



Formulation of Fungi for Cocoa Pod Waste Decomposition and Cocoa Pod Rot Control (*Phytophthora palmivora* Butl.)

Tutik Kuswinanti^{1*}, Eirene Brugman¹, Nur Annisa Putri², Andi Nurhidayaha¹ & Andi Nasruddin¹

¹Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Universitas Hasanuddin

²Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Hasanuddin

*Corresponding Author: tkuswinanti@gmail.com

Received December 01, 2023; revised February 20, 2024; accepted April 19, 2024

ABSTRACT

The development of cocoa in Indonesia was followed by an increase in cocoa waste in the form of fruit skins as much as 75% of fruit skins. The purpose of this study was to determine the formulation of fungi (*Trichoderma harzianum* and *Pleurotus ostreatus*) and methods of composting cocoa fruit skin waste as well as analysis of the quality of the compost produced. The research was conducted at Bontomanai village, Bungayya sub-district, and Gowa district which all have composting facilities on February to June 2023. The quality testing of compost and counting the amount of *Phytophthora palmivora* spores in cocoa pod husk compost was carried out in the Plant Disease Laboratory, Department of Plant Pest and Disease, Faculty of Agriculture, Hasanuddin University. This study consisted of three activities, there were producing compost, checking the quality and maturity of the compost, and measuring the amount of *P. palmivora* spores in the cocoa pod husk compost. This study included six treatments, notably P0: without Bioactivator, open pile, P1: *T. harzianum*, open pile, P2: *P. ostreatus*, open pile, P3: *T. harzianum* + *P. ostreatus*, open pile, P4: *T. harzianum* + *P. ostreatus*, open pile P4: without Bioactivator, close pile, P5: *T. harzianum*, close pile, P6: *P. ostreatus*, close pile, P7: *T. harzianum* + *P. ostreatus* close pile. Based on the compost maturity test and nutritional content analysis of cocoa waste, it can be seen that the most effective treatment in composting cocoa pod shells was the *T. harzianum* + *P. ostreatus* in open pile treatment, the highest levels of P₂O₅ and K₂O but lowest levels of C/N. Composting process had also reduced the amount of *P. palmivora* in cocoa pod husk waste.

Keywords: Biodecomposer, cocoa pod husk waste, *P. palmivora*, *T. harzianum*, *P. ostreatus*

Formulasi Jamur untuk Dekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao dan Pengendalian Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora* Butl.)

ABSTRAK

Perkembangan kakao di Indonesia diikuti oleh meningkatnya limbah kakao yang berupa kulit buah sebanyak 75% kulit buah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui formulasi jamur (*Trichoderma harzianum* dan *Pleurotus ostreatus*) dan metode pengomposan limbah kulit buah kakao serta analisa kualitas kompos yang dihasilkan. Penelitian dilakukan di Desa Bontomanai, Kecamatan Bungayya, dan Kabupaten Gowa yang semuanya memiliki fasilitas pengomposan pada bulan Februari-Juni 2023. Pengujian mutu kompos dan penghitungan jumlah spora *Phytophthora palmivora* pada kompos kulit buah kakao dilakukan di Laboratorium Penyakit Tanaman Departemen Hama dan Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Penelitian ini terdiri dari tiga kegiatan, yaitu pembuatan kompos, pemeriksaan kualitas dan kematangan kompos, serta pengukuran jumlah spora *P. palmivora* pada kompos kulit buah kakao. Penelitian ini meliputi enam perlakuan yaitu P0: tanpa Bioaktivator, tumpukan terbuka, P1: *T. harzianum*, tumpukan terbuka, P2: *P. ostreatus*, tumpukan terbuka, P3: *T. harzianum* + *P. ostreatus*, tumpukan terbuka, P4: *T. harzianum* + *P. ostreatus*, tumpukan terbuka P4: tanpa Bioaktivator, tumpukan tertutup, P5: *T. harzianum*, tumpukan tertutup, P6: *P. ostreatus*, tumpukan tertutup, P7: *T. harzianum* + *P. ostreatus* tumpukan tertutup. Berdasarkan uji kematangan kompos dan analisa kandungan nutrisi limbah kakao terlihat bahwa perlakuan yang paling efektif dalam pengomposan kulit buah kakao adalah *T. harzianum* + *P. ostreatus* pada perlakuan tumpukan terbuka, dengan kadar P₂O₅ dan K₂O paling tinggi, namun kadar C/N paling rendah. Pengomposan juga terbukti mengurangi jumlah *P. palmivora* di limbah kakao.

Kata Kunci: Biodekomposer, limbah kulit buah kakao, *P. palmivora*, *T. harzianum*, *P. ostreatus*

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang sedang digalakkan di

Indonesia. Kakao sangat berperan penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan dan devisa negara.

Sulawesi Selatan merupakan penyumbang kakao terbesar di Indonesia yaitu sekitar 20,70% dari total produksi nasional, menyusul Sulawesi Tengah 17,70%, Sulawesi Tenggara 11,60%, Sulawesi Barat 11,20%, Sumatera Utara 6,40%, Kalimantan Timur 2,90%, Aceh 1,90%, Maluku 1,40%, dan daerah-daerah lainnya sekitar 21,90%. Namun demikian produksi tanaman kakao di Sulawesi Selatan hanya berkisar antara 0,6 ton sampai 0,7 ton/ha/thn, sedangkan produksi optimalnya bisa mencapai 2,5 ton/ha/tahun. Belum optimalnya produktivitas kakao yang ada dipengaruhi oleh penerapan teknologi produksi di tingkat petani masih sangat rendah serta produktivitas agribisnis kakao Indonesia masih terkendala akibat serangan patogen (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2023).

