

Figure 1. Soil sampling method following a stratified random sampling

di lapangan setelah sampel tanah diekstrak dengan H_2O_2 , 30%), TSA (S_{TSA}) (kemasaman total dari sulfur yang dianggap setara dengan pirit- FeS_2) dianalisis dengan metode SPOCAS (*Suspension Peroxide Oxidation Combined Acidity & Sulfur*) (Ahern *et al.*, 2005). Sedangkan peubah yang menunjukkan ketersediaan nutrisi adalah fosfat (%), nitrogen (%), dan karbon (%). Fosfat dalam bentuk P-tersedia ($P-PO_4$) tersebut dianalisis dengan metode Olsen dan Bray 1, di mana metode Olsen digunakan pada kondisi pH sampel tanah lebih besar dari 5,5 sedangkan metode Bray 1 jika pH lebih kecil dari 5,5. Total nitrogen (N-total) ditetapkan dengan metode Kjeldhal (Sulaeman *et al.*, 2005) dan bahan organik total (%) dianalisis dengan metode *ignition loss* (Melville, 1993).

Untuk masing-masing peubah kimia tanah tersebut dilakukan interpolasi dengan menggunakan metode kriging. Metode ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya hubungan spasial (*spatial relationship*) antara sampel-sampel tanah yang kadangkala diabaikan dalam metode statistik umum (Clark, 1979; Fortin & Dale, 2005). Hasil akhir berupa peta-peta

tematik masing-masing peubah kimia tanah yang menjadi data *input* dalam analisis kelayakan lahan.

HASIL DAN BAHASAN

Karakteristik Lahan Tambak Berdasarkan Analisis Spasial Rinci Peubah Kimia tanah

Tingkat kerincian informasi spasial citra Quickbird mampu menghasilkan informasi berupa perbedaan penampakan visual lahan tambak untuk grup atau lokasi tambak yang berbeda dan menjadi petunjuk awal dari kualitas lahan (Gambar 2). Perbedaan tersebut dapat diamati berdasarkan perbedaan warna atau posisi relatif lahan terhadap peubah geografis lainnya misalnya; sumber air (air laut, sungai, dan saluran) serta tipe penutup lahan. Sebagai contoh tambak yang memiliki kandungan bahan organik tanah tinggi (tanah gambut) diwakili oleh penampakan kelompok tambak yang berwarna coklat kehitam-hitaman dan posisinya berada pada atau dekat hutan mangrove. Karakteristik lain yang nampak dari algoritma natural (kombinasi band multispektral

1, 2, dan 3) citra Quickbird adalah warna dasar tambak yang cokelat kemerah-merahan yang mewakili kelompok tambak kurang produktif dengan tanah yang masam. Warna dasar tambak yang terang (putih) menunjukkan tambak kering dan kemungkinan susah mendapatkan pasokan air akibat ketinggiannya berada di atas pasang tinggi rata-rata. Jaringan saluran primer, sekunder, dan tersier dicirikan dengan pendangkalan pada berbagai bagian saluran dengan mulut saluran yang umumnya ditumbuhi oleh pohon bakau. Hasil klasifikasi awal ini mengindikasikan adanya permasalahan sehubungan dengan kualitas tanah khususnya kemasaman lahan dan ketersediaan hara/nutrien serta permasalahan hidrologi.

Pembahasan tentang aspek kualitas tanah di wilayah pertambakan tersebut akan lebih difokuskan pada kedua permasalahan kemasaman lahan dan ketersediaan nutrisi. Berdasarkan berbagai hasil penelitian terdahulu diketahui bahwa kedua aspek tersebut saling berhubungan satu dengan

yang lainnya karena suatu lahan yang masam akan mempengaruhi ketersediaan nutrisi. Sehingga lahan tambak yang memiliki tingkat kesuburan yang rendah biasanya dijumpai pada lahan-lahan tambak bertanah masam baik yang disebabkan oleh bahan organik seperti pada lahan bergambut maupun oleh mineral seperti tanah sulfat masam (Boyd & Wood, 2002). Namun demikian meskipun kedua permasalahan tersebut terlihat simpel, pada kenyataannya proses analisis dan interpretasi masing-masing permasalahan pokok tersebut membutuhkan peubah-peubah kimia indikator yang secara teknis sangat sulit dan kadangkala butuh waktu lama untuk penilaiannya.

Untuk masalah kemasaman lahan akibat keberadaan pirit (FeS_2) misalnya Ahern *et al.* (2005) telah mengidentifikasi berbagai peubah kimia utama yang dapat digunakan antara lain pH_f , pH_{FOX} , S_{POS} , TPA (total potensi kemasaman total), TAA (total kemasaman aktual), TSA (total kemasaman dari bahan sulfur/TPA-TAA). Sedangkan tingkat kesuburan lahan tambak itu



Gambar 2. Hasil kombinasi band multispektral citra Quickbird yang menunjukkan penampakan umum lahan pertambakan di Kecamatan Balusu

Figure 2. The composite of multispectral bands of Quickbird imagery showing the general condition of brackishwater pond areas in Balusu District

