

## Potensi *Trichoderma* sp. Indigenus Gorontalo sebagai Dekomposer Limbah Tanaman Jagung

### (The Potential of *Trichoderma* sp. Gorontalo Indigenous as a Maize Stover Decomposer)

Rida Iswati<sup>1\*</sup>, Abdul Latief Abadi<sup>2</sup>, Luqman Qurata Aini<sup>2</sup>, Soemarno<sup>2</sup>, Asnawi<sup>3</sup>, Siska Irhamnawati Pulo<sup>1</sup>, Sofyan Sudirman Rudin<sup>4</sup>

(Diterima Juni 2023/Disetujui Januari 2024)

#### ABSTRAK

Dekomposer berupa jamur dalam mempercepat proses pengomposan sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan menetapkan potensi jamur *Trichoderma* sp. isolat lokal Gorontalo sebagai dekomposer limbah tanaman jagung. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2022–Januari 2023 di Laboratorium Agens Hayati Balai Perlindungan Tanaman Pertanian, Dinas Pertanian Provinsi Gorontalo. Penelitian ini menguji kemampuan enam isolat *Trichoderma*, yaitu TZ11DI1 (*T. asperellum*), TZ21BN2 (*T. breviconvenctum*), TZ21BT1 (*T. virens*), TZ12PO1 (*T. ghanence*), TZ21DU1 (*T. reesei*), TZ21LU1 (*T. dorothisopsis*), dan kontrol (EM4) untuk menghasilkan enzim selulase sebagai dekomposer limbah jagung. Parameter yang diamati adalah zona bening pada media tumbuh isolat serta karakteristik fisik dan kimia kompos yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keenam isolat *Trichoderma* yang diuji menghasilkan selulase dan berpotensi sebagai dekomposer limbah tanaman jagung dengan kemampuan meningkatkan kadar hara NPK serta menurunkan nisbah C/N kompos limbah jagung.

kata kunci: dekomposer, kompos, limbah jagung, *Trichoderma*

#### ABSTRACT

Using decomposers of fungi to increase the composting process is very necessary. The research aims to determine the potential of *Trichoderma* sp. Gorontalo local isolate as a decomposer of maize stover. The research was carried out from November 2022–January 2023 at the Biological Agents Laboratory, Agricultural Plant Protection Center, Gorontalo Province Agricultural Department. This research determined the ability of six isolates of *Trichoderma*, namely TZ11DI1 (*T. asperellum*), TZ21BN2 (*T. breviconvenctum*), TZ21BT1 (*T. virens*), TZ12PO1 (*T. ghanence*), TZ21DU1 (*T. reesei*), TZ21LU1 (*T. dorothisopsis*), and control (EM4) to produce cellulase and as a maize stover decomposer. The parameters observed were the clear zone in the isolate growing media as well as the physical and chemical characteristics of the compost produced. The results showed that *Trichoderma* isolates produced cellulase and potential as a decomposer for maize stover, as indicated by the ability to increase NPK nutrient levels and reduce the C/N ratio of maize stover compost.

Keywords: compost, decomposer, maize stover, *Trichoderma*

#### PENDAHULUAN

Jagung merupakan komoditas unggulan di daerah Gorontalo, dibuktikan dari luasnya lahan pertanian yang menopang perkembangan pertumbuhan ekonomi penduduk melalui budi daya jagung (Yunus *et al.* 2018). Budi daya jagung menyisakan limbah yang

berpotensi menyumbang perbaikan pertumbuhan tanaman tersebut. Namun, lebih dari 70% total biomassa tanaman dan limbah belum banyak dimanfaatkan (Faesal & Syuryawati 2018). Limbah tanaman ini dapat menjadi bahan baku pembuatan pupuk organik dan pembenah tanah karena kandungan selulosa, hemiselulosa, maupun ligninnya sebagai penyusun utama serasah tanaman (Santolini *et al.* 2021).