Salah satu patogen pada tanaman kakao adalah *Phytophthora palmivora* yang menyebabkan penyakit busuk buah kakao (PBBK) (Nurfianti & Umrah, 2019; Nono *et al.*, 2017), dengan intensitas serangan berkisar antara 36,79% hingga 90% (Nawfetriyas *et al.*, 2016; Leiwakabessy *et al.*, 2020; Manwan *et al.*, 2022; Zikri *et al.*, 2022). PBBK menurunkan kuantitas dan kualitas biji kakao (Rumahlewang *et al.*, 2022).

Perkembangan kakao di Indonesia juga diikuti oleh beberapa permasalahan, diantaranya meningkatnya limbah kakao berupa kulit buah (Córdova *et al.*, 2020), dimana buah kakao sendiri terdiri dari 75% kulit (Davidson *et al.*, 2022). Mengingat besarnya kandungan kulit buah kakao, maka perlu diusahakan pemanfaatannya untuk mengurangi cemaran pada tanah, diantaranya akibat kandungan kadmium (Cd) pada limbah kulit kakao (Pinzon-Núñez *et al.*, 2022), terjadinya pencemaran (polusi) udara berupa gas Metan (CH₄), CO₂ dan N₂O dan menjadi inang untuk berkembangnya hama dan penyakit tanaman (Purnamawati & Utami, 2014; Rumahlewang *et al.*, 2022).

Kulit kakao dapat diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat (Nurdika *et al.*, 2023). Kandungan kulit buah kakao adalah polifenolik dan komponen flavonoid yang merupakan aktivitas antioxidant (Jusmiati *et al.*, 2015). Kulit buah kakao dapat menjadi bahan baku pembuatan *edible coating* dengan mengekstrak pektin yang terkandung pada kulit buah kakao untuk diaplikasikan pada buah tomat selama penyimpanan (Susilowati, 2017), sebagai sumber gas, minyak, dan karbon (Vaštyl *et al.*, 2022), sebagai biochar (Loppies, 2016; Adjin-Tetteh *et al.*, 2018; Pinzon-Núñez *et al.*, 2022). Kulit buah kakao mengandung unsur hara yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Tarigan, 2017) sehingga dapat dijadikan kompos dan juga sebagai media pembawa agensia hayati (Laude *et al.*, 2019; Jahuddin *et al.*, 2022).

Salah satu teknik pengolahan limbah kakao adalah secara biologis dengan memanfaatkan organisme yang mampu menghasilkan enzim pendegradasi dinding sel seperti selulase, hemiselulase, dan enzim pemecah lignin, karena kulit

kakao mengandung hemiselulosa dan lignin (Akinjokun *et al.*, 2021; Herrera-Barrios *et al.*, 2022). Diantara organisme yang mampu menghasilkan enzim pengurai adalah mikroba yang memiliki aktivitas enzim selulase, endoglukanase, xilanase dan lakase (Sarangi *et al.*, 2021).

Beberapa kelompok mikroba yang dilaporkan mampu mendegradasi senyawa lignin, selulosa, dan hemiselulosa adalah jamur. Jamur *Pleurotus* sp. dan *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan mendegradasi lignin dan hemiselulosa sebanyak 76,46% dan 6,22% (Fitrianti, 2016). Biakan jamur *Trichoderma* dalam media aplikatif seperti dedak yang diberikan ke areal pertanian akan melakukan peranya sebagai biodekomposer yang mendekomposisi limbah organik menjadi kompos sekaligus berperan sebagai biofungisida (Kuswinanti, 2006). *Trichoderma* spp., *Aspergillus* spp., dan *Bacillus* sp. dalam formulasi kompos limbah kulit kakao dapat menekan tingkat serangan penyakit *Fusarium verticillioides* (Jahuddin *et al.*, 2022), *Tremella* sp. and *Pleurotus* sp. (Rahim *et al.*, 2021), *Trichoderma viride* dapat menghambat PBBK dengan daya hambat 68,84% (Putra *et al.*, 2022), *Paecilomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. dapat menekan PBBK hingga 34 % (Ridwan, 2019), *Trichoderma* sp dapat menurunkan tingkat keparahan PBBK sebesar 40 % - 84% (Hakkar *et al.*, 2014; Cikita *et al.*, 2016; Nawfetriyas *et al.*, 2016; Elfina *et al.*, 2017; Khoiri *et al.*, 2023);.

