

## Karakteristik Kimia Tanah pada Areal Kelapa Sawit dan Nilai Konservasi Tinggi (NKT) di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan

Muhammad Haykal Fiqri, Abdul Haris\*, Abdul Hadi

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A. Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

\* Email penulis korespondensi: [haris@ulm.ac.id](mailto:haris@ulm.ac.id)

### Informasi Artikel

Received 15 November 2023

Accepted 07 Februari 2024

Published 09 Februari 2024

Online 09 Februari 2024

### Keywords:

Podsolik, soil pH, Amonium, Nitrat, Phosphorus.

### Abstract

In the practice of oil palm plantation management, land clearing and cultivation using heavy equipment will change soil conditions from anaerobic to aerobic. This condition will cause sulfide compounds contained in the soil, or commonly referred to as pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) to undergo an oxidation process that can cause the formation of sulfuric acid compounds ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) which when dissociated will release  $\text{H}^+$  ions in the soil solution, thus increasing soil acidity. In addition, improved drainage will also lead to a high likelihood of plant nutrients being leached from the soil. On the other hand, the HCV areas will be left unmanaged by maintaining the original vegetation adjacent to the oil palm plantations. So there are two different land management systems between oil palm land and HCV areas which in theory will have different land characteristics, one of which can be seen from differences in soil chemical characteristics. The purpose of this study was to determine the differences in the characteristics of several soil chemical properties including pH, C-organic, Al-dd and P-available in oil palm land and HCV areas. This research is a field research using survey method. Sampling in the field was carried out by purposive sampling at PT Kharisma Inti Usaha, Tapin Regency, South Kalimantan Province. Soil samples used in this study were soil samples at a depth of 0-30 cm and 30-60 cm on oil palm land and HCV areas where each land was taken as many as 10 sampling points, so that the total sample points amounted to 40 sampling points. The results showed that the characteristics of soil acidity (pH), carbon (C-organic), aluminum (Al-dd) and phosphorus (P-available) on oil palm land were lower than HCV areas in PT Kharisma Inti Usaha Tapin Regency.

### 1. Pendahuluan

Ditinjau dari segi perekonomian, industri kelapa sawit memiliki peran sebagai sumber devisa, penggerak ekonomi, kedaulatan sektor energi, dan sumber penyerap tenaga kerja terbesar. Di Indonesia, perkebunan kelapa sawit seiring waktu mengalami perkembangan yang dinamis dan berevolusi (Purba dan Sipayung, 2017). Perkebunan kelapa sawit berkembang hampir di seluruh provinsi Indonesia, khususnya di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Sumatera dan Kalimantan adalah dua pulau utama industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Total 95% produksi minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) Indonesia dihasilkan dari kedua pulau tersebut. Luas perkebunan sawit Indonesia pada 2015 adalah 11,3 juta ha dan meningkat sampai dengan 16 juta ha pada tahun 2017. Saat ini, proporsi perkebunan sawit di Indonesia didominasi oleh perkebunan rakyat sebesar 53%, kemudian perkebunan swasta sebesar 42% dan perkebunan negara hanya sebesar 5% (Purba dan Sipayung, 2017).

Pembangunan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dinilai penyebab utama deforestasi yang terjadi di Indonesia. Deforestasi sendiri dalam kurun waktu tertentu dapat mengakibatkan kurangnya bahkan hilangnya keanekaragaman hayati. Konversi lahan dari yang awalnya bervegetasi hutan menjadi perkebunan kelapa sawit banyak terjadi sebagai wujud dari ekspansi bisnis. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya permintaan akan produk-produk dari kelapa sawit baik untuk keperluan domestik maupun untuk di ekspor. Upaya untuk mengurangi dampak negatif dari maraknya pembukaan lahan kelapa sawit dan mendukung kampanye pertanian berkelanjutan,

dikeluarkanlah sertifikasi oleh RSPO (*Roundtable on Sustainable Palm Oil*) dan juga ISPO (*Indonesian on Sustainable Palm Oil*). Salah satu persyaratan di dalam sertifikasi RSPO dan ISPO adalah terdapatnya areal Nilai Konservasi Tinggi (NKT) atau *High Conservation Value* (HCV). Areal NKT merupakan suatu wilayah yang di dalamnya terdapat keanekaragaman hayati endemik dan mempunyai fungsi ekologis lingkungan yang penting disamping memiliki nilai-nilai fungsi jasa lingkungan dan sosial budaya masyarakat. Adanya areal NKT diharapkan dapat mengurangi dampak negatif serta mewujudkan perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan. Keberadaan areal NKT juga merupakan bentuk tanggung jawab lingkungan hidup, upaya konservasi sumber daya alam, serta untuk mempertahankan atau menjaga keanekaragaman hayati sesuai dengan kriteria RSPO (Nahlunnisa, 2016).

Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa perbedaan penggunaan lahan akan menghasilkan perbedaan karakteristik kimia, fisik dan biologi tanah. Menurut laporan Putri (2018) perbedaan penggunaan lahan berpengaruh nyata terhadap nilai pH, kadar N-total, serta kation basa (K-dd, Ca-dd dan Mg-dd). Selain itu, menurut penelitian Baihaki (2019) terdapat perbedaan yang nyata untuk nilai pH, kadar C-organik, P-tersedia, Al-dd, Fe, dan Kejenuhan Basa pada lahan hutan dan kebun kelapa sawit.

Dalam praktek pengelolaan perkebunan kelapa sawit dilakukan pola budidaya tanaman yang standar, seperti pembukaan dan pengolahan lahan dengan menggunakan alat-alat berat serta juga proses drainase untuk mengkondisikan aerasi yang sesuai pada zona perakaran agar tanaman kelapa sawit tumbuh dengan optimal. Perbaikan drainase dapat mengubah kondisi tanah yang sebelumnya anaerobik menjadi aerobik. Kondisi ini akan mengakibatkan senyawa sulfida yang terkandung di dalam tanah, atau biasa disebut sebagai pirit ( $\text{FeS}_2$ ) akan mengalami proses oksidasi. Proses teroksidasinya pirit dapat menyebabkan terbentuknya senyawa asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang ketika berdisosiasi akan melepas ion  $\text{H}^+$  pada larutan tanah. Kelarutan ion  $\text{H}^+$  yang tinggi di dalam tanah akan menyebabkan peningkatan kemasaman tanah. Selain itu, perbaikan drainase juga akan menyebabkan sejumlah besar hara tanaman ikut tercuci dari tanah (Sutandi et al., 2011). Di sisi lain pada areal NKT akan dibiarkan alami tanpa dikelola dengan mempertahankan vegetasi alaminya yang berada berdampingan dengan lahan kelapa sawit. Jadi terdapat dua pengelolaan lahan yang berbeda antara lahan kelapa sawit dan areal NKT yang secara teori akan memiliki karakteristik lahan yang berbeda, diantaranya yaitu berbeda karakteristik Kemasaman Tanah (pH), Karbon (C-organik), Aluminium (Al-dd) dan Fosfor (P-tersedia).

Berdasarkan penjabaran yang telah dipaparkan, maka dinilai perlu untuk melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui perbedaan karakteristik kimia tanah pada lahan kelapa sawit dan areal NKT dengan dasar pemikiran bahwa kedua lahan tersebut akan memiliki karakteristik kimia tanah yang berbeda walaupun dalam cakupan wilayah yang sama atau berdekatan.

## 2. Bahan dan Metode

Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan September sampai dengan November 2021. Tempat pelaksanaan penelitian di lahan PT. Kharisma Inti Usaha Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan. Analisa tanah dilakukan di Laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan dengan menggunakan metode survei. Pengambilan sampel di lapangan dilakukan secara purposive sampling. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm pada lahan kelapa sawit dan areal NKT (NKT 2) dimana masing-masing lahan diambil sebanyak 10 titik sampling, sehingga keseluruhan titik sampel berjumlah 40 titik sampling. Sampel tanah tersebut kemudian dianalisis di Laboratorium Fisika-Kimia Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. Sifat-sifat kimia tanah yang diteliti meliputi pH, C-organik, Al-dd dan P-tersedia.

