



# WARTA

## SUMBER DAYA LAHAN PERTANIAN

01

***Alternate Wetting and Drying (AWD)***  
sebagai Opsi Mitigasi GRK  
dari Lahan Sawah

02

**Menanam Bawang di Lahan Rawa :**  
Sortasi Bibit Bawang Merah Untuk  
Mendukung Pertanian Berkelanjutan  
Di Lahan Rawa

03

**Rekomendasi Pemupukan**  
Mendukung Modernisasi Pertanian  
pada Pertumbuhan Di Lahan  
Marginal

04

**Mikroba Tanah: Fondasi Pertanian**  
Masa Depan yang Modern

05

**Pemanfaatan *Fly Ash* dan *Bottom Ash***  
**(FABA) dalam Pertanian**



Kementerian Pertanian  
Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian  
Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Sumber Daya Lahan Pertanian

Warta

# SUMBER DAYA LAHAN PERTANIAN

Vol. 2 No. 1, April 2025

## *Alternate Wetting and Drying (AWD) sebagai Opsi Mitigasi GRK dari Lahan Sawah*

Ali Pramono dan Suharsih

Balai Perakitan dan Pengujian Lingkungan Pertanian, Pati

### RINGKASAN

**A**lternate wetting and drying (AWD) adalah teknologi untuk menghemat air namun dapat mempertahankan hasil gabah. Penerapan AWD yang benar dapat memberikan hasil yang diharapkan secara berkelanjutan untuk mengatasi kondisi kelangkaan air tanpa kehilangan produktivitas padi. Untuk mendapatkan hasil terbaik dari AWD, hal terpenting adalah memilih jenis tanah yang tepat, menjaga populasi tanaman secara optimal, menerapkan pemupukan nitrogen tepat waktu, dan menjaga durasi penggenangan dan pengeringan yang tepat. penggenangan air selama 2–3 minggu ditujukan juga untuk pengendalian gulma secara budaya. Koordinasi yang baik antar pemangku kepentingan dapat membantu mencapai manfaat maksimal dari AWD. Perlu didukung upaya untuk

meningkatkan ketangguhan petani dalam menghadapi perubahan iklim. Pendekatan ekonomi dan sosial-ilmiah dalam menerapkan AWD perlu dilakukan karena merupakan teknologi mitigasi prospektif yang dapat diterima petani.

### I. PENDAHULUAN

Beras adalah makanan pokok di sebagian besar penduduk dimana pada saat ini dalam budidayanya mendapat banyak tantangan antara lain degradasi lahan, kelangkaan air, biaya produksi yang terus merangkak naik dan perubahan iklim. Indonesia merupakan salah satu negara yang masih mengimpor beras dari negara lain untuk pemenuhan kebutuhan pangan. Kebutuhan akan beras yang tinggi mengharuskan pemerintah memproduksi beras lebih banyak agar dapat mengurangi impor. Penyediaan pangan dengan tantangan perubahan iklim memerlukan praktek manajemen yang dapat meningkatkan produktivitas namun meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Peningkatan gas rumah kaca (GRK) menyebabkan kenaikan suhu udara yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Perubahan iklim dapat berdampak pada bergesernya pola tanam, banjir dan kekeringan yang mengganggu ketersediaan air untuk pertanian. Perubahan iklim menyebabkan peningkatan frekuensi iklim ekstrim yang memicu peningkatan cekaman abiotik dan biotik pada tanaman. Diperkirakan, kebutuhan air untuk menghasilkan setiap kilogram beras membutuhkan sekitar 1900-5000 liter air atau rata-rata 2500 liter. Sistem pengairan yang diterapkan oleh petani Indonesia pada umumnya adalah tergenang secara terus menerus yang membutuhkan air dalam jumlah besar. Hal ini dapat berakibat pemborosan air irigasi dalam

#### DAFTAR ISI

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Alternate Wetting and Drying (AWD) sebagai Opsi Mitigasi GRK dari Lahan Sawah .....</i> | 1  |
| Sortasi Bibit Bawang Merah Untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan Di Lahan Rawa.....      | 7  |
| Rekomendasi Pemupukan Mendukung Pertumbuhan Sawit Di Lahan Marginal.....                   | 12 |
| Mikroba Tanah: Fondasi Pertanian Masa Depan yang Modern .....                              | 18 |
| Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) dalam Pertanian ....                             | 23 |

mengubah cara pengairan sawah yang tergenang terus-menerus dengan cara AWD sehingga dapat mengurangi emisi CH<sub>4</sub> hingga 78%. Teknologi AWD dapat dijadikan pertimbangan bagi pengambil kebijakan pertanian dalam meningkatkan produksi padi, menghemat sumberdaya air dan

jangka panjang dan dapat menyebabkan kelangkaan air. Kelangkaan air pada sektor pertanian juga merupakan salah satu ancaman yang sangat serius. Selain pemborosan air, pengairan terus menerus berdampak dalam peningkatan emisi GRK dari lahan sawah sehingga lahan sawah berperan penting dalam ketahanan pangan yang berkelanjutan.

## **II. EMISI GRK DARI LAHAN SAWAH DAN MITIGASINYA**

Pada tahun 2022, total emisi GRK dari sektor pertanian adalah sebesar 90,6 juta ton CO<sub>2</sub>-e yang berasal dari pembakaran biomas, lahan sawah, pemberian kapur, pupuk urea, N<sub>2</sub>O langsung dan tidak langsung dari pengelolaan lahan dan kotoran, serta dari peternakan. Emisi tertinggi berasal dari lahan sawah yaitu sebesar 29,5 juta ton CO<sub>2</sub>-e atau sebesar 32,6% dari total emisi GRK dari sektor pertanian (KLHK, 2024). Penggenangan menyebabkan kondisi reduktif pada lapisan olah tanah. Kondisi reduktif memicu produksi CH<sub>4</sub> oleh metanogen. CH<sub>4</sub> diemisikan dari lahan sawah ke atmosfer melalui tiga cara yaitu ebolusi, difusi dan transport yang dimediasi tanaman padi. Tanaman padi memediasi transport CH<sub>4</sub> dan O<sub>2</sub> melalui aerenkim terutama pada zona akar-batang dan menyediakan substrat dan eksudat akar serta dekomposisi akar tanaman yang telah mati bagi metanogen dan bakteri metanotrof (Vaksmas *et al.*, 2017).

Fluks CH<sub>4</sub> di lahan sawah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti praktek pengelolaan air, pemupukan organik dan anorganik, sifat fisikokimia dan geokimia tanah, suhu tanah dan udara, komposisi dan aktivitas mikroorganisme tanah, dan karakter fisiologi tanaman masing-masing kultivar padi. Masing-masing varietas berpengaruh terhadap fluks CH<sub>4</sub> karena perbedaan jumlah dan jenis eksudat akar (glukosa dan asam asetat). Eksudat akar mudah terdekomposisi dan cepat digunakan sebagai substrat yang penting bagi metanogen. Eksudat akar berpengaruh lebih dari separuh fluks CH<sub>4</sub> dari tanaman padi. Disamping berbeda jenis dan jumlahnya antar varietas, eksudat akar juga tergantung pada tahap pertumbuhan tanaman (Aulakh *et al.*, 2001). Perbedaan varietas padi dalam mengemisikan CH<sub>4</sub> ini juga berperan penting dalam mitigasi gas CH<sub>4</sub> dari lahan sawah.

Pengelolaan air pada lahan sawah dapat berupa pengairan macak-macak, pengeringan di tengah musim (*mid season drainage*), pengairan berselang, pengairan basah-kering (*Alternate wetting and drying/AWD*). Pengeringan merupakan praktek pengelolaan lahan yang penting untuk mengatasi kelangkaan air yang signifikan mengurangi penggunaan air dan emisi CH<sub>4</sub> dari lahan sawah. Pengelolaan air dengan 3 hari penggenangan dan 5 hari pengeringan sangat efektif menurunkan akumulasi logam berat As dan Cd dalam gabah. AWD adalah teknologi hemat air pada lahan sawah dimana petani padi dapat mengurangi penggunaan airnya. Teknologi AWD pertama kali dikembangkan oleh IRRI (*International Rice Research Institute*) pada tahun 2009 di

Philipina. Penerapan AWD di lahan sawah mampu menghemat penggunaan air irigasi tanpa menurunkan hasil padi serta dapat menurunkan emisi GRK.

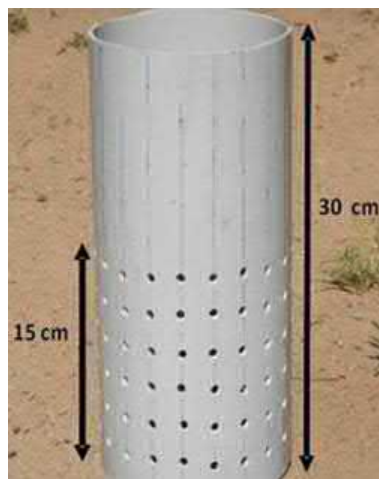
Hasil kajian yang dilakukan oleh Balingtan bekerjasama dengan *World Agroforestry Centre* (ICRAF) di Kabupaten Banyumas, Purbalingga dan Banjarnegara pada tahun 2016-2017 bahwa paket *Climate Smart Agriculture* (CSA) dimana pengairan AWD yang merupakan salah satu komponen teknologinya dapat meningkatkan hasil hingga 1,9 ton ha<sup>-1</sup> serta penurunan emisi GRK hingga sebesar 23% dibandingkan budidaya padi konvensional petani.

Penambahan bahan organik ke tanah bersamaan dengan teknik AWD mengemisikan CH<sub>4</sub> harian yang lebih rendah dibandingkan dengan tergenang terus-menerus (Pramono *et al.*, 2024). Implementasi AWD pada tanah lempung berdebu (*silt loam*) signifikan mengurangi emisi GRK sebesar 39,6% tanpa kehilangan hasil sedangkan pada tanah liat berdebu (*silty clay*) hanya mengurangi emisi sebesar 4% dibandingkan pada kondisi tergenang (Ariani *et al.*, 2020). Penambahan kompos dan biochar juga signifikan mengurangi emisi GRK terutama pada tanah pasiran.

## **III. PENERAPAN AWD PADA BUDIDAYA PADI**

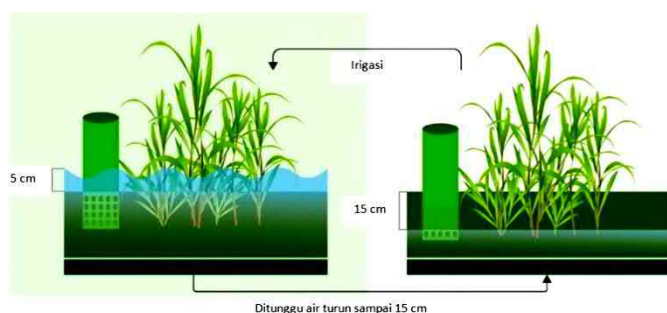
Teknologi AWD mudah dilakukan oleh petani dengan menggunakan alat yang sangat murah. Cara praktis untuk menerapkan AWD di lahan sawah yaitu dengan menggunakan pipa paralon yang disebut piezometer (Gambar 1). Panjang piezometer ini sekitar 30 cm – 100 cm dengan diameter 10-15 cm supaya permukaan air dapat terlihat dari luar. Pipa paralon dilubangi kecil-kecil di semua sisi, sehingga air mudah masuk dan keluar. Setelah itu, pipa dibungkus dengan kain kasa untuk menghalau tanah masuk kedalam pipa. Pemasangan piezometer dilakukan dengan membuat lubang pada tanah sawah dan benamkan sampai tersisa 15 cm – 20 cm di atas permukaan tanah. Air akan masuk melalui lubang pada pipa yang dipendam di dalam tanah. Piezometer harus ditempatkan di bagian yang mudah dijangkau dari pematang (tidak kurang dari 1 m) untuk memudahkan pemantauan, kedalaman air dan harus mewakili kedalaman air rata-rata yaitu tidak boleh di tempat yang tinggi atau tempat rendah. Piezometer ditanam sedalam 20 cm hingga separuh panjangnya tetap berada di permukaan. Tanah yang ada di dalam tabung dibuang, sehingga bagian bawah tabung terlihat. Kemudian dipastikan ketinggian air di dalam tabung sama dengan ketinggian air di lapangan.

Dalam menerapkan AWD, mula-mula lahan digenangi setinggi 2-5 cm dari permukaan tanah, kemudian kedalaman genangan air akan berkurang secara bertahap. Bila tinggi muka air sudah turun hingga 15 cm di bawah permukaan tanah, maka irigasi harus dilakukan dengan menggenangi lahan kembali setinggi 5 cm. Praktek ini dikenal sebagai AWD yang aman (Gambar 2). AWD dapat dimulai beberapa hari setelah tanam. Jika terdapat banyak gulma, AWD dapat



Gambar 1. Piezometer (kiri) dan pengukurannya di lapang (kanan)

ditunda selama dua hingga tiga minggu hingga gulma dapat dibasmi oleh air genangan. Dari satu minggu sebelum hingga satu minggu setelah pembungaan, lahan harus selalu dijaga tergenang pada kedalaman 5 cm di atas permukaan tanah untuk menghindari kekurangan air yang dapat mengakibatkan kehilangan hasil yang parah. Setelah pembungaan, selama pengisian dan pemasakan biji, ketinggian air dapat turun lagi hingga 15 cm di bawah permukaan tanah dan diairi kembali (AWD yang aman). Dalam AWD yang aman, penghematan air bisa mencapai 15 hingga 25 persen tanpa kehilangan hasil gabah. Kedalaman air dapat dibiarkan turun dari 15 cm menjadi 20 atau bahkan 25 cm di bawah permukaan tanah. Jumlah hari turunnya air bervariasi antara 1 hingga 10 hari tergantung pada sejumlah faktor seperti jenis tanah, cuaca, dan tahap pertumbuhan tanaman. Penentuan waktu dan frekuensi pergantian pembasahan dan pengeringan tergantung pada tahap pertumbuhan padi, cuaca dan kondisi lahan sawah yang disesuaikan oleh sistem budidaya padi yang digunakan.

Gambar 2. Skema penerapan *alternate wetting and drying* (AWD)

#### IV. AWD DAPAT MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN

Teknik pengairan AWD dapat diaplikasikan dengan berbagai metode. AWD dapat diintegrasikan dengan metode budidaya padi konvensional atau SRI, dimana AWD adalah komponen intinya. Banyak peneliti menyatakan bahwa AWD dapat mengurangi kebutuhan air. Namun, dampak penerapan AWD terhadap produktivitas padi berbeda-beda. Meskipun produktivitas air meningkat, produksi padi bisa menurun

bahkan sama dibandingkan dengan pengairan tergenang. Bouman dan Tuong (2001), menyatakan bahwa 92% perlakuan AWD menyebabkan penurunan produksi hingga 70% dibandingkan plot kontrol (tergenang). Pada sebagian besar kasus, hasil AWD lebih rendah dari yang digenangi. Namun, ketika AWD dipraktekkan di tanah asam ( $\text{pH} < 7$ ), hasilnya relatif baik. AWD juga berkinerja lebih baik pada tanah dengan bahan organik tinggi ( $> 1\%$ ) dibandingkan tanah dengan bahan organik rendah. Tekstur tanah tidak memiliki efek besar pada hasil dengan menggunakan AWD. Berkaitan dengan pengelolaan air, dilakukan pengamatan tahap fenologis di mana siklus pengeringan dikenakan (waktu AWD) dan tingkat pengeringan tanah (ambang AWD). Ketika AWD dilakukan selama tahap vegetatif hingga tahap reproduksi, tidak ada efek pada hasil. Ketika AWD dilakukan hanya selama fase vegetatif atau reproduksi, tidak ada pengurangan hasil ketika dipraktekkan sepanjang musim (Carrijo *et al.*, 2017).

Pada penggunaan AWD, dinamika hara di dalam tanah khususnya unsur C dan N dapat berubah dan mempengaruhi kesuburan tanah. Secara umum, AWD membuat tanah C dan N tidak stabil, karena dapat meningkatkan mineralisasi. Hal tersebut memiliki konsekuensi penting pada kehilangan C dan N sehingga terjadi penurunan efisiensi N. Beberapa studi dilakukan di berbagai negara penghasil beras pada sistem AWD dan pengaruhnya terhadap hasil gabah dan profitabilitas pertanian. Penggunaan AWD rata-rata meningkatkan emisi gas  $\text{N}_2\text{O}$  pada budidaya padi 2,8 kali dibanding yang digenangi. Pada percobaan yang dilakukan Lagomarsino *et al.*, (2016) menunjukkan jika AWD berpengaruh 75% dari seluruh emisi gas  $\text{N}_2\text{O}$  per musim tanam padi. Pada sisi yang berbeda, penggunaan AWD mampu mengurangi serapan arsen (As) pada budidaya padi hingga 52%. AWD juga mengurangi arsenik dalam butiran beras dan emisi  $\text{CH}_4$  dari sawah (Lahue *et al.*, 2016).

