



## Uji Kualitas Produk Pupuk Organik Beragensia Hayati

Mujiyo\*, Aktavia Herawati, Ganjar Herdiansyah, Suntoro, Jauhari Syamsiyah, Widyatmani Sih Dewi, Hery Widijanto, Rahayu dan Sutarno

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

**Diterima:** 5 November 2021; **Disetujui:** 28 Februari 2022

### Abstrak

Pengolahan kotoran sapi menjadi pupuk organik dengan tambahan agensia hayati merupakan upaya pencegahan pencemaran lingkungan akibat limbah pertanian. Sumber bahan pupuk organik memiliki kandungan hara yang berbeda-beda. Pupuk organik berkualitas baik berarti telah memenuhi Standar Baku Pupuk Organik berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Tujuan kegiatan ini yaitu mengetahui kualitas dari produk pupuk organik beragensia hayati yang diproduksi oleh Perkumpulan Pertanian Organik Wonoagung Wonogiri (PPOWW) dengan cara menganalisis kandungan haranya. Kegiatan yang dilaksanakan meliputi survei awal kondisi mitra, persiapan bahan dan analisis pupuk. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pengurus PPOWW menjadi paham tentang mekanisme standar baku dan cara melaksanakan *quality control* terhadap pupuk organik yang diproduksi. Hasil analisis kandungan hara pada produk pupuk organik PPOWW adalah N-total 1,32%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1,50%; K<sub>2</sub>O 2,24%; C-organik 23,09%; C/N rasio 17,55 dan pH 8,27 yang sudah memenuhi standar baku mutu pupuk organik dan pupuk hayati. Penambahan agensia hayati pada proses pembuatan pupuk organik terbukti dapat meningkatkan kualitas pupuk.

**Kata kunci:** agensia hayati; pupuk organik; standar baku; uji kualitas

### *Quality Analysis of Organic Fertilizer Product with Bio-Agent*

#### **Abstract**

*Processing cow dung into organic fertilizer with additional biological agents is an effort to prevent environmental pollution due to agricultural waste. Sources of organic fertilizer materials have different nutrient content. Good quality organic fertilizer means that it has match the Organic Fertilizer Standards based on the Decree of Agriculture Minister Republic Indonesia Number 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. This activity aims to determine the quality of the bio-agent organic fertilizer product produced by Perkumpulan Pertanian Organik Wonoagung Wonogiri (PPOWW) by analyzing its nutrient content. The activities carried out include an initial survey of partner conditions, preparation of materials, and analysis of fertilizers. The results show that the PPOWW management understands the mechanism of standard and how to carry out quality control on the organic fertilizers produced. The results of the analysis of the nutrient content of PPOWW organic fertilizer products are N-total 1.32%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.50%, K<sub>2</sub>O 2.24%, C-organic 23.09%, C/N ratio 17.55 and pH 8.27 which have met the quality standards of organic fertilizers and biological fertilizers. The addition of biological agents in the process of making organic fertilizers is proven to improve the quality of fertilizers.*

**Keywords:** *biological agents; organic fertilizers; quality control; standarts*

---

\* **Corresponding author:** [mujiyo@staff.uns.ac.id](mailto:mujiyo@staff.uns.ac.id)

**Cite this as:** Mujiyo, Herawati, A., Herdiansyah, G., Suntoro, Syamsiyah, J., Dewi, W. S., Widijanto, H., Rahayu, & Sutarno. (2022). Uji Kualitas Produk Pupuk Organik Beragensia Hayati. *AgriHealth: Journal of Agri-food, Nutrition and Public Health*, 3(1), 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.20961/agrihealth.v3i1.56302>

## PENDAHULUAN

Perkumpulan Pertanian Organik Wonoagung Wonogiri (PPOWW) berlokasi di Dusun Kebonagung, Desa Kebonagung, Kecamatan Sidoharjo, Kabupaten Wonogiri. Bergerak pada bidang pertanian organik, PPOWW memiliki beberapa komoditas yang dibudidayakan seperti padi, buah naga, nanas dan lada. Peternakan sapi juga terdapat dalam binaan PPOWW, namun limbahnya belum dikelola secara optimal. Limbah kotoran sapi yang belum dimanfaatkan secara optimal dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pengolahan kotoran sapi menjadi pupuk organik merupakan salah satu solusi untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Penyediaan pupuk kandang atau kompos hasil produksi secara mandiri oleh PPOWW dapat mengurangi biaya produksi. Ketersediaan pupuk kandang atau kompos yang mencukupi akan memudahkan dalam budidaya komoditas yang dikembangkan oleh PPOWW. Upaya pembuatan pupuk organik ini menjadi bagian dari suatu integrasi ternak-tanaman dalam rangka pemberdayaan masyarakat melalui usaha di sektor pertanian (Mujiyo *et al.*, 2018).

