Agroteknika 7 (4): 655-671 (2024)

AGROTEKNIKA

ISSN: 2685-3450 (*Online*) www.agroteknika.id ISSN: 2685-3450 (*Print*)

Peningkatan Kualitas Pupuk Hayati Diperkaya dengan Bakteri Pelarut Kalium, Fosfor dan Penambat Nitrogen *Indigenous* dari Berbagai Rizosfer Tanaman Padi Terhadap Kandungan Hara dan Jumlah Populasi Mikroba

Improving the Quality of Biofertilizer Enriched with Indigenous Potassium, Phosphate, and Nitrogen-Fixing Bacteria from Various Rice Plants Rhizospheres on Nutrient Content and Microbial Population

Nelson Elita *,[1], Rita Erlinda [2], Yefriwati [3], Deliana Andam Sari [1], Ayu Kurnia Illahi [1]

[1] Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Lima Puluh Kota, Indonesia
[2] Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Lima Puluh Kota, Indonesia
[3] Program Studi Budi daya Tanaman Hortikultura, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Lima Puluh Kota, Indonesia

*Penulis Korespondensi
Email: elitanelson1961@gmail.com

Abstrak. *Pupuk hayati merupakan pupuk organik mengandung sekelompok mikroorganisme yang beragam, berperan mendorong pertumbuhan tanaman dan menjaga kesehatan tanah. Penelitian sebelumnya pupuk hayati dengan penambahan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis. Kebaharuan penelitian ini adalah pupuk hayati diperkaya dengan bakteri pelarut kalium berasal dari berbagai rizosfer tanaman padi. Tujuan penelitian memperoleh jenis bakteri pelarut kalium efektif meningkatkan kandungan hara pupuk hayati. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 8 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan BK0 (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis), BKBM (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bakteri pelarut K varietas Bujang Marantau), BKMM (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bakteri pelarut K varietas Mundam). BKCK (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bakteri pelarut K varietas Cilalek), BKRK (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis, bakteri pelarut K varietas Rendah Kuning), BKSP (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis ,varietas Saganggam Panuah), BKKP (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis,, bakteri pelarut K varietas Keriting Putih), BKJG (pupuk hayati pengayaan bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bakteri pelarut K dari varietas Junjuang). Parameter pengamatan suhu, pH, kadar air, C-organik, hara N total, P2O5 total, K2O dan pertumbuhan koloni bakteri pupuk hayati. Hasil pengamatan suhu tumpukan pupuk hayati mencapai puncak pada hari ke 18, kecuali pada BKJG hari ke 27. Nilai pH, kadar air dan C-organik biofertilizer paling tinggi pada BKJG. Kandungan hara N paling tinggi pada BKSP sedangkan kandungan hara P2O5 dan K2O pada perlakuan BKJG. Pengayaan bakteri pada pupuk hayati diamati jumlah koloni bakteri pada biakan murni diperoleh pada hari ke 7 jumlah*

Diterima: 24 Oktober 2024; Disetujui: 26 Desember 2024; Diterbitkan: 30 Desember 2024
https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i4.418
Artikel ini adalah artikel open access di bawah lisensi CC BY-SA 4.0

koloni bakteri paling tinggi pada BKJG. Kesimpulan isolat bakteri pelarut K asal rizosfer varietas Junjuang dan Saganggam Panuah lebih efektif untuk diaplikasikan pada pupuk hayati.
Kata kunci: *bakteri pelarut K, Junjuang, Saganggam Panuah.*

Abstract. *Biofertilizer is an organic fertilizer containing a diverse group of microorganisms, which play a role in encouraging plant growth and maintaining soil health. Previous research on biofertilizers with the addition of Azotobacter sp. Pseudomonas fluorescens, and Bacillus thuringiensis bacteria. The novelty of this research is that the biofertilizer is enriched with potassium-solubilizing bacterial derived from variorus rice plant rhizospheres. The purpose of the research is to obtain the type of potassium-solubilizing bacterial that are effective in increasing the nutrient content of biofertilizers., The research was conducted using a completely randomized design with 8 treatments and 3 replications. Treatment BK0 (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis), BKBM (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis, bacteria K solvent variety Bujang Marantau, BKMM (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis, bacteria K solvent variety Mundam). BKCK (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bacteria K solvent variety Cilalek), BKRK (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bacteria K solvent variety Low Kuning), BKSP (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis bacteria K solvent variety Saganggam Panuah), BKKP (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bacteria K solvent variety Keriting Putih), BKJG (biofertilizer enrichment Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis , bacteria K solvent variety Junjuang treatment). Observation parameters of temperature, pH, water content, C-organic, total N nutrients, total P2O5, K2O and growth of biofertilizer bacterial colonies. The results of observations of the temperature of the biofertilizer pile reached its peak on day 18, except for BKJG on day 27. The pH value, water content, and C-organic of the biofertilizer were highest in BKJG. The highest N nutrient content was BKSP while the P2O5 and K2O nutrient content were in the BKJG treatment. Enrichment of biofertilizer microbes in biological fertilizers was observed by the number of bacterial colonies in pure culture on day 7, which highest in BKJG. The conclusion is that K-solubilizing bacterial solvent isolates from the rhizosphere of the Junjuang and Saganggam Panuah varieties are more effective for application in biological fertilizers.*
Keywords: *biofertilizer, Junjuang, Saganggam Panuah, solvent bacterial K*

1. Pendahuluan

Tanaman memerlukan unsur hara makro utama yang penting bagi pertumbuhan tanaman yaitu nitrogen, fosfor dan kalium. Nitrogen (N) mempunyai sifat mudah terurai, hilang, tercuci dan menguap. Unsur fosfor (P) tersedia di dalam tanah sangat rendah, karena fosfor banyak dijerap oleh Al dan Fe. Unsur kalium (K) sangat sedikit dapat diambil oleh tanaman secara langsung hanya sekitar 1–2% dari tanah, sekitar 90–98% kalium tanah tidak dapat diserap oleh tanaman karena terikat dalam mineral silikat seperti feldspar dan mika (Zhang & Kong, 2014).

Keberadaan ketiga unsur hara makro ini dari aplikasi pupuk kimia sangat sedikit dapat diserap oleh tanaman sehingga menambah besarnya biaya produksi yang ditanggung oleh petani. Penggunaan pupuk kimia secara intensif pada lahan pertanian dalam jangka panjang akan menyebabkan penurunan kadar bahan organik tanah, struktur tanah menjadi rusak dan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Sneha *et al.,* 2018).

