

LAPORAN AKHIR PENELITIAN TEMATIK

DAMPAK PERTANIAN ORGANIK DAN KONVENSIONAL TERHADAP BIODIVERSITAS DAN SIFAT KIMIA TANAH PADA BUDIDAYA TANAMAN PADI SAWAH

Oleh :

**Dr. Ir. Lilik Tri Indriyati, M.Sc
Dr. Ir. Sugeng Santoso**



**FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2022

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Mahakuasa dengan telah diselesaikannya Penelitian Tematik Dosen dengan judul "Dampak Pertanian Organik dan Konvensional terhadap Biodiversitas dan Sifat Kimia Tanah pada Budidaya Tanaman Padi Sawah". Pelaksanaan penelitian dilakukan di wilayah Kabupaten Tegal. Terima kasih disampaikan kepada Bappeda dan Litbang Kabupaten Tegal Cq. Bidang Penelitian dan Pengembangan yang telah membiayai penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi yang bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan, khususnya pemerintah daerah dan petani di wilayah Kabupaten Tegal untuk kemajuan pembangunan pertanian di Kabupaten Tegal.

Bogor, 25 Desember 2022

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang.....	1
Tujuan Penelitian.....	3
BAHAN DAN METODE	4
Waktu dan Lokasi Penelitian.....	4
Metode Penelitian.....	4
Analisis Data.....	6
HASIL DAN PEMBAHASAN	7
Dampak Pertanian Organik pada Beberapa Sifat Kimia Tanah Sawah.....	7
Dampak Pertanian Organik pada Beberapa Sifat Biologi Tanah Sawah.....	12
Pembahasan Umum.....	14
KESIMPULAN	16
SARAN	16
DAFTAR PUSTAKA	17

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Bagan Alir dari Metode Kerja Penelitian Pertanian Organik dan Konvensional	5
2	Kandungan C-organik pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional (Keterangan : SR = sangat rendah, R = rendah)	7
3	Kandungan N-total pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional (Keterangan : S = sedang, R = rendah)	9
4	Kandungan P-tersedia pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional	10
5	Kandungan P-total pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional (Keterangan : ST = sangat tinggi)	11

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Kandungan Basa-basa Dapat Ditukar, KTK, dan KB Tanah Sawah Organik dan Sawah Konvensional	12
2	Sifat Biologi pada Tanah Sawah Organik dan Sawah Konvensional	13

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Revolusi hijau memberikan hasil yang signifikan terhadap usaha pemenuhan kebutuhan pangan melalui penggunaan pupuk kimia sintetis, penanaman varietas unggul berproduksi tinggi (*high yield variety*), dan penggunaan pestisida. Namun dampak negatif dari pemakaian pupuk dan pestisida kimia yang berlebihan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan dan kesehatan manusia. Akibatnya lahan-lahan pertanian di Indonesia menunjukkan gejala pelandaian (*levelling off*) produktivitas tanaman. Sebagaimana diungkapkan Departemen Pertanian (2004) bahwa banyak petani mengeluh karena pemberian jenis dan dosis pupuk tidak lagi berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman yang diusahakan. Penggunaan pupuk dan pestisida kimia sintetis secara terus-menerus dan dalam jumlah yang semakin meningkat menyebabkan menurunnya sifat-sifat biologi dan fisikokimia tanah, yang selanjutnya juga meningkatkan degradasi tanah. Kemungkinan terjadinya kekebalan terhadap patogen merupakan salah satu fenomena yang berkaitan dengan penggunaan pestisida dalam jangka waktu lama (R4P Network 2016). Fenomena pelandaian produktivitas lahan pertanian dan kerusakan lingkungan yang terjadi mendorong berkembangnya sistem pertanian organik sebagai alternatif sistem pertanian yang dapat menghasilkan produk yang bebas dari cemaran bahan kimia sintetis serta menjaga lingkungan yang lebih sehat. Secara legal, pemerintah melalui Peraturan Pemerintah RI Nomor 6 Tahun 1995 pasal 4, menegaskan bahwa "Perlindungan tanaman dilaksanakan dengan menggunakan sarana dan cara yang tidak mengganggu kesehatan dan atau mengancam keselamatan manusia, menimbulkan gangguan dan kerusakan sumberdaya alam atau lingkungan hidup". Pertanian organik adalah sistem pengelolaan produksi secara holistik yang mendorong dan meningkatkan kesehatan agroekosistem, termasuk biodiversitas, siklus biologi, dan aktivitas biologi tanah. Sistem pertanian ini menekankan penggunaan praktek-praktek pengelolaan dengan pilihan memanfaatkan input dari luar pertanian yang mempertimbangkan bahwa kondisi regional membutuhkan sistem yang sudah disesuaikan secara lokal. Hal ini dicapai dengan menggunakan, jika mungkin, metode-metode agronomi, biologi, dan mekanis yang bertentangan dengan penggunaan bahan-bahan sintetis, untuk memenuhi fungsi spesifik apa pun di dalam sistem tersebut (FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 1999).

Produktivitas dan daya dukung tanah tergantung pada aktivitas mikrob tanah dan hal ini juga didukung oleh pernyataan Fließbach *et al.* (2007) bahwa tanah memainkan