Data hasil pengamatan di laboratorium kemudian diinput ke program aplikasi komputer Microsoft Excel untuk selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan uji-F untuk menguji kehomogenan data dan uji-t untuk menguji perbedaan dua kelompok data berdasarkan nilai rata-rata. Terdapat dua uji-t yang digunakan yang ditinjau dari kehomogenan data, yaitu uji-t : *two sample assuming equal variance*, dan uji-t : *two sample assuming unequal variance*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilaksanakan terdapat perbedaan nilai rata-rata beberapa sifat kimia pada lahan kelapa sawit dan areal NKT yang selengkapnya tersaji pada Tabel 1. Reaksi tanah merupakan salah satu parameter yang dipengaruhi oleh sifat elektrokimia koloid-koloid tanah. Reaksi tanah menunjukkan kemasaman dan alkalinitas tanah, yang nilainya ditentukan oleh jumlah ion  $\text{H}^+$  di dalam larutan tanah. Apabila konsentrasi ion  $\text{H}^+$  bertambah maka kemasaman tanah meningkat, begitupun sebaliknya apabila konsentrasi ion  $\text{H}^+$  berkurang maka kemasaman tanah menurun. Kemasaman tanah atau pH dapat mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman, kemasaman tanah yang tinggi dapat mengakibatkan rendahnya ketersediaan hara dan dapat mempengaruhi laju proses perombakan bahan organik (Rahmah et al., 2014).

Kemasaman tanah (pH) yang tinggi dapat berimbas pada meningkatnya kelarutan ion  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  di dalam tanah yang bersifat toksik bagi tanaman. Selain itu, nilai pH yang tinggi juga akan mengakibatkan unsur

hara P menjadi tidak tersedia karena mengalami proses pengikatan oleh Al atau Fe dalam bentuk Al-P atau Fe-P, sehingga menyebabkan terjadinya kekurangan unsur hara serta menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Selain itu, unsur hara dapat hilang melalui proses *drainase* yang dapat mengakibatkan tanah menjadi masam dan miskin hara (Hasibuan, 2008).

Berdasarkan hasil analisis nilai pH pada lahan kelapa sawit dan areal NKT di dua kedalaman, terdapat perbedaan nilai rata-rata pH antara lahan kelapa sawit (3,80) dengan areal NKT (4,08) pada kedalaman 0-30 cm dan perbedaan nilai rata-rata pH pada lahan kelapa sawit (3,75) dan areal NKT (3,93) pada kedalaman 30-60 cm. Kemasaman tanah (pH) di lokasi penelitian termasuk dalam kategori sangat masam. Nilai pH tanah yang lebih rendah pada lahan kelapa sawit dibandingkan dengan areal NKT diduga karena adanya praktek pengolahan lahan seperti drainase yang bertujuan untuk membuat aerasi zona perakaran yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit agar optimal. Proses drainase dan pengolahan lahan ini dapat menimbulkan permasalahan seperti terjadinya oksidasi pirit. Proses oksidasi senyawa pirit dapat menghasilkan asam sulfat. Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) berdisosiasi menghasilkan ion  $H^+$  yang menyebabkan kemasaman tanah meningkat. Pada lahan yang mengandung pirit, bila tanah tergenang keadaan piritnya stabil dan tidak membahayakan, namun bila tanahnya kering akan menyebabkan ketidakseimbangan pirit yang mengakibatkan pH tanah menjadi masam serta dapat bersifat racun bagi tanaman (Yudianto et al., 2016).

Tabel 1. Perbedaan nilai rata-rata beberapa sifat kimia tanah pada lahan kelapa sawit dan areal NKT pada kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm di PT. Kharisma Inti Usaha, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan

Jenis Lahan	pH	C-organik (%)	Al-dd (me/100 g)	P-tersedia (ppm)
Lahan Kelapa Sawit 0-30 cm	3,80	3,74	1,64	0,42
Areal NKT 0-30 cm	4,08	3,95	1,38	0,52
Lahan Kelapa Sawit 30-60 cm	3,75	3,65	1,83	0,37
Areal NKT 30-60 cm	3,93	3,86	1,50	0,45

