

PENENTUAN LETAK LAPISAN PYRIT (FeS_2) BERKONSENTRASI TINGGI BERDASARKAN DATUM REFERENSI LOKAL PADA TAMBAK YANG BERASOSIASI DENGAN TANAH SULFAT MASAM

(Studi kasus pada tambak percobaan Maranak, Sulawesi Selatan)

Tarunamulia, Akhmad Mustafa, dan Suwardi Tahe

ABSTRAK

Kendala utama yang dijumpai pada tambak yang berasosiasi dengan tanah sulfat masam (TSM) adalah tingkat kemasaman yang tinggi ($\text{pH}<4$), terutama karena adanya pyrit (FeS_2) yang terbentuk pada kondisi tereduksi pada suatu lapisan kedalaman tanah. Salah satu kendala teknis dalam membuat konstruksi tambak pada tambak TSM adalah kesulitan dalam memprediksi kedalaman relatif lapisan pyrit tersebut. Riset ini bertujuan untuk mendeskripsikan salah satu alternatif model dalam penentuan letak vertikal lapisan pyrit berkonsentrasi tinggi pada tambak yang berasosiasi dengan tanah sulfat masam, berdasarkan datum referensi lokal. Hasil riset menunjukkan bahwa model penentuan lapisan pyrit dengan pengikatan ketinggian terhadap datum referensi lokal (MSL) dapat diaplikasikan untuk mendapatkan data posisi vertikal lapisan pyrit yang berkonsentrasi tinggi secara akurat di areal pertambakan. Lapisan pyrit dengan ketebalan kurang lebih 50 cm terletak antara 20 cm hingga 70 cm di atas datum referensi lokal (MSL lokal) dijumpai pada lokasi riset (Tambak Percobaan Maranak). Keberadaan lapisan pyrit dengan konsentrasi tinggi tersebut karena cukup tersedianya unsur / senyawa pendukung (besi, sulfur, dan bahan organik) serta situasi lingkungan yang anaerob. Hasil yang didapatkan tersebut sebaiknya diaplikasikan hanya di sekitar lokasi riset, sementara untuk lokasi yang berbeda harus dilakukan survai ulang.

ABSTRACT: *Determination of the depth layer of pyrite (FeS_2) in high concentration based on local reference datum on acid sulfate soils affected ponds (a case study in Maranak experimental ponds, Maros, South Sulawesi), By: Tarunamulia, Akhmad Mustafa, and Suwardi Tahe*

The main constraint found on Acid Sulfate Soils (ASS) affected ponds is high acidity ($\text{pH}<4$). This is mainly due to the existing of iron sulfide (pyrite) that is formed in reduction condition at a certain soil depth layer. One of the technical problems related to the availability of pyrite is how to predict the relative depth of this high concentrated pyrite. This research aimed at describing an alternative model that is able to determine the of depth layer of pyrite in high concentration based on local reference datum (MSL) on ASS affected ponds. The research results showed that the model could be used to accurately determine high concentrated pyrite layers in coastal area. Pyrite layer, having thickness of around 50 cm and located between 20 cm and 70 cm above local MSL was found in the study site (Maranak experimental ponds). The existing of the pyrite layer is supported by the availability of related elements or compounds i.e.: Iron, sulfur, and decomposed organic matter and anaerobic environment. The model could be applied locally in the study site, however it must be for another site restudied.

KEYWORDS: *acid sulfate soils, pyrite, mean sea level*

PENDAHULUAN

Potensi tanah sulfat masam di Indonesia mencapai 6,7 juta hektar dan yang berasosiasi dengan tanah salin seluas 2,4 juta hektar, umumnya terdapat pada lahan pasang surut payau di kawasan pesisir. Lahan tersebut dinilai kurang layak bagi peruntukan pertanian, namun berpeluang bagi peruntukan budi

daya perikanan pesisir bila didukung oleh sumber air yang memadai (Hanafi, 1998).

Beberapa kendala yang dijumpai pada tanah sulfat masam adalah tingkat kemasaman yang sangat tinggi ($\text{pH}<4$), adanya kandungan pyrit, toksisitas besi, aluminium, dan beberapa logam berat lainnya seperti sulfat tinggi serta kurang tersedianya fosfor (Sammud, 1997).

Pyrit terbentuk pada kondisi lahan terendam total, sedimen salin yang mengandung besi dan cukup tersedianya sumber bahan organik yang terurai (Den, 1986). Bakteri menguraikan bahan organik pada kondisi anaerob dan mereduksi sulfat menjadi sulfida (Pons *et al.*, 1982). Hasil akhir dari proses ini adalah pyrit yang dikenal sebagai potensi tanah sulfat masam.

Kegiatan konstruksi dalam upaya pemanfaatan lahan marginal tambak-tambak yang berasosiasi dengan tanah sulfat masam akan menghadapi permasalahan yang cukup kompleks terutama dalam hal pembukaan lahan baru, penggalian tambak, dan peninggian pematang dari tanah hasil galian tersebut serta kegiatan-kegiatan penggunaan lahan lain di sekitar tambak yang mengarah pada penggalian dan pengangkatan material dasar, karena kegiatan tersebut tanpa disadari akan membangkitkan potensi kemasaman dari pyrit yang terdapat pada lapisan kedalaman tertentu dalam tanah yang sangat membahayakan usaha budi daya (Tarunamulia, 2001).

Upaya yang dilakukan untuk mengantisipasi keberadaan potensi kemasaman pada tambak tanah sulfat masam telah banyak dipraktekkan, namun pada kenyataannya hasil yang diperoleh belum pada taraf maksimal. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh tidak adanya informasi tentang letak lapisan (secara vertikal) yang berpotensi menaikkan tingkat kemasaman, khususnya lapisan pyrit yang belum diketahui secara pasti, sehingga aplikasi teknologi seperti teknik remediasi akan mengalami hambatan dalam menetapkan model perlakuan dan kalkulasi bahan baku untuk menetralkan potensi kemasaman

