

KESUBURAN TANAH, PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*) PADA TIGA KEDALAMAN MINERAL PIRIT

SOIL FERTILITY, OIL PALM GROWTH AND PRODUCTIVITY ON THREE PYRITIC DEPTHS

Edy Sigit Sutarta, Dhimas Wiratmoko, dan Erwin Nyak Akoeb

Abstrak Lahan sulfat masam merupakan salah satu lahan marginal yang digunakan untuk pengembangan kelapa sawit. Rendahnya pH tanah dan tingginya kadar Al maupun Fe menjadi pembatas pemanfaatan lahan ini. Produktivitas tanaman yang dikelola pada lahan sulfat masam di kebun Paya Rambe di Aceh Tamiang, belum dapat menyamai produktivitas lahan mineral lainnya. Untuk itu penelitian dilakukan untuk memetakan sebaran kedalaman mineral pirit, dan pengamatan kesuburan tanah pada tiga kedalaman mineral pirit (40 – 60 cm, 60 – 90 cm, dan >90 cm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman pirit di kebun Paya Rambe bervariasi antara 40 – 110 cm, dimana lapisan pirit dangkal dijumpai di sepanjang sungai yang bermuara ke laut. Tanah dengan pirit dangkal memiliki kesuburan tanah yang lebih rendah dibanding tanah dengan lapisan pirit dalam, yang tercermin dari semakin tingginya kemasaman tanah, Fe, S, dan Al-dd, serta rendahnya kandungan hara makro N total, P, K dan Mg tersedia dengan semakin dangkalnya lapisan pirit. Lebih lanjut adanya mineral pirit dangkal menyebabkan pertumbuhan tanaman, serapan hara dan produktivitas tanaman yang lebih rendah dibanding pada areal dengan lapisan pirit dalam.

Kata kunci: tanah sulfat masam, pirit, kelapa sawit

Abstract Acid sulfidic land is one of the marginal land that has been used for oil palm development. Low soil

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Edy Sigit Sutarta (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: edy_sigit@yahoo.com

acidity (pH) and high content of Al and Fe are limiting factors for oil palm development in this area. Oil palm yield in this area was very limited and could not reach the standard of oil palm productivity in mineral soils. The objectives of this study were mapping the pyritic depth distribution, and observing the soil fertility on three pyritic depth (40 – 60 cm, 60 - 90 cm, and >90 cm). The results of this study showed that Paya Rambe plantation had varied pyritic depths, between 40-110 cm. The shallow pyritic depth was found along the river to the sea estuary. Shallow pyritic depth soil has lower soil fertility than the deeper one. Soil with shallow pyritic layer has high acidity, Fe, S, and Al contents, also contain low macro nutrients (N, P, K, and Mg) availability. Furthermore, shallow pyritic depth reduced the oil palm growth, nutrients uptake and oil palm productivity.

Keywords: acid sulfidic land, pyrite, oil palm

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan komoditas utama perkebunan di Indonesia, menjadi sumber devisa terbesar Indonesia, dimana pada tahun 2018 ekspor minyak kelapa sawit dan turunannya mencapai 29,67 juta ton atau sekitar USD 18,23 M (Badan Pusat Statistik, 2019). Besarnya nilai ekspor kelapa sawit tersebut belum dapat menggambarkan kondisi riil produktivitas tanaman kelapa sawit, Badan Pusat Statistik (2019) juga mencatat produktivitas tanaman kelapa sawit secara nasional pada tahun 2018 hanya mencapai 2,86 ton CPO/ha atau berkisar 14,34 ton TBS/ha. Produktivitas tanaman kelapa sawit yang masih rendah disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya pengelolaan kebun yang belum

optimal. Kondisi tersebut juga dipengaruhi oleh sebagian areal kelapa sawit di Indonesia dibudidayakan pada lahan marginal seperti lahan sulfat masam yang memerlukan penanganan secara khusus.

Terdapat kendala utama dalam pemanfaatan lahan sulfat masam untuk tanaman pertanian khususnya kelapa sawit, yaitu keberadaan lapisan mineral pirit yang apabila teroksidasi akan menurunkan pH tanah sehingga mengganggu ketersediaan dan serapan hara. Winarna *et.al.* (2007) mensyaratkan bahwa parameter kedalaman mineral pirit menjadi faktor penting dalam menilai kesesuaian lahan rawa pasang surut untuk tanaman kelapa sawit. Kedalaman yang masih dapat dipertimbangkan sesuai untuk pengembangan kelapa sawit yaitu pada kedalaman 95-125 cm dengan syarat muka air tanah dapat dipertahankan pada level sekitar 60 cm, sehingga tidak terjadi proses oksidasi pirit (Winarna, 2007). Kenyataan di lapangan kondisi tersebut sangat dinamis yang menyebabkan kedalaman pirit dan kondisi permukaan air yang sangat bervariasi. Hal ini memberikan kontribusi terhadap tingkat kesuburan, pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit.

Kebun Paya Rambe merupakan salah satu kebun di Aceh Tamiang yang sebagian besar arealnya merupakan lahan sulfat masam. Kultur teknis yang diterapkan di kebun ini belum mampu menaikkan produktivitas tanaman yang sangat rendah dimana produktivitas tanaman umur 9-27 tahun pada tahun 2015 hanya mencapai 6,19 ton TBS/ha. Pengelolaan lahan rawa pasang surut harus diarahkan pada upaya pertanian berkelanjutan sesuai dengan sifat dan daya dukung lahan pasang surut yang khas, di mana salah satu langkah awal menurut Ar-riza dan Alkushima (2008) berupa pemetaan sumber daya lahan secara rinci dan pewayalahan pemanfaatannya sesuai dengan hasil pemetaan tersebut. Perbaikan pengelolaan kelapa sawit di lahan pasang surut kebun Paya Rambe, memerlukan langkah-langkah dalam memahami keberadaan mineral pirit, sehingga dapat menghasilkan teknologi yang bermanfaat dalam meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit pada lahan tersebut. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini bertujuan memetakan sebaran kedalaman mineral pirit dan membandingkan

kesuburan tanah, pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit pada 3 (tiga) kedalaman lapisan yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah larutan H₂O₂, dan aquadest, sedangkan alat yang digunakan adalah seperangkat komputer, software ArcGIS 10.6, Buku Rekomendasi Pemupukan PT. Mopoli Raya tahun 2018, data kedalaman pirit, peta kebun, alat tulis, formulir pengamatan, pH meter, timbangan tandan, bor tanah, meteran, parang, gunting, amplop coklat berlubang, plastik ukuran 2 kg, dan ember plastik ukuran 20 kg, plastik sampah ukuran 10 liter tebal, dan karung.