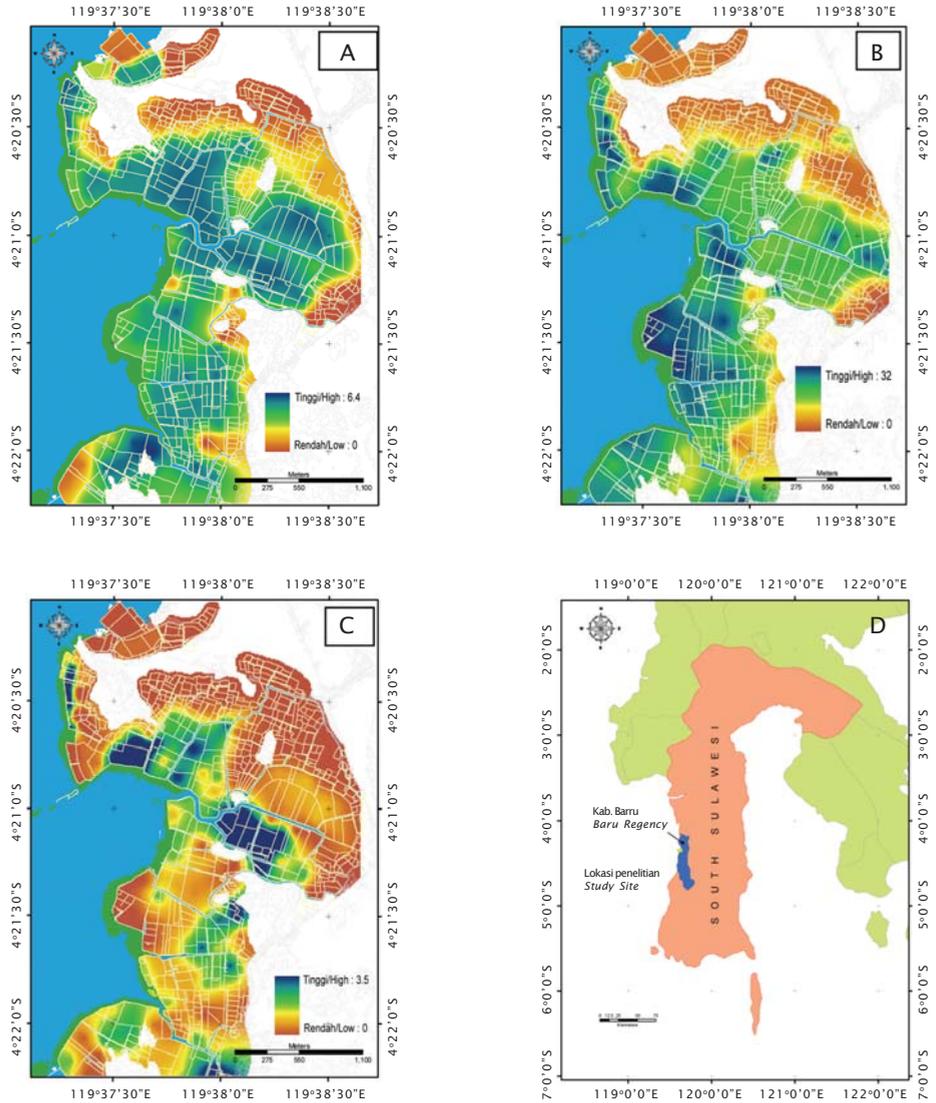
sendiri sangat tergantung produktivitas tanaman berklorofil dalam perairan atau dasar tambak (fitoplankton atau kelekap). Lebih lanjut untuk tumbuh dengan baik maka fitoplankton ataupun kelekap itu membutuhkan unsur hara esensial makro dan mikro. Yang termasuk dalam unsur hara makro ialah C, O, N, H, P, K, Ca, Mg, dan S, sedangkan unsur hara mikro ialah Cl, B, Fe, Mn, Zn, Co, dan Mo (O'Kelly, 1974; Andarias, 1991). Dalam pemilihan kriteria kualitas tanah untuk budidaya tambak, dipilih peubah yang besar pengaruhnya terhadap budidaya tambak tetapi peubah tersebut bersifat stabil atau agak sulit berubah. Mengingat rumitnya metode estimasi tingkat kemasaman lahan pada tambak yang berasosiasi dengan tanah sulfat masam maka untuk kebutuhan analisis spasial secara cepat selisih pH_F dan pH_{FOX} serta estimasi keberadaan pirit (FeS_2) dapat didekati dengan menggunakan peubah S_{TSA} (Tarunamulia, 2008; Ahern *et al.*, 2005). Sedangkan untuk ketersediaan nutrisi Boyd & Wood (2002) menyatakan bahwa dari berbagai unsur hara makro dan mikro tersebut maka dalam kegiatan budidaya tambak nitrogen (N) dan fosfor (P) merupakan faktor pembatas yang paling penting. Keseimbangan dan ketersediaan antara keduanya berpengaruh antara lain dalam pertumbuhan kelekap dan fitoplankton karena sering tersedia dengan jumlah yang terbatas dan dalam waktu yang singkat. Dengan demikian analisis spasial secara rinci pada pembahasan selanjutnya lebih menekankan pada penggunaan peubah selisih pH_F dan pH_{FOX} , S_{TSA} , dan bahan organik total untuk estimasi kemasaman lahan dan peubah P tersedia ($P-PO_4$) dan N (total N) untuk estimasi tingkat ketersediaan nutrisi/kesuburan lahan.