Pemanfaatan kotoran sapi sebagai bahan pembuatan pupuk organik merupakan wujud nyata dari penerapan peniadaan limbah dari peternakan sapi. Kotoran sapi dengan kombinasi agensia hayati dapat menghasilkan pupuk bermutu unggulan yang tidak kalah dengan mutu pupuk kimia di pasaran, namun sebagian besar petani belum memperhatikan standar baku kualitas pupuk organik. Proses *quality control* produk pupuk organik dengan analisis kandungan hara perlu dilakukan untuk mengetahui apakah kualitas produk pupuk organik telah memenuhi standar. Pupuk organik beragensia hayati dengan kualitas yang sudah memenuhi standar akan mampu meningkatkan kualitas tanah dan menunjang produktivitas tanah.

Uji kualitas produk pupuk organik dapat dilakukan dengan mengetahui kandungan hara di dalamnya. Kandungan hara diketahui dengan analisis di laboratorium. Prosedur analisis merujuk prosedur Balai Penelitian Tanah, dengan parameter mutu yang dianalisis yaitu kadar air, N-total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, C-organik, C/N rasio dan pH (Eviati dan Sulaeman, 2009). Hasil analisis pupuk organik kemudian dinilai dengan standar baku pupuk organik oleh Kementerian Pertanian (2019). Kadar air berhubungan dengan

kualitas fisik pupuk organik. Pupuk organik (padat) dengan kandungan air yang tinggi akan membuat bahan menjadi padat (Isroi dan Yuliarti, 2009). Kandungan air yang tinggi juga memengaruhi ketersediaan makanan dan oksigen untuk mikrobia (*beneficial microorganisms*) di dalam pupuk organik (Isroi dan Yuliarti, 2009).

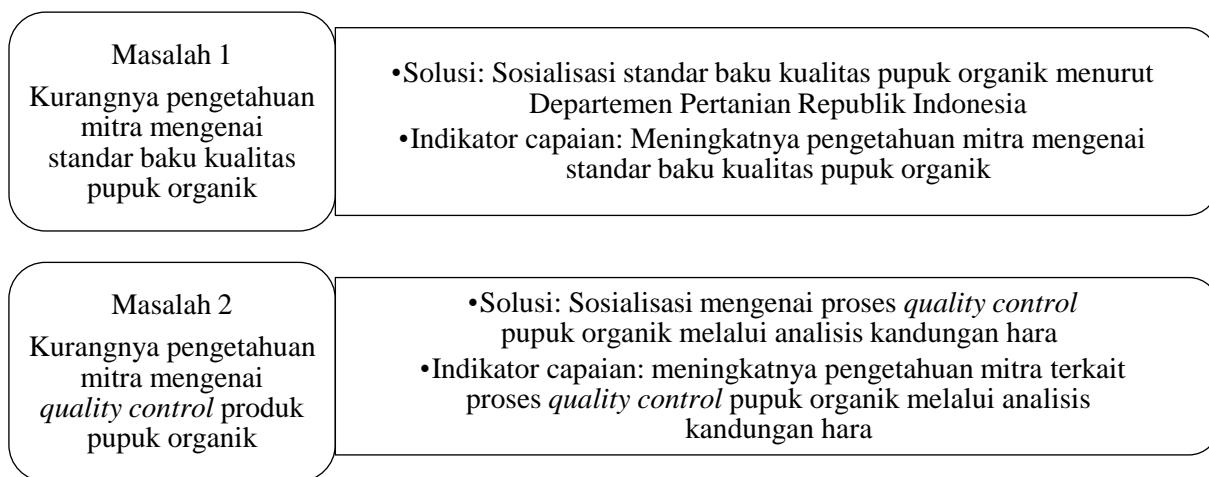
Nitrogen, fosfor dan kalium merupakan unsur makro esensial yang memengaruhi kesuburan tanah serta pertumbuhan tanaman, sehingga ketersediaannya harus diperhatikan (Pettigrew, 2008; Cozzolino *et al.*, 2013; Parvage *et al.*, 2013; Qiu *et al.*, 2014; Srinivasarao *et al.*, 2014; Sanyal *et al.*, 2015). Nisbah C/N rasio penting diketahui berkaitan dengan kemampuan dalam menambah hara dalam tanah. Nisbah C/N rasio berhubungan dengan kecepatan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik pada pupuk. Nisbah C/N rasio yang rendah berarti pupuk organik lebih cepat terdekomposisi menjadi unsur hara yang tersedia bagi tanaman (Ishak *et al.*, 2013). Nisbah C/N rasio kurang dari 20 akan mempercepat proses dekomposisi pupuk organik, sehingga hara lebih cepat tersedia. Faktor penting lainnya adalah derajat keasaman (pH) dari bahan yang digunakan. Nilai pH akan memengaruhi kecepatan proses dekomposisi pupuk organik (Ajwa dan Tabatabai, 1994). Derajat keasaman (pH) akan memengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam proses dekomposisi serta mineralisasi kandungan hara pada pupuk organik. Kelarutan unsur hara dipengaruhi oleh pH (Buckman dan Brady, 1969).