Limbah jagung dapat diolah menjadi kompos. Tongkol merupakan salah satu bagian dari limbah jagung yang mengandung 20–30% lignin, 25–35% hemiselulosa, dan 45–55% selulosa, yang masing-masing dapat diubah menjadi senyawa bermanfaat (Castillo-Gonzalez *et al.* 2021). Selulosa merupakan sumber karbon yang dapat digunakan oleh mikroorganisme sebagai substrat dalam fermentasi proses untuk menghasilkan pupuk organik (Liew *et al.* 2021).

<sup>1</sup> Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo. Jl. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554

<sup>2</sup> Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jl. Veteran, Ketawanggede, Malang 65145

<sup>3</sup> Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong Science Center Jl. Raya Jakarta-Bogor, Bogor 16915

<sup>4</sup> Balai Perlindungan Tanaman Pertanian Provinsi Gorontalo. Jl. Prof. Dr. Aloe Saboe, Kabila, Bone Bolango 96128

\* Email Korespondensi: rida\_iswati@ung.ac.id

Pemanfaatan limbah jagung sebagai upaya mendaur ulang limbah pertanian organik untuk kompos dianggap sebagai pupuk yang dapat memperbaiki struktur dan kesuburan tanah (Budiastuti *et al.* 2023). Namun, dekomposisi sempurna secara alami membutuhkan waktu yang cukup lama, sekitar 3-4 bulan. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mempercepat proses penguraian limbah tanaman dengan bantuan dekomposer berupa bakteri, jamur, atau kombinasi dari kedua mikroba tersebut (Faesal & Syuryawati 2018). Limbah pertanian tanaman jagung yang dikomposkan sangat berpotensi untuk dijadikan pupuk organik yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk kimia.

*Trichoderma* sp. dikategorikan sebagai jamur saprofit karena perannya dalam menyediakan bahan organik bebas terutama dalam proses penyediaan kompos (Conteras-Cornejo *et al.* 2016; Halifu *et al.* 2019). Salah satu solusi untuk mempercepat dekomposisi bahan organik adalah dengan menggunakan jamur *Trichoderma* sp. yang akan mereduksi bahan organik karbohidrat, terutama selulosa dengan bantuan enzim selulase, yakni selubiose, dan kitinase (Hardianita *et al.* 2016). Selulase ikut dalam proses dekomposisi bahan organik karena enzim ini merupakan multienzim yang terdiri atas selobiohidrolase, endoglukanase, dan  $\beta$ -glukosidase (Zhang & Zhang 2019; Bhardwaj *et al.* 2021).

Iswati (2021) telah memperoleh 30 isolat *Trichoderma* sp dari rhizosfer pertanaman jagung di Gorontalo dan diperoleh 6 spesies, yaitu *T. asperellum*, *T. breviconventum*, *T. virens*, *T. ghanence*, *T. resei*, dan *T. dorothisopsis*. Menurut Gusnawaty *et al.* (2014), penggunaan mikroorganisme di suatu daerah akan memberikan hasil yang baik di daerah asalnya. Berdasarkan hal tersebut maka potensi *Trichoderma* isolat lokal atau *indigenus* pertanaman jagung yang telah beradaptasi dengan lingkungan asalnya perlu diteliti sebagai dekomposer limbah tanaman jagung di Gorontalo.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Agens Hayati Balai Perlindungan Tanaman Pertanian, Dinas Pertanian Provinsi Gorontalo, dimulai November 2022–Januari 2023.

### Peremajaan Isolat Jamur *Trichoderma*

Enam isolat *Trichoderma* yang digunakan dari 30 isolat yang ditemukan (Iswati 2022) masing-masing mewakili setiap spesies. Spesies yang memiliki isolat lebih dari satu dipilih berdasar kriteria kecepatan dan stabilitas pertumbuhan koloni pada medium PDA dan medium sekam beras. Enam isolat tersebut ialah TZ11DI1, TZ21BN2, TZ21BT1, TZ12PO1, TZ21DU1, dan TZ21LU1.

