

DISTRIBUSI SPASIAL KEBUTUHAN KAPUR BERDASARKAN NILAI S_{POS} TANAH UNTUK TAMBAK DI KABUPATEN PANGKEP PROVINSI SULAWESI SELATAN

Akhmad Mustafa dan Erna Ratnawati

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

(Naskah diterima: 4 Januari 2012; Disetujui publikasi: 8 Mei 2012)

ABSTRAK

Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan telah ditetapkan sebagai salah satu wilayah pengembangan kawasan minapolitan di Indonesia, namun sebagian tanah tambaknya tergolong tanah bermasalah (tanah sulfat masam dan tanah gambut) yang dicirikan dengan pH tanah yang rendah sehingga menjadi faktor pembatas dalam peningkatan produktivitas tambaknya. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan distribusi spasial kebutuhan kapur berdasarkan nilai S_{POS} tanah tambak agar produktivitas tambak dapat meningkat dan berkelanjutan di Kabupaten Pangkep. Penelitian dilaksanakan di kawasan tambak Kabupaten Pangkep dengan metode survai melalui pengukuran dan pengambilan contoh tanah pada 83 titik pengamatan di kedalaman tanah 0-0,2 m. Peubah kualitas tanah yang diukur di lapangan adalah pH_F dan pH_{FOX} , sedangkan yang dianalisis di laboratorium adalah S_p , S_{KCl} , S_{POS} , pirit, dan bahan organik. Kebutuhan kapur didasarkan pada nilai S_{POS} tanah dengan mempertimbangkan berat volume tanah. Program ArcView 3.2 digunakan untuk pembuatan peta distribusi spasial S_{POS} tanah, berat volume tanah, dan kebutuhan kapur dengan memanfaatkan citra ALOS AVNIR-2 akuisisi 28 Juli 2008. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah tambak di Kabupaten Pangkep dicirikan oleh berat volume tanah yang diprediksi berdasarkan bahan organik tanah, berkisar antara 0,20 dan 1,25 g/cm³ dengan rata-rata 0,75 g/cm³ dan S_{POS} tanah berkisar antara 0,02% dan 3,47% dengan rata-rata 1,20%. Kebutuhan kapur setara CaCO₃ untuk tanah tambak berkisar antara 0,12 dan 53,04 ton/ha dengan rata-rata 13,01 ton/ha, di mana kebutuhan kapur yang tinggi dijumpai di bagian selatan Kabupaten Pangkep (Kecamatan Minasa Te'ne, Pangkajene, Bungoro, Labakkang, dan Ma'rang).

KATA KUNCI: distribusi spasial, kebutuhan kapur, tanah, tambak, Kabupaten Pangkep

ABSTRACT: *Spatial distribution of lime requirement based on soil S_{POS} value for brackishwater ponds in Pangkep Regency South Sulawesi Province. By: Akhmad Mustafa and Erna Ratnawati*

Pangkep Regency South Sulawesi Province has been established as one of the minapolitan area development in Indonesia, but some of brackishwater pond soil was classified as problematic soil (acid sulfate soil and peat soil) which is characterized by a low pH, so that it becomes a limiting factor in increasing the productivity of brackishwater ponds. Therefore, a research was conducted aimed at determining the spatial distribution of lime requirement based on soil S_{POS} value in order to increase

productivity and sustainability of brackishwater ponds in Pangkep Regency. Research was carried out in the brackishwater ponds of Pangkep Regency with survey methods through measurement and soil sampling at 83 sampling points at 0-0.2 m of soil depth. Soil quality variables measured in the field are pH_e and pH_{FOX} , while those analyzed in laboratory are S_p , S_{KCl} , S_{POS} , pyrite, and organic matter. Lime requirement is based on soil S_{POS} value considering the bulk density of soil. ArcView 3.2 program was used to make the spatial distribution of soil S_{POS} , bulk density, and lime requirement utilizing ALOS AVNIR-2 image acquisition of 28 July 2008. The results showed that the predicted bulk density of soil based on soil organic matter, ranged from 0.20 to 1.25 g/cm³ with an average of 0.75 g/cm³ and soil S_{POS} ranged from 0.02 to 3.47% with an average of 1.20%. Lime requirement equivalent $CaCO_3$ for brackishwater pond soil ranged from 0.12 to 53.04 tonnes/ha with an average of 13.01 tonnes/ha, where high lime requirement found in the southern Pangkep Regency (Sub-districts Minasa Te'ne, Pangkajene, Bungoro, Labakkang, and Ma'rang).

KEYWORDS: spatial distribution, lime requirement, brackishwater pond, soil, Pangkep Regency

PENDAHULUAN

Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia NOMOR KEP. 32/MEN/2010 tentang Penetapan Kawasan Minapolitan Kabupaten Pangkep (Provinsi Sulawesi Selatan) telah ditetapkan sebagai salah satu wilayah pengembangan kawasan minapolitan di Indonesia dengan ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan rumput laut (*Gracilaria varrucosa*) sebagai komoditas andalan. Tambak di Kabupaten Pangkep digunakan untuk memproduksi udang windu (*Penaeus monodon*), udang api-api (*Metapenaeus monoceros*), ikan bandeng (*Chanos chanos*), ikan mujair (*Tilapia mosambica*), dan ikan betok (*Anabas testudineus*) (Anonim, 2009b). Tambak di Kabupaten Pangkep mencapai luas 12.199,30 ha; di mana 21,69 ha tergolong sangat sesuai, 6.675 ha tergolong cukup sesuai, 5.502,61 ha tergolong kurang sesuai dan 417,83 ha tergolong tidak sesuai untuk budidaya tambak (Utojo & Mustafa, 2011). Salah satu faktor pembatas budidaya tambak di Kabupaten Pangkep adalah kualitas tanah yang tergolong tanah bermasalah.

Jenis tanah yang dijumpai di tambak Kabupaten Pangkep adalah tanah aluvial non-sulfat masam, tanah sulfat masam dan tanah gambut serta asosiasi antara tanah sulfat masam dan tanah gambut (Rachmansyah & Mustafa, 2011). Ketika tanah sulfat masam dan tanah gambut yang mengandung pirit teroksidasi atau teroksidasi akan menyebabkan terjadinya penurunan pH tanah, peningkatan kelarutan unsur atau senyawa toksik dan pengikatan unsur hara makro sehingga

berdampak pada produktivitas tambak yang sangat rendah dan bahkan tidak berproduksi sama sekali.

Pemanfaatan tambak tanah bermasalah atau tanah berpotensi masam (tanah sulfat masam dan tanah gambut) agar berdaya guna dan berhasil guna dapat dilakukan melalui pendekatan: perbaikan kualitas tanah, pemilihan komoditas, dan teknologi budidaya serta rekayasa tambak. Perbaikan tanah bermasalah berupa peningkatan pH tanah dan penurunan kandungan unsur-unsur toksik dapat dilakukan melalui remediasi. Remediasi adalah suatu aktivitas atau proses yang dilakukan untuk mengurangi unsur-unsur toksik dalam tanah. Remediasi yang dapat dilakukan berupa proses oksidasi dan pembilasan tanah serta pengapuran. Pengapuran pada tambak dimaksudkan untuk menetralkan kemasaman tanah dan meningkatkan total alkalinitas dan total kesadahan dalam air (Boyd *et al.*, 2002).