peranan kunci dalam menentukan pengelolaan lahan secara berkelanjutan, karena tanah merupakan faktor mendasar dalam produksi makanan. Mikrob tanah berperan penting dalam mempertahankan kesuburan dan kualitas tanah (Zhang *et al.* 2010), di mana mereka memiliki peran penting dalam proses-proses pembentukan tanah, daur ulang hara tanaman, ketersediaan hara bagi tanaman (*bioavailability*), detoksifikasi lingkungan, serta penekanan terhadap patogen tanaman, hama, dan gulma. Praktek-praktek pertanian, terutama pengolahan tanah secara intensif, penggunaan pestisida, penggunaan pupuk kimia dan pertanian monokultur secara langsung maupun tidak langsung memberikan dampak buruk bagi kehidupan mikrob tanah, dan akibatnya mengarah pada gangguan terhadap fungsi-fungsi ekosistem tanah (pada proses-proses yang dimediasi oleh mikrob tanah) dan penurunan produktivitas tanah (Gouda *et al.* 2017). Salah satu dari faktor-faktor utama yang menentukan status mikrob tanah adalah jenis dan jumlah bahan organik yang masuk ke dalam ekosistem tanah. Sebagian besar dari mikrob-mikrob tanah adalah heterotrop dan mereka membutuhkan bahan organik sebagai sumber karbon (C) dan energi (Shannon *et al.* 2002). Oleh karena itu khususnya praktek-praktek pengelolaan yang memanipulasi kualitas dan kuantitas input organik dapat diharapkan untuk memodifikasi populasi mikrob tanah, jaringan makanan tanah (*soil food web*), dan proses-proses biologi yang terlibat dalam transformasi hara tanaman (Stockdale *et al.* 2002). Aktivitas dan keragaman mikrob tanah telah secara luas dianggap sebagai indikator dari kondisi suatu lingkungan karena mereka merupakan komponen hidup dari lingkungan tanah yang cepat bereaksi dengan faktor-faktor antropologi (Nannipieri *et al.* 2002). Banyak penulis menggunakan antara lain jumlah mikrob, keragamannya, aktivitas biokimia dan ezimatik untuk menilai dampak dari metode budidaya tanah yang berbeda terhadap agroekosistem. Penelitian Chhotaray and Achakzai (2012), Baćmaga *et al.* (2016), Gajda *et al.* (2016), Mommer *et al.* (2016) dan Oszust *et al.* (2014) telah menunjukkan kepekaan dari parameter-parameter aktivitas mikroba ini pada berbagai jenis pemupukan, penggunaan produk kimia yang berbeda untuk melindungi tanaman dari hama dan penyakit, perlakuan budidaya atau pengaruh eksudat akar dari tanaman yang dibudidayakan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi secara komprehensif dari dampak pertanian organik dan pertanian konvensional terhadap biodiversitas dan sifat kimia tanah pada budidaya tanaman padi sawah.

BAHAN DAN METODE

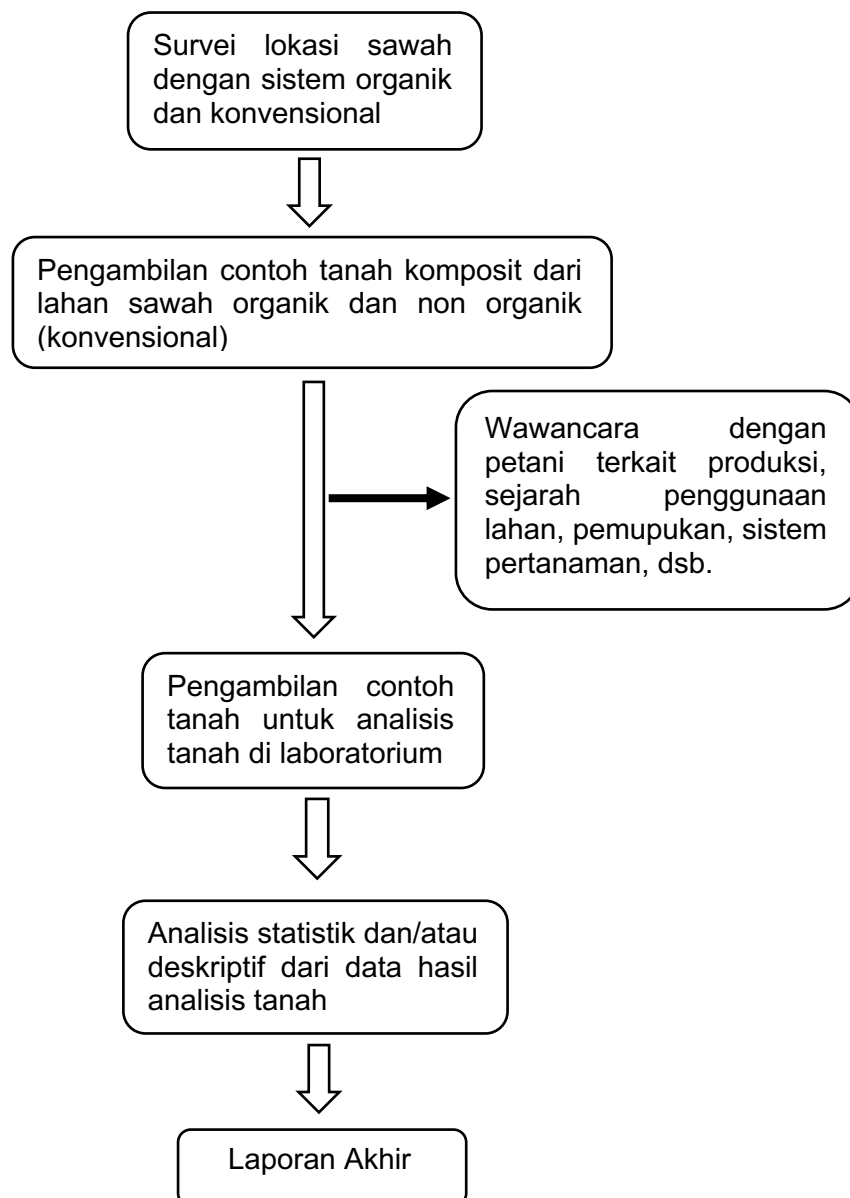
Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan mulai Oktober sampai Desember 2022, dengan pengambilan contoh tanah di lahan sawah milik petani di Kabupaten Tegal yang dilakukan dengan sistem pertanian organik (Desa Cawitali) dan konvensional atau non organik (Desa Jembayat). Analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dan analisis sifat biologi tanah (total mikrob, total fungi, mikrob pelarut fosfat) dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, IPB serta analisis aktivitas enzim fosfatase di Laboratorium Pengujian Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Bogor.

Metode Penelitian

Pengambilan contoh tanah dilakukan secara komposit dari kedalaman tanah 0 sampai 20 cm dari permukaan tanah pada lahan padi sawah dengan sistem pertanian organik dan pertanian konvensional setelah panen. Contoh tanah-contoh tanah yang diambil mewakili wilayah yang akan diuji dan lahan-lahan tersebut berada pada jenis tanah dan penampakan relief yang serupa. Analisis sifat kimia tanah yang akan dilakukan adalah C-organik (Walkley and Black), N-total (Kjeldahl), KTK dan basa-basa tanah (Pengekstrak NH_4 asetat 1N), P-total (25% HCl) dan P-tersedia (Bray I), sedangkan sifat biologi tanah yang diamati adalah jumlah total populasi mikrob dan fungi masing-masing dengan metode *plate count* dengan ekstrak tanah (Trolldenier 1995) dan medium Martin Agar (Martin 1950), mikrob pelarut P, juga aktivitas enzim phosphatase. Selain itu dicatat pula sejarah penggunaan lahan dan hal-hal lain yang berkaitan dengan penggunaan lahan, misal sistem pertanaman yang digunakan (tumpangsari, rotasi, atau monokultur) dan program pemupukan yang dilakukan petani selama ini. Satu contoh tanah komposit mewakili suatu luasan tertentu yang terdiri dari 3 - 5 anak contoh tanah (*sub samples*) yang dikumpulkan dari titik-titik pengambilan contoh tanah secara acak sederhana (*simple random sampling*) untuk mewakili wilayah tersebut. Anak contoh tanah-anak contoh tanah tersebut selanjutnya dicampurkan secara merata dan kemudian dilakukan *quartering* untuk mendapatkan satu contoh tanah komposit yang mewakili satu ulangan dari setiap sistem budidaya sawah (organik dan non organik). Untuk mendapatkan anak contoh tanah pada kedalaman yang tepat, maka digunakan bor tanah. Bahan tanah yang sudah dikumpulkan tersebut, selanjutnya dikeringudarkan dan disaring sehingga lolos saringan 2 mm untuk selanjutnya digunakan untuk penetapan sifat kimia tanah. Analisis sifat biologi tanah dan aktivitas