Analisis Spasial Secara Rinci Tingkat Kemasaman Tanah Tambak

Hasil analisis spasial tingkat kemasaman lahan tambak di Kecamatan Balusu ditampilkan dengan tiga peubah indikator pada Gambar 3. Model spasial distribusi tingkat kemasaman termasuk luasan untuk setiap kategori tingkat kemasaman antara peubah pH_F - pH_{FOX} (Gambar 3a) dan peubah BOT (Bahan organik total) (Gambar 3b) memiliki kemiripan yang tinggi, yang berbeda hanya pada wilayah pertambahan bagian selatan. Sedangkan wilayah tambak yang memiliki tingkat kemasaman yang tinggi dengan indikator S_{TSA}

memiliki wilayah yang lebih sempit dibandingkan dengan kedua peubah indikator lainnya. Kemiripan yang lebih tinggi antara peta tematik peubah pH_F - pH_{FOX} dengan peta tematik peubah BOT menunjukkan bahwa potensi kemasaman yang digambarkan oleh selisih pH_F dan pH_{FOX} dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik. Sedangkan lokasi dimana terdapat nilai S_{TSA} , pH_F - pH_{FOX} , dan BOT yang tinggi menunjukkan bahwa tingkat kemasaman tersebut lebih utama disebabkan oleh keberadaan senyawa pirit (FeS_2) dan juga berasosiasi dengan bahan organik. Pirit adalah senyawa yang kandungannya tergolong tinggi pada tanah sulfat masam. Dalam kondisi alami yaitu dalam keadaan tereduksi, keberadaan pirit tidak menimbulkan masalah dalam budidaya tambak. Akan tetapi, bila pirit tersebut terekspos udara karena digali untuk tambak maka akan menyebabkan terjadinya oksidasi pirit yang menyebabkan penurunan pH tanah secara drastis dan peningkatan kelarutan unsur toksik yang drastis pula dan sebagai akibat lanjut adalah rendahnya produktivitas tambak.

Untuk tanah dengan tingkat kemasaman tinggi (pH_F - $pH_{FOX} > 3,5$, $S_{TSA} > 0,9\%$) upaya pengelolaan akan sangat sulit dilakukan dan jika lahan yang memiliki karakter seperti itu sebaiknya tidak perlu dibuka menjadi tambak. Sedangkan untuk tambak berkategori kemasaman sedang (pH_F - $pH_{FOX} = 0,5-3,5$, $S_{TSA} = 0,1-0,9\%$) maka peningkatan produksi tambak masih dapat diupayakan melalui berbagai strategi remediasi antara lain dengan melakukan pengeringan, perendaman, pembilasan, dan pengapuran tanah yang dilakukan pada saat persiapan tambak atau sebelum pemupukan dan penebaran benur. Pengeringan tanah pelataran tambak dilakukan selama 2 minggu pada keadaan cuaca cerah. Selanjutnya tambak diisi air setinggi 0,4 m dengan air yang bersalinitas lebih tinggi (lebih besar 15 ppt) (Mustafa & Sammut, 2007). Perendaman dilakukan selama minimal 1 minggu dan selanjutnya dibuang dan diisi kembali seperti semula. Proses remediasi dapat dilakukan 2 sampai 3 kali hingga kondisi tanah lebih baik. Air hasil rendaman sebaiknya dibuang pada saat surut rendah. Tahap terakhir pada teknik remediasi adalah dengan melakukan pengapuran. Untuk jenis tanah ini kapur yang disarankan adalah kapur dolomit atau kapton dengan dosis yang tepat dan prioritas aplikasi dilakukan pada pematang tambak.



Gambar 3. Peta tematik peubah kimia indikator potensi kemasaman lahan tambak di Kecamatan Balusu (A= peta selisih pH_F dengan pH_{FOX} ; B= bahan organik total/%; dan C= $S_{TSA}/\%$)

Figure 3. Thematic maps of soil chemical variables describing potential acidity of pond soil in Balusu District (A= map of $pH_F - pH_{FOX}$; B= total organic matter/%; and C= $S_{TSA}/\%$)

Analisis Spasial Ketersediaan Nutrien

Peta perbandingan tingkat ketersediaan nutrien secara rinci yang diwakili oleh variabel total N dan $P-PO_4$ tersedia ditampilkan masing-masing pada peta tematik Gambar 4a dan 4b.

Pada gambar tersebut status kesuburan lahan tambak pada Kecamatan Balusu telah mampu ditampilkan hingga ketelitian menurut petakan tambak berdasarkan kedua peubah kunci kimia tanah tersebut. Berdasarkan analisis pendahuluan dengan menggunakan analisis statistik deskriptif diketahui nilai rata-

