



Tingkat Keeratan Hubungan pH Tanah dan Akar Edamame pada Media Tanah Gambut yang Diaplikasi Kompos Berbahan Ampas Kopi, Jerami Padi, dan Limbah Baglog Jamur Tiram

The Relationship between Soil pH and Edamame Roots in Peat Soil Media Applied with Compost Made from Coffee Grounds, Rice Straw, and Oyster Mushroom Baglog Waste

Author(s): Riza Adrianoor Saputra^{(1)*}; Bahjatussaniah⁽¹⁾; Muhammad Aldy Zidani⁽¹⁾; Lia Rahcmawati⁽¹⁾; Muhammad Raihan Aulia Rahman⁽¹⁾

⁽¹⁾ Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat

*Corresponding author: ras@ulm.ac.id

Submitted: 16 Jul 2023

Accepted: 22 Aug 2023

Published: 30 Sep 2023

ABSTRAK

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian khususnya budidaya edamame seringkali mengalami kendala terkait dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah dan biofisik lahan yang rapuh. Alternatif teknologi pengelolaan lahan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan gambut adalah ameliorasi. Bahan amelioran dapat menggunakan kompos dari limbah pertanian antara lain ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis kompos ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram terbaik dalam meningkatkan pH tanah gambut dan pertumbuhan akar edamame, serta mengetahui tingkat keeratan hubungan antar peubah. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial tersarang, faktor dosis kompos tersarang pada jenis kompos. Faktor jenis kompos (A) terdiri atas tiga perlakuan: a1 = kompos ampas kopi, a2 = kompos jerami padi, a3 = kompos limbah baglog jamur tiram, sedangkan faktor dosis kompos (B) terdiri atas lima perlakuan: b0 = 0 t ha⁻¹ (kontrol), b1 = 5 t ha⁻¹, b2 = 10 t ha⁻¹, b3 = 15 t ha⁻¹, b4 = 20 t ha⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis 10 t ha⁻¹ kompos ampas kopi, 20 t ha⁻¹ kompos jerami padi, dan 15 t ha⁻¹ kompos limbah baglog jamur tiram mampu meningkatkan pH tanah gambut. Dosis 20 t ha⁻¹ kompos ampas kopi dan 10 t ha⁻¹ kompos jerami padi mampu meningkatkan panjang akar edamame. Dosis 15 t ha⁻¹ kompos ampas kopi, 5 t ha⁻¹ kompos jerami padi, dan 5 t ha⁻¹ kompos limbah baglog jamur tiram mampu meningkatkan jumlah bintil akar edamame. Tingkat keeratan hubungan antara pH tanah dengan panjang akar edamame ($r = 0,3987$) dengan korelasi cukup, pH tanah gambut dengan jumlah bintil akar edamame ($r = 0,2394$) dengan korelasi lemah, dan panjang akar edamame dengan jumlah bintil akar edamame ($r = 0,6072$) dengan korelasi kuat.

Kata Kunci:

Amelioran;
Kemasaman Tanah;
Limbah Pertanian

ABSTRACT

Keywords:

Ameliorant;
Soil Acidity;
Agricultural Waste

The use of peatlands for agriculture, especially edamame cultivation, often experiences obstacles related to low soil fertility and fragile land biophysics. An alternative land management technology that can be used to increase peatland productivity is amelioration. Ameliorants can be used in composting agricultural waste, such as coffee grounds, rice straw, and spent mushroom substrate. This research aims to determine the optimum dosage of agricultural waste to increase peat soil pH and edamame root growth and determine the level of the close relationship between variables. This study used a completely randomized, nested factorial design; the compost dosage factor was nested in the type of compost. The compost type factor (A) consists of three treatments: a1 = coffee grounds compost, a2 = rice straw compost, and a3 = oyster mushroom baglog waste compost, while the compost dose factor (B) consists of five treatments: b0 = 0 t ha⁻¹ (control), b1 = 5 t ha⁻¹, b2 = 10 t ha⁻¹, b3 = 15 t ha⁻¹, and b4 = 20 t ha⁻¹. The results showed that a dose of 10 t ha⁻¹ of coffee grounds compost, 20 t ha⁻¹ of rice straw compost, and 15 t ha⁻¹ of oyster mushroom baglog waste compost increased the pH of peat soil. A dose of 20 t ha⁻¹ of coffee grounds compost and 10 t ha⁻¹ of rice straw compost increased the length of edamame roots. A dose of 15 t ha⁻¹ of coffee grounds compost, 5 t ha⁻¹ of rice straw compost, and 5 t ha⁻¹ of oyster mushroom baglog waste compost increased the number of edamame root nodules. The degree of closeness of the relationship between soil pH and edamame root length ($r = 0.3987$) with a moderate correlation, peat soil pH with the number of edamame root nodules ($r = 0.2394$) with a weak correlation, and edamame root length with the number of edamame root nodules ($r = 0.6072$) with a strong correlation.



PENDAHULUAN

Lahan gambut di Indonesia memiliki luas area sekitar 13,43 juta ha yang tersebar di empat pulau yaitu di Sumatera 5,85 juta ha, Kalimantan 4,54 juta ha, Papua 3,01 juta ha, dan Sulawesi 0,024 juta ha (Anda et al., 2021). Berdasarkan hasil analisis potensi lahan yang dilakukan Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian (2014), dari sekitar 14,99 juta ha lahan gambut memiliki potensi seluas 3,17 juta ha untuk tanaman pangan dan sekitar 1,84 juta ha dapat dimanfaatkan untuk tanaman tahunan (kelapa, kelapa sawit, dan karet). Lahan gambut yang dapat digunakan untuk pertanian dan perkebunan hanya di bagian yang subur dengan ketebalan ≤ 50 cm sampai 100 cm (Noor et al., 2023).

Pemanfaatan lahan gambut dalam pengembangan pertanian menghadapi beberapa kendala. Salah satu kendalanya yaitu kemasaman tanah yang tinggi. (Hartatik et al., 2011) menyebutkan bahwa kemasaman gambut bersumber dari hidrolisis asam-asam organik dan akibat drainase yang jelek. Selain itu, Noor et al. (2014) menambahkan pH tanah gambut di Indonesia dikategorikan masam sampai sangat masam berkisar antara 3,0-5,0. Rendahnya pH tanah gambut berkaitan erat dengan kandungan asam-asam organik yang tinggi pada lahan gambut, yaitu asam humat dan asam fulvat. Semakin tinggi kandungan asam-asam organik, maka semakin tinggi pula kemasaman tanah gambut (Permatasari et al., 2021).

Noor et al. (2023) menyatakan meskipun tanah gambut memiliki kemasaman tanah yang tergolong tinggi (3,0-5,0), namun beberapa hasil penelitian membuktikan bahwa secara biofisik lahan gambut dapat digunakan untuk lahan pertanian. Bahkan jika dikelola untuk pertanian akan memberikan manfaat yang lebih baik dibandingkan dengan dibiarkan terlantar, dan tentu saja pemanfaatannya perlu memperhatikan kaidah-kaidah kelestarian lingkungan (Mamat, 2017).