Proses pengomposan biasanya dibagi menjadi tiga fase yaitu fase 1: Tahap Mesofilik dimana suhu meningkat dengan cepat hingga 40–60°C, pada fase ini gula dan zat lain sedang terdegradasi, mikroorganisme mesofilik yang tumbuh memecah zat yang mudah terdegradasi, seperti gula dan pati, fase ini berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Fase 2: Tahap Termofilik berlangsung pada suhu 70°C dimana selulosa dan zat lain yang kurang mudah terdegradasi mulai dipecah, mikroorganisme termofilik memecah zat yang lebih tahan, seperti selulosa dan lignin. Fase 3: Tahap Pematangan pada Suhu 40°C dan terus menurun (Hoitink & Boehm, 1999). Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian untuk menguji isolat jamur yang berkemampuan tinggi dalam mendegradasi limbah kulit buah kakao sehingga mampu mengoptimasi pemanfaatan limbah kakao sebagai pupuk organik dan juga sebagai agen hayati dalam pengendalian PBBK (*P. palmivora*).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tanaman, Departemen Proteksi Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin dan desa Bontomanai, kecamatan Bungayya, kabupaten Gowa. Waktu pelaksanaan penelitian adalah Bulan Februari – Juni 2023.

Persiapan Bahan Baku

Bioaktivator yang digunakan untuk percobaan terdiri dari formula *Trichoderma harzianum* dan *Pleurotus ostreatus*. Secara umum, proses formulasi bioaktivator ini terdiri atas empat tahap yaitu:

- Perbanyakkan bahan aktif isolat jamur *T. harzianum* dan *P. ostreatus*
Perbanyakkan *T. harzianum* dan *P. ostreatus* dilakukan pada media Agar gula kentang (PDA: potato dextrose agar).
- Sterilisasi bahan pembawa yang terdiri dari biji jagung dan beras.
Sterilisasi dilakukan dengan cara mencuci bahan pembawa hingga bersih kemudian sebanyak 100 gr dimasukkan ke dalam wadah plastik tahan panas kemudian di panaskan dengan autoclave pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi selama 30 menit, kemudian didinginkan pada suhu ruang).
- Inokulasi bahan aktif *T. harzianum* dan *P. ostreatus* di dalam media pembawa.
Inokulasi dilakukan pada laminar air flow dengan cara memasukkan isolat murni jamur kedalam media pembawa kemudian plastik ditutup rapat. Proses ini dilakukan secara aseptis
- Pembuatan formulasi bubuk dan pengemasan
Pembuatan formulasi bubuk dilakukan pada saat media pembawa berumur 2-3 minggu setelah inokulasi atau pada saat seluruh permukaan media pembawa telah ditumbuhi spora, kemudian media pembawa dikeringkan pada suhu 30-35°C sampai benar-benar kering, kemudian diblender dan disaring untuk memisahkan spora dari ampasnya kemudian dikemas pada kantong aluminium foil

Aplikasi Bioaktivator pada Limbah Kulit Kakao

Proses pembuatan kompos dilakukan dengan cara ditumpuk, ada 8 perlakuan dengan 2 ulangan. Setiap ulangan masing-masing menggunakan 40 g bubuk fomula *T. harzianum* dan *P. ostreatus*.

Masing-masing perlakuan diisi dengan 10 kg kulit buah kakao dan 3,5 kg sekam padi. kemudian ditutupi dengan terpal diatas campuran bahan tersebut. Parameter yang digunakan untuk memperkirakan kematangan kompos meliputi warna, suhu dan bau (aroma). Pengamatan ini dilaksanakan setiap minggunya. Analisis unsur hara N, P, K, C-Organik dan ratio C/N nya serta spora *P. palmivora* dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Laboratorium Ilmu hama dan Penyakit tanaman, Fakultas Pertanian. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok dengan 8 perlakuan dan 2 ulangan.

P0 : Tanpa Bioaktivator, Tumpukan Terbuka

P1:*T. harzianum*+Tumpukan Terbuka

P2: *P. ostreatus* + Tumpukan Terbuka

P3:*T. harzianum*+ *P. ostreatus* Tumpukan Terbuka

P4:Tanpa Bioaktivator, Tumpukan Tertutup

P5:*T. harzianum*+Tumpukan Tertutup

P6: *P. ostreatus*+Tumpukan Tertutup

P7:*T. harzianum*+ *P. ostreatus* Tumpukan Tertutup

Uji Kematangan Kompos

Pengujian secara organoleptik dengan perent test dilakukan berdasarkan metode dari Asngad dan Suparti (2005), dengan parameter pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Warna, Tekstur, dan Bau Kompos sesuai Standar SNI 19-7030-2004

Parameter	Keterangan	
	Pupuk Kompos	Pupuk Kompos SNI
Warna	Kehitaman	Kehitaman
Tekstur	Halus	Halus
Aroma	Berbau Tanah	Berbau Tanah

Analisis Kandungan Nutrisi pada Limbah Kakao Hasil Dekomposisi.

Pengamatan pada kandungan nutrisi dari limbah kakao yang dianalisis adalah kandungan N, P, K, C-Organik dan Ratio C/N (Sari, 2020) .

Keberadaan Inokulum *Phytophthora palmivora* pada Kompos Kulit Kakao

Reisolasi untuk mengetahui ada tidaknya koloni *P. palmivora* dilakukan dengan teknik pengenceran dan ditumbuhkan di media V8 jus modifikasi yaitu dengan mencampurkan 50 ml V8 jus dengan CaCO₃ 0,5 g kemudian disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 20 menit dan disaring, cairan hasil penyaringan digunakan sebagai bahan pembuatan media. Selanjutnya media diautoclave dan dituang pada cawan Petri untuk keperluan isolasi.