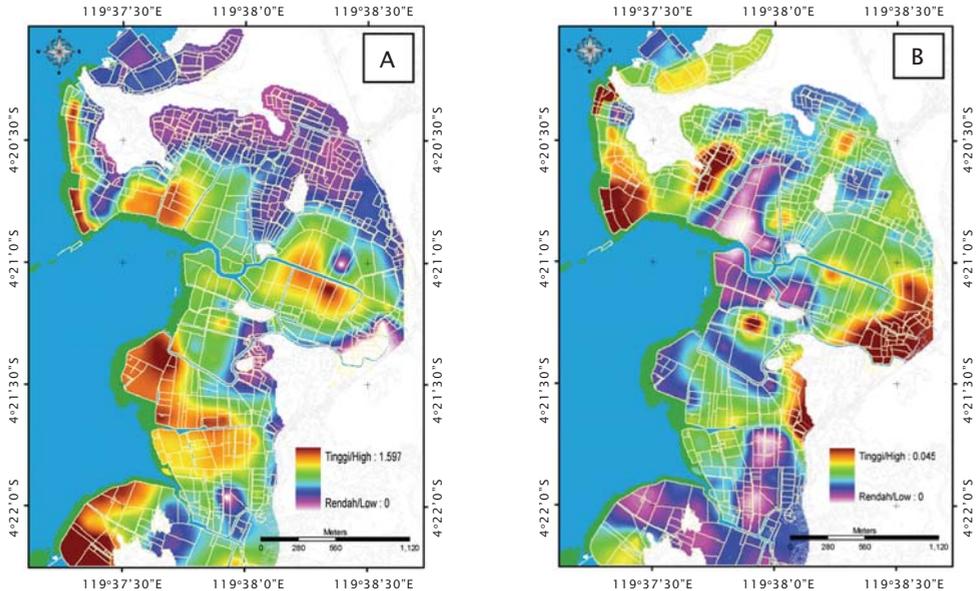
rata fosfat adalah 0,032 (\pm 0,018), sehingga status kesuburan lahan tambak di lokasi penelitian ini tergolong kurang baik. Kecenderungan yang berbeda ditunjukkan oleh total N yang tersedia dengan nilai rata-rata 0,56% (\pm 0,311) sehingga secara umum dapat dimasukkan dalam kategori cukup baik. Namun demikian nilai rata-rata untuk kedua peubah yang dianalisis secara konvensional dengan statistik deskriptif tersebut tidak dapat menunjukkan dimana nilai rata-rata tersebut berada dan berapa luas keberadaannya. Dari analisis spasial yang ditampilkan dalam bentuk peta tematik kedua peubah tersebut lebih rinci dapat diketahui bahwa dari 548,33 ha lahan tambak yang disurvei terdapat sekitar 490,5 ha lahan memiliki kandungan fosfat di bawah ambang yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton atau kelekap. Dan untuk peubah N yang secara umum berkategori sangat layak, ternyata di sana masih didapatkan sekitar 7,91 ha atau 1,44% dari total areal pertambakan yang berkategori kurang layak hingga tidak layak. Posisi atau letak termasuk pemilik tambak yang bermasalah hingga sangat layak sehubungan dengan kategori tersebut juga dapat diidentifikasi untuk selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan lahan.

Berdasarkan analisis spasial secara rinci tersebut, dapat dilihat lebih spesifik mengenai keterkaitan antara peubah fosfat dengan berbagai peubah kimia fisika tanah lainnya. Yang pertama dapat dilihat bahwa tingkat ketersediaan fosfor pada lahan tersebut secara spasial berhubungan linier positif dengan kandungan liat tanah, hal yang sama diungkapkan oleh Boyd & Boyd (2002) yang menyatakan bahwa ketersediaan fosfat akan lebih tinggi seiring dengan meningkatnya kandungan liat tanah tambak. Hubungan kedua dapat dilihat pada lahan yang mengandung tingkat potensi kemasaman tinggi dengan indikator peta sebaran pirit (S_{TSA}). Pada pembahasan sebelumnya dijumpai tingkat ketersediaan fosfat yang cukup rendah hingga mendekati 0. Menurut Tisdale & Nelson (1975), pada pH rendah (3 hingga 4) fosfat akan bereaksi dengan besi atau aluminium membentuk senyawa Al-P seperti varisit ($AlPO_4 \cdot 2H_2O$). Rendahnya tingkat ketersediaan P dalam tanah pada wilayah tambak ini bukan berarti bahwa di sana sudah sama sekali tidak terdapat senyawa P dalam tanah tambak

tersebut, kenyataannya adalah fosfat yang terikat oleh kation Al dan Fe akan sulit untuk terlepas dan menjadi tersedia terutama pada kondisi tanah yang masam. Dengan demikian pada kondisi masam kontribusi fosfat dari tanah ke air tambak sangat kecil. Keterkaitan antar peubah tersebut dapat dengan mudah diamati dengan sekedar membandingkan pola (*pattern*) yang terbentuk untuk masing-masing peubah analisis sebagai output dari analisis spasial rinci. Sehingga model ini sangat berguna bagi para *stakeholder* yang membutuhkan informasi mengenai karakteristik lahan tapi tidak memiliki pengetahuan yang cukup mengenai proses tersebut.

Meskipun N memainkan peran kunci dalam dinamika sistem akuakultur namun demikian dengan hanya mengetahui peta kandungan total N maka masih didapatkan kesulitan untuk menentukan peran dari berbagai senyawa turunannya di lokasi pertambakan tersebut. Hal ini sehubungan dengan peran gandanya, dalam bentuk senyawa yang berbeda, yaitu sebagai nutrien dan sebagai racun (Burford & Lorenzen, 2004). Nitrogen dijumpai dalam tanah sebagai bentuk organik dan anorganik. Dengan karakteristik seperti ini maka pada lokasi ini pemberian pupuk yang mengandung fosfor seperti TSP/SP-36 juga disarankan pada saat persiapan tambak dengan dosis yang lebih tinggi daripada dosis pupuk urea. Hal ini untuk mengantisipasi rendahnya kandungan PO_4 tanah dan kemungkinan terikatnya PO_4 oleh Fe dan Al. Pupuk yang mengandung fosfor sebaiknya diberikan dalam bentuk larutan untuk mengurangi kemungkinan kontak langsung pupuk dengan tanah yang dapat berdampak pada pengikatan fosfor oleh Fe dan Al.