Untuk peremajaan, isolat ditumbuhkan pada medium PDA dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang.

### Uji *Trichoderma* sp. sebagai Penghasil Selulase

Isolat *Trichoderma* sp. sebagai penghasil selulase diuji secara kualitatif. *Trichoderma* mampu menghasilkan selulase pada medium yang ditambah substrat selulosa. Pada penelitian ini produksi selulase diamati menggunakan reagen merah kongo (*congo red*) (Syed *et al.* 2013). *Trichoderma* ditumbuhkan pada media ekstrak khamir pepton yang ditambah karboksimetil selulosa (CMC) masing-masing 0,2% dan 0,5% (v/v). Miselium *Trichoderma* diletakkan pada bagian tengah cawan petri dan diinkubasi selama 3 hari pada suhu ruang. Setelah 3 hari, biakan *Trichoderma* ditetesi larutan merah kongo 1% ( $\pm 10$  tetes) kemudian dicuci dengan larutan NaCl 1M. Aktivitas selulase ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar media yang diinokulasi.

### Uji *Trichoderma* sebagai Dekomposer Limbah

Inokulum isolat *Trichoderma* yang digunakan dalam pembuatan kompos diperbanyak pada media sekam beras. Sekam beras dengan nisbah 1:3 dan telah ditambahkan glukosa 3% dimasukkan ke dalam plastik antipanas masing-masing 25 g dan disterilkan pada suhu 121°C, 1 atm, selama 15 menit. Isolat *Trichoderma* berumur 7 hari pada medium PDA diinokulasi ke media sekam beras steril masing-masing 5 potong dengan ukuran 5 mm dan diinkubasi pada suhu ruang selama 14 hari (Faesal & Syuryawati 2018). Pada umur 14 hari, kerapatan sporanya dihitung menggunakan hemositometer sebelum diinokulasikan ke bahan kompos.

Bahan kompos berupa brangkasan jagung kering (kadar air 6,5%) yang terdiri atas batang, daun, dan klobot dipotong-potong dengan ukuran 2–5 cm, dan dilembapkan dengan larutan glukosa 10%. Bahan kompos sebanyak 25 g dicampur merata dengan 25 g inokulum isolat *Trichoderma* sp. dalam media sekam beras dan dimasukkan ke dalam kantong plastik, masing-masing 3 kantong. Campuran tersebut diinkubasi selama 6 pekan. Sebagai kontrol, brangkasan jagung diinokulasi dengan EM4 dengan dosis sesuai dengan anjuran pada label kemasan. Campuran dibalik atau diaduk setiap pekan agar suhu dan udara merata. Bobot dan warna kompos diamati setiap pekan, sementara kandungan hara kompos dianalisis pada awal dan akhir pengomposan (Djaenuddin *et al.* 2014).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Trichoderma* sp. sebagai Penghasil Selulase

Kemampuan *Trichoderma* menghasilkan selulase ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar isolat (Gambar 1). Secara kualitatif, keenam isolat yang diuji mampu menghasilkan selulase

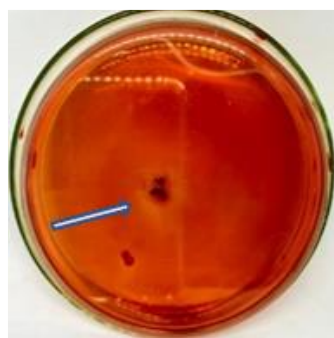
dibuktikan adanya zona bening. Kemampuan menghasilkan selulase telah banyak dilaporkan oleh peneliti sebelumnya. *T. harzianum* sebagai penghasil selulase dilaporkan oleh Wang *et al.* (2020) dan *T. reesei* oleh Wibowo (2018).

Kemampuan menghasilkan selulase ini berkaitan erat dengan perannya sebagai dekomposer selulosa di alam (Singh *et al.* 2016). Bridziuviene *et al.* (2022) melaporkan bahwa *T. ghanense* sangat efektif mendekomposisi selulosa bahan organik, *T. asperellum* sangat potensial sebagai dekomposer limbah nilam (Pratiwi *et al.* 2021), dan *T. virens* mampu mendekomposisi kotoran ternak (Rosmini *et al.* 2020).