Solusi yang efektif adalah pendekatan secara biologi dengan memanfaatkan kelompok rhizobakteria pada pupuk hayati. Pupuk hayati adalah pupuk organik mengandung sekelompok mikroorganisme yang beragam, berperan untuk mendorong pertumbuhan tanaman dan menjaga kesehatan tanah, bahkan dalam kondisi cekaman biotik pupuk hayati dapat berfungsi dengan baik (Mahmud *et al.*, 2021). Pupuk hayati merupakan pupuk organik yang mengandung mikroba fiksasi nitrogen, mikroba pelarut fosfor dan mikroba pelarut kalium (Fasusi *et al.*, 2021). Pupuk hayati dapat juga berupa rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman, jamur mikoriza arbuskular, dan juga konsorsium mikroba bermanfaat lainnya (Vejan *et al.*, 2016). Penggunaan pupuk hayati yang berasal dari bahan organik seperti biochar dapat meningkatkan kualitas tanah, meningkatkan produksi tanaman, dan menyerap C dalam sistem pertanian sebagai pupuk untuk produksi tanaman berkelanjutan (Arif *et al.*, 2014). Pupuk hayati bekerja menguraikan bahan organik oleh aktivitas mikroba secara intensif dengan proses aerobik dan biokimia. Pada proses dekomposisi pupuk hayati mikroba yang bekerja melibatkan proses hidrolisis sehingga bahan organik menjadi stabil (Wei *et al*., 2017). Pupuk hayati dapat dijadikan sebagai sumber hara makro dan mikro yang sangat baik untuk pertumbuhan tanaman. Kandungan hara pupuk hayati tergantung pada komposisi dan sifat limbah yang di rombak (Morales-Corts *et al.*, 2018).

Pupuk hayati bekerja dengan adanya mikroba, yang mana di dalamnya terkandung konsorsium mikroba yang dapat menyediakan nutrisi tidak tersedia di dalam tanah menjadi tersedia dan bermanfaat untuk mendorong pertumbuhan tanaman (Upadhyay *et al.*, 2016). Pengayaan pupuk hayati dengan mikroba selama proses pengomposan sangat efisien, karena dapat meningkatkan produksi berbagai enzim sehingga menghasilkan tingkat degradasi limbah yang lebih baik (Rastogi *et al.*, 2020).

Kelompok rhizobacteria berasal dari rizosfer tanaman padi mengandung beberapa jenis mikroba. Hasil penelitian terdahulu telah diisolasi dan diidentifikasi bakteri dari rizosfer tanaman padi seperti *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis*, *Azotobacter* dan *Trichoderma* sp. (Elita *et al*., 2012; Elita *et al*., 2018; Elita *et al*., 2021; Elita *et al*., 2022a). Konsorsium mikroba ini dibuat pupuk hayati (Elita *et al*., 2022b).

Hasil penelitian Elita *et al*. (2022b) pupuk hayati dibuat dari sisa hasil panen padi dan kotoran sapi aktivator *Trichoderma* sp. dan diperkaya dengan bakteri *Azotobacter* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis* sehingga dihasilkan kadar hara nitrogen 2,62%, fosfat 2,33% dan kalium 1,24%. Rendahnya kadar hara kalium dari pupuk hayati ini karena belum diberikan mikroba pelarut kalium. Unsur kalium tidak tersedia dalam tanah dapat diuraikan oleh mikroorganisme pelarut kalium. Mikroba pelarut kalium dapat meningkatkan ketersediaan dan penyerapan pupuk kalium oleh tanaman (Sun *et al*., 2020a). Mikroorganisme pelarut kalium dapat melepaskan K dari tanah/mineral menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman.

Kebaharuan dari penelitian ini adalah pupuk hayati dibuat dengan formula sama dengan hasil penelitian Elita *et al.* (2022b) ditambah dengan bakteri pelarut kalium yang berasal dari berbagai rizosfer tanaman padi. Hasil penelitian (Sun et al, 2020a) percobaan kultur pot menunjukkan bahwa biomassa tanaman, kandungan kalium, kandungan fosfor meningkat secara signifikan pada tanaman *M. micranrtha* dengan pemberian bakteri pelarut kalium dibandingkan dengan kontrol tanpa bakteri pelarut kalium.

Berdasarkan uraian diatas dilakukan penelitian pengayaan pupuk hayati dengan mikroba pelarut kalium *indigenous* asal berbagai rizosfer varietas tanaman padi. Mikroba pelarut kalium diisolasi dan diidentifikasi dari rizosfer tanaman padi serta diaplikasikan pada pupuk hayati. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh jenis mikroba pelarut kalium dari rizosfer tanaman padi yang efektif dapat miningkatkan kualitas pupuk hayati terhadap kandungan hara dan jumlah populasi mikroba.

2. Bahan dan Metode

Pembuatan aktivator dan pengayaan bakteri dilakukan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Pembuatan kompos dilakukan di rumah kompos Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.

Bahan pupuk hayati terdiri dari jerami, sekam padi, dedak, kotoran sapi, activator *Trichoderma* sp., mikroba pengaya bakteri *Azotobacter sp., Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis*, ditambah dengan mikroba pelarut K dari berbagai rizosfer tanaman padi. Media perbanyakan *Potato Dextrose Agar*, *Nutrient Agar*, *Aleksandrov Agar*. Formula pupuk hayati diperbanyak berdasarkan penelitian (Elita *et al*., 2022b). Alat yang digunakan adalah peralatan – instrumen laboratorium, baskom, kantong plastik dan ember plastik, bak kompos.

Penelitian ini disusun menggunakan rancangan acak lengkap dengan delapan perlakuan dan empat ulangan, sehingga diperoleh 32 unit percobaan. Uji lanjut dilakukan dengan BNT. Perlakuan pupuk hayati yang diuji adalah :

BK0 = *Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan* pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis.*

BKBM = Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis* + mikroba K dari varietas Bujang Marantau

BKMM = Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis,* + mikroba K dari varietas Mundam

BKCK = Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis,* + mikroba K dari varietas Cilalek

BKRK = Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis,* + mikroba K dari varietas Rendah Kuning

BKSP = Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis,* + mikroba K dari varietas Saganggam Panuah

BKKP = Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis,* + mikroba K dari varietas Keriting Putih
BKJG = Pupuk hayati dengan mikroba pengayaan *Azotobacter sp, Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis,* + mikroba K dari varietas Junjuang

Pupuk hayati dibuat dari kotoran sapi dengan bahan organik sisa hasil panen padi (jerami, sekam dan dedak) dengan perbandingan 7:3 (berdasarkan berat kering bahan) dan total 800 kg campuran. Bahan organik dikomposkan dengan activator *Trichoderma* sp. *indigenous* dengan kotoran sapi. *Trichoderma* sp. yang sudah diperbanyak massal dengan sekam dan dedak diaplikasikan ke bahan kompos sebanyak satu kg. Kerapatan spora *Trichoderma* sp. setiap satu gram10^3 spora. Semua adonan kompos diaduk rata kemudian dibagi menjadi 32 bagian, masing-masing bagian 50 kg sesuai dengan jumlah perlakuan, diinkubasi selama 60 hari.