Di bidang pertanian, berbagai metode telah diperkenalkan dalam penentuan kebutuhan kapur. Swingle (1968) telah mengadopsi metode kebutuhan kapur dari bidang pertanian, yaitu dari Adams-Evans (Adams & Evans, 1962) untuk diaplikasikan pada bidang perikanan yaitu tanah tambak dan kolam. Boyd (1974), Boyd (1982), Boyd & Hollerman (1982), Pillai & Boyd (1985) serta Boyd & Tucker (1992) juga telah memperkenalkan metode kebutuhan kapur yang didasarkan pada pH dan tekstur tanah untuk tanah tambak dan kolam. Banyak laboratorium tidak mengukur kebutuhan kapur, tetapi dapat mengestimasi dosis kapur berdasarkan pH tanah (Boyd *et al.*, 2002; Boyd,

2008). Namun demikian, dosis kebutuhan kapur tersebut tidak dapat diaplikasikan pada tambak dengan tanah berpotensi masam (tanah sulfat masam dan tanah gambut), sebab pH tanah yang jadi acuan berkisar antara 5,0-7,5 sedangkan pH tanah sulfat masam dan tanah gambut biasanya kurang dari 4,0. Selain itu, potensi kemasaman yang ada pada tanah sulfat masam dan tanah gambut perlu menjadi perhatian dalam penentuan kebutuhan kapur. Nilai S_{POS} (*Peroxide Oxidisable Sulfur*) tanah yang diketahui dengan metode POCAS (*Peroxide Oxidation Combined Acidity and Sulfate*) telah digunakan oleh Ahern *et al.* (1998b) untuk menentukan kebutuhan kapur pada tanah berpotensi masam. Orndorff *et al.* (2008) telah menentukan kebutuhan kapur tanah berpotensi masam dengan metode yang berdasarkan nilai PPA (*Peroxide Potential Acidity*) tanah. Telah dilaporkan pula bahwa S_{POS} tanah dari metode POCAS memiliki nilai yang relatif sama dengan menggunakan metode POSA (*Peroxide Oxidisable Sulfuric Acidity*) dari Lin & Melville (1993) yang juga telah digunakan dalam menentukan kebutuhan kapur untuk tanah berpotensi masam. Aplikasi kebutuhan kapur berdasar nilai S_{POS} tanah dari metode POCAS telah dilakukan pada tanah sulfat masam, baik skala laboratorium (Mustafa, 2007; Mustafa & Sammut, 2007) maupun skala lapangan (Mustafa, 2007; Tarunamulia & Mustafa, 2009). Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan distribusi kebutuhan kapur berdasarkan nilai S_{POS} tanah pada tambak tanah berpotensi masam agar produktivitas tambak di Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan dapat meningkat dan berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian adalah wilayah pesisir Kecamatan Minasa Te'ne, Pangkajene, Bungoro, Labakkang, Ma'rang, Segeri, dan Mandalle (Gambar 1). Peta Rupabumi Indonesia skala 1:50.000 dengan nomor lembar 2011-31 (Lembar Pangkajene), 2011-33 (Lembar Segeri), dan 2011-22 (Lembar Balang Lompo) digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya dilakukan analisis spasial dengan menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG). Peta awal berupa peta penutup/penggunaan lahan diperoleh dari hasil klasifikasi tidak terbimbing Citra ALOS (*Advanced Land*

Observing Satellite) AVNIR-2 (*The Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) akuisisi 28 Juli 2008 dengan Program ER Mapper 7.1 yang diintegrasikan dengan peta dasar dari peta Rupabumi Indonesia. Data dan referensi yang diperoleh dari cek lapangan digunakan untuk melakukan reinterpretasi citra hasil klasifikasi dan peta awal. Proses reinterpretasi menghasilkan luasan tambak terkoreksi, selanjutnya dibuat peta akhir yang menggambarkan secara spasial sebaran tambak dan penggunaan/penutup lahan lainnya di Kabupaten Pangkep.

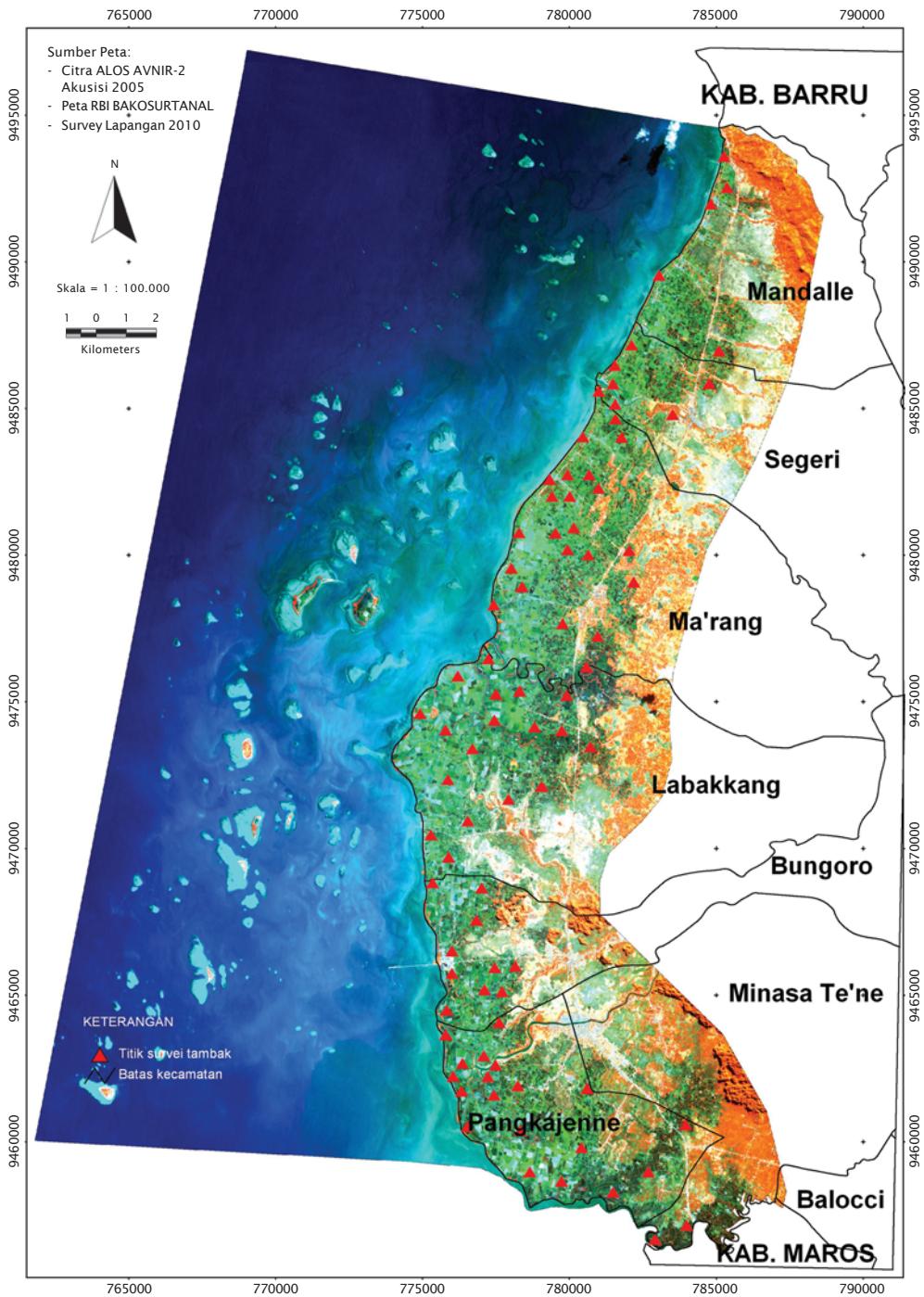
Pada saat pelaksanaan cek lapangan juga dilakukan pengambilan contoh tanah secara acak pada kedalaman 0-0,2 m dengan menggunakan bor tanah. Kualitas tanah yang diukur secara *in situ* adalah pH_f (pH tanah yang diukur langsung di lapangan) dengan pH-meter (Ahern & Rayment, 1998) dan pH_{FOX} (pH tanah yang diukur di lapangan setelah dioksidasi dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%) (Ahern & Rayment, 1998). Untuk analisis peubah kualitas tanah lainnya, maka contoh tanah yang ada dalam kantong plastik dimasukkan dalam *cool box* yang berisi es sesuai petunjuk Ahern & Blunden (1998a). Sebelumnya, sisa tumbuhan segar, kerikil, dan kotoran lainnya dibuang dan bongkahan besar dikecilkan dengan tangan. Contoh tanah diovenkan pada suhu 80°C-85°C selama 48 jam (Ahern *et al.*, 1996) untuk tanah sulfat masam, sedangkan contoh tanah lainnya dikeringanginkan. Setelah kering, contoh tanah dihaluskan dengan cara ditumbuk pada lumpang porselin dan diayak dengan ayakan ukuran lubang 2 mm dan selanjutnya dianalisis di Laboratorium Tanah Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau di Maros. Kualitas tanah yang dianalisis di laboratorium meliputi: S_p (sulfur peroksida) (Melville, 1993; Ahern *et al.*, 1998a; McElnea & Ahern, 2004a), S_{KCl} (sulfur yang diekstrak dengan KCl) (Melville, 1993; Ahern *et al.*, 1998a; McElnea & Ahern, 2004b), S_{POS} ($S_p - S_{KCl}$) (Ahern *et al.*, 1998a; Ahern & McElnea, 2004), pirit (Ahern *et al.*, 1998a) dan bahan organik dengan metode Walkley & Black (Sulaeman *et al.*, 2005).

