

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

---

Pemanfaatan Microbial Fuel Cell, Sistem Tanam dan Pemupukan Terhadap Hasil Padi Guna Mencapai Keberlanjutan Pertanian

**Shofie Rindi Nurhutami<sup>1</sup>, Komariah<sup>2</sup>, Sudadi<sup>2</sup>, dan Widyatmani Sih Dewi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Magister Ilmu Tanah, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Tanah, Universitas Sebelas Maret

Email: shofierindi@gmail.com

**Abstrak**

*Microbial Fuel Cell* (MFC) terdiri dari anoda yang menangkap electron dari aktivitas metabolisme mikroba dan dialirkan ke katoda melalui bahan konduktor. Penelitian pemanfaatan MFC sampai saat ini hanya berfokus pada kemampuan menghasilkan arus listrik namun penelitian mengenai MFC pada tanah sawah yang sesuai dengan budaya petanian lahan sawah di Indonesia dan dihubungkan dengan hasil padi dan mewujudkan keberlanjutan pertanian belum banyak dilakukan, sehingga hal ini menarik untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh dan interaksi dari pemanfaatan MFC, sistem tanam dan pemupukan terhadap hasil padi. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah strip plot dengan perlakuan Non MFC (A0), MFC (A1), Sistem tanam konvensional (B0), Sistem tanam jajarlegowo 2:1 (B1), Non pemupukan (C0) dan Pemupukan (C1) yang diulang sebanyak 3 kali ulangan. Parameter yang digunakan adalah hasil padi ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) yang kemudian dianalisis menggunakan ANOVA dan DMRT 5% menggunakan SPSS. Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi antar perlakuan memberikan hasil yang signifikan dengan hasil terbaik pada perlakuan A0B1C1 (non MFC, sistem tanam jajar legowo, Pemupukan) dengan hasil padi mencapai  $7,76 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Kata kunci: *microbial fuel cell*, sistem tanam, pemupukan, hasil padi, keberlanjutan pertanian

**Pendahuluan**

*Microbial Fuel Cell* merupakan teknologi baru yang sedang dikembangkan dengan memanfaatkan electron dari aktivitas mikroba di dalam tanah untuk menghasilkan arus listrik, memitigasi emisi karbon maupun jasa ekosistem lainnya (Almatouq *et al.*, 2020; Fakhiruddin *et al.*, 2018). MFC terdiri dari 2 elektroda (anoda dan katoda) yang saling dihubungkan dengan bahan konduktor listrik (Kouzuma *et al.*, 2014). Prinsip kerja dari MFC adalah dengan

menangkap electron dari proses reduksi-oksidasi dalam metabolisme mikroba (Logan & Regan, 2006; Lovley, 2008; Rahimnejad *et al.*, 2015) oleh anoda didalam tanah dan dialirkan ke katoda yang berada di udara melalui bahan konduktor. Penelitian MFC telah dilakukan oleh banyak peneliti, utamanya skala laboratorium dan membutuhkan penelitian serta pengembangan lebih lanjut pada skala lapangan dengan beberapa perlakuan yang berbeda sebagai upaya untuk meningkatkan output. Pemanfaatan MFC dapat dilakukan pada tanah sawah, namun yang sesuai dengan budaya pertanian lahan sawah di Indonesia belum banyak dilakukan, sehingga hal ini menarik untuk dilakukan.

Budaya pertanian lahan sawah di Indonesia yang umum digunakan adalah dengan sistem tanam konvensional, jarak legowo dengan pemupukan menggunakan pupuk kimia berupa NPK. Perbedaan budaya pertanian tentunya akan memberikan perbedaan hasil padi maupun energi listrik yang dihasilkan serta keberlanjutan pertanian. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan MFC dengan budaya pertanian lahan sawah dengan perbedaan sistem tanam, pemupukan dengan fokus utama terhadap hasil padi. Adapun tujuan dari paper ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh dan interaksi dari pemanfaatan MFC, sistem tanam dan pemupukan terhadap hasil padi.

## Metode

Penelitian dilakukan di Desa Pojok, Kecamatan Tawang Sari, Kabupaten Sukoharjo pada Bulan Juli-Oktober 2022. Bahan yang digunakan antara lain rangkaian MFC (anoda, katoda, kabel), benih padi varietas Pak Tani dan pupuk NPK. Penelitian ini menggunakan Strip Plot Design atau rancangan petak berjalur (Tabel 1 dan Gambar 1). Jumlah plot adalah 8 dengan 3 kali ulangan (total 24 plot). Ukuran setiap plot adalah  $3 \times 2,5$  meter<sup>2</sup>. Pemupukan menggunakan pupuk NPK 15:15:15 dengan dosis pemberian  $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  sebagai pupuk dasar dan ditambahkan  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  NPK. Sistem tanam konvensional menggunakan jarak tanam  $25 \times 25 \text{ cm}^2$ . Sementara pada sistem tanam jarak legowo menggunakan tipe 2:1. Parameter penelitian adalah hasil padi yang kemudian dilakukan analisis ANOVA menggunakan SPSS dan diuji lanjut menggunakan DMRT 5%.