Dengan pengairan AWD, pertumbuhan tanaman dan hasil gabah akan lebih tinggi karena kondisi perakaran lebih bersifat oksidatif dengan masuknya oksigen ke dalam pori-pori tanah dan memungkinkan menguapnya racun asam-asam organik yang dihasilkan akar. Pengairan AWD

meningkatkan pertumbuhan struktur akar dan kanopi serta signifikan meningkatkan berat kering batang dan pelepah, cadangan karbohidrat dan mobilisasi unsur hara ke biji (Li *et al.*, 2018). Pembusukan akar akibat kelebihan air menyebabkan produktivitas tanaman, efisiensi dan produktivitas air irigasi menjadi rendah. Oleh karena itu sangat penting sekali kombinasi antara teknologi irigasi dengan pengaturan sistem pemberian air agar dapat memanfaatkan air secara efisien. Perlakuan AWD-15cm dan AWD-25cm dapat menghemat air irigasi berturut-turut sebesar 23 dan 27% serta dapat menurunkan emisi  $\text{CH}_4$  rata-rata sebesar 34 dan 42% dibandingkan kondisi tergenang secara terus menerus. Tabel 1 menunjukkan rata-rata hasil gabah tertinggi diperoleh dengan perlakuan AWD-15cm yaitu sebesar 5,90 ton GKG  $\text{ha}^{-1}$  sehingga AWD-15cm merupakan teknik pengairan yang aman untuk menghemat air pada lahan sawah (Setyanto *et al.*, 2018). Hasil penelitian Taufik dkk (2014) menunjukkan bahwa penggunaan AWD menghasilkan pertumbuhan, produksi dan keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengairan *intermittent* dan tergenang terus menerus. Tingkat produktivitas padi yang dicapai dengan metode AWD adalah 8,3 t  $\text{ha}^{-1}$ , sedangkan pengairan *intermittent* dan terus menerus menghasilkan masing-masing 7,8 dan 7,6 t  $\text{ha}^{-1}$ . Keuntungan yang diperoleh dalam usahatani padi dengan metode AWD mencapai Rp16,1 juta  $\text{ha}^{-1}$ , sedang pengelolaan air dengan metode *intermittent* dan pengairan tergenang masing-masing menghasilkan Rp14,1 juta  $\text{ha}^{-1}$  dan Rp13,4 juta  $\text{ha}^{-1}$ . R/C ketiga metode pengelolaan air masing-masing > 2,0 yang berarti metode tersebut layak diterapkan.

Tabel 1. Hasil gabah kering giling pada berbagai perlakuan air selama 4 musim tanam

| Perlakuan | Hasil GKG (ton/ha) |         |         |         | Rata-rata |
|-----------|--------------------|---------|---------|---------|-----------|
|           | Musim 1            | Musim 2 | Musim 3 | Musim 4 |           |
| Tergenang | 7,26               | 4,73    | 6,53    | 4,94    | 5,87      |
| AWD-15    | 6,94               | 4,94    | 6,83    | 4,89    | 5,90      |
| AWD-25    | 6,82               | 4,32    | 6,81    | 4,97    | 5,73      |

(Sumber : Setyanto *et al.*, 2018)

## V. AWD MENGHEMAT SUMBERDAYA AIR

AWD mendorong perkembangan akar yang lebih baik, sehingga mengurangi masalah rebah tanaman. Dalam sistem irigasi pompa, hal ini mengurangi biaya pemompaan dan konsumsi bahan bakar serta meningkatkan pendapatan sebesar USD 67 hingga 97 per hektar. Hal ini mengurangi 30 hingga 70 persen emisi  $\text{CH}_4$  tergantung pada kombinasi penggunaan air dan pengelolaan tunggul padi. Hal ini juga mendorong ketersediaan Zn yang lebih tinggi dalam tanah dan biji-bijian dengan memungkinkan aerasi tanah secara berkala, yang melepaskan seng dari bentuk tidak larut dan membuatnya tersedia untuk diserap oleh tanaman. AWD sebagai teknologi hemat air untuk budidaya padi sawah irigasi

telah diuji di lapangan dan divalidasi oleh petani padi di Filipina, Vietnam dan Bangladesh, Myanmar, dan Laos. AWD telah di-*massive*-kan dalam penyuluhan oleh lembaga penyuluhan formal dan LSM di sejumlah negara di Asia Tenggara. Materi pelatihan dan penyuluhan tentang AWD dimasukkan dalam kurikulum perguruan tinggi pertanian, universitas, dan skema sertifikasi penyuluhan.

Teknologi AWD selain mengefisienkan penggunaan sumberdaya air, juga meningkatkan perkembangan akar yang baik dan mengurangi masalah rebah tanaman. AWD sangat menguntungkan karena dapat menurunkan kebutuhan air irigasi apabila dibandingkan dengan perlakuan tergenang secara terus menerus. Kebutuhan air tanaman juga sangat tergantung dari umur tanaman, sifat fisik tanah, teknik pemberian air, waktu atau periode penanaman, luas areal yang diairi dan jarak dari sumber air sampai lahan pertanian, serta kondisi iklim setempat. Teknologi AWD sangat berihak kepada petani karena mengurangi biaya pemompaan, konsumsi bahan bakar dan meningkatkan pendapatan per hektar.

## VI. PENUTUP

Pengujian teknik AWD di Indonesia yang dilakukan di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) bekerja sama dengan *National Agriculture and food Research Organization* (NARO) pada tahun 2013-2016 membuktikan bahwa perlakuan AWD dapat menghemat air tanpa mengurangi hasil gabah. AWD juga sudah pernah diperkenalkan ke petani oleh peneliti dari BPTP Balitbangtan Yogyakarta bersama BPP Kalibawang Kabupaten Kulon Progo dengan memberikan pelatihan tentang penerapan teknologi AWD kepada anggota kelompok tani Ngudi Santosa (Dinas Pertanian dan Pangan Kulon Progo, 2018). Pada tahun 2018-2019 dilakukan penerapan AWD dalam budidaya padi CSA skala petani di sekitar Kantor Balingtan dengan menerapkan paket pemberian bahan organik, pengairan AWD, pengendalian OPT alami, dan sistem tanpa olah tanah atau olah tanah minimum. Penerapan CSA tersebut mampu mengurangi emisi GRK sebesar 7 -23%. Selain itu penerapan CSA ini juga mampu untuk meningkatkan manfaat ekonomi sebesar 42-129% (Yulianingrum *et al.*, 2019). Penerapan teknologi CSA dengan skala lebih luas dilakukan dalam proyek *Strategic Irrigation Modernization and Urgent Rehabilitation* (SIMURP) pada tahun 2021-2023 di 68 BPP 17 Kabupaten di 8 Provinsi dengan total luasan 88 ribu ha dan telah berkontribusi penurunan GWP. Penurunan GWP di demplot CSA rata-rata sebesar 40% dibandingkan non-CSA (4,6-74,9%). Peningkatan hasil gabah pada demplot CSA tersebut rata-rata sebesar 12,5% dibandingkan non-CSA. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan AWD dalam budidaya padi berpeluang mendukung perdagangan karbon di masa depan.

Di Indonesia, areal sawah beririgasi mencakup sekitar 4,8 juta hektar pada tahun 2016 dan mengalami pertumbuhan tahunan sebesar 0,6% (Kementan, 2016).

Ketika air tersedia dalam jumlah yang cukup dan didukung secara teknis dan semi teknis, petani cenderung mengelola lahannya secara kondisi tergenang. Sejak tahun 2007, pemerintah telah memperkenalkan irigasi berselang untuk budidaya padi hemat air pada program pengelolaan tanaman terpadu (PTT) dan *System of Rice Intensification* (SRI) yang diperkenalkan pada tahun 2008. Secara swadaya, kegiatan tersebut juga berkontribusi memitigasi GRK dari lahan sawah meskipun saat ini tidak ada luas lahan dan kegiatan tersebut sudah tidak diprogramkan oleh pemerintah.

Teknologi AWD dapat dijadikan pertimbangan bagi pengambil kebijakan pertanian dalam mengurangi emisi GRK, meningkatkan produksi padi, menghemat sumberdaya air dan meningkatkan ketangguhan petani dalam menghadapi perubahan iklim. Koordinasi yang baik antar pemangku kepentingan dapat membantu mencapai manfaat maksimal dari AWD. Peran PPL dan kelompok petani pemakai air sangat mendukung upaya untuk mengubah cara pengairan sawah yang tergenang terus-menerus dengan cara AWD. Penerapan AWD yang benar dapat memberikan hasil yang diharapkan secara berkelanjutan untuk mengatasi kondisi kelangkaan air tanpa kehilangan produktivitas padi. Dukungan teknologi juga diperlukan untuk merancang sistem pengatur irigasi berbasis *internet of things* (IoT) pada lahan sawah menggunakan metode AWD sehingga kadar air di lahan sawah dapat diatur secara otomatis dan mengirim informasi tersebut ke *smartphone*. Pendekatan ekonomi dan sosial-ilmiah dalam menerapkan AWD perlu dilakukan karena merupakan teknologi mitigasi prospektif yang dapat diterima petani. Teknologi mitigasi hanya akan berhasil diterima petani jika memperoleh keuntungan ekonomi meskipun secara tidak langsung bermanfaat terhadap lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, M, A. Pramono, F. Purnariyanto and E. Haryono. 2020. Soil chemical properties affecting GHG emission from paddy rice field due to water regime and organic matter amendment. The 4<sup>th</sup> International Conference on Climate Change 2019 (The 4<sup>th</sup> ICC 2019). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 423 (2020) 012066. doi:10.1088/1755-1315/423/1/012066.
- Ariani, M., E. Hanudin and E. Haryono. 2021. Greenhouse Gas Emissions from Rice Fields in Indonesia: Challenges for Future Research and Development. Indonesian Journal of Geography Vol. 53, No. 1, 2021 (30 – 44) DOI: <http://dx.doi.org/10.22146/ijg.55681>.
- Ariani, M., E. Hanudin and E. Haryono. 2022. The effect of contrasting soil textures on the efficiency of alternate wetting-drying to reduce water use and global warming potential. Agricultural Water Management. Vol 274. 1 December 2022, 107970.
- Bouwman, A.F., 1998. Environmental science: nitrogen oxides and tropical agriculture. Nature 392, 866–867.
- Carrijo, D.R., Lundy, M.E., Linquist, B.A., 2017. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: a meta-analysis. Field Crops Res. 203, 173–180.
- Dinas Pertanian dan Pangan Kulon Progo. 2018. Hemat Air di Sawah melalui Teknologi AWD. <https://pertanian.kulonprogokab.go.id/publikasi/detail/hemat-air-di-sawah-melalui-teknologi-awd>
- Gupta, D.K., Bhatia, A., Kumar, A., Das, T.K., Jain, N., Tomer, R., Malyan, S.K., Fagodiya, R.K., Dubey, R., Pathak, H., 2016. Mitigation of greenhouse gas emission from rice–wheat system of the Indo-Gangetic plains: through tillage, irrigation and fertilizer management. Agric., Ecosyst. Environ., Appl. Soil Ecol. 230, 1–9.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 2024. Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV) Tahun 2023. Volume 9. ISSN: 2830-2923.
- Kementerian Pertanian. 2016. Statistik Pertanian. Kementerian Pertanian.
- La Hue, G.T., Chaney, R.L., Adviento-Borbe, M.A., Linquist, B.A., 2016. Alternate wetting and drying in high yielding direct-seeded rice systems accomplishes multiple environmental and agronomic objectives. Agric. Ecosyst. Environ. 229, 30–39.
- Lagomarsino, A., A.E. Agnelli, Linquist B., M.A. Adviento-Borbe, A. Agnelli, G. Gavina, S. Ravaglia, and R.M. Ferrara. 2016. Alternate Wetting and Drying of Rice Reduced CH<sub>4</sub> Emissions but Triggered N<sub>2</sub>O Peaks in a Clayey Soil of Central Italy. Pedosphere 26(4): 533–548, doi:10.1016/S1002-0160(15)60063-7.
- Lampayan, R.M., Rejesus, R.M., Singleton, G.R., Bouman, B.A.M., 2015. Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. Field Crops Res. 170, 95–108.
- Li, Z., P. Letuma, H. Zhao, Z. Zhang, W. Lin, H. Chen, W. Lin. 2018. A positive response of rice rhizosphere to alternate moderate wetting and drying irrigation at grain filling stage. Agricultural Water Management. Volume 207, Pages 26-36.
- Linquist, B.A., Anders, M.M., Adviento Borbe, M.A.A., Chaney, R.L., Nalley, L.L., da Rosa, E.F.F., van Kessel, C., 2015. Reducing greenhouse gas emissions, water use, and grain arsenic levels in rice systems. Glob. Change Biol. 21, 407–417.
- Pramono, A., T.A. Adriany, N. Al Viandari, H.L. Susilawati, A. Wihardjaka, M.T. Sutriadi, W.A. Yusuf, M. Ariani, R. Wagai, T. Tokida and K. Minamikawa. 2024. Higher rice yield and lower GHG with cattle manure amendment is achieved by AWD. Soil Science and Plant Nutrition, 70:2, 129-138, DOI: 10.1080/00380768.2023.2298775.
- Taufik, M., Arafah, Basir Nappu dan Fadry Djufry. 2014 Analisis Pengelolaan Air dalam Usahatani Padi pada Lahan Sawah Irigasi di Sulawesi Selatan. Jurnal Pengkajian

dan Pengembangan Teknologi Pertanian Vol. 17, No1,  
Maret: 61-68.

- Vaksmas, A, Luke C, van Alen T, Vale G, Lupotto E, Jetten MS, Ettwig KF. 2016. Distribution and activity of the anaerobic methanotrophic community in a nitrogen-fertilized Italian paddy soil. *FEMS Microbiol Ecol* 92:fiw181. doi: 10.1093/femsec/fiw181.
- Yulianingrum, H, A. Pramono, Susilawati H.L. 2019. Penerapan Paket Teknologi Ramah Lingkungan untuk Mengurangi Emisi Metana (CH<sub>4</sub>) di Lahan Sawah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(1) : 149-157.
- Zhong, Li, Z, Z Li, W Muhammad, M Lin, S Azeem, H Zhao, S Lin, T Chen, C Fang, P Letuma, Z Zhang & W Lin. 2018. *Plant Growth Regulation* volume 84, pages 533–548.
- Zhou, Q., Ju, C. xin, Wang, Z. Qin, Zhang, H., Liu, L. Jun, Yang J. chang, & Zhang, J. Hua. 2017. Grain yield and water use efficiency of super rice under soil water deficit and alternate wetting and drying irrigation. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(5), 1028–1043.  
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61506-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61506-X)

# Menanam Bawang di Lahan Rawa : Sortasi Bibit Bawang Merah Untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan Di Lahan Rawa

Ani Susilawati<sup>(1)</sup>, Normahani<sup>(1)</sup> dan Dedi Nursyamsi<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Balai Perakitan dan Pengujian Pertanian Lahan Rawa

<sup>(2)</sup> Pusat Penyuluhan Pertanian

## RINGKASAN

Sortasi bibit bawang merah adalah proses pemilihan bibit berdasarkan kualitas, ukuran, dan kesehatannya untuk memastikan pertumbuhan yang optimal dan hasil panen yang tinggi. Di lahan rawa, praktik ini menjadi krusial karena kondisi tanah yang spesifik seperti tingkat keasaman tinggi dan fluktuasi air yang ekstrem. Penggunaan bibit berkualitas membantu tanaman lebih adaptif terhadap kondisi lahan rawa serta mengurangi risiko gagal panen. Sortasi yang efektif mendukung pertanian berkelanjutan dengan (1) Menghasilkan tanaman yang seragam dan sehat, sehingga hasil panen lebih tinggi dan konsisten dan dapat meningkatkan produktivitas, (2) Bibit sehat membutuhkan lebih sedikit pupuk dan pestisida, sehingga menjaga keseimbangan ekosistem, (3) Mengoptimalkan penggunaan lahan rawa secara berkelanjutan tanpa merusak lingkungan. Dengan teknik sortasi yang tepat, dapat meningkatkan hasil panen bawang merah secara ekonomis dan ekologis, mendukung keberlanjutan produksi dan kelestarian lingkungan. Tulisan ini bertujuan memberikan informasi tentang kegiatan sortasi bibit bawang merah di lahan rawa dalam upaya meningkatkan produktivitas bawang merah di lahan rawa secara efisien dan berkelanjutan.