Berat volume atau bobot isi tanah diketahui berdasarkan persamaan yang didapatkan oleh Mustafa (2007) yaitu:

$$X = 1,7397 - 0,936 \log \text{bahan organik (\%)}$$

di mana:

X = Berat volume (g/cm^3)



Gambar 1. Peta titik-titik pengambilan contoh tanah di tambak Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan

Figure 1. Map of soil sampling points in the brackishwater ponds of Pangkep Regency South Sulawesi Province

Berat tanah hanya diperhitungkan sampai kedalaman 4 cm, sesuai yang dilaporkan oleh de Queiroz *et al.* (2004) bahwa kapur yang diberikan hanya memberikan pengaruh yang nyata sampai kedalaman tersebut.

Oleh karena penentuan kebutuhan kapur setara CaCO_3 oleh Ahern *et al.* (1998b) diasumsikan bahwa CaCO_3 itu memiliki ukuran yang sangat halus sehingga tingkat efisiensinya juga sangat tinggi. Kapur yang tersedia di pasaran Indonesia termasuk di Sulawesi Selatan sangat bervariasi secara kimia dan fisik, maka nilai netralisasi dan efisiensi netralisasi kapur diperhitungkan dalam penentuan kebutuhan kapur dengan menggunakan data yang telah dilaporkan sebelumnya oleh Mustafa *et al.* (2010c).

Karena pengambilan contoh tanah di lapangan dilakukan secara acak, maka secara spasial data tersebar secara tidak teratur, maka dilakukan proses interpolasi terhadap titik-titik yang memiliki data. Program ArcGIS 9.3 digunakan dalam interpolasi terhadap data tanah yang ada pada kedalaman tanah 0-0,2 m (DeBusk *et al.*, 1994; Lin, 2008). Kebutuhan kapur di tambak Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan disajikan dalam bentuk tabel dan peta.

HASIL DAN BAHASAN

Telah disebutkan sebelumnya bahwa tambak di Kabupaten Pangkep sebagian dibangun pada tanah bermasalah yaitu tanah sulfat masam, tanah gambut, dan tanah sulfat masam yang berasosiasi dengan tanah gambut. Tanah sulfat masam adalah nama umum yang diberikan kepada tanah atau sedimen yang mengandung bahan sulfidik atau pirit (FeS_2) (Sammut & Lines-Kelly, 2000; Lin *et al.*, 2004; Schaetzl & Anderson, 2005). Tanah tambak di Kabupaten Pangkep dicirikan dengan kandungan pirit yang berkisar dari kurang dari 0,01% sampai 6,56% dengan rata-rata 1,26% (Tabel 1). Tanah gambut adalah tanah yang mengandung bahan organik lebih dari 20% (bila tanah tidak mengandung liat) atau lebih dari 30% (bila tanah mengandung liat lebih besar dari atau sama dengan 60%) (Soil Survey Staff, 2001). Kandungan organik tanah tambak di Kabupaten Pangkep berkisar antara 0,31 dan 35,43 dengan rata-rata 12,03%. Dikatakan oleh Boyd *et al.* (2002) bahwa tanah gambut adalah tanah yang mengandung karbon organik lebih besar 15% (bahan organik lebih besar 26%).

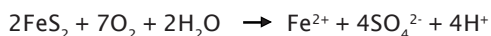
Pirit yang teroksidasi akan menghasilkan Fe^{2+} , SO_4^{2-} , dan H^+ yang merupakan sumber kemasaman yang harus dinetralsir oleh kapur.

Tabel 1. Nilai peubah-peubah kualitas tanah ($n=83$) dan kebutuhan kapur untuk tanah tambak di Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan

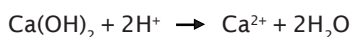
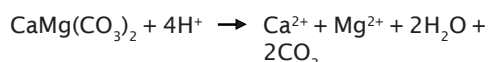
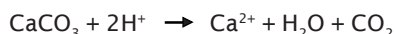
Table 1. Value of soil quality variables ($n=83$) and lime requirement for brackishwater ponds soil in the Pangkep Regency South Sulawesi Province

Peubah Variable	Minimum	Maksimum Maximum	Rata-rata Average	Standar deviasi Standard deviation
pH_F	0.95	7.80	6.79	0.836
pH_{FOX}	0.21	7.94	3.47	2.481
$\text{pH}_F\text{-pH}_{\text{FOX}}$	0.00	6.83	3.32	2.509
Bahan organik (<i>Organic matter</i>) (%)	0.31	35.43	12.03	9.873
Berat volume (<i>Bulk density</i>) (g/cm^3)	0.20	1.25	0.75	0.308
S_{KCl} (%)	0.02	1.63	0.47	0.423
S_p (%)	0.05	4.12	1.67	1.222
S_{POS} (%)	0.02	3.47	1.20	0.915
Pirit (<i>Pyrite</i>) (%)	<0.01	6.56	1.26	1.695
Kebutuhan kapur setara CaCO_3 (ton/ha)				
Lime requirement equivalent CaCO_3 (tonnes/ha)	0.12	53.04	13.01	12.544

Reaksi oksidasi dari pirit digambarkan oleh Simón *et al.* (2005) sebagai berikut:



Dari reaksi tersebut terlihat bahwa 2 mol FeS_2 akan menghasilkan 1 mol Fe^{2+} , 4 mol SO_4^{2-} , dan 4 mol H^+ . Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan pirit tanah, maka semakin tinggi pula unsur dan senyawa penyebab kemasaman yang dihasilkan sehingga kebutuhan kapur juga semakin tinggi. Reaksi kapur terhadap kemasaman tanah diilustrasikan oleh Tisdale & Nelson (1975) dan Boyd (1995) seperti di bawah ini:



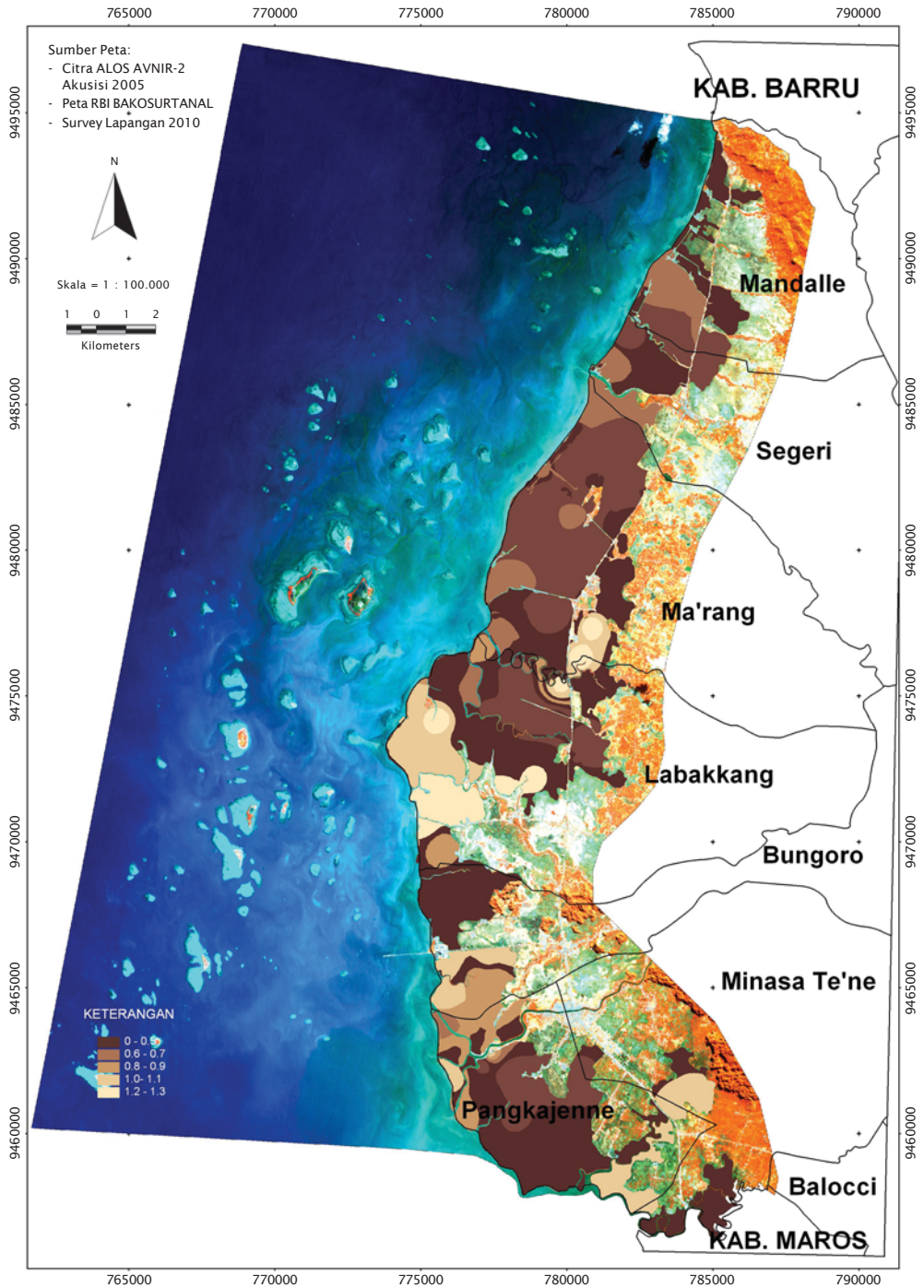
Berat volume tanah tambak di Kabupaten Pangkep berkisar antara 0,20 dan 1,25 g/cm³ dengan rata-rata 0,75 g/cm³ seperti terlihat pada Tabel 1, sedangkan distribusi spasialnya dapat dilihat pada Gambar 2. Pada tambak tanah sulfat masam Kabupaten Luwu (Mustafa, 2007) mendapatkan berat volume tanah antara 0,89 dan 1,16 g/cm³. Menurut Ahern & Blunden (1998), bahwa berat volume tanah berkisar antara 0,2-2,0 g/cm³, berat volume tanah yang rendah dijumpai pada tanah gambut. Dikatakan pula bahwa apabila berat volume tanah lebih besar 1,0 g/cm³, maka faktor koreksi kapur akan meningkat. Dalam hal ini kebutuhan kapur meningkat dengan meningkatnya berat volume tanah. Berat volume tanah yang tinggi umumnya dijumpai pada tanah yang mengandung bahan organik yang rendah. Bahan organik adalah faktor utama yang mempengaruhi berat volume tanah, terutama pada tanah yang tidak terganggu (Pitty, 1979). Telah dilaporkan pula oleh Mustafa (2007) bahwa terdapat hubungan yang sangat erat antara kandungan bahan organik dan berat volume tanah pada tanah sulfat masam, dimana kandungan bahan organik tinggi dijumpai pada tanah dengan berat volume rendah.

Kandungan S_{POS} tanah di tambak Kabupaten Pangkep berkisar antara 0,02% dan 6,56% dengan rata-rata 1,26% seperti terlihat pada Tabel 1, sedangkan distribusi spasialnya dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3

terlihat bahwa kandungan S_{POS} tanah yang tinggi dijumpai di tempat-tempat tertentu di Kecamatan Minasa Te'ne, Pangkajene, Bungoro, Labakkang, dan Ma'rang. Di tambak Kecamatan Anggrek dan Kwandang (Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo) dijumpai tanah sulfat dengan kandungan S_{POS} tanah masing-masing berkisar 0,31%-61,31% (rata-rata 7,09%) dan 0,06%-17,37% (rata-rata 9,77%) (Mustafa & Pantjara, 2009) dan di Kabupaten Mamuju (Provinsi Sulawesi Barat) berkisar 0,15 dan 19,28% dengan rata-rata 7,614% (Mustafa *et al.*, 2010c).

