

Mengurangi Dosis Pupuk Anorganik pada Tanaman Jagung Ungu dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair

(Reducing the Dosage of Inorganic Fertilizer on Purple Corn Plants with Application of Liquid Organic Fertilizer)

Andi Ayu Nurnawati¹✉, Rifni Nikmat Syarifuddin¹, Andi Khairil A. Samsu²

¹Agrotechnology Study Program, Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang

²Forestry Study Program, Universitas Muslim Maros

✉Corresponding author email: ayunurnawati@gmail.com

Article history: submitted: November 13, 2021; accepted: February 27, 2022; available online: February 28, 2022

Abstract. *The antioxidant content in purple corn makes this type of corn can be used as a food crop and is important for cultivation during the Covid-19 pandemic. One of the factors that must be considered in cultivation activities is nutrients. Continuous application of inorganic fertilizers without the addition of organic fertilizers can reduce soil quality. Improvement of soil quality can be done by adding organic matter, one of which is liquid organic fertilizer. The research design used was a Randomized Block Design (RAK) with 5 treatments in the form of reducing the dose of inorganic fertilizer with levels of 100% (control), 75%, 50%, 25% and 0% of the dose of inorganic fertilizer. Data analysis used variance and continued with the BNJ test (Tukey Advanced Test). The results showed that reducing the dose of inorganic fertilizer by adding BMW liquid organic fertilizer to purple corn had a significant effect on the variable number of leaves, cob length, cob diameter and production. The application of BMW liquid organic fertilizer on purple corn plants was able to reduce 25% use of inorganic fertilizers.*

Keywords: *inorganic fertilizer; liquid organic fertilizer; purple corn*

Abstrak. Kandungan antioksidan pada jagung ungu menjadikan jenis jagung ini dapat dijadikan sebagai tanaman pangan dan penting untuk dibudidayakan saat pandemi Covid-19. Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam kegiatan budidaya adalah unsur hara. Aplikasi pupuk anorganik secara terus menerus tanpa adanya penambahan pupuk organik dapat menurunkan kualitas tanah. Perbaikan kualitas tanah dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik salah satunya pupuk organik cair. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan berupa pengurangan dosis pupuk anorganik dengan taraf masing-masing dosis pupuk anorganik 100% (kontrol), 75%, 50%, 25% dan 0%. Analisis data menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji BNJ (Uji Lanjut Tukey). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan dosis pupuk anorganik beberapa taraf dengan adanya penambahan pupuk organik cair BMW pada tanaman jagung ungu memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah daun, panjang tongkol, diameter tongkol dan produksi. Aplikasi pupuk organik cair BMW pada tanaman jagung ungu mampu mengurangi pemakaian pupuk anorganik sebesar 25%.

Kata kunci: jagung ungu; pupuk anorganik; pupuk organik cair

PENDAHULUAN

Tanaman jagung merupakan salah satu jenis tanaman pangan penting di Indonesia. Komoditas jagung berperan dalam pembangunan pertanian dan menjadi bahan pangan utama setelah padi. Pengembangan jagung dengan produksi tinggi pada skala besar mampu meningkatkan perekonomian petani dan daerah (Panikkai et al., 2017).

Salah satu jenis jagung yang belum populer di Indonesia namun mempunyai banyak manfaat adalah jagung ungu (Suarni & Aqil, 2020)). Kandungan antosianin sebagai antioksidan yang tinggi pada jagung ungu menjadi daya tarik khusus

beberapa tahun terakhir karena bermanfaat sebagai bahan pangan fungsional. Jagung ungu sebagai sumber antosianin untuk digunakan sebagai bahan makanan, farmasi dan industri kosmetik (Simla et al., 2016).

Antioksidan penting untuk dikonsumsi saat pandemi Covid-19 seperti sekarang ini karena dapat menangkal radikal bebas dan mampu meningkatkan sistem imun tubuh (Nurlila & Jumarddin, 2020). Kandungan antioksidan pada jagung ungu menjadikan jenis jagung ini dapat dijadikan sebagai tanaman pangan penting untuk dibudidayakan. Hal yang harus diperhatikan dalam kegiatan budidaya tanaman adalah

unsur hara yang dapat diperoleh melalui aplikasi pemupukan organik maupun anorganik.