## I. PENDAHULUAN

**B**awang merah merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan peran penting dalam kehidupan sehari-hari masyarakat Indonesia. Selain digunakan sebagai bumbu dapur, bawang merah juga memiliki manfaat kesehatan dan potensi sebagai bahan baku industri pangan serta farmasi. Tanaman ini memerlukan kondisi lingkungan yang spesifik untuk mencapai hasil optimal, termasuk kesesuaian lahan, kualitas bibit, dan teknik budidaya yang tepat (Supriyanto, 2019).

Permintaan bawang merah yang terus meningkat menjadikan budidaya bawang merah memiliki prospek yang menjanjikan bagi petani. Namun, keberhasilan budidaya bawang merah sangat dipengaruhi oleh kualitas bibit yang digunakan. Bibit yang unggul dan sehat akan menghasilkan tanaman yang lebih produktif dan tahan terhadap hama serta penyakit. Salah satu tahap penting dalam pembibitan bawang merah adalah kegiatan sortasi, yaitu pemilihan dan pemisahan bibit berdasarkan kualitas dan ukurannya. Sortasi bertujuan untuk memastikan hanya bibit yang sehat, seragam, dan berkualitas yang ditanam, sehingga

pertumbuhan tanaman lebih optimal dan hasil panen meningkat. Sortasi bibit merupakan proses pemilihan bibit unggul yang memiliki potensi pertumbuhan dan produksi tinggi. Kualitas bibit sangat mempengaruhi pertumbuhan, hasil panen, serta ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit (Hidayat et al., 2017). Bibit yang dipilih harus memiliki ukuran seragam, bebas dari penyakit, dan memiliki vigor yang baik. Pada lahan rawa, penggunaan bibit yang berkualitas sangat penting untuk mengatasi kondisi lingkungan yang kurang optimal (Nurhayati et al., 2020).

Lahan rawa merupakan salah satu alternatif area pertanian yang memiliki potensi besar untuk pengembangan budidaya bawang merah. Luas lahan rawa Indonesia diperkirakan mencapai 32.672.372 hm<sup>2</sup> yang terdiri dari 20.260.432 hm<sup>2</sup> (62,01 %) lahan pasang surut dan 12.411.940 hm<sup>2</sup> (37,99 %) lahan rawa lebak (BBSLDP, 2019). Pemanfaatan lahan rawa untuk budidaya bawang merah menghadapi beberapa tantangan terkait dengan karakteristik tanah dan air seperti kondisi drainase yang kurang baik dan risiko serangan hama yang lebih tinggi. Bawang merah berpotensi tumbuh dengan baik di lahan rawa jika permasalahan genangan dan keasaman tanah dapat dikelola dengan baik (Dinarti, 2011). Oleh karena itu, diperlukan teknik pembibitan yang sesuai untuk mengatasi kendala tersebut.

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang kegiatan sortasi bibit bawang merah di lahan rawa dalam upaya meningkatkan produktivitas bawang merah di lahan rawa secara efisien dan berkelanjutan.

## II. SORTASI BIBIT DALAM BUDIDAYA BAWANG MERAH

Sortasi bibit merupakan langkah awal yang sangat penting dalam budidaya bawang merah untuk memastikan kualitas dan produktivitas tanaman. Sortasi dilakukan untuk memilih bibit yang sehat, seragam, dan memiliki potensi tumbuh yang baik. Bibit yang berkualitas akan menghasilkan tanaman yang kuat, seragam dalam pertumbuhan, dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap hama dan penyakit (Hidayat et al., 2017). Dengan demikian, penerapan sortasi bibit yang efektif menjadi kunci dalam budidaya bawang merah yang sukses. Sortasi bibit juga membantu dalam mengurangi risiko gagal panen akibat bibit yang tidak layak tanam (Pujianto et al., 2023). Pada lahan rawa, penggunaan bibit yang berkualitas sangat penting untuk mengatasi kondisi lingkungan yang kurang optimal (Nurhayati et al., 2020).

Sortasi bibit dapat meningkatkan produktivitas bawang merah, hasil penelitian menunjukkan bahwa sortasi bibit dapat meningkatkan hasil panen hingga 25-30% dibandingkan dengan bibit yang tidak disortasi (Sari et al., 2018). Selain itu, tanaman yang berasal dari bibit yang disortasi secara seragam memiliki pertumbuhan yang lebih seragam, sehingga mempermudah perawatan dan pemanenan (Prasetyo dan Wibowo, 2019).

**Sortasi bibit bawang merah umumnya dilakukan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain:**

- **Ukuran Umbi:** Umbi yang dipilih sebaiknya memiliki ukuran seragam untuk memastikan keseragaman pertumbuhan. Ukuran yang ideal adalah umbi dengan diameter 1,5–2,5 cm (Sari et al., 2018).
- **Kesehatan Umbi:** Bibit harus bebas dari penyakit dan kerusakan fisik, seperti luka atau bercak busuk yang dapat menyebabkan penularan penyakit pada tanaman (Wahyuni et al., 2021).
- **Vigor dan Daya Tumbuh:** Bibit yang baik memiliki vigor tinggi, ditandai dengan warna kulit umbi yang cerah dan tidak keriput. Bibit dengan vigor tinggi cenderung memiliki daya tumbuh yang kuat dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang optimal (Nurhayati et al., 2020).

**Metode sortasi bibit bawang merah dapat dilakukan secara manual atau mekanis:**

- **Sortasi Manual:** Dilakukan dengan cara visual berdasarkan ukuran, warna, dan kondisi fisik umbi. Meskipun sederhana, metode ini memerlukan ketelitian dan waktu yang lebih lama (Dewi et al., 2017).
- **Sortasi Mekanis:** Menggunakan alat sortasi yang dirancang untuk menyortir umbi berdasarkan ukuran dan berat. Mesin sortasi tipe rotary, misalnya, mampu meningkatkan efisiensi sortasi dengan kapasitas hingga 350 kg/jam (Pujiyanto et al., 2023).

**Kriteria sortasi meliputi:**

- **Ukuran Umbi:** Ukuran sedang (2-3 cm) cenderung memiliki pertumbuhan yang lebih seragam.
- **Warna Kulit Umbi:** Warna cerah dan mengkilap menandakan kesehatan dan kualitas yang baik.
- **Kondisi Fisik:** Tidak ada kerusakan fisik atau tanda-tanda penyakit pada umbi.

Sortasi menjadi amat penting karena perannya sebagai pemisah benih dari berbagai penyimpangan yang terbagi menjadi 3 parameter, yakni:

1. Campuran varietas lain.
2. Kesehatan umbi.
  - A. Jamur
    - Busuk leher batang (*Botrytis alii*)
    - Bercak ungu (*Alternaria porii*)
    - Busuk pangkal (*Fusarium sp*)
    - Antracnose (*Colletotricum gloesporoides*)
  - B. Bakteri busuk lunak
    - *Erwinia carotovora*
3. Kerusakan mekanis.

Sortasi bibit pada lahan rawa memerlukan pertimbangan khusus, seperti ketahanan bibit terhadap genangan air dan keasaman tanah. Teknik sortasi yang efektif pada lahan rawa meliputi pemilihan ukuran bibit yang seragam, seleksi bibit yang bebas penyakit, serta penyesuaian cara tanam agar bibit dapat beradaptasi dengan kondisi tanah yang lembab (Wulandari et al., 2022). Pemanfaatan teknologi sederhana, seperti alat sortasi mekanis, juga dapat meningkatkan efisiensi dalam proses sortasi bibit bawang merah.



Gambar 1. Proses sortasi bibit bawang merah di lahan rawa

### III. LAHAN RAWA DAN POTENSINYA UNTUK BUDIDAYA BAWANG MERAH

Lahan rawa merupakan ekosistem unik yang terbentuk akibat genangan air secara alami, baik secara terus-menerus maupun musiman, akibat drainase yang terhambat. Kondisi ini menyebabkan lahan rawa memiliki ciri khas fisik, kimia, dan biologis yang berbeda dari ekosistem lainnya. Di Indonesia, lahan rawa tersebar luas, terutama di pulau-pulau besar seperti Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Sulawesi. Pemahaman mendalam mengenai karakteristik lahan rawa sangat penting untuk pengelolaan dan pemanfaatannya secara berkelanjutan.

Berdasarkan rejim hidrologinya, lahan rawa di Indonesia dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe utama:

1. **Rawa Pasang Surut:** Lahan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut atau sungai. Berdasarkan frekuensi dan intensitas luapan air, rawa pasang surut dibagi menjadi empat tipe:
  - Tipe A: Selalu terluapi air pasang, baik pasang besar maupun kecil, sepanjang tahun.
  - Tipe B: Hanya terluapi saat pasang besar dan pada musim hujan.
  - Tipe C: Tidak terluapi air pasang, namun muka air tanah dipengaruhi oleh pasang surut dengan kedalaman kurang dari 50 cm.
  - Tipe D: Tidak pernah terluapi air pasang, dengan kedalaman muka air tanah lebih dari 50 cm.
2. **Rawa Lebak:** Lahan yang genangannya terutama dipengaruhi oleh curah hujan lokal dan limpasan dari daerah sekitarnya. Rawa lebak dikategorikan berdasarkan kedalaman dan lama genangan:

- Lebak Dangkal: Genangan  $\leq 50$  cm, berlangsung kurang dari 3 bulan per tahun.
- Lebak Tengahan: Genangan 50-100 cm, berlangsung antara 3 hingga 6 bulan per tahun.
- Lebak Dalam: Genangan  $>100$  cm, berlangsung lebih dari 6 bulan per tahun.

Lahan rawa, yang mencakup rawa pasang surut dan rawa lebak, memiliki potensi besar untuk budidaya bawang merah di Indonesia. Pemanfaatan lahan rawa sebagai area pertanian strategis dapat mengimbangi penyusutan lahan produktif di pulau-pulau utama akibat alih fungsi lahan. Namun, pengelolaan lahan rawa memerlukan teknik budidaya yang tepat, termasuk pemilihan varietas yang adaptif dan penerapan teknologi pengelolaan lahan yang sesuai.

Dengan pendekatan pengelolaan yang tepat, lahan rawa dapat dioptimalkan untuk budidaya bawang merah. Yasin *et al.* (2019) melaporkan bahwa pemberian pupuk KCl dengan dosis 300 kg per hektar di lahan rawa lebak menghasilkan produksi umbi basah bawang merah tertinggi, mencapai 10,3 ton per hektar. Darmawati (2017) menemukan bahwa pemberian pupuk organik sebanyak 10 ton per hektar memberikan pertumbuhan dan produksi bawang merah terbaik di lahan rawa lebak. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sortasi bibit dapat meningkatkan produktivitas hingga 30% dibandingkan dengan bibit yang tidak disortasi (Sari *et al.*, 2018). Sortasi juga berdampak pada uniformitas pertumbuhan tanaman sehingga mempermudah dalam pemeliharaan dan panen. Pada bawang merah, sortasi bibit berdasarkan ukuran dan kualitas dapat meningkatkan hasil umbi dan kualitas produksi secara keseluruhan (Prasetyo dan Wibowo, 2019).

Beberapa varietas bawang merah menunjukkan adaptasi yang baik di lahan rawa (Tabel 1). Penelitian menunjukkan bahwa bawang merah mampu menghasilkan umbi dengan hasil yang memadai ketika dibudidayakan di lahan rawa, varietas bawang merah seperti Sembrani, Maja Cipanas, Bima Brebes, dan Trisula menunjukkan adaptasi yang baik di lahan gambut, dengan hasil umbi basah masing-masing sebesar 18,7; 7,3; 7,2; dan 6,7 ton per hektar (Simatupang, 2022).

Tabel 1. Varietas bawang merah yang dapat beradaptasi di lahan rawa

| Varietas | Potensi hasil | Umur panen | Keterangan lainnya                                                   |
|----------|---------------|------------|----------------------------------------------------------------------|
| Bima     | 10 ton/ha     | 60 hari    | Tahan terhadap busuk umbi                                            |
| Trisula  | 23,21 ton/ha  | 55 hari    | Tahan simpan selama 5 bulan                                          |
| Sembrani | 9-24 ton/ha   | 54-56 hari | Baik ditanam pada musim kemarau<br>Berumbi besar (cocok untuk salad) |
| Tuk tuk  | 32 ton/ha     | 85 hari    | Baik ditanam pada musim kemarau                                      |



Gambar 2. Hasil panen bawang merah di lahan rawa (lokasi TSP BSIP Lahan Rawa)

#### IV. PENATAAN LAHAN RAWA PASANG SURUT

Menurut epistimologi bahasa, kata surjan diambil dari bahasa Jawa yang artinya *lurik* atau garis-garis. Hamparan surjan memang tampak dari atas seperti susunan garis-garis berselang seling antara bagian guludan (*raised bed*) dan bagian tabukan (*sunken bed*). Bagian atas sistem surjan biasanya ditanami oleh tanaman lahan kering (*upland*), seperti palawija, sayuran, dan hortikultura, sedangkan bagian bawahnya ditanami padi sawah (*lowland*). Dalam sistem surjan ruang dan waktu usahatani dioptimalkan dengan beragam komoditas dan pola tanam. Sistem sawah atau persawahan (untuk padi sawah) dan sistem tegalan untuk tanaman padi gogo dan palawija, atau sistem kebun untuk tanaman perkebunan/tanaman tahunan hanya dapat memberikan kontribusi secara partial kepada petani dengan basis utama hanya dengan satu komoditas. Misalnya pada sistem sawah, komoditas utama adalah padi (Susilawati *et al.*, 2018).

Menurut Soemartono dalam Noor (2004), penerapan sistem surjan di lahan rawa sangat sesuai dengan kondisi dan kendala lahan rawa yang berkaitan dengan kondisi hidrologi atau tata air yang belum dapat dikuasai secara baik yang menyebabkan resiko kegagalan dalam usaha tani sangat tinggi. Dengan kata lain, pengenalan surjan di lahan rawa dimaksudkan untuk menekan resiko kegagalan dalam usaha tani sehingga apabila gagal panen padi, masih ada panen palawija atau sayuran sebagai sumber pendapatan keluarga. Sistem surjan ini juga banyak diterapkan oleh petani Malaysia, Thailand dan Vietnam dalam pemanfaatan lahan rawa untuk pertanian (Noor, 2004).

Menurut Beets (1982), pertanian polikultur memberikan keuntungan antara lain, pemanfaatan sumberdaya yang lebih efisien dan lestari, karena hasil tanaman yang lebih banyak bervariasi dan dapat dipanen berturut-turut. Jika terjadi kegagalan panen pada salah satu tanaman budidaya, misalnya padi, maka petani masih dapat mendapatkan hasil panen dari tanaman yang lain, misalnya cabai atau palawija yang lain.

## V. PERTANIAN BERKELANJUTAN DI LAHAN RAWA

Pertanian berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan produktivitas secara ekonomi, menjaga kelestarian lingkungan, dan meningkatkan kesejahteraan sosial (Altieri, 2018). Menurut Sinukaban (1999), pertanian berkelanjutan didefinisikan sebagai pembangunan pertanian di suatu daerah yang tidak merusak lingkungan dan memberikan hasil tinggi, sehingga dapat memacu petani untuk terus berusaha lebih lanjut pada lahan tersebut.

Lahan rawa memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian karena ketersediaan air yang melimpah dan kesuburan tanah yang tinggi. Namun, tantangan dalam pemanfaatannya meliputi masalah keasaman tanah, genangan air, serta keterbatasan teknologi budidaya (Sagala et al., 2020). Oleh karena itu, penerapan teknik budidaya yang tepat, termasuk sortasi bibit yang berkualitas, menjadi kunci dalam mendukung pertanian berkelanjutan di lahan rawa. Pertanian berkelanjutan di lahan rawa memerlukan pendekatan terpadu yang mencakup pemilihan bibit unggul melalui proses sortasi yang ketat, pengelolaan lahan yang tepat, serta penerapan teknologi budidaya yang ramah lingkungan (Maftu'ah dan Susanti, 2019). Sortasi bibit yang tepat dapat meningkatkan keseragaman pertumbuhan, daya tahan tanaman terhadap kondisi lingkungan, serta hasil panen. Kegiatan sortasi bibit bawang merah dengan pendekatan pertanian berkelanjutan tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi yang lebih tinggi bagi petani.

Sortasi bibit tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Dengan memilih bibit yang sehat dan berkualitas, penggunaan pestisida dapat diminimalkan, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Wulandari et al., 2022). Selain itu, sortasi bibit membantu petani dalam mengelola input pertanian secara lebih efisien dan ekonomis.

## V. PENUTUP

Pertanian berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat tani melalui peningkatan produksi pertanian yang dilakukan secara seimbang dan memperhatikan daya dukung ekosistem, sehingga keberlanjutan produksi dapat terus dipertahankan dalam jangka panjang dengan meminimalkan kerusakan lingkungan.

