

PROFIL KEDALAMAN PIRIT, KEMASAMAN DAN SALINITAS TANAH SERTA PERFORMA TANAMAN KELAPA SAWIT PADA LAHAN PASANG SURUT DI BANYUASIN, SUMATRA SELATAN

Iput Pradiko, Jefta M. Damanik¹, Andre S. Sitinjak¹, Fransisco Irvan¹, W. Tambunan¹,
Arsyad D. Koedadiri, dan Winarna

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui profil kedalaman *pirit*, tingkat kemasaman, dan *salinitas* tanah pada lahan pasang surut serta performa tanaman kelapa sawit tahun tanam 2010 dan 2011 pada lahan pasang surut di Kecamatan Tanjung Lago dan Talang Kelapa, Kabupaten Banyuasin, Sumatra Selatan. Pengambilan sampel tanah untuk pengukuran kedalaman *pirit*, tingkat pH tanah dan *salinitas* / daya hantar listrik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) dilakukan secara acak pada jarak 0-1 km (14 titik); 1-2 km (3 titik); dan >2 km (2 titik) dari pinggir Sungai Banyuasin dan sungai-sungai lain yang terhubung dengan Sungai Banyuasin tersebut. Sementara itu, performa tanaman yang diamati adalah performa vegetatif dan produktivitas tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman *pirit* pada lokasi penelitian sangat bervariasi dan tidak diketahui polanya terhadap radius lahan dari sungai dengan kedalaman berkisar antara 40 – 120 cm. Selain itu, lahan yang memiliki radius terdekat dengan sungai memiliki pH tanah lebih rendah (lebih masam) dan *salinitas* yang lebih tinggi dibandingkan lahan dengan radius yang lebih jauh. Rerata pH dan *salinitas* ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pada 0-1 km; 1-2 km; dan >2 km berturut adalah 3,73 dan 1,46; 4,33 dan 0,76; serta 4,55 dan 0,46. Tanaman pada lahan dengan pH lebih rendah dan *salinitas* lebih tinggi menunjukkan kondisi tertekan ditandai dengan daun menguning, pucuk mengering, tanaman kerdil dan produktivitas lebih rendah. Rerata produktivitas

tanaman (ton TBS/ha/tahun) pada 2015 dan s.d Mei 2016 pada radius 0-1 km; 1-2 km; dan >2 km berturut adalah 1,55 dan 0,58; 4,95 dan 1,56; serta 5,06 dan 1,47.

Kata kunci: kelapa sawit, pasang surut, *pirit*, kemasaman, *salinitas*

PENDAHULUAN

Lahan pasang surut merupakan lahan yang terpengaruh oleh pasang surutnya air laut maupun sungai di sekitarnya. Subagyo (2006a) membagi wilayah pasang surut menjadi tiga, yaitu: wilayah pasang surut air asin/payau, wilayah pasang surut air tawar, dan wilayah rawa lebak (non pasang surut). Salah satu ciri khusus dari lahan pasang surut adalah potensi kandungan *pirit*. *Pirit* dapat *teroksidasi* menjadi asam sulfat dan sulfida besi jika berada pada kondisi *aerob* (terekspose udara). Asam sulfat dan sulfida besi menyebabkan kemasaman tanah yang tinggi sehingga tanah tidak dapat dimanfaatkan untuk budidaya pertanian maupun perkebunan. Selain itu, pada jenis tanah tersebut, kandungan H^+ , Al , Fe^{3+} dan Mn berada pada level yang berbahaya bagi tanaman (dapat menimbulkan keracunan). Hal tersebut menyebabkan ketersediaan P dan hara-hara makro lainnya menjadi rendah (Andriese dan Sukardi, 1990 dalam Suriadikarta, 2005).

Selain adanya potensi *pirit*, lahan pasang surut juga berpotensi mengalami *salinitas* tinggi khususnya pada lahan pasang surut air asin/payau. Menurut Winarna (2007), tanaman budidaya (khususnya kelapa sawit) masih dapat tumbuh baik pada nilai *salinitas* $>4 \mu\text{S}/\text{cm}$, jika *salinitas* $>4 \mu\text{S}/\text{cm}$ maka dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu hingga menyebabkan kematian sel akibat keracunan ion Na^+ (Tester and Davenport, 2003; Davenport *et al.*, 2005; Munns *et al.*, 2006).

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

Iput Pradiko (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: iputpradiko@gmail.com

¹ Mahasiswa Jurusan Tanah, Universitas Brawijaya



Menurut Alihamsyah (2004), total lahan pasang surut di Indonesia adalah 20,2 juta ha yang tersebar di Sumatra, Jawa dan Madura, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Pulau Sumatra memiliki total luas lahan terbesar mencapai 7,2 juta ha dengan 2,8 juta ha telah direklamasi oleh pemerintah dan penduduk lokal untuk dijadikan lahan pertanian dan perkebunan (salah satunya tanaman kelapa sawit).