Salah satu solusi yang dapat ditawarkan untuk memperbaiki kondisi kesuburan tanah gambut adalah ameliorasi lahan menggunakan pupuk kandang, biochar, dolomit, zeolit, dan abu vulkanik (Saputra & Sari, 2021). Selain itu, penggunaan pupuk organik berupa kompos yang berasal dari limbah-limbah pertanian diyakini juga dapat memperbaiki kesuburan tanah (Jumar et al., 2021). Ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram merupakan sumber pupuk organik dari limbah-limbah pertanian yang berpotensi untuk memperbaiki kesuburan tanah gambut khususnya pH tanah.

Saat ini, kopi seperti menjadi minuman wajib bagi masyarakat khususnya di Banjarbaru, Kalsel. Kedai/warung kopi di Banjarbaru sudah mencapai angka lebih dari 100 kedai, dan perkembangan kedai ini tentunya tidak lepas dari munculnya limbah yang dihasilkan dari usaha tersebut. Limbah ampas kopi yang dapat dihasilkan satu kedai seharusnya bisa mencapai 2 kg - 5 kg, dan kebanyakan limbah ampas kopi tersebut terbuang begitu saja (Sefanya et al., 2022). Hasil penelitian Siahaan & Suntari (2019) membuktikan bahwa aplikasi kompos ampas kopi dapat meningkatkan pH, kandungan C-organik, N-total, P-tersedia, K-dd, Na-dd, dan KTK tanah Andisol.

Selain ampas kopi, limbah pertanian lainnya yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan yaitu jerami padi. Budidaya padi menghasilkan produk samping atau limbah berupa jerami padi. Semakin tinggi produksi padi yang dihasilkan, maka limbah samping yang dihasilkan dalam budidaya padi akan semakin banyak (Saputra et al., 2019). Seperti yang dilaporkan oleh Mandal et al. (2004), jerami padi yang dihasilkan dalam budidaya padi mencapai 7-10 t ha⁻¹. Jerami padi tersebut apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak buruk

terhadap lingkungan, sehingga solusi yang paling tepat dalam mengelola jerami padi adalah dengan pengomposan. Hasil penelitian Charlos et al. (2021) membuktikan bahwa aplikasi kompos jerami padi dapat meningkatkan pH tanah, N-total, dan K-tersedia tanah.

Meningkatnya produksi jamur tiram mengakibatkan semakin banyak pula limbah baglog jamur tiram yang dihasilkan. Badan Pusat Statistik (2019) melapokan produksi jamur tiram di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 31.051,571 t dan mengalami peningkatan menjadi 33.163,188 t pada tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2020). Selama siklus panen usaha budidaya jamur tiram dapat menghasilkan sebanyak 6 t limbah baglog jamur tiram (Jumar et al., 2021). Tentu hal ini akan menjadi permasalahan baru jika limbah baglog jamur tiram dibiarkan menumpuk begitu saja. Gundukan limbah baglog jamur tiram/*spent mushroom substrate* (SMS) merupakan salah satu sumber kontaminan yang menyebabkan kegagalan budidaya jamur tiram berikutnya. Kontaminan tersebut menghasilkan milyaran spora, apabila spora tersebut terbawa angin atau pakaian dari anggota tubuh pekerja, maka akan menyebar ke seluruh penjuru ruang termasuk ke dalam ruang inokulasi jamur (Putri et al., 2022). Oleh karena itu, limbah ini perlu dikelola dengan cara dikomposkan. Hasil penelitian (Jumar et al., 2022) membuktikan bahwa aplikasi kompos limbah baglog jamur tiram mampu meningkatkan pH tanah sulfat masam pada berbagai stadia tumbuh tanaman padi.

Hasil-hasil penelitian di atas menjadi dasar dalam menentukan potensi kompos dari limbah-limbah pertanian tersebut dalam menyediakan unsur hara tanaman budidaya. Salah satu komoditas sayuran dengan prospek yang baik untuk dikembangkan adalah edamame. Kedelai edamame/ kedelai Jepang yang dijuluki sebagai *super food* karena memiliki

beragam manfaat untuk kesehatan, sumber nutrisi, kaya akan vitamin, dan mineral (Nur et al., 2018). Selain itu, kedelai edamame memiliki potensi produktivitas yang tinggi mencapai 10 t ha⁻¹. Data tersebut tentu jauh di atas produktivitas rata-rata kedelai jenis lain yang hanya berkisar antara 1,5 - 3 t ha⁻¹ (Santoso et al., 2022). Selain itu, waktu panen relatif singkat berkisar antara 65 sampai 68 hari, dan harga ekspor cukup tinggi yaitu USD 1,9 atau Rp 20.000 per kg dan Rp 25.000–Rp 45.000 per kg di Kota Banjarbaru. Saat ini budidaya edamame di Provinsi Kalimantan Selatan mulai berkembang, beberapa daerah termasuk Kabupaten Tabalong memiliki ± 6 ha, Banjar seluas ± 0,5 ha, Tanah Bumbu 1,75 ha, dan Kota Banjarbaru dengan luas 4,5 ha (Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan, 2020).

Kedelai edamame sama seperti kedelai lainnya, tergolong tanaman legume yang mampu bersimbiosis dengan bakteri penambat N dari udara yaitu *rhizobium* (Alfikri et al., 2018). *Rhizobium* hidup pada perakaran tanaman edamame dengan cara membentuk bintil akar. Penelitian yang dilakukan oleh Niste et al. (2013) memperoleh hasil bahwa *rhizobium* tumbuh baik dan berkembang pada pH 8,0 dibandingkan dengan pH 5,0; 6,0; dan 7,0. Data tersebut jelas menggambarkan bahwa pH tanah sangat berpengaruh terhadap keberadaan *rhizobium* hubungannya dengan ketersediaan unsur hara di dalam tanah dan pembentukan bintil akar oleh tanaman kedelai edamame. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan disamping memanfaatkan limbah pertanian juga dapat memperbaiki kesuburan tanah gambut sehingga meningkatkan pertumbuhan kedelai edamame. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dosis kompos ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram terbaik dalam meningkatkan pH tanah gambut dan pertumbuhan akar edamame, serta mengetahui tingkat keeratan hubungan

antara pH tanah gambut dan pertumbuhan akar edamame.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2022. Pembuatan kompos ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram dilaksanakan di Rumah Kompos Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Penanaman edamame dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, sedangkan pengamatan pH tanah dan akar edamame dilaksanakan di Laboratorium Produksi Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benih edamame Varietas Ryokkoh, ampas kopi, jerami padi, limbah baglog jamur tiram, kotoran sapi, kotoran ayam, kotoran guano, dedak padi, kapur pertanian, dekomposer Petro Gladiator, tetes tebu, air, tanah gambut, Turex WP, sedangkan alat yang digunakan yaitu polibag, bak pengomposan, ember, sekop, cangkul, neraca analitik, gembor, penggaris, pH meter elektroda, kertas label, termometer raksa, plastik zip, kamera, dan alat tulis.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial tersarang, dimana faktor dosis kompos tersarang pada jenis kompos (BIA). Faktor jenis kompos (A) terdiri atas 3 perlakuan: a1 = kompos ampas kopi, a2 = kompos jerami padi, a3 = kompos limbah baglog jamur tiram. Faktor dosis kompos (B) terdiri atas 5 perlakuan: b0 = 0 t ha⁻¹ (kontrol), b1 = 5 t ha⁻¹, b2 = 10 t ha⁻¹, b3 = 15 t ha⁻¹, b4 = 20 t ha⁻¹. Terdapat 15 kombinasi perlakuan dan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali sehingga diperoleh 75 satuan percobaan.