**Trichoderma sp. sebagai Dekomposer Limbah Tanaman Jagung**

Potensi isolat *Trichoderma* sp sebagai dekomposer limbah jagung dapat dilihat dari kemampuannya mendekomposisi limbah jagung menjadi kompos. Terjadi perubahan bobot dan warna limbah yang stabil setelah inkubasi selama 6 pekan yang menandakan kompos telah matang (Tabel 1). Kehadiran *Trichoderma* mempercepat pengomposan karena dekomposisi bahan organik secara alami sesungguhnya membutuhkan waktu lebih lama, yaitu 3–4 bulan (Saraswasti & Heru 2017) .

Umumnya terjadi penurunan bobot dan perubahan warna bahan kompos selama dan setelah pengomposan. Tampak pada Tabel 3, semua perlakuan menunjukkan penurunan bobot 41,12–63,5%. Menurut Yuwono (2005), bobot akan turun 40–60% karena terjadi perombakan selulosa dan hemiselulosa oleh mikroba dekomposer. Hal ini menggambarkan bahwa semua isolat yang digunakan berpotensi



Gambar 1 Aktivitas enzim selulase yang ditunjukkan berupa zona bening yang terbentuk pada media di sekeliling koloni Isolat *Trichoderma* sp.

sebagai dekomposer. Dalam proses pengomposan akan terjadi perubahan struktur bahan organik oleh mikroorganisme, yaitu berupa penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, malam (lilin), serta yang lainnya, yaitu karbon dioksida, amonia, dan air (Wang *et al.* 2019). Penurunan kadar air menandakan bahwa pengomposan memasuki fase pemasakan (Heny 2015). Selain itu, penurunan kadar air selama pengomposan disebabkan oleh penguapan air menjadi gas karena aktivitas mikroorganisme. Bahan kompos menyusut akibat perombakan bahan oleh mikroba sehingga kadar air bahan berkurang dan karena panas yang dihasilkan selama pengomposan menghasilkan penguapan (Rofi'i *et al.* 2021). Penurunan bobot yang paling tinggi (63,50%) terjadi pada perlakuan TZ12PO1, yang berarti bahwa isolat ini merupakan isolat yang paling aktif dalam perombakan, diikuti berturut-turut oleh TZ31LU1, TZ21BT1, TZ31DU1, TZ12BN2, dan TZ11DI1. Penurunan bobot oleh tiga isolat terakhir lebih rendah daripada kontrol (EM4).

Tabel 3 juga memperlihatkan semua kompos berwarna hitam, yang secara fisik menunjukkan kompos telah matang. Menurut Afifah (2019), pada pengomposan akan terjadi perubahan warna dari kuning, cokelat muda, cokelat tua, dan terakhir hitam. Kompos yang baik akan menghasilkan warna cokelat hingga hitam (Faesal & Syuryawati 2018; Rofi'i *et al.* 2021).

Pengomposan juga menyebabkan kandungan hara pada bahan kompos berubah (Tabel 2). Terjadi perubahan kandungan hara N, P, K, dan C bahan kompos sebelum dan setelah pengomposan. Semua isolat yang digunakan meningkatkan kandungan NPK pada bahan kompos dan tampak lebih tinggi dibandingkan kontrol tetapi kadar C menurun dibandingkan dengan status sebelum pengomposan. Namun, status hara tersebut masih berada dalam batasan standar kualitas mutu pupuk organik berdasar peraturan Menteri Pertanian no. 28/Permentan/OT.140/2/2009 (Tabel 3). Hal ini bermakna bahwa semua isolat *Trichoderma* yang digunakan sebagai dekomposer limbah jagung dapat menghasilkan kompos yang bermutu. Thaha *et al.* (2020) mengungkap bahwa *Trichoderma* sp. sebagai bahan aktif dalam kandungan biokompos dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen. Keberadaan *Trichoderma* sp. dapat menyebabkan proses mineralisasi yang sama pada bahan organik sehingga dapat

