

“Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan”

Pengaruh MFC, Pemupukan, dan Jarak Tanam Terhadap pH Tanah Sawah pada Tanaman Padi untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan

Syahrul Efendi, Komariah, Jauhari Syamsiyah, dan Widyatmani Sih Dewi

Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Jl. Ir Sutami No.36, Ketingan, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126

Email: syahrul.efendi22@student.uns.ac.id

Abstrak

Padi masih menjadi komoditas penting dalam kebijakan pertanian di Indonesia karena terkait dengan ketahanan pangan dan swasembada beras. Selain meningkatnya penduduk di Indonesia, degradasi lahan juga mengakibatkan penurunan kualitas dan fungsi tanah, seperti unsur hara yang terjerap dan pH tanah cenderung asam sehingga kesuburan tanah tidak sesuai dengan tanaman padi. Upaya agar kebutuhan pangan tetap terpenuhi adalah dengan meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman padi, diantaranya adalah penggunaan pupuk NPK, pemberian pupuk NPK dapat berpengaruh baik terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi pengaruh dari perlakuan penggunaan *Microbial Fuel Cell* (MFC), pemupukan dan jarak tanam yang terbaik terhadap pH tanah sawah dengan budidaya tanaman padi (*Oryza sativa L.*). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan *Strip Plot Design* dengan 8 perlakuan, 3 ulangan. *Microbial Fuel Cell* merupakan teknologi yang memanfaatkan aktivitas biokimia tanaman untuk memproduksi listrik. MFC bersifat berkelanjutan karena dapat diperbaharui, konversi energi bersih tanpa menimbulkan emisi dan tidak memiliki persaingan terhadap ketahanan pangan. Jenis pupuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk N, P, K 15-15-15 yang diaplikasikan pada 30 dan 60 HST dengan dosis 400 kg/ha dan 100 kg/ha. Jarak tanam yang digunakan adalah konvensional 20x20 dan jarak legowo 2:1. Hasil penelitian didapatkan bahwasanya perlakuan MFC dan pemupukan yang berpengaruh nyata terhadap pH tanah sementara jarak tanam tidak berpengaruh nyata pada pH tanah. Pada penelitian ini didapatkan bahwa MFC dapat mempertahankan pH tanah yang menurun akibat adanya pemupukan.

Kata kunci: pH, MFC, Pupuk, Jarak Tanam

Pendahuluan

Beras adalah makanan pokok bagi sekitar setengah dari populasi dunia, yang dibudidayakan terutama di Asia karena menyumbang sekitar 90% dari produksi beras dunia.

Namun, hanya 7% produksi beras yang masuk ke pasar ekspor dari negara asal (Partnership, 2013). Oleh karena itu, beras dan padi memainkan peran penting dalam ketahanan pangan, sosial budaya, dan intervensi strategis pemerintah di banyak negara berkembang (Fahad et al., 2019) yang selanjutnya difasilitasi oleh adaptasi metode irigasi modern, penerapan pupuk mineral, dan tata kelola yang baik (Fahad et al., 2019). Untuk memenuhi permintaan beras yang terus meningkat di masa depan pendekatan terpadu untuk menghilangkan kendala yang ada. Salah satu permasalahan yang dapat mempengaruhi rendahnya produktivitas padi adalah pengasaman tanah, yang menyebabkan toksisitas aluminium (Al), mangan (Mn), dan besi (Fe) adalah salah satu masalah degradasi lahan global yang paling serius (Goulding, 2016). Meskipun pengasaman tanah adalah proses yang terjadi secara alami, proses ini telah dipercepat selama beberapa dekade terakhir karena aktivitas manusia (Wang et al., 2021). Parameter pH tanah merupakan salah satu sifat kimia tanah yang dapat menentukan tinggi rendahnya unsur hara dapat diserap oleh tanaman. Unsur hara pada umumnya dapat diserap akar tanaman pada pH tanah netral karena pada pH yang netral unsur hara dapat dengan mudah diserap air (Nuraini & Zahro, 2020).