Aplikasi pupuk anorganik secara terus menerus tanpa adanya penambahan pupuk organik dapat menurunkan kualitas tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi (Padmanabha et al., 2014; Purba et al., 2019). Penurunan kualitas tanah tersebut dapat mempengaruhi kesuburan tanah. Pemupukan dengan menggunakan bahan organik dapat dijadikan sebagai salah satu cara untuk memperbaiki dan mempertahankan kesuburan tanah sehingga produktivitas dapat diperoleh secara berkelanjutan (Roidah, 2013). Pemanfaatan bahan organik pada budidaya tanaman dapat menjadi solusi untuk mengurangi pemakaian pupuk anorganik (Kalay et al., 2021; Purba et al., 2018).

Penelitian terdahulu telah memberikan informasi bahwa aplikasi pupuk organik cair pada tanaman jagung hibrida Pioneer 21 dapat menghemat atau mengurangi pemakaian pupuk anorganik sebesar 25% dan disarankan adanya pengujian efektivitas terhadap pupuk organik cair komersial yang telah dikenal masyarakat dan beredar di kalangan masyarakat (Irsyad & Kastono, 2019). Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pengurangan dosis pupuk anorganik beberapa taraf dengan penambahan pupuk organik cair komersial pada tanaman jagung ungu. Jenis pupuk organik cair yang digunakan adalah POC BMW yang biasa diaplikasikan oleh petani di lapangan dan mengandung komposisi lengkap termasuk unsur hara makro di dalamnya.

METODE

Penelitian dilakukan di Desa Damai, Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros pada Bulan Juli hingga Oktober 2020 menggunakan Rancangan Acak Kelompok

(RAK) dengan 5 perlakuan yaitu A (dosis pupuk anorganik 100%/kontrol), B (dosis pupuk anorganik 75%), C (dosis pupuk anorganik 50%), D (dosis pupuk anorganik 25%) dan E dosis pupuk anorganik 0%) masing-masing 5 ulangan. Analisis data dilakukan dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji BNT (Uji Lanjut Tukey).

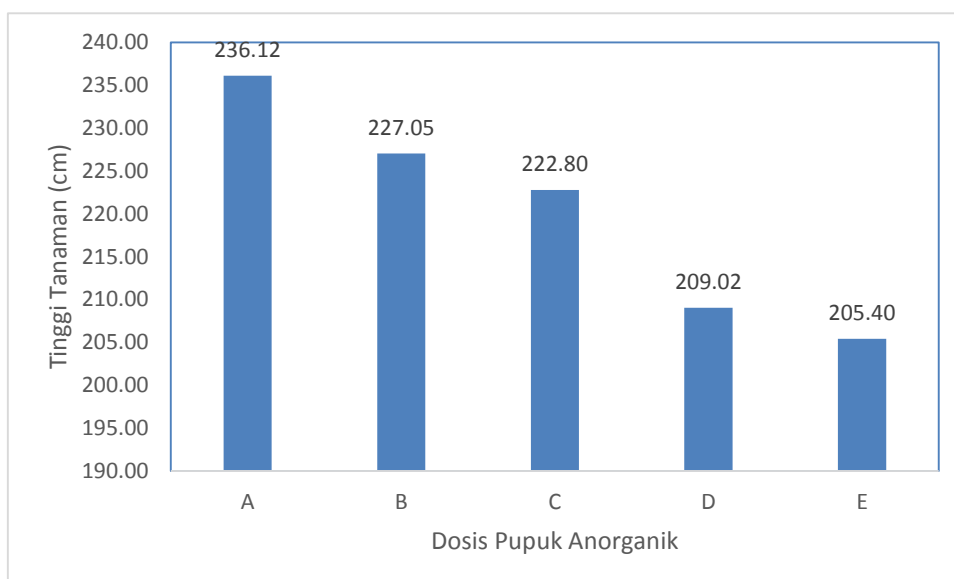
Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dengan pengolahan tanah setelah lahan dibersihkan. Penanaman benih jagung ungu dilakukan dengan cara ditugal. Perlakuan dosis pupuk anorganik 100% (A) sebagai kontrol yaitu 300 kg/ha Urea, 150 kg/ha SP-36, dan 100 kg/ha KCl. Dosis pupuk anorganik tersebut akan dikurangi sesuai dengan dosis perlakuan B, C, D dan E.