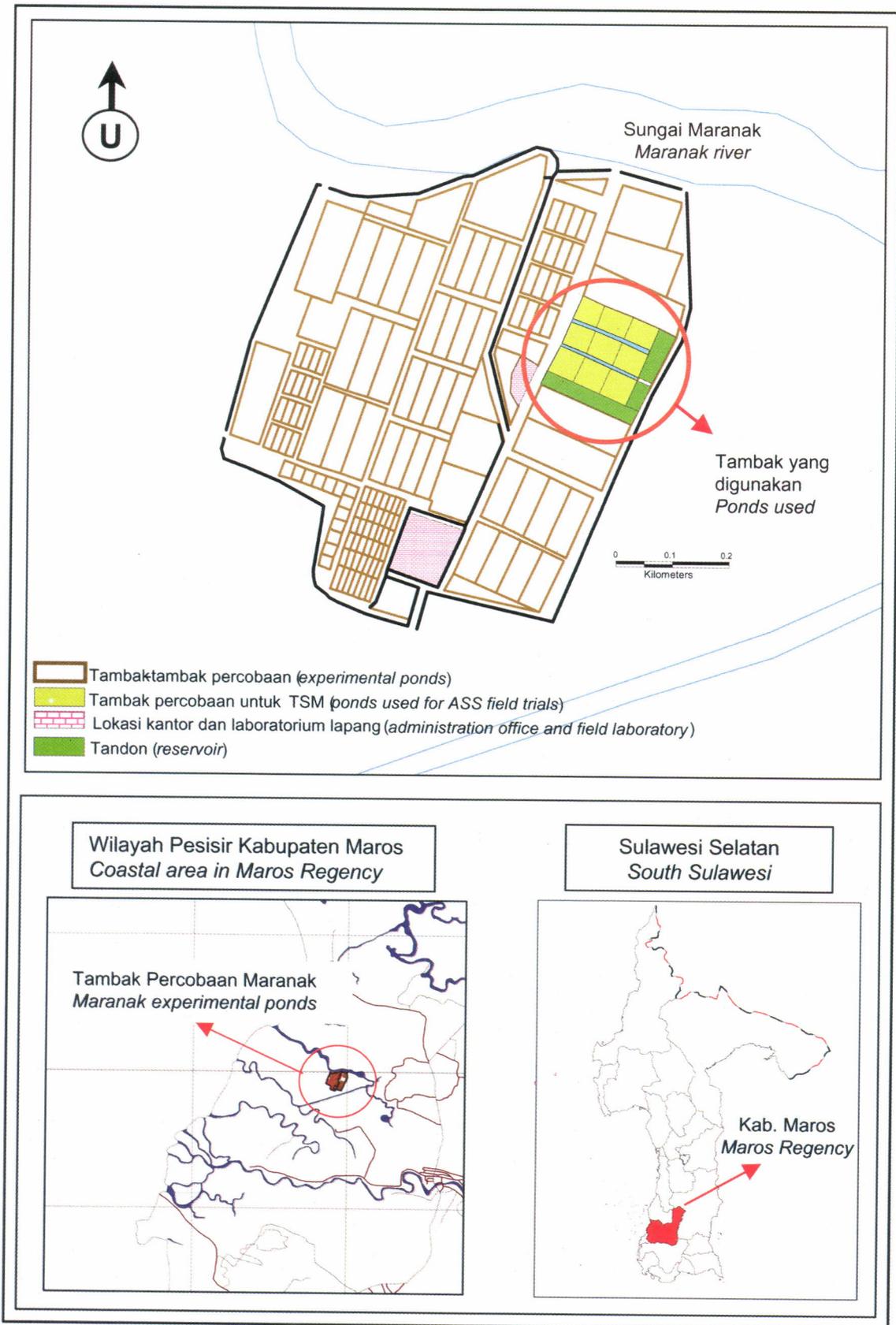
tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu riset untuk mendapatkan model penentuan lapisan pyrit pada tambak tanah sulfat masam terhadap suatu datum referensi yang dapat dikenali dan dimanfaatkan secara praktis oleh petani tambak dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, misalnya dengan memanfaatkan sifat harmonis dari pasang surut. Riset ini bertujuan untuk mendeskripsikan salah satu alternatif model dalam penentuan letak vertikal lapisan pyrit berkonsentrasi tinggi pada tambak yang berasosiasi dengan tanah sulfat masam, berdasarkan datum referensi lokal. Kegunaan dari riset ini adalah terciptanya suatu metode yang dapat digunakan secara praktis untuk mengantisipasi keberadaan potensi kemasaman dalam upaya peningkatan produktivitas lahan marginal tambak tanah sulfat masam.

BAHAN DAN METODE

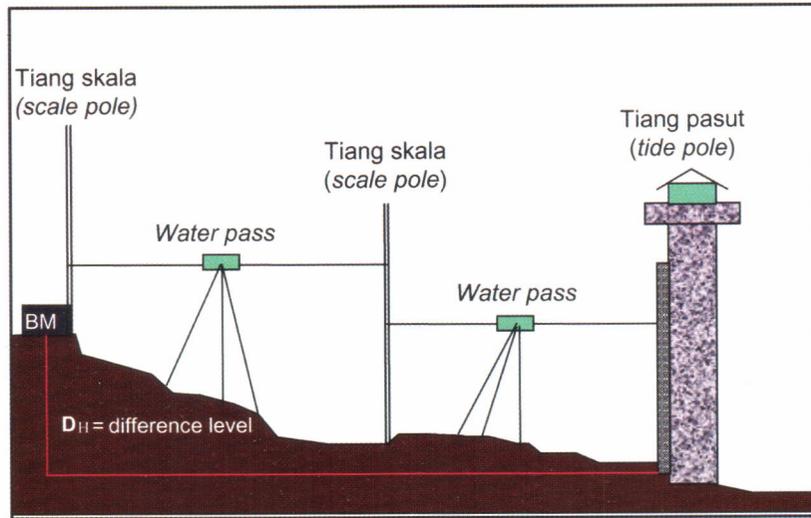
Riset dilaksanakan pada bulan Juni 2001 di Tambak Percobaan Maranak yang terletak kira-kira 9 km di sebelah Barat Kota Maros dengan posisi geografis 119°35'17" Bujur Timur dan 05°00'12" Lintang Selatan (Gambar 1). Riset ini terdiri atas kegiatan lapangan, kegiatan laboratorium, dan analisis data. Kegiatan lapangan meliputi penentuan datum referensi, pengukuran kerangka vertikal dan horizontal, dan penentuan titik sampling serta sampling tanah. Sedangkan kegiatan laboratorium berupa analisis beberapa peubah kimia tanah yang akan digunakan sebagai data base untuk menunjukkan tingkat potensi kemasaman tanah pada tambak tanah sulfat masam.

Tabel 1. Komponen pasut diurnal dan semi-diurnal
Table 1. Tidal components for diurnal and semi-diurnal

Nama Komponen <i>Component name</i>	Simbol <i>Symbol</i>	Periode <i>Period</i>	Keterangan <i>Notes</i>
Pasang surut semi-diurnal <i>Semi-diurnal type</i>	M2	12.42	Komponen utama semi-diurnal bulan <i>The principal lunar semi-diurnal components</i>
	S2	12	Komponen utama semi-diurnal matahari <i>Principal solar semi-diurnal components</i>
	N2	12.66	Komponen akibat variasi bulanan jarak bumi-bulan <i>Lunar elliptic semi-diurnal constituents</i>
	K2	11.97	Komponen matahari-bulan akibat perubahan sudut deklinasi <i>Lunar declination semi-diurnal constituents</i>
Pasang surut diurnal <i>Diurnal type</i>	K1	23.93	Komponen matahari-bulan <i>Luni-solar diurnal component</i>
	O1	25.82	Komponen utama diurnal bulan <i>Principal lunar diurnal component</i>
	P1	24.07	Komponen utama diurnal matahari <i>Solar declination diurnal constituents</i>



Gambar 1. Lokasi penelitian pada Tambak Percobaan Maranak, Kecamatan Maros Utara, Kabupaten Maros
Figure 1. Study site at Maranak experimental ponds in North Maros District, Maros Regency



Gambar 2. Prosedur yang dilakukan dalam penentuan tinggi bench mark (BM) dari MSL
 Figure 2. Step followed in determining height of bench mark (BM) from MSL

Kegiatan Lapangan

Penentuan datum referensi. Untuk kebutuhan praktis, datum referensi yang digunakan adalah duduk tengah sementara hasil pengukuran pasang surut (pasut) dengan periode pengamatan selama 39 jam yang diikatkan pada *bench mark* (BM) yang memiliki posisi horizontal (sistem koordinat lokal) (Gambar 2). Sedangkan untuk kebutuhan analisis lanjutan, data tersebut dipadukan dengan data ramalan pasut tahunan yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro Oseanografi (Dishidros) pada lokasi yang berdekatan dan memiliki karakteristik pasang surut yang sama.