Produk pertanian yang di budidaya secara organik umumnya memiliki harga yang lebih baik, karena tidak menggunakan pupuk dan pestisida kimia. Pupuk organik beragensia hayati dengan kualitas yang sudah memenuhi standar akan mampu meningkatkan kualitas tanah, menunjang produktivitas tanah serta meningkatkan kualitas produk pertanian. Peningkatan kualitas juga akan diikuti dengan meningkatnya daya saing produk pertanian di pasaran, sehingga mampu meningkatkan pendapatan petani.

Pengetahuan yang diberikan kepada petani terkait penilaian mutu diharap menjadikan petani mampu secara mandiri melakukan *quality control* pupuk guna mempertahankan kualitas pupuk, kualitas tanah serta kualitas produk pertanian. Kerja sama yang terjalin akan membantu petani dalam mengakses informasi

terkait uji kualitas pupuk organik. Kegiatan pengabdian bertujuan untuk memberikan informasi terkait standar baku pupuk organik,

sehingga pupuk yang dihasilkan lebih terjaga kualitasnya untuk menghasilkan produk pupuk berkualitas serta memenuhi standar baku.



Gambar 1. Flowchart masalah mitra dan solusi diberikan

**BAHAN DAN METODE**

Kegiatan pengabdian dilaksanakan pada bulan April sampai Oktober 2021. Pembuatan pupuk organik dilaksanakan di Dusun Kebonagung, Desa Kebonagung, Kecamatan Sidoharjo, Kabupaten Wonogiri yang merupakan lokasi mitra PPOWW. Analisis kandungan pupuk organik dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Kegiatan pengabdian ini terdiri dari: 1) survei awal dan pengurusan izin kegiatan; 2) persiapan bahan dan 3) pengecekan kandungan produk pupuk organik (analisis laboratorium).

**Survei awal**

Kegiatan ini bertujuan untuk sosialisasi seluruh rangkaian kegiatan pengabdian kepada mitra, mengetahui kondisi dan permasalahan yang dialami mitra, mengetahui kondisi lingkungan dan mengurus perizinan, serta menentukan jadwal

dilaksanakannya kegiatan pengabdian. Rincian kegiatan pengabdian dapat dilihat pada Gambar 1.

**Persiapan bahan**

Bahan yang diuji berupa pupuk organik padat dan cair yang sudah dihasilkan oleh mitra. Pupuk organik padat diambil (*sampling*) secukupnya untuk dianalisis kandungannya. Jumlah sampel yang diambil terdiri dari 3 ulangan untuk mewakili seluruh produk pupuk organik.

**Analisis laboratorium**

Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui kualitas pupuk organik. Prosedur dari Eviati dan Sulaeman (2009) dengan parameter analisis N-total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, C-organik, C/N rasio dan pH. Ruang lingkup kegiatan ini tidak menganalisis parameter cemaran logam berat dan mikrobia. Hasil analisis pupuk organik kemudian dinilai dengan standar baku pupuk organik oleh Kementerian Pertanian (2019) (Tabel 1).

