**PENGEMBANGAN FORMULA PUPUK BIO ORGANO-MINERAL UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN**

**Amalia Rizqika Chikal Rachinda1\***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Diterima: DD MM YYYY  | Direvisi: DD MM YYYY  | Disetujui: DD MM YYYY |

**ABSTRAK**

Aplikasi pupuk anorganik dapat dengan cepat menyediakan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan kesuburan kimia tanah. Dewasa ini, pemberian pupuk anorganik saja menimbulkan masalah lingkungan, kurang optimal dalam penyediaan hara, serta biayanya yang tinggi. Maka dari itu, dibutuhkan pupuk yang disesuaikan pola pelepasan haranya dengan pola serapan hara tanaman. Pupuk bio organo-mineral merupakan pupuk lepas lambat dengan dengan campuran mineral, bahan organik, dan agen hayati di dalamnya. Pupuk bio organo-mineral mampu mengurangi kelarutan timbal (Pb) dan krom (Cr) dalam tanah, mengurangi akumulasi Pb dan krom Cr pada tanaman padi, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara esensial bagi tanaman jagung.

**Kata kunci:** *pupuk bio organo-mineral; mineral; bahan organik; agen hayati*

***ABSTRACT***

*The application of inorganic fertilizers can quickly provide nutrients for plant growth thereby improving soil chemical fertility. Today, the application of inorganic fertilizers alone causes environmental problems, is less than optimal in nutrient provision, and the cost is high. Therefore, fertilizers that are adjusted to the nutrient release pattern with the nutrient uptake pattern of plants are needed. Bio organo-mineral fertilizer is a slow-release fertilizer with a mixture of minerals, organic matter, and biological agents in it. Bio organo-mineral fertilizer is able to reduce the solubility of lead (Pb) and chrome (Cr) in soil, reduce the accumulation of Pb and chrome Cr in rice plants, and increase the availability of essential nutrients for corn plants.*

***Keywords:*** *bio organo-mineral fertilizer; mineral; organic matter; biological agent*

**PENDAHULUAN**

Kesuburan tanah adalah atribut tanah yang dapat dikelola, dan pengelolaannya sangat penting untuk memaksimalkan nutrisi tanaman dan mencapai produksi tanaman yang berkelanjutan dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Produktivitas tanah adalah kapasitas tanah untuk mendukung produksi tanaman, yang ditentukan oleh berbagai sifat fisik, kimia, dan biologi. Pengelolaan tanah saat ini berfokus terutama pada memaksimalkan produksi pertanian (Goenadi et al., 2018). Pupuk dalam pertanian merupakan bagian yang tidak terpisahkan. Hal ini karena fungsi pupuk sebagai kebutuhan dasar bagi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Pemupukan adalah usaha penambahan unsur hara pada tanaman, baik di tajuk maupun di dalam tanah, untuk menambah ketersediaan hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pupuk terbagi menjadi pupuk anorganik (sintetik) dan pupuk organik. Pemberian pupuk anorganik mampu meningkatkan kesuburan kimia tanah karena dapat dengan cepat menyediakan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman (Kaya, 2014); dan juga lebih praktis diterapkan di lapangan. Salah satu pupuk buatan yang sering dipakai oleh petani, yakni pupuk NPK, yang memuat tiga unsur hara makro esensial bagi tanaman dalam sekali aplikasi.

 Saat ini, pemupukan sebagai upaya menambah unsur hara menjadi masalah. Karena sebagian besar pupuk yang digunakan petani terbuang sia-sia, dan pemupukan yang berlebihan oleh petani kurang optimal dan mahal. Akibatnya, terjadi masalah lingkungan, seperti akumulasi nitrat dalam sayuran dan peningkatan emisi oksida nitrat di udara (Efthimiadou et al., 2010). Masalah ini menyebabkan penurunan kesuburan tanah. Oleh karena itu, diperlukan pupuk yang pola pelepasan haranya sesuai dengan pola serapan hara tanaman. Pupuk lepas lambat atau yang biasa dikenal dengan *slow-release fertilizer* (SRF) adalah tipe pupuk dengan prinsip mengontrol dan melindungi pelepasan unsur hara dari pupuk, biasanya terbuat dari bahan berpori yang permeabel, atau bahan semi permeable dan tidak larut air (Saleh et al., 2018). Contoh bahan yang biasa digunakan dalam pupuk lepas lambat ialah mineral zeolit, dan bahan organik yang mampu melepaskan nutrisi terikat bila terurai.