Penentuan beberapa permukaan penting pasut berdasarkan nilai konstanta harmonik pasut tersebut kemudian dianalisis tipe pasang surut dengan menggunakan rumus *formzhal*, yang berbentuk:

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2}$$

di mana F adalah nilai *formzhal* dengan klasifikasi pasut sebagai berikut:

- Pasang ganda jika $F \leq \frac{1}{4}$
- Pasang campuran (ganda dominan) jika $\frac{1}{4} < F \leq 1\frac{1}{2}$
- Pasang campuran (tunggal dominan) jika $1\frac{1}{4} < F \leq 3$
- Pasang tunggal jika $F \leq \frac{1}{3}$

Pengukuran kerangka vertikal. dilaksanakan dengan metode sipat datar memanjang dan profil melintang, untuk menentukan beda tinggi titik sampling (dasar tambak).

Penentuan titik sampling. Titik sampling ditentukan dengan metode sampling teratur, yakni dari 9 (sembilan) buah petak tambak, dilakukan sampling

masing-masing sebanyak 5 (lima) titik sampling pada tiap tambak secara merata.

Sampling tanah. Contoh tanah diambil dengan menggunakan bor tangan pada tiap dasar tambak agar kedalaman maksimal sampai 2 meter. Dan untuk analisis sampel di laboratorium, sampel dipisahkan pada setiap kedalaman 20 cm untuk setiap titik sampling. Untuk menghindari terjadinya oksidasi sampel disimpan dalam kantong kedap udara dan selanjutnya dimasukkan ke dalam *coolbox*.

Analisis sampel di lapangan. Ada beberapa parameter tanah yang harus diukur di lapangan sebagai pembandingan dengan data laboratorium nantinya; seperti: pH_F (*pH Field*), pH_{tox} (*pH Field Oxidation*), reaksi peroksida dan potensial redoks, di samping itu analisis juga dilakukan terhadap tekstur tanah dengan “metode rasa” dan penentuan warna tanah dengan *Munsell Color Chart*.

Kegiatan Laboratorium

Kegiatan laboratorium meliputi analisis beberapa variabel spesifik kimia tanah yang dapat menjadi indikator potensi kemasaman terutama yang disebabkan oleh sulfur yaitu pH_{KCL} , pH_{ox} (pH oksidasi), S_{KCL} , SP, dan S_{POS} , TPA (*Total Potential Acidity*), TAA (*Total Actual Acidity*), TSA (*Total Sulfidic Acidity*), dan % Pyrit. Prosedur analisis contoh tanah mengacu pada metode POCAS (*Peroxide Oxidation Combined Acidity & Sulfate*), (Ahern et al., 1998 dalam Tarunamulia, 2001).

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif yang disajikan dalam bentuk tabular dan grafis. Data

yang ditampilkan dalam bentuk tabular merupakan peubah kimia fisik tanah sulfat masam yang telah diverifikasi dan diklasifikasi sesuai dengan ketinggiannya terhadap datum referensi lokal.

Data grafis merupakan visualisasi data tabular untuk memperjelas kecenderungan data yang dianalisis. *Output* akhir berupa persentase pyrit pada tiap lapisan kedalaman terukur dan peta sebaran horizontal pyrit pada tiap lapisan yang terpilih.

HASIL DAN BAHASAN

Kondisi Pasang Surut dan Topografi Lokasi Penelitian

Dari hasil analisis grafis pasut yang diukur selama 38 jam pada lokasi penelitian (Gambar 3), maka diketahui bahwa karakteristik pasut pada lokasi penelitian lebih menyerupai kondisi pasut dari interpretasi data pasut terprediksi untuk Biringkassi dibandingkan dengan data prediksi untuk pelabuhan Makassar. Selisih nilai yang ada terutama diakibatkan oleh letak stasiun pengukuran pasut yang ditempatkan pada sungai pasang surut yang harus mengalami hambatan gerak, baik saat pasang maupun pada saat surut. Dengan demikian maka konstanta harmonik dari data prediksi untuk Biringkassi telah digunakan untuk menghitung tipe dan letak beberapa permukaan penting pasut. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai $F = 1,73$ yang menunjukkan bahwa tipe pasang surut adalah campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol. Selanjutnya untuk tipe pasut demikian, maka komponen harmonik yang berperan adalah komponen

tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari dan bulan (K1) dengan kecepatan sudut $15^{\circ}041/\text{jam}$ dan komponen pasut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan (O1) dengan kecepatan sudut $13^{\circ}943/\text{jam}$, dengan demikian dapat diprediksi letak berbagai macam permukaan penting pasang surut seperti diformulasi pada Tabel 2.

Pada perhitungan selanjutnya permukaan pasut MSL yang dihitung secara lokal sebesar 97,1 cm di atas nol rambu ukur pada lokasi penelitian akan dijadikan patokan/titik ikat dalam menganalisis letak vertikal lapisan berpotensi masam khususnya letak lapisan pyrit berkonsentrasi tinggi.

Dari hasil analisis data pengukuran beda tinggi, dapat diketahui bahwa ketinggian titik sampling (terukur dari pelataran tambak) berkisar antara 26,83 cm hingga 83,43 cm dari MSL dengan nilai rata-rata sebesar 40 cm di atas MSL. Oleh karena itu, pelataran tambak percobaan tersebut dapat terekspos udara (teroksidasi) setiap saat jika tidak dibatasi oleh pematang yang kokoh, kondisi topografi tambak percobaan dapat dilihat pada Gambar 4. Nampaknya terdapat perbedaan tinggi antara masing-masing tambak begitu pula antara titik sampling pada tambak yang sama walaupun beda tinggi antara pelataran tambak tersebut tidak terlalu tajam.

Tingkat Kemasaman Tanah Tambak

Kondisi kemasaman lahan secara umum dapat ditinjau dari nilai pH_F dan pH_{FOX} atau selisih dari keduanya. Dari hasil analisis diketahui bahwa nilai pH_F berkisar antara 2,26 hingga 7,56 dengan rata-

Tabel 2. Ketinggian beberapa permukaan penting pasut dengan referensi MSL
Table 2. The height of tide important surfaces measured from MSL

Bidang referensi <i>Tide surfaces</i>	Formula yang digunakan <i>Formula used</i>	Ketinggian <i>Height</i>
HAT	$2 (AK1+AO1+AS2+AM2) - Z_0$	82
MHWS	$2 (AK1+AO1)+AS2+AM2 - Z_0$	52
MHWN	$2AK1+AS2+AM2 - Z_0$	12
MSL	-	0
MLWN	$2AO1+AS2+AM2 - Z_0$	-12
MLWS	$AS2+AM2 - Z_0$	-52
Chart Datum	$MSL - Z_0$	-82