Pupuk organik cair BMW sebanyak 12 ml dicampurkan dengan 5 liter air untuk siap diaplikasikan pada tanaman jagung ungu. Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan penyiraman, penyulaman, penyiangan dan pengendalian hama dan penyakit Tanaman. Variabel pengamatan terdiri dari tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), tingkat kehijauan daun (unit), panjang tongkol (cm), diameter tongkol (cm) dan produksi (ton/ha).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman (cm)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk anorganik (pengurangan dosis pupuk anorganik) tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung ungu yang diaplikasikan pupuk organik cair. Gambar 1 menunjukkan bahwa dosis 100% pupuk anorganik sesuai rekomendasi memiliki nilai rerata tinggi tanaman tertinggi yaitu 236.1 cm kemudian secara berurutan dosis pupuk anorganik 75% (227.1 cm), 50% (222.8 cm), 25% (209.0 cm), dan 0% (205.4 cm).



Keterangan: A = dosis pupuk anorganik 100%, B = dosis pupuk anorganik 75%, C = dosis pupuk anorganik 50%, D = dosis pupuk anorganik 25%, E = Dosis pupuk anorganik 0%

Gambar 1. Grafik rata-rata tinggi tanaman (cm)

Jumlah Daun (helai)

Berdasarkan sidik ragam, diperoleh hasil bahwa dosis pupuk anorganik memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman jagung ungu yang diaplikasikan pupuk organik cair. Haryadi et al. (2015) mengemukakan bahwa jumlah daun turut dipengaruhi oleh unsur N, P, dan K yang dapat diperoleh melalui pupuk anorganik. Perbedaan dosis pupuk anorganik menyebabkan ketersediaan unsur N, P, dan K juga berbeda.

Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah daun tertinggi adalah pada perlakuan dosis pupuk anorganik 100% (10.23 helai) dan 75% (10.05 helai). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Diperoleh informasi bahwa dengan adanya aplikasi pupuk organik cair maka tanaman jagung ungu dalam penelitian ini secara statistik menunjukkan rerata jumlah daun yang sama antara yang diberikan dosis 100% dan 75%. Hasil tersebut memberikan informasi bahwa adanya aplikasi pupuk organik cair dapat mengurangi dosis pupuk anorganik sebesar 25% untuk memperoleh jumlah daun terbaik. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Zulhaedar et al. (2018) bahwa pupuk organik cair dapat mengefisienkan penggunaan urea sehingga mengurangi pemakaian dosis pupuk anorganik. Pupuk urea sebagai sumber unsur nitrogen bagi tanaman. Menurut Kogoya et al. (2018), ketersediaan nitrogen akan merangsang pertumbuhan daun tanaman.

Tabel 1. Rata-rata jumlah daun pada perlakuan dosis pupuk anorganik berbeda

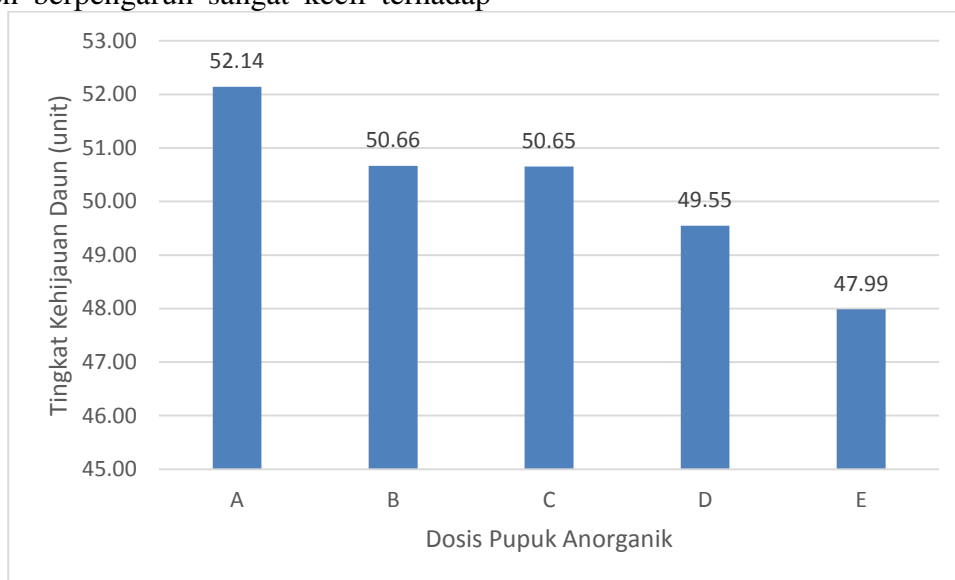
Dosis Pupuk Anorganik	Jumlah Daun (helai)
A (dosis pupuk anorganik 100%)	10.23 a
B (dosis pupuk anorganik 75%)	10.05 a
C (dosis pupuk anorganik 50%)	9.48 ab
D (dosis pupuk anorganik 25%)	9.02 b
E (dosis pupuk anorganik 0%)	8.95 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada Uji BNJ taraf 0.05