Pengayaan dengan mikroba diberikan pada saat pengomposan setelah adonan teraduk rata. Mikroba yang diberikan *Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis* dan *Azotobacter*. Air kelapa sebanyak 10 L sebagai media perbanyakan dipanaskan sampai mendidih untuk disterilkan. Masing-masing mikroba diambil dari cawan petri biakan murni dimasukkan kedalam air kelapa yang sudah steril untuk diperbanyak massal. Inkubasi selama tujuh hari dengan memberi aerator pada dirigen. Setiap unit adonan pupuk hayati diberi perbanyakan massal mikroba sebanyak 100 mL dengan kerapatan sel 10^6/ml. Isolat bakteri pelarut K diberikan sesuai dengan perlakuan asal dari isolatnya. Setiap isolat di ambil dari biakan murni sesuai dengan asalnya diperbanyak dengan air steril sebanyak 100 mL dengan kerapatan sel 10^6/ml di aplikasikan ke masing-masing pupuk hayati.

Kelembapan pupuk hayati yang dibudidayakan berkisar antara 40-60%. Pengukuran suhu dilakukan setiap tiga hari sekali. Pembalikan pupuk hayati dilakukan sekali seminggu sampai pupuk hayati matang selama 60 hari. Parameter yang diukur adalah: suhu pengomposan, pH, kadar air, C Organik, N total, P2O5 total dan K2O total. Analisa kandungan hara dilakukan di Laboratorium tanah Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Perhitungan jumlah koloni bakteri di lakukan pada Laboratorium Perlindungan Tanaman Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.

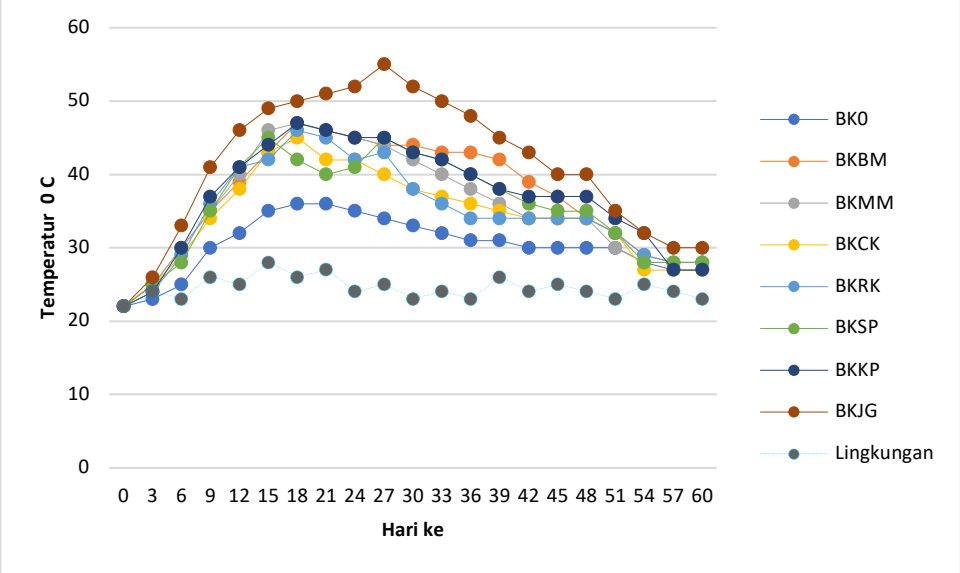
3. Hasil dan Pembahasan

Mikroorganisme tanah memainkan peran penting dalam fungsi ekosistem. Mikroorganisme tanah berperan dalam pemeliharaan fungsi tanah dengan berpartisipasi dalam siklus nutrisi, perubahan siklus bahan organik, dan biodegradasi tanah. Reaksi mikroba tanah terhadap berbagai tanaman dan pupuk dapat membantu evaluasi kesuburan tanah (Li *et al*., 2024). Kesuburan tanah dan aktivitas mikroba sangat penting bagi produksi tanaman. Aktivitas mikroba terlibat dalam siklus hara, pertumbuhan tanaman, dan pemeliharaan bahan organik di dalam tanah, serta sangat penting bagi penyediaan dan pemeliharaan unsur hara tanah (Soong *et al*., 2020).

Potensi penerapan bakteri pelarut kalium dalam pertanian masih dalam tahap eksplorasi, dan penelitian saat ini sebagian besar terbatas pada skala laboratorium. Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa mekanisme utama pelarutan K adalah produksi asam organik dan pengasaman rizosfer. Penggunaan mikroba pelarut kalium sebagai pupuk hayati sangat efisien untuk meningkatkan produksi tanaman, yang dapat menjadi pilihan pertanian berkelanjutan (Soumare *et al*., 2023).

3.1 Suhu

Suhu pengomposan per tiga hari dengan activator *Trichoderma* sp. dan diperkaya dengan mikroba *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis*, *Azotobacter* sp. dan isolat pelarut K dari masing-masing perlakuan seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Suhu selama proses pengomposan

Pada Gambar 1, terlihat bahwa terjadi peningkatan suhu pada tumpukan bahan organik yang dikomposkan. Suhu awal tumpukan bahan organik berkisar 22^{o} C, suhu lingkungan 23^{o} C. Suhu tumpukan diamati setiap tiga hari dan suhu mencapai puncak pada hari ke 18, kecuali untuk perlakuan BKJG hari ke 27. Temperatur setelah dibuat tumpukan berkisar antara 22-30^{0} C. Temperatur tumpukan biofertilizer berbeda-beda peningkatannya setiap tumpukan. Isolat bakteri pelarut K varietas Bujang Marantau , Mundam dan Keriting Putih membutuhkan waktu 18 hst mencapai temperature 47^{0} C. Isolat bakteri pelarut kalium asal varietas Junjuang setelah 27 hari meningkat temperatur mencapai 55^{0} C dan merupakan suhu paling tinggi. Temperatur untuk semua perlakuan perlakuan BKBM, BKMM, BKCK, BKRK, BKSP, BKKP dan BKJG lebih tinggi dari suhu harian dan perlakuan BK0.

Hari ke 48 temperatur tumpukan biofertilizer turun antara 30 - 40^{0} C, namun temperature stabil antara 27 - 30^{0} C pada hari ke 57. Selama proses pendinginan berlangsung temperature pupuk

hayati tetap berkisar 27 - 30^0 C. Suhu ruangan selama proses pengomposan pupuk hayati berlangsung berkisar antara 22 - 26^0 C.

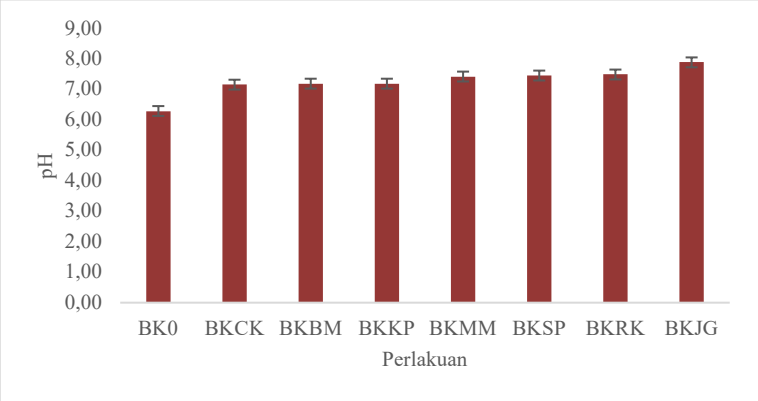
Proses pengomposan bahan organik pada pupuk hayati temperatur semakin naik dengan banyaknya simbiosis mikroba yang berkonsorsium. Awal pengomposan bahan organik kompos mengalami proses aklimatisasi, yaitu proses penyesuaian suhu bahan organik kompos, dimana aktivitas mikroba berfungsi merombak campuran bahan organik kompos melakukan adaptasi dengan kondisi mesofilik (Madrini, 2016).