Tabel 1. Standar baku pupuk organik padat dan cair

Parameter	Metode	Standar	
		Padat	Cair
N-total (%)	Kjeldhal	N-total + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O Minimal 4%	3 – 6%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ekstraksi HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>		3 – 6%
K <sub>2</sub> O (%)	Ekstraksi HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>		3 – 6%
C-organik (%)	Walkley & Black	Minimal 15%	Minimal 6%
C/N rasio	Kalkulasi	15 – 25	–
pH	Elektrode glass	4 – 9	4 – 9

Sumber: Kementerian Pertanian (2019)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertanian organik merupakan sistem produksi alternatif yang potensial di mana pupuk organik menjamin produksi pertanian yang aman tanpa merugikan manusia, tanah dan lingkungan karena bersifat organik (Ferdous *et al.*, 2021) dengan pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan (Wulandari dan Wahyudi, 2014). Pupuk organik merupakan salah satu elemen penting dalam pembangunan pertanian organik dan berkelanjutan. Pupuk organik melindungi kesehatan tanah, meningkatkan kandungan hara dan mendorong aktivitas mikroorganisme tanah. Pupuk organik juga

dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kesuburan tanah dan kapasitas menahan air (Howarth, 2001). Aplikasi pupuk organik sebagai suplemen pupuk kimia dapat mengembalikan kesuburan tanah dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia dan pestisida sehingga dapat menciptakan praktik pertanian yang lebih efisien (Marchand dan Guo, 2014).

Hasil budidaya beberapa komoditas oleh PPOWW tersaji pada Gambar 2. Pasokan pupuk organik diperoleh dari peternakan sapi yang juga dikelola oleh PPOWW (Gambar 3). Mitra telah menerapkan suatu integrasi ternak-tanaman melalui usaha di sektor pertanian.



Gambar 2. Buah naga organik milik PPOWW



Gambar 3. Peternakan sapi milik PPOWW

Sejumlah 5 orang pengurus yang membidangi produksi pupuk organik di mitra PPOWW sebelumnya tidak sepenuhnya mengetahui tentang mekanisme standar baku kualitas pupuk organik. Setelah dilaksanakan diskusi dengan tim pada saat survei awal, yang salah satu bentuk diskusi tersaji pada Gambar 4, para pengurus PPOWW kemudian menjadi paham bahwa ada mekanisme standar baku untuk mengetahui

apakah pupuk organik yang diproduksi sudah memenuhi standar kualitas atau belum. Demikian juga semua pengurus menjadi tahu cara bagaimana melaksanakan *quality control* terhadap pupuk organik yang diproduksi tersebut. Pelaksanaan *quality control* dilakukan dengan cara pengambilan contoh sampel, analisis di laboratorium dan kemudian setiap hasil parameter analisis diharkatkan dengan standar baku.



Gambar 4. Diskusi tim pengabdian bersama para pengurus PPOWW

Menurut Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah, pupuk yang diproduksi dan akan diedarkan untuk keperluan kegiatan pertanian harus memenuhi standar baku. Standar baku atau standar mutu merupakan besaran parameter yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional dalam bentuk SNI. Dapat pula berupa keputusan yang ditetapkan oleh Menteri Pertanian dalam bentuk Persyaratan Teknis Minimal (Kementerian Pertanian, 2019).

Kandungan dan komposisi pupuk organik dapat diketahui melalui analisis di laboratorium. Uji kualitas pupuk organik dengan analisis laboratorium pada sampel pupuk yang dihasilkan oleh PPOWW. Hasil pengujian pupuk organik padat tertera pada Tabel 2. Pupuk organik padat memiliki kandungan N-total rata-rata

1,32%,  $P_2O_5$  1,50% dan  $K_2O$  2,24%. Kandungan jumlah N-total +  $P_2O_5$  +  $K_2O$  pupuk organik padat sebesar 5,06% sudah memenuhi standar. Kotoran sapi mengandung nitrogen, fosfor dan kalium dalam jumlah cukup besar (Wang *et al.*, 2018). Nitrogen, fosfor dan kalium merupakan hara makro esensial yang banyak dibutuhkan tanaman. Pupuk yang mengandung hara makro tinggi, dapat menyediakan cukup nutrisi untuk pertumbuhan tanaman.