enzim tanah, contoh tanah dalam kondisi tanpa dikeringudarkan dimasukkan ke dalam kantong plastik dan segera disimpan di tempat yang sejuk (kotak es atau lemari es) sampai menjelang analisis biologi tersebut. Rancangan percobaan meliputi pertanaman padi sawah dengan dua sistem budidaya, yaitu organik dan konvensional (non organik). Sistem organik tidak menggunakan produk kimia untuk perlindungan tanaman terhadap hama dan penyakit dan pemupukan kimia. Bagan Alir dari Metode Kerja Penelitian Pertanian Organik dan Konvensional disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir dari Metode Kerja Penelitian Pertanian Organik dan Konvensional

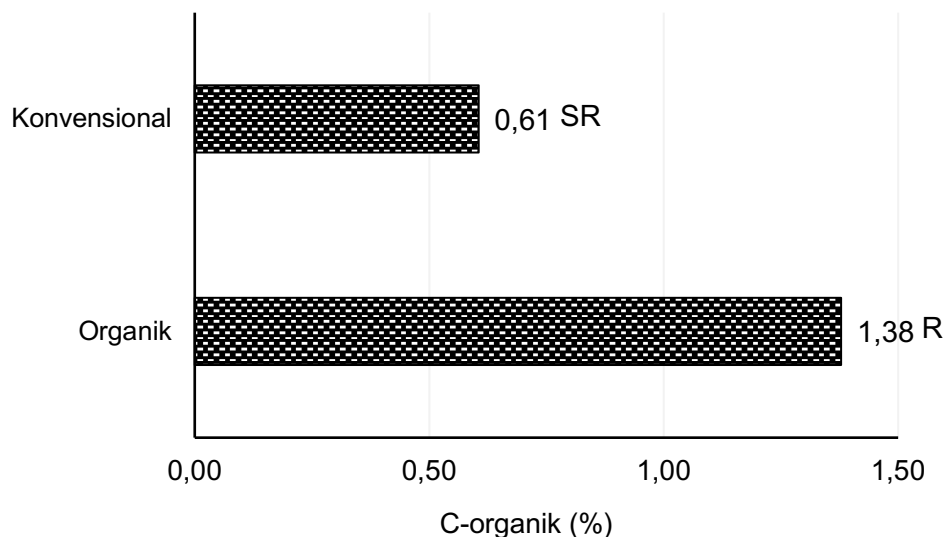
Analisis Data

Semua data hasil analisis biologi dan kimia tanah dilakukan dalam empat ulangan. dan analisis data yang dilakukan adalah analisis statistika deskriptif. Perbandingan sifat kimia dan biologi tanah antara sawah dengan budidaya organik dan konvensional disajikan dalam bentuk grafik, dan dibedakan menurut kriteria status sifat kimia tanah dari Balittanah (2005). Hasil pengukuran sifat kimia dan biologi tanah pada tanah sawah organik dan konvensional disajikan pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dampak Pertanian Organik pada Beberapa Sifat Kimia Tanah Sawah

Hasil analisis tanah dari sistem budidaya sawah secara organik dan non organik terhadap kandungan C-organik disajikan pada Gambar 2. Nilai rata-rata kandungan C-organik pada sawah organik lebih tinggi dibandingkan dengan sawah konvensional, namun keduanya masih termasuk pada kriteria rendah (Balittanah, 2005). Pada sawah konvensional umumnya tidak dilakukan pemberian bahan organik ke lahan sawah tersebut, petani lebih mengutamakan pemberian pupuk buatan terutama pupuk nitrogen seperti urea. Petani sawah organik umumnya mendapatkan bahan organik dari jerami padi pada panen sebelumnya yang dikembalikan lagi ke lahan pada awal persiapan tanah untuk pertanaman padi berikutnya. Namun kandungan C-organik pada tanah sawah organik yang masih termasuk dalam kriteria rendah ini diduga karena selain hanya satu macam bahan organik yang dikembalikan lagi ke lahan, yaitu jerami padi, juga karena jumlah jerami padi yang bisa dikembalikan lagi ke lahan sangat terbatas, yang hanya mengandalkan jerami sisa panen padi.



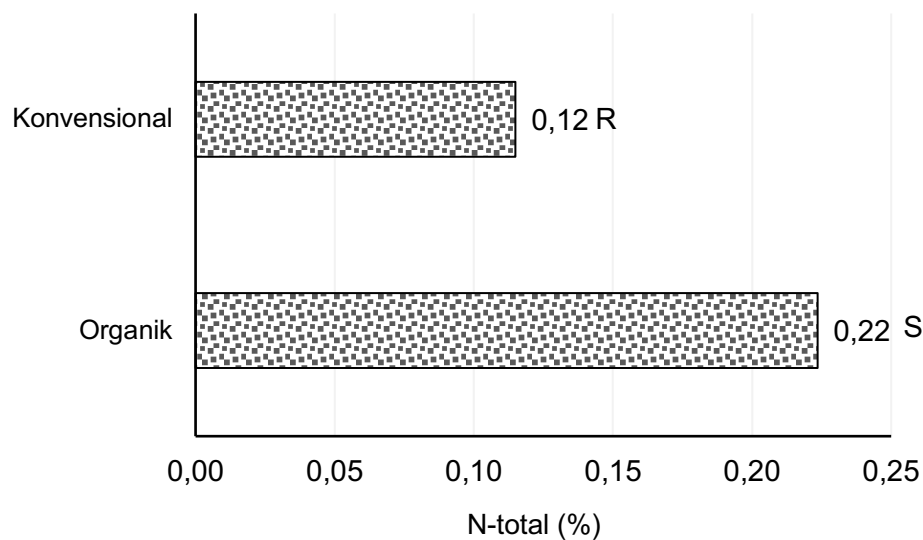
Gambar 2. Kandungan C-organik pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional (Keterangan : SR = sangat rendah, R = rendah)