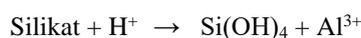
Berdasarkan hasil analisis kandungan C-organik pada lahan kelapa sawit dan areal NKT di dua kedalaman, terdapat perbedaan nilai rata-rata C-organik antara lahan kelapa sawit (3,74 %) dengan areal NKT (3,95 %) pada kedalaman 0-30 cm dan perbedaan nilai rata-rata C-organik lahan kelapa sawit (3,66 %) dan areal NKT (3,86 %) pada kedalaman 30-60 cm. Kadar C-organik di lokasi penelitian termasuk dalam kategori tinggi, hal ini diduga akibat ada proses pelapukan serasah sisa tanaman, sehingga dapat menjadikan kadar bahan organik dalam tanah menjadi lebih tinggi. Sisa-sisa tanaman seperti akar, batang, dan daun tanaman dapat menjadi bahan untuk proses perombakan oleh mikroorganisme. Kadar C-organik pada lahan kelapa sawit lebih rendah dari areal NKT, baik di kedalaman 0-30 cm maupun di kedalaman 30-60 cm. Penurunan kadar C-organik disebabkan oleh rendahnya *supply* bahan organik dari vegetasi yang tumbuh di atasnya. *Supply* tersebut hanya terakumulasi di lapisan tanah atas. Sehingga semakin jauh dari permukaan, kadar C-organiknya semakin rendah atau menurun (Nurhasni dan Isrun, 2021).

Bahan organik yang telah ada di tanah maupun ditambahkan ke tanah tentunya akan mengalami proses dekomposisi atau perombakan. Setiap tahapan dari proses dekomposisi akan memberikan pengaruh spesifik terhadap tanah, walaupun demikian dalam suatu proses dekomposisi bahan organik dapat dinyatakan bahwa selain unsur hara, produk akhir lainnya antara lain  $CO_2$  dan  $CH_4$ . Selain faktor internal bahan organik, faktor eksternal atau lingkungan, seperti pH tanah, mikroorganisme, suhu, ketersediaan unsur hara maupun unsur lainnya yang terlibat dalam proses dekomposisi dapat mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik (Hanafiah, 2008).

Berdasarkan hasil analisis kandungan Al-dd pada lahan kelapa sawit dan areal NKT di dua kedalaman, terdapat perbedaan nilai rata-rata Al-dd antara lahan kelapa sawit (1,64 me/100g) dengan areal NKT (1,38 me/100g) pada kedalaman 0-30 cm dan perbedaan nilai rata-rata Al-dd lahan kelapa sawit (1,83 me/100g) dan areal NKT (1,50 me/100g) pada kedalaman 30-60 cm. Kadar Al-dd di lokasi penelitian masuk dalam kategori sangat rendah. Kadar Al-dd yang lebih tinggi pada lahan kelapa sawit daripada areal NKT, berbanding terbalik dengan nilai pH pada lahan tersebut, dimana dalam hal ini pH pada lahan kelapa sawit lebih rendah dari areal NKT baik pada kedalaman 0-30 cm maupun pada kedalaman 30-60 cm. Kadar Al-dd yang tinggi menunjukkan tingkat kemasaman suatu jenis tanah. Semakin tinggi kadar Al-dd maka semakin tinggi tingkat kemasaman tanah tersebut (pH rendah).

Menurut Sutandi et al. (2011) penurunan nilai pH tanah dan peningkatan Al-dd diakibatkan oleh adanya proses *drainase*. Proses *drainase* dapat mengakibatkan senyawa pirit menjadi teroksidasi. Apabila senyawa pirit teroksidasi, hal ini dapat menyebabkan peningkatan kelarutan ion  $H^+$ ,  $Fe^{3+}$ , dan  $Al^{3+}$  serta meningkatkan kadar asam sulfat di dalam tanah, sehingga dapat meningkatkan kemasaman tanah. Tingkat kemasaman yang tinggi dapat mengakibatkan terbongkarnya kisi mineral liat dan melepaskan ion  $Al^{3+}$  pada larutan tanah (Saad et al., 2008). Proses penghancuran kisi mineral liat oleh ion  $H^+$  yang akan melepaskan ion  $Al^{3+}$  menurut Lestari et al. (2016)

adalah sebagai berikut:



Dari persamaan tersebut terlihat bahwa interaksi antara silikat dan ion  $\text{H}^+$  akan menghasilkan asam monosilikat dan  $\text{Al}^{3+}$ . Serta secara teoritis terdapat hubungan yang lurus antara pelepasan ion  $\text{Al}^{3+}$  dengan kadar ion  $\text{H}^+$  terlarut. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketika kadar ion  $\text{H}^+$  semakin tinggi di dalam tanah yang mana ini merupakan hasil dari proses oksidasi senyawa pirit, maka kadar ion  $\text{Al}^{3+}$  yang dilepaskan juga akan semakin banyak.