Kandungan C-organik pada pupuk organik padat sebesar 23,09% termasuk memenuhi standar. Pupuk kandang menyediakan karbon dan unsur hara lain untuk tanaman. Bahan organik dari pupuk kandang memiliki peran dalam membentuk fraksi humus yang stabil melalui humifikasi dan bertanggung jawab dalam siklus hara di tanah (Yang *et al.*, 2016). Kotoran hewan biasanya melepaskan unsur hara makro dan mikro secara stabil ke tanah

selama periode tanam (Adediran *et al.*, 2005). Aplikasi pupuk kandang mampu menciptakan keseimbangan karbon organik tanah (Mori dan Hojito, 2015). Karbon organik tanah mampu menyeimbangkan ketersediaan hara, menambah aerasi tanah, meningkatkan laju

infiltrasi air dan kemampuan tanah untuk menyimpan air (Naresh *et al.*, 2017). Karbon organik tanah memiliki peran penting dalam peningkatan kesehatan tanah dan keberlanjutan penggunaan lahan dalam pertanian (Jarecki *et al.*, 2020).

Tabel 2. Kandungan hara pupuk organik padat PPOWW

Analisis	Pupuk organik			Rata-rata	Keterangan
	UI 1	UI 2	UI 3		
N-total (%)	1,29	1,36	1,30	1,32	Memenuhi standar
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	1,48	1,52	1,50	1,50	Memenuhi standar
K <sub>2</sub> O (%)	2,19	2,41	2,12	2,24	Memenuhi standar
C-organik (%)	22,90	23,22	23,16	23,09	Memenuhi standar
BO (%)	39,49	40,04	39,93	39,82	
C/N rasio	17,75	17,07	17,82	17,55	Memenuhi standar
pH	8,24	8,31	8,29	8,27	Memenuhi standar

Keterangan: BO = bahan organik; UI = ulangan

Nisbah C/N rasio pada pupuk organik padat sebesar 17,55 termasuk memenuhi standar. Nisbah C/N rasio berhubungan dengan proses dekomposisi dan mineralisasi, di mana semakin rendah nilainya semakin cepat proses dekomposisi pupuk menjadi hara dalam tanah. Nisbah C/N rasio awal pada kotoran sapi relatif lebih tinggi mencerminkan bahan yang kaya selulosa. Nisbah C/N rasio kemudian secara bertahap menurun selama proses pengomposan di mana menunjukkan adanya penurunan laju dekomposisi sampai akhir proses pengomposan (Wei *et al.*, 2014). Nisbah C/N rasio yang lebih rendah dari 25 menunjukkan bahwa kompos telah matang (Chan *et al.*, 2016). Perubahan faktor lingkungan seperti C/N rasio, suhu, kelembapan dan pH selama proses pengomposan dapat memengaruhi komunitas dan aktivitas metabolisme mikroba. (Wang *et al.*, 2018). Nisbah C/N rasio dan pH juga berdampak pada dinamika komunitas mikroba (Wang *et al.*, 2015; Yu *et al.*, 2015).

Nilai pH pupuk organik padat sebesar 8,27 termasuk memenuhi standar. Nilai pH akan meningkat selama proses pengomposan di mana berhubungan dengan peningkatan suhu dan penguraian nitrogen organik oleh mikroorganisme (Yang *et al.*, 2019). Peristiwa tersebut menyebabkan peningkatan konsentrasi amonium dan reaksi tanah (pH) menjadi basa (Prihantini *et al.*, 2005). Nilai pH akhir kompos banyak digunakan untuk mengevaluasi kualitas produk kompos karena memengaruhi pH tanah dan bio-availabilitas nutrisi bagi tanaman (Wang

*et al.*, 2015). Nilai pH akhir optimal dari produk pengomposan yang diberikan adalah 6,9–8,3 (na Mona, 2003).

## KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian ini berhasil mengedukasi para pengurus PPOWW, sehingga mereka menjadi paham tentang mekanisme standar baku dan cara melaksanakan *quality control* terhadap pupuk organik yang diproduksi tersebut. Produk pupuk organik beragensia hayati yang dibuat PPOWW layak digunakan dan dipasarkan karena telah memenuhi standar baku pupuk organik dan pupuk hayati oleh Kementerian Pertanian 2019. Bahan baku kotoran sapi yang berkualitas, penambahan agensia hayati, serta proses pembuatan yang memenuhi prosedur standar akan menciptakan produk pupuk organik dengan kualitas dan mutu yang baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret yang telah mendukung pendanaan pelaksanaan kegiatan pengabdian dan publikasi naskah melalui skim Pengabdian Kepada Masyarakat Hibah Grup Riset (PKM HGR-UNS) Nomor: 261/UN27.22/HK.07.00/2021.