Tabel 1 Warna dan bobot akhir kompos limbah Jagung pada pekan ke-6 dengan pengomposan menggunakan isolat *Trichoderma* sp.

| Perlakuan | Bobot (g) |       | Penurunan bobot (%) | Warna kompos |
|-----------|-----------|-------|---------------------|--------------|
|           | Awal      | Akhir |                     |              |
| Kontrol   | 25        | 11,18 | 55,28               | Hitam        |
| TZ11DI1   | 50        | 29,44 | 41,12               | Hitam        |
| TZ12BN2   | 50        | 29,18 | 41,64               | Hitam        |
| TZ21BT1   | 50        | 21,99 | 56,02               | Hitam        |
| TZ12PO1   | 50        | 18,25 | 63,5                | Hitam        |
| TZ31DU1   | 50        | 27,31 | 45,38               | Hitam        |
| TZ31LU1   | 50        | 19,73 | 60,54               | Hitam        |

Tabel 2 Kandungan hara limbah jagung sebelum dan sesudah pengomposan menggunakan isolat *Trichoderma* sp.

| Brangkasan jagung   | Kandungan hara |       |       |       |     |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-----|
|                     | N (%)          | P (%) | K (%) | C (%) | C/N |
| Sebelum pengomposan | 0,35           | 0,10  | 0,19  | 15,02 | 43  |
| Setelah pengomposan |                |       |       |       |     |
| Kontrol (EM4)       | 0,35           | 0,07  | 0,21  | 11,62 | 34  |
| TZ11DI1             | 0,48           | 0,10  | 0,52  | 16,01 | 23  |
| TZ12BN2             | 0,59           | 0,13  | 0,35  | 12,07 | 21  |
| TZ21BT1             | 0,73           | 0,11  | 0,50  | 14,61 | 20  |
| TZ12PO1             | 0,79           | 0,10  | 0,50  | 13,92 | 18  |
| TZ31DU1             | 0,69           | 0,14  | 0,73  | 14,61 | 21  |
| TZ31LU1             | 0,62           | 0,15  | 0,48  | 12,97 | 21  |

Tabel 3 Standar mutu pupuk organik berdasar Peraturan Menteri Pertanian no. 28/Permentan/OT.140/2/2009

| Parameter                     | Standar |
|-------------------------------|---------|
| Total N                       | < 2%    |
| C-Organik                     | >4%     |
| Nisbah C/N                    | 15–25%  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | < 2%    |
| K <sub>2</sub> O              | < 2%    |
| pH                            | 4–8     |

meningkatkan ketersediaan nitrogen dalam substrat. Perubahan status hara N dan C setelah pengomposan memengaruhi nisbah C/N kompos. Nilai nisbah C/N menurun setelah pengomposan, berada dalam batas standar kompos bermutu, yakni 18–21, kecuali satu isolat, yaitu TZ11DI1 dengan nisbah C/N 33. Kecepatan penurunan nisbah C/N selain bergantung pada kandungan C dan N bahan yang akan dikomposkan juga oleh mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan (Onwosi *et al.* 2017).

## KESIMPULAN

Keenam isolat *Trichoderma* yang digunakan, yakni *T. asperellum*, *T. breviconvenctum*, *T. virens*, *T. ghanence*, *T. reesei*, dan *T. dorothisopsis*, mampu menghasilkan selulase. Semua isolat tersebut meningkatkan kadar NPK dan menurunkan nisbah C/N sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai dekomposer untuk pembuatan kompos limbah jagung.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Dinas Pertanian Provinsi Gorontalo dan Kepala Balai Perlindungan Tanaman Pertanian serta Tim Laboratorium Agens Hayati atas penyediaan dana sehingga kegiatan dapat dilaksanakan sampai selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

Afifa AS, Prajati G, Sarwayan IWK. 2019. Pengaruh Waktu Pengomposan dan Komposisi Kompos Sampah Organik Terhadap Laju Pertumbuhan

Daun Tanaman Kacang Panjang (*Vigna cylindrica* (L.) *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan* 3(1):1–7.