Namun demikian bila dibandingkan dengan sawah konvensional, tanah sawah organik menunjukkan kandungan C-organik lebih tinggi daripada kandungan C-organik pada sawah konvensional. Semakin besar dan atau semakin sering pemberian bahan organik ke tanah akan dapat meningkatkan kandungan karbon (C) tanah. Bahan organik yang

ditambahkan ke dalam tanah ini akan menjadi sumber bahan organik tanah yang sangat berperan, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta lingkungan. Menurut Fertcare (2022) karbon organik (C-organik) tanah adalah komponen kunci dari *pool* bahan organik tanah, yang mencakup semua komponen organik dari tanah seperti jaringan tanaman dan hewan dalam berbagai tingkat dekomposisi. Bahan organik tanah mengandung unsur-unsur yang penting seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), kalsium (Ca), nitrogen (N), fosfor (P), sulfur (S), dan unsur-unsur lainnya yang ditemukan dalam organisme hidup (Fertcare, 2022). Kandungan C-organik yang meningkat merupakan salah satu petunjuk yang baik dari penyerapan karbon (*carbon sequestration*) dalam tanah melalui penurunan jumlah CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer. Karbon tanah sangat berkaitan dengan kualitas dan produktivitas tanah. Karbon tanah merupakan sumber hara dan energi bagi mikroba tanah yang membantu dalam proses mineralisasi hara sehingga menjadi tersedia bagi tanaman, memperbaiki kapasitas tukar kation (KTK) atau kemampuan menahan kation-kation hara dan kemampuan menahan air dalam tanah, membantu meningkatkan pembentukan struktur tanah dan stabilitas agregat sehingga dapat menurunkan resiko terjadinya erosi tanah, dan meningkatkan daya sangga tanah (*soil buffer*) terhadap kemasaman tanah (Fertcare, 2022).

Kandungan nitrogen total (N-total) pada tanah sawah organik dan tanah sawah konvensional ditunjukkan pada Gambar 3. Kandungan N-total tanah sawah organik termasuk kategori sedang dan nilai N-totalnya lebih besar dibandingkan dengan kandungan N-total tanah sawah konvensional yang termasuk kategori rendah. Nitrogen penting bagi semua kehidupan. Tanaman membutuhkan N untuk tumbuh dan menghasilkan benih. Sumber utama N dalam tanah adalah berasal dari bahan organik, dan umumnya bahan organik berasal dari sisa-sisa tanaman dan hewan. Data N-total ini menunjukkan total kandungan N yang sebagian besar dalam bentuk senyawa organik, dan hara N ini baru bisa dimanfaatkan oleh tanaman dan organisme yang hidup dalam tanah setelah diubah dari bentuk N-organik menjadi N-anorganik (N-NH₄⁺ dan N-NO₃⁻) melalui proses mineralisasi dan nitrifikasi oleh bakteri. Nitrogen diambil oleh akar tanaman untuk pembentukan enzim, protein, dan klorofil. Hasil analisis tanah yang ditunjukkan pada grafik dalam Gambar 2 menunjukkan bahwa aplikasi bahan organik ke dalam tanah pada sawah organik yang secara konsisten diberikan mampu meningkatkan kandungan N-total dari rendah menjadi sedang. Peningkatan kandungan N-total ini sangat menguntungkan bagi tanaman padi sawah organik yang semata-mata hanya mengandalkan hara yang berasal dari bahan organik. Hasil tanaman yang

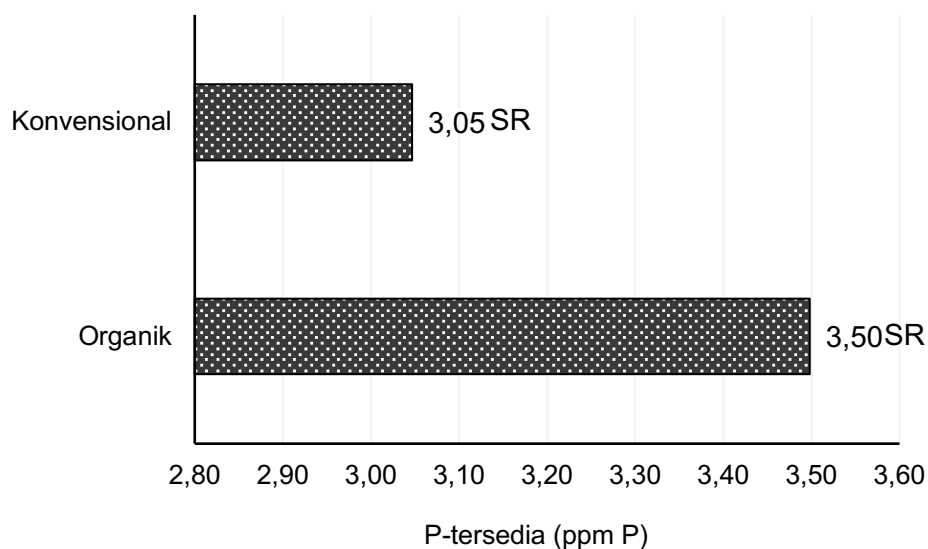
dibudidayakan secara organik terutama sangat dibatasi oleh ketersediaan N (Seufert *et al.*, 2012) dan biasanya hasil tanaman pada pertanian organik lebih rendah daripada hasil tanaman pada sistem konvensional, sehingga pengembalian sisa-sisa tanaman atau bahan organik yang mengandung N cukup besar ke dalam tanah menjadi sangat penting, karena tidak semua bahan organik mengandung N dalam jumlah yang besar. Bahan organik dengan kandungan N yang rendah atau dengan nisbah C/N tinggi seringkali menyebabkan kekurangan N pada masa awal tanam karena terjadinya imobilisasi N.