Menurut Yuliana (2012) lamanya waktu oksidasi senyawa pirit akan berpengaruh terhadap perubahan sifat kimia tanah. Lama oksidasi dalam kurun waktu dua bulan dapat mengakibatkan terjadinya perubahan pada sifat kimia tanah. Semakin dalam muka air tanah dari lapisan pirit dan semakin lama proses pengeringan pada tanah, maka semakin terlihat jelas terjadinya perubahan sifat kimia tanah, diantaranya yaitu terjadinya peningkatan kemasaman tanah, kadar ion  $\text{Al}^{3+}$  dan besi ferri pada tanah (Yuliana, 2010).

Jika dibandingkan dengan nilai pH tanah, terlihat bahwa kadar Al-dd cenderung menurun seiring dengan nilai pH tanah yang meningkat. Menurut laporan Lestari et al. (2016) kadar ion  $\text{Al}^{3+}$  terlarut berhubungan secara langsung dengan nilai pH, apabila terjadi peningkatan nilai pH maka aluminium akan mengendap sebagai hidroksida yang sukar larut di dalam tanah, sehingga menyebabkan kelarutan Al menjadi berkurang.

Ditinjau dari kadar C-organik tanah, terlihat bahwa kadar Al-dd berbanding terbalik dengan kadar C-organik tanah, dimana kadar Al-dd lebih tinggi pada lahan kelapa sawit dibandingkan dengan areal NKT baik pada kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm. Hal ini diduga karena kadar bahan organik yang lebih tinggi akan mempengaruhi kadar asam-asam organik sederhana di dalam tanah. Menurut laporan Wahyudi (2007) asam-asam organik sederhana dapat bereaksi dengan Al membentuk suatu ikatan sukar larut, berupa ikatan khelat sehingga hal ini dapat menyebabkan penurunan aktifitas ion aluminium yang hasil akhirnya akan mengurangi kelarutan aluminium di dalam tanah. Asam-asam organik seperti asam humat dan asam fulvat dapat berperan dalam proses pengikatan hidroksida-oksida Al pada tanah masam (Stevenson, 1994).

Berdasarkan hasil analisis kandungan P-tersedia pada lahan kelapa sawit dan areal NKT di dua kedalaman, terdapat perbedaan nilai rata-rata P-tersedia antara lahan kelapa sawit (0,42 ppm) dengan areal NKT (0,52 ppm) pada kedalaman 0-30 cm dan perbedaan nilai rata-rata P-tersedia lahan kelapa sawit (0,37 ppm) dan areal NKT (0,45 ppm) pada kedalaman 30-60 cm. Kadar P-tersedia di lokasi penelitian masuk dalam kategori sangat rendah, hal ini diduga dipengaruhi oleh pH tanah yang masam. Kadar P-tersedia berbanding lurus dengan nilai pH pada lahan kelapa sawit dan areal NKT baik pada kedalaman 0-30 cm maupun kedalaman 30-60 cm. Semakin rendah nilai pH maka kadar P-tersedia di lokasi penelitian semakin rendah pula. Menurut Rahmah et al. (2014) faktor yang dapat menghambat ketersediaan P di dalam tanah adalah kegiatan organisme yang kurang maksimal karena disebabkan pH tanah yang relatif masam sehingga mengganggu proses dekomposisi. Selain itu, rendahnya kadar P di dalam tanah juga dapat disebabkan oleh proses fiksasi oleh Al dan Fe sehingga unsur P menjadi tidak tersedia untuk tanaman.

Kadar P-tersedia berbanding terbalik dengan kadar Al-dd pada lokasi penelitian. Kadar P-tersedia lebih rendah pada lahan kelapa sawit dibandingkan dengan areal NKT baik pada kedalaman 0-30 cm maupun kedalaman 30-60 cm. Adanya proses *drainase* pada lahan kelapa sawit diduga memiliki pengaruh tidak langsung terhadap ketersediaan P di dalam larutan tanah. Menurut laporan Nazemi dan Hairani (2012) proses *drainase* dapat menyebabkan terjadinya peningkatan kadar aluminium di dalam tanah. Semakin tinggi kadar aluminium di dalam tanah maka besar kemungkinan semakin tinggi pula proses pengikatan P oleh Al yang hal ini dapat menyebabkan ketersediaan P di dalam tanah menjadi berkurang. Salah satu bentuk ikatan antara P dan Al ialah aluminium fosfat ( $\text{AlPO}_4$ ) yang tidak larut dalam tanah.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan terdapat perbedaan kesuburan tanah yaitu kemasaman tanah (pH), karbon (C-Organik), fosfor (P-tersedia) dan aluminium (Al-dd) pada lahan kelapa sawit dan areal NKT di PT. Kharisma Inti Usaha Kabupaten Tapin. Karakteristik kemasaman tanah (pH), karbon (C-Organik), fosfor (P-tersedia) dan aluminium (Al-dd) pada lahan kelapa sawit lebih rendah dari areal NKT di PT. Kharisma Inti Usaha Kabupaten Tapin.