Performa pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit di lahan pasang surut di beberapa daerah cukup bervariasi. Harahap dan Siregar (2004) juga melaporkan bahwa pada areal dengan kedalaman *pirit* >100 cm dan pengelolaan air yang kurang baik di Kebun Betung Krawo, tanaman kelapa sawit umur 5 – 6 tahun memiliki produktivitas 10,86 – 12,70 ton TBS/ha/tahun. Akan tetapi, menurut Sutarta *et al.* (2008), dengan pengelolaan air yang optimal tanaman umur 5 dan 9 tahun di daerah Air Kumbang Padang, Banyuasin dengan kedalaman *pirit* 100 cm mencapai 18,27 dan 15,26 ton TBS/ha/tahun. Hal yang sama juga terjadi di salah satu kebun di Sumatra Utara, dengan pengelolaan air dan pemupukan yang baik, produktivitas kelapa sawit umur 10 tahun dapat mencapai 20 – 24 ton TBS/ha/tahun.

Berdasarkan beberapa fakta pada paragraf sebelumnya, pemanfaatan lahan pasang surut untuk budidaya tanaman kelapa sawit harus dilakukan dengan strategi yang tepat, meliputi: pemahaman karakteristiknya, penilaian potensi daya dukung dan kesesuaiannya, pengelolaan tata air, dan perbaikan sifat kimia tanah. Penilaian daya dukung dan kesesuaian lahan ini untuk kelapa sawit ditujukan untuk menilai beberapa karakteristik lahan pasang surut seperti kedalaman lapisan *pirit*, *kuensi* dan lama genangan, pH tanah, *salinitas*, kematangan dan kedalaman gambut (Winarna *et al.*, 2014). Penilaian lebih lanjut kelayakan secara ekonomi juga perlu dilakukan untuk mengetahui proyeksi biaya investasi pada lahan tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui profil kedalaman *pirit*, tingkat kemasaman dan salinitas tanah pada lahan pasang surut serta performa tanaman kelapa sawit pada lahan tersebut di

Kabupaten Banyuasin, Sumatra Selatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman mengenai karaktersitik lahan pasang surut; sehingga pemanfaatan lahan ini untuk budidaya tanaman kelapa sawit dapat menghasilkan tanaman dengan performa prima, produktivitas tinggi, dan berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada empat kebun kelapa sawit pada lahan pasang surut di Kecamatan Tanjung Lago dan Talang Kelapa, Kab. Banyuasin, Sumatra Selatan (Gambar 1). Pengambilan sampel, pengamatan performa tanaman dan analisis data dilakukan Juli - Agustus 2016. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan, Sumatra Utara. Tanaman kelapa sawit yang diamati merupakan tanaman tahun tanam 2010 dan 2011. Pengamatan yang dilakukan meliputi pengamatan performa vegetatif (secara morfologis) dan produktivitas. Sementara itu, pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak pada daerah dengan jarak 0-1 km (14 titik); 1-2 km (3 titik); dan >2 km (2 titik) dari Sungai Banyuasin dan sungai-sungai lain yang terhubung dengan Sungai Banyuasin tersebut. Sampel untuk mengetahui kedalaman *pirit* dilakukan dengan mengebor tanah hingga kedalaman 120 cm menggunakan bor tanah. Bor tanah yang digunakan memiliki ukuran mata bor sepanjang 20 cm. Tanah hasil pengeboran setiap 20 cm disusun seri dari lapisan yang terdangkal (0-20 cm) hingga lapisan terdalam 100-120 cm, sehingga total terdapat 6 seri lapisan bor. Sementara itu, sampel tanah untuk analisis pH dan daya hantar listrik diperoleh dengan mengebor tanah sedalam 20 cm. Analisis yang dilakukan adalah analisis pH tanah (pH H₂O) dan daya hantar listrik / DHL yang mencerminkan tingkat *salinitas* tanah. Nilai pH tanah diukur dengan pH meter, sedangkan nilai DHL diukur dengan EC meter (µS/cm).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian (diolah dari <https://www.google.co.id>)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Zona Wilayah Rawa di Wilayah Kajian

Berdasarkan Gambar 1 dan 2 serta hasil pengamatan di lapangan, lahan pasang surut di wilayah kajian masuk dalam Zona II (menurut Subagyo, 1997) yaitu zona pasang surut air tawar. Di wilayah ini terjadi pertemuan antara energi sungai; berupa gerakan aliran sungai ke arah laut dengan energi pasang surut yang umumnya terjadi dua kali dalam sehari (*semi diurnal*). Hal ini karena wilayah ini sudah berada di luar pengaruh air asin/salin dan yang dominan adalah pengaruh air-tawar (*fresh-water*) dari sungai. Walaupun demikian, energi pasang surut masih cukup dominan ditandai dengan adanya gerakan air pasang dan air surut di sungai. Secara umum, wilayah ini dikategorikan sebagai *landform fluvio-marine*, karena terbentuk dari gabungan pengaruh sungai (*fluvio*) dan pengaruh marin.