MHWS = Mean High Water Spring

MHWN = Mean High Water Neap

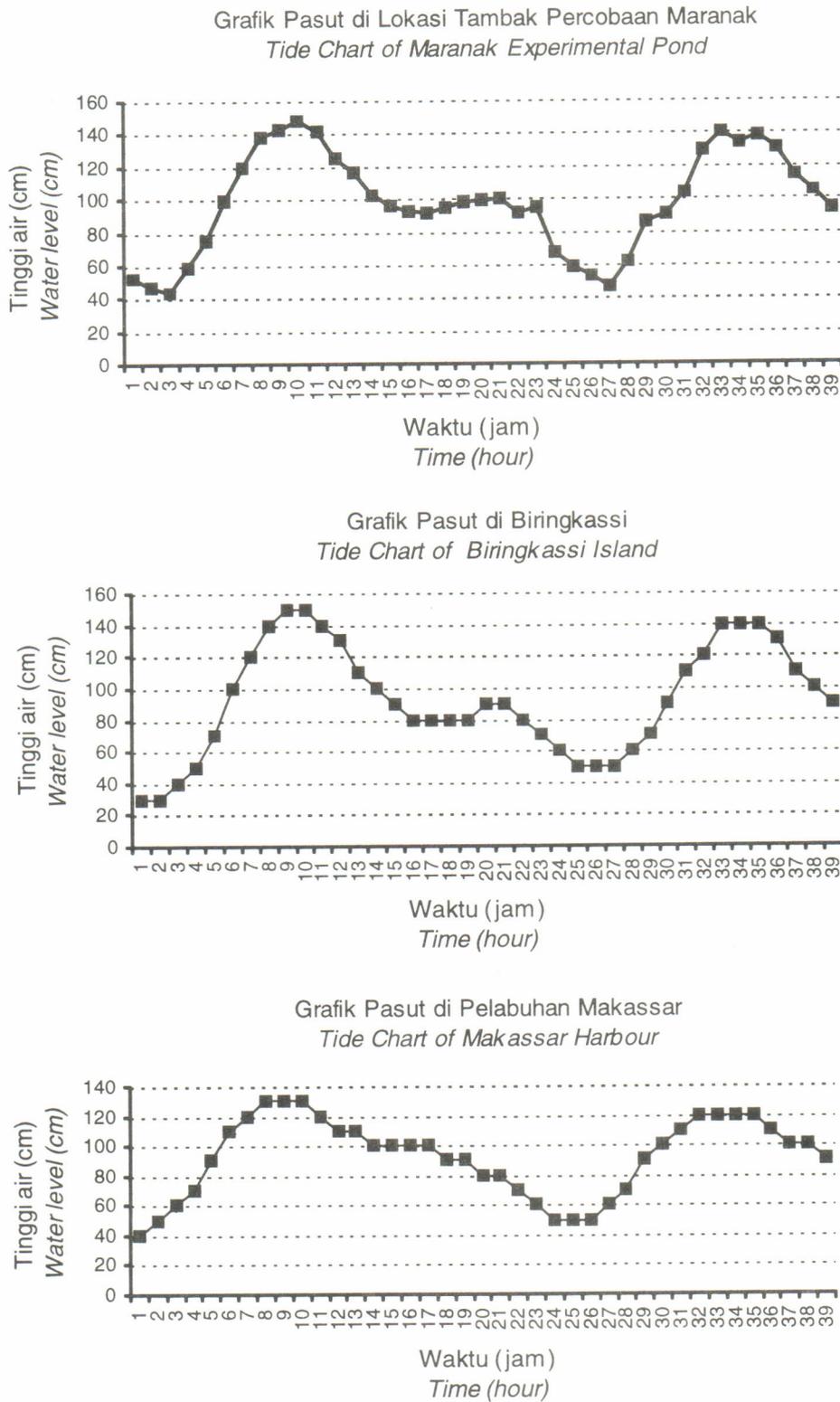
MSL = Mean Sea Level

MLWN = Mean Low Water Neap

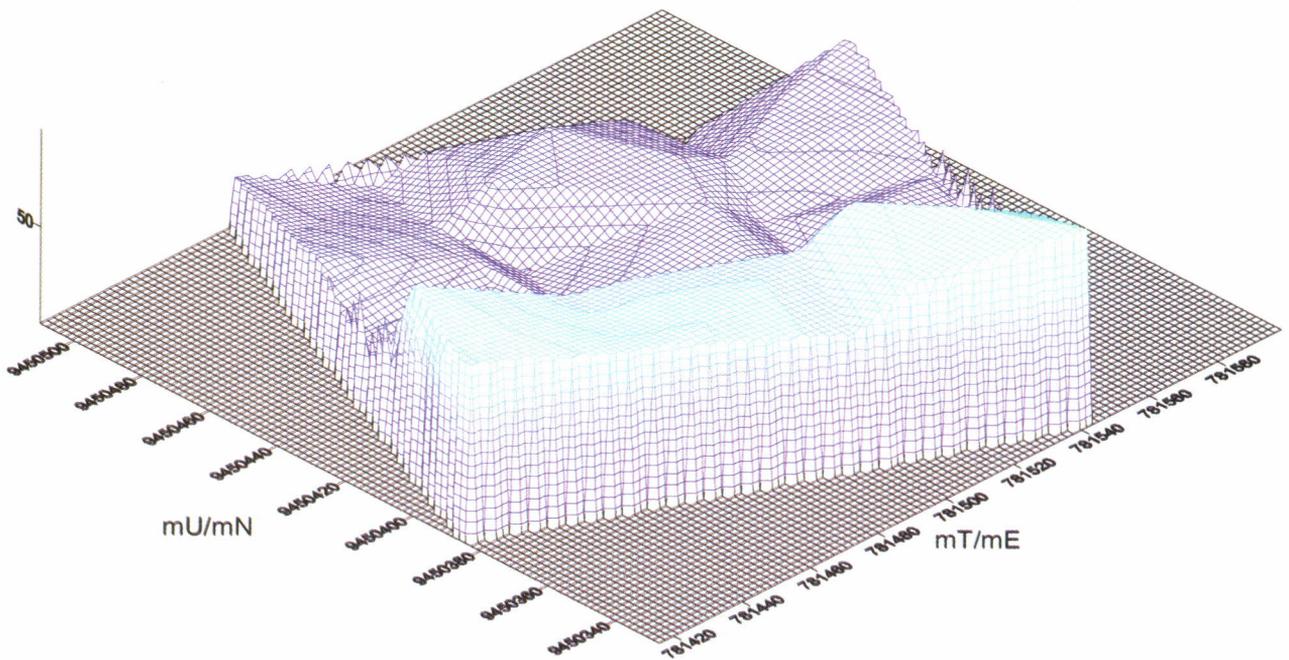
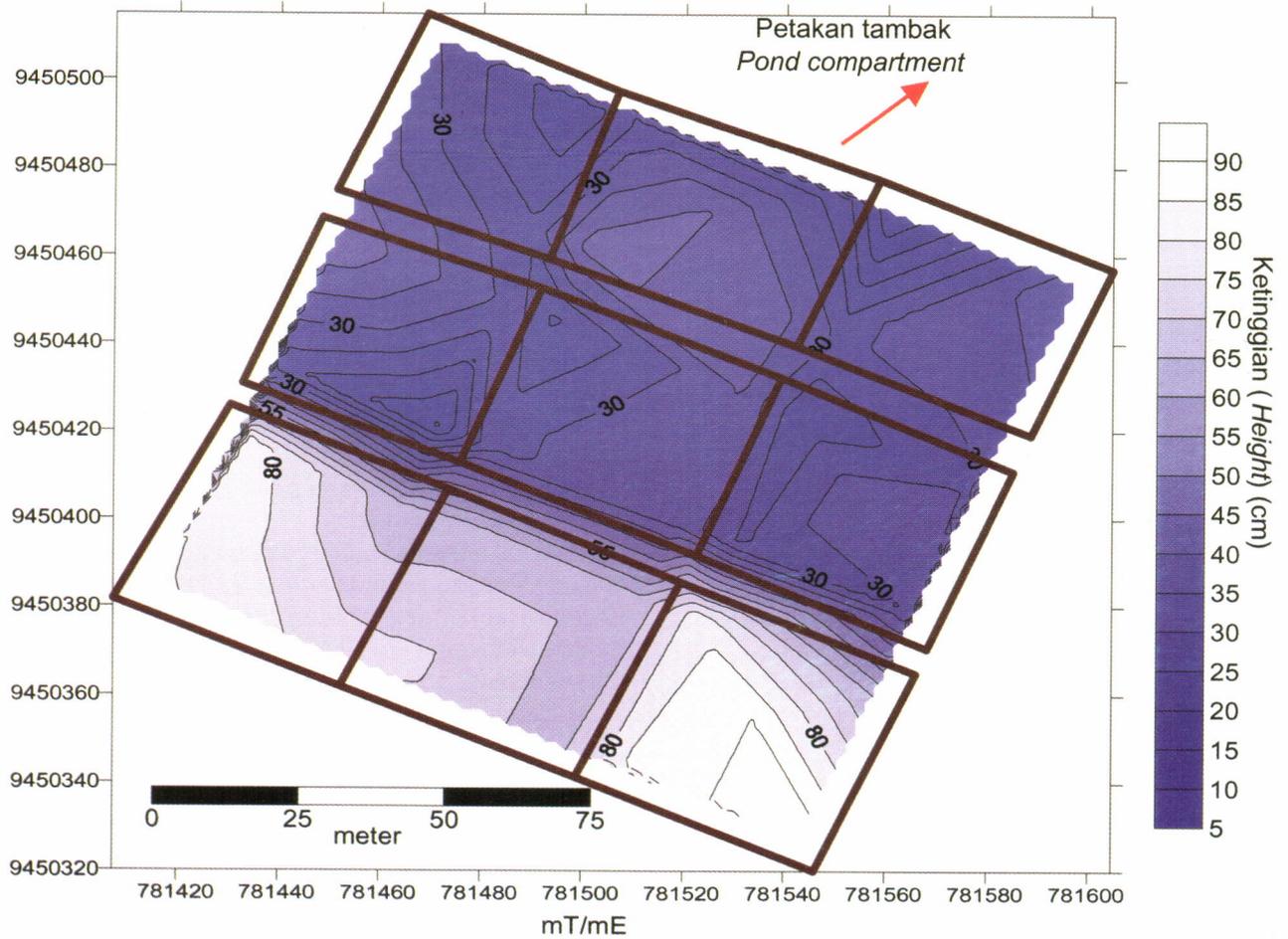
MLWS = Mean Low Water Spring

Keterangan: $Z_0 = (AK1 + AO1 + AM2 + AS2)$

Sumber: Pugh (1987) dan Tarunamulia (1999)



Gambar 3. Penentuan karakteristik pasut pada lokasi penelitian dengan koreksi grafis dengan data pasut dari stasiun pasut terdekat
 Figure 3. Determination of tide characteristics at study site using graphically correction with neighborhood tide stations



Gambar 4. Kondisi topografi tambak-tambak percobaan yang digunakan dalam penelitian
Figure 4. Topography of experimental ponds used as study site

rata 6,34. pH_{FOX} berkisar antara 0,33 hingga 5,88 dengan nilai rata-rata sebesar 1,39. Sedangkan nilai dari selisih kedua peubah tingkat kemasaman tersebut berkisar antara 0,55 hingga 6,04 dengan rata-rata 4,96 (Tabel 3), dengan demikian maka tanah tambak dapat digolongkan sangat masam. Karakteristik kimia fisik tanah yang diinginkan dalam budi daya udang menurut Baliao (2000), adalah: pH = 7,0--8,5; bahan organik total < 3%; besi <400 mg/L; dan warna coklat.

Kajian yang lebih spesifik mengenai tingkat kemasaman yang disebabkan oleh sulfur dapat diketahui dari nilai pH_{KCl} dan pH_{OX} -nya. pH_{KCl} menjadi indikator dari tingkat kemasaman akibat sulfur yang terlarut dan terserap dalam tanah. Namun demikian disadari bahwa ekstraksi sulfur pada partikel tanah belum akan memberikan hasil ekstraksi total meskipun dengan menggunakan KCl 1 M. Untuk itu nilai pH_{OX} akan memberikan nilai tingkat kemasaman total lahan akibat sulfur, karena dioksidasi paksa dengan hidrogen peroksida dilakukan setelah sampel tanah diekstraksi. Nilai pH_{KCl} berkisar antara 2,24 hingga 7,78 dengan