Gambar 3. Kandungan N-total pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional (Keterangan : S = sedang, R = rendah)

Kandungan fosfor (P) tersedia dalam tanah sawah organik dan sawah konvensional disajikan pada Gambar 4, dan dari Gambar 4 tersebut ditunjukkan bahwa kandungan P-tersedia dalam tanah sawah organik relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tanah sawah konvensional. Namun demikian kandungan P tersedia dalam tanah sawah organik masih tergolong rendah. Hal ini diduga karena dosis aplikasi bahan organik yang selama tiga tahun sejak diterapkannya sistem pertanian organik di Desa Cawitali, masih termasuk rendah karena hanya mengandalkan sisa-sisa panen padi atau jerami pada pertanaman sebelumnya. Dengan kata lain perlu ditingkatkan dosis pemberian dan jenis bahan organik agar hara-hara yang diperlukan tanaman terutama hara N, P, K bisa tersedia dan memenuhi kebutuhan tanaman padi. Bila kebutuhan hara tanaman padi bisa dipenuhi dari aplikasi bermacam jenis bahan organik, maka hasil tanaman padi bisa meningkat. Fosfor (P) tersedia adalah salah satu *pool* P yang terdiri

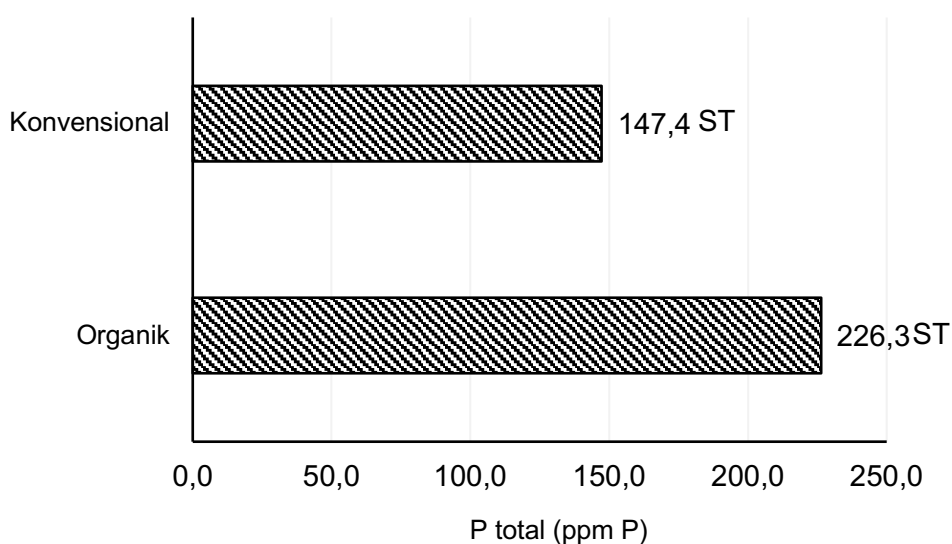
dari P yang larut dalam air atau larutan tanah yang segera bisa diambil oleh tanaman. Kandungan P-tersedia dalam tanah ini dapat memberikan indikasi kemampuan tanah mensuplai P untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Menurut The Alabama Cooperative Extension System (2019) bahwa salah satu faktor yang mengendalikan ketersediaan P dalam tanah antara lain adalah bahan organik. Penambahan bahan organik akan meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Peningkatan P-tersedia dalam tanah dengan penambahan bahan organik terjadi karena adanya sumbangan ion-ion P terlarut dari hasil mineralisasi bahan organik ke dalam larutan tanah. Selain itu, pada tanah-tanah yang banyak mengandung mineral klei 1:1 seperti kaolinit dan oksida dan hidroksida Al dan Fe, molekul-molekul organik (anion organik) yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik akan bersaing dengan anion-anion fosfat yang terjerap pada permukaan mineral klei tersebut di atas dan selanjutnya ini akan menurunkan retensi fosfat pada koloid tanah, dan melepaskan fosfat ke larutan tanah. Penambahan bahan organik ke dalam tanah secara terus-menerus pada budidaya sawa secara organik juga meningkatkan cadangan P organik dan aktivitas biologi tanah yang mendorong mineralisasi bahan organik tanah (Nesme *et al.*, 2014), yang selanjutnya meningkatkan P tersedia tanah.



Gambar 4. Kandungan P-tersedia pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional.

Di alam diketahui P berada dalam sejumlah bentuk senyawa kimia dengan kelarutan dan ketersediaan yang berbeda-beda. Dalam tanah-tanah pertanian fosfor ditemukan dalam dua bentuk, yaitu P-organik dan P-anorganik, di mana bentuk P-organik adalah bentuk yang dominan (Turner *et al.*, 2002; Condrón *et al.*, 2005; Kong *et*

al., 2009; Richardson *et al.*, 2011). Kedua bentuk P ini secara bersama-sama membentuk P total tanah. Kandungan P total tanah sawah, baik sawah organik maupun sawah konvensional termasuk kategori sangat tinggi. Namun bila dibandingkan antara kedua sistem budidayanya, sawah organik menunjukkan kandungan P-total yang lebih tinggi dibandingkan dengan sawah konvensional. Hal ini diduga karena ada sumbangan bahan organik yang diaplikasikan setiap menjelang masa tanam pada sawah organik sehingga meningkatkan juga kandungan P total tanah. Kandungan P total tanah pada sawah organik ini terutama berasal dari sumbangan bentuk P-organik. Sebagian besar



Gambar 5. Kandungan P-total pada Budidaya Sawah Secara Organik dan Konvensional (Keterangan : ST = sangat tinggi)

dari bentuk P organik ini berada dalam bentuk P-fitat dan dalam bentuk jumlah yang lebih sedikit adalah sebagai ester fosfat seperti fosfolipid (Turner *et al.*, 2007; Richardson *et al.*, 2011). Adanya P-fitat yang tinggi dalam tanah karena kelarutannya yang rendah dan kestabilannya yang tinggi sehingga afinitasnya pada koloid tanah juga tinggi (George *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2006). Bentuk-bentuk ini merupakan bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Ketersediaan P untuk bisa diserap oleh tanaman merupakan resultan dari sejumlah proses-proses yang terjadi dalam tanah, yang terutama adalah mobilisasi P anorganik, mineralisasi P organik, imobilisasi P dan laju difusi P. Proses-proses ini dipengaruhi dan dimediasi oleh beberapa aktivitas biokimia dan mikrobiologi.