Langkah yang bisa diambil guna meningkatkan kesuburan tanah adalah dengan pemberian pupuk bio organo-mineral. Bio organo-mineral merupakan pupuk dengan campuran mineral, bahan organik, dan agen hayati di dalamnya. Berdasarkan hasil penelitian Sudirja et al. (2019), aplikasi pupuk nitrogen organo-mineral yang ditambahkan agen hayati pada dosis 300 kg ha-1 mampu mengurangi kelarutan Pb dan Cr pada tanah, sementara pada dosis 350 kg ha-1 mampu mengurangi akumulasi timbal Pb dan Cr pada tanaman. Selain itu, pupuk bio organo-mineral berpengaruh nyata terhadap N total, P potensial, P tersedia, K potensial, dan K dapat ditukarkan dalam tanah, serta lebih efektif terhadap ketersediaan unsur hara esensial bagi tanaman jagung manis (Wulansari et al., 2022). Kelebihan dari pupuk bio organo-mineral perlu dikaji lebih lanjut. Tulisan ini membahas pupuk organo-mineral sebagai inovasi pemupukan yang berkelanjutan.



**Gambar 1.** Alur produksi pupuk bio organo-mineral (Bouhia et al., 2022)

**METODE**

Dalam penyusunan kajian pustaka ini digunakan teknik studi literatur dengan cara mencari sumber atau literatur dalam bentuk data primer berupa jurnal dan prosiding nasional maupun internasional. Selain itu, kajian pustaka ini juga mencari data secara online menggunakan Google Scholar dan situr jurnal Science Direct.

**MINERAL**

Untuk meningkatkan kesuburan tanah, upaya yang telah dilakukan dengan membuat pupuk nitrogen lepas lambat untuk meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen. Tren saat ini adalah menggunakan bahan alami seperti zeolit sebagai bahan SRF. Mineral zeolit adalah salah satu jenis mineral tektosilikat yang memiliki struktur hidroksi alumina silika dengan atom oksigen yang mengelilingi atom Si atau Al, membentuk jaringan tiga dimensi (Mumpton, 1984). Karakteristik zeolit meliputi kemampuan adsorpsi dan filtrasi molekuler, pertukaran ion, pertukaran yang tinggi, serta tingkat selektivitas untuk kation (Sastiono, 2004). Struktur kristal mineral zeolit menentukan sifat pertukaran kationnya, terutama selektivitas dan kapasitas pertukarannya. Kation tersebut mudah dipertukarkan karena tidak terikat erat dalam struktur kristal, sehingga KTK mineral zeolit relatif tinggi.

Zeolit adalah bahan alami dengan kandungan KTK tinggi (120-180 meq/100g) serta berpori dengan ukuran yang tepat untuk menjerap ion ammonium. Hal ini memungkinan zeolit untuk mengikat ion amonium sebelum berubah menjadi nitrat (Suwardi, 2009). Zeolit dapat menjerap ammonium di dalam tanah dan mengembalikannya ke tanah jika kandungan ammonium di dalam tanah berkurang, sehingga memungkinkan untuk mempertahankan nitrogen yang tersedia dalam tanah (Sudirja et al., 2016). Zeolit sendiri memiliki banyak fungsi, di antaranya sebagai pembenah tanah, pemantap tanah, *carrier* pupuk, pelepas ion NH4+ dan K+ yang terkendali, dan menjaga kelembaban tanah. **Gambar 2** menampilkan komponen struktur zeolit.



**Gambar 2.** Struktur zeolit (Georgiev et al., 2009)

**BAHAN ORGANIK**

Bahan organik adalah salah satu bahan pembenah tanah yang berguna untuk memperbaiki kualitas tanah, baik dari segi fisik, kimia, maupun biologi (Hasibuan, 2015). Secara fisik, bahan organik memiliki daya simpan air yang tinggi, sehingga dapat berperan dalam memperbaiki struktur tanah, menentukan tahapan perkembangan struktur tanah, serta membentuk agregat tanah. Wigati et al. (2006) menyatakan bahwa pengaplikasian pupuk kandang ayam hingga 20 ton per hektar nyata meningkatkan kualitas tanah berupa bahan organik dan KTK, serta menunjukkan bahwa pupuk organik memiliki kemampuan yang lebih baik dan dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan sebagian besar lahan. Bahan organik berperan dalam menciptakan daya ikat air dalam tanah, meningkatkan porositas total tanah, dan meningkatkan kesuburan fisik tanah (Hasibuan, 2015; Syukur & Indah, 2006).