Pelaksanaan penelitian terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Pengomposan ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram menggunakan formula yang diadaptasi dari Jumar & Saputra (2021), masing-masing limbah (ampas kopi, jerami padi, baglog jamur tiram) diperlukan sebanyak 50 kg dimasukkan ke dalam bak pengomposan yang terbuat dari kayu dengan ukuran 1,2 cm×1,2 cm, diikuti dengan mencampurkan 2,5 kg kohe sapi, 2,5 kg kohe ayam, 2,5 kg guano, 0,75 kg dedak padi dan 3,75 kg kapur pertanian (dolomit), lalu mencampurkan 75 mL dekomposer Petro Gladiator menggunakan ember berukuran 10 L, tambahkan 75 mL tetes tebu (molase) lalu ditambahkan air sebanyak 9 L dan diaduk hingga merata. Setelah semua diaduk secara merata lalu disiramkan ke bahan yang akan dikomposkan. Selanjutnya, bagian atas bak pengomposan ditutup dengan karung sampai rapat dan dibiarkan selama 21 hari. Setelah pengukuran suhu dilakukan, selanjutnya dilakukan pembalikan kompos (pengadukan). Pengadukan dilakukan setiap dua hari sekali sedangkan pengukuran suhu dilakukan setiap hari.
2. Persiapan media tanam dimulai dengan mengambil tanah gambut diambil di wilayah Karang Anyar, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan (3.4270 S dan 14.7653 E). Pengambilan tanah gambut dilakukan dengan menggunakan cangkul, tanah diambil pada kedalaman 0-20 cm pada beberapa titik dalam satu hamparan lahan gambut. Tanah gambut yang diambil sebanyak 400 kg, selanjutnya dipisahkan dari kotoran dan sisa-sisa batang/ranting tanaman yang belum melapuk pada tanah gambut. Kemudian tanah ditimbang seberat 5

- kg dan dimasukkan ke dalam polibag percobaan.
3. Aplikasi kompos. Tanah gambut yang telah ditimbang dan dimasukkan ke dalam polibag, kemudian ditambahkan kompos berbahan ampas kopi, jerami padi, baglog jamur tiram (sebagai faktor pertama) dengan taraf dosis: 5 t ha⁻¹ (90 g polibag⁻¹), 10 t ha⁻¹ (180 g polibag⁻¹), 15 t ha⁻¹ (270 g polibag⁻¹), dan 20 t ha⁻¹ (360 g polibag⁻¹) (sebagai faktor kedua).
 4. Penanaman benih edamame. Benih edamame ditanam pada media tanah gambut di dalam polibag dengan cara membuat lubang sedalam ±2 cm, kemudian benih kedelai edamame dimasukkan ke dalam lubang dan ditutup tipis dengan tanah.
 5. Pemeliharaan. Pemeliharaan terdiri atas penyiangan, penyulaman, penyiraman dan pengendalian organisme pengganggu tanaman. Penyiangan dilakukan jika ada gulma yang terdapat pada polibag. Penyulaman dilakukan dengan mengganti bibit edamame yang mati. Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali, pada pagi dan sore hari. Jika turun hujan, maka penyiraman tidak dilakukan. Pengendalian organisme pengganggu tanaman berupa gulma pada media tanaman, dapat dilakukan penyiangan secara mekanik. Namun jika telah melewati ambang batas ekonomi, maka dikendalikan secara biologi dengan Turex WP.
 6. Pemanenan. Kedelai edamame mulai dapat dipanen pada usia 68 HST dengan ciri warna polong segar berwarna hijau. Pemanenan dilakukan dengan cara memetik langsung polong dari tanamannya.
 7. Pengamatan. Pengamatan dilakukan pada saat panen edamame untuk mendapatkan data pH tanah pada saat panen, panjang akar, dan jumlah bintil akar edamame.

Data yang diperoleh dilakukan analisis ragam terlebih dahulu dilakukan uji kehomogenan dengan Uji Kehomogenan Ragam Bartlett. Data homogen dilanjutkan dengan analisis ragam (*Analysis of Variance*) menggunakan software GenStat 12th Edition. Hasil analisis ragam yang menunjukkan pengaruh nyata ($P \leq 0,05$) terhadap variabel-variabel yang diamati, maka dilakukan analisis lanjut untuk mencari perlakuan terbaik menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada level 5%.

Hubungan peubah antara pengamatan dianalisis dengan menggunakan uji korelasi, sehingga didapatkan koefisien korelasi (r). Adapun rumus menghitung korelasi berdasarkan Habibullah *et al.* (2021) disajikan seperti di bawah ini: =

$$\frac{(n \times \sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{(n \times \sum X) - (\sum X)^2\} \times \{(n \times \sum Y) - (\sum Y)^2\}}}$$

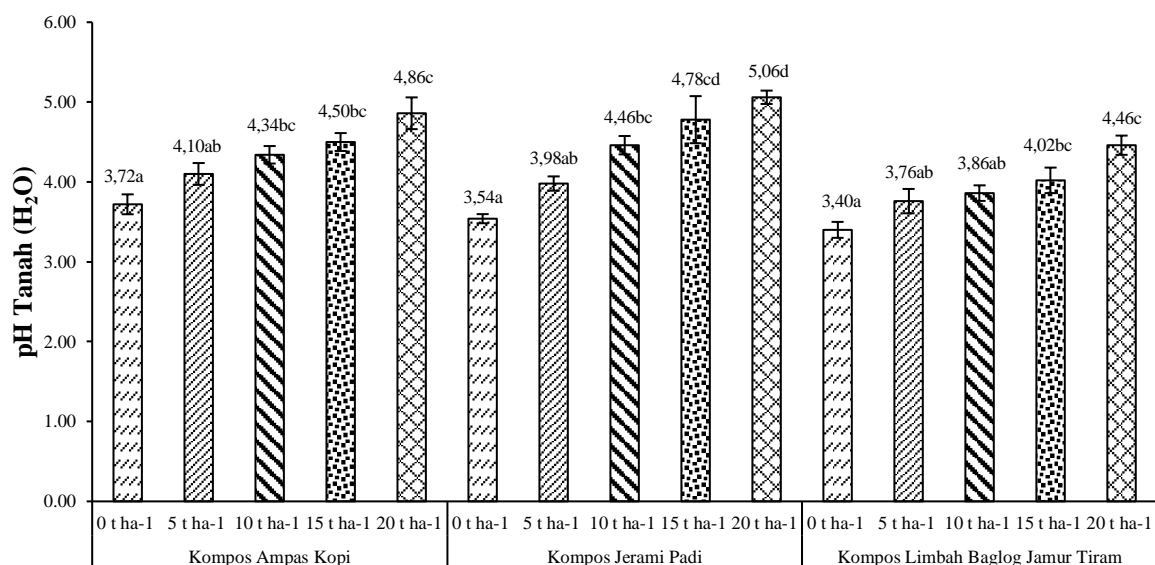
Keterangan:

n = jumlah pasangan data; X = peubah 1; Y = peubah 2

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis kompos pada semua jenis kompos limbah pertanian (ampas kopi, jerami padi, baglog jamur tiram) berpengaruh terhadap perubahan pH tanah gambut pada saat panen. Gambar 1 memperlihatkan bahwa perlakuan terbaik kompos ampas kopi dalam meningkatkan pH tanah gambut yaitu 10 t ha⁻¹ dengan persentase kenaikan pH sebesar 14,29% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha⁻¹). Perlakuan terbaik kompos jerami padi dalam meningkatkan pH tanah gambut yaitu 20 t ha⁻¹ dengan persentase peningkatan pH sebesar 20,63% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha⁻¹). Perlakuan terbaik kompos limbah baglog jamur tiram dalam meningkatkan pH tanah gambut yaitu 15 t ha⁻¹ dengan peningkatan pH sebesar 15,42% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha⁻¹).