Kedalaman Pirit

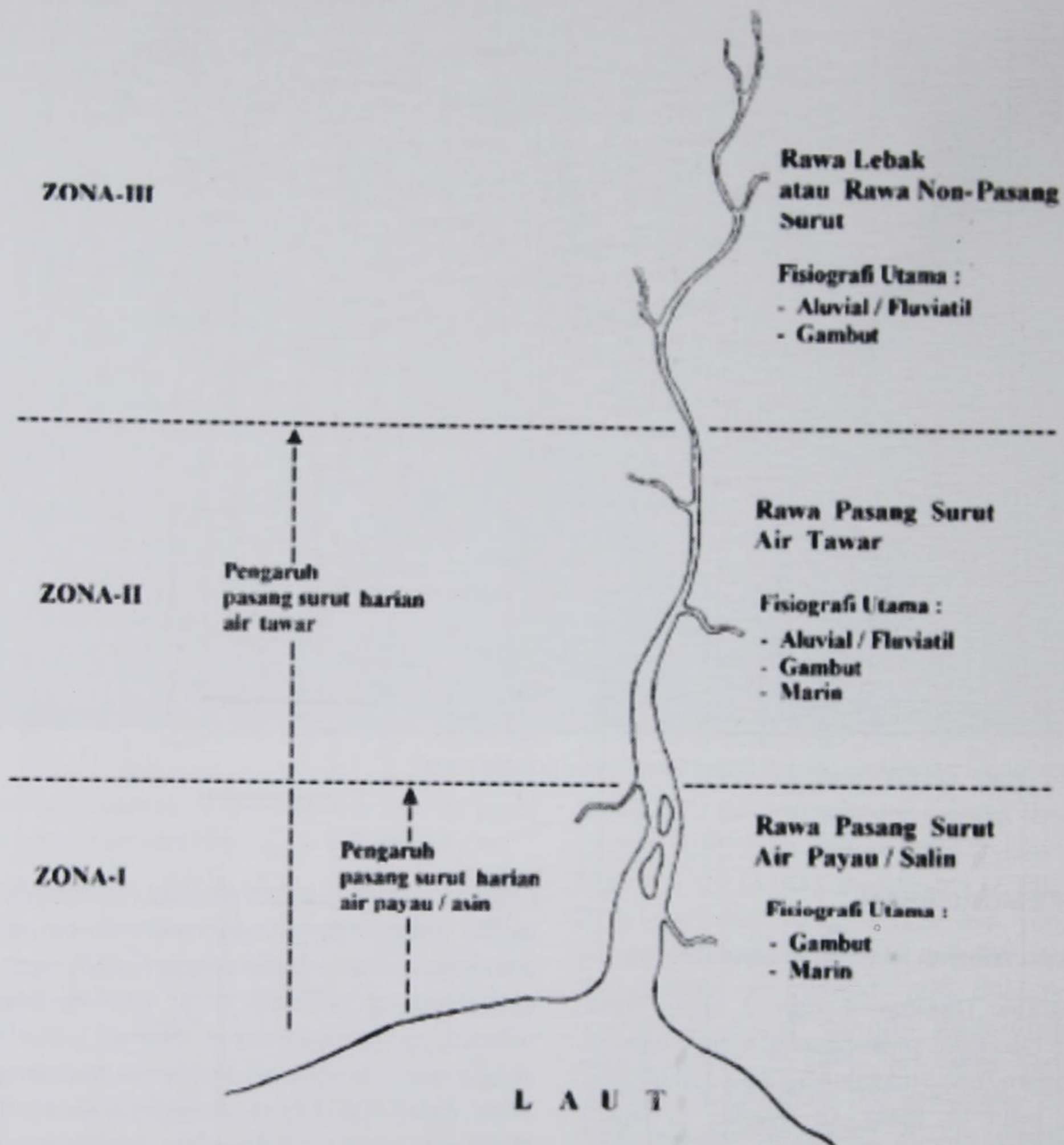
Kedalaman *pirit* pada lokasi penelitian sangat bervariasi dan tidak diketahui polanya terhadap radius lahan dari sungai. Kedalaman *pirit* berkisar antara 40 – 120 cm, sehingga menurut Widjaja-Adhi

(1998); tergolong dalam tipologi lahan sulfat masam aktual (dengan kandungan *pirit* <50 cm) dan lahan sulfat masam potensial (dengan kandungan *pirit* >50 cm). Menurut Winarna *et al.* (2014), lahan sulfat masam yang masih dapat dikelola untuk budidaya kelapa sawit dengan aman apabila kedalaman *pirit* $\geq$ 90 cm (tidak ada lapisan gambutnya). Sementara pada lahan sulfat masam bergambut, kedalaman *pirit* yang masih relatif aman dikelola untuk tanaman kelapa sawit adalah $\geq$ 125 cm.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka pengelolaan tanaman kelapa sawit pada lokasi penelitian cukup sulit, khususnya pada areal dengan kedalaman *pirit* yang dangkal (<50 cm). Hal ini karena tanaman kelapa sawit memerlukan ruang aerasi yang bebas genangan pada kedalaman 50-75 cm (Winarna *et al.*, 2007), sedangkan lapisan *pirit* yang dangkal apabila lahan didrainase akan teroksidasi dan meracuni tanaman.