Kandungan Basa-basa dapat ditukar, KTK, dan kejenuhan basa (KB) tanah pada sawah organik dan konvensional ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan sifat-sifat kimia tanah yang dipakai untuk evaluasi status kesuburan tanah sebagaimana ditunjukkan

pada pada Tabel 1, Gambar 1, dan Gambar 3 secara umum status kesuburan tanah pada budidaya padi sawah secara organik dan konvensional termasuk kategori sedang. Tabel 1 menunjukkan bahwa secara umum kandungan basa-basa dapat ditukar (Ca_{dd} , K_{dd} , dan Na_{dd}), kejenuhan basa (KB), dan KTK pada tanah sawah organik relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tanah sawah konvensional. Peningkatan kandungan basa-basa Ca_{dd} , K_{dd} , dan Na_{dd} diduga berasal dari hasil akumulasi dekomposisi bahan organik yang diaplikasikan ke dalam tanah. Peningkatan jumlah basa-basa dapat ditukar ini meningkatkan proporsi kation-kation basa yang dijerap pada kompleks jerapan koloid tanah. Demikian juga dengan nilai KTK yang lebih tinggi pada tanah sawah organik dibandingkan dengan sawah konvensional terutama disumbangkan dari koloid organik, yaitu humus yang merupakan hasil akhir dari dekomposisi bahan organik yang terakumulasi di dalam tanah.

Tabel 1. Kandungan Basa-basa Dapat Ditukar, KTK, dan KB Tanah Sawah Organik dan Sawah Konvensional.

Sifat Kimia Tanah	Tanah Sawah Organik	Tanah Sawah Konvensional
Ca_{dd} (cmol _c /kg)	23,87 (ST)	16,56 (T)
Mg_{dd} (cmol _c /kg)	4,55 (T)	4,56 (T)
K_{dd} (cmol _c /kg)	0,81 (T)	0,64 (T)
Na_{dd} (cmol _c /kg)	0,39 (S)	0,23 (R)
KTK (cmol _c /kg)	36,95 (T)	30,17 (T)
KB (%)	79,10 (ST)	72,80 (ST)

Dampak Pertanian Organik pada Beberapa Sifat Biologi Tanah Sawah

Tujuan penelitian ini antara lain adalah mengevaluai dampak sistem pertanian organik pada budidaya padi sawah dibandingkan dengan sistem konvensional terhadap biodiversitas tanah. Sifat mikrobiologi tanah yang diukur pada penelitian ini adalah total mikrob, total fungi, pelarut fosfat, dan enzim fosfatase dan hasilnya disajikan pada Tabel 2, di mana total mikrob, mikrob pelarut fosfat, dan enzim fosfatase pada tanah sawah organik lebih tinggi dibandingkan sawah konvensional, tetapi sebaliknya terjadi pada total fungi yang lebih besar pada tanah sawah konvensional daripada tanah sawah organik. Peningkatan jumlah total mikrob, mikrob pelarut fosfat dan enzim fosfatase terjadi karena penambahan bahan organik yang konsisten ke lahan-lahan sawah organik sehingga meningkatkan kandungan bahan organik tanah (yang ditunjukkan oleh C-organik) dan ketersediaan hara-hara esensial (yang ditunjukkan oleh kandungan N-total, Ca_{dd} , dan K_{dd}) yang merupakan sumber makanan dan energi bagi mikrob tanah. Total fungi lebih tinggi pada tanah sawah konvensional diduga karena tingkat kemasaman

tanah sawah konvensional lebih tinggi (secara tidak langsung ditunjukkan oleh KB dan jumlah basa-basa yang lebih rendah) yang merupakan kondisi ekologi yang sesuai untuk perkembangan fungi dalam tanah. Tingkat kemasaman yang lebih tinggi ini diduga sebagai akibat dari penggunaan pupuk N buatan seperti urea yang secara terus-menerus ditambahkan ke dalam tanah.

Tabel 2. Sifat Biologi pada Tanah Sawah Organik dan Sawah Konvensional.

Sifat Biologi Tanah	Tanah Sawah Organik	Tanah Sawah Konvensional
Total mikrob ($\times 10^4$ CFU/g)	3,21	2,94
Total fungi ($\times 10^4$ CFU/g)	0,11	0,38
Pelarut fosfat ($\times 10^3$ CFU/g)	0,46	0,35
Fosfatase (mU/kg)	0,50	0,23

Fosfor adalah hara esensial makro kedua setelah nitrogen yang banyak dibutuhkan oleh tanaman. Walaupun jumlahnya tinggi dalam tanah (Gambar 4) namun ketersediaannya dalam tanah sangat rendah, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3 di mana P-tersedia pada kedua sistem pertanian termasuk rendah. Menurut McGill dan Cole (1981) mekanisme utama pelarutan P yang dilakukan oleh mikrob tanah mencakup : (1) pelepasan senyawa-senyawa yang dapat mengkompleks komponen tanah yang mengikat P atau yang dapat melarutkan mineral misalnya anion-anion asam organik, siderofor, proton-proton, ion-ion hidroksil, CO_2 ; (2) pembebasan enzim-enzim ekstraseluler (mineralisasi P secara biokimia), dan (3) pelepasan P selama degradasi substrat atau bahan organik (mineralisasi P secara biologi).

Enzim fosfatase dalam tanah dihasilkan oleh mikrob tanah dan akar tumbuhan. Fungsi enzim tersebut adalah berperan dalam proses mineralisasi P, yaitu mengubah P-organik menjadi P-anorganik dalam bentuk tersedia sehingga dapat diserap dan dimetabolisme oleh sel-sel akar tumbuhan maupun mikroba (Bums, 1982). Enzim fosfatase di tanah dijumpai sebagai enzim ekstraseluler dan aktivitasnya sensitif terhadap perubahan lingkungan menjadikannya indikator yang representatif untuk kesuburan tanah. Hasil pengukuran aktivitas enzim fosfatase menunjukkan bahwa enzim fosfatase pada sawah organik relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sawah konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan bahan organik secara terus-menerus pada sawah organik meningkatkan *pool* organik dari karbon (C) yang berhubungan dengan hara-hara terutama N bisa dipertahankan di zona rhizosphere sehingga bahan organik tanah dan aktivitas enzim di zona rhizosfer tersebut dapat dipertahankan. Selain itu, aktivitas enzim yang lebih tinggi dalam sistem sawah organik

juga disumbangkan oleh ketersediaan hara yang meningkat dari input organik yang ditambahkan ke dalam tanah, meningkatkan eksudasi akar karena pertumbuhan tanaman yang membaik dan lingkungan yang kondusif untuk perkembangbiakan mikrob (Burns *et al.*, 2013; Tamilselvi *et al.*, 2015). Sebaliknya dengan tanah sawah konvensional yang tidak atau jarang mendapatkan tambahan bahan organik ke dalam tanah dan hanya mendapatkan input pupuk buatan ini diduga memberikan pengaruh penghambatan terhadap aktivitas fosfatase melalui menurunnya karbon tersedia dan pengaruh sterilisasi dari potensial osmotik larutan tanah akibat meningkatnya garam-garam pupuk. Kondisi ini menurunkan aktivitas fosfatase.