Proses kerja isolasi kulit buah kakao yang sudah dikomposkan yaitu dengan mengambil kulit buah kakao yang sudah dikomposkan sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, lalu dibuat pengenceran hingga 3 kali. Dari suspensi larutan pengenceran 10⁻³ diambil sebanyak 0,1 ml dan dituang pada media V8 jus, kemudian diratakan menggunakan spatula. Setelah inkubasi selama 7 hari kemudian dihitung jumlah koloni yang tumbuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Kematangan Kompos

Pengamatan tingkat kematangan kompos dilakukan dengan pengujian secara organoleptik. Menurut Tyas & Asngad (2016) kriteria organoleptik kompos meliputi warna (coklat hingga kehitaman), aroma (berbau atau tidak) dan tekstur kompos. Kematangan kompos limbah kulit kakao tumbuh terbaik pada perlakuan P4 (*T. harzianum* + *P. ostreatus* tumpukan terbuka) dan P7 (*T. harzianum* + *P. ostreatus* tumpukan tertutup) yang menunjukkan warna yang hitam, aroma seperti tanah dan tekstur lunak yang berkisar antara 71%-100% dilihat dari mudahnya kulit kakao dihancurkan bahkan menggunakan jari.

Tabel 2. Tingkat Kematangan Kompos pada Kulit Buah Kakao

Perlakuan	30 hari Setelah Aplikasi		
	Warna	Aroma	Tekstur
Kontrol Terbuka	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Keras
<i>T. harzianum</i> , Terbuka	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Lunak 1% - 35 %
<i>P. ostreatus</i> , Terbuka	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Lunak 1% - 35 %
<i>T. harzianum</i> + <i>P. Ostreatus</i> Tumpukan Terbuka	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Tekstur Lunak 71%-100%
Kontrol Tertutup	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Keras
<i>T. harzianum</i> , Tertutup	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Lunak 1% - 35 %
<i>P. ostreatus</i> , Tertutup	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Lunak 1% - 35 %
<i>T. harzianum</i> + <i>P. Ostreatus</i> Tumpukan Tertutup	Kehitaman	Berbau seperti tanah	Tekstur Lunak 71%-100%

Pada Tabel 2, dari dua formulasi mikroba yang diuji, masing-masing memperlihatkan kematangan kompos yang berbeda pada setiap perlakuan. Kematangan kompos pada kulit limbah kakao pada pengamatan 30 hari setelah aplikasi menunjukkan aroma harum pada kompos kulit buah kakao yang dihasilkan menunjukkan. Hal ini menunjukkan keberhasilan dari proses pengomposan. Warna kehitaman juga menunjukkan tingkat keberhasilan dari proses pengomposan karena warna hitam menunjukkan seberapa banyak bahan organik yang terkandung di dalam kompos. Tekstur yang dihasilkan dapat dilihat dari seberapa lunak kompos dari limbah kulit kakao. Hal ini menunjukkan bahwa *T. harzianum* dan *P. ostreatus* memiliki kemampuan sebagai decomposer bahan organik (Rahim *et al.*, 2018). Menurut Joos *et al.*, (2020) populasi *T. harzianum* stabil pada pengomposan selama 6-8 minggu. Kematangan sifat fisik kompos juga dipengaruhi oleh aktivitas enzim degradasi yang dihasilkan oleh mikroba dekomposer, *Trichoderma reesei* menghasilkan enzim decomposer berupa selulase (≥ 1.87 IU mL⁻¹), endoglukanase (≥ 0.75 IU mL⁻¹),

sylanase (≥ 163.49 nkat mL⁻¹), dan lakase (≥ 11.75 IU mL⁻¹) (Sarangi *et al.*, 2021).

Analisis Kandungan Nutrisi Kompos

Analisis kandungan nutrisi pada kompos adalah parameter selanjutnya untuk melihat keberhasilan kompos yang dihasilkan. Kandungan nutrisi pada kompos yang dilihat adalah kandungan kandungan N, C, rasio C/N, P dan K.

Kandungan Nutrisi Kompos berupa N, kandungan C-Organik, C/N, P₂O₅ dan K₂O disajikan pada Tabel 3. Data pada Tabel 3. menunjukkan bahwa kandungan C/N berada diantara 15,50% - 24,50%, terbesar berasal dari perlakuan P7 (*T. harzianum* + *P. ostreatus* tumpukan tertutup), sedangkan kandungan N terbesar pada perlakuan P5 (*T. harzianum* tumpukan tertutup) yaitu 2,01 % dan kandungan C tertinggi pada perlakuan P7 (*T. harzianum* + *P. ostreatus*, tertutup) yaitu 34,76 %. Hasil dekomposisi oleh *Trichoderma* jerami padi menghasilkan 1,97% N, 2,04% K, dan 0,88% P dan rasio C/N ratio 28 (Sarangi *et al.*, 2021). Perlakuan dengan decomposer *Trichoderma* menghasilkan C 35%, N 34,30% , rasio C:N 26,27 (Organo *et al.*, 2022).