Keterangan: Garis di atas diagram batang merupakan *standard error* (n=5). Huruf yang sama di atas garis menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang tidak berbeda berdasarkan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada level 5%.

Note: The line above the bar chart is the *standard error* (n=5). The same letter above the line indicates that the treatment has no different effect based on Tukey's Honestly Significant Difference test at the 5% level.

Gambar 1. Reaksi (pH) tanah gambut yang diaplikasi kompos berbahan ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram

Figure 1. Reaction (pH) of peat soil applied with compost made from coffee grounds, rice straw, and oyster mushroom baglog waste

Perbedaan dosis terbaik pada masing-masing jenis kompos limbah pertanian dalam meningkatkan pH tanah gambut dikarenakan adanya perbedaan pH kompos pada ketiga limbah pertanian tersebut. Jumar & Saputra (2021) melaporkan bahwa pH kompos limbah pertanian tertinggi sebesar 9,78 (kompos limbah baglog jamur tiram), 8,45 (kompos ampas kopi), dan 6,67 (kompos jerami padi). Saputra & Sari (2021) melaporkan bahwa tanah gambut yang diberikan bahan pembenah tanah yang memiliki pH tinggi/basa memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan pH tanah tersebut. Bahan pembenah tanah yang memiliki pH tinggi/basa mengandung Ca dan Mg yang dapat menggantikan posisi H⁺ pada permukaan koloid sehingga keasaman tanah menjadi netral (Jumar et al., 2022).

Kasongo et al., (2011) menambahkan bahwa tingginya dosis kompos limbah pertanian juga menjadi faktor penting

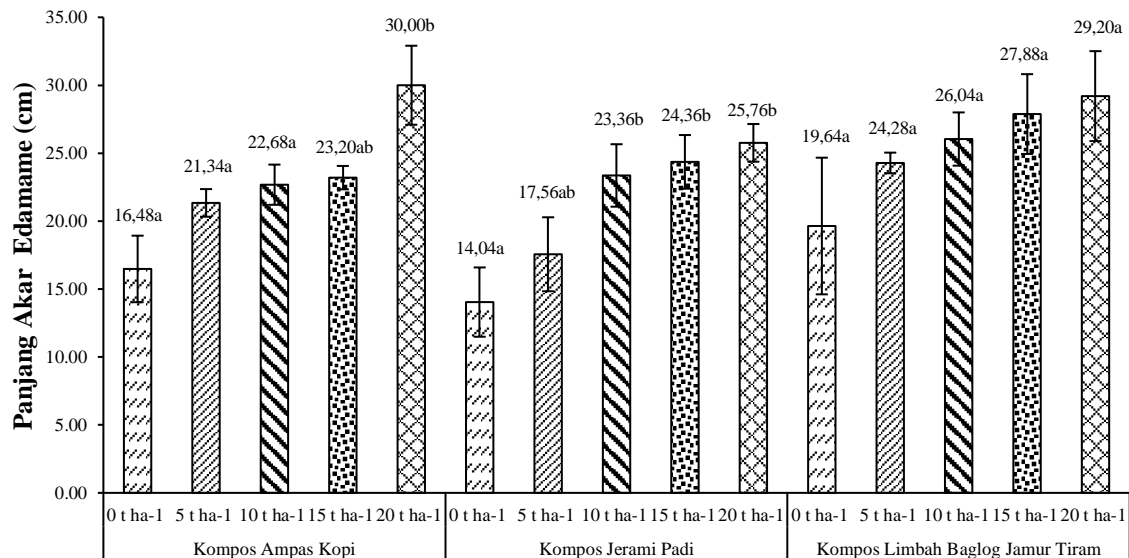
untuk meningkatkan pH tanah gambut, karena kompos mengandung anion organik yang berkontribusi meningkatkan pH tanah, sehingga semakin tinggi dosis kompos limbah pertanian, maka potensinya dalam meningkatkan pH tanah gambut akan semakin besar. Terlihat jelas pada Gambar 1, perlakuan kompos jerami padi 20 t ha⁻¹ (dosis tertinggi) mampu meningkatkan pH tanah gambut dari 3,54 (0 t ha⁻¹) menjadi 5,06 dengan persentase peningkatan sebesar 20,63%. Aplikasi amelioran jenis abu dengan pH tinggi ke dalam tanah terbukti dapat meningkatkan pH tanah masam menjadi netral (Saputra et al., 2022). Kenaikan nilai pH ini akan berdampak baik terhadap ketersediaan unsur hara (Maftu'ah et al., 2019).

Panjang Akar Edamame

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis kompos yang berpengaruh terhadap panjang akar edamame adalah

kompos ampas kopi dan kompos jerami padi, sedangkan kompos limbah baglog jamur tiram tidak menunjukkan adanya pengaruh. Gambar 2 memperlihatkan bahwa perlakuan terbaik kompos ampas kopi dalam meningkatkan panjang akar edamame yaitu 20 t ha⁻¹ dengan persentase penambahan panjang akar edamame

sebesar 48,07% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha⁻¹). Perlakuan terbaik kompos jerami padi dalam meningkatkan panjang akar edamame yaitu 10 t ha⁻¹ dengan persentase penambahan panjang akar edamame sebesar 39,90% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha⁻¹).



Keterangan: Garis di atas diagram batang merupakan *standard error* (n=5). Huruf yang sama di atas garis menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang tidak berbeda berdasarkan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada level 5%.

Note: The line above the bar chart is the *standard error* (n=5). The same letter above the line indicates that the treatment has no different effect based on Tukey's Honestly Significant Difference test at the 5% level.

Gambar 2. Panjang akar edamame yang diaplikasi kompos berbahan ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram

Figure 2. Length of edamame roots applied with compost made from coffee grounds, rice straw, and oyster mushroom baglog waste

Gambar 2 memperlihatkan bahwa kompos ampas kopi dan kompos jerami padi terbukti mampu meningkatkan panjang akar edamame. Hal ini kemungkinan dikarenakan kandungan N yang tinggi pada kompos ampas kopi dan kompos jerami, yaitu masing-masing sebesar 2,24% dan 1,35%, dimana nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan kandungan N pada kompos limbah baglog jamur tiram (1,10%) (Jumar & Saputra, 2021). Nitrogen merupakan komponen utama dari banyaknya senyawa penting yang diperlukan tanaman. Selain berperan sebagai unsur hara, nitrat atau amonium

(bentuk utama N yang dapat diambil oleh akar) juga berperan dalam fotosintesis, reaksi biokimia, dan sebagai sinyal pengatur berbagai proses fisiologis, termasuk perkembangan akar (Kant, 2018; Sun et al., 2017) dengan mengatur pembelahan dan ekspansi sel (Luo et al., 2020), serta akumulasi biomassa dan pembentukan hasil tanaman (Hawkesford et al., n.d.; Kant, 2018).