Bhardwaj N, Kumar B, Agrawal K, Verma P. 2021. Current perspective on production and applications of microbial cellulases: A review. *Bioresour. Bioprocess.* 8: 1–34. <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00447-6>

Bridziuviene D, Raudonienė V, Švedienė J, Paškevičius A, Baužienė I, Vaitonis G, Šlepetienė A, Šlepetys J, Kačergius A. 2022. Impact of soil chemical properties on the growth promotion ability of *Trichoderma ghanense*, *T. tomentosum* and their complex on rye in different land-use systems. *Journal of Fungi.* 8(85): 1–14. <https://doi.org/10.3390/jof8010085>

Budiastuti MTS, Purnomo D, Pujiasmanto B, Setyaningrum D. 2023. Response of maize yield and nutrient uptake to indigenous organic fertilizer from corn cobs. *Agriculture.* 13: 309. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020309>

Castillo-González, E, De Medina-Salas L, Giraldo-Díaz MR, Sánchez-Noguez C. 2021. Vermicomposting: A valorization alternative for corn cob waste. *Applied Science* 11: 1–15. <https://doi.org/10.3390/app11125692>

Contreras-Cornejo HA, Macías-Rodríguez L, Del-Val E. 2016. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: Interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology.* 92(4): 1–17. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw036>

Djaenuddin, N. Faesal. Soenartingsih. 2014. Isolasi dan uji efektivitas beberapa isolat dekomposer lokal dalam mendekomposisi limbah tanaman jagung. *Biosfera.* 31(2): 48–55.