## DAFTAR PUSTAKA

Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., & Idowu, O. J. (2005).

- Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27(7), 1163–1181. <https://doi.org/10.1081/PLN-120038542>
- Ajwa, H. A., & Tabatabai, M. A. (1994). Decomposition of different organic materials in soils. *Biology and Fertility of Soils*, 18(3), 175–182. <https://doi.org/10.1007/BF00647664>
- Buckman, H. O., & Brady, N. C. (1969). *The nature and properties of soils (No. 116)*. New York: Macmillan. Tersedia dari [https://books.google.co.id/books/about/The\\_Nature\\_and\\_Properties\\_of\\_Soils.html?id=S2tRAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.id/books/about/The_Nature_and_Properties_of_Soils.html?id=S2tRAAAAMAAJ&redir_esc=y)
- Chan, M. T., Selvam, A., & Wong, J. W. C. (2016). Reducing nitrogen loss and salinity during 'struvite' food waste composting by zeolite amendment. *Bioresource Technology*, 200, 838–844. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.10.093>
- Cozzolino, V., Di Meo, V., & Piccolo, A. (2013). Impact of arbuscular mycorrhizal fungi applications on maize production and soil phosphorus availability. *Journal of Geochemical Exploration*, 129, 40–44. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.02.006>
- Eviati & Sulaeman. (2009). *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk. Petunjuk Teknis Edisi 2*. Bogor: Balai Penelitian Tanah. Tersedia dari [https://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/juknis/juknis\\_kimia2.pdf](https://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/juknis/juknis_kimia2.pdf)
- Ferdous, Z., Zulfiqar, F., Datta, A., Hasan, A. K., & Sarker, A. (2021). Potential and challenges of organic agriculture in Bangladesh: A review. *Journal of Crop Improvement*, 35(3), 403–426. <https://doi.org/10.1080/15427528.2020.1824951>
- Howarth, R. B. (2001). Intertemporal social choice and climate stabilization. *International Journal of Environment and Pollution*, 15(4), 386–405. Tersedia dari <http://www.inderscience.com/offer.php?id=4830>
- Ishak, S. Y., Bahua, M. I., & Limonu, M. (2013). Pengaruh pupuk organik kotoran ayam terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) di Dulomo Utara Kota Gorontalo. *JATT*, 2(1), 210–218. Tersedia dari <https://repository.ung.ac.id/get/karyailmiah/558/Pengaruh-Pupuk-Organik-Kotoran-Ayam-terhadap-Pertumbuhan-Tanaman-Jagung-Zea-mays-L-di-Dulomo-Utara-Kota-Gorontalo.pdf>
- Isroi & Yuliarti, N. (2009). *Kompos cara mudah, murah, dan cepat menghasilkan kompos*. Yogyakarta: Andi. Tersedia dari [https://scholar.google.co.id/scholar?hl=en&as\\_sdt=0%2C5&q=Kompos+Cara+Mudah%2C+Murah%2C+dan+Cepat+Menghasilkan+Kompos&btnG=](https://scholar.google.co.id/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Kompos+Cara+Mudah%2C+Murah%2C+dan+Cepat+Menghasilkan+Kompos&btnG=)
- Jarecki, M., Grant, B., Smith, W., Deen, B., Drury, C., VanderZaag, A., Qian, B., Yang, J., & Wagner-Riddle, C. (2020). Long-term trends in corn yields and soil carbon under diversified crop rotations. *Journal of Environmental Quality*, 47(4), 635–643. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.08.0317>
- Marchand, S., & Guo, H. (2014). The environmental efficiency of non-certified organic farming in China: A case study of paddy rice production. *China Economic Review*, 31, 201–216. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.09.006>
- Kementerian Pertanian. (2019). Persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah. Keputusan Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Jakarta: Kementerian Pertanian
- Mori, A., & Hojito, M. (2015). Effect of dairy manure type on the carbon balance of mowed grassland in Nasu, Japan: comparison between manure slurry plus synthetic fertilizer plots and farmyard manure plus synthetic fertilizer plots. *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(4), 736–746. <https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1043642>
- Mujiyo, Sumarno, Suryono, Hasanah K, Suminah, & Sunarminto, B. H. 2018. Pembuatan pupuk organik sebagai wujud integrasi ternak-tanaman dalam pemberdayaan masyarakat. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 1, 308–316. Tersedia dari <http://www.prosiding-pkmcscr.org/index.php/pkmcscr/article/view/200>