Lokasi dan Waktu Kegiatan

Penelitian ini dilaksanakan di kebun Paya Rambe 1 dan Paya Rambe 2, PT. Mopoli Raya, di Aceh Tamiang. Lokasi penelitian berada pada posisi 98° 11' 56,995" - 98° 14' 22,86" BT dan 4° 17' 15,452" - 4° 21' 1.959" LU. Terdapat 3 kegiatan yang dilakukan, yaitu : a) analisis spasial sebaran mineral pirit dengan memanfaatkan data kedalaman pirit yang diamati oleh karyawan Kebun Paya Rambe pada bulan Agustus 2016; b) analisis kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman pada 3 kedalaman mineral pirit; dimana pemilihan 3 lokasi pengamatan didasarkan pada peta sebaran pirit dan pengamatan lapangan yang dilakukan pada Mei 2018. Analisis kadar hara tanah dilakukan di Laboratorium Pelayanan PPKS pada bulan Juni - Juli 2018.; dan c) analisis hubungan kedalaman mineral pirit dengan produktivitas tanaman, dengan menggunakan data sebaran kedalaman mineral pirit dengan produktivitas tanaman (tahun 2013 – 2016).

Analisis Spasial Sebaran Kedalaman Pirit

Sebaran kedalaman pirit dilakukan dengan memanfaatkan data kedalaman pirit yang dilakukan oleh pihak kebun. Pengambilan data kedalaman pirit yang dilakukan oleh pihak kebun menggunakan metode grid dengan mengambil sampel 9 titik setiap blok dengan jarak 200 m x 250 m. Data titik yang

digunakan dalam analisis spasial melalui *inverse distance weighting* (IDW) adalah sejumlah 522 titik. Analisis spasial data titik sebaran pirit kemudian digunakan untuk analisis spasial *inverse distance weighting* (IDW) menggunakan software ArcGIS 10.6. Interpolasi melalui IDW merupakan metode geometrik dalam mencari titik yang tidak memiliki sampel X_0 dengan perhitungan statistik yang memperkirakan titik $Z'(X_0)$ berdasarkan data yang dimiliki di lokasi sekitarnya $Z(X_i)$ dengan perhitungan statistik sebagai berikut :

$$Z'(x_0) = \sum_{i=1}^n w_i Z(x_i) \dots \dots \dots (1)$$

dimana w_i adalah bobot yang ditetapkan untuk setiap nilai $Z(X_i)$ dan n adalah jumlah titik data sampel tetangga terdekat yang digunakan untuk perkiraan. Bobot untuk IDW biasanya sebanding dengan kebalikan dari jarak kuadrat antara titik prediksi dan titik pengamatan yang jika ditotalkan berjumlah 1 (Yao, *et.al.*, 2013). Sebaran yang terbentuk merupakan gambaran kedalaman sulfidik di lokasi penelitian. Ketepatan prediksi sebaran diuji dengan penghitungan *root mean square error* (RMSE) dan *mean absolute error* (MAE) dengan formula sebagai berikut:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |e'_i - e_i| \dots \dots \dots (2)$$

$$RMSE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (e'_i - e_i)^2 \dots \dots \dots (3)$$

dimana RMSE adalah *root mean square error* dan MAE adalah *mean absolute error* dengan n merupakan jumlah sampel yang digunakan, e adalah data awal titik (data sebenarnya) dan e' adalah data akhir titik yang berupa hasil estimasi IDW (Chai and Draxler, 2014).

Pengamatan Kesuburan Tanah dan Pengukuran Vegetatif Tanaman

Berdasarkan sebaran 522 titik kedalaman tersebut diklasifikasi menjadi tiga kelas untuk ditentukan sebagai sampel pengamatan. Adapun pengamatan tersebut dilakukan pada 3 blok dengan dengan tiga kedalaman sulfidik yang berbeda yaitu : blok 27 (kedalaman 40-60 cm), blok 41 (kedalaman 60-90 cm), dan dan blok 42 (kedalaman >90 cm) pada kelompok umur tanaman tua (>25 tahun).

Analisis kesuburan tanah dilakukan pada kedalaman 0

- 15 cm, terhadap sample tanah pada masing-masing kedalaman sulfidik. Sampel tanah dibawa ke laboratorium tanah dan daun Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) untuk analisis hara makro (N, P, K, Ca, dan Mg), Fe, S, Al, pH, tekstur dan kandungan C-organik.

Pengamatan vegetatif tanaman dilakukan terhadap pohon 5 sampel, meliputi tinggi tanaman, lingkaran batang, jumlah daun, dan ukuran daun ke-17, lebar dan tebal petiole. Selain parameter tersebut, dilakukan penghitungan luas daun (*leaf area*=LA) dengan formula sebagai berikut :

$$LA = b \times n \times p \times l \dots \dots \dots (4)$$

Dimana LA adalah luas daun, b adalah faktor koreksi dimana pada kondisi penelitian ini menggunakan faktor koreksi sebesar 0,573, n merupakan jumlah anak daun dalam satu pelepah sampel, p merupakan rerata panjang daun dan l merupakan rerata lebar anak daun. Penghitungan LAI berdasarkan nilai LA dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$LAI = \frac{LA \times \sum Pel \times \sum pohon}{10.000} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana LAI merupakan Indeks Luas Daun (*Leaf Area Index*), sedangkan LA merupakan luas daun (m^2), $\sum Pel$ merupakan jumlah pelepah pada pohon pengamatan dan $\sum Pohon$ merupakan jumlah pohon dalam satu hektar dan 10.000 merupakan konversi luasan hektar ke luasan dengan satuan m^2 .

Parameter lebar dan tebal petiole digunakan untuk mengukur *petiole cross section* dan biomasa kering daun (BKD) pada daun ke-17 yang nantinya digunakan untuk menghitung serapan hara pada daun pelepah ke-17. *Petiole cross section* (PCS) dihitung dengan persamaan berikut:

$$PCS = l_p \times t_p \dots \dots \dots (6)$$

dimana l_p merupakan lebar petiole, sedangkan t_p merupakan tebal petiola yang diukur anak daun paling bawah yang ditandai oleh duri rudimenter. Biomassa kering daun (BKD) dan serapan hara daun (SHD) pada pelepah ke-17 diperoleh dengan menggunakan perhitungan pada persamaan yang dikenalkan oleh Corley, *et.al.* (1971) sebagai berikut :

$$BKD = 0.102 PCS + 0.21 \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{SHD} = \text{BKD} \times \text{Hara Daun}_{(\text{N/P/K/Ca/Mg})} \dots \dots \dots (8)$$

Sampel daun pada pengukuran vegetatif tanaman juga digunakan sebagai sampel pengukuran hara dan yang merupakan komposit dari 5 pohon sampel dari masing-masing level kedalaman lapisan mineral pirit. Contoh daun dikering-anginkan dan dioven lalu dibawa ke laboratorium PPKS untuk analisis kandungan hara makro (N, P, K, Ca, Mg).