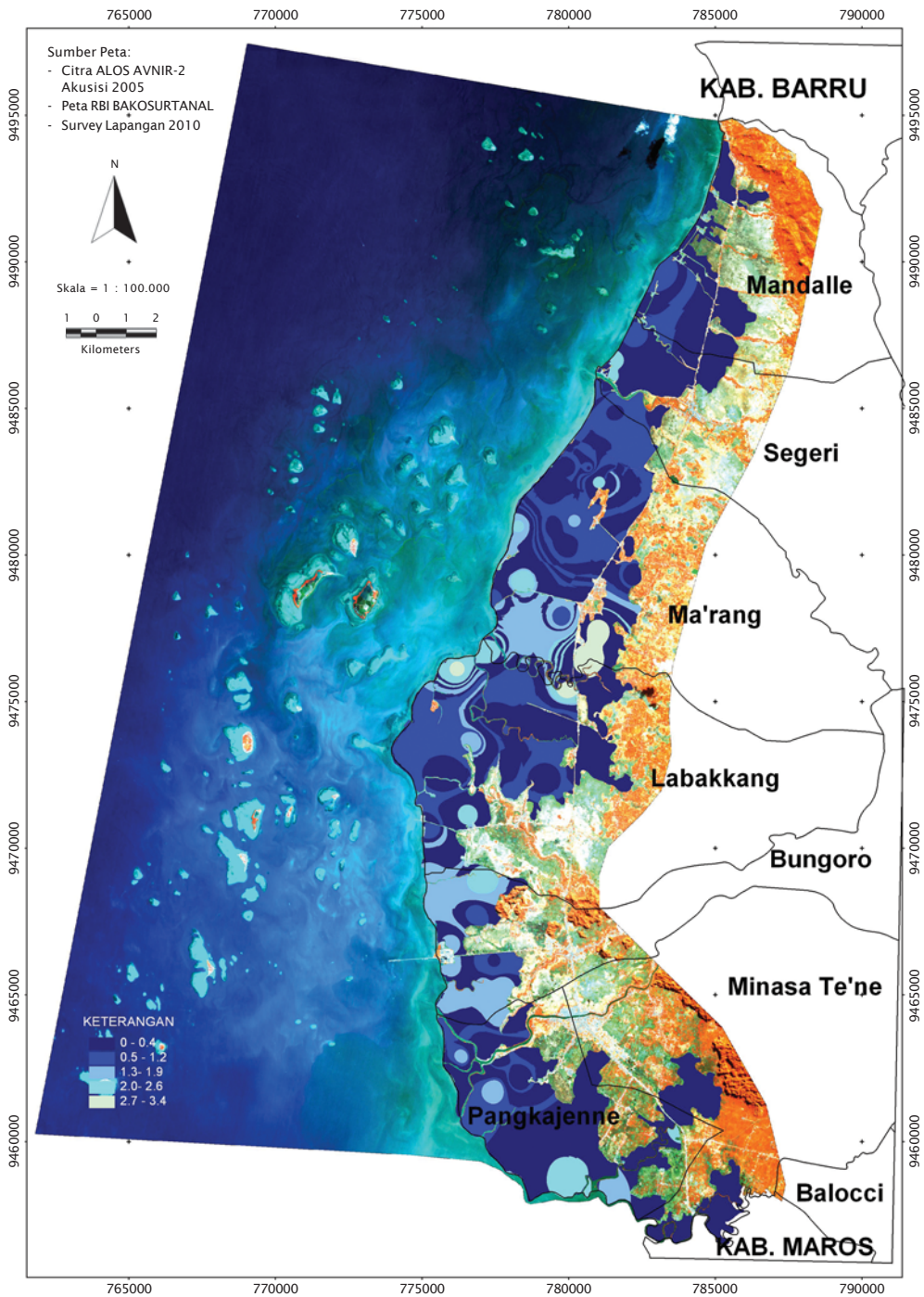
Ada empat jenis kapur yang banyak didapatkan di pasaran Provinsi Sulawesi Selatan yaitu: kapur bakar, kapur bangunan, kapur pertanian (kaptan) dan dolomit (Mustafa *et al.*, 2009). Namun demikian, jenis kapur yang banyak digunakan di tambak adalah dolomit dan kaptan. Di Filipina, kapur bangunan ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) digunakan pada tambak yang baru beroperasi dan tambak yang memiliki pH $\geq 5,0$ (Cruz-Lacierda *et al.*, 2000). Kapur bakar (CaO), selain digunakan oleh usaha budidaya udang sebagai disinfektan, juga digunakan untuk perbaikan tanah dan air yang diaplikasikan sebagai kapur awal di tambak Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung (Mustafa *et al.*, 2010b).

Nilai netralisasi dan efisiensi netralisasi adalah faktor utama yang dipertimbangkan dalam memilih bahan penetral atau kapur, sedangkan faktor lainnya adalah: kelarutan, pH, kandungan kimia, kadar air, adanya kontaminan, ukuran butiran, harga, biaya pengiriman, dan biaya pengaplikasian (ASSMAC, 1998). Nilai netralisasi dan efisiensi netralisasi kedua jenis dolomit dan kaptan yang ada di pasaran terlihat pada Tabel 2. Nilai netralisasi dolomit maupun kaptan yang didapatkan dalam penelitian ini lebih rendah daripada nilai netralisasi kapur standar yang dilaporkan oleh Tisdale & Nelson (1975). Nilai netralisasi dan efisiensi netralisasi dolomit yang besarnya masing-masing 90,00 dan 30,48% telah didapatkan oleh Tarunamulia & Mustafa (2009). Telah dilaporkan pula bahwa kapur yang umum digunakan di tambak memiliki nilai netralisasi sebesar 85%-109% (Anonim, tanpa tahun). Dikatakan pula bahwa, nilai netralisasi kapur sangat tergantung pada komposisi dan ketidakhomogennya. Sebelumnya, Mustafa (1996) telah mendapatkan efisiensi netralisasi dolomit sebesar 63,0%. Hal ini menunjukkan bahwa dolomit dan kaptan



Gambar 2. Peta distribusi spasial berat volume tanah di tambak Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan

Figure 2. Map of distribution spatial of soil bulk density in the brackishwater ponds of Pangkep Regency South Sulawesi Province



Gambar 3. Peta distribusi spasial S_{POS} tanah di tambak Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan

Figure 3. Map of soil S_{POS} spatial distribution in the brackishwater ponds of Pangkep Regency South Sulawesi Province

Tabel 2. Nilai netralisasi, efisiensi netralisasi, dan faktor konversi berbagai jenis kapur yang umum digunakan untuk budidaya tambak di Provinsi Sulawesi Selatan

Table 2. The neutralising value, neutralising efficiency, and conversion factor for several lime material used in the brackishwater ponds culture of South Sulawesi Province

Jenis kapur <i>Lime material</i>	Nilai netralisasi <i>Neutralising value (%)</i>	Efisiensi netralisasi <i>Neutralising efficiency (%)</i>	Faktor konversi <i>Conversion factor</i>
Dolomit <i>Dolomite (CaMg(CO₃)₂)</i>	95.09	44.60	2.36
Kapur pertanian <i>Agriculture lime (CaCO₃)</i>	90.02	36.78	3.02