Penggunaan pupuk N yang berlebihan, terutama dalam bentuk urea telah mengakibatkan pengasaman lahan pertanian yang signifikan, dengan penurunan pH tanah dalam kisaran 0,13-0,80 unit pH tergantung pada jenis dan sifat tanah (Guo, 2014). Degradasi tanah yang berkelanjutan ini mengurangi kemampuan jangka panjang tanah untuk menyediakan jasa bagi manusia, termasuk produksi pangan di masa depan, dan menyebabkan kerusakan lingkungan. Sangat penting bahwa masyarakat tidak berpandangan sempit hanya berfokus pada manfaat langsung dari tanah, seperti pasokan makanan (Kopittke et al., 2019).

Salah satu upaya dalam meningkatkan produktivitas padi adalah melalui penerapan teknologi budidaya yaitu dengan pengaturan populasi tanaman melalui pengaturan jarak tanam dan sistem tanam jajar legowo (Martina, 2020). Sistem legowo adalah suatu rekayasa teknologi untuk mendapatkan populasi tanaman lebih dari 160.000 per hektar (Adnyana, 2020). Pengaturan jarak tanam dapat meningkatkan produktivitas (Abdulrachman *et al.*, 2013).

Upaya dalam meningkatkan produktivitas padi juga dapat dilakukan dengan menggunakan *Microbial Fuel Cell*. *Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah salah satu sistem pengubah senyawa organik menjadi energi listrik yang memanfaatkan interaksi bakteri yang terdapat bebas di alam (Wetser *et al.*, 2015). MFC bergantung pada bakteri yang aktif secara elektrokimia untuk menangkap energi kimia yang terkandung dalam bahan organik dan mengubahnya menjadi energi listrik (Bond *et al.*, 2018; Ranatunga *et al.*, 2018). MFC

digunakan dalam mempertahankan pH sebagai *buffer* pH, peningkatan pH disebabkan konsumsi proton oleh reaksi katodik (He et al., 2008; Sudirjo et al., 2018).

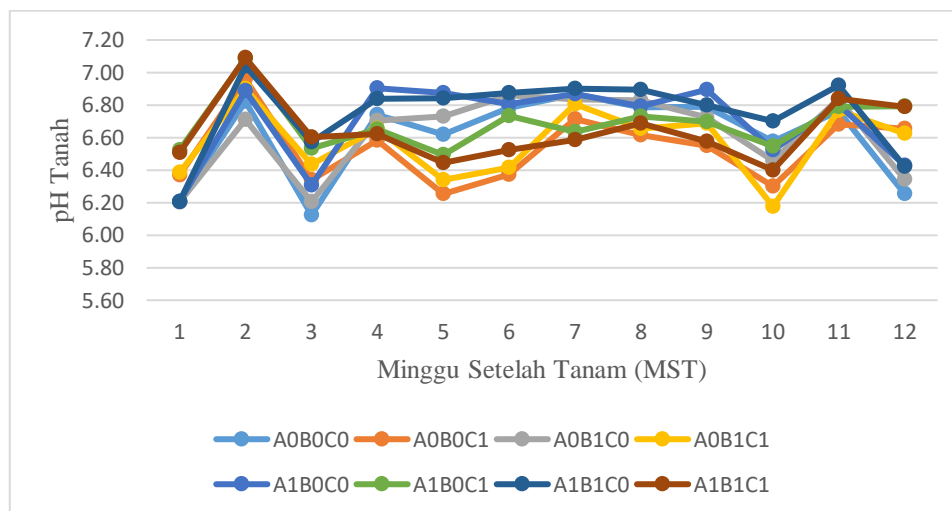
Oleh karena itu, Tujuan Penelitian ini adalah untuk mendeteksi pengaruh penggunaan MFC, pemupukan dan jarak tanam terhadap pH pada tanaman padi dalam upaya meningkatkan ketahanan pangan di Indonesia.