Analisis Produktivitas Tanaman

Analisis produktivitas dilakukan pada areal sulfat masam yang tersebar di seluruh blok di kebun Paya Rambe I dan II. Data produksi yang digunakan pada pengamatan ini adalah data produksi tahunan selama 4 (empat) tahun, yaitu tahun 2013-2016. Analisa data produksi dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama merupakan analisa deskriptif terhadap produksi 2013-2016, dan tahap kedua mengkorelasikan data kedalaman pirit dengan data produktivitas kelapa sawit per blok.

Korelasi data rerata kedalaman pirit dalam satu blok (rerata dari 9 titik yang diperoleh pada setiap blok) dengan data produktivitas tanaman kelapa sawit per blok pada tahun 2013-2016. Hasil korelasi tersebut kemudian diinterpretasi melalui klasifikasi interpretasi yang diklasifikasikan oleh Sugiyono (2014) dimana klasifikasi tersebut membagi menjadi 5 (lima) kelas berdasarkan interval koefisien korelasi (r) yaitu : sangat rendah ($r = 0,000-0,199$), rendah ($r = 0,200-0,399$), sedang ($r = 0,400-0,599$), kuat ($r = 0,600-0,799$), dan sangat kuat $r = 0,800-1,000$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran Kedalaman Pirit

Data yang diperoleh dari 522 titik pengukuran pirit diperoleh rentang kedalaman pirit antara 40 cm sampai dengan 110 cm. Berdasarkan pengelompokan 3 (tiga) kedalaman pirit secara umum kebun Paya Rambe memiliki sebaran kedalaman sebagai berikut : 1) kedalaman kurang dari 60 cm, 2) kedalaman 60 – 90 cm, dan 3) kedalaman >90 cm, yang berturut-turut seluas 241,39 ha (18,30%), 962,65 ha (72,98%) dan 115,02 ha (8,72%).

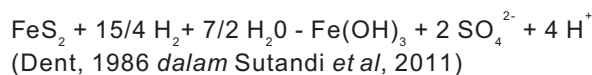
Adapun sebaran kedalaman pirit secara spasial dengan metode *inverse distance weighting* (IDW) menggunakan software ArcGIS 10.6 disajikan pada Gambar 1. Ketepatan prediksi menggunakan IDW dihitung melalui RMSE *root mean square error* (RMSE) dan *mean absolute error* (MAE) menghasilkan RMSE sebesar 0,41 dan MAE sebesar 0,32. Nilai RMSE maupun MAE tersebut berada pada rentang 0-1, sehingga ketepatan prediksi yang dilakukan dengan metode IDW tergolong tinggi.

Kesuburan Tanah pada 3 (tiga) Tingkat Kedalaman Pirit

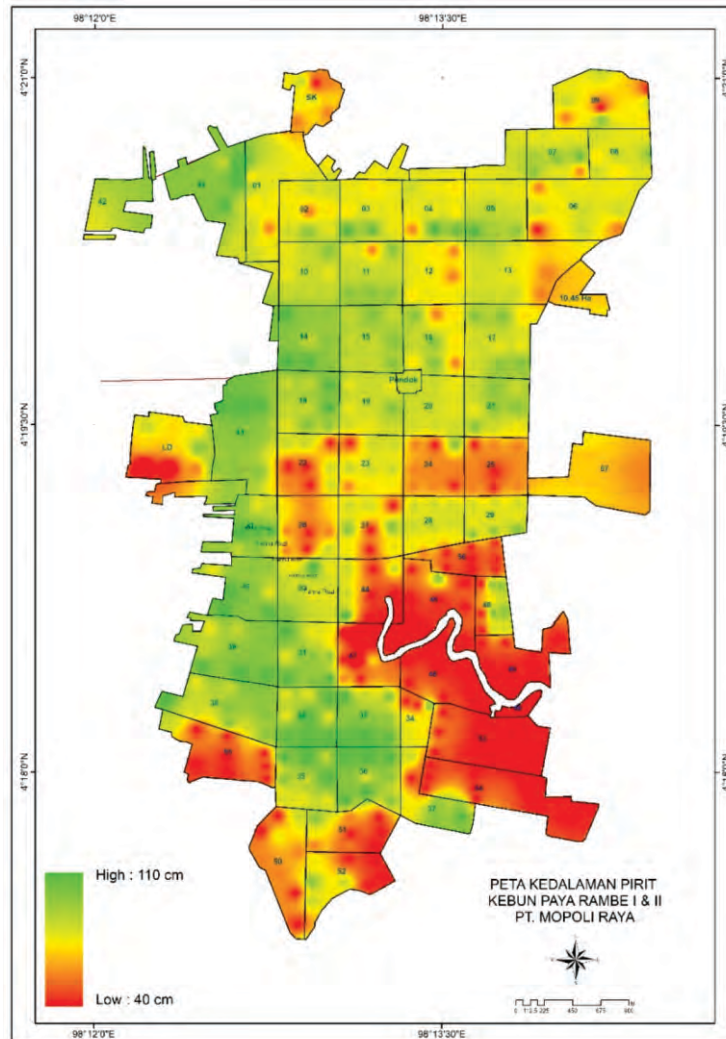
Hasil analisis kesuburan tanah dari tiga blok yang mewakili tiga kelompok kedalaman pirit pada areal penelitian disajikan pada Tabel 1. Blok 41 (kedalaman pirit 60 – 90 cm) menunjukkan tekstur yang berbeda dengan kandungan fraksi debu yang lebih tinggi dibanding tanah pada 2 blok lainnya.

Kemasaman Tanah (pH) dan Kandungan Al, Fe dan S.

Berdasarkan hasil analisis statistik terhadap kemasaman tanah (pH) dan Al dapat ditukarkan (Al-dd) diperoleh hasil kedalaman pirit memiliki pengaruh yang nyata pada taraf kesalahan 5% terhadap kemasaman tanah (pH) dan Al-dd. Kedalaman pirit yang dangkal akan memberikan tingkat kemasaman yang semakin tinggi atau pH yang semakin rendah. Semakin dalam posisi lapisan pirit maka pH akan semakin tinggi. Demikian halnya kadar Al-dd yang semakin meningkat dengan semakin dangkalnya mineral pirit. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Sutandi *et. al.* (2011) yang menunjukkan penurunan pH dan peningkatan Al-dd pada kedalaman pirit yang dangkal, akibat terjadinya oksidasi pada saat pembuatan drainase tanah, melalui proses oksidasi sbb :



Selain tingginya konsentrasi H^+ , Suriadikarta dan Sutriadi (2009) juga mengungkapkan penurunan pH diakibatkan oleh dominannya ion Al_3^+ dalam kompleks jerapan akibat hancurnya kisi-kisi liat.