Dengan model spasial untuk kedua peubah ini, informasi penting yang lebih aplikatif seperti estimasi awal tingkat kesuburan lahan dapat diketahui. Sebagai contoh dengan mengklasifikasi ulang dan mengkombinasi peta tematik kedua peubah tersebut dapat diestimasi bahwa di lokasi penelitian ini masih terdapat lahan seluas kurang lebih 100 ha yang yang memenuhi syarat untuk pertumbuhan algae seperti jenis *Bacillariophyceae* dan *Chlorophyceae* berdasarkan pertimbangan rasio N/P. Pada prakteknya rasio N dan P tersebut paling umum dijadikan patokan untuk menentukan tingkat kesuburan lahan, akan tetapi harus menjadi catatan bahwa batas ideal nilai untuk masing-masing peubah harus



Gambar 4. Peta tematik peubah kimia indikator ketersediaan nutrisi pada lahan tambak di Kecamatan Balusu Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. (A= Total nitrogen-N/% dan B= Fosfat- PO_4 /%)

Figure 4. Thematic maps of soil chemical variables describing nutrients availability in pond soil in Balusu District (A= Total Nitrogen-N/%; B= phosphate available- PO_4 /%)

terlebih dahulu memenuhi syarat (masuk dalam rentang nilai kelayakan) sebelum rasio tersebut ditetapkan.

Tabel 1 berikut merupakan rangkuman dari hasil analisis pembagian tingkat kelayakan lahan tambak di lokasi penelitian untuk setiap peubah tanah yang digunakan. Hasil tersebut secara jelas menunjukkan adanya hubungan nyata antara kondisi tambak yang masam dengan status ketersediaan nutrisi. Luas areal lahan yang mencapai 440,5 ha yang masuk kategori tidak layak untuk peubah BOT dapat bermakna ganda yakni kelebihan atau kekurangan bahan organik. Pada lokasi di mana kandungan PO_4 berkategori layak umumnya didapatkan kandungan nitrogen yang layak pula. Nitrogen tersedia cukup baik pada lahan dekat laut dengan dasar tambak yang umumnya berada di bawah muka laut rata-rata (kondisi anaerob).

Karakteristik Topografi dan Hidrologi pada Areal Pertambakan

Hasil pengukuran elevasi dan kemiringan lahan tambak terhadap muka laut rata-rata (MLR) menunjukkan bahwa 42% dari total luas lahan

tambak (548,33 ha) berada di bawah MLR dengan kemiringan rata-rata kurang dari 2% (tergolong datar). Akan tetapi di beberapa tempat terdapat lahan-lahan yang berbukit dengan ketinggian antara 10 hingga 25 meter. Kondisi ini menunjukkan bahwa seharusnya sebagian besar petakan tambak di lokasi ini tidak akan mengalami kesulitan dalam pemasukan air laut secara gravitasi. Menurut Bose *et al.* (1991) bahwa elevasi dasar tambak yang ideal adalah apabila dasar tambak dapat dikeringkan kapan saja dan dapat diisi air secara gravitasi selama 5 hari dari setiap siklus pasang surut. Jika air yang tersedia pada kisaran pasang surut 1 meter dapat masuk ke dalam sistem pertambakan tanpa rintangan (pintu atau saluran air berfungsi maksimal) maka setidaknya dapat mengairi secara gravitasi kurang lebih 43% dari luas total tambak. Lahan pertambakan di lokasi ini secara teknis memang lebih cocok untuk budidaya ikan seperti ikan bandeng (*Chanos chanos*) dibandingkan dengan budidaya udang karena tambak budidaya udang memerlukan air lebih dalam. Kisaran pasang surut yang ideal untuk tambak budidaya udang berkisar antara 1,5 dan 2,5 m.

Tabel 1. Perbandingan luas tingkat kelayakan lahan untuk setiap peubah tanah
 Table 1. Comparison of the degree of suitability area for each soil chemical variables

Peubah Variable	S1	S2	S3	Rata-rata ± deviasi
BOT Total organic matter (%)	* (1.0 – 3.0) ** (30.6 ha)	* (3.1 – 15) ** (80.4 ha)	* (<1 atau > 15) ** (440 ha)	12.95 ± 11.19
pHF-pHFOX	* (< 0.5) ** (92.01 ha)	* (0.5 – 3.5) ** (243.6 ha)	* (>3.5) ** (215.7 ha)	3.5 /± 1.90
S _{TSA} (%)	* (0) ** (34.2 ha)	* (0.1 – 0.9) ** (194.0 ha)	* (> 0.9) ** (105.3 ha)	0.48 /± 0.72
P-tersedia (P-Available) (P-PO ₄) (%)	* (> 0.060) ** (92.01 ha)	* (0.030 – 0.060) ** (26.5 ha)	* (< 0.030) ** (490.5 ha)	0.032 ± 0.018
Total-N (N- total) (%)	* (> 0.5) ** (342.30 ha)	* (0.25 – 0.50) ** (201.20 ha)	* (< 0.25) ** (7.91 ha)	0.565 ± 0.31

Catatan (Notes):