Metode

Penelitian melalui percobaan menggunakan rancangan *Strip Plot Design*, yang dilaksanakan pada Bulan Juli 2022 hingga Desember 2022 di lahan sawah Desa Pojok, Kecamatan Tawanghari, Kabupaten Sukoharjo. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kerjasama Gifu University Universitas Sebelas Maret. Penelitian dilakukan dengan menanam padi Varietas Pak Tiwi dengan 8 perlakuan dan 3 ulangan dan menjadi 24 plot percobaan. Luas setiap plot adalah 3x2,5m. Perlakuan yang diberikan adalah MFC, jarak tanam dan pemupukan dengan rincian A0 (Tanpa MFC), A1 (MFC), B0 (Jarak tanam konvensional 25x25cm), B1 (Jarak tanam Jajar Legowo 2:1), C0 (Tanpa pupuk), dan C1 (dipupuk NPK 15-15-15). Parameter yang diamati adalah pH pada setiap minggu hingga panen. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) Uji-F taraf 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diteliti.

Hasil dan Pembahasan

Dinamika pH tanah



Gambar 1. Dinamika pH pada setiap perlakuan

Dinamika pH tanah yang disajikan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai pH berubah pada setiap minggu selama pertumbuhan tanaman padi. Nilai pH tanah berubah pada

setiap minggu setelah dipupuk NPK 15-15-15 pada fase pertama yaitu pada 30 HST maupun fase kedua yaitu pada 60 HST. Nilai pH pada awal penanaman sangat beragam karena perlakuan MFC, pemupukan dan jarak tanam jajar legowo belum terlihat pengaruhnya. Nilai pH tanah pada MST pertama berada pada kisaran nilai yang normal dan agak masam yaitu bervariasi antara 6,14 hingga 6,52. Pada minggu kedua terlihat terjadi peningkatan dan penurunan drastis pada minggu ketiga. Minggu keempat terlihat naik kembali dengan pemupukan yang dilakukan setelah minggu keempat terlihat pada minggu kelima pH turun kecuali pada perlakuan A0B1C0 dan perlakuan A1B1C0 dengan masing-masing naik dan datar. Nilai pH terlihat turun lagi setelah dilakukan pemupukan kedua pada 60 HST atau pada 10 MST. Penurunan pH terjadi karena aplikasi pupuk atau pengendapan senyawa N tereduksi ke ekosistem alami adalah hasil pelepasan proton selama nitrifikasi dan pencucian nitrat berikutnya (Guo, 2014).

Tabel 1. Uji ANOVA Pengaruh MFC, Pemupukan dan Jarak Tanam terhadap pH Tanah Tiap Minggu

Sumber Keragaman	Signifikansi Minggu ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MFC	0,186	0,194	0,113	0,052	0,078	0,112	0,090	0,087	0,137	0,103	0,002**	0,037**
Jarak Tanam	0,933	0,962	0,194	0,849	0,671	0,934	0,373	0,121	0,386	0,422	0,214	0,932
Pupuk	0,112	0,101	0,149	0,093	0,005**	0,015**	0,008**	0,039**	0,037**	0,093	0,080	0,002**
MFC x Jarak Tanam	0,902	0,310	0,446	0,405	0,092	0,240	0,497	0,700	0,195	0,353	0,955	0,441
MFC x Pupuk	0,171	0,615	0,437	0,169	0,952	0,042**	0,119	0,395	0,331	0,521	0,413	0,749
Jarak Tanam x Pupuk	0,988	0,764	0,046	0,679	0,888	0,318	0,382	0,328	0,385	0,518	0,761	0,662
MFC x Jarak Tanam x Pupuk	0,914	0,372	0,596	0,862	0,989	0,093	0,061	0,238	0,139	0,309	0,172	0,670