Gambar 1. Peta Sebaran Kedalaman Pirit di Kebun Paya Rambe I & II PT. Mopoli Raya
Figure 1. Pyrite Distribution Map in Paya Rambe I & II Plantation, PT. Mopoli Raya

Kandungan Fe yang tinggi pada lapisan pirit dangkal menunjukkan tingginya proses oksidasi pirit, yang diikuti oleh peningkatan sulfat yang menyebabkan penurunan pH tanah. Kadar Fe dan S pada lapisan pirit dalam (>90 cm) masing-masing sebesar 26,96 ppm dan 0,16 % meningkat menjadi 68,34 ppm dan 0,39% pada tanah dengan kedalaman pirit dangkal (40 – 60 cm). Penurunan pH tanah dan peningkatan kadar Fe ini merupakan akibat langsung dari oksidasi mineral pirit (Imanudin and Armanto, 2012), dimana penurunan pH tanah selama oksidasi pirit merupakan akibat terbentuknya asam sulfat (Jayalath *et al*, 2016).

Kandungan Hara Makro

Kedalaman pirit memiliki pengaruh yang nyata pada taraf kesalahan 5% terhadap kandungan hara makro tanah untuk tanaman kelapa sawit, yaitu N, P, K, dan Mg. Kandungan hara N, P-tersedia, K-dd dan Mg-dd meningkat seiring dengan peningkatan kedalaman lapisan pirit. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sutandi *et. al.* (2011) di Sumatera Selatan dimana oksidasi pirit menghasilkan asam yang mengusir basa dari kompleks jerapan sehingga kandungan basa tersebut menurun sejalan dengan semakin dangkalnya mineral pirit.

Kelarutan Fe dan Al yang meningkat juga mengikat P sehingga ketersediaan P dalam tanah menurun, sedangkan total N menurun akibat tercuci oleh air drainase yang masam.

Tabel 1. Karakteristik tanah sulfat masam di kebun Paya Rambe I dan II
 Table 1. Characteristic of acid sulfidic soil in Paya Rambe I and II plantation

Karakteristik	Blok 42		Blok 41		Blok 27	
	Kedalaman >90 cm		Kedalaman 60-90 cm		Kedalaman 40-60 cm	
Tekstur						
- Fraksi liat	48		40	Lempung	48	
- Fraksi debu	24	Liat	38	Berliat	36	Liat
- Fraksi pasir	28		22		16	
pH H ₂ O	3,96 ^a	SM	3,80 ^{ab}	SM	3,58 ^b	SM
C (%)	4,39	T	4,64	T	7,86	T
N (%)	0,37 ^a	S	0,22 ^b	S	0,17 ^b	R
C/N	11,9		21,3		46,2	
P (ppm)	249 ^a	ST	226 ^{ab}	ST	169 ^b	ST
K (me/100 g)	1,00 ^a	T	0,85 ^{ab}	T	0,42 ^b	S
Ca (me/100 g)	2,99 ^a	R	2,11 ^b	R	2,37 ^b	R
Mg (me/100 g)	4,13 ^a	T	3,32 ^b	T	3,26 ^b	T
Fe (ppm)	26,96	-	27,33	-	68,34	-
S (%)	0,16	-	0,28	-	0,39	-
Al-dd (me/100 g)	1,08 ^a	-	1,78 ^b	-	1,91 ^b	-
Kejenuhan Al (%)	11,69 ^a	S	22,03 ^b	T	24,06 ^b	T

Keterangan : SM = sangat masam, ST = sangat tinggi, T = tinggi, S = sedang, R = rendah

Angka pada baris yang sama yang diikuti huruf/abjad yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf ($\alpha=0,05$)

Remarks : Note: SM = very sour, ST = very high, T = high, S = medium, R = low Numbers on the same line followed by different letters / alphabets show a marked difference in level ($\alpha = 0.05$)

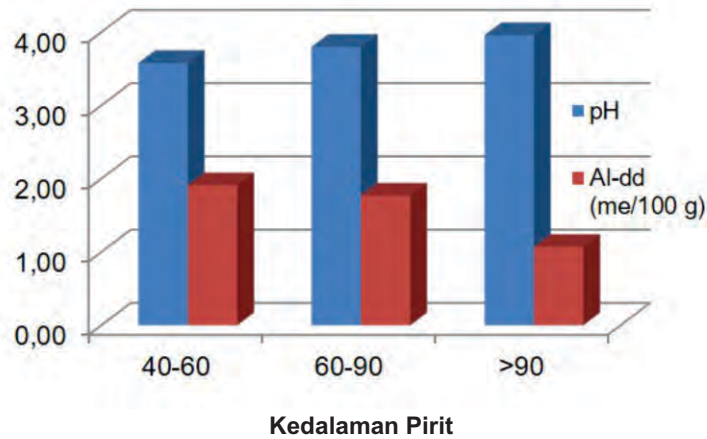
Pertumbuhan Tanaman, Biomasa dan Serapan Hara Daun

Analisis terhadap parameter pertumbuhan tanaman yang dilakukan meliputi tinggi tanaman, lingkaran batang, panjang rachis, luas daun (*leaf area*) dan indeks luas daun (*LAI = leaf area index*).

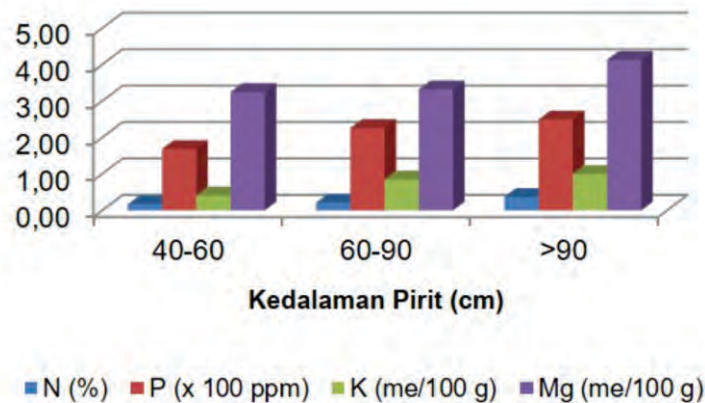
Berdasarkan pengamatan terhadap parameter tersebut areal yang memiliki kedalaman pirit yang dalam (>90 cm) memiliki parameter pertumbuhan yang lebih baik (lebih jagur) dibandingkan areal yang memiliki kedalaman pirit yang dangkal (Tabel 2). Namun, analisis secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hasil penelitian ini sejalan

dengan hasil penelitian Sutarta *et al.* (2008) yang dilakukan di Betung Krawo, Sumatera Selatan, yang menyebutkan areal dengan kedalaman pirit yang dangkal menyebabkan parameter pertumbuhan yang lebih terhambat dibandingkan pertumbuhan pada areal yang memiliki kedalaman pirit yang dalam.