Sortasi bibit bawang merah memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas, kualitas hasil panen dan keberlanjutan pertanian di lahan rawa. Implementasi sortasi yang tepat tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil, tetapi juga mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan. Pendekatan pertanian berkelanjutan dengan teknik sortasi

yang tepat mendukung optimalisasi lahan rawa dan keberlanjutan ekosistem.

## DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press.
- Beets, W.C. 1982. *Multiple Cropping and Tropical Farming System*. Gower Publ Co. Ltd. Hampshire.
- BBSDLP. 2019. *Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi*. Laporan Teknis/BBSDLP/2019, Edisi ke-1. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Darmawati, I. 2017. Pengaruh pemberian berbagai jenis kompos kotoran ternak terhadap pertumbuhan dan produksi berbagai varietas bawang merah (*Allium ascalonicum*) di lahan rawa lebak. *Jurnal Klorofil*, 9(1), 80-83.
- Dewi, N. M., Risvansuna, F., & Rusimah, S. Y. 2017. Keputusan Petani dalam Penyimpanan Benih Bawang Merah (Studi Kasus pada Kelompok Tani Ngudi Makmur Dusun Samiran, Parangtritis, Kretek Bantul, D.I. Yogyakarta).
- Dinarti, D. 2011. Perbanyak Tunas Mikro pada Beberapa Umur Simpan Umbi dan Pembentukan Umbi Mikro Bawang Merah pada Dua Suhu Ruang Kultur. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 39(2), 102-110.
- Hidayat, I. M., et al. 2017. Pengaruh Varietas dan Ukuran Umbi terhadap Produktivitas Bawang Merah. *Jurnal Hortikultura*, 21(3), 206-213.
- Maftu'ah, E., & Susanti, M. A. 2019. *Teknologi Inovatif dan Strategi Pengembangan Bawang Merah di Lahan Rawa*. Dalam Masganti et al. (Eds.), *Sumberdaya Lahan Rawa: Dukungan Teknologi Menuju Lumbung Pangan Dunia 2045* (hlm. 230-251). IAARD Press, Rajawali Press PT Raja Grafindo Persada, Depok.
- Noor. M. 2004. *Lahan Rawa.; Sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta, 241 hlm.
- Nurhayati, S., et al. 2020. Pemilihan Bibit Unggul Bawang Merah untuk Lahan Rawa. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 45-53
- Prasetyo, B. H., dan Wibowo, A. 2019. Sortasi Bibit Berdasarkan Ukuran dan Kualitas untuk Meningkatkan Hasil Umbi Bawang Merah. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(2), 55-63.
- Pujianto, M. R., Slamet, S., & Hudaya, A. Z. 2023. Perancangan Mesin Penyortir Ukuran Bawang Merah Tipe Rotary Kapasitas 350 KG/Jam. *Jurnal Crankshaft*, 6(1), 9-16
- Sagala, S. H., et al. 2020. "Pengelolaan Lahan Rawa untuk Pertanian Berkelanjutan." *Jurnal Pertanian Lahan Basah*, 2(1), 15-25.

- Sari, D. W., et al. 2018. Pengaruh Sortasi Bibit terhadap Produktivitas Bawang Merah. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 18(1), 34-40.
- Simatupang, R.S. 2022. Perspektif Pengembangan Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Lahan Gambut. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 16(1), 1-10
- Sinukaban, N. 1999. Pertanian berkelanjutan: Konsep dan implementasinya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 1(1), 1-10.
- Susilawati, A., Wahyudi, E., & Minsyah, N. (2018). Pengembangan Teknologi Untuk Pengelolaan Lahan Rawa Pasang Surut Berkelanjutan. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 6(1): 87–94.
- Supriyanto, S. P., M.P. 2019. "Kelompok Tani Makmur Panen Hasil Budidaya Bawang Merah di Lahan 8 Hektare." Dinas Pertanian Kabupaten Cilacap. <https://dispertan.cilacapkab.go.id/2019/10/04/kelompok-tani-makmur-panen-hasil-budidaya-bawang-merah-di-lahan-8-hektare/>
- Wulandari, R., et al. 2022. Teknik Sortasi Bibit Bawang Merah pada Lahan Rawa: Pendekatan Mekanis. *Jurnal Mekanisasi Pertanian*, 10(1), 22-30.
- Yasin, M., Pramudyani, L., Noor, A., dan Qomariah, R. 2019) Keragaan Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) pada Berbagai Dosis Pupuk KCl di Lahan Rawa Lebak. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 22(3), 275-284.

# Rekomendasi Pemupukan Mendukung Modernisasi Pertanian pada Pertumbuhan Sawit Di Lahan Marginal

Lutfi Izhar<sup>(1)</sup>, Salwati<sup>(2)</sup>, Yon Farmanta<sup>(2)</sup>, Jon Hendri<sup>(3)</sup>, Achmad Adi Surya Sustama<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Balai Perakitan dan Pengujian Pertanian Lahan Rawa

<sup>(2)</sup> Balai Penerapan Modernisasi Pertanian Jambi

<sup>(3)</sup> Badan Riset dan Inovasi Nasional

## RINGKASAN

Rekomendasi pemupukan berdasarkan analisis tanah bisa menjadi dasar pembentukan standarisasi instrumen fisik lahan perkebunan kelapa sawit. Standar ini bisa diaplikasikan di lokasi lainnya, dengan karakteristik lahan yang serupa. Upaya analisis hara tanah dan pembuatan rekomendasi pemupukan dilakukan diperkebunan sawit rakyat mitra PT. X di Jambi. Kegiatan lapang dilakukan pada tahun 2022. Tujuan penulisan ini adalah untuk mendiseminasikan rekomendasi pemupukan berdasarkan analisis tanah, daun dan pengamatan sawit dilapangan pada petani mitra PT X sebagai dasar mendukung modernisasi pertanian di lahan kelapa sawit.

## I. PENDAHULUAN

**A**lternatif peningkatan produktivitas tanaman kelapa sawit dapat dilakukan dengan cara perbaikan kualitas tanah melalui kesesuaian pemupukan hara spesifik lokasi (Agung *et al.* 2012 dan Ahmed *et al.* 2021). Penanganan hara tersebut dilakukan melalui aplikasi pemupukan yang sesuai kondisi spesifik tanah (Amsili *et al.* 2012). Pemupukan adalah penambahan hara ke dalam media tumbuh tanaman seperti tanah dan air untuk mendukung pertumbuhan maksimum tanaman apabila jumlah hara tersebut tidak dapat dipenuhi dari dalam media tumbuh (Armita *et al.* 2022 dan Bessou *et al.* 2017). Salah satu filosofi pemupukan adalah tingkat kecukupan bagi tanaman (*crop sufficiency level*) yang banyak diaplikasikan oleh berbagai negara dalam rangka membangun rekomendasi pemupukan dengan keramahan lingkungan (*environmentally friendliness*) yang tinggi (Defitri *et al.* 2012).

Dampak negatif aplikasi pemupukan terhadap tanaman, terhadap manusia maupun terhadap lingkungan akan timbul apabila implementasi filosofi pemupukan tidak diterapkan secara baik dan benar (Furumo *et al.* 2012). Saat ini tanah yang terkontaminasi bahan kimia dari aplikasi pemupukan anorganik berlebihan dan aplikasi pestisida tidak sesuai anjuran, semakin tersebar dan meluas di seluruh wilayah Indonesia. Upaya-upaya tertentu diperlukan untuk mencegah kerusakan tanah dan pencemaran lingkungan (polusi, pencemaran air dan eutrofikasi) di sekitar wilayah usahatani - oleh unsur kimia yang berlebihan saat diaplikasi dalam usaha budidaya (Ginting *et al.* 2018, Hariyanto. 2023 dan Herdiansyah *et al.* 2020). Perkembangan harga pupuk

yang semakin meningkat, mengharuskan petani dan pemangku kepentingan menerapkan aplikasi pemupukan yang lebih efisien dan efektif (Jacoby *et al.* 2017 dan Khalida *et al.* 2019). Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah dan mengurangi kontaminasi bahan kimia yang berlebihan pada tanah pertanian serta penerapan pupuk yang efisien adalah perakitan rekomendasi pemupukan berdasarkan uji tanah dan uji jaringan dalam tanaman/daun (Mahyendra *et al.* 2023). Analisis uji tanah dan uji jaringan dalam tanaman/daun merupakan upaya untuk implementasi pemupukan yang menjamin ketersediaan hara tanaman serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Mutsaers. 2019). Dengan ketepatan dosis pemupukan sesuai rekomendasi, ketepatan jenis pupuk, ketepatan aplikasi maka dasar standarisasi instrumen fisik lahan spesifik lokasi dapat dibangun dan didiseminasikan secara bertahap dan berkelanjutan pada ekosistem atau lahan yang cenderung sama dan pada komoditas tanaman kelapa sawit (Nunyai *et al.* 2016 dan Paterson *et al.* 2018).

Pentingnya membangun rekomendasi pemupukan berdasarkan kondisi hara tanah dan jaringan tanaman spesifik lokasi, maka salah satu perusahaan PT. X yang berada di Kabupaten Sarolangun dan merupakan Pabrik Kelapa sawit (PKS) yang bermitra dengan kebun sawit rakyat, merancang dan melakukan upaya membangun sistem pemberian unsur hara yang lebih baik dan efisien. Harapan secara umum melalui aplikasi rekomendasi pemupukan spesifik lokasi ini, produksi akan meningkat dan dapat terpenuhi bahan baku pabrik Kelapa sawit PT. X. Saat ini, produksi kelapa sawit didatangkan dari petani di sekitar Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi dan Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan.

Bentuk kemitraan yang terjalin antara perusahaan dan petani akan lebih dieratkan melalui bantuan pupuk pada musim yang akan datang berdasarkan analisis hara dan jaringan tanaman tersebut. Melalui sampel kegiatan pembangunan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi ini, dapat menjadi dasar dalam pembuatan standarisasi instrumen fisik lahan khususnya di ekosistem yang serupa.

Jenis tanah *Typic Hapludults* dengan kondisi lahan marginal dan ekosistem lahan kering dataran rendah iklim basah, maka standar instrumen fisik lahan berupa aplikasi rekomendasi pemupukan spesifik lokasi dapat diupayakan seoptimal mungkin. Tujuan penulisan adalah untuk mendiseminasikan rekomendasi pemupukan berdasarkan

analisis tanah, daun dan pengamatan sawit dilapangan pada petani mitra PT X sebagai dasar mendukung modernisasi pertanian di lahan kelapa sawit.

## II. PENGAMBILAN SAMPEL TANAH DAN SAMPEL DAUN UNTUK ANALISIS HARA

Lahan perkebunan sawit mitra PT X terletak di kabupaten Sarolangun provinsi Jambi dan kabupaten Musi Rawas Utara provinsi Sumatera Selatan. Hasil pengamatan dilapangan menunjukan lahan berada pada kawasan tanah mineral dengan ketinggian tempat 30-50 mdpl. Jenis tanahnya berdasarkan peta tanah berupa Podsolik Merah Kuning atau *Typic Hapludults* yang terletak pada relief atau tingkat kemiringan lereng antara datar sampai bergelombang

yang secara umum termasuk berombak (3-8%), *landform* / bentukan lahan merupakan dataran vulkanik tua dengan bahan induk tuf dasit, granit dan andesit. Data pengambilan sampel daun sebanyak 58 lokasi atau mewakili luasan 1200 ha. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada tahun 2022. Adapun umur tanaman mulai dari 5 tahun sampai 17 tahun setelah tanam. Perhitungan luas areal, jumlah tanaman perhektar berdasarkan data yang diambil dengan Drone yang selanjutnya data diolah dengan *Google earth* dan Arch-Gis. Sedangkan data tahun tanam diperoleh dari petugas kebun dilapangan. Lokasi Perkebunan sawit pada Kabupaten Musi Rawas terdiri dari Bukit Melintang, Sungai Liam dan Lake. Rataan Jumlah Tanamn dari ketiga lokasi sebesar 122/Ha. Tabel 1 menunjukkan hasil analisis tanah Kebun Mitra PT X.

Tabel 1. Hasil Analisis Tanah Kebun Mitra PT X

| No | Kode Sampel<br>(tempat pengambilan sampel) | pH<br>H <sub>2</sub> O | N<br>Total | C<br>Organik | K<br>dd     | Ca<br>dd | Mg<br>dd | Na<br>dd | P<br>tersedia<br>(Bray) | P<br>HCl | K<br>HCL |
|----|--------------------------------------------|------------------------|------------|--------------|-------------|----------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|    |                                            |                        | %          |              | cmol(+)kg-1 |          |          |          | Ppm                     |          |          |
| 1  | Rupit Datar<br>(Musi Rawas)                | 4.92                   | 0.69       | 5.22         | 0.01        | 0.09     | 0.04     | 0.005    | 26.56                   | 21.0     | 41.0     |
| 2  | Rupit Bukit<br>(musi Rawas)                | 5.25                   | 0.41       | 2.47         | 0.01        | 0.01     | 0.04     | 0.01     | 24.48                   | 8.7      | 19.9     |
| 3  | Pelawan<br>Sarolangun                      | 4.53                   | 0.57       | 1.48         | 0.01        | 0.08     | 0.44     | 0.01     | 39.38                   | 66.2     | 17.3     |

Analisis kadar hara total contoh daun pelepah ke-17 menjadi dasar dalam perhitungan rekomendasi pupuk kelapa sawit. Satu contoh sampel daun dapat mewakili 20-40 hektar lahan kebun sawit. Hasil analisis contoh sampel daun

dibandingkan dengan tabel kecukupan hara, selanjutnya dibuat perhitungan dengan metode DRIS untuk melihat keseimbangan hara yang terdapat pada tanaman kelapa sawit.

Tabel 2. Hasil analisis daun ke-17 kebun PT X di Kabupaten Musi Rawas Utara

| No       | Kode<br>Sampel/Lokasi<br>Lahan | N<br>Total | P Total | K Total | Ca Total | Mg dd | Na<br>Total | Fe Total | Zn Total |
|----------|--------------------------------|------------|---------|---------|----------|-------|-------------|----------|----------|
|          |                                | %          |         |         |          | Ppm   |             |          |          |
| <b>A</b> | <b>Kebun Bukit Melintang</b>   |            |         |         |          |       |             |          |          |
|          | Rata-rata                      | 4.43       | 0.16    | 0.17    | 0.03     | 0.06  | 0.003       | 16.27    | 17.55    |
| <b>B</b> | <b>Kebun Sungai Lake</b>       |            |         |         |          |       |             |          |          |
|          | Rata-rata                      | 1.82       | 0.06    | 0.20    | 0.03     | 0.05  | 0.003       | 29.81    | 27.65    |
| <b>C</b> | <b>Kebun Sungai Liam</b>       |            |         |         |          |       |             |          |          |
|          | Rata-rata                      | 2.66       | 0.15    | 0.20    | 0.03     | 0.03  | 0.03        | 19.65    | 31.84    |

### III. KECUKUPAN HARA DALAM MENENTUKAN REKOMENDASI PEMUPUKAN

Dalam menentukan rekomendasi pemupukan, beberapa pendekatan dilakukan diantaranya berdasarkan kebutuhan hara untuk tingkat produksi tertentu dan berdasarkan tingkat kecukupan hara pada daun sampel pelepah ke-17 untuk tanaman menghasilkan, selain itu rekomendasi pupuk juga dibuat berdasarkan pertimbangan keseimbangan hara pada tanaman, pada Tabel 3 yaitu perbandingan tingkat

ketersediaan hara untuk tanaman dibawah dan diatas enam tahun setelah tanam.

Hasil analisis hara pada tanaman sampel dibandingkan dengan hara pada tabel tingkat kecukupan hara, jika konsentrasi haranya baik, maka aplikasi pupuk yang dilakukan selama ini bagus dan harus dilanjutkan. Jika konsentrasi haranya berlebihan, maka pemberian pupuk yang dilakukan terlalu berlebihan, biaya yang dihabiskan untuk pembelian pupuk tersebut tidak akan meningkatkan hasil panen.