Ketika terjadi peningkatan suhu maka populasi mikroba meningkat hingga mencapai puncaknya tergantung pada jenis bahan organik yang digunakan. Suhu tinggi dipertahankan dalam jangka waktu lama di tumpukan pupuk hayati selama proses dekomposisi berfungsi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses perombakan dan juga menghancurkan mikroorganisme patogen. Laju peningkatan suhu bervariasi dengan tumpukan kompos dan tergantung pada populasi mikroba dan kondisi lingkungan lainnya seperti ketersediaan nutrisi, aerasi, dan kadar air dalam tumpukan kompos (Chinakwe *et al*., 2019).

Suhu dalam anaerobik sistem berkisar antara 15 hingga 45ºC, sementara beberapa sistem menghasilkan suhu 30-55ºC. Organisme yang melakukan dekomposisi proses dalam massa anaerobik disebut mikro-organisme mesofilik (Poincelot, 1977). Konsorsium mikroba dalam proses pengomposoan menentukan kualitas pupuk hayati yang efektif sebagai sumber nutrisi yang diperlukan tanaman, sehingga mengefisienkan pemakaian pupuk kimia (Chinakwe *et al*., 2019).

3.2 Derajat Keasaman (pH)

Pengamatan terhadap pH, pupuk hayati diakhir pengomposan setelah diperkaya dengan berbagai mikroba diperoleh seperti disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai pH di pupuk hayati

Nilai pH pada perlakuan BK0 paling rendah berbeda nyata dengan perlakuan lain. Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan BKJG. Nilai pH pada perlakuan BKBM, BKCK dan BKKP tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan perlakuan lain. Nilai pH BKMM, BKRK dan BKSP

juga tidak berbeda nyata. Hal ini tampak perilaku mikroba pelarut Kalium dengan berbagai sumber rhizosfer memberikan respon yang berbeda terhadap nilai pH pada proses pengomposan.

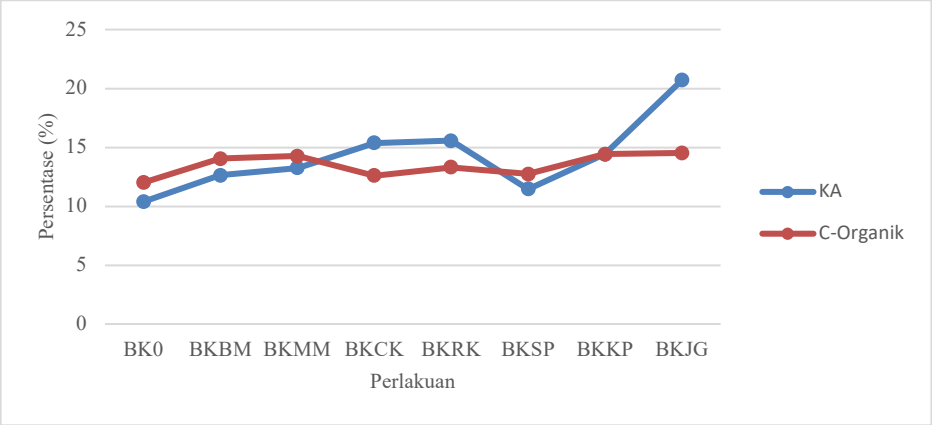
Pada perlakuan BKJG diperoleh nilai pH tertinggi dari perlakuan lain, hal ini sejalan dengan temperatur selama proses pengomposan pada perlakuan BKJG diperoleh paling tinggi. Tampaknya temperatur dan nilai pH saling memengaruhi dalam proses pengomposan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sundberg *et al*. (2013) bahwa pH dan temperatur secara bersama dapat memengaruhi proses pengomposan. Data ini menunjukkan sejalan dengan keberadaan berbagai jenis komunitas mikroba pada pH tertentu. Nilai pH yang dihasilkan termasuk ideal sesuai dengan Kepmen No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, bahwa nilai pH berdasarkan baku mutu SNI berkisar 4-9 baik yang murni maupun di perkaya dengan mikroba.

Nilai pH di awal pengomposan tidak dianggap penting karena sebagian besar bahan organik untuk membuat kompos sudah tercampur dalam kisaran pH yang disarankan (Petric *et al*., 2015). Adanya penurunan pH saat pengomposan karena proses volatisasi (amonia) dan nitrifikasi mikroba yang menghasilkan lebih banyak CO2 dan asam (Wang *et al.,* 2016) .

Menurut Zhang *and* Sun (2016) menyatakan pada tahap pengomposan selanjutnya adanya peningkatan pH secara bertahap sebesar (0,8). Selama proses pengomposan, nilai ideal untuk pH umumnya berkisar antara 5,5-8,0. Nilai pH yang tinggi >9 pada proses pengomposan aktivitas mikroba menjadi berkurang, ditunjukkan dengan adanya senyawa nitrogen pada biomassa kompos.

3.3. Kadar Air dan C-Organik

Kadar air untuk kondisi kelembapan pupuk hayati pada dasarnya memengaruhi aktivitas mikroba dan tingkat penyerapan oksigen, suhu dan tingkat porositas dalam proses dekomposisi bahan organik. C-organik pupuk hayati setelah proses dekomposisi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai Kadar air dan C-organik pupuk hayati

Kadar air tertinggi pada perlakuan BKJG berbeda nyata dengan perlakuan lain, dan kadar terendah pada perlakuan BK0. Kadar air yang tinggi di akhir pengomposan di pengaruhi oleh

aktivitas mikroba. Tampaknya mikroba BKJG aktif bekerja sampai akhir pengomposan sehingga kadar air masih tetap tinggi.

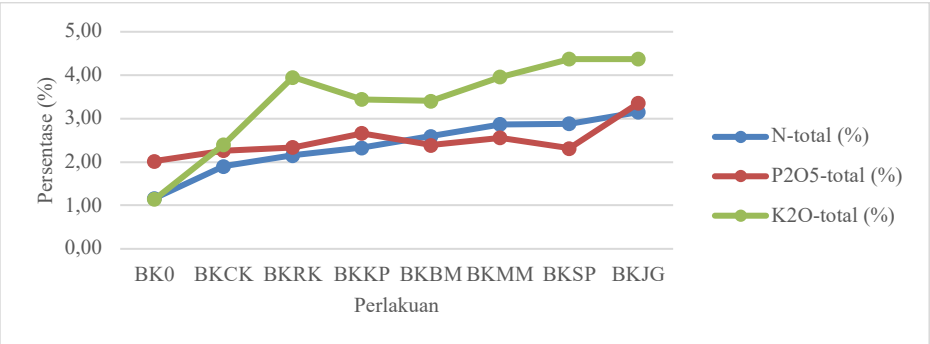
Kondisi kelembapan pada dasarnya memengaruhi aktivitas mikroba, laju penyerapan oksigen, suhu, dan tingkat porositas dalam pengomposisian (Petric *et al.*, 2015). Pengomposan yang efektif memerlukan sekitar 50-60% kadar air sesuai dengan komposisi bahan baku (Bernal *et al.*, 2009). Selanjutnya menurut Varma *and* Kalamdhad (2015) terdapat hubungan terbalik antara kadar air dan suhu, yang menunjukkan peningkatan suhu maka kadar air pupuk hayati turun. Suhu yang tinggi terjadi penguapan yang lebih cepat, sehingga menyebabkan penurunan laju dekomposisi bahan organik pada pupuk hayati. Kelambapan pupuk hayati perlu terjaga, jika kurang dilakukan penambahan air agar kondisi kelembapan memadai sehingga mikroba berfungsi dengan baik.