rata-rata sebesar 5,97. Sedangkan nilai pH_{OX} berkisar antara 1,25 hingga 20,40 dan nilai rata-rata sebesar 2,79. Nilai pH_F dan pH_{KCl} terlihat memiliki kemiripan nilai, sehingga pH_{KCl} yang selama ini diidentikkan sebagai tingkat kemasaman cadangan pada aplikasi pertanian lebih cocok sebagai pembanding nilai untuk menilai kemasaman aktif lahan (pH_F). Nilai pH_{FOX} terlihat lebih rendah dibandingkan nilai pH_{OX} hal ini dapat disebabkan karena pH_{FOX} akan menggambarkan tingkat kemasaman total lahan jika teroksidasi sempurna tanpa membedakan setiap sumber kemasaman, sementara nilai pH_{OX} akan lebih selektif menunjukkan tingkat kemasaman lahan akibat ekstraksi dan oksidasi sempurna atas material sulfidic.

Lebih lanjut, persentase dan konsentrasi sulfur yang berpotensi menyebabkan kemasaman pada tambak yang diduga berasosiasi dengan tanah sulfat masam dapat dikaji dari peubah S_{KCl} (%), S_p (%), S_{POS} (%), TPA, dan TSA. Seperti halnya perbandingan antara nilai pH_{KCl} dengan pH_{OX} , maka S_{KCl} (%) juga akan lebih menunjukkan persentase sulfur yang aktual menyebabkan kemasaman menurut ukuran contoh tanah, sedangkan S_p (%) bermakna lebih luas kearah persentase total (aktual dan potensial) dari sulfur yang dapat menyebabkan kemasaman tanah. Sedangkan selisih antara keduanya (S_{POS}) akan memprediksi risiko dari kemasaman sulfur yang tidak teroksidasi (dapat dioksidasi dengan H_2O_2), sehingga lebih bermakna cadangan (potensi). Nilai setiap peubah dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan nilai tersebut akan lebih memperkuat dugaan kita bahwa tambak percobaan tersebut adalah tanah sulfat masam. Ilustrasi antara beberapa peubah tingkat kemasaman pada tambak tanah sulfat masam berdasarkan hasil analisis (Gambar 5), dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dari beberapa uraian di atas.