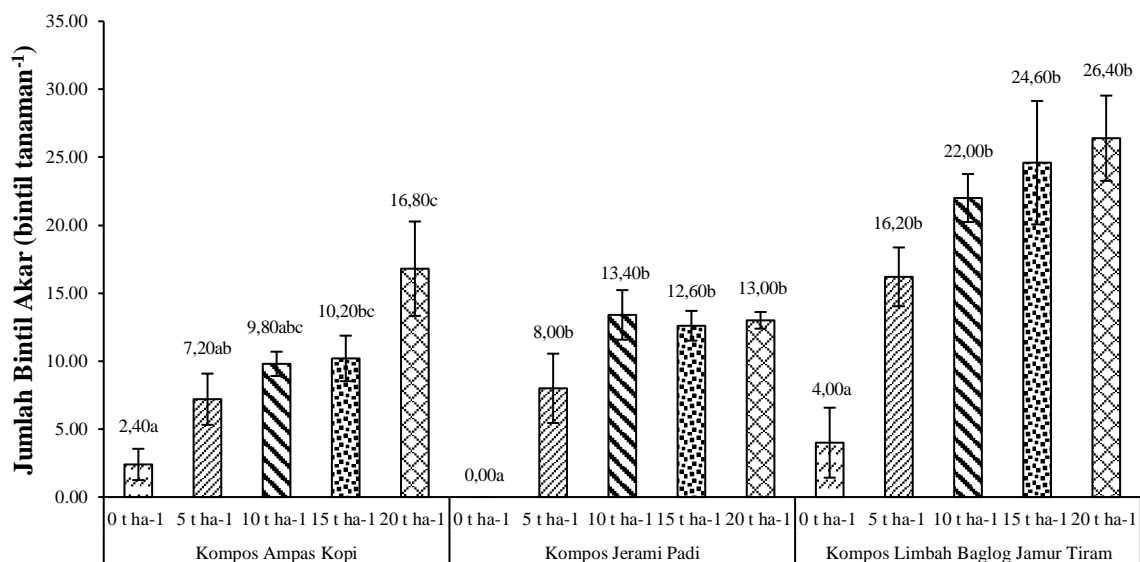
Ketidakmampuan kompos limbah baglog jamur tiram dalam meningkatkan panjang akar edamame diduga karena aplikasi 20 t ha⁻¹ kompos limbah baglog jamur tiram hanya dapat meningkatkan pH

tanah gambut sebesar 23,77% dari 3,40 (0 t ha^{-1}) menjadi 4,46 (Gambar 1). Data tersebut lebih rendah dibandingkan nilai pH pada perlakuan kompos ampas kopi dan kompos jerami padi pada dosis yang sama. Senada dengan hal di atas, Kochian et al. (2015) dan Vanguelova et al. (2007) menyatakan tanah yang memiliki kemasaman tinggi dapat mengubah sifat-sifat akar, mengganggu pertumbuhan akar, dan fungsi akar. Dengan demikian, akar menjadi lebih sensitif terhadap kemasaman tanah dibandingkan bagian tanaman lain yang berada di atas tanah.

Selain itu, Saputra & Jumar (2022) melaporkan bahwa kandungan unsur hara K pada tanah gambut penelitian ini dikriteriakan rendah. Kalium adalah unsur hara yang menentukan kualitas tanaman, fotosintesis, dan proses lainnya, serta dapat meningkatkan ketahanan stres tanaman (Chakraborty et al., 2016; Helmy & Ramadan, 2014). Oleh karena itu, defisiensi unsur makro ini akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman termasuk pertumbuhan akar.

Jumlah Bintil Akar Edamame

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis kompos pada semua jenis kompos limbah pertanian (ampas kopi, jerami padi, baglog jamur tiram) berpengaruh terhadap jumlah bintil akar edamame. Gambar 3 memperlihatkan bahwa perlakuan terbaik kompos ampas kopi dalam meningkatkan jumlah bintil akar edamame yaitu 15 t ha^{-1} dengan persentase penambahan jumlah bintil akar edamame sebesar 76,47% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha^{-1}). Perlakuan terbaik kompos jerami padi dalam meningkatkan jumlah bintil akar edamame yaitu 5 t ha^{-1} dengan persentase peningkatan jumlah bintil akar edamame sebesar 100% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha^{-1}). Perlakuan terbaik kompos limbah baglog jamur tiram dalam meningkatkan jumlah bintil akar edamame yaitu 5 t ha^{-1} dengan persentase peningkatan jumlah bintil akar edamame sebesar 75,30% dibandingkan perlakuan kontrol (0 t ha^{-1}).



Keterangan: Garis di atas diagram batang merupakan *standard error* ($n=5$). Huruf yang sama di atas garis menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang tidak berbeda berdasarkan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada level 5%.

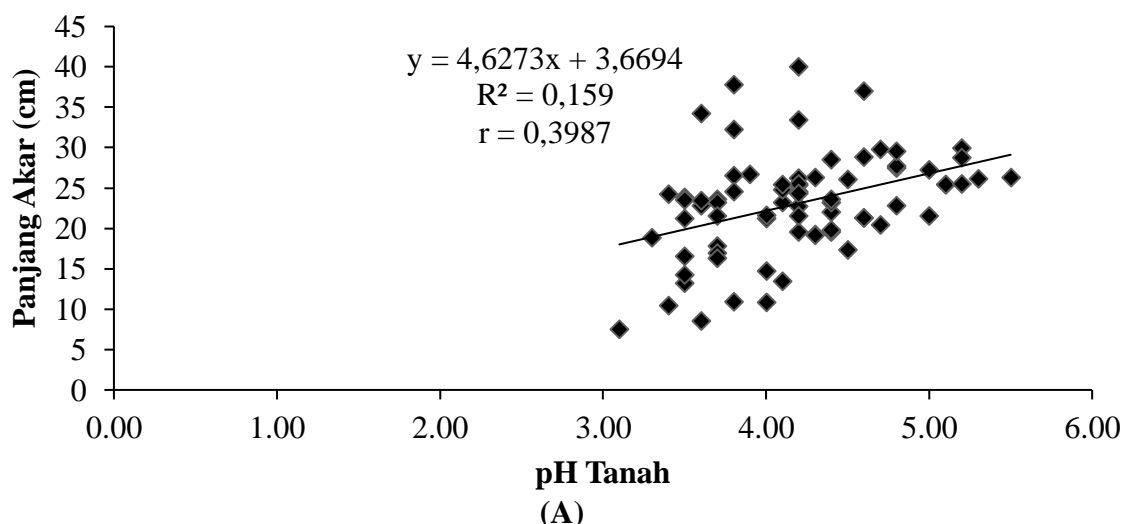
Gambar 3. Jumlah bintil akar edamame yang diaplikasi kompos berbahan ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram

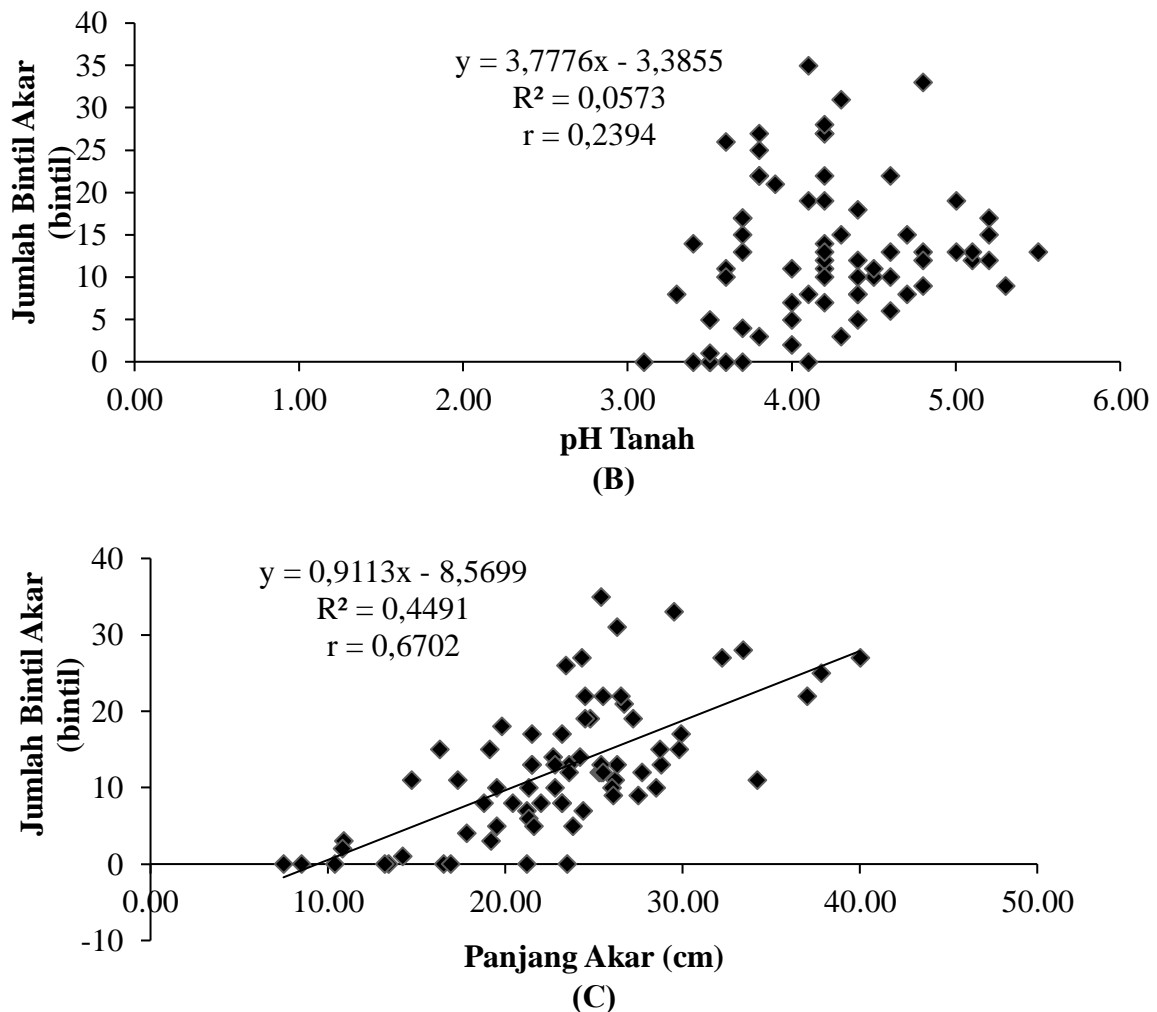
Figure 3. Number of edamame root nodules applied with compost made from coffee grounds, rice straw, and oyster mushroom baglog waste

Aplikasi kompos ampas kopi, kompos jerami padi, dan kompos limbah baglog jamur tiram mampu meningkatkan jumlah bintil akar. Proses pembentukan bintil akar pada tanaman edamame berhubungan dengan aktivitas bakteri *rhizobium* (Martinez-Romero et al., 2022). *Rhizobium* merupakan kelompok bakteri yang bersimbiosis dengan tanaman leguminosa dan mampu menambat N₂ yang melimpah di udara, hasilambatannya dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman (Mulyadi, 2012). Kompos limbah pertanian (ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram) yang diaplikasikan ke tanah gambut diduga dapat menciptakan kondisi yang optimum/*favorable* bagi kehidupan bakteri *rhizobium*. Diperkuat oleh Siregar & Nuraini (2020), bahwa aplikasi kompos paitan dan kotoran sapi berkorelasi terhadap peningkatan pH tanah, C-organik, N, dan K, sehingga berpengaruh terhadap peningkatan jumlah bintil akar kedelai Varietas Dega 1.

Dosis terbaik kompos limbah pertanian dalam meningkatkan jumlah

bintil akar terdapat pada perlakuan 5 t ha⁻¹ kompos jerami padi, 15 t ha⁻¹ kompos ampas kopi, dan 5 t ha⁻¹ kompos limbah baglog jamur tiram, dimana persentase peningkatan jumlah bintil akar tertinggi terdapat pada perlakuan 5 t ha⁻¹ kompos jerami padi (100% dibandingkan kontrol). Hal ini diduga karena kompos jerami padi memiliki kandungan N yang lebih rendah dibandingkan kompos limbah pertanian lainnya (Saputra & Jumar, 2022) sehingga memicu pembentukan bintil akar yang lebih banyak pada perlakuan tersebut. Hal ini Diperkuat dengan penelitian Meitasari & Wicaksono (2017) yang menyatakan atau bahwa penambahan nitrogen tidak berpengaruh terhadap pembentukan bintil akar, justru akan menghambat terbentuknya bintil akar dan aktivitas biologi menjadi tidak efektif. Begitu pula dengan hasil penelitian Marjanah & Fitriyani (2017), semakin banyak dosis kompos yang diberikan, maka jumlah *rhizobium* yang terdapat pada akar tanaman semakin sedikit dan sebaliknya.





Gambar 4. Hubungan antara (A) pH tanah gambut dan panjang akar edamame; (B) pH tanah gambut dan jumlah bintil akar edamame; dan (C) panjang akar edamame dan jumlah bintil akar edamame

Figure 4. Relationship between (A) peat soil pH and edamame root length; (B) Peat soil pH and number of edamame root nodules; and (C) edamame root length and number of edamame root nodules

Hubungan Antar Peubah Pengamatan

Gambar 4 (A) menunjukkan hubungan antara peubah pH tanah gambut dan panjang akar edamame dengan nilai koefisien $r = 0,3987$ (korelasi cukup), Gambar 4 (B) menunjukkan hubungan antara peubah pH tanah gambut dan jumlah bintil akar edamame dengan nilai koefisien $r = 0,2394$ (korelasi lemah), dan Gambar 4 (C) menunjukkan hubungan antara peubah panjang akar edamame dan jumlah bintil akar edamame dengan nilai koefisien $r = 0,6702$ (korelasi kuat) (Schober et al., 2018).

Hubungan antara peubah pH tanah gambut dan panjang akar edamame dengan nilai koefisien $r = 0,3987$ (korelasi cukup). Korelasi yang cukup ini menunjukkan bahwa kompos berbahan ampas kopi, jerami padi, dan limbah baglog jamur tiram dapat meningkatkan pH dan panjang akar edamame. Pupuk organik berupa kompos dapat meningkatkan kesuburan kimia tanah seperti meningkatkan KTK tanah sehingga hara pupuk dapat tersedia bagi tanaman (Lubis et al., 2015).