Tingkat Kehijauan Daun (unit)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk anorganik yang berbeda tidak menunjukkan pengaruh yang nyata pada variabel tingkat kehijauan daun. Menurut Pamungkas & Supijatno (2017), nitrogen berpengaruh sangat kecil terhadap

tingkat kehijauan daun. Nitrogen merupakan salah satu unsur yang terdapat di dalam pupuk anorganik yaitu bersumber dari urea sehingga memang mengindikasikan bahwa dosis pemupukan anorganik tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kehijauan daun.



Keterangan: A = dosis pupuk anorganik 100%, B = dosis pupuk anorganik 75%, C = dosis pupuk anorganik 50%, D = dosis pupuk anorganik 25%, E = Dosis pupuk anorganik 0%

Gambar 2. Grafik rata-rata tingkat kehijauan daun (unit)

Panjang Tongkol (cm)

Perlakuan dosis pupuk anorganik yang berbeda berpengaruh secara nyata terhadap variabel panjang tongkol. Berdasarkan uji lanjut BNJ maka diperoleh hasil bahwa nilai panjang tongkol tertinggi pada perlakuan dosis pupuk anorganik 100% (15.9 cm), 75% (14.29 cm), 50% (14.28 cm) serta berbeda nyata dengan perlakuan dosis 25% (13.04 cm) dan 0% (11.05 cm).

Pupuk anorganik yang digunakan pada penelitian ini sebagai sumber makronutrien N, P, dan K untuk tanaman jagung ungu sehingga dosis yang berbeda menyebabkan ketersediaan makronutrien tersebut akan berbeda jumlahnya antar perlakuan. Menurut Puspawati et al. (2016), terdapat pengaruh kombinasi dosis pupuk N, P, K (pupuk anorganik) dengan pupuk organik cair terhadap variabel panjang tongkol.

Tabel 2. Rata-rata panjang tongkol pada perlakuan dosis pupuk anorganik berbeda

Dosis Pupuk Anorganik	Panjang Tongkol (cm)
A (dosis pupuk anorganik 100%)	15.19 a
B (dosis pupuk anorganik 75%)	14.29 a
C (dosis pupuk anorganik 50%)	13.38 a
D (dosis pupuk anorganik 25%)	13.04 ab
E (dosis pupuk anorganik 0%)	11.05 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada Uji BNJ taraf 0.05

Diameter Tongkol (cm)

Aplikasi beberapa dosis pupuk anorganik yang berbeda pada tanaman jagung ungu yang diaplikasikan pupuk organik cair memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel diameter tongkol, Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai diameter tongkol tertinggi adalah pada perlakuan dosis pupuk anorganik 100% (4.28 cm) yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Panjang tongkol dan diameter tongkol merupakan variabel yang relevan dengan produksi tanaman. Dosis pupuk anorganik beberapa taraf pada tanaman jagung ungu

yang diaplikasikan pupuk organik cair berpengaruh secara nyata terhadap variabel tersebut. Perbedaannya adalah pada variabel panjang tongkol menunjukkan perlakuan kontrol (dosis 100% pupuk anorganik) mempunyai hasil tertinggi yang sama dengan dosis 75% dan 50% sedangkan pada variabel diameter tongkol menunjukkan dosis 100% pupuk anorganik mempunyai hasil tertinggi namun berbeda nyata dengan dosis-dosis yang lain. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa pengurangan dosis pupuk hingga 50% akan tetap memberikan hasil rerata panjang tongkol yang sama dengan kontrol.