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa perlakuan pemupukan dilakukan pada baris ke 1-4 dari arah timur ke barat sementara pada baris 5-8 tidak dilakukan pemupukan. MFC diletakkan pada baris ke 3-6 dari arah timur ke barat. Pada setiap plot diberi pembatas berupa fiber untuk menghilangkan pengaruh antar plot. Ulangan dilakukan pada setiap baris. MFC ditempatkan pada perakaran tanaman padi yang disisipkan ke dalam tanah sawah dengan anoda

berada didalam tanah (kondisi anaerob) sementara katoda berada di udara sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. Detail plot penelitian

Tabel 1. Perlakuan Penelitian

Perlakuan	Non Pupuk (C0)		Pupuk (C1)	
	Konvensional(B0)	Jajar legowo(B1)	Konvensional(B0)	Jajar legowo(B1)
Non MFC (A0)	A0B0C0	A0B1C0	A0B0C1	A0B1C1
MFC (A1)	A1B0C0	A1B1C0	A1B0C1	A1B1C1



Gambar 2. Microbial fuel cell (kiri) dan pengaplikasian *microbial fuel cell* pada padi sawah (kanan)

## Pembahasan

*Microbial Fuel Cell* (MFC) merupakan sebuah perangkat yang mampu menghasilkan energi listrik melalui pemanfaatan bakteri elektroaktif, sebagai katalisator, untuk mengoksidasi bahan organik dan menghasilkan arus listrik (Sun *et al.*, 2016; Tamboli & Eswari, 2018; Wetser

et al., 2015; Yamamoto *et al.*, 2014). Arus listrik yang dihasilkan oleh MFC dihasilkan dari aktivitas metabolik yang bersifat elektroaktif pada permukaan anoda (Chouler & Di Lorenzo, 2015). Strain bakteri mampu menghasilkan arus listrik yaitu Proteobacteria, Firmicutes dan Acidobacteria (Zhang *et al.*, 2015). MFC terdiri atas anoda, katoda, bahan konduktif (resistor). Anoda dan katoda dihubungkan dengan bahan konduktif. MFC dapat diaplikasikan pada tanah sawah sebagaimana telah dilakukan oleh (Fakhiruddin *et al.*, 2018; Kouzuma *et al.*, 2014; Pham *et al.*, 2019; Rizzo *et al.*, 2013). Hasil pengaruh dan interaksi MFC, sistem tanam dan pemupukan terhadap hasil padi ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh MFC, sistem tanam dan pemupukan terhadap hasil padi

No	Perlakuan	Hasil padi (ton.ha <sup>-1</sup> )
1	A1B0C0	2.19 <sup>*a</sup>
2	A1B0C1	2.36 <sup>*ab</sup>
3	A1B1C0	3.37 <sup>*abc</sup>
4	A1B1C1	4.82 <sup>*abcd</sup>
5	A0B0C1	5.83 <sup>*cd</sup>
6	A0B0C0	6.48 <sup>*de</sup>
7	A0B1C1	7.65 <sup>*def</sup>
8	A0B1C0	7.76 <sup>*defg</sup>

Keterangan: A0: Non MFC A1: MFC, B0: Sistem tanam konvensional B1: sistem tanam jajarlegowo, C0: Non pemupukan C1: Pemupukan. Perbedaan huruf menyatakan perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan hasil analisis (Tabel 2) diketahui bahwa perlakuan MFC, sistem tanam dan pemupukan secara bersama sama memberikan pengaruh terhadap hasil padi. Perlakuan dengan hasil paling tinggi pada A0B1C1 (non MFC, sistem tanam jajar legowo, Pemupukan) yaitu 7,76 ton.ha<sup>-1</sup> sementara perlakuan yang memberikan hasil terendah pada perlakuan A1B0C1 (MFC, Sistem tanam konvensional, Non pemupukan) yaitu sebanyak 2,19 ton.ha<sup>-1</sup>. Perbedaan yang sangat nyata terjadi pada perlakuan A1B0C0 terhadap A0B0C1, A0B0C0, A0B1C1 dan A0B1C0. Sementara dalam perlakuan A0 (Non MFC) tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap hasil padi.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa perlakuan sistem tanam jajar legowo dan sistem tanam konvensional memberikan hasil yang berbeda. Sesuai dengan (Bobihoe, 2013) padi sawah dengan sistem tanam konvensional, memiliki kelemahan yaitu jarak tanam yang rapat sehingga produktivitasnya rendah karena terjadi persaingan hara dan sinar matahari

serta serangan penyakit endemic setempat lebih tinggi daripada dengan sistem tanam yang lain. Sementara itu, sistem tanam jajar legowo mampu memberikan ruang yang lebih longgar dan populasi yang lebih tinggi. Pemberian MFC juga mempengaruhi hasil padi yang lebih rendah dari pada tidak menggunakan MFC, hal ini karena menurut (Gustave et al., 2019; Touch et al., 2017) MFC mampu meningkatkan potensi redoks tanah (Eh), menurunkan pH tanah, dan mengubah ketersediaan hara seperti fosfat, nitrogen, dan karbon. Perubahan hara dan penurunan pH menjadi faktor yang menurunkan hasil padi

## **Kesimpulan dan Saran**

Pemanfaatan Microbial Fuel Cell, sistem tanam dan pupuk secara bersama sama memberikan pengaruh terhadap hasil padi. Pelakuan terbaik pada A0B1C1 (non MFC, sistem tanam jajar legowo, Pemupukan) dengan hasil padi mencapai 7,76 ton.ha<sup>-1</sup> sementara perlakuan yang memberikan hasil terendah pada perlakuan A1B0C1 (MFC, Sistem tanam konvensional, Non pemupukan). Untuk penelitian selanjutnya dibutuhkan analisis mikroba dan hasil arus yang dihasilkan.