C-organik tertinggi diperoleh pada perlakuan BKJG, dan terendah pada perlakuan BK0. Hal ini dipengaruhi oleh daya kerja bakteri pelarut K asal masing-masing varietas. Pada BKJG pertumbuhan koloni bakteri yang lebih besar dan daya sebarnya sangat kuat (Gambar 3). Demikian juga dengan perlakuan BK0 jumlah koloni bakterinya terendah (Gambar 3) yang memengaruhi daya kerja bakteri terhadap C-organik.

C-organik dibutuhkan mikroba sebagai sumber energi untuk perkembangbiakannya. Tingginya C-organik pada perlakuan BKJG sejalan dengan kandungan kadar air yang tinggi sehingga mikroba berkembangbiak dengan baik. Perkembangbiakan mikroba membutuhkan karbon sebagai sumber energi dan nitrogen sebagai sumber protein, asam nukleat, enzim, dan koenzim yang berperan penting dalam pertumbuhan dan fungsi sel. Populasi bakteri pengurai yang tinggi pada substrat selama penguraian awal, memungkinkan bahan organik dimaksimalkan untuk dimodifikasi (Marlina *et al.*, 2020).

3.3 Hara makro pupuk hayati

Kandungan hara makro menentukan kualitas pupuk hayati. Hara makro pupuk hayati setelah di analisa secara laboratorium disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kandungan hara makro pupuk hayati.

Kandungan N total tertinggi terdapat pada perlakuan BKJG yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, dan terendah pada perlakuan BK0. Kandungan N yang tinggi pada perlakuan BKJG dipengaruhi dari konsorsium mikroba yang diberikan pada pupuk hayati. Pupuk hayati diperkaya dengan bakteri *Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringeinsis, Azotobacter* sp dan isolat pelarut K asal rhizosfer padi varietas Junjuang. Konsorsium mikroba ini memperkuat daya kerja dekomposisi bahan organik pada pupuk hayati. Tampaknya daya kerja isolat pelarut K asal varietas Junjuang mempunyai daya kerja yang lebih kuat sehingga memengaruhi terhadap dekomposisi bahan organik yang berdampak nilai N total yang dihasilkan lebih tinggi.

Kandungan hara P kompos sangat ditentukan oleh pengayaan mikroba yang diberikan pada biofertilizer. Konsorsium mikroba *Trichoderma* sp., sebagai dekomposer dan pengayaan bakteri *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis*, *Azotobacter* sp. dan isolat pelarut K memicu pertumbuhan koloni bakteri lebih tinggi sehingga daya kerjanya dalam dekomposisi bahan organik menghasilkan nutrisi lebih tinggi.

Pemberian mikroba pelarut fosfat pada pupuk hayati dapat menghasilkan asam organik yang berfungsi untuk melarutkan P tidak tersedia menjadi tersedia (Krishnaraj & Dahale, 2014). Penambahan kombinasi mikroba pelarut fostat pada pupuk hayati yang diaplikasikan pada tanaman kapas dapat meningkatkan efisiensi penggunaan hara P, meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil biji kapas meningkat sangat signifikan dibandingkan dengan penggunaan pupuk tunggal anorganik (Arif *et al.,* 2018). Konsorsium bakteri pelarut fosfat dengan bakteri pelarut kalium pada pupuk hayati, yang diaplikasikan pada tanaman secara signifikan meningkatkan kandungan fosfor pada tanaman (Sun *et al*., 2020b).

Hasil analisis uji BNT terhadap hara K pupuk hayati pada semua perlakuan yang diberi bakteri pelarut K dengan berbagai asal rizosfer tanaman padi berbeda nyata dengan perlakuan BK0 tanpa diberi isolat pelarut K. Berbagai asal isolat pelarut K meningkatkan kandungan hara K pada pupuk hayati. Tingginya kandungan hara K pada pupuk hayati tidak sejalan dengan jumlah populasi mikroba pada media biakan murni pada Gambar 5. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan perkembangbiakan populasi koloni, ukuran koloni dan daya sebar koloni bakteri pada media.

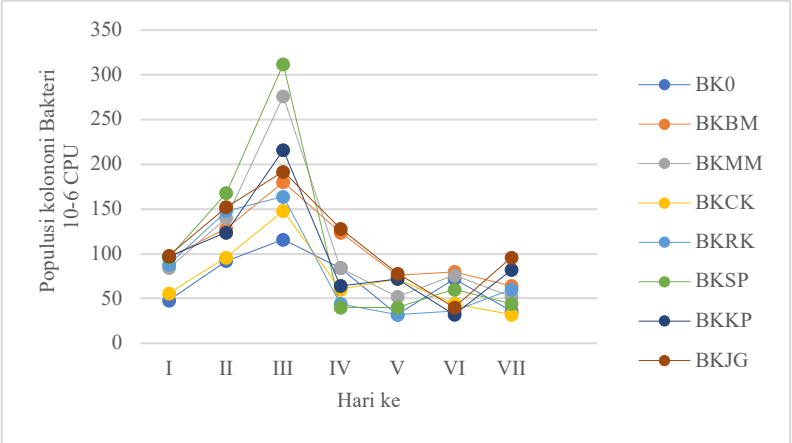
Nilai kandungan hara makro N, P dan K pada setiap perlakuan dihasilkan berbeda. Hasil ini menunjukkan dinamika kehidupan mikroba dalam hal kemampuannya merombak bahan organik. Daya saing sesama mikroba dalam memperoleh nutrisi, memengaruhi terhadap daya tahan kehidupan mikroba. Faktor utama yang memengaruhi kehidupan mikroba adalah suhu, kelembapan dan aerasi. Suhu selama proses pengomposan berbeda-beda tiap perlakuan seperti terlihat pada Gambar 1. Kelembapan dipengaruhi oleh kandungan air selama proses pengomposan (Gambar 3). Aerasi dilakukan saat pembalikan pupuk hayati, ketidakseragaman dalam pembalikan memengaruhi kadar oksigen yang diberikan untuk kehidupan mikroba.