Kompos adalah bahan organik (limbah organik) yang telah mengalami proses penguraian akibat interaksi mikroba (bakteri pendegradasi) yang beraksi di dalamnya (Murbandono, 2007). Kompos sangat bagus untuk dimanfaatkan karena beberapa faktor, seperti ramah lingkungan, murah, mudah diproduksi, dan mudah ditemukan bahannya. Kompos yang umum digunakan oleh petani adalah pupuk kandang dan kompos tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Menurut Said (1996), karakteristik kompos TKKS bersifat kasar dan homogen, sehingga dapat mengurangi kepadatan tanah dan mengurangi risiko serangan hama dan penyakit tanaman, dengan pH normal (6-7), serta mampu membantu melarutkan unsur hara. Berdasarkan hasil penelitian Yoseva et al. (2021), disimpulkan bahwa pemberian kompos TKKS nyata lebih baik dalam meningkatkan tinggi tanaman sebesar 23,24 cm, jumlah daun sebanyak 5,30 helai, berat segar tanaman sebesar 26,02 g, berat layak konsumsi sebesar 23,80 g, dan volume akar sebanyak 0,77 ml dibandingkan perlakuan lainnya.

Selain kompos, bahan organik yang dapat digunakan untuk membuat pupuk adalah *vinasse*. *Vinasse* merupakan hasil bawah kolam distilasi kasar (*maische column*) dari industri bioethanol berbasis tebu. *Vinasse* memiliki ciri berwarna hitam, berbau, sangat asam, korosif, dan sangat berpotensi menjadi polutan jika dibuang ke lingkungan. Namun demikian, *vinasse* mengandung unsur N, P, S, Fe, Mg, Ca, dan Na yang berguna dalam remediasi tanah secara biologis. Umumnya, *vinasse* dijadikan sebagai pupuk dalam bentuk cair. Lebih lanjut, pupuk padat dapat dibuat dengan cara mencampurkan *vinasse* dengan blotong (*filter cake*) dari tebu hasil limbah pabrik gula dan abu boiler (Kusumaningtyas et al., 2015). Blotong adalah kotoran hasil limbah bahan baku dan terkandung di dalam getahnya, serta memuat beberapa unsur organik seperti karbon dan nitrogen yang sangat cocok untuk tanah. Abu boiler, sebaliknya, adalah abu dari boiler atau ketel uap yang menggunakan ampas tebu, bahan bakar minyak, maupun kayu bakar (Hutasoit & Toharisman, 1994). Abu boiler mengandung unsur hara, di antaranya N 0,74%, P2O5 0,84%, K2O 2,07%, Mg 0,62% (Hidayati & Indrayanti, 2016). Pupuk organo-mineral padat dibuat dengan cara mengevaporasi *vinasse* agar air yang terkandung di dalamnya menguap.

**AGEN HAYATI**

*Bio-agent added organo-mineral nitrogen* (BaON) *fertilizer* atau pupuk nitrogen organo-mineral dengan penambahan agen hayati merupakan modifikasi dari pupuk nitrogen berbasis urea, zeolit, arang aktif, dan kompos dengan bio-agent yang berperan sebagai pupuk slow release dan penyerap logam berat (Sudirja et al., 2021). Pupuk bio organo-mineral mengandung dua agen hayati, yaitu *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas cepacia* (Sudirja et al., 2019). Penambahan agen hayati ke dalam pupuk dapat lebih efektif dalam menyediakan unsur hara dan mengurangi logam berat dalam tanah dengan cara mendegradasi racun berbahaya. Menurut (Gouda et al., 2018), *Bacillus subtilis* memiliki kemampuan untuk memfiksasi N2 di atmosfer, memperlambat remobilisasi N, dan meningkatkan area sumber potensial untuk fikasasi nutrisi. Wang et al. (2010) melaporkan bahwa bakteri *Pseudomonas fluorescens* mampu mereduksi CrO42- menjadi Cr(OH)3 melalui reaksi redoks yang melibatkan detoksifikasi mikroba enzimatik dari logam atau metaloid berbahaya.