Tabel 3. Rata-Rata Analisis Kandungan Nutrisi

Kode	Rata-Rata				
	N (%)	C (%)	C/N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)
Kontrol Terbuka	0,80e	19,06e	24,00c	2,07a	1,40a
<i>T. harzianum</i> Tumpukan Terbuka	0,92e	22,13e	19,00ab	1,42b	0,70b
<i>P. ostreatus</i> Tumpukan Terbuka	1,35d	28,83d	21,50cb	2,13a	0,70b
<i>T. harzianum</i> + <i>P. ostreatus</i> Tumpukan Terbuka	1,98ab	26,69cd	13,50a	2,37a	2,00a
Kontrol Tertutup	1,58c	29,87cd	24,50cb	1,94ab	0,71b
<i>T. harzianum</i> Tumpukan Tertutup	2,01a	30,42bc	15,50a	2,18a	0,50b
<i>P. ostreatus</i> Tumpukan Tertutup	1,79b	33,91ab	19,00ab	2,11a	0,58b
<i>T. harzianum</i> + <i>P. ostreatus</i> Tumpukan Tertutup	2,00a	34,76a	17,50ab	2,24a	0,50b

Perbedaan kandungan C-organik dan Nitrogen pada bahan akan menyebabkan perbedaan rasio C/N, setiap bahan organik memiliki rasio C/N yang berbeda, rasio C/N sesuai dengan persyaratan karakteristik bahan baku yang layak untuk proses pengomposan yaitu rasio C/N berkisar antara 20% - 40% (Onwosi *et al.*, 2017) . Proses pengomposan dilakukan bertujuan menurunkan C-Organik yang terdapat di bahan baku kompos dengan cara mendekomposisinya menjadi CH₄ dan CO₂ sehingga dapat terlepas pada lingkungan. Penurunan C-organik akan menyebabkan peningkatan kandungan nitrogen sehingga menyebabkan rasio C/N menurun yaitu <20%.

Hasil analisis terhadap kandungan C/N kompos kulit kakao pada Tabel 3. Kandungan C/N terendah terdapat pada perlakuan *T. harzianum* + *P. ostreatus* tumpukan terbuka. Apabila kandungan C/N lebih tinggi maka kompos belum cukup matang dan perlu waktu dekomposisi lebih lama lagi (Silalahi *et al.*, 2015). Kompos matang bila rasio C/N < 20 (Mawar & Mathur, 2022). Salah satu indikator yang menandakan berjalannya proses dekomposisi dalam pengomposan adalah penguraian C/N substrat oleh mikroorganisme maupun agen dekomposer lainnya. Perubahan rasio C/N terjadi selama pengomposan diakibatkan adanya penggunaan karbon sebagai sumber energi dan hilang

dalam bentuk CO₂ sehingga kandungan karbon semakin lama berkurang (Vitinaqailevu & Rajashekhar, 2019; Organo *et al.*, 2022).

Keberadaan Inokulum *P. palmivora*, *T. harzianum* dan *P. ostreatus* pada Kompos Kulit Kakao

Pengamatan koloni mikroba dari isolasi hasil kompos pada media PDA dan V-8 dikelompokkan berdasarkan kesamaan bentuk koloninya. Dari

keseluruhan perlakuan, secara makroskopis yang diamati terdapat 2 jenis mikroorganisme yaitu jamur dan bakteri sedangkan koloni *P. palmivora* tidak ditemukan. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui jenis dari jamur tersebut sedangkan pada isolate bakteri tidak dilakukan identifikasi lebih lanjut. Jumlah koloni pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Pengamatan Jumlah Koloni Bakteri, Jamur dan *P. palmivora* pada media PDA

Kode	Rata-Rata Jumlah Koloni pada Pengamatan ke-30 Hari Setelah Inokulasi (HSI)		
	Bakteri	Jamur	<i>P. palmivora</i>
Kontrol (Limbah kulit Kakao sebelum pengomposan)	1000	0	0
Kontrol Terbuka	0	23000 (<i>Aspergillus</i> sp.)	0
<i>T. harzianum</i> , Tumpukan Terbuka	2000	4500 (<i>T. harzianum</i>)	0
<i>P. ostreatus</i> Tumpukan Terbuka	0	6000 (<i>Aspergillus</i> sp, <i>P. ostreatus</i>)	0
<i>T. harzianum</i> + <i>P. ostreatus</i> Tumpukan Terbuka	0	8500 (<i>T. harzianum</i> , <i>P. ostreatus</i>)	0
Kontrol Tertutup	0	39500 (<i>Aspergillus</i> sp)	0
<i>T. harzianum</i> Tumpukan Tertutup	1000	31500 (<i>T. harzianum</i>)	0
<i>P. ostreatus</i> Tumpukan Tertutup	0	9000 (<i>P. ostreatus</i>)	0
<i>T. harzianum</i> + <i>P. ostreatus</i> Tumpukan Tertutup	1000	6500 (<i>T. harzianum</i> , <i>P. ostreatus</i>)	0

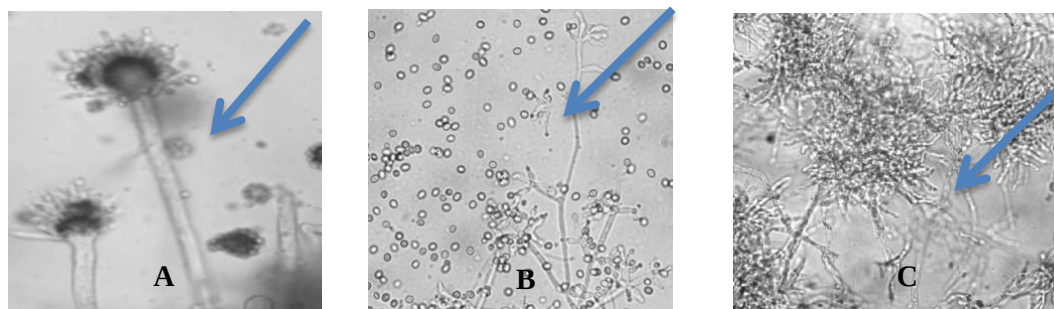
Tabel 5. Jumlah koloni bakteri, jamur dan *P. palmivora*, pada media V8, 30 HSI