## Daftar Pustaka

- Baihaki, A., Zuraida, Z., Ilyas, I. 2019. Perbandingan sifat kimia pada tanah hutan dan kebun kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq) di Kecamatan Beutong Kabupaten Nagan Raya. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian 4(2), 434-445.
- Hanafiah, K.A. 2008. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Hasibuan, B.E. 2008. Pengelolaan Tanah dan Air Lahan Marginal. Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Herviyanti, H., Anche, C., Gusnidar, G., Darfis, I. 2012. Perbaikan sifat kimia oxisol dengan pemberian bahan humat dan pupuk P untuk meningkatkan serapan hara dan produksi tanaman jagung (*Zea mays, L.*). Jurnal Solum 9(2), 51-60.
- Lestari, Y., Ma'as, A., Flora, J. 2016. Pengaruh aerasi tanah sulfat masam potensial terhadap pelepasan  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ , dan  $\text{Al}^{3+}$ . Jurnal Tanah dan Iklim 40(1), 25-34
- Nahlunnisa, H. 2016. Keanekaragaman spesies tumbuhan di areal nilai konservasi tinggi (NKT) perkebunan kelapa sawit Provinsi Riau. Media Konservasi 21(1), 91-98.
- Nazemi, D., Hairani, A. 2012. Optimalisasi pemanfaatan lahan rawa pasang surut melalui pengelolaan lahan dan komoditas. Agrovisor: Jurnal Agroekoteknologi 5(1), 52-57.
- Nurhasni, N., Isrun, I. 2021. Analisis sifat kimia tanah pada beberapa penggunaan lahan di Desa Sejahtera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian 9(3), 778-785.
- Purba J.H.V., Sipayung, T. 2017. Perkebunan kelapa sawit Indonesia dalam perspektif pembangunan berkelanjutan. Masyarakat Indonesia 43 (1): 81-94.
- Putri, O.H. 2018. Sifat Kimia Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest. Universitas Brawijaya, Malang.
- Rahmah, S., Yusran, Y., Umar, H. 2014. Sifat kimia tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di Desa Bobo Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. Jurnal Warta Rimba, 2(1), 88-95.
- Saad, Asmadi, Achnopa, Y., Muhammad, H.I. 2008. Penerapan teknologi perbaikan lahan sulfat masam pada lahan sawah seluas 100 hektar di desa Pematang Mayan dan Rantau Makmur Kabupaten Tanjung Jabung Timur Jambi. Jurnal Pengabdian pada Masyarakat 46, 46-54.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Sutandi, A., Nugroho, B., Sejati, B. 2011. Hubungan kedalaman pirit dengan beberapa sifat kimia tanah dan produksi kelapa sawit (*Elais guineensis*). Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan 13(1), 21-24.
- Wahyudi, I. 2007. Peran asam humat dan fulvat dari kompos dalam detoksifikasi aluminium pada tanah masam. Buana Sains 7(2), 123-130.
- Yudianto, E.F. 2016. Penanganan Kebutuhan Air dan Keracunan Pirit di Daerah Irigasi Rawa Kecamatan Jejangkit Kabupaten Barito Kuala dengan Mempergunakan Model Duflow. Universitas Brawijaya, Malang.
- Yuliana, E.D. 2010. Inovasi teknologi kedalaman muka air tanah dan lama pengeringan terhadap sifat kimia tanah sulfat masam. Jurnal Widya Wreta 1, 15-24.
- Yuliana, E.D. 2012. Jenis mineral liat dan perubahan sifat kimia tanah akibat proses reduksi dan oksidasi pada lingkungan tanah sulfat masam. Jurnal Bumi Lestari 12(2), 327-337.