Grafik tersebut memperlihatkan kecenderungan grafis yang cukup menarik dari nilai beberapa peubah tingkat kemasaman dan peubah sumber utama kemasaman. Terlihat bahwa dengan referensi pelataran tambak (ketinggian rata-rata = 40 cm di atas MSL), nilai S_p dan S_{POS} sebagai indikator keberadaan sulfur terlihat meningkat hingga kedalaman 90 cm dari pelataran tambak (± 50 cm di atas MSL). Selanjutnya perlahan turun pada taraf rata-rata. Kenaikan tersebut diiringi dengan kenaikan nilai TPA dan TSA. Sementara nilai pH_F cenderung stabil pada nilai di atas 6. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemasaman yang dapat timbul umumnya diakibatkan oleh keberadaan

Tabel 3. Nilai peubah indikator potensi kemasaman pada lokasi penelitian
 Table 3. The value of variables indicating potential acidity at study site

Peubah Variable	Rentang Nilai Range value	Rata-rata Average
S_{KCl} (%)	0.13—0.80	0.45
S_p (%)	0.37—4.08	1.01
S_{POS} (%)	0.05—3.34	0.56
TPA (mol H^+ /ton)	0.00—1721.00	491.53
TSA (mol H^+ /ton)	0.00—1716.50	489.17

- S_{KCl} = KCl extracable S (additional codes added for determinations)
- S_p = Peroxide sulfur after peroxide digestion
- S_{POS} = Peroxide oxidisable S
- TPA = Total Potential Acidity in 1 M KCl peroxide digest titrated to pH 5.5
- TSA = Total Sulfidic Acidity

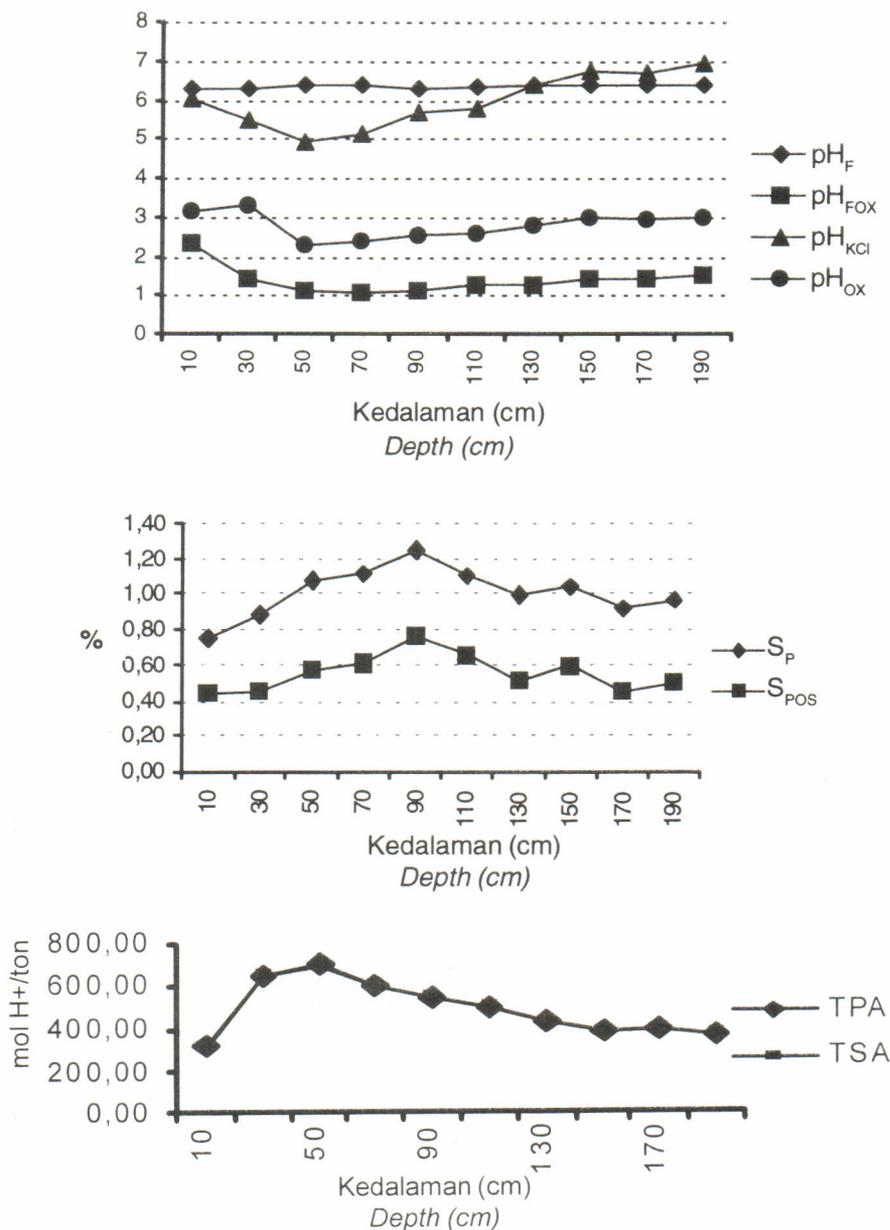
konsentrasi sulfur yang tinggi pada satu lapisan kedalaman sebagai variabel pendukung keberadaan pyrit, di mana akan menjadi aktual jika keberadaannya terusik (teroksidasi). Nilai pH_F akan stabil karena kondisi tanah yang anaerob, hal ini diperkuat dari grafik TPA dan TSA yang berimpit, sehingga menunjukkan bahwa sulfur secara total masih bersifat potensi.

Letak Lapisan Pyrit terhadap MSL Lokal

Potensi kemasaman yang lebih menarik dengan ketersediaan senyawa belerang yang cukup pada

daerah penelitian, bila kemudian terakumulasi sehingga terbentuknya sulfida-sulfida dari proses reduksi yang dilakukan oleh bakteri-bakteri *Desulfovibrio* dan *Desulfomaculum*. Bila disekitarnya terdapat senyawa-senyawa besi misalnya Goethit dan $FeOH$, maka dapat terbentuk senyawa-senyawa machinovit (FeS) dan pyrit (FeS_2).

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan, maka dapat diketahui bahwa persentase senyawa-senyawa tersebut, utamanya pyrit akan menunjukkan perbedaan konsentrasi pada tiap lapisan kedalaman.