Hasil kandungan hara makro pupuk hayati memenuhi standar Kepmentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 minimum 2% untuk kandungan hara N, P dan K. Pada penelitian ini perlakuan-perlakuan BKBM, BKMM, BKRK, BKSP , BKKP dan BKJG memenuhi standar baku mutu SNI.

Bakteri pelarut kalium yang diisolasi dari rhizosfer tanaman dapat beradaptasi dengan baik pada tanaman asalnya. Pemanfaatan mikroba pelarut K pada pupuk hayati dapat meningkatkan K yang tersedia di tanah (Sun *et al*., 2020b). Pemanfaatan bakteri pelarut K sangat penting karena dapat meningkatkan ketahanan tanaman.

3.4 Pengayaan Mikroba pada pupuk hayati

Pupuk hayati diperkaya dengan mikroba *Pseudomonas fluorecens, Bacillus thuringiensis Azotobacter* sp dan isolat pelarut K asal berbagai rizosfer tanaman padi. Pertumbuhan koloni mikroba selama tujuh hari pada biakan murni disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pertumbuhan koloni bakteri biofertilizer selama tujuh hari

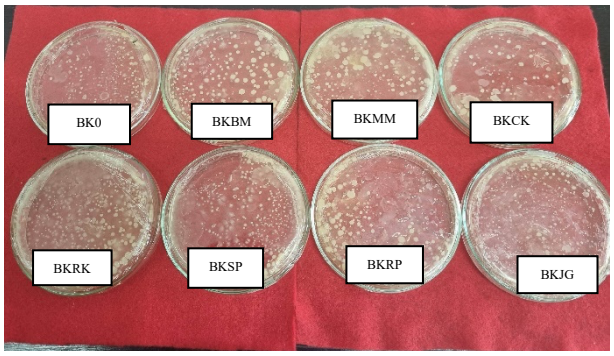
Berdasarkan hasil pertumbuhan harian koloni bakteri jumlah populasi mikroba pupuk hayati pada media biakan murni diperoleh pertumbuhan jumlah koloni bakteri tertinggi pada hari ke 3. Jumlah koloni tertinggi pada BKSP (isolate pelarut kalium varietas Saganggam Panuah) pada hari ke 3. Pada hari ke empat jumlah koloni bakteri mulai turun, namun jumlah koloni bakteri tertinggi diperoleh pada perlakuan BKJG (isolate bakteri pelarut K varietas Junjuang). Pada hari ke lima pada perlakuan BKCK (isolate bakteri pelarut K varietas Cilalek) dan BKKP (isolate bakteri pelarut kalium Keriting Putih) mengalami peningkatan, dan pada BKSP (isolate bakteri varietas Sanggangam Panuah) jumlah koloni bakteri stabil di angka 40. Pada hari ke enam BKBM (isolat bakteri pelarut kalium varietas Bujang Marantau), BKMM dan BKSP (isolate bakteri palarut kalium varietas Mundam dan Saganggam Panuah) mengalami kenaikan jumlah koloni bakterinya, dan perlakuan lainnya turun.

Pada hari ke tujuh perlakuan BKJG (isolate bakteri pelarut kalium varietas Junjuang) mengalami kenaikan jumlah koloni yang sangat tinggi. Hal ini memperlihatkan kemampuan daya

kerja dan sebarannya yang kuat. Hasil penelitian ini sejalan dengan Elita *et al.* (2022a) pada rizosfer padi varietas Junjuang ditemukan dua jenis fungi *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma asperellum* yang mempunyai kemampuan perubahan warna koloni spora dari putih menjadi hijau dalam waktu 3 hari lebih cepat dari perlakuan lain. Hal ini menandakan kemampuan daya kerja spora *Trichoderma* spp asal varietas Junjuang lebih kuat. Selanjutnya aplikasi *Trichoderma harzianum* asal varietas Junjuang meningkatkan daya kecambah padi (Elita *et al.,* 2023). Hasil ini sejalan dengan penelitian Hidayat *et al.* (2024) pemberian isolat bakteri asal endofit untuk perkecambahan padi dapat meningkatkan daya kecambah padi, sebab bakteri menghasilkan hormon IAA yang dapat mendorong perkecambahan benih padi.

Aplikasi *Trichoderma harzianum* asal varietas Junjuang pada budidaya padi varietas Junjuang dengan metode SRI memberikan hasil gabah kering panen tertinggi dibandingkan perlakuan lain yakni 98,2 gram/pot. Jenis jamur *Trichoderma* spp. yang berasal dari rhizosfer tanaman padi varietas Junjuang lebih adaptif, sesuai dengan habitat hidup dan lingkungan tumbuhnya sehingga populasi pertumbuhannya lebih banyak. Keserasian *Trichoderma spp. indigenous* dengan tanaman inangnya meningkatkan ketersediaan hara yang tinggi dalam tanah dapat dimanfaatkan oleh akar padi (Elita *et al.*, 2021).

Jumlah koloni bakteri terendah pada hari ke 3 pada perlakuan BK0, seperti dilihat pada Gambar 6.

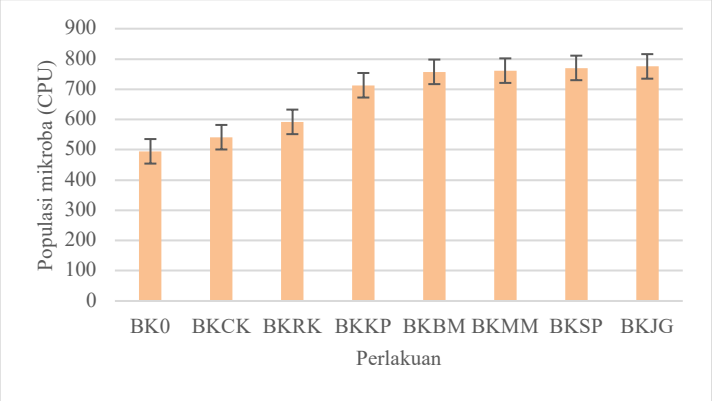


Gambar 6. Perkembangan koloni bakteri hari ke 3

Pengayaan konsorsium empat bakteri *Pseudomonas fluorescens, Bacillus thuringiensis, Azotobacter* dan isolat bakteri pelarut K yang ada pada pupuk hayati dapat dilihat perkembangan koloni bakteri pada Gambar 6. Jumlah koloni bakteri hari ke 7 pada biakan murni disajikan pada Gambar 7.

Pada Gambar 7 jumlah koloni bakteri hari ke 7 pada media biakan murni tanpa isolat bakteri kalium terendah berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Jumlah koloni bakteri pada perlakuan isolat bakteri asal varietas Bujang Marantau, Mundam, Saganggam Panuah dan Junjuang berbeda tidak nyata sesamanya, yang merupakan koloni bakteri yang tinggi dari yang perlakuan lainnya.

Konsorsium ke empat mikroba ini pada pupuk hayati untuk mempercepat proses degradasi bahan organik pada pupuk hayati, yang berfungsi untuk mempercepat waktu pengomposan dan meningkatkan kandungan hara pupuk hayati sehingga meningkat kualitas nutrisi pupuk hayati. Mikroorganisme merupakan salah satu sifat tanah yang berperan penting dalam pelapukan tanah dengan melarutkan unsur hara dari mineral yang tidak larut (Hu *et al*., 2018).