Hubungan antara peubah pH tanah gambut dan jumlah bintil akar edamame

dengan nilai koefisien $r = 0,2394$ (korelasi lemah), Kondisi pH tanah akan mempengaruhi perkembangan bakteri pengikat N_2 dari udara, sehingga berpengaruh terhadap jumlah bintil akar yang terbentuk. Hamid et al. (2017) menyatakan bahwa pH optimum bagi bakteri *leguminosarum* agar dapat berkembang dengan baik adalah sekitar 5,5-7,0. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada pH tanah $< 5,5$ dan $> 7,0$ bakteri *R. leguminosarum* tidak dapat berkembang dengan baik. Sebaliknya pada pH tanah mendekati 6, jumlah bintil akar yang terbentuk semakin banyak. Hal ini terbukti bahwa pembentukan bintil akar lebih efektif pada kondisi pH tanah mendekati netral. Pembentukan bintil akar tersebut berkaitan dengan infeksi oleh bakteri *R. leguminosarum* pada rambut akar. Semakin banyak bintil akar, maka semakin banyak menyediakan unsur hara nitrogen bagi tanaman (Sari et al., 2015).

Hubungan antara panjang akar dan jumlah bintil akar edamame dengan nilai koefisien $r = 0,6702$ (korelasi kuat). Korelasi tersebut di dukung oleh peningkatan jumlah bintil akar dan panjang akar edamame. Menurut Sahputra et al. (2016), peningkatan bintil akar disebabkan karena kompos dapat membuat tanah gambut menjadi optimum bagi kehidupan bakteri *Rhizobium* sp. Kompos dapat memperbaiki porositas tanah, sehingga kondisi ini sesuai untuk bakteri *Rhizobium* sp. yang merupakan bakteri aerob. Selain itu, kompos juga mengandung bahan organik yang digunakan sebagai energi bagi mikroorganisme seperti bakteri *Rhizobium* sp. pada tahap awal pembentukan bintil akar.

KESIMPULAN

1. Dosis 10 t ha^{-1} kompos ampas kopi, 20 t ha^{-1} kompos jerami padi, dan 15 t ha^{-1} kompos limbah baglog jamur tiram mampu meningkatkan pH tanah gambut. Dosis 20 t ha^{-1} kompos ampas

kopi dan 10 t ha^{-1} kompos jerami padi mampu meningkatkan panjang akar edamame. Dosis 15 t ha^{-1} kompos ampas kopi, 5 t ha^{-1} kompos jerami padi, dan 5 t ha^{-1} kompos limbah baglog jamur tiram mampu meningkatkan jumlah bintil akar edamame.

2. Tingkat keeratan hubungan antara pH tanah dengan panjang akar edamame ($r=0,3987$) dengan korelasi cukup, pH tanah gambut dengan jumlah bintil akar edamame ($r = 0,2394$) dengan korelasi lemah, dan panjang akar edamame dengan jumlah bintil akar edamame ($r=0,6072$) dengan korelasi kuat.












DAFTAR PUSTAKA

- Alfikri, M. R., Guchi, H., & Hanafiah, A. S. (2018). Uji Infektifitas dan Efektifitas Rhizobia sp. terhadap Tanaman Kedelai di Rumah Kasa pada Tanah Ultisol dengan pH yang Berbeda. *Jurnal Pertanian Tropik*, 5(1), 75–87.
- Anda, M., Ritung, S., Suryani, E., Sukarman, Hikmat, M., Yatno, E., Mulyani, A., Subandiono, R. E., Suratman, & Husnain. (2021). Revisiting tropical peatlands in Indonesia: Semi-detailed mapping, extent, and depth distribution assessment. *Geoderma*, 402, 115235.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Produksi Tanaman Sayuran 2018*.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Produksi Tanaman Sayuran 2019*.
- Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan. (2020). *Kalimantan Selatan dalam Angka*.
- Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. (2014). *Sumber Daya*

Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan.

- Chakraborty, M., Sairam Reddy, P., Laxmi Narasu, M., Krishna, G., & Rana, D. (2016). Agrobacterium-mediated genetic transformation of commercially elite rice restorer line using nptII gene as a plant selection marker. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 22(1), 51–60.
- Charlos, P., Patmawati, & Kesumaningwati, R. (2021). Pengaruh Pemberian Bokashi Jerami dan Pupuk Guano Terhadap pH, Unsur N Total, P, K Tersedia dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Terung Ungu (*Solanum melongena* L). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 4(1), 29–34.
- Hamid, I., Jaya Priatna, S., Agus Hermawan, D., Kunci, K., Tambang Timah, R., Fisika Tanah, S., & Kimia Tanah, S. (2017). Karakteristik Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Lahan Bekas Tambang Timah. *Jurnal Penelitian Sains*, 19, 23–31.
- Hartatik, W., Subiksa, I. G. M., & Dariah, A. (2011). Sifat Kimia dan Fisik Tanah Gambut. In L. Neneng, Nurida, A. Mulyani, & F. Agus (Eds.), *Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. BBDLSP, Balitbangtan.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., & Miller, I. S. (n.d.). Functions of Macronutrients. In P. Marschner (Ed.), *Marschners Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier.
- Helmy, A. M., & Ramadan, M. F. (2014). Yield Quality Parameters and Chemical Composition of Peanut as Affected by Potassium and Gypsum Applications under Foliar Spraying with Boron. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(18), 2397–2412.
- Jumar, J., & Saputra, R. A. (2021). *Kompos Limbah Pertanian untuk Meningkatkan Produksi Padi di Lahan Sulfat Masam: Kompos Limbah Pertanian dan Pengolahannya*. CV. Banyubening Cipta Sejahtera.
- Jumar, J., Saputra, R. A., Nugraha, M. I., & Wahyudianur, A. (2022). Essential Dynamics of Rice Cultivated under Intensification on Acid Sulfate Soils Ameliorated with Composted Oyster Mushroom Baglog Waste. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 45(3), 565–586.
- Jumar, J., Saputra, R. A., & Putri, K. A. (2021). Kualitas Kompos Limbah Baglog Jamur Tiram. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*.
- Kant, S. (2018). Understanding nitrate uptake, signaling and remobilisation for improving plant nitrogen use efficiency. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 74, 89–96.
- Kasongo, R. K., Verdoodt, A., Kanyankagote, P., Baert, G., & Ranst, E. Van. (2011). Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments. *Soil Use and Management*, 27(1), 94–102.
- Kochian, L. V., Piñeros, M. A., Liu, J., & Magalhaes, J. V. (2015). Plant Adaptation to Acid Soils: The