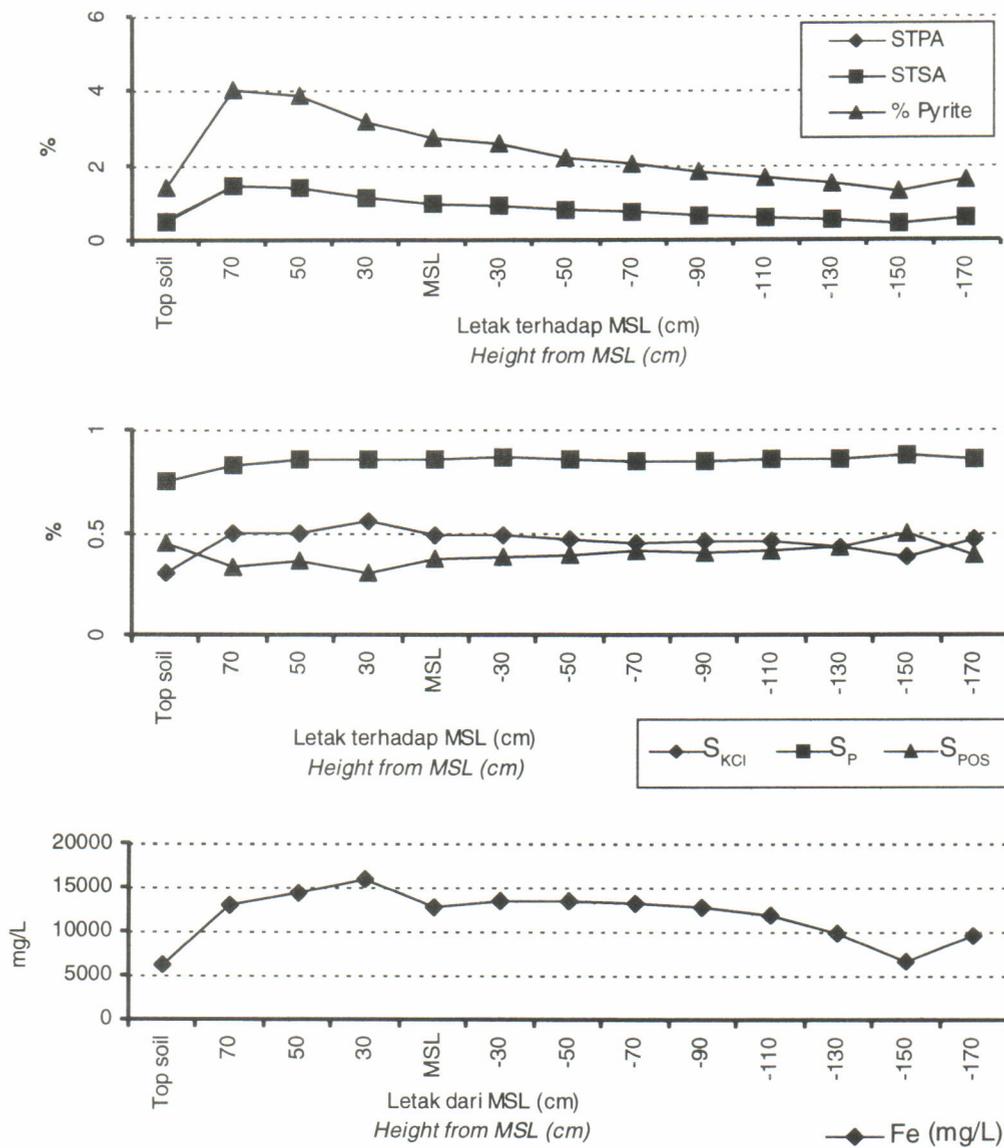


Gambar 5. Perbandingan peubah indikator kemasaman pada berbagai lapisan kedalaman yang terukur dari pelataran tambak
 Figure 5. The comparison of variables indicating acidity at different depths measured from pond bottom

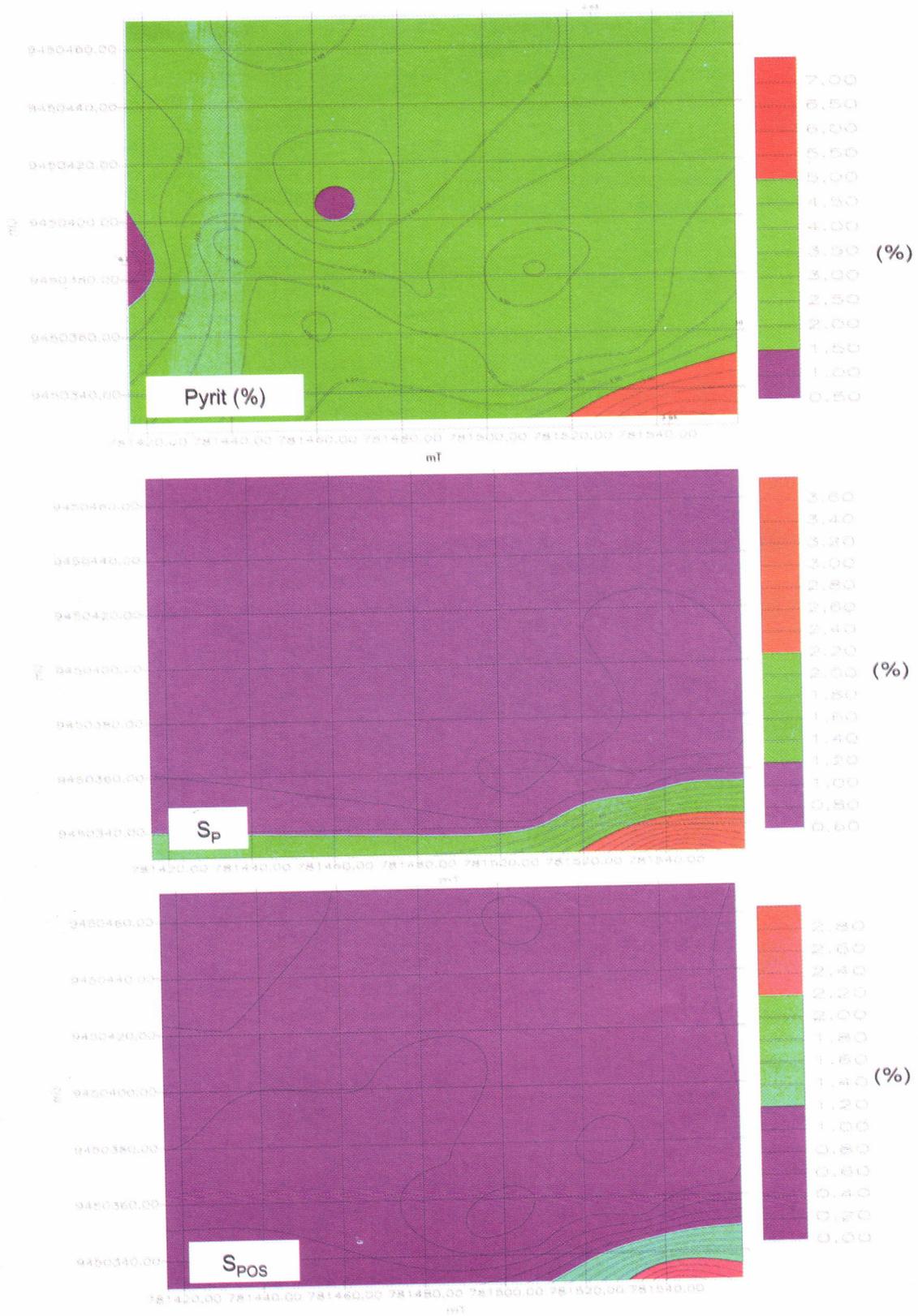
Hal ini kelihatannya disebabkan oleh besarnya senyawa-senyawa pendukung seperti yang telah disebutkan di atas. Bila salah satunya kurang tersedia maka konsentrasi senyawa pyrit juga berkurang, demikian halnya walaupun keduanya cukup tersedia, bila kondisi lingkungan aerob, maka pembentukan pyrit akan terhambat. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa lapisan pyrit dengan persentase tinggi memiliki kedalaman hingga 50 cm terletak antara 20 hingga 70 cm di atas MSL, atau berada antara lapisan olah (*top soil*) dengan MSL seperti yang diilustrasikan oleh grafik pada Gambar 6. Dengan demikian dalam operasionalnya tambak-tambak percobaan tersebut telah bekerja pada lapisan yang memiliki persentase