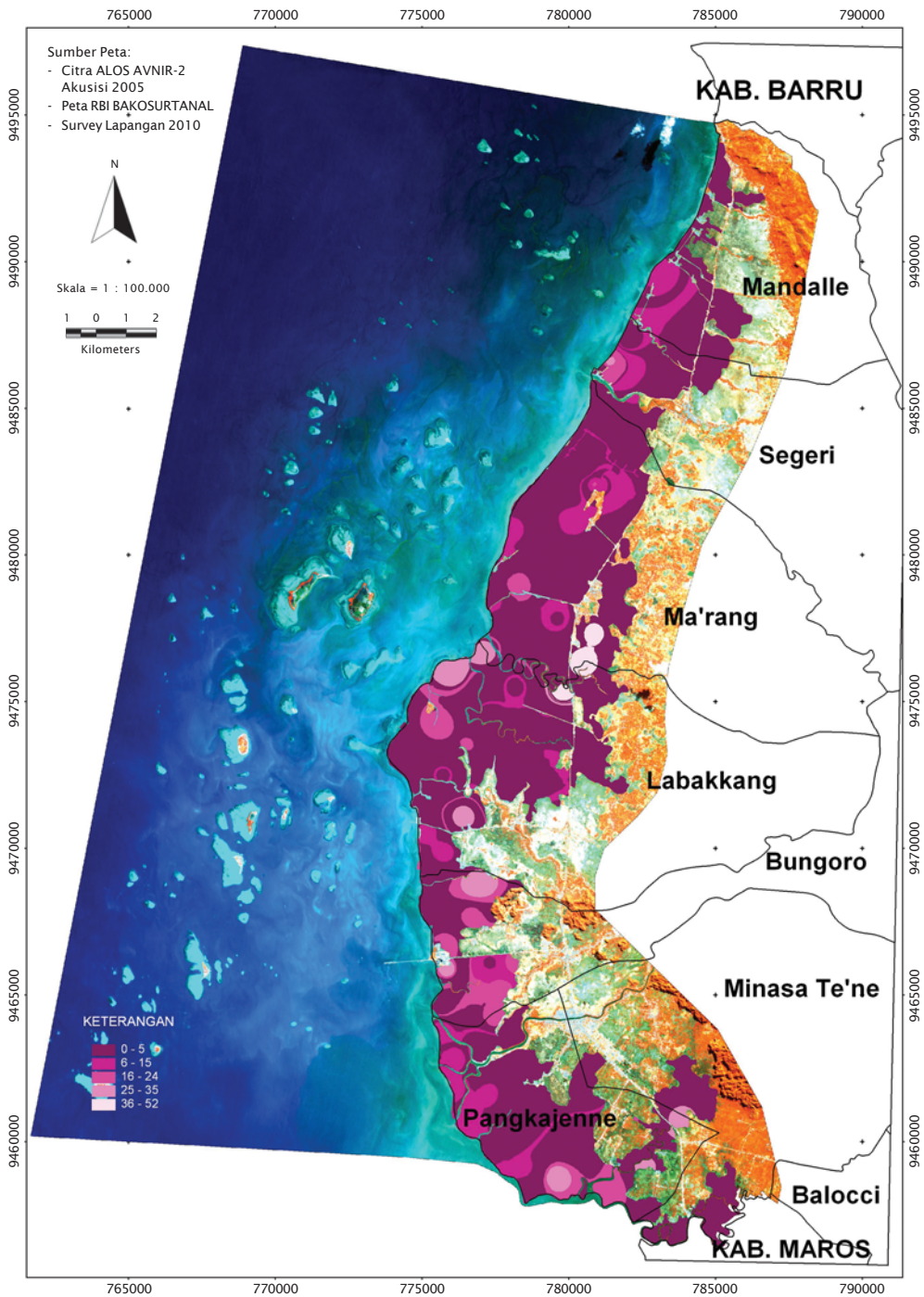
Sumber (Source): Mustafa *et al.* (2010c)

yang beredar di pasaran relatif bervariasi kualitasnya dan termasuk berkualitas rendah. Kaptan yang memiliki nilai netralisasi 98,0% dan efisiensi netralisasi 99,5% tergolong berkualitas tinggi (Conyers *et al.*, 2003). Berdasarkan nilai netralisasi dan efisiensi netralisasi maka didapatkan faktor konversi atau faktor keamanan atau faktor koreksi kapur seperti telah dilaporkan sebelumnya oleh Mustafa *et al.* (2010c) (Tabel 2). Dalam hal ini, untuk menentukan jumlah kapur yang akan diaplikasikan maka nilai kebutuhan kapur CaCO₃ yang didapatkan dari nilai S_{pos} tanah harus dikalikan nilai faktor konversi yaitu sebesar 2,36 bila menggunakan dolomit dan 3,02 bila menggunakan kaptan. Strategi pengelolaan tanah sulfat masam yang termasuk proses oksidasi secara berangsur-angsur dan pengapuran untuk menetralsir kemasaman yang diproduksi untuk waktu yang cukup lama, faktor konversi kapur adalah minimal 1,5 sampai 2,0 kali yang secara teoritikal dari kebutuhan kapur yang dapat digunakan untuk mempertimbangkan reaktivitas lambat dari kapur dan ketidakhomogenan pada saat pencampuran di lapangan (ASSMAC, 1998; Hazelton & Murphy, 2009).

Tanah dengan kandungan S_{pos} dan berat volume tanah yang sama, maka dibutuhkan dolomit dalam jumlah yang lebih rendah daripada kaptan. Secara umum, tingginya faktor konversi kapur menunjukkan bahwa kapur yang ada tergolong berkualitas rendah. Dolomit dan kaptan adalah kapur yang lebih aman digunakan, terkadang lebih murah dan

dipertimbangkan lebih efektif sebagai bahan kapur untuk tambak di bawah kondisi normal. Namun demikian, pada tambak yang sering terserang penyakit dan dilakukan pencegahan sebelum penebaran, maka aplikasi kapur bakar atau kapur hidrat pada tanah dasar tambak yang kosong mungkin lebih efektif dalam membasmi organisme penyebab penyakit dalam tanah sebelum penebaran berikutnya (Boyd & Massaut, 1999).

Kebutuhan kapur di tambak Kabupaten Pangkep berkisar antara 0,12 dan 53,04 ton/ha dengan rata-rata 13,01 ton/ha (Tabel 1). Pembudidaya tambak di Kabupaten Pangkep mengaplikasikan kaptan dengan dosis yang sangat rendah yaitu hanya sampai 250 kg/ha (Mustafa *et al.*, 2010a). Distribusi spasial kebutuhan kapur di tambak Kabupaten Pangkep terlihat pada Gambar 4, di mana kebutuhan kapur yang tinggi dijumpai di tempat-tempat tertentu di Kecamatan Minasa Te'ne, Pangkajene, Bungoro, Labakkang, dan Ma'rang. Distribusi spasial kebutuhan kapur yang tinggi ini relatif sama dengan distribusi kandungan S_{pos} tanah yang juga tinggi. Kebutuhan kapur tersebut termasuk kondisi pengelolaan tinggi pada tempat-tempat tersebut. Menurut Ahern & McElnea (2004), kebutuhan kapur termasuk pengelolaan tinggi, apabila membutuhkan kapur lebih besar 14 kg CaCO₃ untuk menetralkan 1 ton tanah yang terganggu. Rata-rata tambak di Kabupaten Pangkep membutuhkan 32,52 kg CaCO₃ untuk menetralkan 1 ton tanah yang terganggu. Terlihat bahwa kuantitas kebutuhan kapur



Gambar 4. Peta distribusi spasial kebutuhan kapur CaCO_3 tanah tambak di Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan

Figure 4. Spatial distribution map of CaCO_3 lime requirement in the brackishwater ponds soil of Pangkep Regency South Sulawesi Province

tergolong tinggi, namun demikian pengaplikasian dosis ini dapat memberikan pengaruh terhadap tanah untuk waktu yang cukup lama. Selain itu, dalam penentuan kebutuhan kapur berdasarkan nilai S_{pos} tanah ini dapat tergolong cukup besar, sebab bahan penetral atau kapur diperhitungkan cukup untuk mengurangi potensial yang dapat merusak lingkungan (ASSMAC, 1998). Pada tanah tambak yang bukan tanah sulfat masam dengan pH tanah 5,0 dengan tanah bertekstur berat, Boyd (1995) menyarankan penggunaan kaptan sebanyak 14.320 kg/ha yang diaplikasikan setiap persiapan tambak.

Di Kabupaten Pangkep dan sekitarnya dijumpai potensi bahan kapur yang dapat dijadikan sebagai bahan penetral kemasaman di tambak. Gugusan karst yang terdapat di Kabupaten Maros dan Pangkep, Sulawesi Selatan yang sebagian masuk dalam wilayah Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung membentang seluas 43.750 ha (Anonim, 2009a). Perbukitan karst Maros-Pangkep dibentuk secara umum oleh batuan karbonat dari formasi Tonasa dengan variasi batuan gunung api atau intrusi yang tersebar di kawasan ini (Abdurahman, 2008). Batuan karbonat ini dapat merupakan salah satu sumber bahan kapur yang selama ini diusahakan oleh penambang kapur di sekitar Kabupaten Pangkep.