Sementara Stevanus *et al* (2017) yang meneliti tanaman karet menunjukkan bahwa keberadaan lapisan pirit yang dangkal tidak hanya menghambat pertumbuhan tanaman dengan gejala defisiensi hara P, K, dan Zn, tetapi juga dapat menyebabkan kematian tanaman karet.



Gambar 2. Pengaruh Kedalaman Pirit terhadap Kemasaman (pH) dan Al dapat ditukarkan (Al-dd)
 Figure 2. Effect of pyrite depth on soil acidity (pH) and exchangeable Al



Gambar 3. Pengaruh Kedalaman Pirit terhadap Kandungan Hara Makro
 Figure 3. Effect of pyrite depth on Macro Nutrient Contents

Hasil penghitungan serapan hara daun kelapa sawit pada pelepah ke-17 menggunakan metode *petiole cross section* (PCS) dan biomassa kering daun (BKD) diperoleh serapan hara N sebesar 61,15-75,71 g. Serapan hara P berkisar antara 3,50-4,81 g, sedangkan serapan hara K berkisar antara 19,47-20,81

g. Serapan hara Ca sebesar 10,19-22,25 g, dan serapan hara Mg sebesar 6,71-10,76 g. Nilai serapan hara N, P, K, Ca dan Mg cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kedalaman pirit, dimana semakin dalam lapisan pirit maka semakin meningkat nilai serapan hara tanaman (Tabel 3).

Tabel 2. Hasil Pengukuran Vegetatif di 3 (tiga) Tingkat Kedalaman Pirit
 Table 2. Vegetative measurement results in three pyritic depths

Blok	Kedalaman pirit (cm)	Tinggi Tanaman (m)	Lingkar Batang (m)	Panjang Rachis (m)	Lebar Petiola (cm)	Tebal Petiola (cm)	Jumlah Anak Daun	Leaf Area Indeks
42	>90	7.6	1.87	4.73	9.2 0	3.6 0	340.0	5.22 ^{ns}
41	60 -90	5.7	1.89	4.18	7.97	3.37	298.0	4.8 0 ^{ns}
27	40 -60	4.8	1.36	4.56	6.7 0	3.33	322.6	4.4 0 ^{ns}

Keterangan : ns = tidak berbeda nyata pada taraf ($\alpha=0,05$)
 Remarks : ns = not significantly different at the level ($\alpha = 0.05$)

Tabel 3. Serapan Hara Daun
 Table 3. Leaf Nutrient Uptake

Blok	Kedalaman pirit (cm)	Serapan Hara Daun Ke-17									
		N		P		K		Ca		Mg	
		(%)	serapan (g)	(%)	serapan (g)	(%)	serapan (g)	(%)	serapan (g)	(%)	serapan (g)
42	>90	2.11	75.71	0.134	4.81	0.58	20.81	0.62	22.25	0.30	10.76
41	60-90	2.23	65.78	0.146	4.31	0.66	19.47	0.43	12.68	0.34	10.03
27	40-60	2.46	61.15	0.141	3.50	0.80	19.89	0.41	10.19	0.27	6.71

Produktivitas tanaman dan Korelasi Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit dengan Kedalaman Lapisan Pirit

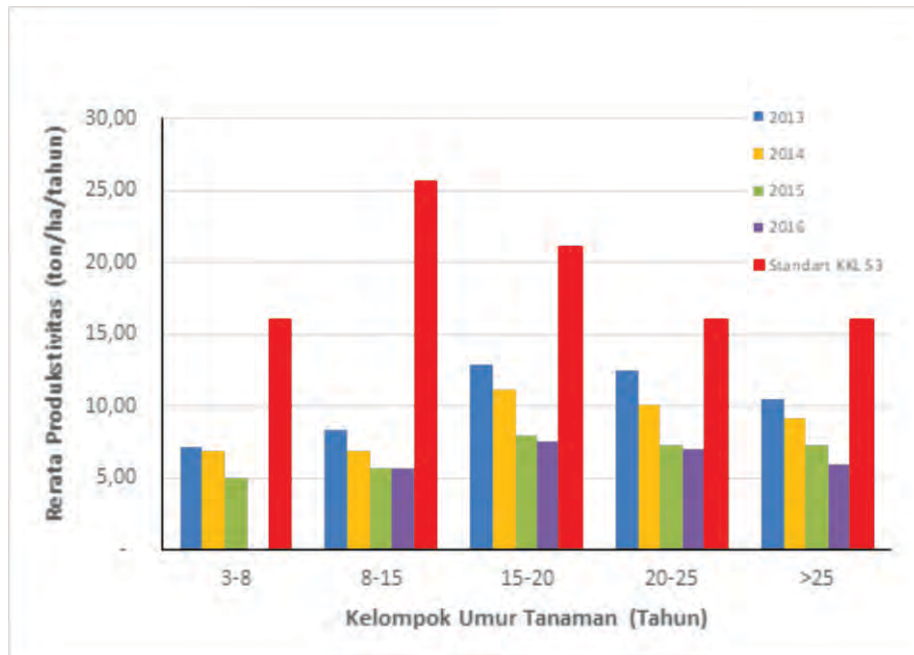
Adanya lapisan pirit merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi pada areal rendahan atau rawa di kebun Mopoli Raya. Areal berpirit tersebar seluas 1.319,06 ha yang tersebar di Afdeling Paya Rambe 1 dan 2. Lapisan pirit menurut hasil pemetaan memiliki kedalaman antara 40-110 cm. Lapisan pirit yang teroksidasi menghasilkan asam sulfat yang akan menurunkan pH tanah secara tajam sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Sementara untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit, permukaan air pada lahan rawa/rendahan perlu diturunkan dengan cara membangun saluran drainase, yang tentunya akan berpotensi menyebabkan oksidasi lapisan pirit, utamanya pada areal yang lapisan piritnya cukup dangkal.

Pengamatan terhadap data produktivitas tanaman kelapa sawit per kelompok umur di kebun Paya Rambe I dan Paya Rambe II menunjukkan rerata produktivitas tanaman yang hanya berkisar antara 5,03-12,86 ton/ha per tahun. Pencapaian produktivitas tanaman ini jauh di bawah standar kelas kesesuaian lahan S3 (lahan marjinal) yang dikeluarkan oleh PPKS (Sutarta dan Rahutomo, 2010). Selain itu produktivitas tanaman dari tahun 2013 hingga 2016 terus mengalami penurunan, yang menunjukkan tidak adanya tindakan kultur teknis yang mampu menekan pengaruh negatif oksidasi mineral pirit.