Perlakuan	Rata-Rata Jumlah Koloni pada Pengamatan 30 HSI		
	Bakteri	Jamur	<i>P. palmivora</i>
Limbah kakao sebelumPengomposan	100	50	3500
Kontrol Terbuka	6000	2500 (<i>Aspergillus</i> sp)	0
<i>T. harzianum</i> Tumpukan Terbuka	2000	14000 (<i>T. harzianum</i>)	0
<i>P. ostreatus</i> Tumpukan Terbuka	1000	11000 (<i>P. ostreatus</i>)	0
<i>T. harzianum</i> + <i>P. ostreatus</i> Tumpukan Terbuka	1000	29500 (<i>T. harzianum</i> , + <i>P. ostreatus</i>)	0
Kontrol Tertutup	2500	7000 (<i>Aspergillus</i> sp, <i>T. harzianum</i>)	0
<i>T. harzianum</i> Tumpukan Tertutup	0	15000 (<i>T. harzianum</i>)	0
<i>P. ostreatus</i> Tumpukan Tertutup	0	14500 (<i>Aspergillus</i> sp, <i>P. ostreatus</i>)	0
<i>T. harzianum</i> + <i>P. ostreatus</i> Tumpukan Tertutup	0	18500(<i>T. harzianum</i> , <i>P. ostreatus</i>)	0

Berdasarkan pengamatan koloni mikroba yang muncul dari isolasi hasil kompos pada media PDA dan V-8 dikelompokkan berdasarkan kesamaan bentuk koloninya. Dari keseluruhan perlakuan yang diamati terdapat 4 bentuk koloni mikroba yang berbeda, setelah dilakukan identifikasi secara mikroskopis terdapat jamur *Aspergillus* sp., *T. harzianum*, *P. ostreatus* dan bakteri (Gambar1). Komunitas mikroba berlimpah dan beragam dalam kompos yang dipengaruhi oleh bahan

kompos, suhu, aerasi (Neher *et al.*, 2013), temperature, kelembaban, pH, rasio C/N dan ukuran oartikel (Onwosi *et al.*, 2017)

Jumlah koloni pada media PDA yang sudah di isolasi dapat dilihat pada Gambar 1. terlihat bahwa jenis jamur yang ditemukan adalah jamur dari *Aspergillus* sp., *P. ostreatus* dan *T. harzianum* sedangkan untuk kelompok bakteri tidak dilakukan identifikasi lebih lanjut.



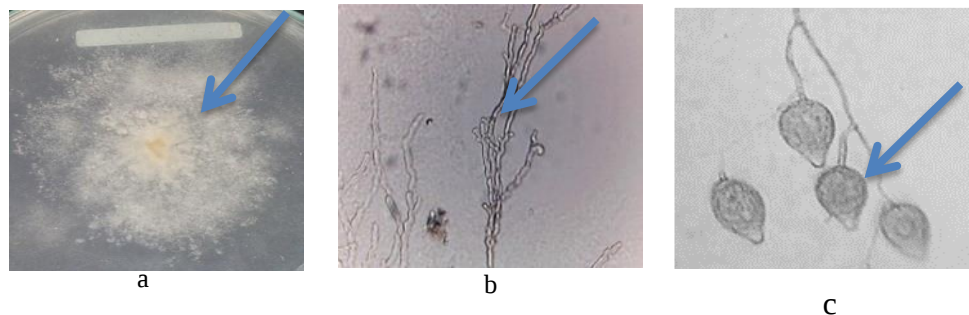
Gambar 1. Karakteristik mikroskopis (a) *Aspergillus* sp. (b) *T. harzianum* dan (c) *P. ostreatus*

Koloni yang menyerupai ciri-ciri *P. palmivora* tidak dijumpai pada pada berbagai jenis perlakuan untuk dekomposer limbah kulit kakao. *P. palmivora* merupakan oomecetes heterotalik, tidak menghasilkan stadium seksual dalam medium buatan. Miselium berwarna putih, tidak bersepta dan mengandung banyak inti diploid. Hifa mempunyai cabang yang banyak, agak keras, sinosis, kadang-kadang bersepta (Fauzan *et al.*, 2013). Pada jaringan tanaman, pertumbuhan hifa biasanya intraseluler dan membentuk haustorium di dalam sel inang.

Hasil pengelompokkan jamur berdasarkan ciri-ciri mikroba yang berkembang pada media AGK dan V8 tidak menunjukkan adanya ciri-ciri yang menyerupai *P. palmivora* yang terdapat di dalam kompos pada kulit kakao, ini menunjukkan bahwa menggunakan formulasi *P. ostreatus* dan *T. harzianum* dapat mengendahkan perkembangan dari penyebab penyakit busuk buah kakao. *Trichoderma* spp. pada substrat menghasilkan aktivitas enzim yang besar yaitu N-acetyl- β -glucosaminidase, yang menonjol dalam

P2E, dan berperan dalam pengendalian penyakit (Coelho *et al.*, 2021). *Trichoderma* dengan spesies *T. harzianum* dan *T. asperellum* dapat menekan *Phytophthora infestans* and *Fusarium oxysporum* setelah diaplikasikan pada media kompos (Ghazanfar *et al.*, 2019; Komolafe *et al.*, 2021; Lasmini *et al.*, 2022 ; Saleh *et al.*, 2023).