Selain itu, diperlukan upaya untuk mengurangi kebutuhan kapur dengan melakukan remediasi tanah dasar tambak. Prinsip remediasi melalui oksidasi dan pembilasan tanah adalah pengeringan tanah untuk mengoksidasi pirit, perendaman untuk melarutkan dan menetralkan kemasaman atau menurunkan produksi kemasaman lanjut dan pembilasan untuk membuang hasil oksidasi dan meminimumkan cadangan unsur-unsur toksik dalam tanah (Mustafa, 2007; Mustafa & Rachmansyah, 2008). Tanah dasar tambak sebaiknya dicangkul terlebih dahulu sedalam 0,2 m agar permukaan tanah bertambah luas sehingga proses oksidasi dapat lebih baik. Pengeringan tanah dasar tambak dilakukan selama 2 minggu pada keadaan terik matahari atau tergantung pada keadaan iklim selama pengeringan. Tambak dibiarkan terendam selama 1 minggu dengan air bersalinitas tinggi (lebih besar 15 ppt) dan selanjutnya air rendaman dibuang. Air bersalinitas tinggi mengandung Ca, Mg, dan Na yang tinggi pula, sehingga lebih banyak pula Fe dan Al yang

dapat tergantikan unsur yang bersifat basa tersebut yang berdampak pada pengurangan Fe dan Al yang juga lebih banyak. Proses tersebut diulang 2 atau 3 kali sampai didapatkan kondisi tanah yang lebih baik. Disarankan proses tersebut dilakukan pada musim kemarau dimana curah hujan relatif rendah dan suhu udara relatif tinggi dan pada saat surut rendah agar pengeringan dapat lebih baik, salinitas air rendaman dapat lebih tinggi dan selanjutnya pembilasan air rendaman juga dapat lebih sempurna. Dalam pengeringan tambak, diharapkan juga proses dekomposisi bahan organik dapat lebih cepat sehingga kandungan bahan organik yang tinggi dapat menurun, di samping mengurangi senyawa-senyawa toksik. Dengan remediasi tanah dasar tambak seperti ini, maka akan terjadi penurunan nilai S_{pos} tanah, sehingga kebutuhan kapur juga menjadi berkurang. Remediasi tanah dasar tambak melalui pengeringan 14 hari, perendaman 3 hari dan pembilasan 3 kali yang kemudian seluruh proses remediasi tersebut diulang 3 kali dapat menurunkan S_{pos} tanah dari $1,8518 \pm 0,0858$ menjadi $1,4275 \pm 0,1209\%$ (Mustafa, 2007).

KESIMPULAN DAN SARAN

Tanah tambak di Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan dicirikan oleh berat volume tanah berkisar antara 0,20 dan 1,25 g/cm³ dengan rata-rata 0,75 g/cm³ dan S_{pos} tanah berkisar antara 0,02 dan 3,47% dengan rata-rata 1,20%. Kebutuhan kapur setara CaCO₃ untuk tambak di Kabupaten Pangkep berkisar antara 0,12 dan 53,04 ton/ha dengan rata-rata 13,01 ton/ha, di mana kebutuhan kapur yang tinggi dijumpai di bagian selatan Kabupaten Pangkep (Kecamatan Minasa Te'ne, Pangkajene, Bungoro, dan Labakkang). Disarankan untuk memperbaiki kualitas tanah tambak terlebih dahulu melalui remediasi dalam bentuk oksidasi dan pembilasan tanah agar S_{pos} tanah dapat menurun sehingga kebutuhan kapur juga dapat berkurang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Muhammad Arnold, Haking Made, dan Darsono atas bantuannya dalam pengambilan contoh tanah di lapangan dan Rosiana Sabang, Kamariah, dan Rahmiah atas bantuannya dalam analisis tanah di laboratorium.

DAFTAR ACUAN

- Abdurahman, S. 2008. Potensi kawasan karst Maros-Pangkep Sulawesi Selatan. Dalam: *Ekspedisi Geografi Indonesia Sulawesi Selatan 2008*. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Cibinong, hlm. 27-32.
- Adams, F. & Evans, C.E. 1962. A rapid method for measuring lime requirement of red-yellow podzolic soils. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 26: 355-357.
- Ahern, C.R. & Blunden, B. 1998a. 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. & Blunden, B. 1998b. Introduction. In: Ahern, C.R., Blunden, B., & Stone, Y. (eds.), *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Acid Sulfate Soil Management Advisory Committee, Wollongbar, NSW, p. 1.1-2.4.
- Ahern, C.R. & McElnea, A. 2004. Calculated sulfur parameters. In: *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Queensland Department of Natural Resources, Mines and Energy, Indooroopilly, Queensland, Australia, p. B11-1-B11-2.
- Ahern, C.R., McElnea, A., & Baker, D.E. 1996. To dry or not to dry? That is the question for sulfidic soils. In: *Proceedings of the Australian and New Zealand National Soil Conference, 1-4 July 1996*. Australian Soil Science Society, Melbourne, p. 1-2.
- Ahern, C.R., McElnea, A., & Baker, D.E. 1998a. Peroxide Oxidation Combined Acidity & 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. Acid neutralizing capacity 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. 6.1-6.4.
- 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.
- Anonim. 2009a. *Karst Maros Pangkep Terluas Kedua di Dunia*. <http://alamendah.wordpress.com/2009/10/06/karst-maros-pangkep-terluas-kedua-di-dunia/>. [6 Mei 2011].
- Anonim. 2009b. *Laporan Statistik Perikanan Sulawesi Selatan, 2008*. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sulawesi Selatan, Makassar, 243 hlm.
- Anonim. 2010. *Lime Application for Improved Fish Production*. <http://www.luresext.edu/aquaculture/Lime%20application.pdf>. [12 Februari 2010].
- ASSMAC (Acid Sulfate Soil Management Advisory Committee). 1998. Acid sulfate soil management guidelines. In: Ahern, C.R., Blunden, B., & Stone, Y. (eds.), *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Acid Sulfate Soil Management Advisory Committee, Wollongbar, NSW, III: 1-28.
- Boyd, C.E. 1974. *Lime Requirements of Alabama Fish Ponds*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, Bulletin 459, 19 pp.
- Boyd, C.E. 1982. Liming fish ponds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 37(2): 86-88.
- Boyd, C.E. 1995. *Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture*. Chapman and Hall, New York, 348 pp.
- Boyd, C.E. 2008. Pond bottom soil analyses. *Global Aquaculture Advocate*, September/October, p. 91-92.
- Boyd, C.E. & Hollerman, W.D. 1982. Influence of particle size of agricultural limestone on pond liming. *Proceedings of Annual Conference Southeast Association of Fish and Wildlife Agencies*, 36: 196-201.
- Boyd, C.E. & Massaut, L. 1999. Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 20: 113-132.
- Boyd, C.E. & Tucker, C.S. 1992. *Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, 183 pp.
- Boyd, C.E., Wood, C.W., & Thunjai, T. 2002. *Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management*. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program Oregon State University, Corvallis, Oregon, 41 pp.