*Rhizobium* sp. merupakan pupuk organik pertama yang diproduksi secara komersial sebagai inokulan untuk beragam tanaman legume. Tanaman kedelai dapat memperoleh nitrogen dari dalam tanah apabila N cukup tersedia (Purwani & Sucahyono, 2020). Jika tidak, nitrogen dapat diambil dari udara dengan *Rhizobium* sp. yang hidup bersimbiosis dengan tanaman legume. Untuk mencapai hasil yang tinggi dalam produksi kedelai, benih kedelai harus diinokulasi dengan *Rhizobium* sp. Mohamed et al. (2016), melaporkan bahwa inokulasi multi-strain Rhizobium nyata meningkatkan berat kering pucuk, akar dan nodul, serta jumlah nodul buncis. Penggunaan rhizobia sebagai inokulan pupuk organik sangat membantu upaya peningkatan hasil tanaman kacang-kacangan, khususnya kedelai.

**SIMPULAN**

Perbaikan kesuburan tanah dapat dilakukan dengan pemupukan. Aplikasi terpisah dari pupuk kimia, organik, dan hayati memiliki kelebihan dan kekurangan dalam hal penyediaan unsur hara, kualitas tanah, dan pertumbuhan tanaman. Campuran mineral, bahan organik, dan agen hayati dalam satu pupuk bernama pupuk bio organo-mineral dapat dimanfaatkan sebagai pupuk berkelanjutan dengan tingkat efisiensi dan efektifitas yang cukup tinggi.

**DAFTAR PUSTAKA**

Bouhia, Y., M. Hafidi, Y. Ouhdouch, M.E.M.El, Boukhari, C., Mphatso, Y. Zeroual, & K., Lyamlouli. 2022. Conversion of waste into organo-mineral fertilizers: current technological trends and prospects. In *Reviews* in *Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 21, pp. 425–446). Springer Science and Business Media B.V. https://doi.org/10.1007/s11157-022-09619-y

Dahlianah, I. 2018. Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Komponen Media Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (Lactuca sativa L.). *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 15*(1), 42–47.

Dewi, R., Azhari, & I. Nofriadi. 2020. Aktivasi Karbon dari Kulit Pinang dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 9*(2), 12–22.

Efthimiadou, A., D., Bilalis, A. Karkanis, & B.F. Williams. 2010. Combined Organic/Inorganic Fertilization Enhances Soil Quality and Increased Yield, Photosynthesis and Sustainability of Sweet Maize Crop. *Australian Journal of Crop Science, 4*, 722–729.

Georgiev, D., B. Bogdanov, K. Angelova, I. Markovska, & Y., Hristov. 2009. Synthetic Zeolites - Structure, Clasification, Current Trends in Zeolite Synthesis Review. *International Science Conference*.

Goenadi, D. H., A.B. Mustafa, & L.P. Santi. 2018. Bio-organo-chemical fertilizers: A new prospecting technology for improving fertilizer use efficiency (FUE). I*OP Conference Series: Earth and Environmental Science, 183*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/183/1/012011

Gouda, S.R.G., G. Kerry, S. Das, H.S. Paramithios, Shin, & J.K. Patra. 2018. Revitalization of Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Development in Agriculture. *Microbiological Research, 206*(15), 131–140.

Hasibuan, A.S.Z. 2015. Pemanfaatan Bahan Organik dalam Perbaikan Beberapa Sifat Tanah Pasir Pantai Selatan Kulon Progo. *Planta Tropika Journal of Agro Science, 3*(1), 31–40.

Hidayati, N., & A.L. Indrayanti. 2016. Kajian Pemanfaatan Abu Boiler Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat Pada Berbagai Media Tanam. *Media Sains, 9*(2), 174–178.

Hutasoit, G.F., & A. Toharisman. 1994. Pembuatan Kompos Dari Ampas Tebu. *Berita No.11*, 85.

Juliana, E., Sarifuddin, & Jamilah. 2015. Pemberian Zeolit dan Arang Sekam Pada Lahan Sawah Tercemar Limbah Pabrik Terhadap Pb Tanah dan Tanaman Padi. *Jurnal Online Agroekoteaknologi, 3*(2), 703–709.

Kaya, E. 2014. Pengaruh Pupuk Organik dan Pupuk NPK Terhadap pH dan K-Tersedia Tanah serta Serapan-K, Pertumbuhan, dan Hasil Padi Sawah (Oryza sativa L). *Buana Sains, 14*(2), 113–122.