* = Nilai kisaran peubah tanah untuk tingkat kelayakan yang bersesuaian (*Range of soil variable values corresponding to the degree of suitability*)

** = Luas lahan untuk tingkat kelayakan yang bersesuaian pada peubah yang diamati (*Total area for each category of suitability at corresponding soil variable*)

Kriteria pengklasifikasian diadopsi dari Proyek ACIAR FIS/2002/076 "*Land Capability Assessment and Classification for Sustainable Pond-Based, Aquaculture Systems*"

S1 = Kelayakan tinggi (*Highly suitable*)

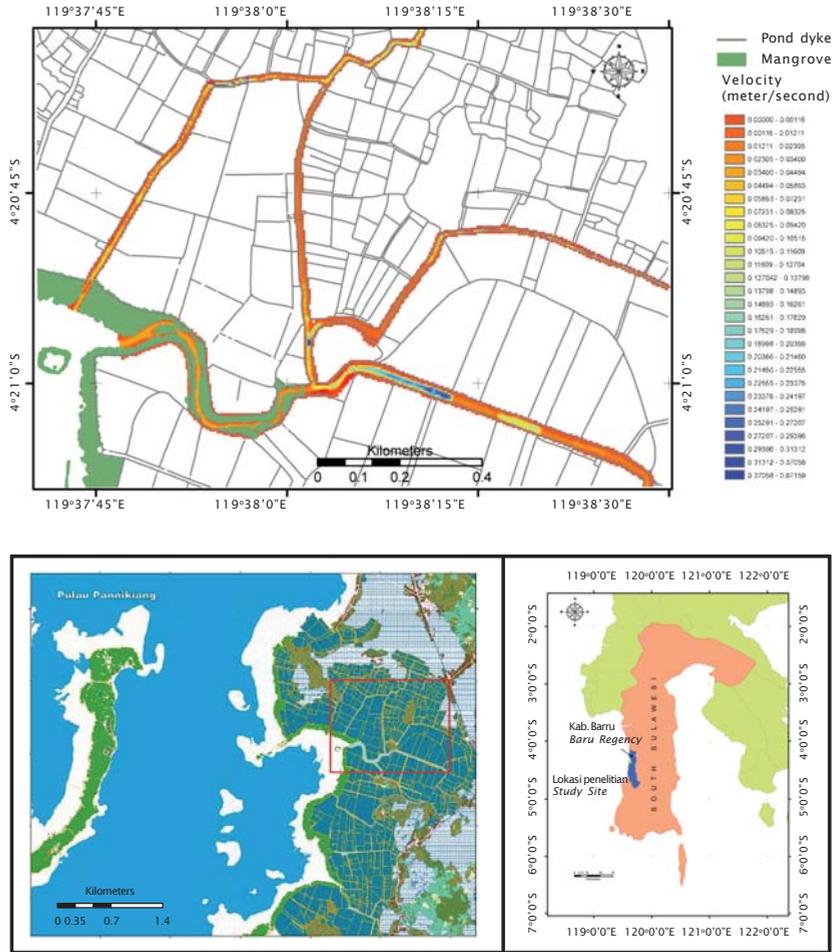
S2 = Kelayakan sedang (*Moderately suitable*)

S3 = Kelayakan rendah (*Marginally suitable*)

Meskipun tidak terdapat sungai besar (sumber air tawar), akan tetapi pada saat musim hujan saluran tambak yang umumnya juga berhubungan dengan saluran persawahan akan tidak mampu menahan air limpasan permukaan (*runoff*) dari daerah perbukitan dan pemukiman sekitar tambak. Air limpasan permukaan tersebut juga akan mengangkut berbagai macam sampah dan sedimen pada atau dari lahan yang dilewatinya dan sebagian besar menumpuk pada mulut saluran atau tersangkut pada alat tangkap yang dipasang melintang saluran yang pada dasarnya memang sudah sempit sehingga menutup saluran masuk dan keluar air laut. Dampak langsung lain dari luapan air tersebut adalah kerusakan berat pada pematang tambak sehingga membutuhkan dana tambahan untuk perbaikan.

Tertutupnya mulut saluran akibat aliran permukaan yang ditahan oleh arus ombak atau pasang surut yang datang dari laut juga akan memberikan dampak secara tidak langsung

pada sistem pertambakan di lokasi tersebut. Hasil pengukuran kecepatan air sepanjang saluran di wilayah tambak tersebut menunjukkan ketidakseragaman kecepatan aliran air (Gambar 5). Analisis spasial secara rinci tersebut memperlihatkan adanya hambatan aliran air pada berbagai bagian di sepanjang saluran terutama ketika mendekati mulut saluran (dekat laut). Hambatan aliran tersebut diperparah dengan kondisi saluran air yang tidak lurus (berbelok-belok). Kondisi sistem irigasi tambak yang demikian, bukan saja tidak dapat menjamin pasokan (volume) air cukup, melainkan juga akan menyulitkan pembuangan air bekas pakai yang sudah tercemar keluar dari sistem tambak. Rakocy & Allison (1981) dalam Widigdo & Pariwono (2003) menyatakan bahwa untuk menjaga agar kualitas perairan umum masih tetap layak untuk budidaya maka perairan penerima limbah cair dari kegiatan budidaya harus memiliki volume antara 60-100 kali lipat dari volume limbah cair yang dibuang ke perairan umum.