pyrit yang tinggi. Terdapatnya lapisan pyrit dengan persentase yang tinggi terutama di atas MSL dapat diterima karena dari data potensial redoks dapat diketahui bahwa meskipun letak dasar tambak rata-rata di atas MSL akan tetapi nilai potensial redoksnya masih negatif, sehingga memungkinkan terbentuknya pyrit, jika ternyata unsur/senyawa pembentuknya cukup tersedia.

Tingginya persentase pyrit pada lapisan yang dimaksud dapat diketahui dari nilai sebaran horizontalnya, di mana jika sebaran tersebut memiliki nilai yang relatif homogen, maka diasumsikan bahwa konsentrasi/persentase pyrit pada lapisan tersebut cukup merata. Sementara jika variasi nilai cukup tinggi



Gambar 6. Letak lapisan pyrit terhadap MSL lokal serta hubungannya dengan variabel potensi kemasaman penentu keberadaan pyrit
 Figure 6. Position of pyrite layer having higher concentration with regard to the other indicator variables of potential acidity



Gambar 7. Distribusi horizontal pyrit, S_p , dan S_{POS} dengan ketinggian antara 30--50 cm di atas MSL (proyeksi peta = SUTM, 50)
 Figure 7. The horizontal distribution of pyrite, S_p , and S_{POS} at depth range 30--50 cm above MSL (map projection = SUTM, 50)

maka tingginya persentase pyrit kemungkinan hanya terjadi parsial (pada titik sampling tertentu). Gambar 7 menjelaskan distribusi horizontal pyrit, S_p , dan S_{POS} pada ketinggian antara 30 hingga 50 cm di atas MSL yang memiliki tingkat homogenitas yang cukup tinggi untuk seluruh titik sampling (tambak-tambak yang disurvei), sehingga keberadaan lapisan pyrit dengan konsentrasi yang tinggi pada lapisan ini cukup dapat dipercaya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa model penentuan lapisan pyrit dengan pengikatan ketinggian terhadap datum referensi lokal (MSL) dapat diaplikasikan untuk mendapatkan data posisi vertikal lapisan pyrit yang berkonsentrasi tinggi secara akurat di areal pertambakan. Lapisan pyrit dengan persentase yang tertinggi memiliki ketebalan ± 50 cm, yang terletak antara 20 cm hingga 70 cm di atas MSL lokal atau terletak antara lapisan olah tanah dengan MSL lokal. Keberadaan lapisan pyrit tersebut didukung oleh tersedianya unsur/senyawa pembentuk senyawa pyrit yang didukung oleh kondisi lingkungan (anaerob).

Output penelitian dapat disarankan sebagai model dalam rangka penguatan metodologi survei lahan untuk peruntukan budi daya tambak dan informasi yang diperoleh hanya dapat berlaku secara lokal, dalam jangka waktu menengah (sesuai tingkat akurasi data pasut). Oleh karena itu untuk daerah pertambakan yang berasosiasi dengan tanah sulfat masam pada lokasi yang berbeda, harus dilakukan penelitian ulang sesuai dengan prosedur standar yang telah dilakukan. Secara khusus untuk para pengguna lahan tambak untuk keperluan budi daya di Maranak, sebaiknya menggunakan data hasil penelitian ini sebagai acuan dalam pengelolaan tambak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Dr. Jes Sammut, staf pengajar pada Faculty of the Built Environment, the University of New South Wales, Australia yang telah banyak menyumbangkan ide selama penelitian. Penelitian ini dibiayai oleh proyek kerja sama ACIAR FIS/97/22 dengan pemerintah Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahern, C.R., B. Blunden, and Y.N. Stone. 1998. *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods*. Acid sulfate soil management advisory committee, Wollongbar, NSW, Australia, p. 41--117.
- Anonim. 1984. *Oseanografi*. Dinas Hidro-Oseanologi. Jakarta, 147 pp.
- Baliao D. 2000. *Environment Friendly Scheme in Intensive Shrimp Farming*. SEAFDEC dan ASEAN. Tigbauan, Philippines. p. 1--27.
- Cruz, C.R. 1983. *Fishpond Engineering; a Technical manual for small and medium scale coastal fish Farms in Southeast Asia*. South China Sea Fisheries Development and Coordinating Programme, Manila Philippines, 180: 1--84.
- Hakim. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung, Lampung, 487 pp.
- Hanafi, A. 1998a. Bio-indikator tambak tanah sulfat masam. *Laporan Hasil Penelitian*. Balai Penelitian Perikanan Pantai, Maros, 41: 11--13.
- Hanafi, A. 1998b. The status of acid sulfate soil in Indonesia with special of reference to coastal aquaculture. *Review paper*. Research Institute for Coastal Fisheries, Maros, 18 pp.
- Ilyas, M. 1996. *Teknologi Survei Laut*. Direktorat Teknologi Inventarisasi Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta, 235 pp.
- Pons, L.J., N. van Breemen, and P.M. Driessen. 1982. Physiography of coastal sediments and development of potential acidity part 1. In *Acid Sulphate Weathering*. Special Publ., No.10. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. p. 1--18
- Pugh, D.T. 1987. *Tides, Surges, and Mean Sea-Level: A Handbook for Engineers and Scientists*. John Wiley and Sons. New York, 143: 59--141.
- Sammut, J. 1997. *Amelioration and Management of Shrimp Pond in Acid Sulfate Soils*. Key research paper issue. School of Geography, The University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia, 120--106.
- Singh, V.P. and A.T. Poernomo. 1982. *Acid Sulfate Soil and Their Management for Brackishwater Fishpond*. Brackishwater Aquaculture Centre, College of Fisheries of the University of Philippines in the Visayas Leganes Iloilo. Philippines, 121--132.
- Smith, P.T. 1996. Physical and chemical characteristic of sediment from prawn farm and mangrove habitation on the Clarence river, Australia. *Aquaculture*, 146: 47--83.
- Tarunamulia. 1999. *Penentuan Nilai Muka Surutan (Zo) untuk Pulau Barrang Lompo dan Sekitarnya*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar (Skripsi S1), 76 pp.
- Tarunamulia. 2001. *Model Distribusi Potensi Kemasaman pada Tambak Tanah Sulfat Masam pada Lapisan Kedalaman Tertentu*. Balai Penelitian Perikanan Pantai. Maros, 20 pp.
- Van Breemen, N. 1982. *Genesis, Morphology, and classification of Acid Sulfate Soils in Coastal Plains* part 111, in *Acid Sulphate Weathering*. SSA Special Publ., No. 10. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, p. 95--108.