- Faesal, Syuryawati. 2018. Efektivitas kompos limbah jagung menggunakan bakteri dan cendawan pada tanaman jagung. *Pangan*. 27(2): 117–128. <https://doi.org/10.33964/jp.v27i2.378>
- Gusnawaty HS, Taufik M, Triana L, Asniah. 2014. Karakteristik morfologis *Trichoderma* spp. indigenus. Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos*. 4(2): 87–93. <https://doi.org/10.56189/ja.v4i1.204>
- Halifu S, Deng X, Song X. 2019. Effects of two *Trichoderma* strains on plant growth, rhizosphere soil nutrients, and fungal community of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* annual seedlings. *Forests*. 10: 758. <https://doi.org/10.3390/f10090758>
- Hardianita S, Bosas R, Nurani Y. 2016. The potential of *Tithonia diversifolia* green manure for improving soil quality for cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Brotrytis* L.). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 3: 499–506.
- Heny A. 2015. Isolasi dan uji efektivitas aktivator alam terhadap aktivitas dekomposisi dan kualitas kompos tongkol jagung. [internet]. Diakses pada tanggal 11 Mei 2023. Tersedia pada: <http://thesis.umsu.ac.id/datapublik/t60218.pdf>
- Iswati R. 2021. Eksplorasi Agen Pengendali Hayati *Rhizoctonia solani* pada Tanaman Jagung di Gorontalo. Laporan Penelitian. Balintan (ID): Dinas Pertanian Provinsi Gorontalo.
- Liew JX, Loy ACM, Chin BLF, AlNouss A, Shahbaz M, Al-Ansari T, Govindan R, Chai YH. 2021. Synergistic effects of catalytic co-pyrolysis of corn cob and HDPE waste mixtures using weight average global process model. *Renew. Energy*. 170: 948–963. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.053>
- Onwosi CO, Igbokwe VC, Odimba JN, Eke IE, Nwankwoala MO, Iroh IN, Ezeogu LI. 2017. *Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects*. *Journal of Environmental Management*. 190: 140–157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>
- Pratiwi V, Hifnalisa H, Oktarina R, Sriwati. 2021. The potential of *Trichoderma* spp. and *Pseudomonas auregenosa* as patchouli waste decomposer. IOP Conf Series: *Earth and Environmental Science*. 667: 1–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/667/1/012019>
- Rofi'l M, Susanti A, Zuhria SA. The formulation's technique using microbes to the speed decomposition of biomass fertilizers. *Agaricus*. 1(1): 28–36.
- Santolini E, Bovo M, Barbaresi A, Torreggiani D, Tassinari P. 2021. Turning agricultural wastes into biomaterials: assessing the sustainability of scenarios of circular valorization of corn cob in a life cycle perspective. *Applied Science*. 11(14): 1–16. <https://doi.org/10.3390/app11146281>
- Saraswati, Heru. 2017. Percepatan proses pengomposan aerobik menggunakan biodekomposer. *Perspektif*. 16(1): 44-57.
- Shafawati SN, Siddiquee S, Wong CMVL, Kumar SV. 2014. Lignocellulolytic activities among *Trichoderma* isolates from lahad datu, sabah and deception island, Antarctic. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*. 6(5): 295–302. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000159>
- Siddiquee S. 2017. Morphology-Based Characterization of *Trichoderma* Species. Practical Handbook of the Biology and Molecular Diversity of *Trichoderma* Species from Tropical Regions. *Springer Nature*. 41–73. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64946-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64946-7_4)
- Singh A, Bajar S, Devi A, Pant D. 2021. An overview on the recent developments in fungal cellulase production and their industrial applications. *Bioresource Technology Reports*. 14(100652): 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100652>
- Sood M, Kapoor D, Kumar V, Heteiw MS, Ramakrishnan M, Landi M, Araniti F, Sharma A. 2020. *Trichoderma*: the “secrets” of a multitasking biocontrol agent. *Plants*. 9(762): 1–25. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>
- Syed, Riyaz-Ul-Hassan, Johri, 2013. A novel cellulase from an endophyte, *Penicillium* sp. NFFCI 2862. *American Journal of Microbiological Research*. 1(4): 84–91. <https://doi.org/10.12691/ajmr-1-4-4>
- Thaha AR, Umrah U, Asrul A, Rahim A, Fajra F, Nurzakia N. 2020. The role of local isolates of *Trichoderma* sp. as a decomposer in the substrate of cacao pod rind (*Theobroma cacao* L.). *AIMS Agriculture and Food*. 5(4): 825–834. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2020.4.825>
- Wang H, Zhai L, Geng A. 2020. Enhanced cellulase and reducing sugar production by a new mutant strain *Trichoderma harzianum* EUA20. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 129(2): 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.08.016>
- Wang L, Li Y, Prasher SO, Yan B, Ou Y, Cui H, Cui Y. 2019. Organic matter, a critical factor to immobilize phosphorus, copper, and zinc during composting under various initial C/N ratios. *Bioresource Technology*. 289(121745). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121745>
- Wibowo GT. 2018. Produksi Enzim Selulase Dari Fungi *Trichoderma Harzianum* Dengan Memanfaatkan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) Sebagai Substrat (Kajian Konsentrasi Inokulum dan Waktu Inkubasi). [Skripsi]. Malang (ID): Universitas Brawijaya.

- Yunus F, Abidin Z, Xyzquolyna D. 2018. Analisis pendapatan usaha tani jagung (*Zea mays*) pada lahan kering Desa Bakti Kecamatan Pulubala Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Agropolitan*. 5(1): 28–38.
- Yuwono D. 2005. Kompos Seri Agritekno. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 7(2): 58–61.
- Zhang X, Zhang Y. 2019. Cellulases: Characteristics, sources, production, and applications. Dalam: *Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals, and Polymers*, John Wiley & Sons. 131–146. <https://doi.org/10.1002/9781118642047.ch8>
- Zin NA, Badaluddin NA. 2020. Biological functions of *Trichoderma spp.* for agriculture applications. *Annals of Agriculture Science*. 65(2): 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.09.003>