Hasil uji korelasi antara kedalaman lapisan pirit dengan produktivitas tanaman kelapa sawit pada tahun 2013-2016 menunjukkan terdapat korelasi yang tinggi antara kedalaman lapisan pirit dengan produktivitas tanaman. Semakin dangkal lapisan

pirit produktivitas tanaman rendah, dan sebaliknya peningkatan kedalaman lapisan pirit memberikan pengaruh meningkatnya produktivitas tanaman kelapa sawit (Gambar 5). Tingginya korelasi tersebut ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi hubungan antara kedalaman lapisan pirit dengan

produksi pada tahun 2013, 2014, 2015 dan 2016 yang berturut-turut sebesar 0,606; 0,603; 0,611; dan 0,607. Menurut Sugiyono (2014), hubungan tersebut tergolong kuat dimana nilai koefisien korelasi dalam rentang 0,600 – 0,700.



Gambar 4. Rerata Produktivitas per Kelompok Umur Tanaman
 Figure 4. The Average of Oil Palm Productivity at Different Age Groups

Semakin rendahnya produktivitas tanaman dengan semakin dangkalnya lapisan pirit berkaitan erat dengan semakin intensifnya oksidasi lapisan pirit yang semakin dekat permukaan tanah, yang meningkatkan kadar Fe yang dapat meracun perakaran anaman, dan menyebabkan tingginya kadar Al-dd serta rendahnya pH tanah yang menurunkan ketersediaan hara dalam tanah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketersediaan hara makro semakin rendah dengan semakin dangkalnya lapisan pirit, yang menyebabkan serapan hara yang juga rendah pada areal dengan lapisan pirit dangkal dibanding serapan hara pada lapisan pirit dalam. Rendahnya serapan hara tanaman pada areal dengan pirit dangkal ini akan menjadi pembatas dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan asimilat yang diperlukan untuk pembentukan tandan sawit.

Rendahnya produktivitas tanaman pada lapisan pirit dangkal juga berkaitan dengan rendahnya indeks

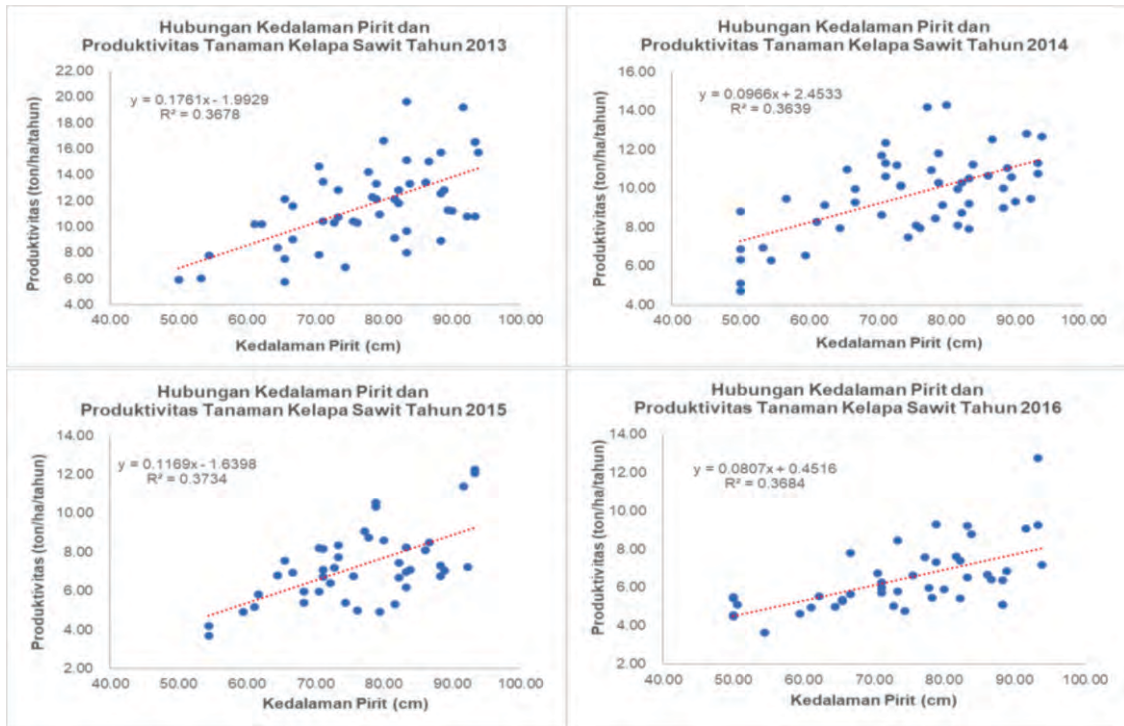
luas daun (LAI) dibanding nilai LAI pada tanaman yang tumbuh pada areal dengan lapisan pirit dalam, dimana LAI merupakan penentu produktivitas tanaman kelapa sawit mengingat bahwa LAI berkaitan erat dengan efisiensi radiasi cahaya matahari yang digunakan untuk fotosintesis (Anggriani *et al.*, 2013). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Sutandi *et al* (2011) di Sumatera Selatan dimana tanaman kelapa sawit mengalami penurunan produktivitas sebesar 15% pada areal dengan kedalaman pirit 60 – 120 cm, meningkat penurunannya hingga 26% pada areal dengan kedalaman pirit <60 cm.

Pengelolaan lahan sulfat masam untuk tanaman kelapa sawit

Keterbatasan lahan yang subur serta kurangnya pengetahuan pekebun terhadap permasalahan lahan sulfat masam menyebabkan terjadinya

pengembangan kelapa sawit tanpa memperhatikan karakteristik lahan sulfat masam, dimana lahan sulfat masam yang sesuai untuk tanaman kelapa sawit harus memiliki kedalaman lapisan pirit lebih dari 95 cm (Winarna *et al.*, 2007). Sementara areal kebun Paya Rambe memiliki lapisan pirit yang dangkal hingga 40 cm dengan penerapan teknologi yang belum

optimal dalam mengatasi sulfat masam sehingga rerata produktivitas tanaman kelapa sawit di kebun Paya Rambe dari tahun ke tahun semakin lama semakin menurun, dimana produktivitas pada tahun 2013, 2014, 2015 dan 2016 berturut-turut sebesar 10,24 ton,; 8,83 ton; 6,65 ton; dan 5,25 ton TBS/ha/tahun.



Gambar 5. Hubungan Kedalaman Pirit dengan Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit di Kebun Paya Rambe I dan II, PT. Mopoli Raya

Figure 5. Pyritic Depth and Oil Palm Productivity correlation in Paya Rambe I dan II Plantation, PT. Mopoli Raya

Bagi areal sulfat masam yang sudah dibuka untuk perkebunan, pengaturan permukaan air tanah di atas lapisan pirit atau pada kedalaman 40 - 60 cm untuk pirit dalam menjadi kunci untuk mencegah oksidasi pirit mengingat hingga saat ini belum ada teknologi yang efektif untuk memperbaiki pH tanah sulfat masam. Pengaturan kedalaman air ini tidak hanya diperlukan oleh tanaman kelapa sawit, tetapi juga untuk tanaman lainnya seperti karet (Winarna *et al.*, 2007; Stevanus *et al.*, 2017). Pada blok yang terpengaruh pasang surut air laut ataupun yang topografinya memungkinkan, dapat dilakukan pencucian pirit agar konsentrasi Fe maupun S yang tinggi tidak meracuni perakaran tanaman mengingat

perbaikan kondisi tanah sulfat masam melalui proses oksidasi dan pencucian yang terjadi secara alami memerlukan waktu 20 - 30 tahun (Raihana dan Saleh, 2016).