Tabel 3. Konsentrasi Hara pada Pelepah Sawit Umur > 6 tahun

| Unsur hara                                                                                 | Tingkat hara |           |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|------------|
|                                                                                            | Defisien     | Baik      | Berlebihan |
| <i>Hara makro (N, P, K, Mg); konsentrasi hara dalam % pada massa daun kering</i>           |              |           |            |
| Nitrogen (N)                                                                               | < 2.30       | 2.40—2.80 | > 3.00     |
| Fosfor (P)                                                                                 | < 0.14       | 0.15—0.19 | > 0.25     |
| Kalium (K)                                                                                 | < 0.75       | 0.90—1.20 | > 1.60     |
| Magnesium (Mg)                                                                             | < 0.20       | 0.25—0.40 | > 0.70     |
| <i>Hara mikro (B, Cu, Zn); konsentrasi hara dalam satuan miligram per kilo daun kering</i> |              |           |            |
| Boron (B)                                                                                  | < 8.0        | 15—25     | > 40       |
| Tembaga (Cu)                                                                               | < 3.0        | 5.0—8.0   | > 15       |
| Seng (Zn)                                                                                  | < 10         | 12—18     | > 20       |
| <i>Kandungan hara lainnya (Ca, S); konsentrasi hara dalam % pada massa daun kering</i>     |              |           |            |
| Kalsium (Ca)                                                                               | < 0.25       | 0.50—0.75 | > 1.0      |
| Belerang (S)                                                                               | < 0.20       | 0.25—0.35 | > 0.60     |

### IV. REKOMENDASI PEMUPUKAN

Penentuan jenis dan dosis pupuk pada masa Tanaman Menghasilkan (TM) didahului dengan penyusunan rekomendasi pemupukan. Rekomendasi pemupukan mengikuti tahapan penentuan *leaf sampling unit* (LSU), pengambilan sampel tanah dan daun di setiap LSU, analisa tanah dan tanam-an (terutama daun), dan penentuan jenis dan dosis pupuk itu sendiri.

Rekomendasi dosis pupuk pada TM sesuai hasil analisis tanah dan daun serta mempertimbangkan keseimbangan hara dan pengamatan pohon sawit dilapangan masing-masing dengan perhitungan per pohon dengan target produksi 25 ton per hektar jika menggunakan pupuk majemuk ataupun pupuk-pupuk tunggal. Pemberian pupuk dibuat dua pilihan yaitu dua tahap dengan selisih waktu pemberian pertama dan kedua 6 (enam) bulan pemberian pupuk bisa bergeser ke minggu berikutnya sesuai dengan kondisi kelembaban tanah dan curah hujan.

Tabel 4. Rekomendasi Waktu dan Dosis Pupuk Majemuk NPK (12 % N; 12 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 17 % K<sub>2</sub>O dan 0.75% B) dengan Pemberian 2 Tahap, di Musi Rawas

| No | Rekomendasi Pupuk<br>Jenis Pupuk           | Juni 2022 |          | Juli 2022 |          | Januari 2023 |          | Februari 2023 |          |
|----|--------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------------|----------|---------------|----------|
|    |                                            | Minggu 1  | Minggu 3 | Minggu 2  | Minggu 4 | Minggu 1     | Minggu 3 | Minggu 2      | Minggu 4 |
| A  | Kebun Bukit Melintang                      |           |          |           |          |              |          |               |          |
| 1  | Urea N 46% (kg)                            | -         | -        | 1.5       | -        | -            | -        | -             |          |
| 2  | TSP P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 46% (kg) | -         | 0.5      | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 3  | NPK (12;12;17+0.75 B)                      | -         | -        | -         | 5.5      | -            | 4.5      | -             | -        |
| 4  | Dolomit (22 % MgO)                         | 3.25      | -        | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| B  | Kebun Sungai Lake                          |           |          |           |          |              |          |               |          |
| 1  | Urea N 46% (kg)                            | -         | -        | 2         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 2  | TSP P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 46% (kg) | -         | 0.5      | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 3  | NPK (12;12;17+0.75 B)                      | -         | -        | -         | 4.5      | -            | 4.5      | -             | -        |
| 4  | Dolomit ( 22 % MgO)                        | 3.25      | -        | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| C  | Kebun Sungai Liam                          |           |          |           |          |              |          |               |          |
| 1  | Urea N 46% (kg)                            | -         | -        | 1.5       | -        | -            | -        | -             | -        |
| 2  | TSP P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 46% (kg) | -         | 0.5      | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 3  | NPK (12;12;17+0.75 B)                      | -         | -        | -         | 5.5      | -            | 4.5      | -             | -        |
| 4  | Dolomit ( 22 % MgO)                        | 3.25      | -        | -         | -        | -            | -        | -             | -        |

Tabel 5. Rekomendasi waktu dan dosis pupuk tunggal dengan pemberian 2 tahap, lokasi Musi Rawas

| No | Rekomendasi Pupuk<br>Jenis Pupuk            | Juni 2022 |          | Juli 2022 |          | Januari 2023 |          | Februari 2023 |          |
|----|---------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------------|----------|---------------|----------|
|    |                                             | Minggu 1  | Minggu 3 | Minggu 2  | Minggu 4 | Minggu 1     | Minggu 3 | Minggu 2      | Minggu 4 |
| A  | Kebun Bukit Melintang                       |           |          |           |          |              |          |               |          |
| 1  | Urea N 46 % (kg)                            | -         | -        | 3         | -        | -            | -        | -             | 2.5      |
| 2  | TSP P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 46% (kg)  | -         | 2.5      | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 3  | KCl K <sub>2</sub> O 60% (kg)               | -         | -        | -         | 4        | -            | 3.5      | -             | -        |
| 4  | Dolomit (22 % MgO)                          | 3.5       | -        | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 5  | Borat (kg)                                  | -         | -        | -         | 0.2      | -            | -        | -             | -        |
| B  | Kebun Sungai Lake                           |           |          |           |          |              |          |               |          |
| 1  | Urea N 4 % (kg)                             | -         | -        | 3.5       | -        | -            | -        | -             | 3        |
| 2  | TSP P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 46% (kg)  | -         | 2.5      | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 3  | KCl K <sub>2</sub> O 60% (kg)               | -         | -        | -         | 3.5      | -            | 3.5      | -             | -        |
| 4  | Dolomit ( 22 % MgO)                         | 3.5       | -        | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 5  | Borat (kg)                                  | -         | -        | -         | 0.2      | -            | -        | -             | -        |
| C  | Kebun Sungai Liam                           |           |          |           |          |              |          |               |          |
| 1  | Urea N 46 % (kg)                            | -         | -        | 3         | -        | -            | -        | -             | 2.75     |
| 2  | TSP P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 46 % (kg) | -         | 2        | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 3  | KCl K <sub>2</sub> O 60 % (kg)              | -         | -        | -         | 3.5      | -            | 3.5      | -             | -        |
| 4  | Dolomit (22 % MgO)                          | 3.5       | -        | -         | -        | -            | -        | -             | -        |
| 5  | Borat (kg)                                  | -         | -        | -         | 0.2      | -            | -        | -             | -        |

## V. CARA PEMUPUKAN

Penentuan jenis dan dosis pupuk pada masa Tanaman Menghasilkan (TM) didahului dengan penyusunan rekomendasi pemupukan. Rekomendasi pemupukan mengikuti tahapan penentuan *leaf sampling unit* (LSU), pengambilan sampel tanah dan daun di setiap LSU, analisa tanah dan tanam-an (terutama daun), dan penentuan jenis dan dosis pupuk itu sendiri.

### 5.1 Menggunakan Pupuk Majemuk Sebagai Pupuk Utama

**5.1.1 Tahap-1.** Pada tanah yang ber-pH rendah (< pH 4,5) maka harus didahului ameliorasi dengan pemberian dolomit atau kapur sebelum semua pupuk diaplikasikan. Tujuan pembenahan adalah untuk meningkatkan pH tanah ke arah optimal adalah didasarkan pada kandungan CaCO<sub>3</sub> pada bahan pembenah yang digunakan (Serikat Petani Kelapa Sawit Indonesia. 2016). Jika dolomit sudah diberikan maka hara Mg (yang terkandung dalam dolomit) harus diperhitungkan pada tahun kedua setelah aplikasinya. Hara Mg dari dolomit baru dapat terlarut dan diserap tanaman jika setelah setahun aplikasi. Pembenah tanah dapat ditabur melingkar dan merata di piringan pohon mulai jarak 1,5 m dari pohon ke arah luar piringan.

**5.1.2 Tahap-2.** Aplikasikan pupuk NPK majemuk setelah selesai seluruh penaburan bahan pembenah. Jarak (selang) waktu dari penaburan bahan pembenah tanah ke pemupukan NPK adalah berkisar 2 minggu sampai 1 bulan.

**5.1.3 Tahap-3.** penaburan pupuk urea yang digunakan untuk mencukupi dosis pupuk N yang kurang dengan menggunakan NPK.

**5.1.4 Tahap-4.** Penaburan pupuk mikro dapat dilakukan langsung setelah penaburan pupuk majemuk. Lokasi penaburannya adalah di ketiak daun paling bawah atau di

piringan pohon (dekat ke pohon). Tidak semua pupuk mikro diperlukan karena kandungannya dalam tanah juga biasanya sudah mencukupi. Pupuk mikro yang perlu diberikan ke dalam tanah di perkebunan kelapa sawit biasanya Boron pada lahan gambut atau lahan vulkanis (Sipayung *et al.* 2016 dan Sulardi. 2022). Unsur hara Cu atau Zn, dapat diberikan pada tanah gambut atau tanah mineral yang memang mengalami defisiensi hara mikro ini (Suriana. 2019).

### 5.2 Menggunakan pupuk-pupuk tunggal

**5.2.1 Tahap-1.** Pada tanah yang ber-pH rendah (< pH 4,5) maka harus didahului dengan pemberian dolomit atau kapur sebelum semua pupuk diaplikasikan. Tujuan ameliorasi adalah untuk meningkatkan pH tanah ke arah optimal yang didasarkan pada kandungan CaCO<sub>3</sub> pada bahan pembenah yang digunakan digunakan (Serikat Petani Kelapa Sawit Indonesia. 2016). Jika dolomit sudah diberikan maka hara Mg (yang terkandung dalam dolomit) harus diperhitungkan pada tahun kedua setelah aplikasinya. Hara Mg dari dolomit baru dapat terlarut dan diserap tanaman jika setelah setahun aplikasi. Pembenah tanah dapat ditabur melingkar dan merata di piringan pohon mulai jarak 1,5 m dari pohon ke arah luar piringan, atau dapat juga ditabur di luar piringan yang tidak ditumbuhi gulma.

**5.2.2 Tahap-2.** Aplikasikan pupuk fosfat segera setelah selesai seluruh ameliorasi selesai dilakukan. Penaburan TSP melingkar dan merata di piringan pohon mulai dari jarak 1,5 m dari pohon ke arah luar piringan.

**5.2.3 Tahap-3.** Dua minggu setelah selesai penaburan seluruh pupuk fosfat maka dapat diaplikasikan pupuk Urea. Penaburan Urea melingkar dan merata di piringan pohon mulai jarak 1,5 m dari pohon sampai batas piringan.

**5.2.4 Tahap-4.** Dua minggu setelah selesai penaburan seluruh pupuk Urea maka dilanjutkan dengan aplikasi pupuk KCL.

Penaburan KCL melingkar dan merata di piringan pohon mulai jarak 1,5 m dari pohon sampai batas piringan.

**5.2.5 Tahap-5.** Penaburan pupuk mikro dapat dilakukan langsung setelah penaburan pupuk majemuk. Lokasi penaburannya adalah di ketiak daun paling bawah atau di piringan pohon (dekat ke pohon). Tidak semua pupuk mikro diperlukan karena kandungannya dalam tanah juga biasanya sudah mencukupi. Pupuk mikro yang perlu diberikan ke dalam tanah di perkebunan kelapa sawit biasanya Boron pada lahan gambut atau lahan vulkanis. Unsur hara Cu atau Zn, dapat diberikan pada tanah gambut atau tanah mineral yang memang mengalami defisiensi hara mikro ini.

Waktu pemupukan yang baik adalah jika curah hujan pada bulan aplikasi berkisar 150-200 mm, atau tanah dalam keadaan lembab sampai agak basah digunakan (Wahantran. 2019). Pemupukan sama sekali tidak dapat dilakukan bila curah hujan bulanan <60 mm atau >300 mm. Hal ini dilakukan untuk menghindari kehilangan pupuk akibat pencucian maupun penguapan. Oleh sebab itu perlu diperhatikan curah hujan pada bulan saat pemupukan, bulan atau waktu pemupukan dapat bergeser sesuai kondisi curah hujan setempat. Pemupukan dilakukan setelah dilakukan pembersihan lahan/piringan dan telah selesai dilakukan pruning pelepah. Dalam praktek di lapangan untuk perkebunan kelapa sawit dapat digunakan pedoman Waktu mulai memupuk adalah bila sudah turun hujan 50 mm/10 hari dan Waktu berhenti memupuk adalah bila curah hujan >30 mm/hari dan hari hujan 20 hari/bulan karena kondisi terlalu basah yang dapat mengakibatkan tanah jenuh air, atau jika tidak hujan selama >20 hari (terlalu kering).4.

#### IV. CARA PEMUPUKAN

1. Rekomendasi pemupukan berdasarkan analisis tanah, daun dan pengamatan sawit telah dilakukan di wilayah kerja PT X. Rekomendasi pemupukan yang di berikan berupa pemupukan: menggunakan Pupuk majemuk NPK (12;12;17+0.75 B) yang diberikan sekitar 9,5 s/d 10,5 kg dengan selang waktu 6 bulan, menggunakan Pupuk tunggal Urea N 46% (1 kg) TSP P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4% 0,5 kg dan Dolomit (22% MgO) 3.25 kg semua dosis diberikan untuk setiap satu tanaman diberikan bertahap dan disesuaikan kondisi cuaca saat pemberian.
2. Pemupukan pupuk yang diberikan harus disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman sawit seperti tanaman belum menghasilkan, tanaman menghasilkan, tanaman tua atau seedling.
3. Lakukan pemberian pupuk dengan tepat dosis, tepat cara, tepat waktu, tepat jenis dan tepat metode.
4. Aplikasi kebijakan dengan menerapkan rekomendasi pemupukan yang sesuai.

#### DAFTAR PUSTAKA

Agung AK, T Adiprasetyo dan Hermansyah. 2019. Penggunaan kompos tandan kosong kelapa sawit sebagai

substitusi pupuk NPK dalam pembibitan awal kelapa sawit. *JIPi*. 21(2): 75-81. Ammurabi SD, I Anas dan B Nugroho. 2020. Substitusi pupuk kimia dengan pupuk organik hayati. *Tanaman Lingkungan Vol 22 Ed 1*:10-15.

Ahmed A, Mohd Y B I and Abdullah A M, 2021, Oil palm in the face of climate change: A review of recommendations, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 646. 012065.

Amsili, J.P., van Es, H.M., & Schindelbeck, R.R. (2021). Cropping system and soil texture shape soil health outcomes and scoring functions. *Soil Security*, 4, 100012.

<https://doi.org/10.1016/j.soisec.2021.100012>

Armita D, Wahdaniyah, Hafsan, dan Amanah HA, 2022, Diagnosis Visual Masalah Unsur Hara Essensial pada Berbagai Jenis Tanaman, *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, Vol 16, Ed 1, Januari-April 2022, p. 139-150.

Bessou C, Verwilghen A, Beaudoin-Ollivier L, Marichal R, Ollivier J, Baron V, Bonneau X, Carron MP, Snoeck D, Naim M, Aryawan A AK, Raoul F, Giraudoux P, Surya E, Sihombing E, Caliman JP., 2017, Agroecological practices in oil palm plantations: examples from the field. *OCL Vol 24*: pp 1–16.

Darras KFA, Corre MD, Formaglio G, Tjoa A, Potapov A, Brambach F, Sibhat KT, Grass I, Rubiano AA, Buchori D, Drescher J, Fardiansah R, Hölscher D, Irawan B, Kneib T, Krashevskaya V, Krause A, Kreft H, Li K., 2019, Reducing fertilizer and avoiding herbicides in oil palm plantations—ecological and economic valuations, *Front for Glob Change Vol 2*:1–15.

Defitri Y, Nasamsir dan R Siahaan. 2022. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) terhadap pupuk cair super bionik pada pembibitan utama (Main nursery). *Media Pertanian Vol 7 Ed 1*: 18-22.

Furumo P.R., X. Rueda, J.S. Rodríguez, I.K. Parés Ramos, 2020, Field evidence for positive certification outcomes on oil palm smallholder management practices in Colombia, *J. Cleaner Product*. P 245.

Ginting EN, S Rahutomo dan ES Sutarta. 2018. Efisiensi serapan hara beberapa jenis pupuk pada bibit kelapa sawit. *Pendidikan Kepala Sawit*. Vol 26 Ed 2: 79-90.

Hariyanto, A., 2023, Evaluasi Kecukupan Hara Nitrogen, Fosfor, Kalium dan Boron Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di PT. Gemilang Makmur Sawit. S1 thesis, Universitas Jambi.

Herdiansyah H, Negoro H, Rusdayanti N, Shara S., 2020, Palm oil plantation and cultivation: prosperity and productivity of smallholders, *Open Agric Vol 5*: 617–630.