## **Ucapan Terimakasih**

Atas bimbingan dosen pembimbing serta bantuan pihak lain, kami ucapkan terimakasih.

## **Daftar Pustaka**

- Almatouq, A., Babatunde, A. O., Khajah, M., Webster, G., & Alfodari, M. (2020). Microbial community structure of anode electrodes in microbial fuel cells and microbial electrolysis cells. *Journal of Water Process Engineering*, 34(August 2019), 101140. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101140>
- 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>
- Chouler, J., & Di Lorenzo, M. (2015). Water quality monitoring in developing countries; Can microbial fuel cells be the answer? *Biosensors*, 5(3), 450–470. <https://doi.org/10.3390/bios5030450>
- Fakhiruddin, F., Amid, A., Wan Salim, W. W. A., & Azmi, A. S. (2018). Electricity Generation in Microbial Fuel Cell (MFC) by Bacterium Isolated from Rice Paddy Field Soil. *E3S Web of Conferences*, 34, 1–9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183402036>

- Gustave, W., Yuan, Z. F., Sekar, R., Toppin, V., Liu, J. Y., Ren, Y. X., Zhang, J., & Chen, Z. (2019). Relic DNA does not obscure the microbial community of paddy soil microbial fuel cells. *Research in Microbiology*, *170*(2), 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2018.11.002>
- Kouzuma, A., Kaku, N., & Watanabe, K. (2014). Microbial electricity generation in rice paddy fields: recent advances and perspectives in rhizosphere microbial fuel cells. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *98*(23), 9521–9526. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6138-0>
- Logan, B. E., & Regan, J. M. (2006). Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells. *Trends in Microbiology*, *14*(12), 512–518. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2006.10.003>
- Lovley, D. R. (2008). The microbe electric: conversion of organic matter to electricity. *Current Opinion in Biotechnology*, *19*(6), 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2008.10.005>
- Pham, D. D., Cai, K., Phung, L. D., Kaku, N., Sasaki, A., Sasaki, Y., Horiguchi, K., Pham, D. V., & Watanabe, T. (2019). Rice cultivation without synthetic fertilizers and performance of microbial fuel cells (MFCs) under continuous irrigation with treated wastewater. *Water (Switzerland)*, *11*(7), 1–15. <https://doi.org/10.3390/w11071516>
- Rahimnejad, M., Adhami, A., Darvari, S., Zirepour, A., & Oh, S. E. (2015). Microbial fuel cell as new technology for bioelectricity generation: A review. *Alexandria Engineering Journal*, *54*(3), 745–756. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.03.031>
- Rizzo, A., Boano, F., Revelli, R., & Ridolfi, L. (2013). Can microbial fuel cells be an effective mitigation strategy for methane emissions from paddy fields? *Ecological Engineering*, *60*, 167–171. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.033>
- Sun, H., Koal, P., Liu, D., Gerl, G., Schroll, R., Gattinger, A., Joergensen, R. G., & Munch, J. C. (2016). Soil microbial community and microbial residues respond positively to minimum tillage under organic farming in Southern Germany. *Applied Soil Ecology*, *108*, 16–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.07.014>
- Tamboli, E., & Eswari, J. S. (2018). Microbial fuel cell configurations: An overview. In *Biomass, Biofuels, Biochemicals: Microbial Electrochemical Technology: Sustainable Platform for Fuels, Chemicals and Remediation*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64052-9.00016-9>
- Touch, N., Hibino, T., Morimoto, Y., & Kinjo, N. (2017). Relaxing the formation of hypoxic bottom water with sediment microbial fuel cells. *Environmental Technology (United Kingdom)*, *38*(23), 3016–3025. <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1285965>
- Wetser, K., Liu, J., Buisman, C., & 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>

- Yamamoto, S., Suzuki, K., Araki, Y., Mochihara, H., Hosokawa, T., Kubota, H., Chiba, Y., Rubaba, O., Tashiro, Y., & Futamata, H. (2014). Dynamics of different bacterial communities are capable of generating sustainable electricity from microbial fuel cells with organic waste. *Microbes and Environments*, 29(2), 145–153. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME13140>
- Zhang, Y. C., Jiang, Z. H., & Liu, Y. (2015). Application of electrochemically active bacteria as anodic biocatalyst in microbial fuel cells. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 43(1), 155–163. [https://doi.org/10.1016/S1872-2040\(15\)60800-3](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(15)60800-3)