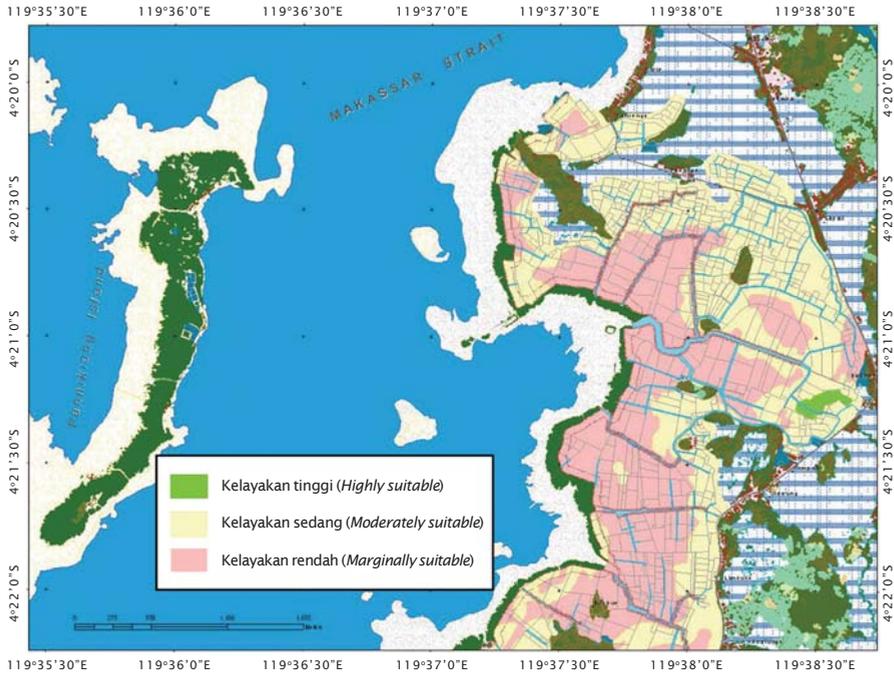
Gambar 5. Peta kecepatan rata-rata aliran air pada saluran primer di lahan pertambakan pada saat pasang dan surut di Kecamatan Balusu

Figure 5. Map of water velocity in primary channels of brackishwater pond areas in Balusu District

Estimasi Tingkat Kesesuaian Lahan Tambak

Perbandingan luas antara masing-masing kategori tingkat kelayakan untuk budidaya tambak khususnya udang windu secara jelas ditampilkan pada Gambar 6. Berdasarkan peta tersebut diketahui bahwa dari total lahan tambak 548,33 ha yang disurvei, terdapat 260,6 ha lahan berkategori kurang layak; 283,3 ha layak; dan hanya sekitar 4,43 ha yang berkategori sangat layak. Perlu dicatat bahwa tingkat kelayakan tersebut hanya merupakan hasil kombinasi peta tematik dari peubah kunci tanah yang terpilih.

Meskipun tingkat kelayakan tersebut sudah menggunakan peubah tanah yang bersifat stabil akan tetapi status tingkat kelayakan tersebut tidak bersifat tetap. Total lahan sebesar 52,47% yang berstatus layak hingga sangat layak tersebut juga masih dapat berubah status menjadi kurang layak dengan adanya batasan aspek hidrologis seperti yang telah disebutkan sebelumnya, utamanya menyangkut masalah tingkat ketersediaan air yang hanya mengandalkan jaringan saluran tambak pada saat pasang dan surut. Tingkat kelayakan yang tinggi juga tidak secara otomatis menjamin akan berpengaruh



Gambar 6. Peta rinci tingkat kelayakan lahan tambak di Kecamatan Balusu

Figure 6. Detailed map of land suitability degrees for brackishwater aquaculture in Balusu District

langsung kepada kuantitas produksi udang atau ikan, akan tetapi masih banyak faktor lain seperti ketepatan dalam pengelolaan lahan dan aspek sosial lain yang tidak kalah pentingnya untuk diperhatikan sebagai tindak lanjut. Sebaliknya untuk lahan yang termasuk kurang layak dan sudah terlanjur terbuka dan difungsikan sebagai tambak maka upaya peningkatan produktivitas kemungkinan masih dapat diupayakan melalui remediasi lahan atau pemilihan komoditas budidaya yang dapat beradaptasi seperti rumput laut (*Gracillaria* spp.).

Setidaknya dengan analisis kelayakan secara rinci ini maka tingkat kelayakan lahan tambak dapat digambarkan secara jelas termasuk faktor lingkungan yang kemungkinan dapat mempengaruhi status tersebut. Dan tentunya langkah pengelolaan yang sesuai pada lokasi yang tepat dapat diupayakan lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional terdahulu yang utamanya hanya mengandalkan korelasi linier atau non linear antar peubah-peubah lingkungan tanpa memperhatikan keterkaitan lokasi atau posisi geografis (*spatial autocorrelation*).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan analisis spasial rinci pada wilayah pertambakan Kecamatan Balusu Kabupaten Barru ini, diperoleh karakteristik lahan yang lebih akurat dan lebih aplikatif untuk mendukung pengelolaan lahan secara optimal. Keterkaitan spasial secara rinci antar berbagai peubah lingkungan khususnya peubah kimia tanah hingga ketelitian menurut petakan memudahkan dalam hal interpretasi hasil analisis dibandingkan metode konvensional yang umumnya mengandalkan generalisasi hasil olahan statistik korelasi linier ataupun non linear antar peubah-peubah lingkungan dengan mengabaikan faktor keterkaitan lokasi. Selanjutnya hasil analisisnya juga mudah disebarluaskan pada berbagai *stakeholder* budidaya tambak tanpa harus memiliki pengetahuan yang dalam tentang peubah-peubah yang terlibat. Selanjutnya analisis kelayakan secara rinci ini juga mampu menjelaskan secara grafis status kelayakan lahan tambak termasuk faktor lingkungan yang kemungkinan yang dapat mempengaruhi status kelayakan tersebut. Dan tentunya