Pembahasan Umum

Secara umum status kesuburan tanah dari lahan sawah yang dibudidayakan secara organik dan konvensional termasuk sedang. Sifat kimia tanah (C-organik, N-total, P-tersedia, P-total, basa-basa dapat ditukar, KB dan KTK) dan sifat biologi tanah (total mikrob, mikrob pelarut fosfat, dan enzim fosfatase) yang diamati dan diukur semuanya menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada sawah yang dibudidayakan secara organik dibandingkan dengan sawah yang dibudidayakan secara konvensional. Namun beberapa parameter yang diamati hanya kandungan C-organik yang status haranya meningkat dari sangat rendah menjadi rendah dan status hara N meningkat dari rendah menjadi sedang pada sawah organik, sedangkan parameter lainnya relatif tetap status haranya. Hal ini terutama karena status kesuburan tanah di kedua Desa tersebut termasuk sedang dan daya sangga tanah (yang ditunjukkan oleh nilai KTK tanah) termasuk tinggi, sehingga untuk meningkatkan ke status hara yang lebih tinggi diperlukan input dengan jumlah yang lebih besar. Perubahan status hara C-organik dari pada budidaya padi sawah secara organik yang cenderung tetap pada kriteria rendah ini diduga karena aplikasi bahan organik hanya bergantung pada sisa hasil panen padi, yaitu jerami padi, yang jumlahnya terbatas dan tanpa ada tambahan jenis bahan organik lainnya untuk bisa memenuhi kebutuhan hara tanaman lainnya seperti N. Jerami padi umumnya memiliki kandungan C-organik dan K yang tinggi tetapi kandungan N rendah, sehingga untuk bisa memenuhi kebutuhan hara lainnya, terutama N masih harus ditambahkan ke dalam tanah sawah dari bahan organik yang banyak mengandung N, seperti azolla atau tanaman dari keluarga legum. Penambahan bahan organik dari beberapa jenis dengan kandungan hara yang berbeda-beda, terutama N, P, dan K, dapat mempercepat proses mineralisasi bahan organik yang sesuai dengan tahap pertumbuhan tanaman padi, dan memperkaya kandungan hara yang dibutuhkan oleh

tanaman padi yang dibudidayak secara organik. Hal ini perlu dilakukan karena padi sawah organik hanya mengandalkan hara yang dikandung oleh bahan organik yang diberikan ke lahan sawah tersebut.

KESIMPULAN

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa sifat kimia (C-organik, N-total, P-tersedia, P-total, KTK, KB, basa-basa dapat ditukar) serta sifat biologi tanah (total mikrob, mikrob pelarut fosfat, dan enzim fosfatase) relatif lebih tinggi pada tanah sawah organik dibandingkan tanah sawah konvensional. Total fungi pada tanah sawah organik lebih rendah daripada sawah konvensional. Status hara C-organik dan N-total pada sawah organik cenderung meningkat dibandingkan dengan sawah konvensional, yaitu masing-masing dari sangat rendah menjadi rendah dan dari rendah menjadi sedang, sedangkan status hara lainnya yang diamati cenderung relatif tidak berubah.

SARAN

Perlu dilakukan penyuluhan kepada petani padi sawah organik untuk mengaplikasikan beragam jenis bahan organik yang ada di sekitar lahan agar kebutuhan hara tanaman, terutama N, P, K bisa dipenuhi dan produktivitas tanah meningkat. Selain itu, petani sawah organik masih perlu bimbingan dari pemerintah daerah dalam memperoleh alternatif bahan organik selain jerami padi, serta untuk memasarkan produk organiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Baćmaga, M., Wyszowska, J., Kucharski, J. 2016. The effect of the Falcon 460 EC fungicide on soil microbial communities, enzyme activities and plant growth. *Ecotoxicology* 25:1575–1587. <https://doi.org/10.1007/s10646-016-1713-z>.
- Balittanah (Balai Penelitian Tanah). 2005. Petunjuk Analisis Tanah, Air, Pupuk, dan Tanaman. Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Burns R. G., J.L. DeForest, J. Marxsen, R.L. Sinsabaugh, M.E. Stromberger, M.D. Wallenstein, *et al.* 2013. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. *Soil Biol. Biochem.* 32 1547–1559. [10.1016/j.soilbio.2012.11.009](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.11.009)
- Chhotaray, D., Achakzai, A.K.K. 2012. Relationship between soil microbial activities with organic and conventional farming systems. *Int J Sustain Agric* 4:64–68. <https://doi.org/10.5829/idosi.ijisa.2012.04.03.2898>.
- Codron, L.M., B.I. Turner, and B.J. Cade-Menun. 2005. Chemistry and dynamics of soil organic phosphorus, in *Phosphorus : Agriculture and the Environment*, eds J. T. Sims and A.N. Sharpley (Madison, WI: American Society of Agronomy), 87-121.
- Extension University of Missouri. 2022. Nitrogen in environment : Nitrogen cycle. <https://extension.missouri.edu/publications/wq252>. (Diakses 25 Desember 2022).
- FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. 1999. Organic Agriculture. Committee on Agriculture, Rome, 25-29 January 1999.
- Fertcare. 2022. Soil Carbon Snapshot. Agriculture Victoria. ISBN 978-1-76090-516-3 (pdf/online/MS word), updated May 2022. (https://agriculture.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/857607/Soil-Carbon-Snapshot-updated-May-2022.pdf. Diakses 25 Desember 2022).
- Fließbach, A., Oberholzer H-R, Gunst L., Mäder P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agric Ecosyst Environ* 118:273–284. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.022>.
- Gajda, A.M., Czyż, E., Dexter, A.R. 2016. Effects of long-term use of different farming systems on some physical, chemical and microbiological parameters of soil quality. *Int Agrophys* 30:165–172. <https://doi.org/10.1515/intag-2015-0081>.
- George, T.S., A.E. Richardson, and R.J. Simpson. 2005. Behaviour of plant-derived 621 extracellular phytate upon addition to soil. *Soil Biol. Biochem.* 37, 977-988. doi: [10.1016/j.soilbio.2004.10.016](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.10.016).
- Gouda, S., Nayak, S., Bishwakarma S, Kerry R.G., Das G., Patra J.K. 2017. Role of microbial technology in agricultural sustainability. In: Patra JK, Vishnuprasad ChN, Das G (eds) *Microbial biotechnology. Applications in agriculture and environment*. Springer, Singapore, pp 181–202.