Penelitian Imanudin dan Armanto (2012) menunjukkan perbaikan manajemen air lahan pasang surut di Delta Saleh, Sumatera Selatan melalui pengaturan permukaan air tanah untuk mencegah oksidasi mineral pirit dan proses pencucian zat beracun hasil oksidasi pirit mampu meningkatkan produksi padi dari 3 ton/ha menjadi 5 ton/ha. Pencucian atau penggelontoran lahan dilakukan melalui pembukaan saluran pembuangan pada saat air surut terendah atau beberapa hari

sebelum terjadinya pasang besar, selama 1 – 2 hari diikuti dengan penutupan saluran pembuangan dan pembukaan saluran pemasukan pada saat pasang besar (Hadi, 2004). Penggantian air di saluran ini perlu dilakukan mengingat kualitas air di lapangan akan menurun setelah 1 minggu sejalan dengan semakin banyaknya zat beracun yang larut dan terbuang dalam saluran, yang akan berpengaruh pada pertumbuhan tanaman.

Semakin kompleksnya masalah lahan sulfat masam, Masulili (2015) menyampaikan perlunya pengelolaan lahan terpadu dalam rangka percepatan peningkatan produktivitas lahan rawa khususnya lahan sulfat masam, yaitu dengan memadukan teknologi pengelolaan sumberdaya berupa air, tanah, bahan ameliorasi, pupuk dan tanaman secara serasi dan sinergi. Bahan ameliorasi berupa kapur, dolomit, dan berbagai bahan organik dapat memperbaiki kualitas lahan.

Bahan pembenah tanah yang sering digunakan pada lahan sulfat masam adalah kapur atau dolomit. Hasil penelitian Elisa *et al.* (2016) menunjukkan bahwa aplikasi kalsium silikat dapat meningkatkan pH tanah dari 2.9 menjadi 3.5, sedangkan Al-dd turun dari 4,2 menjadi 0.82 cmolc kg⁻¹. Hal serupa juga dijumpai pada aplikasi dolomit, dimana menurut penelitian Eliza *et al.* (2014) aplikasi dolomit dapat menurunkan tingkat kelarutan Fe dan Al, serta meningkatkan ketersediaan Ca dan Mg-dd sehingga keracunan Al pada tanaman padi dapat ditekan.

Bahan organik merupakan bahan pembenah tanah yang penting untuk tanah sulfat masam mengingat bahan organik merupakan sumber substrat metabolit yang efektif mendukung perkembangan kompleks mikrobial, yang akan meningkatkan alkalinitas tanah, menurunkan redoks, dan meningkatkan pH tanah sulfidik (Michael, 2018). Aplikasi bahan organik dilaporkan mampu meningkatkan pH tanah sulfat masam hingga 4 unit dimana bahan organik yang dicampurkan ke dalam tanah lebih efektif dalam memperbaiki pH tanah dibanding dengan bahan organik yang ditebarkan di permukaan tanah (Michael *et al.*, 2015). Menurut Jayalath *et al.* (2016) efektivitas bahan organik sebagai pembenah tanah pirit tidak hanya tergantung pada metode aplikasi, tetapi juga pada ukuran partikel, dimana semakin kecil bahan organik akan semakin baik dalam mencegah oksidasi pirit.

Pada perkebunan kelapa sawit yang ada di lahan berpirit seperti di kebun Paya Rambe, upaya perbaikan lahan dapat dilakukan dengan memaksimalkan peran sistem tata air melalui pengaturan pintu-pintu air di setiap blok untuk mencegah oksidasi pirit. Selain itu aplikasi bahan pembenah tanah secara langsung sudah dilakukan melalui aplikasi dolomit sebagai sumber hara Mg walaupun jumlahnya masih terbatas, dan yang sangat memungkinkan lagi adalah aplikasi bahan organik hasil samping pabrik kelapa sawit (PKS). Limbah PKS sangat melimpah di kebun berupa limbah padat seperti tandan kosong sawit (TKS), solid, pelepah, serta limbah cair berupa limbah cair PKS. Dalam setiap tandan sawit yang diolah, akan dihasilkan hasil samping berupa 20 – 23% TKS, 12 – 15% serat, 5 – 7% cangkang, 2% solid, dan 70 – 80% limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) yang sangat potensial sebagai sumber energi maupun kegunaan lainnya (Nasution *et al.*, 2014; Winanti *et al.*, 2019; Syahwan, 2010).

Aplikasi limbah solid maupun limbah cair diperkirakan memberikan respon yang baik terhadap perbaikan pH tanah yang lebih cepat dibanding bahan organik lainnya karena kedua limbah ini dapat dengan cepat tercampur dengan partikel tanah. Sementara TKS selama ini juga banyak diaplikasikan sebagai sumber bahan organik pada perkebunan sawit. Aplikasi bahan organik ini akan semakin efektif dalam memperbaiki kesuburan tanah pada tanaman kelapa sawit yang biasa memperoleh dolomit sebagai sumber hara Mg, seperti hasil penelitian Shamshuddin *et al.* (2016) yang menunjukkan kombinasi antara pupuk organik dengan dolomit atau batuan basal (magnesium silikat) yang efektif dalam memperbaiki produktivitas tanah sulfat masam dan meningkatkan produktivitas tanaman padi. Kombinasi perlakuan peningkatan pH tanah melalui aplikasi dolomit maupun batuan basalt, aplikasi bahan organik, serta penerapan sistem tata air yang baik diperlukan agar lahan sulfat masam dapat dimanfaatkan untuk budidaya kelapa sawit, maupun padi dan tanaman coklat (Shamshuddin *et al.*, 2014).

Pada proses peremajaan tanaman yang akan dilakukan, selain dapat berpedoman pada peta sebaran kedalaman pirit, bahan organik yang dihasilkan baik dari pencacahan batang sawit maupun TKS dapat dimanfaatkan untuk membangun tapak timbun sehingga menambah ketebalan media

perakaran tanaman baru. Selain itu untuk areal peremajaan dapat dilakukan pengaturan sistem tata air yang memungkinkan dilakukannya proses pencucian Fe dan Al yang berlebih secara berkala.