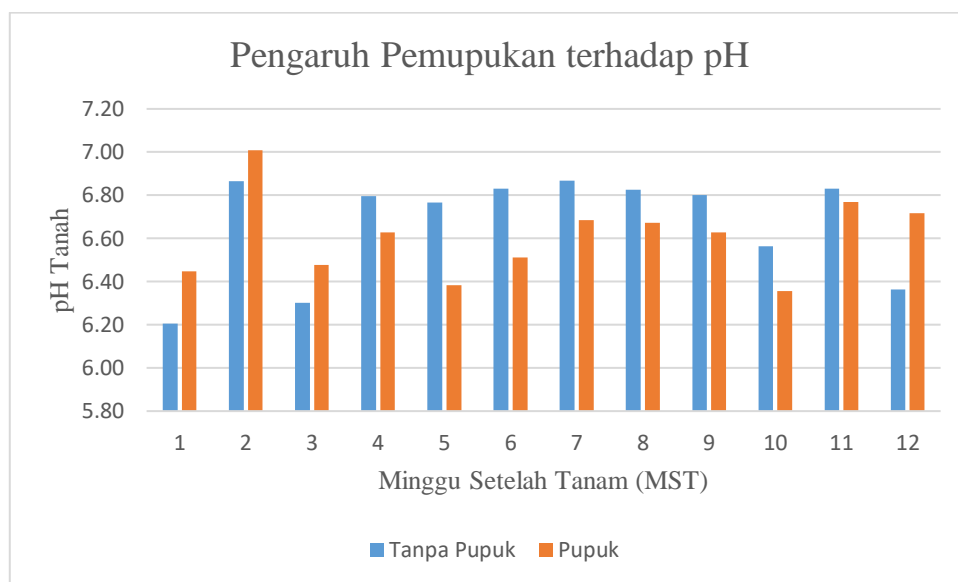
** : signifikan pada taraf 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa MFC hanya mempengaruhi pH tanah pada minggu ke-11 dan 12, artinya MFC memerlukan proses yang cukup lama untuk mempengaruhi pH tanah. Jarak tanam konvensional dan jajar legowo sama sekali tidak mempengaruhi pH tanah. Pemupukan NPK menunjukkan pengaruh pada minggu ke 5, 6, 7, 8, 9 dan 12 setelah tanam. Pengaruh nyata tersebut terlihat setelah dilakukan pemupukan, yaitu pada 5 dan 10 MST. Namun, pemupukan NPK pada 10 MST baru mempengaruhi pH 2 minggu kemudian (12 MST). Kombinasi perlakuan tidak mempengaruhi pH tanah kecuali pada perlakuan MFC dan pemupukan tetapi hanya pada 6 MST.

Pengaruh Pemupukan terhadap pH

Gambar 2 menyajikan pengaruh pemupukan pada pH tanah. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa pemupukan tidak mempengaruhi pH tanah sawah sampai pada 4 minggu awal penanaman padi. Nilai pH tanah terlihat dipengaruhi oleh pemupukan yang dilakukan pada

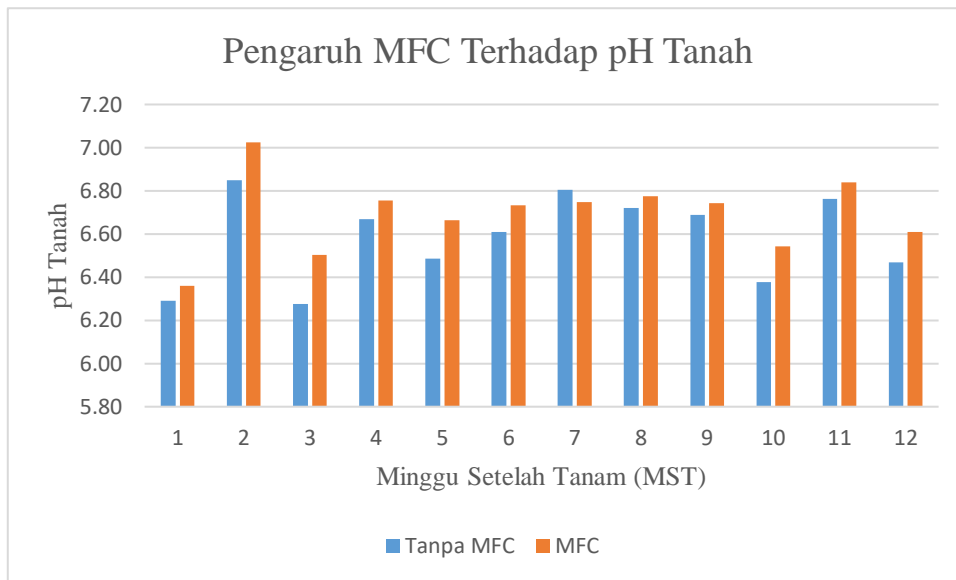
ke 30 dan 60 setelah tanam. Pada umur 5 minggu pH tanah tanpa pemupukan (6,77) lebih tinggi dibandingkan dengan pemupukan NPK (6,38). Keduanya sama sama mengalami penurunan dari minggu sebelumnya dengan nilai pH berturut turut dari perlakuan tanpa pemupukan dan perlakuan pemupukan masing-masing adalah 6,80 dan 6,63. Sama seperti yang terjadi pada 10 MST dimana pH mengalami penurunan dari minggu sebelumnya dari 9 MST dengan nilai pH pada perlakuan tanpa pemupukan yaitu 6,80 menjadi 6,56 pada 10 MST. Pada perlakuan pemupukan di 9 MST pH menunjukkan angka 6,63 dan menurun pada 10 MST menjadi 6,36.