Kemasaman Tanah

Tingkat kemasaman tanah di lokasi penelitian ditunjukkan oleh Tabel 1. Secara umum, kondisi lahan memiliki tingkat kemasaman yang tergolong sangat

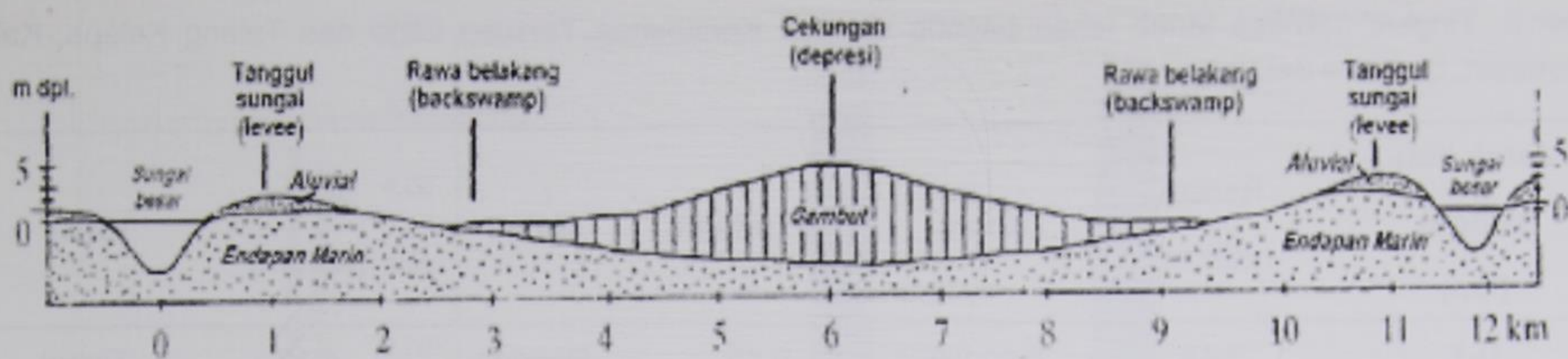


Gambar 2. Pembagian zona lahan rawa di sepanjang daerah aliran sungai (DAS) bagian bawah dan tengah (Sumber: Subagyo, 2006a)

masam (SM) hingga masam (M). Pada penelitian ini, semakin jauh jarak lahan dari sungai, maka semakin tinggi nilai pH-nya. Rata-rata kemasaman tanah pada jarak 0-1 km dan 1-2 km sangat masam (SM), sedangkan pada jarak >2 km memiliki tingkat keasaman masam (M). Hal tersebut erat kaitannya dengan zonasi pasang surut dan proses terbentuknya pirit. Pada wilayah yang dekat dengan sungai yang berhubungan dengan laut, terdapat tanah *aluvial marin* yang mengandung senyawa besi sulfida (FeS_2) atau lapisan *pirit* (Gambar 3). Umumnya lapisan tanah

aluvial marin berjarak 0-2 km dari tepi sungai (Subagyo, 2006b).

Tingkat kemasaman tanah yang meningkat tersebut disebabkan oleh *oksidasi* mineral *pirit*. *Oksidasi* dapat terjadi apabila lapisan *pirit* terekspos udara akibat penurunan muka air tanah. Dalam keadaan *teroksidasi*, *pirit* berubah menghasilkan asam sulfat dan senyawa besi bebas bervalensi tiga (Fe-III) dan menyebabkan peningkatan kemasaman tanah yang tajam. Menurut Leiwakabessy (1980), tanah dengan tingkat kemasaman tinggi (SM hingga M) akan



Gambar 3 . Penampang skematis sub-landform diantara dua sungai besar pada zona II lahan rawa pasang surut air tawar

Tabel 1. Tingkat kemasaman tanah lahan pasang surut di Kecamatan Tanjung Lago dan Talang Kelapa, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan

Jarak dari						
sungai	Rerata	Kelas	Min	Kelas	Maks	Kelas
(km)						
0-1	3,73	Sangat Masam	3,20	Sangat Masam	4,30	Sangat Masam
1-2	4,33	Sangat Masam	4,10	Sangat Masam	4,60	Masam
>2	4,55	Masam	4,30	Sangat Masam	4,80	Masam

menghambat pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme berikut: 1) kerusakan sel tanaman akibat peningkatan ion H^+ ; 2) peningkatan kelarutan Fe, Al, dan Mn yang bersifat toksik bagi tanaman; 3) penurunan konsentrasi kation tertukar seperti K; 4) penurunan ketersediaan P; 5) terhambatnya pertumbuhan akar dan serapan air, dan abnormalitas faktor biotik. Secara morfologis, hal ini menyebabkan daun tanaman menguning, pucuk mengering, tanaman kerdil, dan produktivitas rendah (Widjaya-Adhi *et al.*, 1997).