- Molecular Basis for Crop Aluminum Resistance. *Annual Review of Plant Biology*, 66(1), 571–598.
- Lubis, D. S., Hanafiah, A. S., & Sembiring, M. (2015). Pengaruh pH Terhadap Pembentukan Bintil Akar, Serapan Hara N, P dan Produksi Tanaman pada Beberapa Varietas Kedelai pada Tanah Inseptisol Di Rumah Kasa. *Jurnal Online Agroetnologi*, 3(3), 1111–1115.
- Luo, L., Zhang, Y., & Xu, G. (2020). How does nitrogen shape plant architecture? *Journal of Experimental Botany*, 71(15), 4415–4427.
- Maftu'ah, E., Susilawati, A., & Hayati, A. (2019). Effectiveness of ameliorant and fertilizer on improving soil fertility, growth and yields of red chili in degraded peatland. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 393(1), 012011.
- Mamat, H. S. (2017). ANALISIS KEBERKELANJUTAN USAHATANI TANAMAN KARET DI LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI: STUDI KASUS DI KALIMANTAN TENGAH / Analysis of The Sustainability of Rubber Plantations Farming System in Degraded Peatland: A Case Study in Central Kalimantan. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 22(3), 115.
- Mandal, K. G., Misra, A. K., Hati, K. M., Bandyopadhyay, K. K., & Ghosh, P. K. (2004). Rice residue- management options and effects on soil properties and crop productivity. *Food, Agriculture and Environment*, 2(1), 224–231.
- Marjanah, & Fitriyani. (2017). Pengaruh Kompos Terhadap Pertumbuhan rhizobium pada tanaman Kacang (Leguminase). *Jurnal Jeumpa*, 4(2), 1–7.
- Martinez-Romero, J., Falcón, L. I., Aguirre-Noyola, J. L., Rosenblueth, M., & Martinez-Romero, E. (2022). Microbial Symbioses. In *Reference Module in Life Sciences*. Elsevier.
- Meitasari, A. D., & Wicaksono, K. P. (2017). Inokulasi rhizobium dan perimbangan nitrogen pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L) merrill) varietas Wilis. *Plantropica Journal of Agricultural Science*, 2(1), 55–63.
- Mulyadi, M. (2012). Pengaruh Pemberian Legin, Pupuk NPK (15:15:15) dan Urea pada Tanah Gambut Terhadap Kandungan N, P Total Pucuk dan Bintil Akar Kedelai (*Glycine max* (L) Merril.). *Jurnal Kaunia*, 8(1), 21–29.
- Niste, M., Vidican, R., Rotar, I., & Pop, R. (2013). The Effect of pH Stress on the Survival of Rhizobium Trifolii and Sinorhizobium Meliloti in Vitro. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 70(2), 449–450.
- Noor, M., Masganti, & Agus, F. (2014). Pembentukan dan Karakteristik Gambut Tropika Indonesia. In F. Agus, M. Anda, A. Jamil, & Masganti (Eds.), *Lahan Gambut Indonesia*. IAARD Press.
- Noor, M., Saputra, R. A., Wahdah, R., & Mulyawan, R. (2023). *Pengantar Lahan Basah Suboptimal: Menuju Pertanian Berkelanjutan*. Gadjah Mada University Press.
- Nur, R., Lioe, H. N., Palupi, N. S., &

-  Nurtama, B. (2018). Optimasi Formula Sari Edamame dengan Proses Pasteurisasi Berdasarkan Karakteristik Kimia dan Sensori Formula. *Jurnal Mutu Pangan*, 5(2), 88–99.
-  Permatasari, N. A., Suswati, D., Arief, F. B., Aspan, A. A., & Akhmad, A. (2021). IDENTIFIKASI BEBERAPA SIFAT KIMIA TANAH GAMBUT PADA KEBUN KELAPA SAWIT RAKYAT DI DESA RASAU JAYA II KABUPATEN KUBU RAYA. *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 23(2), 199.
-  Putri, K. A., Jumar, J., & Saputra, R. A. (2022). Evaluasi Kualitas Kompos Limbah Baglog Jamur Tiram Berbasis Standar Nasional Indonesia dan Uji Perkecambahan Benih pada Tanah Sulfat Masam. *Agrotechnology Research Journal*, 6(1), 8.
-  Sahputra, N., Yulia, A. E., & Silvina, F. (2016). DAN JARAK TANAM PADA KEDELAI EDAMAME (*Glycine max* (L) Merril) GIVING OF COMPOSTING PALM EMPTY FRUIT BUNCH AND SPACING ON THE GROWTH AND PRODUCTION OF EDAMAME SOYBEAN (*Glycine max* (L) Merril). *Jom Faperta*, 3(1), 1–12.
-  Santoso, U., Gazali, A., Mahreda, E. S., & Wahdah, R. (2022). Response of result component and edamame yield to the harvest waste and livestock manure in a wasteless edamame cultivation system. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 20(2), 286–299.
-  Saputra, R. A., & Jumar, J. (2022). *Potensi Kompos dari Limbah-Limbah Pertanian dalam Meningkatkan pH Tanah, Pertumbuhan, dan Produksi Kedelai Edamame di Tanah Gambut* [Universitas Lambung Mangkurat].
-  Saputra, R. A., Marsuni, Y., & Ilahi, N. N. (2022). Teknologi Ameliorasi dalam Meningkatkan pH Tanah, Pertumbuhan, dan Hasil Cabai Rawit di Lahan Gambut. *Jurnal Hortikultura*, 32(1), 29–40.
-  Saputra, R. A., Nugraha, M. I., Gazali, A., Heiriyani, T., Santoso, U., & Wahdah, R. Mulyawan, R. (2019). Kualitas Kompos Limbah Jerami Padi di Wilayah Tungkanan Desa Ulin Kecamatan Simpur dengan Penambahan Kotoran Ternak yang Berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Tajak Banua*.
-  Saputra, R. A., & Sari, N. N. (2021). Ameliorant engineering to elevate soil pH, growth, and productivity of paddy on peat and tidal land. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1), 012183.
-  Sari, F., Ratna, R., Aini, N., & Setyobudi, L. (2015). PENGARUH PENGGUNAAN RHIZOBIUM DAN PENAMBAHAN MULSA ORGANIK JERAMI PADI PADA TANAMAN KEDELAI HITAM (*Glycine max* (L) Merril) VARIETAS DETAM 1 THE EFFECT OF RHIZOBIUM AND ORGANIC MULCHES OF STRAW IN BLACK SOYBEAN (*Glycine max* (L) Merril) VARIETIES DE. *Jurnal Produksi Tanaman*, 3, 689 – 696.
-  Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation.

Anesthesia & Analgesia, 126(5), 1763–1768.

Sefanya, M. A., Jumar, J., Rizali, A., & Saputra, R. A. (2022). Evaluation of the chemical quality of coffee grounds composted by various types of decomposers using a scoring system. *Trop. Wetland J*, 8(2), 21–27.

Siahaan, W., & Suntari, R. (2019). The Effect of Application of Coffee Waste Compost on Chemical Properties of Andisol Ngabab, Malang Regency. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 06(01), 1123–1132.

Siregar, L., & Nuraini, Y. (2020). PENGARUH KUALITAS KOMPOS PAITAN (*Tithonia diversifolia*) DAN KOTORAN SAPI TERHADAP

HASIL DAN BINTIL AKAR TANAMAN KEDELAI (*Glycine max. L.*) PADA ALFISOL. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(1), 249–258.

Sun, C.-H., Yu, J.-Q., & Hu, D.-G. (2017). Nitrate: A Crucial Signal during Lateral Roots Development. *Frontiers in Plant Science*, 8, 485.

Vanguelova, E. I., Hirano, Y., Eldhuset, T. D., Sas-Paszt, L., Bakker, M. R., Püttsepp, Ü., Brunner, I., Löhmus, K., & Godbold, D. (2007). Tree fine root Ca/Al molar ratio – Indicator of Al and acidity stress. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 141(3), 460–480.