Gambar 2. Pengaruh Pemupukan terhadap pH Tanah

Gambar 2 menunjukkan bahwa pH tanah mengalami penurunan akibat pengaplikasian pupuk NPK 15-15-15. Umumnya pemberian pupuk yang mengandung urea ke dalam tanah dapat menurunkan pH tanah. Pupuk NPK 15-15-15 yang semula kering, setelah menyerap air akan meningkat kadar airnya dan volumenya akan bertambah serta terjadi reaksi dengan air yang membebaskan ion hidrogen. Ion hidrogen yang terbebaskan ke dalam larutan tanah berpengaruh terhadap peningkatan kemasaman tanah. (Permatasari et al., 2019). Pada umumnya semua perlakuan setelah dilakukan pemupukan pH tanah lebih rendah daripada perlakuan tanpa pemupukan. Penggunaan pupuk yang mengandung N yang berlebihan, dapat mengakibatkan pengasaman lahan pertanian yang signifikan (Guo, 2014). Namun pada penelitian ini terdapat beberapa MST yang memiliki nilai pH pemupukan lebih tinggi daripada tanpa pemupukan dan pada umumnya pH tanah berada pada angka yang mendekati netral. Nilai pH tersebut dipengaruhi oleh penggenangan selama budidaya padi. Penggenangan yang terus menerus dilakukan dapat meningkatkan pH tanah ke arah netral (Bahagia et al., 2022).

Pengaruh MFC terhadap pH Tanah



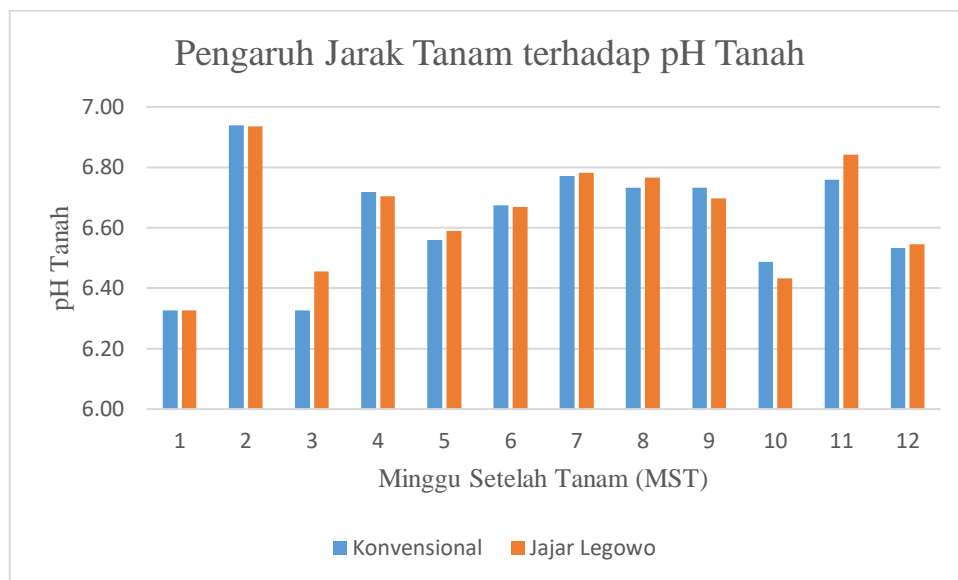
Gambar 3. Pengaruh MFC terhadap pH Tanah