- na Mona, B. (2003). *Compost testing and analysis service interpretation of results, available from Bord na Mona*. Newbridge, Co. Kildare: Bord Na Mona. Tersedia dari <https://goctech.com/wp-content/uploads/2016/11/Bord-na-Mona-Paper.pdf>
- Naresh, R. K., Ghosh, A., Kumar, V., Gupta, R. K., Singh, S. P., Purushottam, Kumar, V., Tyagi, S., Singh, V., Mahajan, N. C., Kumar, A., & Singh, O. (2017). Tillage crop establishment and organic inputs with kappaphycus-sap effect on soil organic carbon fractions and water footprints under a six year rice-wheat rotation. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 5(5), 57–69. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcrar.2017.505.008>
- Parvage, M. M., Ulén, B., Eriksson, J., Strock, J., & Kirchmann, H. (2013). Phosphorus availability in soils amended with wheat residue char. *Biology and Fertility of Soils*, 49(2), 245–250. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0746-6>
- Pettigrew, W. T. (2008). Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia plantarum*, 133(4), 670–681. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>
- Prihantini, N. B., Putri, B., & Yuniati, R. (2005). Pertumbuhan *Chlorella* Spp. dalam medium ekstrak tauge (MET) dengan variasi pH awal. *Makara Journal of Sains*, 9(1), 1–6. <https://doi.org/10.7454/mss.v9i1.457>
- Qiu, S., Xie, J., Zhao, S., Xu, X., Hou, Y., Wang, X., Zhou, W., He, P., Johnston, A. M., Christie, P., & Jin, J. (2014). Long-term effects of potassium fertilization on yield, efficiency, and soil fertility status in a rain-fed maize system in northeast China. *Field Crops Research*, 163, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.04.016>
- Sanyal, S. K., Dwivedi, B. S., Singh, V. K., Majumdar, K., Datta, S. C., Pattanayak, S. K., & Annapurna, K. (2015). Phosphorus in relation to dominant cropping sequences in India: chemistry, fertility relations and management options. *Current Science*, 108(7), 1262–1270. Tersedia dari <https://www.jstor.org/stable/24905487>
- Srinivasarao, C., Kundu, S., Ramachandrappa, B. K., Reddy, S., Lal, R., Venkateswarlu, B., Sahrawat, K. L., & Naik, R. P. (2014). Potassium release characteristics, potassium balance, and finger millet (*Eleusine coracana* G.) yield sustainability in a 27-year long experiment on an Alfisol in the semi-arid tropical India. *Plant and soil*, 374(1), 315–330. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1877-8>
- Wang, K., Yin, X., Mao, H., Chu, C., & Tian, Y. (2018). Changes in structure and function of fungal community in cow manure composting. *Bioresource technology*, 255, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.064>
- Wang, X., Cui, H., Shi, J., Zhao, X., Zhao, Y., & Wei, Z. (2015). Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. *Bioresource technology*, 198, 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.041>
- Wulandari, S., & Wahyudi, A. (2014). Manajemen resiko dalam pengembangan pertanian di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Organik*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Tersedia dari <https://balitro.litbang.pertanian.go.id/?p=856>
- Wei, W., Liang, H., Parvez, K., Zhuang, X., Feng, X., & Müllen, K. (2014). Nitrogen-doped carbon nanosheets with size-defined mesopores as highly efficient metal free catalyst for the oxygen reduction reaction. *Angewandte Chemie*, 126(6), 1596–1600. <https://doi.org/10.1002/ange.201307319>
- Yang, R., Su, Y. Z., Wang, T., & Yang, Q. (2016). Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(3), 658–666. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61107-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61107-8)
- Yang, X. C., Han, Z. Z., Ruan, X. Y., Chai, J., Jiang, S. W., & Zheng, R. (2019). Composting swine carcasses with nitrogen transformation microbial strains: succession of microbial community and nitrogen functional genes. *Science of the Total Environment*, 688, 555–566. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.283>



- Yu, H., Chin, M., Yuan, T., Bian, H., Remer, L. A., Prosper, J. M., Omar, A., Winker, D., Yang, Y., Zhang, Y., Zhang, Z., & Zhao, C. (2015). The fertilizing role of African dust in the Amazon rainforest: a first multiyear assessment based on data from Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations. *Geophysical Research Letters*, 42(6), 1984–1991. <http://dx.doi.org/10.1002/2015GL063040>