Hasil isolasi pada perlakuan kontrol (diambil dari bahan baku limbah kakao yang tidak dikomposkan) dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil ini menunjukkan bahwa dari pengamatan makroskopis tampak koloni yang berwarna putih dan pada pengamatan mikroskopis menunjukkan adanya hifa yang bercabang, bentuk sporangium seperti buah pear yang merupakan ciri morfologi dari *P. palmivora*. Menurut Fauzan *et al.*, (2013) dan Rumahlewang *et al.*, (2022) ciri *P. palmivora* dengan koloni berwarna putih bersih seperti kapas, arah pertumbuhan radial, ciri mikroskopisnya terdapat sporangium dengan bentuk seperti buah pear dengan ukuran Panjang 43,80 μ m dan lebar 26,90 μ m.



Gambar 2. Bentuk morfologi *P. palmivora* pada media V-8 Juice (a) Koloni *P. palmivora*, (b) hifa dan (c) sporangium

Kelompok jamur dapat tumbuh optimal pada media yang banyak mengandung selulosa, lignin dan hemiselulosa yang tinggi, (Pallawagau *et al.*, 2019; Adeyanju, 2022; Davidson *et al.*, 2022; Herrera-Barrios *et al.*, 2022). Oleh karena itu digunakan formulasi *P. ostreatus* dan *T. harzianum* dalam penelitian ini karena merupakan isolat jamur pelapuk yang memiliki kemampuan menguraikan kandungan lignoselulotik. Faktor yang paling penting untuk memilih jenis jamur yang akan digunakan untuk mendegradasi lignin adalah kemampuannya menghasilkan enzim pendegradasi lignin (Lignin Peroksidase, Manganese Peroksidase dan Lakase) yang merupakan hasil metabolisme sekunder dari jamur pelapuk pada kondisi tertentu (Sarangi *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

1. Perlakuan yang paling efektif dalam pengomposan kulit buah kakao yaitu perlakuan *T. harzianum* + *P. ostreatus* tumpukan terbuka dimana pada perlakuan ini memiliki tingkat kematangan yang paling baik dilihat berdasarkan warna, aroma dan teksturnya.

2. Kandungan nutrisi terbaik diperoleh juga pada perlakuan *T. harzianum* + *P. ostreatus* tumpukan terbuka memiliki tingkat P_2O_5 , dan K_2O yang paling tinggi, namun nilai C/N paling rendah.
3. Pengomposan dapat menghilangkan inokulum *P. palmivora*. Tidak diperoleh koloni *P. palmivora* pada semua perlakuan pengomposan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknolgi, Kedaireka Matching Fund Batch 1 Tahun Ajaran 2023. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada para asisten peneliti yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan baik di laboratorium maupun di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyanju AA. 2022. Comparisons of Cocoa Pod Husks and other Biomass Wastes for Syngas Production. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 336). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233600037>.
- Adjin-Tetteh M, Asiedu N, Dodoo-Arhin D, Karam A, & Amaniampong PN. 2018. Thermochemical