Gambar 3 menyajikan pengaruh MFC terhadap pH tanah. MFC bergantung pada bakteri yang aktif secara elektrokimia untuk menangkap energi kimia yang terkandung dalam bahan organik dan mengubahnya menjadi energi listrik (Bond *et al.*, 2018; Ranatunga *et al.*, 2018). Reaksi biologis dan elektrokimia dalam MFC dapat mengubah nilai pH tanah, seperti terlihat pada Gambar 3 bahwa MFC mempengaruhi pH tanah semua perlakuan kecuali pada 7 MST. Nilai pH perlakuan pengaplikasian MFC yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa menggunakan MFC disebabkan oleh konsumsi proton oleh reaksi katodik (Zhao *et al.*, 2006). Pada proses kerja MFC, metabolisme bakteri secara konstan menghasilkan senyawa asam lemah dan mempertahankan pH intraseluler akibatnya pH cenderung meningkat menuju netral karena ada efek *buffering* dari aktivitas bakteri. Penelitian He *et al.*, (2008) menyebutkan bahwa bakteri anodik lebih menyukai pH mendekati netral untuk pertumbuhannya. Sehingga dalam penelitian ini didapatkan bahwa MFC mempunyai peran dalam meningkatkan pH tanah.

Pengaruh Jarak Tanam terhadap pH Tanah

Gambar 4 menyajikan pengaruh jarak tanam terhadap pH tanah. Gambar 4 menunjukkan bahwa penerapan jarak tanam jajar legowo tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pH. Pada tabel terlihat bahwa pada aplikasi jarak tanam jajar legowo pH mengalami fluktuasi pH tanah hingga pada masa panen dan jarak tanam konvensional yang tidak selalu memberikan pengaruh yang sama dan memberikan perubahan yang signifikan pada setiap MST. Pada penelitian ini didapatkan bahwasanya jarak tanam mempengaruhi

produktivitas tanaman tetapi tidak melalui peningkatan pH. Pada umumnya, padi pada kondisi jarak tanam sempit akan mengalami penurunan kualitas pertumbuhan, seperti jumlah anakan dan malai lebih sedikit, panjang malai yang lebih pendek, dan tentunya jumlah gabah per malai berkurang dibandingkan pada kondisi jarak tanam lebar (Bobihoe, 2013). Penerapan metode budidaya dengan pola jarak tanam yang berbeda dinilai dapat berpengaruh dengan hasil produksi dan dapat mengurangi ketergantungan pada irigasi menggenang dan kebutuhan input lainnya dengan mengubah pengelolaan tanaman, tanah, air dan nutrisi (Nugroho & Hasanah, 2021).



Gambar 4. Pengaruh Jarak Tanam terhadap pH Tanah

Kesimpulan

Pemupukan NPK 15-15-15 pada budidaya padi sawah menurunkan pH tanah. Implementasi MFC pada budidaya padi sawah meningkatkan pH tanah atau berfungsi sebagai *buffer* yang mempertahankan pH. Sehingga implementasi MFC pada budidaya padi sawah dapat mempertahankan pH tanah yang menurun akibat pemupukan.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih disampaikan kepada LPPM UNS yang telah mendanai kegiatan Hibah Riset grup Perubahan Iklim dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Pertanian UNS.