Salinitas Tanah

Hasil analisis tingkat salinitas tanah ($\mu S/cm$) ditampilkan pada Tabel 2. Secara umum, tingkat salinitas di wilayah kajian rendah karena nilainya $> 4 \mu S/cm$. Namun demikian, pada jarak 0-1 km ditemukan lokasi dengan tingkat salinitas tinggi ($>4 \mu S/cm$). Data pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa semakin dekat lahan dengan sungai yang berhubungan langsung dengan Sungai Banyuasin maka akan semakin tinggi kadar salinitasnya. Hal ini terkait dengan masih adanya pengaruh air laut sehingga terjadi peningkatan

kadar garam dan konduktivitas elektrik pada lahan yang dekat dengan sungai yang berhubungan langsung dengan Sungai Banyuasin.

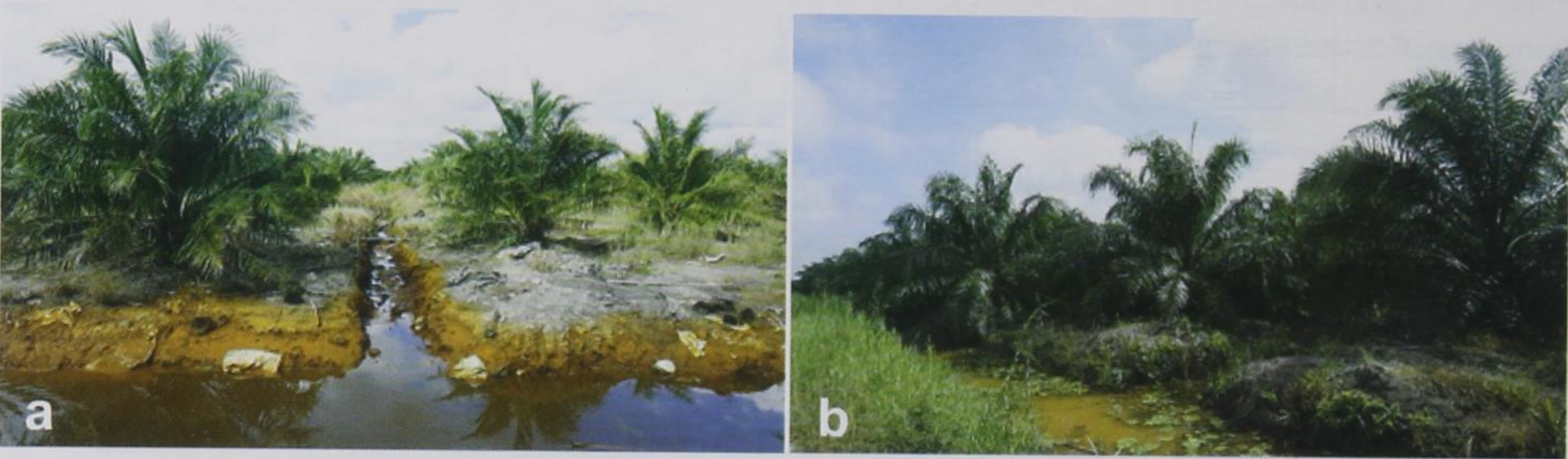
Berdasarkan penelitian Ramoliya *and* Pandey (2003); Tripler *et al.* (2007); Alhammadi and Edward (2009) pada tanaman kurma, dijelaskan bahwa tinggi tanaman, jumlah daun, bobot biomassa kering dan produktivitas menurun tajam pada kondisi cekaman salinitas. Sementara itu, Cha-um *et al.* (2010) menjelaskan bahwa cekaman salinitas menyebabkan kerusakan pigmen fotosintesis, penurunan kemampuan fotosintesis, dan penurunan performa pertumbuhan tanaman kelapa sawit di pembibitan.