Gambar 7. Jumlah koloni bakteri pada hari ke 7

Menurut Meena *et al*. (2015) penambahan mikroba pelarut K pada pupuk hayati setelah aplikasi ke tanaman dapat melepaskan K dari mineral *fedspar* dan aluminosilikat melalui asidolisis, khelasi, reaksi pertukaran, dan kompleksasi, sehingga hara K tersedia bagi tanaman. Ditambahkan oleh Etesami *et al.* (2017), isolat bakteri pelarut K juga dapat berfungsi menguraikan bahan organik dan sisa tanaman.

Pada kelompok mikroba, seperti jamur, bakteri, dan aktinomisetes, memiliki kemampuan untuk melarutkan mineral K dengan mengeluarkan asam organik (Sarikhani *et al.*, 2018). Pemberian bakteri pelarut kalium pada tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan daya tahan tanaman lebih baik (Khanghahi *et al.*, 2018). Pemanfaatan mikroba pelarut K untuk meningkatkan K yang tersedia di tanah mempunyai peran yang mendasar untuk meningkatkan ketahanan tanaman (Sardans & Peñuelas, 2015).

4. Kesimpulan

Hasil penelitin ini menunjukkan bahwa daya kerja bakteri pelarut kalium berbeda masing-masing asal rizosfer bakterinya. Dinamika perilaku bakteri pelarut kalium ketika diaplikasikan pada pupuk hayati tergantung pada daya saing mikroba ketika melakukan proses dekomposisi dan durasi pengomposan. Hasil ini terlihat pada pengamatan terhadap suhu tumpukan selama proses dekomposisi bahan organik. Nilai pH dari semua perlakuan baik pada perlakuan BK0 tanpa bakteri pelarut kalium maupun pada perlakuan lain yang diperkaya dengan bakteri pelarut kalium termasuk ideal sesuai sesuai dengan baku mutu SNI. Kadar air dan C-organik dari semua perlakuan memenuhi baku mutu SNI. Kandungan hara makro dari pupuk hayati yang dihasilkan memenuhi kriteria baku mutu SNI perlakuan BKBM, BKMM, BKRK, BKSP , BKKP dan BKJG kecuali

untuk perlakuan BK0 dan BKCK. Optimumnya bakteri pelarut kalium yang diaplikasikan pada pupuk hayati asal rizosfer padi varietas Junjuang.

Ucapan Terimakasih

Kepada Dirjen Vokasi kami mengucapkan terimakasih yang telah mendanai penelitian ini. Terimakasih juga disampaika kepada P3M Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian ini, serta semua pihak yang telah ikut berpartisipasi dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Arif, M., Jalal, F., Jan, M. T., Muhammad, D. (2014). Integration of biochar and legumes in summer gap for enhancing productivity of cereal based cropping system. *Sarhad Journal of Agriculture*, 30(4), 393–403. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1338.6727

Arif, M., Ahmed, W., Tanveer-Ul-Haq, Jamshaid, U., Imran, M., & Ahmad, S. (2018). Effect of rock phosphate based compost and biofertilizer on uptake of nutrients, nutrient use efficiency and yield of cotton. *Soil Environ*, 37(2), 129-135. https://doi.org/10.25252/SE/18/61580.

Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresour Technol*, 100(22), 5444-5453. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027

Chinakwe, E. C., Ibekwe, V. I., Ofoh, M. C., Nwogwugwu, N. U., Adeleye, S. A., Chinakwe,P. O., ..., & Ihejirika, C. E. (2019). Effect of Temperature change on the bacterial and fungal succession patterns during composting of some organic waste in greenhouse. *Journal of Advances in Microbiologi*, 15(1), 1-10. https://doi.org/10.9734/jamb/2019/v15i130075

Elita, N., Agustamar & Yulensri. (2012). Eksplorasi dan Reinokulasi Mikroorganisme Pelarut Fospat *Indigenous* Untuk meningkatkan Produksi Padi Metode SRI. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Agroindustri Untuk mendukung Perekonomian Rakyat*. ISBN:978-979-9869-2-8.

Elita, N., Erlinda, R.& Agustamar. (2018). *Buku Proses Penemuan Isolat Bakteri Azotobacter Pada Rhizosfir Tanaman Padi Metode SRI*. Indonesia Patent No.000113635.

Elita, N., Harmailis, H., Erlinda, R., & Susila, E. (2021). Pengaruh Aplikasi Trichoderma spp. Indigenous terhadap Hasil Padi Varietas Junjuang Menggunakan System of Rice intensification. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 45(1), 79-89. http://dx.doi.org/10.21082/jti.v45n1.2021.79-89 https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jti/article/view/3270

Elita, N., Illahi, A. K, Sari, D. A., Yulensri, Maulina, F., Karmaita, Y., ..., & Yanti, R. (2022b). Effect of Types of organik material and microbial enrichment on C/N ratio, Nutrition of compost, and microbe population with *Trichoderma* sp. Indigenous Activators. *Res Militaris*, 12(6). https://drive.google.com/file/d/1i7MdB_IuWd21NexUYRx0aflLqjKyUbp8/view?usp=drivesdk

Elita, N., Susila, E., Agustamar, & Rizki. (2022a). Identifikasi Molekuler Trichoderma spp. Indigenous dari Rizosfer Beberapa Varietas Padi Asal Kabupaten Lima Puluh Kota dan Kota Payakumbuh. *Agroteknika*, 5(1), 1-13. https://doi.org/10.55043/agroteknika.v5i1.114

Elita, N., Susila, E., Sari, D. A., & Illahi, A. K. (2023). Uji Peningkatan Perkecambahan dan Vigor Benih Padi Varietas Junjuang dengan Isolat *Trichoderma* spp. *Indigenous*. *Jurnal Agrikultura*, 34(3). https://doi.org/10.24198/agrikultura.v34i3.45941

Etesami, H., Emami, S., & Alikhani, H. A. (2017). Potassium solubilizing bacteria (KSB) mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects-a review. *Journal of soil*

science and plant nutrition, 17(4), 897-911. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017000400005

Fasusi, O. A., Cruz, C., & Babalola, O. O. (2021). Agricultural sustainability: microbial biofertilizer in rhizosphere management. *Agriculture*, 11(2), 163. https://doi.org/10.3390/agriculture11020163

Hidayat, N., Alkas, T. R., Mudi, L., Faradilla, F., Mentari, F. S. D., Daryono, D., & Tonidi, T. (2024). Aplikasi Bakteri Endofit Asal Kelubut (Passiflora foetida L.) Penghasil Hormon IAA untuk Meningkatkan Perkecambahan Benih Padi. *Agroteknika*, *7*(3), 333-343. https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i3.261

Hu, L., Xia, M., Lin, X., Xu, C., Li, W., Wang, J., Zeng, R., & Song, Y. (2018). Earhworm gut bacteria increase silicon bioavailability and acquiation by maize. *Soil Biology and Biochemistry*, 125, 215-221. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.07.015