Tabel 3. Rata-rata diameter tongkol pada perlakuan dosis pupuk anorganik berbeda

Dosis Pupuk Anorganik	Diameter Tongkol (cm)
A (dosis pupuk anorganik 100%)	4.28 a
B (dosis pupuk anorganik 75%)	4.13 ab
C (dosis pupuk anorganik 50%)	4.11 ab
D (dosis pupuk anorganik 25%)	3.95 bc
E (dosis pupuk anorganik 0%)	3.79 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada Uji BNT taraf 0.05

Produksi (ton/ha)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa beberapa perlakuan dosis pupuk

anorganik pada tanaman jagung ungu yang diaplikasikan pupuk organik cair memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap variabel produksi.

Tabel 4. Rata-rata produksi pada perlakuan dosis pupuk anorganik berbeda

Dosis Pupuk Anorganik	Produksi(ton/ha)
A (dosis pupuk anorganik 100%)	9.52 a
B (dosis pupuk anorganik 75%)	8.70 a
C (dosis pupuk anorganik 50%)	7.84 ab
D (dosis pupuk anorganik 25%)	7.59 ab
E (dosis pupuk anorganik 0%)	5.63 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada Uji BNT taraf 0.05

Nilai produksi tertinggi pada perlakuan dosis pupuk anorganik 100% (9.52 ton/ha) dan 75% (8.70 ton/ha) yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil produksi yang diperoleh untuk dosis pupuk anorganik 100% pada tanaman jagung ungu yang diaplikasikan pupuk organik cair yaitu 9.52 ton/ha yang telah melebihi nilai produksi

rata-rata tanaman jagung ungu pada umumnya.

Dosis pupuk anorganik 100% dan 75% mempunyai nilai produksi yang sama berdasarkan uji lanjut tukey yang berarti bahwa dengan tambahan pupuk organik cair pada tanaman jagung ungu mampu mengurangi pemakaian pupuk anorganik sebesar 25%. Jenis pupuk organik cair yang

digunakan adalah POC BMW yang sudah beredar di pasaran secara umum. Menurut Rajak et al. (2016), POC BMW mengandung unsur hara makro dan mikro yang tinggi, zat pengatur tumbuh mikroorganisme penyubur serta perekat alami. Menurut Ripai et al. (2013), pupuk organik cair dengan kandungan hara makro dan mikro esensial dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mengurangi pemakaian pupuk anorganik selain berfungsi untuk memperbaiki kualitas tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi.

Produksi tanaman pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan karakter produksi tanaman jagung ungu secara umum. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Irsyad dan Kastono (2019) bahwa aplikasi dosis pupuk anorganik dikombinasikan dengan pupuk organik cair dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung hibrida Pioneer 21. Pada penelitian ini, dosis pupuk anorganik 100% yang diaplikasikan pada tanaman mengalami peningkatan produksi dengan adanya input pupuk organik cair yang efektif dimanfaatkan oleh tanaman. Solihin et al. (2019) menyatakan bahwa pupuk cair lebih mudah diserap tanaman karena senyawa di dalamnya sudah terurai. Pupuk organik cair juga memiliki bahan pengikat sehingga larutan pupuk dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman.

SIMPULAN

Pengurangan dosis pupuk anorganik dengan adanya penambahan pupuk organik cair BMW pada tanaman jagung ungu memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah daun, panjang tongkol, diameter tongkol dan produksi. Aplikasi pupuk organik cair BMW pada tanaman jagung ungu mampu mengurangi pemakaian pupuk anorganik sebesar 25% sehingga dosis pupuk anorganik 75% sebagai perlakuan yang memberikan hasil terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

Haryadi, D., Yetti, H., & Yoseva, S. (2015).

- Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica alboglabra* L.). *Jurnal Online Mahasiswa, Faperta UNRI*, 2(2), 1–10. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMF-APERTA/article/view/8399>
- Irsyad, Y. M. M., & Kastono, D. (2019). Pengaruh Macam Pupuk Organik Cair dan Dosis Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.). *Vegetalika*, 8(4), 263. <https://doi.org/10.22146/veg.42715>
- Kalay, A. M., Hindersah, R., Ngabalin, I. A., & Jamlean, M. (2021). Pemanfaatan Pupuk Hayati Dan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Agric Jurnal Ilmu Pertanian*, 33(2), 129–138.
- Kogoya, T., Dharma, I. P., & Sutedja, I. N. (2018). Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut Putih (*Amaranthus tricolor* L, .). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 7(4), 575–584.
- Nurlila, R. ., & Jumarddin, L. . (2020). Jahe Peningkat Sistem Imun Tubuh di Era Pandemi Covid-19 di Kadia Kota Kendari. *Jurnal Mandala Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 54–61.
- Padmanabha, I. G., I Dewa, M. ., & I Nyoman, D. (2014). Pengaruh Dosis Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Hasil Padi (*Oriza sativa* L.) dan Sifat Kimia Tanah pada Inceptisol Kerambitan Tabanan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 3(1), 41–50.
- Pamungkas, M. A., & Supijatno. (2017). Pengaruh Pemupukan Nitrogen Terhadap Tinggi dan Percabangan Tanaman Teh (*Camelia Sinensis* (L.) O. Kuntze) untuk Pembentukan Bidang Petik. *Bul. Agronomi*, 5(2), 234–241.
- Panikkai, S., Rita, N., Sri, M., & Handewi, P. (2017). Analisis Ketersediaan Jagung Nasional Menuju Pencapaian Swasembada dengan Pendekatan Model

- Dinamik. *Informatika Pertanian*, 26(1), 41–48.
- Purba, J. H., Parmila, I. P., & Sari, K. K. (2018). Pengaruh Pupuk Kandang Sapi dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) Varietas Edamame. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 1(2), 69–81. <https://doi.org/10.37637/ab.v1i2.308>
- Purba, J. H., Wahyuni, P. S., & Febryan, I. (2019). Kajian Pemberian Pupuk Kandang Ayam Pedaging dan Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Hasil Petsai (*Brassica chinensis* L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 2(2), 77–88. <https://doi.org/10.37637/ab.v2i2.397>
- Puspawati, S., Sutari, W., & Kusumiyati. (2016). Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair (POC) dan dosis pupuk N, P, K terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. var Rugosa Bonaf) kultivar Talenta. *Jurnal Kultivasi*, 15(3), 208–2016.
- Rajak, O., Jopi, R. P., & Jeanne, I. N. (2016). Pengaruh Dosis dan Interval Waktu Pemberian Pupuk Organik Cair BMW terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *J. Budidaya Pertanian*, 12(2), 66–73.
- Ripai, M., Nurbaiti, & Tabrani, G. (2013). Perbaikan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) yang Diberi Pupuk Organik Cair. *JOM Faperta UR*, 8(2), 1–9.
- Roidah, I. S. (2013). Manfaat Penggunaan Pupuk Organik untuk Kesuburan Tanah. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*, 1(1), 30–42.
- Simla, S., Boontang, S., & Harakotr, B. (2016). Anthocyanin content, total phenolic content, and antiradical capacity in different ear components of purple waxy corn at two maturation stages. *Australian Journal of Crop Science*, 10(05), 675–682. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p7389>
- Solihin, E., Yuniarti, A., Damayani, M., & Rosniawaty, dan S. (2019). Application of liquid organic fertilizer and N, P, K to the properties of soil chemicals and growth of rice plant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 393(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/393/1/012026>
- Suarni, & Aqil, M. (2020). Prospect of specialty maize as functional food to support food diversification in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484(1), 012118. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012118>
- Zulhaedar, F., Hadiawati, L., & Triguna, Y. (2018). Optimum Dosage of Nitrogen and Liquid Organic Fertilizer Combination for Lowland Rice of Central Lombok, Indonesia. *Proceedings of International Workshop and Seminar, Innovation of Environmental-Friendly Agricultural Technology Supporting Sustainable Food Self-Sufficiency*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3345827>