- Jacoby R., M. Peukert, A. Succurro, A. Koprivova, S. Kopriva, 2017, The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions, *Front. Plant Sci.* Vol 8, 1617.
- Khalida R, dan Adolf P.L., 2019. Manajemen Pemupukan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.), Studi Kasus pada Kebun Sungai Sagu, Riau, *Buletin Agrohorti* Vol. 7 Ed 2: 238 – 245.
- Mahyendra S, Hariyadi, Awang M., 2023. Evaluasi Teknis dan Manajerial Kegiatan Pemupukan Kelapa Sawit di Kabupaten Landak, Kalimantan Barat. *Buletin Agrohorti* Vol. 11 Ed 2 : 193 – 203.
- Mutsaers HJW., 2019, The challenge of the oil palm: using degraded land for its cultivation, *Outlook on Agric* Vol 48 :190–197.
- Nunyai, A.P., S. Zaman, dan S. Yahya, 2016. Manajemen pemupukan kelapa sawit di Sungai Bahaur Estate, Kalimantan Tengah. *Bul. Agrohorti.* Vol 4 Ed 2:165-172.
- Paterson RRM, and Lima N., 2018, Climate change affecting oil palm agronomy, and oil palm cultivation increasing climate change, require amelioration, *Ecol E* Vol 8 :452–461.
- Ramadhan S dan B Nasrul. 2022. Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dengan Pemberian Pupuk NPK dan Kompos Sekam Padi pada Media Inceptisol. *Jurnal Agrotek* Vol 6 Ed 1: 1-14.
- Serikat Petani Kelapa Sawit Indonesia, 2016, Standar Operasional Prosedur: Manajemen Pemupukan. Dokumen SOP Agro – 07/03.
- Sipayung H, K Amazihono, dan Al Manurung. 2021. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Pemberian Pupuk Urea Non Subsidi Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Pre Nursery. *Agrotekda* 5(1): 36-53.
- Sulardi L. 2022. Budidaya Tanaman Kelapa Sawit. PT Dewangga Energi Internasional, Bekasi.
- Suriana N. 2019. Budi Daya Tanaman Kelapa Sawit. Buana Ilmu Populer, Jakarta.
- Wahantran, 2019. Pengaruh Pupuk kandang Ayam Sebagai Substitusi Pupuk NPKMg (15:15:6:4) Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Pembibitan Utama. Skripsi. Jambi: Universitas Jambi.

# Mikroba Tanah: Fondasi Pertanian Masa Depan yang Modern

Nicho Nurdebyandaru

Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Sumber Daya Lahan Pertanian

## RINGKASAN

Pertanian modern menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan pangan global di tengah keterbatasan sumber daya, degradasi lahan, perubahan iklim, dan dampak negatif penggunaan input kimia sintetis. Dalam konteks ini, komponen biologis tanah, khususnya mikroba, menawarkan potensi yang belum sepenuhnya tergali sebagai kunci menuju pertanian yang lebih efisien, tangguh, dan berkelanjutan. Mikroba tanah memiliki peran fundamental dalam meningkatkan kesuburan lahan melalui fasilitasi siklus nutrisi, dekomposisi bahan organik, dan pembentukan struktur tanah yang ideal. Lebih lanjut, mikroba berkontribusi krusial sebagai agen biokontrol alami yang melindungi tanaman dari hama dan penyakit, membuka peluang untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia. Pemanfaatan strategis potensi mikroba lokal, yang telah beradaptasi dengan lingkungan spesifik, menjadi langkah penting dalam pengembangan bioproduk inovatif. Mengintegrasikan teknologi berbasis mikroba dengan praktik pertanian berkelanjutan lainnya penting untuk mewujudkan sistem pertanian yang sehat bagi tanah, tanaman, manusia, dan lingkungan. Memahami dan memberdayakan peran mikroba adalah pergeseran paradigma yang esensial untuk modernisasi pertanian dan menjamin ketahanan pangan di masa depan.

## I. PENDAHULUAN

**T**anah memiliki peran sentral dalam peradaban manusia. Sejak ribuan tahun lalu, manusia telah menjalin hubungan erat dengan lahan, terutama melalui aktivitas pertanian yang menjadi tulang punggung penyediaan pangan. Kualitas lahan adalah kunci produktivitas pertanian yang ditentukan oleh tiga komponen utama: fisika, kimia, dan biologi tanah (USDA 2001).

Secara tradisional, perhatian utama dalam upaya peningkatan kualitas lahan pertanian seringkali terfokus pada aspek fisika dan kimia tanah. Kondisi fisika, seperti tekstur dan struktur tanah, penting untuk aerasi dan drainase (Horn et al. 1994). Sementara itu, kondisi kimia tanah, terutama ketersediaan unsur hara, menjadi penentu utama kesuburan yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Sainju & Liptzin 2022). Fokus ini wajar mengingat sifat fisika dan kimia relatif mudah diukur dan dampaknya terhadap tanaman seringkali terlihat secara langsung, memberikan hasil yang relatif cepat dan terprediksi.

Namun, sektor pertanian kini dibayangi tantangan multidimensional: permintaan pangan global meningkat

seiring pertumbuhan populasi, sementara lahan pertanian terdegradasi, sumber daya air langka, dan dampak perubahan iklim kian tak terduga (Yuan et al. 2024). Pendekatan konvensional yang mengandalkan input kimia sintetis secara berlebihan mulai menunjukkan keterbatasan dan konsekuensi negatif jangka panjang, baik secara ekonomi, efisiensi, lingkungan, maupun kesehatan (Zhou et al. 2025). Situasi ini mendesak pencarian solusi inovatif yang lebih berkelanjutan.

Di tengah pencarian solusi inovatif yang berkelanjutan, perhatian mulai beralih ke sebuah *frontier* baru, komponen biologis tanah yang menyimpan potensi luar biasa. Di bawah permukaan tanah yang kita injak, tersembunyi "kota mikro" yang dihuni oleh triliunan organisme mikroskopis yang umum disebut sebagai mikroba tanah, yang mencakup bakteri, fungi/jamur, arkea, protozoa, dan lainnya (Fortuna 2012). Meski kompleks dan sulit dipahami sepenuhnya karena keragaman serta interaksinya yang rumit, mikroba memainkan peran vital yang krusial bagi kesehatan tanah dan pertumbuhan tanaman, serta bertindak sebagai "kekuatan tak terlihat" yang memengaruhi produktivitas di atas permukaan.

Dengan menyadari potensi dan peran multifungsi mikroba, pendekatan berbasis mikroba menawarkan pergeseran paradigma dalam pertanian modern. Mereka adalah sumber daya yang menjadi fondasi pertanian masa depan. Pemahaman dan pemanfaatan mereka membuka jalan menuju praktik pertanian yang lebih alami, efisien, tangguh, dan berkelanjutan.

## II. PERAN VITAL MIKROBA DALAM EKOSISTEM PERTANIAN

### Arsitek Kesuburan Tanah dan Peningkat Produktivitas

Dunia mikroba di dalam tanah bukanlah sekadar penghuni pasif; sebaliknya, mereka adalah "petani" pekerja keras tak terlihat yang secara fundamental membentuk dan memelihara ekosistem tanah, bertindak sebagai "arsitek kesuburan dan petani" yang vital bagi pertumbuhan tanaman dan peningkatan produktivitas pertanian. Peran mereka begitu mendasar, mulai dari mengolah nutrisi hingga membangun struktur tanah yang ideal.

Salah satu kontribusi terbesar mikroba adalah dalam efisiensi siklus nutrisi. Unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, seringkali tersedia di tanah dalam bentuk yang tidak dapat langsung diserap oleh akar tanaman. Di sinilah mikroba berperan. Misalnya, bakteri pengikat nitrogen dari genus *Rhizobium* dapat bersimbiosis dengan tanaman legum (kacang-

kacangan), mengambil gas nitrogen dari atmosfer yang tidak bisa digunakan tanaman dan mengubahnya menjadi amonia, bentuk nitrogen yang dapat diserap, melalui proses yang disebut fiksasi nitrogen (Vanderleyden et al. 2001). Contoh lain adalah fungi mikoriza yang bersimbiosis dengan akar sebagian besar jenis tanaman; fungi ini memperluas jangkauan akar, memungkinkannya menyerap fosfor (yang cenderung tidak mobil di tanah) serta unsur hara mikro lainnya dengan lebih efektif, sebagai imbalannya fungi mendapatkan karbohidrat dari tanaman (Smith & Read 2008).

Selain penyediaan nutrisi langsung, mikroba juga merupakan "dekomposer ulung" dalam ekosistem tanah. Mereka adalah organisme utama yang bertanggung jawab mengurai bahan organik mati, seperti sisa-sisa tanaman, pupuk kandang, atau seresah daun. Melalui proses dekomposisi ini, mikroba memecah molekul kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, melepaskan nutrisi yang terikat di dalamnya kembali ke tanah untuk diserap tanaman. Hasil akhir dari dekomposisi ini adalah pembentukan humus, materi organik stabil yang sangat penting untuk meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki sifat fisiknya (Raza et al. 2023).

Tidak hanya menyediakan nutrisi dan bahan organik, aktivitas mikroba juga krusial dalam membentuk "struktur tanah yang ideal". Banyak mikroba, terutama jenis jamur dengan hifanya yang panjang dan kuat, serta beberapa jenis bakteri yang menghasilkan senyawa perekat (polisakarida), berperan penting dalam mengikat partikel tanah menjadi agregat atau gumpalan kecil yang stabil (Rashid et al. 2016). Bentuk agregat ini menciptakan ruang pori dalam tanah, yang memungkinkan aerasi (pertukaran udara) dan drainase (aliran air) yang baik, sekaligus meningkatkan kemampuan tanah menahan air yang dibutuhkan oleh akar tanaman. Struktur tanah yang baik adalah fondasi bagi pertumbuhan akar yang sehat dan efisien.

Mengingat peran vital mikroba dalam siklus nutrisi, pemanfaatan mereka sebagai "biofertilizer alami" menjadi solusi menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis. Penggunaan biofertilizer seperti bakteri pengikat nitrogen (misalnya *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*) atau bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas*, *Bacillus*) dapat secara signifikan mengurangi kebutuhan akan pupuk kimia, meminimalkan dampak negatif lingkungan seperti pencemaran air dan emisi gas rumah kaca, serta menciptakan sistem pertanian yang lebih berkelanjutan secara ekologi (Kumar et al. 2021).

#### Mikroba dalam Perlindungan Tanaman

Selain berkontribusi pada kesuburan tanah, mikroba juga berperan sebagai "tim keamanan" bagi tanaman, memberikan mekanisme pertahanan biologis terhadap berbagai ancaman hama dan penyakit. Interaksi antara mikroba tanah dan akar tanaman menciptakan zona pertahanan alami di sekitar akar. Mikroba tertentu dapat

berfungsi sebagai "agen biokontrol". Mereka melindungi tanaman melalui beberapa mekanisme, termasuk kompetisi untuk mendapatkan ruang dan nutrisi dengan patogen, produksi senyawa antimikroba (seperti antibiotik atau enzim litik) yang membunuh atau menghambat pertumbuhan patogen, atau bahkan dengan menginduksi resistensi sistemik pada tanaman, membuat tanaman lebih mampu bertahan terhadap serangan di bagian lain tubuhnya (Li et al. 2021).

Contoh agen biokontrol berbasis mikroba yang sudah umum digunakan antara lain bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt), yang menghasilkan racun spesifik terhadap larva serangga hama (Azizoglu et al. 2023) dan fungi dari genus *Trichoderma*, yang efektif dalam mengendalikan berbagai penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen (Sood et al. 2020). Biokontrol berbasis mikroba lebih unggul dari pestisida kimia karena sifatnya yang spesifik hanya menyerang target hama/penyakit, tidak membahayakan organisme lain seperti penyerbuk atau mikroba tanah baik, serta tidak meninggalkan residu berbahaya, menjadikannya lebih aman bagi kesehatan dan lingkungan (Daraban et al. 2023).

Keanekaragaman mikroba tanah adalah kunci ketahanan ekosistem. Tanah dengan komunitas mikroba yang kaya memiliki jaring-jaring interaksi yang kompleks dan stabil. Dalam ekosistem semacam ini, sulit bagi satu jenis patogen atau hama untuk berkembang biak secara masif karena adanya populasi besar mikroba lain yang bertindak sebagai musuh alami, kompetitor, atau pendukung tanaman. Tanah yang hidup dengan keragaman mikroba yang kaya lebih mampu menahan tekanan dari serangan hama penyakit serta fluktuasi kondisi lingkungan (Chen et al. 2024). Penggunaan mikroba nyatanya mendukung pengurangan pestisida kimia, mendorong pertanian yang lebih aman, dan memulihkan keseimbangan ekologis lahan.

### III. MEMANFAATKAN POTENSI MIKROBA LOKAL: DARI RISET KE APLIKASI STRATEGIS

Setelah memahami ragam peran vital mikroba bagi kesuburan dan perlindungan tanaman, langkah selanjutnya adalah bagaimana potensi ini dapat benar-benar diwujudkan di lapangan. Kuncinya terletak pada sumber daya hayati yang paling relevan dan mudah diakses: mikroba lokal yang secara alami mendiami lingkungan pertanian spesifik di setiap wilayah.

Memanfaatkan potensi mikroorganisme tanah untuk pertanian berkelanjutan memerlukan langkah awal yang krusial: mengisolasi, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi mikroba unggul yang berasal dari lingkungan lokal. Sangat penting untuk menyadari bahwa setiap lokasi, dengan karakteristik tanah, iklim, dan tanaman yang berbeda, memiliki komunitas mikroba yang khas. Mikroba yang telah hidup dan beradaptasi secara alami di lingkungan lokal selama bertahun-tahun cenderung lebih tangguh dan efektif dalam

kondisi tersebut dibandingkan dengan mikroba dari tempat lain.

Oleh karena itu, penelitian yang fokus pada isolasi dan identifikasi mikroba-mikroba potensial yang secara alami berada di lahan pertanian setempat menjadi sangat strategis. Para peneliti menggunakan berbagai metode ilmiah untuk mengambil sampel tanah dan akar, mengisolasi potensi ribuan jenis mikroba di laboratorium, dan kemudian mengujinya secara sistematis. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroba mana yang memiliki sifat menguntungkan bagi tanaman, seperti kemampuan memacu pertumbuhan, melarutkan fosfat agar mudah diserap, atau menekan pertumbuhan patogen penyebab penyakit. Studi yang dilakukan oleh Ariyani et al. (2021) adalah contoh bagaimana skrining isolat dari perakaran kelapa pada lahan gambut dapat mengungkap potensi tersembunyi mikroba unggul yang memiliki kemampuan pemacu tumbuh tanaman terutama dengan menghasilkan Indole Acetic Acid (IAA), melarutkan fosfat dan menghasilkan beberapa enzim litik. Contoh lainnya, Nurdebyandaru et al. (2010) menemukan bakteri yang diisolasi dari perakaran cabai memiliki aktivitas kitinolitik pada kutu daun yang menjadi patogen pada tanaman cabai itu sendiri dan potensial untuk dikembangkan sebagai biokontrol.



Gambar 1. Pengujian bakteri pada kutu daun. Enzim kitinolitik yang dihasilkan bakteri mampu merusak badan kutu yang tersusun dari kitin menjadi lebih transparan (kanan) (Nurdebyandaru et al. 2010).

Mikroba unggul yang telah berhasil diisolasi dan dikarakterisasi kemudian menjadi bahan baku untuk pengembangan dan aplikasi bioproduk berbasis mikroba. Proses ini melibatkan perbanyakan mikroba terpilih dalam jumlah besar menggunakan teknik fermentasi di laboratorium atau fasilitas produksi. Setelah itu, mikroba hasil perbanyakan diformulasikan menjadi berbagai bentuk produk yang stabil dan mudah digunakan oleh petani, seperti cairan, bubuk, atau butiran. Produk-produk ini dapat berupa biofertilizer (mengandung mikroba pemacu pertumbuhan atau penyedia nutrisi), biopestisida (mengandung mikroba pengendali hama/penyakit), atau biostimulan (mengandung mikroba peningkat ketahanan dan pertumbuhan tanaman secara umum). Bioproduk ini kemudian diaplikasikan di lapangan melalui penyiraman, penyemprotan, atau perlakuan benih, membawa miliaran mikroba baik langsung ke lingkungan perakaran tanaman.