Performa Kelapa Sawit di Lapangan

Hasil pengamatan performa vegetatif ditunjukkan pada Gambar 4.a dan 4.b. Pada Gambar 4.a. menunjukkan kondisi tanaman yang berada pada lahan dengan jarak 0-1 km dari pinggir sungai. Sementara itu, pada Gambar 4.b. menunjukkan kondisi tanaman yang berada pada lahan yang berjarak >2 km dari pinggir sungai. Performa

Tabel 2. Tingkat salinitas tanah lahan pasang surut di Kecamatan Tanjung Lago dan Talang Kelapa, Kab. Banyuasin, Sumatra Selatan

Jarak dari sungai (km)	Rerata ($\mu\text{S/cm}$)	Kelas	Min ($\mu\text{S/cm}$)	Kelas	Maks ($\mu\text{S/cm}$)	Kelas
0-1	1,46	Rendah	0,48	Rendah	4,12	Tinggi
1-2	0,76	Rendah	0,58	Rendah	0,94	Rendah
>2	0,46	Rendah	0,37	Rendah	0,55	Rendah

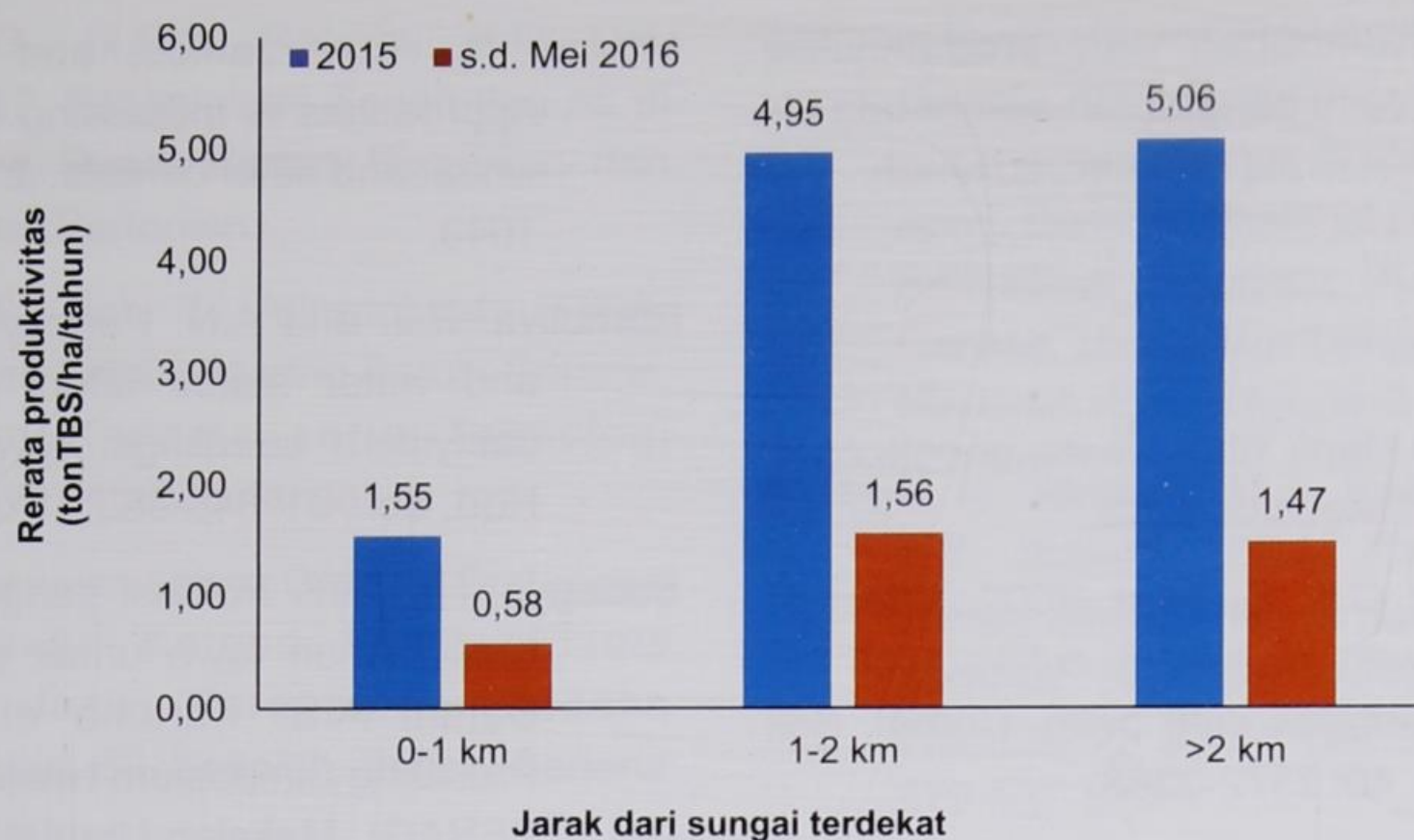


Gambar 4. (a) Kondisi performa pertumbuhan tanaman yang terhambat dan tidak seragam (b) Kondisi performa pertumbuhan tanaman yang cukup seragam di lokasi penelitian

pertumbuhan tanaman pada lahan yang berjarak lebih dekat dengan sungai lebih heterogen dibandingkan dengan tanaman kelapa sawit pada lahan yang jauh dari sungai.