KESIMPULAN

1. Hasil pemetaan kedalaman pirit tersebar pada kedalaman 40 – 110 cm, dimana pirit dangkal dijumpai di sepanjang sungai yang bermuara ke laut.
2. Semakin dangkal lapisan pirit, semakin meningkat kemasaman tanah dan kadar Al-dd, sementara kadar hara makro N total, P, K, dan Mg tersedia semakin menurun. Selain itu serapan hara daun baik N, P, K, Ca dan Mg mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya dangkalnya lapisan pirit.
3. Pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada tanah dengan pirit dangkal terlihat kurang jagur dibanding tanaman pada pirit dalam, namun tidak berbeda secara nyata. Sementara produktivitas tanaman kelapa sawit meningkat dengan semakin dalamnya lapisan pirit.
4. Peta sebaran kedalaman pirit serta ketersediaan bahan organik yang melimpah di kebun dapat digunakan untuk penyusunan strategi peremajaan tanaman maupun perbaikan pengelolaan tanaman yang ada di kebun Paya Rambe.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direksi PT Mopoli Raya dan Manajer Kebun Paya Rambe yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, F., A. Suryanto, dan N. Aini. 2013. Sistem tanam dan umur bibit pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.) varietas inpari 13. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(2):52–60.
- Ar-riza, I dan Alkasuma. 2008. Pertanian lahan rawa pasang surut dan strategi pengembangannya dalam era otonomi daerah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 2 (2) : 95 – 104.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Kelapa Sawit 2018. Subdirektorat Statistik Tanaman Perkebunan, Badan Pusat Statistik, Jakarta. p.83.
- Chai, T. and R.R. Draxler. 2014. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development* (7) 1247-1250. Doi : 10.5194/gmd-7-1247-2014.
- Corley, R H V; Hardon, J J and Tan, G Y. 1971. Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Estimation of growth parameters and application in breeding. *Euphytica*, 20: 307-315.
- Elisa, A. A., Shamshuddin Jusop, Che Fauziah Ishak, dan Roslan Ismail. 2014. Increasing rice production using different lime sources on an acid sulphate soil in Merbok, Malaysia. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 37 (2): 223 – 247.
- Elisa, A. A., S. Ninomiya, J. Shamshuddin, and I. Roslan. 2016. Alleviating aluminum toxicity in an acid sulfate soil from Peninsular Malaysia by calcium silicate application. *Solid Earth* 7: 367–374.
- Hadi, Rustan. 2004. Teknik pencegahan oksidasi pirit dengan tata air mikro pada budidaya jagung di lahan pasang surut. *Buletin Teknik Pertanian* 9(2) : 61 – 65.
- Imanudin, M.S. and Edi Armanto. 2012. Effect of Water Management Improvement on Soil Nutrient Content, Iron and Aluminum Solubility at Tidal Low Land Area *APCBEE Procedia* 4 (2012): 253–258
- Jayalath, N., L.M. Mosley, R.W.Fitzpatrick, and P. Marschner. 2016. Addition of organic matter influences pH changes in reduced and oxidised acid sulfate soils. *Geoderma* 262: 125–132.
- Masulili, Agusalim. 2015. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk pengembangan pertanian. *Jurnal Agrosans* 12 (2): 1 – 13, ISSN: 1693-5225
- Michael, P.S. 2018. The role of surface soil carbon and nitrogen in regulating the surface soil pH and redox potential of sulfidic soil materials of acid sulfate soils. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 41(4): 1627 – 1642.

- Michael, P.S., R. Fitzpatrick, and R. Reid. 2015. The role of organic matter in ameliorating acid sulfate soils with sulfuric horizons. *Geoderma* 255–256 : 42–49
- Nasution, M. A., T. Herawan, and M. Rivani. 2014. Analysis of palm biomass as electricity from palm oil mills in North Sumatera. *Energy Procedia* 47 : 166 – 172.
- Raihana, Y. dan Muhammad Saleh. 2016. Pengujian formula inokulum mikroba pengoksidasi pirit pada tanah sulfat masam. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah Tahun 2016*, Jilid 1: 283-286. ISBN: 978-602-6483-33-1
- Shamshuddin, J.; A. Elisa Azura, M.A.R.S. Shazana, , C.I. Fauziah, Q.A.Panhwar, and U.A. Naher. 2014. Properties and management of acid sulfate soils in Southeast Asia for sustainable cultivation of rice, oil palm, and cocoa. *Advances in Agronomy*-January 2014, Volume 124: 91- 142.
- Shamshuddin, J.; Q.A.Panhwar, M.A.R.S. Shazana, A.A. Elisa, C.I. Fauziah, and U.A. Naher. 2016. Improving the productivity of acid sulfate soils for rice cultivation using limestone, basalt, organic fertilizer and/or their combinations. *Sains Malaysiana* 45(3): 383 -392.
- Syahwan, F.L. 2010. Potensi limbah dan karakteristik proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit yang ditambahkan sludge limbah pabrik minyak kelapa sawit. *J.Tek. Ling.* 11 (3): 323-330
- Stevanus, C. T., U. Hidayati, T. Wijaya, and A. N. Cahyo. 2017. Study of rubber growth under constraint of pyrite in Muara Sugihan tidak swampy area. *Journal of Wetlands Environmental Management*, 5 (2): 1 – 5.
- Sugiyono. 2014. *Statistika untuk Penelitian*. Penerbit Alfabeta, Bandung. Cetakan ke-24.
- Suriadikarta, D.A. dan M.A. Sutriadi. 2009. Jenis-jenis Lahan Berpotensi untuk Pengembangan Pertanian Lahan Rawa. *Jurnal Litbang Pertanian* 26 (3) : 115-122.
- Sutandi, A., B. Nugroho, dan B. Sejati. 2011. Hubungan kedalaman pirit dengan beberapa sifat kimia tanah dan produksi kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). *J. Tanah Lingk.*, 13 (1): 21 – 24.
- Sutarta, E.S, Winarna dan D. Wiratmoko. 2008. Kesuburan Tanah, Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit pada Tanah Sulfat Masam di Betung Krawo, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 16 (2) : 55-65
- Sutarta, E.S. dan S. Rahutomo. 2010. A New Standart for Fresh Fruit Bunch Yield of IOPRI's Planting Material based on Land Suitability Class. *IOPC 2010 Poster*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan,
- Winanti, W.S., Prasetyadi, Wiharja. 2019. Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menjadi biogas dengan sistem anaerobik tipe *Fixed Bed* tanpa proses netralisasi. *J. Tek. Ling.* 20 (1): 143 – 150.
- Winarna, D. Wiratmoko, E.S. Sutarta, S. Rahutomo, dan Sujadi. 2007. Potensi dan Kendala Lahan Rawa Pasang Surut Untuk Budidaya Tanaman Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa*. Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. p: 223 – 235.
- Yao, X., B. Fu, Y. Lu, F. Sun, S. Wang, and M. Liu. 2013. Comparison of Four Spatial Interpolation Methods for Estimating Soil Moisture in a Complec Terrain Catchment. *PLoS ONE* 8(1): e54660. doi:10.1371/journal.pone.0054660.