Bioproduk mikroba bukanlah solusi tunggal, melainkan komponen dalam sistem pertanian yang lebih holistik. Pemanfaatan bioproduk berbasis mikroba akan memberikan

dampak optimal jika diintegrasikan dengan praktik pertanian berkelanjutan lainnya. Misalnya, penerapan bioproduk mikroba pada tanaman akan lebih efektif bila dicampur dengan bahan organik yang dapat disediakan melalui pengelolaan limbah organik seperti pembuatan kompos atau penggunaan pupuk kandang (Kalasari et al. 2023). Rotasi tanaman dapat membantu menjaga keragaman mikroba tanah alami dan menciptakan kondisi yang kondusif bagi mikroba yang diaplikasikan. Praktik konservasi tanah seperti tanpa olah tanah juga turut menjaga habitat dan aktivitas mikroba. Dengan mengintegrasikan aplikasi mikroba dengan praktik-praktik ini, sinergi dapat tercipta yang meningkatkan efisiensi penggunaan input, memperbaiki kesehatan tanah secara keseluruhan, dan membangun sistem pertanian yang tangguh serta ramah lingkungan.

Meskipun potensi mikroba lokal sangat besar untuk modernisasi pertanian berkelanjutan, ada tantangan yang perlu diatasi, seperti edukasi petani, ketersediaan produk terstandar, dan regulasi suportif. Namun, di balik tantangan ini terbentang peluang besar: mengurangi ketergantungan kimia, meningkatkan kesuburan alami, hasil panen berkualitas, serta potensi produk berbasis mikroba yang luas, bahkan di luar sektor pangan seperti biofuel/energi dan biopolimer dengan memanfaatkan limbah pertanian (Priya et al. 2023).



Gambar 2. Contoh produk dan teknologi berbasis mikroba yang telah dihasilkan oleh Balitbangtan (sekarang BRMP). Kiri-kanan: Pupuk hayati Biotara untuk lahan rawa; pupuk hayati Agrimeth untuk tanaman pangan dan hortikultura; biofungisida Biotri-V untuk tanaman perkebunan terutama kakao (Balitbangtan 2021).

Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian (BRMP) yang sebelumnya bernama Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) telah menghasilkan ribuan teknologi inovatif dan penerapan inovasi kolaboratif yang diantaranya merupakan teknologi berbasis mikroba unggul lokal utamanya berupa pupuk hayati dan biopestisida (Balitbangtan 2021). Pengalaman dan hasil riset ini menjadi modal penting bagi pertanian Indonesia dan pemacu untuk terus melakukan perekayasaan teknologi dan produk berbasis mikroba lokal serta mendorong penerapan pertanian modern. Kolaborasi yang kuat antara lembaga penelitian, universitas, sektor swasta, dan pemerintah sangat diperlukan untuk mempercepat proses perakitan dan penerapan modernisasi pertanian berbasis mikroba. Dengan dukungan riset yang kuat dan kebijakan yang tepat, potensi mikroba lokal dapat sepenuhnya dimanfaatkan sebagai kunci menuju

masa depan pertanian Indonesia yang lebih cerah dan berkelanjutan.

#### IV. PENUTUP

Mikroba bukanlah sekadar organisme kecil yang tidak relevan; sebaliknya, mereka adalah petani dan pelaku pertanian yang memiliki peran fundamental. Makhluk tak kasat mata ini secara aktif berkontribusi pada kesehatan dan produktivitas tanah: meningkatkan kesuburan melalui siklus nutrisi, mendaur ulang bahan organik sebagai dekomposer, dan memperbaiki struktur tanah. Lebih jauh lagi, mikroba bertindak sebagai pelindung alami, menawarkan mekanisme biokontrol efektif yang mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia. Semua peran ini berkontribusi pada sistem pertanian yang lebih efisien, tangguh, dan harmonis dengan lingkungan.

Visi pertanian masa depan yang berbasis mikroba adalah sistem yang tidak lagi sepenuhnya bergantung pada input kimia, melainkan mengandalkan kekuatan alami ekosistem tanah. Hal ini menciptakan pertanian yang lebih tangguh, adaptif terhadap perubahan iklim, dan mampu menghasilkan pangan berkualitas tinggi dalam jumlah yang memadai untuk populasi yang terus bertambah. Pertanian masa depan diarahkan kepada pertanian yang sehat: untuk tanah, tanaman, petani, konsumen, dan bumi itu sendiri. Mewujudkan visi pertanian yang tangguh, lestari, dan sehat ini memerlukan langkah-langkah konkret. Salah satu langkah paling penting adalah dengan memanfaatkan potensi luar biasa dari mikroba lokal kita. Ini melibatkan investasi yang terus menerus dalam penelitian untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi mikroba unggul asli Indonesia, pengembangan bioproduk berbasis mikroba yang efektif dan terjangkau, serta integrasi teknologi berbasis mikroba ini secara cerdas dengan praktik pertanian berkelanjutan lainnya yang sudah ada.

Pemahaman, penghargaan dan dukungan terhadap teknologi berbasis mikroba dalam pertanian perlu menjadi gerakan bersama dari semua pihak yang terlibat: petani, peneliti, pembuat kebijakan, dan masyarakat umum. Meski ada tantangan dalam adopsinya, peluang yang ditawarkan sangatlah besar dan transformatif. Dengan memberi perhatian pada mikroba, kita tidak hanya berinvestasi pada produktivitas jangka pendek, tetapi juga membangun fondasi pertanian yang lebih kuat, lestari, dan penuh harapan untuk generasi saat ini dan di masa mendatang. Mikroba merupakan kawan dalam mewujudkan masa depan pertanian yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

Ariyani MD, Dewi TK, Pujiyanto S, Supriyadi A. 2021. Isolasi dan karakterisasi plant growth promoting rhizobacteria dari perakaran kelapa sawit pada lahan gambut. *Bioma*, 23(2): 159-171.

- Azizoglu U, Jouzani GS, Sansinenea E, Sanchis-Borja V. 2023. Biotechnological advances in *Bacillus thuringiensis* and its toxins: Recent updates. *Review in Environmental Science and Biotechnology*, 22: 319-348.
- Balitbangtan. 2021. 1000 Teknologi Inovatif dan Penerapan Inovasi Kolaboratif Balitbangtan. Mudiarta KG, Nurjaman (Eds). IAARD Press: Jakarta.
- Chen Q, Song Y, An Y, Lu Y, Zhong G. 2024. Soil microorganisms: their role in enhancing crop nutrition and health. *Diversity*, 16(12): 734.
- Daraban GM, Hlihor RM, Suteu D. 2023. Pesticides vs. Biopesticides: From Pest Management to Toxicity and Impacts on the Environment and Human Health. *Toxics*, 11(12):983.
- Fortuna A. 2012. The soil biota. *Nature Education Knowledge*, 3(10):1.
- USDA. 2001. *Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning*. Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute.
- Horn R, Taubner H, Wuttke M, Baumgartl T. 1994. Soil physical properties related to soil structure. *Soil and Tillage Research*, 30: 187-216.
- Kalasari R, Marlina N, Marlina, Husna N, Irnady. 2023. Application of organic fertilizer cow dung and biofertilizer in shallots (*Allium acalonicum* L.) in lowland. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 12 (1): 95-101.
- Kumar S, Diksha, Sindhu SS, Kumar R. 2021. Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*, 3:100094.
- Li J, Wang C, Liang W, Liu S. 2021. Rhizosphere microbiome: The emerging barrier in plant-pathogen interactions. *Frontiers in Microbiology*, 12: 772420.
- Nurdebyandaru N, Mubarik NR, Prawasti TS. 2010. Chitinolytic bacteria isolated from chili rhizosphere: Chitinase characterization and application as biocontrol for *Aphis gossypii*. *Microbiology Indonesia*, 4(3): 103-107.
- Priya AK, Alagumalai A, Balaji D, Song H. 2023. Bio-based agricultural products: a sustainable alternative to agrochemicals for promoting a circular economy. *RCS Sustainability*, 1: 746-762.
- Rashid MI, Mujawar LH, Shahzad T, Almeelbi T, Ismail IMI, Oves M. 2016. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological Research*, 183: 26-41.
- Raza et al. 2023. Unraveling the potential of microbes in decomposition of organic matter and release of carbon in the ecosystem. *Journal of Environmental Management*, 344, 118529.
- Sainju UM and Liptzin D. 2022. Relating soil chemical properties to other soil properties and dryland crop production. *Frontier in Environmental Science*, 10:1005114.

- Smith SE, and Read DJ. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd Edition, Academic Press: London.
- Sood M, Kapoor D, Kumar V, Sheteiwy MS, Ramakrishnan M, Landi M, Araniti F, Sharma A. 2020. Trichoderma: The "Secrets" of a Multitalented Biocontrol Agent. *Plants (Basel)*, 9(6):762.
- Vanderleyden J, Van Dommelen A, Michiels J. 2001. *Fix Genes*. Brenner S, Miller JH (Eds). Encyclopedia of Genetics. Academic Press: Massachusetts.
- Yuan et al. 2024. Impacts of global climate change on agricultural production: A Comprehensive Review. *Agronomy*, 14, 1360.
- Zhou W, Li M, Achal V. 2025. A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminant*, 11, 100410.

# Pemanfaatan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) dalam Pertanian

Laili Purnamasari, Ema Lindawati dan Linca Anggria

Balai Perakitan dan Pengujian Tanah dan Pupuk, Jl Tentara Pelajar No 2 Cimanggu Bogor

[Laili.purnamasari@gmail.com](mailto:Laili.purnamasari@gmail.com)

## RINGKASAN

**F**ly ash (abu terbang) adalah limbah yang berasal dari pembangkit listrik termal yang berbahan bakar batubara. Selain menghasilkan fly ash (abu terbang), juga dihasilkan limbah bottom ash (abu dasar) yang memiliki ukuran partikel lebih besar dibandingkan fly ash (abu terbang). Fly ash (abu terbang) mengandung Fe, Ca, Al, Si, K, Mg, Zn, B, Mn, Cu dan juga mengandung C dan N dalam jumlah rendah. Bottom ash (abu dasar) mengandung unsur hara makro dan mikro berupa P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu dan Zn. Selain mengandung hara esensial, fly ash (abu terbang) dan bottom ash (abu dasar) juga mengandung hara benefisial silika (Si) yang bermanfaat bagi tanaman. Sifat fisik Bottom ash (abu dasar) dapat di amati berdasarkan bentuk butirannya, warna, tampilan, ukuran butirannya, berat jenis (*specific gravity*), berat jenis kering (*dry unit weight*) dan penyerapan dari basah (*wet*) dan kering (*dry*). Sifat Kimia Bottom ash (abu dasar) Pembakaran batubara lignit dan sub/bituminous menghasilkan abu dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminus. Manfaat dari FABA diantaranya yakni campuran media tanam yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman tomat dan tidak terjadi gejala toksifikasi pada tanaman tomat dan Penggunaan fly ash (abu terbang) sebagai campuran bahan pupuk organik mampu meningkatkan pH pupuk. Penambahan FABA pada kompos dapat memperbaiki tekstur dan meningkatkan pH kompos.

## I. PENDAHULUAN

Fly ash (abu terbang) adalah limbah yang berasal dari pembangkit listrik termal yang berbahan bakar batubara (Haris et al. 2021). Selain menghasilkan fly ash (abu terbang), juga dihasilkan limbah bottom ash (abu dasar) yang memiliki ukuran partikel lebih besar dibandingkan fly ash (abu terbang) (Damayanti 2018). Pada Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, fly ash (abu terbang) dan bottom ash (abu dasar) masih tergolong limbah berbahaya dan beracun (B3). Setelah diberlakukannya PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kedua produk samping industri tersebut sudah tidak lagi digolongkan sebagai limbah B3. Keluarnya fly ash (abu terbang) dan bottom ash (abu dasar) dari daftar limbah B3 mendorong berbagai pihak untuk memanfaatkannya, salah satunya dalam kegiatan pertanian.

Pada kegiatan pertanian, fly ash (abu terbang) dan bottom ash (abu dasar) dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah karena terkandung hara esensial yang bermanfaat untuk meningkatkan kualitas tanah, pertumbuhan tanaman serta produktivitas tanaman. Menurut Ichriani et al. (2022), pembakaran batu bara pada pembangkit Listrik menghasilkan 5% polutan abu dimana 80-90% merupakan fly ash (abu terbang) dan sisanya merupakan bottom ash (abu dasar). Pada tahun 2019, Indonesia menghasilkan limbah fly ash (abu terbang) sebanyak 6,65 juta ton.

Menurut ASTM C.618, abu terbang didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batubara. Bottom ash (abu dasar) merupakan limbah pembakaran batubara yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada fly ash (abu terbang), sehingga Bottom ash (abu dasar) akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada industri atau kegiatan lainnya. Abu hasil pembakaran merupakan hasil penguraian mineral silikat, sulfat, sulfida, karbonat, dan oksida yang terdapat dalam batubara.

## II. KLASIFIKASI FLY ASH (ABU TERBANG)

Berdasarkan komposisi kimia dan sifat-sifat lainnya fly ash (abu terbang) diklasifikasikan menjadi Kelas C, Kelas F, dan Kelas N yang banyak digunakan dalam industri semen dan stabilitas tanah. Kelas C memiliki kadar kalsium tinggi (CaO) yang lebih dari 20% sehingga bermanfaat untuk pertukaran kation, dan flokulasi. Adapun proses pembentukan kelas C terdiri atas proses sementasi dan reaksi pozzolanik. Kelas F memiliki kadar CaO kurang dari 10% yang biasanya berasal dari batu bara bitumen dan antrasit terdiri terutama dari kaca alumino-silikat, dengan kuarsa, mullite, dan magnetit. Adapun proses pembentukan kelas F terdiri atas proses pozzolanik saja. Kelas N merupakan campuran mineral yang merupakan pozzolan mentah atau alami, seperti tanah diatom, abu vulkanik atau batu apung (Gamage et al 2011).

Berdasarkan Standar dari *American Society for Testing Materials* (ASTM), hanya mendefinisikan persyaratan kimia dan fisik untuk fly ash (abu terbang) kelas C dan F saja. Adapun menurut ASTM, fly ash (abu terbang) Kelas F tersedia dalam jumlah yang lebih besar, yang umumnya rendah kapur, kurang dari 15%, dan mengandung kombinasi silika, alumina, dan besi yang lebih banyak (lebih dari 70%) dibandingkan

dengan abu terbang Kelas C. Kelas F banyak digunakan untuk sebagai salah bahan penyusunan beton. *Fly ash* (abu terbang) Kelas C biasanya berasal dari batu bara yang menghasilkan abu dengan kandungan kapur lebih tinggi, umumnya lebih dari 15% bahkan sampai 30% (ASTM, 2003).

Tabel 1. Komposisi *fly ash* (abu terbang) kelas F, C dan N (% bobot) (Gamage et al 2011)

| Kelas   | Kandungan (%)    |                                |                                 |       |      |                 |                   |                 |
|---------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------|------|-----------------|-------------------|-----------------|
|         | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | Mn <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> |
| Kelas F | 54,90            | 25,80                          | 6,90                            | 8,70  | 1,80 | 0,60            | 0,07              | 0,06            |
| Kelas C | 39,90            | 16,70                          | 5,80                            | 24,30 | 4,60 | 3,30            | 0,55              | 0,86            |
| Kelas N | 58,20            | 18,40                          | 9,30                            | 3,30  | 3,90 | 1,10            | -                 | -               |



Gambar 1. Fly ash kelas F (kiri), fly ash (abu terbang) kelas C (tengah) dan partikel fly ash dengan 2000x zoom dengan SEM (kanan)

### III. KANDUNGAN HARA FABA

*Fly ash* (abu terbang) mengandung Fe, Ca, Al, Si, K, Mg, Zn, B, Mn, Cu dan juga mengandung C dan N dalam jumlah rendah (Ichriani et al. 2022). *Bottom ash* (abu dasar) mengandung unsur hara makro dan mikro berupa P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu dan Zn (Park et al. 2012). Selain mengandung hara esensial, *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) juga mengandung hara benefisial silika (Si) yang bermanfaat bagi tanaman. Silika pada *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) merupakan hara yang tertinggi dibandingkan hara lainnya dimana kandungannya mencapai 57,8% (Nurmegawati et al. 2020; Subiksa et al. 2021). Hara Si bermanfaat untuk meningkatkan laju fotosintesis dan resistensi tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik (Puteri et al. 2014). Hara Si juga bermanfaat untuk mencegah tanaman padi rebah (Dorairaj dan Ismail 2017). Menurut Hussain et al. (2021) hara Si dapat meningkatkan kekuatan batang.

Selain mengandung hara esensial dan benefisial, *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) juga mengandung logam berat. *Fly ash* (abu terbang) mengandung logam berat, seperti Ni, Cr, Pb, Cd, As, Hg, V dan Ba (Rejeki et al. 2014; Panda et al. 2015) sedangkan *bottom ash* (abu dasar) mengandung logam berat seperti Pb, Cd, Co, Cr, Ni, As dan Hg tetapi masih berada dalam jumlah yang normal (James et al. 2012). Hasil analisis toksisitas kimia dan biologi pada *fly ash* (abu terbang) menunjukkan logam berat yang terlindi sedikit bahkan hampir tidak beracun serta relatif tidak berbahaya (Dzantor et al., 2015; Damayanti 2018).