Dalam kaitannya dengan penelitian ini, performa pertumbuhan tanaman pada lahan di dekat sungai yang lebih rendah tersebut diakibatkan oleh tingkat keasaman dan *salinitas* yang lebih tinggi. Namun demikian, tidak menutup kemungkinan bahwa tanaman pada lahan pasang surut yang terletak jauh dari sungai memiliki performa pertumbuhan yang rendah, atau dengan kata lain performa pertumbuhan kelapa sawit di lahan yang dekat dengan sungai justru lebih lebih baik dibandingkan lahan yang jauh dari tepi sungai. Hal ini karena adanya tanggul sungai alam (*natural levees*). Tanah pada tanggul ini cukup subur karena terbentuk dari endapan sungai dan menutupi endapan marin di bawahnya. Tanah pada tanggul alam ini terdiri atas bahan yang relatif agak kasar, debu kasar dan halus serta lumpur, bertekstur sedang, dengan kandungan fraksi debu relatif tinggi (Subagyo, 2006b).

Data performa produktivitas tanaman (Gambar 5) menunjukkan bahwa produktivitas (ton TBS/ha/tahun) 2015 dan s.d. Mei 2016 meningkat seiring bertambahnya jarak lahan dari pinggir sungai. Namun demikian, radius lahan dari sungai bukanlah faktor pembatas langsung peforma produktivitas tanaman. Faktor pembatas performa produktivitas tanaman kelapa sawit pada lokasi penelitian ini adalah tingkat kemasaman dan salinitas tanah. Pola performa produktivitas tanaman tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kemasaman dan salinitas tanah maka akan membuat performa produktivitas tanaman semakin tertekan. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa inti dari budidaya kelapa sawit di lahan pasang surut adalah manajemen air. Hal ini karena kondisi drainase yang terhambat (tanaman tergenang) serta pengaturan muka air tanah yang tidak tepat dapat menyebabkan teroksidasinya lapisan *pirit*. *Oksidasi* lapisan *pirit* dapat meningkatkan kemasaman tanah sehingga performa tanaman menjadi tidak optimal (Winarna *et al.*, 2007).



Gambar 5. Performa produktivitas kelapa sawit pada berbagai radius dari sungai yang tersambung ke laut

Langkah-Langkah Teknik Pengelolaan Lahan

Langkah-langkah teknis yang dapat dilakukan untuk pengelolaan lahan pasang surut pada lokasi penelitian, harus difokuskan pada upaya pengaturan muka air tanah dan perbaikan sifat kimia tanah. Sistem tata air ditujukan untuk menciptakan kondisi yang optimum untuk pertumbuhan dan produksi kelapa sawit dengan menyediakan ruang aerasi bagi perakaran sekaligus menghindari proses *oksidasi pirit*. Menurut Widjaya-Adhi dan Alihamsyah (1998), pengelolaan sistem tata air dilakukan untuk: 1) memanfaatkan air pasang untuk mempertahankan muka air tanah, 2) mencegah akumulasi garam pada daerah perakaran, 3) mencuci zat-zat beracun bagi tanaman, 4) mengurangi oksidasi pirit.

Pembangunan sistem tata air pada lahan pasang surut sebaiknya dilakukan pada awal pembangunan kebun. Pembangunan sistem tata air meliputi pembangunan parit-parit drainase primer, sekunder, dan tersier (jika diperlukan) dan instalasi pintu air untuk mempertahankan muka air sesuai kedalaman pirit (dalam kasus penelitian ini 40 cm). Ukuran dan jumlah kanal primer, sekunder, dan tersier harus disesuaikan dengan kondisi mikrotopografi lokasi penelitian.

Sementara itu, perbaikan sifat kimia tanah pada lahan pasang surut dilakukan untuk memperbaiki status hara makro dan mikro, memperbaiki kemasaman tanah dan *salinitas* tanah (khusus untuk lahan yang memiliki DHL tinggi). Beberapa cara yang dapat dilakukan adalah aplikasi bahan pembenah tanah yang mempunyai efek pengapuran / *liming effect*

(Konsten dan Sarwani, 1990), pencucian sulfat masam, pemupukan sesuai dengan kaidah 4T (tepat jenis, dosis, cara, dan waktu), menghindari aplikasi pupuk yang bereaksi masam (misalnya: pupuk Kieserit, ZA, dan sebagainya) pada tanah. Khusus untuk tanah dengan tingkat *salinitas* yang tinggi dapat diaplikasikan gipsium sebanyak 20-25 ton/ha (Hoeft, 2001) tergantung tingkat Na dan kondisi tanah.

KESIMPULAN

Kondisi kedalaman *pirit* pada lahan pasang surut di Kecamatan Tanjung Lago dan Talang Kelapa, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan sangat bervariasi dengan kedalaman berkisar antara 40 – 120 cm. Sementara itu, lahan yang memiliki radius terdekat dengan sungai memiliki pH tanah lebih rendah (lebih asam) dan *salinitas* yang lebih tinggi dibandingkan lahan dengan radius yang lebih jauh. Sebagai dampaknya, tanaman kelapa sawit pada lahan dengan pH lebih rendah dan *salinitas* lebih tinggi menunjukkan kondisi tertekan ditandai dengan daun menguning, pucuk mengering, tanaman kerdil dan produktivitas lebih rendah.