Khanghahi, M. Y., Pirdashti, H., Rahimian, H., Nematzadeh, G., & Sepantalou, M. G. (2018). Potassium solubilizing bacteria (KSB) isolated from rice paddy soil : from isolation, identification to K use efficiency. *Symbiosis*, 76, 13-23. https://link.springer.com/article/10.1007/s13199-017-0533-0/metrics

Krishnaraj, P. U., & Dahale, S. (2014). Mineral phosphate solubilization: concepts and prospects in sustainable agriculture. *Proceeding of Indian Natural Science Academy*, 80(2), 389-405. http://dx.doi.org/10.16943/ptinsa/2014/v80i2/55116

Li, Z., Fang, F., Wu, L., Gao,F., Li, M., Li, B., ..., & Liu, Z. (2024). The microbial coomunity, nutrient supply and crop yields differ along a potassium fertilizer gradient under wheat-maize double-cropping systems. *Journal of Intergrative Agriculture,* 23(10), 3592-3609. https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.01.031

Madrini, B., Shibusawa, S., Kojima, Y., & Hosaka, S. (2016). Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on ammonia emission of leftover food-ricehulls composting at the initial stage of the thermophilic process. *Journal of Agricultural Meterology*, 72(1), 12-19. https://doi.org/10.2480/agrmet.D-15-00012

Mahmud, A. A., Upadhyay, S. K., Srivastava, A. K., & Bhojiya, A. A. (2021). Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100063. https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100063

Marlina, E.T, Badruzzaman, D. Z., Harlia, E., Hidayati, Y. A., & Susilawati, I. (2020). Microbial Population Dynamics and Fiber Reduction in The Initial Decomposition of Beef Cattle Waste Composting. *ZIRAA'AH*, 45(1), 94-102. https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/ziraah/article/download/2657/2009

Meena, V. S., Maurya. B. R., Verma, J. P., Aeron, A., Kumar, A., Kim, K., & Bajpai, V. K. (2015). Otassium Solubilizing rhizobacteria (KSB) isolated identification and K release dynamics, from waste mica. *Ecological Engineering*, 81, 340-347. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.065

Morales-Corts, M. R., Pérez-Sánchez, R., & Gómez-Sánchez, M. A. (2018). Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. *Scientia Agricola*, 75(5), 400-409. https://doi.org/10.17707/AgricultForest.64.4.01

Petric, I., Avdihozic, E., & Ibric, N. (2015). Numerical simulation of composting process for mixture of organic fraction of municipal solid waste and poultry manure. *Ecological Engineering*, 75, 242-249. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.12.003

Poincelot, R. P. (1977). The biochemistry of composting. In Composting of Municipal Residues and Sludge. *Proceedings of the National Composting Conference*. pp. 33-39. Information Transfer, Rockville, MD, USDA. https://ia801303.us.archive.org/2/items/biochemistrymeth1975poin/biochemistrymeth1975poin.pdf

Rastogi, M., Nandal, M., & Khosla, B. (2020). Microbes as vital additives for solid waste composting. *Heliyon*, 6(2), e03343. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03343

Sardans, J., & Peñuelas, J. (2015). Potassium: a neglected nutrient in global change. *Global Ecology and Biogeography*, 24(3), 261-275. https://doi.org/10.1111/geb.12259

Sarikhani, M. R., Oustan, S., Ebrahimi, M., & Aliasgharzad, N. (2018). Isolation and identification of potassium-realising bacteria in soil and assessment of their ability to release potassium for plants. *European Journal of Soil Science*, 69(6), 1078-1086. https://doi.org/10.1111/ejss.12708

Sneha, S., Anitha, B., Sahair, R. A., Raghu, N., Gopenath, T. S., Chandrashekrappa, G. K., & Basalingappa, M. K. (2018). Biofertilizer for crop production and soil fertility. *Academia Journal of Agricultural Research*, 6(8), 299-306. https://doi.org/10.15413/ajar.2018.0130 https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20219924664

Soong, X. D., Liu, F., Wu, H. Y., Cao, Q., Zhong, C., Yang, J. L., ..., & Zhang, G. L. (2020). Effects of long-term K fertilization on soil available potassium in East China. *Catena*, 188(104412). https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104412

Soumare,A., sarr,D., Diedhiou, A,G., 2023. Potassium sources, microorganisms and plant nutrition : Challenges and future research directions. *Pedosphere*, 33(1), 105-115. https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.025

Sun, B., Gu, L., Bao, L., Zhang, S., Wei, Y., Bai, Z., ..., & Zhuang, X. (2020a). Application of biofertilizer containing *Bacillus subtilis* reduced the nitrogen loss in agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 148, 107911. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107911

Sun, F., Ou, Q., Wang, N., Guo, Z. X., Ou, Y., Li, N., & Peng, C. (2020b). Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from *Mikania micranta* rhizospheric soil and their effect on M. *Micrantha* plants. *Global Ecology and Coservation*, 23, e01141. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01141

Sundberg. C., Yu, D., Franke-Whittle, I., Kauppi, S., Smars, S., Insam, H., ..., & Jönsson, H. (2013). Effect of pH and microbial composition on odour in food waste composting. *Waste Management*, 33(1). 204-211. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.017.

Upadhyay, S. K., Singh, G., & Singh, D. P. (2016). Mechanism and understanding of PGPR : approach for sustainable agriculture under abiotic stresses. In: Singh, J.S., Singh, D.P. (Eds.), *Microbes and Environmental Management. Studium Press* (India) Pvt.Ltd., pp. 225-254. https://www.researchgate.net/profile/Sudhir-Upadhyay/publication/301771170_Mechanism_and_Understanding_of_PGPR_An_Approach_for_Sustainable_Agriculture_Under_Abiotic_Stresses/links/57271d0308aef9c00b8af214/Mechanism-and-Understanding-of-PGPR-An-Approach-for-Sustainable-Agriculture-Under-Abiotic-Stresses.pdf

Varma. V. S., & Kalamdhad, A. S. (2015). Evolution of chemical and biological characterization during thermophilic composting of vegetable waste using rotary drum composter. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(6), 2015-2024. https://doi.org/10.1007/s13762-014-0582-3

Vejan. P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., & Boyce, A. N. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability a review. *Molecules*, 21(5). https://doi.org/10.3390/molecules21050573

Wang, Q., Wang. Z., Awasthi. M. K., Jiang, Y., Li., R., Ren, X., ..., & Zhang, Z. (2016). Evaluation of medical stone amendment for the reduction of nitrogen loss and biovailability of heavy metals during pig manure composting. *Bioresource Technology*, 220, 297-304. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.081

Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y., & Shimaoka, T. (2017). Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: a critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 51–65. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.024

Zhang, C., & Kong, F. (2014). Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from tobacco rhizospheric soil and their effect on tobacco plants. *Applied Soil Ecology*, 82, 18-25. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.05.002

Zhang, L., & Sun, X. (2016). Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste. *Waste Management*, 48, 115-126. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.032