## IV. SIFAT FISIK DAN KIMIA *BOTTOM ASH* (ABU DASAR)

Sifat fisik *Bottom ash* (abu dasar) dapat di amati berdasarkan bentuk butirannya, warna, tampilan, ukuran butirannya, berat jenis (*specific gravity*), berat jenis kering (*dry unit weight*) dan penyerapan dari basah (*wet*) dan kering (*dry*). Berdasarkan warnanya semakin muda warna abu terbang batubara menunjukkan hasil pembakaran semakin sempurna. Selain itu, warna yang lebih muda juga mengindikasikan kandungan kalsium oksida yang tinggi namun kandungan karbonnya rendah, sedangkan warna yang lebih tua menunjukkan kandungan organik yang tinggi (Marzuki, 2000). Umumnya abu terbang batubara berwarna abu-abu dan bervariasi sampai hitam. Warna abu terbang ini dipengaruhi oleh waktu pembakaran pada tungku (Supriyono, dkk., 1994). Sifat Kimia *bottom ash* (abu dasar) Pembakaran batubara lignit dan sub/bituminous menghasilkan abu dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminus. Namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous. *Fly ash* (abu terbang) dan *Bottom ash* (abu dasar) terutama terdiri atas senyawa *silicate glass* yang mengandung Si, Al, Fe, Ca dan lainnya.

## V. MANFAAT FABA UNTUK PERTANIAN

FABA memiliki sejumlah unsur hara yang diperlukan tanaman demi menunjang pertumbuhan tanaman. Nilai pH pada FABA yang tinggi dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pH media tanam yang bersifat masam dan menjadi penunjang keberhasilan dalam upaya reklamasi dan revegetasi lahan pasca tambang dengan tanaman Mahoni (*Swietenia mahagoni*). Mahoni merupakan salah satu jenis tanaman yang pertumbuhan dan kemampuan beradaptasi yang cepat, sehingga tanaman ini umum digunakan pada kegiatan revegetasi pada lahan pasca tambang yang kurang subur (Izza et al., 2022).

*Fly ash* (abu terbang) sebagai campuran media tanam dapat meningkatkan tinggi tanaman tomat dan kadar klorofil daun (Wardhani dkk, 2012). Penggunaan *fly ash* (abu terbang) sebagai campuran bahan pupuk organik mampu meningkatkan pH pupuk yaitu dengan pH sebesar 8,52. Penggunaan *fly ash* (abu terbang) tidak memberikan efek pada besarnya kandungan N, P dan K.

*Fly ash* (abu terbang) sebagai bahan pupuk organik tidak berpotensi meracuni tanah karena mempunyai kandungan logam berat yang rendah yaitu jauh dibawah dari nilai/batas yang diizinkan pada standar mutu pupuk organik (Utami, 2018). Hal ini membuktikan bahwa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) (FABA) berpotensi untuk digunakan dalam bidang pertanian sebagai pupuk organik yang dapat mengurangi kehilangan air dan unsur hara pada tanah dengan tekstur berpasir (Khasanah dan Arief, 2022).

Pemanfaatan limbah *fly ash* (abu terbang) pada tanah gambut mampu meningkatkan pH dan ketersediaan hara esensial P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S dan Mo serta hara benefisial Si di dalam tanah. Selain meningkatkan ketersediaan hara esensial dan benefisial, penambahan *fly ash* (abu terbang) juga dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan maksimum, jumlah anakan dan bobot kering jerami (Nelvia 2018). Penambahan amelioran biomassa-*fly ash* (abu terbang) pada tanah gambut dapat meningkatkan diameter batang dan tinggi tanaman akasia. Air tanah gambut yang dipantau menggunakan alat piezometer tidak mengandung logam berat (Pb, Cd, Cor, Cr, Ni, As, Hg) hingga dua bulan setelah penambahan *fly ash* (abu terbang) (Subiksa et al. 2021). *Bottom ash* (abu dasar) juga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah untuk memperbaiki kualitas tanah masam (Nurmegawati et al. 2020). Pemanfaatan limbah abu batubara sebagai amelioran untuk tanah gambut memberikan respon positif terhadap pertumbuhan tanaman tebu pada media tanam tanah sub optimal gambut, yaitu menghasilkan anakan yang lebih banyak, menetralkan pH tanah sub optimal gambut, menaikkan nilai bobot tanaman dan tinggi tanaman.

## V. PENUTUP

*Fly ash* (abu terbang) adalah limbah yang berasal dari pembangkit listrik termal yang berbahan bakar batubara. Selain menghasilkan *fly ash* (abu terbang), juga dihasilkan limbah *bottom ash* (abu dasar) yang memiliki ukuran partikel lebih besar dibandingkan *fly ash* (abu terbang). *Fly ash* (abu terbang) mengandung Fe, Ca, Al, Si, K, Mg, Zn, B, Mn, Cu dan juga mengandung C dan N dalam jumlah rendah. *Bottom ash* (abu dasar) mengandung unsur hara makro dan mikro berupa P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu dan Zn. *Fly ash* (abu terbang) dan *Bottom ash* (abu dasar) terutama terdiri atas senyawa *silicate glass* yang mengandung Si, Al, Fe, Ca dan lainnya. Berdasarkan komposisi kimia dan sifat-sifat lainnya *fly ash* (abu terbang) diklasifikasikan menjadi Kelas C, Kelas F, dan Kelas N yang banyak digunakan dalam industri semen dan stabilitas tanah. Dengan kandungan kelas C memiliki CaO tertinggi dari 15-30%. Sifat fisik *bottom ash* (abu dasar) dapat di amati berdasarkan bentuk butirannya, warna, tampilan, ukuran butirannya, berat jenis kering (*dry unit weight*) dan penyerapan dari basah (*wet*) dan kering (*dry*).

FABA memiliki sejumlah unsur hara yang diperlukan tanaman demi menunjang pertumbuhan tanaman. Nilai pH pada FABA yang tinggi dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pH media tanam yang bersifat masam dan menjadi penunjang keberhasilan dalam upaya reklamasi dan revegetasi lahan pasca tambang dengan tanaman Mahoni (*Swietenia mahagoni*). Penggunaan *fly ash* (abu terbang) sebagai campuran bahan pupuk organik mampu meningkatkan pH pupuk. Pemanfaatan limbah *fly ash* (abu terbang) pada tanah gambut mampu meningkatkan pH dan

ketersediaan hara esensial P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S dan Mo serta hara benefisial Si di dalam tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Standard. ASTM C109:2003. Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars. USA: ASTM International; 2003.
- Damayanti R. 2018. Abu batubara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. *J Tekmira*. 14(3):213–231. doi:10.30556/jtmb.vol14.no3.2018.966.
- Damayanti R. 2018. Abu batubara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. *J Tekmira*. 14(3):213–231. doi:10.30556/jtmb.vol14.no3.2018.966.
- Dorairaj D, Ismail MR. 2017. Distribution of silicified microstructures, regulation of cinnamyl alcohol dehydrogenase and lodging resistance in silicon and paclobutrazol mediated *Oryza sativa*. *Front Physiol*. 8(Jul):1–19. doi:10.3389/fphys.2017.00491.
- E. Wardhani, M. Sutisna, dan A. Dewi, “Evaluasi Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly ash* (abu terbang)) Batubara Sebagai Campuran Media Tanam Pada Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*),” *J. Itenas Rekayasa*, vol. 16, no. 1, hal. 218821, 2012.
- Gamage N, K. Liyanage, S. Fragomeni, S. Setunge.2011. Overview of different type of fly ash (abu terbang) and their use as a building and construction material. Conference: International Conference of Structural Engineering, Construction and Management At: Kandy, Sri Lanka.
- Haris M, Ansari MS, Khan AA. 2021. Supplementation of fly ash (abu terbang) improves growth, yield, biochemical, and enzymatic antioxidant response of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Hortic Environ Biotechnol*. 62(5):715–724. doi:10.1007/s13580-021-00351-0.
- Ichriani GI, Ifansyah H, Maulana A, Fauwziah ER, Syifa M, Lutt BS, Jaya A, Chusnul Chotimah HEN, Pasaribu W. 2022. Application of Biocom-Phosphate Solubilizing Fungi and Coal Fly-Ash to Increase P-Availability of Peat Soil in Kalimantan. *J Trop Soils*. 27(3):111. doi:10.5400/jts.2022.v27i3.111-119.
- Izza, R. F., Nurkhamim, dan Gunawan, R. (2022). Overview Pemilihan Jenis Tanaman Revegetasi Untuk Perencanaan Reklamasi Lahan Bekas Tambang Berdasarkan Riwayat Penggunaan Lahan. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XVII Tahun 2022(ReTII)*, 2022(November), 306–3011.
- James AK, Thring RW, Helle S, Ghuman HS. 2012. Ash management review-applications of biomass bottom ash (abu dasar). *Energies*. 5(10):3856–3873. doi:10.3390/en5103856.
- Khasanah, L. Arief B. 2022. Pengaruh Penambahan FABA Terhadap Sifat Fisik dan Derajat Keasaman (pH)

Kompos. Jurnal Teknologi Separasi, Vol. 8, No. 3, September 2022

- Nelvia N. 2018. The use of fly ash (abu terbang) in peat soil on the growth and yield of rice. J Agric Sci. 40(3):527–535. doi:10.1017/S0021859618000163.
- Nurmegawati N, Iskandar I, Sudarsono S. 2020. Pengaruh abu dasar (bottom ash (abu dasar)) dan kompos kotoran sapi terhadap serapan hara, pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada lahan sawah bukaan baru. J Tanah dan Iklim. 44(1):51. doi:10.21082/jti.v44n1.2020.51-60.
- Panda SS, Mishra LP, Muduli SD, Nayak BD, Dhal NK. 2015. The effect of fly ash (abu terbang) on vegetative growth and photosynthetic pigment concentrations of rice and maize. Biologija. 61(2). doi:10.6001/biologija.v61i2.3143.
- Park ND, Michael Rutherford P, Thring RW, Helle SS. 2012. Wood pellet fly ash (abu terbang) and bottom ash (abu dasar) as an effective liming agent and nutrient source for rye grass (*Lolium perenne* L.) and oats (*Avena sativa*). Chemosphere. 86(4):427–432. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.10.052.
- Puteri EA, Nurmiaty Y, Agustiansyah A. 2014. Pengaruh aplikasi fosfor dan silika terhadap Pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill.). J Agrotek Trop. 2(2):241–245. doi:10.23960/jat.v2i2.2092.
- Rejeki YS, Nelvia, Saryono. 2014. Phytoremediation with *Acacia crassiparpa* on peat soil using fly ash (abu terbang) and dreg as ameliorants. Indones J Environ Sci Technol. 1(1):22–27.
- Subiksa IGM, Suastika IW, Husnain. 2021. The effect of fly ash (abu terbang) application to *Acacia* growth and heavy metals leaching on peatland. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 648(1). doi:10.1088/1755-1315/648/1/012161.
- Utami, “Pengaruh Cahaya terhadap Pertumbuhan Tanaman,” Fak. Pertan. Univ. Udayana, hal. 1–42, 2018.

**TIM REDAKSI. Penanggungjawab :** Asdianto, S.P., M.T ; **Ketua Redaksi :** Anggri Hervani, S.P. M.Sc; **Ketua Editor :** Dr. Maulia Aries Susanti, S.P., M.Sc; **Editor :** Dr. Ir. Muhrizal Sarwani, Ir. Rudi Eko Subandiono, M.Sc, Dr. Nicho Nurdebyandaru, S.Si., M.Sc., M.Agr, Laelatul Qodaryani, S.Kom; **Sekretariat :** Ferdiana Ayu Cahyaningtyas, A.Md; **Desain Sampul & Penata Isi :** Andriyan Priyatna, S.I.Kom.

## Petunjuk bagi Penulis

### Ketentuan Umum

Warta Sumber Daya Lahan Pertanian bertujuan untuk mempublikasikan tulisan semi ilmiah atau populer terkait sumberdaya lahan pertanian, perubahan iklim pertanian, informasi geospasial, serta hasil-hasil produk standar dan pengujian sumberdaya lahan pertanian.

### Ruang lingkup

Warta ini menerima tulisan-tulisan dari topik sumberdaya lahan dan perubahan iklim, meliputi:

- Data dan Informasi Geospasial
- Pengelolaan Sumber Daya Lahan
- Ilmu Tanah dan Pemupukan
- Agroklimat dan Hidrologi Pertanian
- Lahan Rawa Pertanian
- Lingkungan Pertanian
- Perubahan Iklim Pertanian
- Rekomendasi kebijakan sumber daya lahan
- Pengelolaan lahan pertanian berkelanjutan
- Penyebarluasan dan penerapan standar instrumen sumber daya lahan dan perubahan iklim pertanian

### Struktur

Naskah disusun dalam urutan: judul tulisan, nama penulis dengan alamat instansinya, alamat email penulis utama, ringkasan, pendahuluan, topik-topik yang dibahas, penutup, serta daftar pustaka (yang relevan dengan topik bahasan dan terbit 7 tahun terakhir).

### Bentuk Naskah

Makalah harus diketik pada kertas ukuran A4 dengan spasi ganda dan pias atas, bawah, kiri, kanan 2.5 cm, dengan draft antara 6-12 halaman termasuk tabel dan gambar. Font harus menggunakan Calibri ukuran 10 pt dalam format MS Word. Tabel dan gambar dapat dipisahkan dari tubuh tulisan dan diletakan setelah daftar pustaka, namun lokasi tabel dan gambar harus ditandai di dalam tubuh tulisan.

### Judul Naskah

Judul harus jelas, faktual, informatif dan terdiri dari maksimum 10 kata. Nama penulis harus ditulis di bawah judul, yang dilengkapi dengan alamat penulis.

### Ringkasan

Merupakan inti sari dari seluruh tulisan, maksimal 250 kata. Abstrak harus menguraikan tulisan secara singkat.

### Pendahuluan

Berisi poin-poin penting dari isi naskah, latar belakang, pengantar, tujuan tulisan dan ruang lingkup topik bahasan.

### Topik bahasan

Berisi Informasi tentang topik yang dibahas sesuai dengan ruang lingkup warta sumber daya lahan pertanian dan disusun secara terstruktur.

### Penutup

Berisi kesimpulan dari topik pembahasan.

### Daftar Pustaka

Referensi yang relevan dengan topik bahasan dan terbit 7 tahun terakhir. Daftar pustaka harus dilist menurut urutan alfabet. Berikut ini adalah format dasar yang digunakan:

#### *Artikel Jurnal*

Akhter M, Sneller CH. 1996. Yield and yield components of early maturing soybean genotypes in the mid-south. *Crop Sci.* 36(1):877-882.

#### *Buku*

Bosc AN, Ghosh SN, Yang CT, Mitra A. 1991. *Coastal Aquaculture Engineering*. Oxford and IBH Pub. Co. Pvt. Ltd., New Delhi. 365 pp.



# WARTA

## SUMBER DAYA LAHAN PERTANIAN

Warta ini diterbitkan oleh Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Sumber Daya Lahan Pertanian sebagai sarana diseminasi informasi ilmiah dan semi-ilmiah di bidang sumber daya lahan pertanian.

Kami menyampaikan penghargaan kepada para penulis yang telah berkontribusi dalam bentuk naskah ilmiah. Melalui penerbitan ini, diharapkan terjadi peningkatan pemahaman dan penerapan ilmu pengetahuan dalam pengelolaan sumber daya lahan, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan pertanian berkelanjutan di Indonesia.

Publikasi ini memuat artikel-artikel yang bertujuan untuk memperkaya khasanah keilmuan serta memberikan pemahaman yang lebih luas mengenai aspek-aspek terkait lahan pertanian, termasuk tanah, lingkungan, agroklimat, ekosistem rawa, dan topik relevan lainnya.

## TIM REDAKSI

### Penanggung Jawab

Asdianto, S.P., M.T

### Ketua Redaksi

Anggri Hervani, S.P., M.Sc

### Ketua Editor

Dr. Maulia Aries Susanti, S.P., M.Sc

### Sekretariat

Ferdiana Ayu Cahyaningtyas, A.Md

### Editor

Dr. Ir. Muhrizal Sarwani, M.Sc

Ir. Rudi Eko Subandiono, M.Sc

Dr. Nicho Nurdebyandaru, S.Si., M.Sc., M.Agr

Laelatul Qodaryani, S.Kom

### Desain Sampul & Penata Isi

Andriyan Priyatna, S.I.Kom