- Conyers, M.K., Heenan, D.P., McGhie, W.J., & Poile, G.P. 2003. Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. *Soil & Tillage Research*, 72: 85-94.
- Cruz-Lacierda, E.R., de la Peña, L.D., & Lumanlan-Mayo, S.C. 2000. The use of chemicals in aquaculture in the Philippines. In: Arthur, J.R., Lavilla-Pitogo, C.R., & Subasinghe, R.P. (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines, p. 155-184.
- DeBusk, W.F., Reddy, K.R., Koch, M.S., & Wang, Y. 1994. Spatial distributions of soil nutrients in a Northern Everglades Marsh: Water Conservation Area 2A. *Soil Science Society of American Journal*, 58: 543-552.
- Hazelton, P. & Murphy, B. 2009. *Interpreting Soil Test Results: What do All the Numbers Mean?* CSIRO Publishing, Collingwood, 152 pp.
- Lin, C. & Melville, M.D. 1993. Control of soil acidification by fluvial sedimentation in an estuarine floodplain, eastern Australia. *Sedimentary Geology*, 85: 1-13.
- Lin, C., Wood, M., Heskins, P., Ryffel, T., & Lin, J. 2004. Controls on water acidification and de-oxygenation in an estuarine waterway, eastern Australia. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 61: 55-63.
- Lin, Y.P. 2008. Simulating spatial distributions, variability and uncertainty of soil arsenic by geostatistical simulations in geographic information systems. *Open Environmental Sciences*, 2: 26-33.
- McElnea, A.E. & Ahern, C.R. 2004a. Sulfur-peroxide oxidation method. In: *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Queensland Department of Natural Resources, Mines and Energy, Indooroopilly, Queensland, Australia, p. B7-1-B7-2.
- McElnea, A.E. & Ahern, C.R. 2004b. Sulfur 1M KCl extraction (S_{KCl}). In: *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*. Queensland Department of Natural Resources, Mines and Energy, Indooroopilly, Queensland, Australia, pp. B8-1-B8-2.
- Melville, M.D. 1993. *Soil Laboratory Manual*. School of Geography, The University of New South Wales, Sydney, 74 pp.
- Mustafa, A. 1996. *Pendederan Udang Windu (Penaeus monodon Fabricius) di Tanah Gambut Melalui Pengapuran Dasar dan Susulan dengan Dosis Berbeda*. Tesis Magister Sains. Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar, 181 hlm.
- Mustafa, A. 2007. *Improving Acid Sulfate Soils for Brackishwater Aquaculture Ponds in South Sulawesi, Indonesia*. Doctor of Philosophy Thesis. Faculty of Science, The University of New South Wales, Sydney, 418 pp.
- Mustafa, A. & Pantjara, B. 2009. Karakteristik lahan budidaya tambak di Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo. Dalam: Permadi, E., Sipahutar, Y.H., Saifurridjal, Basith, A., Sugriwa, E., Siregar, A.N., Thaib, E.A., Surya, R., & Wulandari, N.S. (eds.), *Prosiding Seminar Nasional Perikanan 2009; Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Perairan*. Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta, hlm. 44-53.
- Mustafa, A. & Rachmansyah. 2008. Kebijakan dalam pemanfaatan tanah sulfat masam untuk budidaya tambak. Dalam: Sudradjat, A., Rusastra, I.W., dan Budiharsono, S. (eds.), *Analisis Kebijakan Pembangunan Perikanan Budidaya*. Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta, hlm. 1-11.
- Mustafa, A., Rachmansyah, & Anugriati. 2010c. Distribusi kebutuhan kapur berdasarkan S_{pos} tanah untuk tambak tanah sulfat masam di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. Dalam: Sudradjat, A., Rachmansyah, Hanafi, A., Azwar, Z.I., Imron, Kristanto, A.H., Chumaidi, & Insan, I. (eds.), *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2010: Buku 2*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya, Jakarta, hlm. 1.109-1.121.
- 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., Ratnawati, E., & Utojo. 2010a. Penentuan faktor pengelolaan tambak yang mempengaruhi produktivitas tambak di Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan. Dalam: Syamsuddin, S., Sipahutar, Y.H., Saifurridjal, Basith, A., Nurbani, S.Z., Suharto, Siregar, A.N., Rahardjo, S., Hadi, R.S., & Sanova, V. (eds.), *Prosiding Seminar Nasional Perikanan 2010: Budidaya Perikanan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Masyarakat, Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta, hlm. 320-329.

- Mustafa, A., Sapo, I., & Ratnawati, E. 2009. Survei penggunaan produk kimia pada berbagai sistem budidaya di tambak Provinsi Sulawesi Selatan. *Dalam: Permadi, E., Sipahutar, Y.H., Saifurridjal, Basith, A., Sugriwa, E., Siregar, A.N., Thaib, E.A., Surya, R., & Wulandari, N.S. (eds.). Prosiding Seminar Nasional Perikanan 2009: Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Perairan*. Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta, hlm. 54-65.
- Mustafa, A., Sapo, I., & Paena, M. 2010b. Studi penggunaan produk kimia dan biologi pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di tambak Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Jurnal Riset Akuakultur*, 5(1): 115-133.
- Orndorff, Z.W., Daniels, W.L., & Fanning, D.S. 2008. Reclamation of acid sulfate soils using lime-stabilized biosolids. *Journal of Environmental Quality*, 37: 1,447-1,455.
- Pillai, V.K. & Boyd, C.E. 1985. A simple method for calculating liming rates for fish ponds. *Aquaculture*, 46: 157-162.
- Pitty, A.F. 1979. *Geography and Soil Properties*. Methuen & Co. Ltd., London, 287 pp.
- de Queiroz, J.F., Nicolella, G., Wood, C.W., & Boyd, C.E. 2004. Lime application methods, water and bottom soil acidity in fresh water fish ponds. *Scientia Agricola*, 61(5) Piracicaba Sept./Oct.
- Rachmansyah & Mustafa, A. 2011. Distribusi spasial karakteristik tanah tambak di Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(3): 479-493.
- Sammut, J. & Lines-Kelly, R. 2000. *An Introduction to Acid Sulfate Soils*. Natural Heritage Trust, Australia, 27 pp.
- Schaetzl, R.J. & Anderson, S. 2005. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, Cambridge, 817 pp.
- Simón, M., Martín, F., García, I., Bouza, P., Dorronsoro, C., & Aguilar, J. 2005. Interaction of limestone grains and acidic solutions from the oxidation of pyrite tailings. *Environmental Pollution*, 135: 65-72.
- Soil Survey Staff. 2001. *Soil Taxonomy, a Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. United State Department of Agriculture, Washington, DC., 734 pp.
- 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.
- Swingle, H.S. 1968. Standardization of chemical analysis for waters and pond muds. *FAO Fisheries Report*, 44(4): 397-406.
- Tarunamulia & Mustafa, A. 2009. Peningkatan produktivitas tambak tanah sulfat masam melalui perbaikan metode pengapuran. *Dalam: Djumanto, Dwiwitno, Chasanah, E., Heruwati, E.S., Irianto, H.E., Saksono, H., Lelana, I.Y.B., Basmal, J., Murniyati, Murwantoko, Probosunu, N., Peranginangin, R., Rustadi, & Ustadi (eds.). Prosiding Seminar Nasional Tahunan VI Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Tahun 2009; Jilid I: Budidaya Perikanan*. Jurusan Perikanan dan Kelautan-Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; Indonesian Network on Fish Health Management, Bogor dan Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Jakarta, hlm. RB-08:1-9.
- Tisdale, S.L. & Nelson, W.L. 1975. *Soil Fertility and Fertilizers*. Third edition. MacMillan Publishing Co. Inc., New York, 675 pp.
- Utojo & Mustafa, A. 2011. *Suatu Kajian Tentang Kesesuaian Lokasi Tambak di Kawasan Pesisir Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis*. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros, 30 hlm.