dengan memanfaatkan data spasial tersebut langkah pengelolaan lahan akan lebih terarah sesuai dengan pokok permasalahan pada spesifik lokasi dan karena didasari pada ketelitian ruang maka tentunya diharapkan membantu dalam efisiensi waktu dan biaya dalam pengelolaanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Proyek ACIAR FIS/2002/076 "Land Capability Assessment and Classification for Sustainable Pond-based, Aquaculture Systems" dan Proyek APBN 2008 "Riset Pemetaan dan Daya Dukung Lahan Perikanan Pesisir" yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- ACIAR-FIS/2002/076. 2002. Land Capability Assessment and Classification for Sustainable Pond-based, Aquaculture Systems. Proyek kerjasama penelitian antara ACIAR-UNSW-RICA. Sydney, 45 pp.
- Ahern, C.R., McElnea, A., & Sulivian, L.A. 2005. Overview of Analytical Methods for Dried and Ground ASS Samples. *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Queensland Department of Natural Resources and Mines. QLD. p. A2.1-A2.21.
- Andarias, I. 1991. *Pengaruh pupuk urea dan TSP terhadap produksi kelekap*. Disertasi: Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, 155 hlm.
- Anwar, A. 1990. Beberapa konsepsi alokasi sumberdaya alam untuk penentuan kebijaksanaan ke arah pembangunan yang berkelanjutan. www.ikanmania.wordpress.com. Diakses tanggal 19 Maret 2008.
- Bose, A.N., Ghosh, S.N., Yang, C.T., & Mitra, A. 1991. *Coastal Aquaculture Engineering*. New York: Edward Arnold, 365 pp.
- Boyd, C.E. & Wood, C.W. 2002. *Aquaculture pond bottom soil quality management. Pond/dynamics/Aquaculture* Collaborative Research Support Program Oregon State University. Oregon, 41 pp.
- Burford, M.A. & Lorenzen, K. 2004. Modeling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: the role of sediment remineralization. *Aquaculture*, 229: 129-145.
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press Inc. New York, 333 pp.
- Clark, I. 1979. *Practical Geostatistics*. Applied Science Publishers Ltd. London, 129 pp.
- DigitalGlobe. 2006. Digital globe, www.digitalglobe.com. Diakses, tanggal 12 Desember tahun 2006.
- Diskan-Sulsel. 2006. Laporan Tahunan Perikanan dan Kelautan Sulawesi Selatan tahun 2005. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sulawesi Selatan. Makassar, 94 hlm.
- DKP. 2003. Master plan pengembangan budidaya air payau di Indonesia Dirjen Perikanan Budidaya, Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta, 250 hlm.
- DKP. 2005. Revitalisasi perikanan budidaya, 2006-2009. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta, 275 pp.
- Fortin, M. & Dale, M. 2005. *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press. Cambridge, 365 pp.
- Jensen, J.S. 2007. *Remote Sensing of the Environment: An earth resource perspective*. Second edition. Pearson Prentice Hall Series in geographic information science. Upper Saddle River. NJ, 592 pp.
- Melville, M.D. 1993. *Soil Laboratory Manual*. School of Geography, The University of New South Wales, Sydney, 74 pp.
- 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.
- O' Kelly, J.C. 1974. Inorganic nutrients. In W.D.P Stewart (Ed.). *Algal physiology and biochemistry*. Botanical Monographs. Vol. 10. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, p. 610-635.
- Poernomo, A. 1982. *Pembuatan tambak udang di Indonesia*. Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai. Maros, 40 hlm.
- Purworaharjo, U.U. 1986. *Ilmu Ukur Tanah Seri B: Pengukuran tinggi*. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung. Bandung, 82 hlm.
- Puslittanak, 1986. Peta tanah dan agroekologi. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor, 1 hlm.

- Sulaeman, Suparto, & Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Diedit oleh: Prasetyo, B.H., Santoso, D., & Widowati, L.R. Balai Penelitian Tanah, Bogor, 136 hlm.
- Tarunamulia. 2008. *Application of Fuzzy Logic, GIS and Remote Sensing to the Assessment of Environmental Factors for Extensive Brackishwater Aquaculture in Indonesia*. Thesis S2: School of Biological, Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, UNSW. Sydney, 218 pp.
- Tisdale, S.L. dan Nelson, W.L. 1975. *Soil Fertility and Fertilizers*. Third edition. The MacMillan Co. New York, 694 pp.
- Widigdo, B. & Pariwono, J. 2003. Daya dukung perairan di Pantai Utara Jawa Barat untuk budidaya udang (Studi kasus di Kabupaten Subang, Teluk Jakarta dan Serang). *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 10(1): 10-17.