Kusumaningtyas, R.D., Oktafiani, D. Hartanto, P.A. Handayani, & D.R.A. Muhammad. 2015. Pembuatan Pupuk Organo-Mineral Fertilizer (OMF) Padat Dari Limbah Industri Bioetanol (Vinasse). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan, 4*(2), 46–54. https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4189

Mohamed, A.S.A., A.K. Khider, & S. Muniandy. 2016. Effect of Storage Temperature, Duration and Types of Biofertilizer Carriers on Survival and Numbers of Bacterial Strains Bacillus megaterium var. phosphaticum, Azotobacter chroococcum, Rhizobium leguminosarum and Transformant, Transconjugant B. megaterium var. phosphaticum. *International Conference on Agricultural, Food, Biological and Health Sciences (AFBHS-16)*, 99–104.

Mumpton, E.A. 1984. *The Role of Natural Zeoiltes in Agriculture and Aquaculture (Zeo-Agriculture)*. West View Press. Kota nya dimana ?

Murbandono, H.S.L. 2007. Membuat Kompos. Penerbit dan kota nya belum ada

Pujiyanto. 2010. *Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa*.

Purwani, J., & D. Sucahyono. 2020. Viabilitas Rhizobium Dalam Formula Bahan Pembawa dan Cara Inokulasi Dalam Teknik Produksi Pupuk Hayati. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi, 5*(2), 99–108.

Said, E. G. 1996. Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit. *Trubus Agriwidya*.

Saleh, M., Zulmanwardi, & O.S. Pasanda. 2018. Pembuatan Pupuk SRF (Slow Release Fertilizer) Dengan Menggunakan Polimer Amilum. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 80–85.

Sari, E.P. 2013. *Formulasi Pupuk Nitrogen Lambat Tersedia Dari Bahan Urea, Zeolit, Serta Asam Humat Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Jagung*.

Sastiono, A. 2004. Pemanfaatan Zeolit di Bidang Pertanian. *Journal of Indonesian Zeolites, 3*(1), 36–41.

Sudirja, R., B. Joy, & S. Rosniawaty. 2016. Aplikasi Formula Pupuk UZAH dalam Meningkatkan Ketersediaan Hara N dan Mengurangi Kelarutan Cd dan Cr di Lahan Tercemar Limbah. *Soilrens, 14*(2), 52–62.

Sudirja, R., I.O. Lubis, N.N. Kamaluddin, & S. Rosniawaty. 2021. Effect of Bioagent-added Organo-mineral Nitrogen Fertilizer on Total Nitrogen, pH, and Chrome Content in Lowland Paddy. *Jordan Journal of Biological Sciences, 14*(5), 965–968. https://doi.org/10.54319/JJBS/140513

Sudirja, R., I. Permana, & S. Rosniawaty. 2019. Bio agent added organomineral nitrogen fertilizer for heavy metal contaminated paddy field treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 393*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/393/1/012028

Suwardi. 2009. Teknik Aplikasi Zeolit di Bidang Pertanian Sebagai Bahan Pembenah Tanah. *Jurnal Zeolit Indonesia, 8*(1), 33–38.

Syukur, A., & N.M. Indah. 2006. Kajian Pengaruh Pemberian Macam Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jahe di Inceptisol Karanganyar. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan, 6*(2), 124–131.

Wang, L., J. Zhang, R. Zhao, Y. Li, C. Li, & C. Zhang. 2010. Adsorption of Pb(II) on activated carbon prepared from Polygonum orientale Linn.: Kinetics, isotherms, pH, and ionic strength studies. *Bioresource Technology, 101*(15), 5808–5814.

Wigati, E.S., A. Syukur, & D.K. Bambang. 2006. Pengaruh Takaran Bahan Organik dan Tingkat Kelengasan Tanah terhadap Serapan Fosfor oleh Kacang Tunggak di Tanah Pasir Pantai. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan, 6*(2), 52–58.

Wulansari, R., Maryono, D.A. Darmawan, F.N.F Athallah, & F.K Hakim. 2022. Bio-organo mineral effect on soil fertility, nutrient uptake, and sweet corn (Zea mays L. saccharata) growth planted in inceptisols soils. *Indonesian Mining Journal, 25*(1), 49–58. https://doi.org/10.30556/imj.Vol25.No1.2022.1282

Yoseva, S., S.N. Alfadillah, & Murniati. 2021. Pemberian Pupuk Organik Sebagai Campuran Media Tumbuh Baby Kailan (Brassica oleracea L.) Secara Vertikultur. *Jurnal Dinamika Pertanian Edisi XXXVII Nomor, 37*(3), 219–224.