Berdasarkan hasil kajian, dapat disimpulkan bahwa dalam usaha budidaya tanaman kelapa sawit di lahan pasang surut perlu mempertimbangkan zona pasang surut, tipe luapan dan kondisi tanah. Untuk lahan pasang surut yang potensial bagi usaha pertanian dan perkebunan (khususnya kelapa sawit), diperlukan langkah teknis khusus untuk



mengoptimalkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit yaitu pengaturan sistem tata air tanah dan perbaikan sifat kimia / kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. Google Maps. <https://www.google.co.id> Diakses pada 12 Agustus 2016.
- Alhammadi, M.S. and G.P. Edward. 2009. Effect of salinity on growth of twelve cultivars of the United Arab Emirates date palm. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 40: 2372-2388.
- Alihamsyah, T. 2004. Potensi dan Pendayagunaan Lahan Rawa untuk Peningkatan Produksi Padi. Ekonomi pada dan beras Indonesia. Faisal Kasrino, Effendi Pasandaran dan A.M. Fagi (Penyunting). Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Cha-um, S., T. Takabe, and C. Kirdmanee. 2010. Ion contents, relative electrolyte leakage, proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of oil palm seedlings in response to salt stress. *Pak. J. Bot.*, 42(3): 2191-2020.
- Davenport, R., R.A. James, A. Zakrisson-Plogander, M. Tester, and R. Munns. 2005. Control of sodium transport in durum wheat. *Plant Physiol.* 137: 807-818.
- Harahap, I.Y. dan H.H. Siregar. 2004. Evaluasi dan Rekomendasi Kultur Teknis Tanaman Kelapa Sawit pada Lahan Basah Unit Usaha Betung Krawo, Sumatera Selatan PT. Perkebunan Nusantara VII, Laporan Ekstern Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Hoeft, B. 2001. Soil Fertility Management. Food Agriculture Organization, Rome.
- Konsten, C.J.M. and M. Sarwani. 1990. Actual and potential acidity and related chemical characteristics of acid sulfate soil in Pulau Petak Kalimantan. Workshop on Acid Sulfate Soil in the Humid Tropics, 20-22 November, Bogor Indonesia. p. 30-35.
- Leiwakabessy, F. 1980. Pengembangan pertanian di daerah transmigrasi dan permasalahannya. Publ. PPTL-IPB Bogor dan Ditjen Transmigrasi.
- Munns, R., R.A. James, and A. Läuchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.*, 57: 1025-1043.
- Ramoliya, P.J. and A.N. Pandey. 2003. Soil salinity and water status affect growth of *Phoenix dactylifera* seedlings. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.*, 31: 345-353.
- Subagyo, H. 1997. Potensi pengembangan dan tata ruang lahan rawa untuk pertanian. h. 17-55. Dalam A.S. Karama et al. (penyunting). Prosiding Simposium Nasional dan Kongres VI PERAGI. Makalah Utama. Jakarta, 25-27 Juni 1996.
- Subagyo H. 2006a. Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa: I. Klasifikasi dan penyebaran lahan rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Subagyo, H. 2006b. Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa: II. Lahan rawa pasang surut. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Suriadikarta, D.A. 2005. Pengelolaan Lahan Sulfat Masam untuk Usaha Pertanian. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* Vol. 24 (1).
- Sutarta, E.S., S. Rahutomo, Winarna, dan D. Wiratmoko. 2008. Laporan Rekomendasi Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan, Kebun Inti PT Andira Agro Tahun 2009. Laporan ekstern (tidak dipublikasikan). Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.*, 91: 503-527.
- Tripler, E., A. Ben-Gal, and U. Shani. 2007. Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv. Medjool). *Plant Soil*, 297: 147-155.

- Widjaya-Adhi, I.P.G., N.P.S. Ratmini, dan I.W. Swastika. 1997. Pengelolaan Tanah dan Air di Lahan Pasang Surut. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Widjaya-Adhi, I.P.G. dan T. Alihamasyah, 1998. Pengembangan Lahan Pasang Surut : Potensi, Prospek dan Kendala serta Teknologi Pengelolaannya untuk Pertanian.
- Winarna, 2007. Kesesuaian Lahan Gambut Ombrogen untuk Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq) Berdasarkan Indeks Lahannya. Tesis S2 Sekolah Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Winarna, D. Wiratmoko, E.S. Sutarta, S. Rahutomo, dan Sujadi. 2007. Potensi dan kendala lahan rawa pasang surut untuk budidaya tanaman kelapa sawit. Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa, Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional. Kuala Kapuas, 3 - 4 Agustus 2007.
- Winarna, H. Santoso, M.A. Yusuf, Sumaryanto, dan E.S. Sutarta. 2014. Pertumbuhan tanaman kelapa sawit di lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang 26-27 September 2014. ISBN : 979-587-529-9