- Kong, I., Y.B. Wang, I.N. Zhao, and Z.H. Chen. 2009. Enzyme and root activities in surface-flow constructed wetlands. *Chemosphere* 76, 601-608. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.04.056.
- McGill, W.B., C.V. Cole. 1981. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. *Geoderma* 26:267–268
- Mommer, L., Kirkegaard, J., Ruijven, J. 2016 Root–root interactions: towards a rhizosphere framework. *Trends Plant Sci* 21:209–217. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.01.009>.
- Nannipieri, P., Kandeler, E., Ruggiero, P. 2002. Enzyme activities and microbial and biochemical processes in soil. In: Burns RG, Dick RP (eds) *Enzymes in the environment*. Marcel, Dekker, New York, pp 1–34.
- Nisar, A.B., A. Riar, A. Ramesh, S. Iqbal, M.P. Sharma, S.K. Sharma, and G.S. Bhullar. 2017. Soil Biological Activity Contributing to Phosphorus Availability in Vertisols under Long-Term Organic and Conventional Agricultural Management. *Front. Plant Sci.*, 8 : 1-11. doi: 10.3389/fpls.2017.01523.
- Nesme T, B. Colomb, P. Hinsinger, C.A. Watson. 2014. Soil phosphorus management in organic cropping systems: from current practices to avenues for a more efficient use of P resources. In: Bellon S, Penvern S (eds) *Organic farming, prototype for sustainable agriculture*. Springer, Dordrecht, pp 23–45. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7927-3_2
- Oszust, K., Frać, M., Gryta, A., Bilińska, N. 2014. The influence of ecological and conventional plant production systems on soil microbial quality under hops (*Humulus lupulus*). *Int J Mol Sci* 15:9907–9923. <https://doi.org/10.3390/ijms15069907>.
- R4P Network. 2016. Trends and challenges in pesticide resistance detection. *Trends Plant Sci* 21:834–853. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.06.006>.
- Richardson, A., J. Lynch, P. Ryan, E. Delhaize, F. Smith, S. Smith, *et al.* 2011. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant Soil* 349, 121-156. doi: 10.2527/jas.53804.
- Seufert V, N. Ramankutty, J.A. Foley. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485:229–232. <http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/abs/nature11069.html#supplementary-information>
- Shannon, D., Sen., A.M., and Johnson, D.B. 2002. A comparative study of the microbiology of soils managed under organic and conventional regimes. *Soil Use Manage.*, 18, 83-274.
- Tamilselvi S. M., C. Chinnadurai, K. Hamuruga, K. Arulmozhiselvan, D. Balachandran. 2015. Effect of long-term nutrient management on biological and biochemical properties of semi-arid tropical Alfisol during maize crop development stages. *Ecol. Indic.* 48 76–87. 10.1016/j.ecolind.2014.08.001
- Tang, J., A. Leung, C. Leung, and B.L. Lim. 2006. Hydrolysis of precipitated phytate by three distinct families of phytases. *Soil Biol. Biochem.* 38, 1316-1324. doi: 10.1016/j.soilbio.2005.08.021.
- The Alabama Cooperative Extension System. 2019. Phosphorus Basics : Understanding phosphorus forms and their cycling in the soil. <https://www.aces.edu/wp->

content/uploads/2019/04/ANR-2535-Phosphorus-Basics_041719L.pdf. (Diakses 25 Desember 2022).

- Turner, B.J., I.D. McKelvie, and P.M. Haygarth. 2002. Characterisation of water extractable soil organic phosphorus by phosphatase hydrolysis. *Soil Biol. Biochem.* 34, 27-35. doi: 10.1016/S0038-0717(01)00144-4.
- Turner, B.L., S. Newman, A.W. Cheesman, K.R. Reddy. 2007. Sample pretreatment and phosphorus speciation in wetland soils. *Soil Sci. Am. J.* 71, 1538-1546. doi : 10.2136/sssaj2007.0017.
- Zhang, Ch., Liu X., Dong F., Xu J., Zheng Y., Li J. 2010. Soil microbial communities response to herbicide 2,4-dichlorophenoxy- acetic acid butyl ester. *Eur J Soil Biol* 46:175–180. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.12.005>.

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Sifat-sifat Biologi Tanah pada Tanah Sawah Organik dan Sawah Konvensional

Jenis Sawah	Kode	Ulangan	C-org	N-total	P- tersedia	P-total	KTK	Ca _{dd}	Mg _{dd}	K _{dd}	Na _{dd}
			(%)	(%) (ppm P)	(cmol _c /kg).
Organik	So-01	1	1,38	0,22	3,56	263,9	33,0	16,93	3,97	0,81	0,45
	So-02	2	0,85	0,20	2,84	257,9	32,3	17,36	5,12	0,91	0,44
	So-03	3	1,58	0,24	4,41	197,8	42,0	34,10	4,47	0,78	0,34
	So-04	4	1,71	0,23	3,18	185,5	40,5	27,09	4,63	0,74	0,32
		Rerata	1,38	0,22	3,50	226,30	36,95	23,87	4,55	0,81	0,39
Non Organik	Sno-01	1	0,15	0,12	3,14	129,6	30,0	16,91	3,52	0,65	0,26
	Sno-02	2	0,45	0,14	3,13	171,3	31,2	19,67	5,41	0,73	0,22
	Sno-03	3	0,79	0,09	2,96	133,3	28,2	15,04	4,24	0,60	0,18
	Sno-04	4	1,04	0,11	2,96	155,3	31,2	14,64	5,05	0,60	0,27
		Rerata	0,61	0,12	3,05	147,39	30,17	16,56	4,56	0,64	0,23

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Sifat-sifat Biologi Tanah pada Tanah Sawah Organik dan Sawah Konvensional

Jenis Sawah	Kode	Ulangan	Tot Mikrob	Tot Fungi	Pelarut Fosfat	Fosfatase	KB
		 (CFU/g)			(mU/g)	(%)
Organik	So-01	1	21.500	600	175	0	67,0
	So-02	2	43.000	650	525	0,124	73,8
	So-03	3	30.000	2.425	675	0,085	94,6
	So-04	4	33.750	750	450	1,804	81,0
		Rerata	32.063	1.106	456	0,503	79,1
Non Organik	Sno-01	1	22.250	4.425	75	0,159	71,0
	Sno-02	2	56.500	3.775	50	0,401	83,3
	Sno-03	3	7.500	4.225	575	0,756	71,0
	Sno-04	4	31.250	2.600	700	0	66,0
		Rerata	29.375	3.756	350	0,33	72,8