Daftar pustaka

Abdulrachman, S., Mejaya, M.J., Agustiani, N., Guanawan, I., Sasmita, P., dan Guswara. 2013. Sistem Tanam Legowo. Badang Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Adnyana, I Nengah Surata. 2020. Efektifitas Sistem Tanam Jajar Legowo 2 : 1 dengan Sistem Tegel Terhadap Produktivitas Padi Sawah Di Subak Babakan Cangi , Desa Batuan Kaler , Kecamatan Sukawati , Kabupaten Gianyar. *10(2)*, 127–133.
- Bahagia, M., Ilyas, dan Jufri, Y. 2022. Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. *7(C)*, 647–653.
- Bobihoe, J. 2013. Sistem Tanam Padi Jajar Legowo. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, 1–22. <http://jambi.litbang.pertanian.go.id/ind/images/PDF/bookletsistemtanampadijajarlegowo.pdf>
- Bond, P., Read, S. T., Dutta, P., Bond, P. L., Keller, J., and Rabaey, K. 2018. Initial development and structure of biofilms on microbial fuel cell anodes Initial development and structure of biofilms on microbial fuel cell anodes. May 2014.
- Fahad, S., Adnan, M., Noor, M., Arif, M., Alam, M., Khan, I. A., Ullah, H., Wahid, F., Mian, I. A., Jamal, Y., Basir, A., Hassan, S., Saud, S., Riaz, M., Wu, C., and Khan, M. A. 2019. Chapter 1. Major Constraints for Global Rice Production. In *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814332-2.00001-0>.
- F. Zhao, F. Hamisch, U. Schroder, F. Scholz, P. Bogdanoff, I. Hermann. 2006. Challenges and constraints of using oxygen cathodes in microbial fuel cells, *Environ. Sci. Technol.* *40* (2006) 5193–5199.
- Goulding, K. 2016. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. 1–10. <https://doi.org/10.1111/sum.12270>
- Guo, J. H. 2014. Significant Acidification in Major. *1008(2010)*. <https://doi.org/10.1126/science.1182570>.
- He, Z., Huang, Y., Manohar, A. K., and Mansfeld, F. 2008. Effect of electrolyte pH on the rate of the anodic and cathodic reactions in an air-cathode microbial fuel cell. *Bioelectrochemistry*, *74(1)*, 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2008.07.007>
- Inpari, V. dan Martina, I. 2020. Pengaruh jarak tanam pada sistem tanam jajar legowo terhadap produktivitas padi. *XIX*, 257–262.
- Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., Mckenna, B. A., and Lombi, E. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, *132(July)*, 105078. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
- Nugroho, B. D. A. and Hasanah, N. A. I. 2021. Model Denitrification Decomposition (DNDC) Untuk Estimasi Emisi Gas Ch₄ Pada Budidaya Padi Metode System of Rice Intensification (SRI). *Jurnal Riset Daerah ...*, *XXI(3)*, 3988–4002. <https://ojs.bantulkab.go.id/index.php/jrd/article/view/59%0Ahttps://ojs.bantulkab.go.id/index.php/jrd/article/download/59/42>
- Nuraini, Y. dan Zahro, A. 2020. Pengaruh Aplikasi Asam Humat dan Pupuk Npk Phonska 15-15-15 Terhadap Serapan Nitrogen dan Pertumbuhan Tanaman Padi Serta Residu Nitrogen

di Lahan Sawah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 195–200.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.2>

Partnership, G. R. R. 2013. This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search . Help ensure our sustainability.

Permatasari, gita yuni, Kusumadewi, anak agung istri, dan Suwastika, anak agung ngurah gede. 2019. Dinamika Amonium dan Nitrat Lahan Sawah Latosol pada Budidaya Konvensional Padi Lokal dan Hibrida di Subak Jatiluwih Ammonium Dynamics and Latosol Wetland Nitrates in Conventional. 9(2), 135–145.

Ranatunga, T., Hiramatsu, K., Onishi, T., and Ishiguro, Y. 2018. Open a ccess process of denitrification in flooded rice soils. 21–33.

Sudirjo, E., Buisman, C. J. N., and Strik, D. P. B. T. B. 2018. Electricity generation from wetlands with activated carbon bioanode. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 131(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/131/1/012046>

Wang, Y., Yao, Z., Zhan, Y., Zheng, X., Zhou, M., Yan, G., Wang, L., and Werner, C. 2021. Potential benefits of liming to acid soils on climate change mitigation and food security. *March*, 1–15. <https://doi.org/10.1111/gcb.15607>

Wetser, K., Liu, J., Buisman, C., and Strik, D. 2015. Plant microbial fuel cell applied in wetlands: Spatial, temporal and potential electricity generation of *Spartina anglica* salt marshes and *Phragmites australis* peat soils. *Biomass and Bioenergy*, 83, 543–550.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.11.006>