- conversion and characterization of cocoa pod husks a potential agricultural waste from Ghana. *Industrial Crops and Products*, 119, 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.060>.
- Akinjokun AI, Petrik LF, Ogunfowokan AO, Ajao J, & Ojumu TV. 2021. Isolation and characterization of nanocrystalline cellulose from cocoa pod husk (CPH) biomass wastes. *Heliyon*, 7(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06680>.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2023. Statistik Indonesia 2023.
- Cikita D, Khotimah S, & Linda R. 2016. Uji antagonis *Trichoderma* spp . terhadap *Phytophthora palmivora* Butl . penyebab penyakit busuk buah Kakao (*Theobroma cacao*). *Jurnal Protobiont*, 5(3), 59–65. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/download/17016/14560>.
- Coelho L, Reis M, Guerrero C, & Dionísio L. 2021. Biological control of turfgrass diseases with organic composts enriched with *Trichoderma atroviride*. *Biological Control*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104620>.
- Córdova B M, Santa Cruz JP, Ocampo MTV, Huamani-Palomino RG, & Baena-Moncada AM. 2020. Simultaneous adsorption of a ternary mixture of brilliant green, rhodamine B and methyl orange as artificial wastewater onto biochar from cocoa pod husk waste. Quantification of dyes using the derivative spectrophotometry method. *New Journal of Chemistry*, 44(20): 8303–8316. <https://doi.org/10.1039/D0NJ00916D>.
- Davidson DJ, Lu F, Faas L, Dawson DM, Warren GP, Panovic I, Montgomery JRD, Ma X, Bosilkov BG, Slawin AMZ, Lebl T, Chatzifragkou A, Robinson S, Ashbrook SE, Shaw LJ, Lambert S, Van Damme I, Gomez LD, Charalampopoulos D, & Westwood NJ. 2022. Organosolv pretreatment of cocoa pod husks: Isolation, analysis, and use of lignin from an abundant waste product. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c03670>.
- Elfina Y, Ali M, & Sabatiny D. 2017. Uji konsentrasi biofungisida tepung *Trichoderma harzianum* Rifai terhadap jamur *Phytophthora palmivora* Butl. penyebab penyakit busuk buah kakao pascapanen. *Sagu*, 16(1), 1–12. <https://sagu.ejournal.unri.ac.id/index.php/JSG/article/view/5396>.
- Fauzan A, Lubis L, & Pinem MI. 2013. Keparahan penyakit busuk buah kakao (*Phytophthora palmivora* Butl.) pada beberapa perkebunan kakao rakyat yang berbeda naungan di kabupaten langkat. *Online agroekoteknologi*, 1(3), 374–384.
- Fitrianti. 2016. Efektivitas isolat jamur pelapuk dan mikroorganisme lokal dalam menguraikan limbah kulit kakao. *Jurnal Agrovital*, 1(1), 9–11.
- Ghazanfar MU, Hamid MI, Raza M, Raza W, & Qamar, M. I. 2019. Suppressiveness of late blight and fusarium wilt of tomato with trichoderma fortified composts. *Sarhad Journal of Agriculture*, 35(3), 823–833. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2019/35.3.823.833>.
- Hakkar A, Rosmana A, & Rahim M. 2014. Pengendalian Penyakit Busuk Buah *Phytophthora* pada Kakao dengan Cendawan Endofit *Trichoderma asperellum*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 10(1): 139–144. <https://doi.org/10.14692/jfi.10.5.139>.
- Herrera-Barrios A, Puello-Mendez J, Pasqualino JC, & Lambis-Miranda HA. 2022. Agro-Industrial Waste from Cocoa Pod Husk (*Theobroma cacao* L.), as a Potential Raw Material for Preparation of Cellulose Nanocrystals. *Chemical Engineering Transactions*, 92: 205–210. <https://doi.org/10.3303/CET2292035>.
- Hoitink H, & Boehm MJ. (1999). Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. *Annu.Rev Phytopathol*, 37, 427–446. www.annualreviews.org.
- Jahuddin R, Putri VE, Messa J, Sumange L, & Suryani. (2022). Pemanfaatan formulasi kompos limbah kulit buah kakao dengan mikroba endofit perakaran jagung untuk pengendalian penyakit busuk tongkol jagung (*Fusarium Vercilloides*). *Journal Agroecotech Indonesia (JAI)*, 1(01): 7–15. <https://doi.org/10.59638/jai.v1i01.13>
- Joos L, Herren GL, Couvreur M, Binnemans I, Oni F E, Höfte M, Debode J, Bert W, & Steel H. 2020. Compost is a carrier medium for *Trichoderma harzianum*. *BioControl*, 65(6), 737–749. <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10040-z>.
- Jusmiati J, Rusli R, & Rijai L. 2015. Aktivitas antioksidan kulit buah kakao masak dan kulit buah kako muda. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 1(1), 34–39. <https://doi.org/10.25026/jsk.v1i1.13>.
- Khoiri S, Larasati RS. 2023. Efektivitas *Trichoderma harzianum* OC12 dalam menekan *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao. *Agropross: National* <https://proceedings.polije.ac.id/index.php/agropross/article/view/477>.
- Komolafe AF, Kayode CO, Ezekiel-Adewoyin DT, Ayanfeoluwa OE, Ogunleti DO, & Makinde AI. 2021. Soil properties and performance of celosia (*Celosia argentea*) as affected by compost made with trichoderma asperellum. *Eurasian Journal of Soil Science*, 10(3), 199–206. <https://doi.org/10.18393/ejss.880541>.
- Kuswinanti T. 2006. Efektivitas *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium virens* dalam

- menekan pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* penyebab penyakit busuk pangkal batang. Buletin Penelitian, 9(1).
- Lasmini SA, Edy N, Yunus M, Nasir BH, & Khasanah N. 2022. Effect of the combined application of manure compost and *Trichoderma* sp. On production parameters and stem rot disease incidence of shallot. Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences, 38(3): 335–344. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-31OHVL10031>.
- Laude S, Rahim A, Kadir S, Lamusa A, & Ismail D. 2019. Pemberdayaan masyarakat dalam pemanfaatan limbah dan pengolahan biji kakao di desa uenuni kecamatan palolo kabupaten sigi. Abditani, 3(1): 50–56.
- Leiwakabessy C, Masauna ED, & Uruilal C. 2020. Kejadian penyakit busuk buah kakao (*Phytophthora palmivora* var . *palmivora*) di desa karlutu , kecamatan seram utara barat , kabupaten maluku tengah (Disease Incidence of cocoa fruit rot (*Phytophthora palmivora* var . *palmivora*) in karlutu village , No. In Jpk, 4(1): 21–30). ojs3.unpatti.ac.id. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/jpk/article/download/2396/2051>.
- Loppies JE. 2016. Karakteristik arang kulit buah kakao yang dihasilkan dari berbagai kondisi pirolisis. In Jurnal Industri Hasil Perkebunan, 11(2): 105. ejournal.kemenperin.go.id. <https://doi.org/10.33104/jihp.v11i2.3417>.
- Manwan SW, Lestari MS, Adnan A, & Kasim A. (2022). Survei sebaran dan tingkat serangan penggerek buah kakao dan busuk buah kakao di Kabupaten Jayapura. Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture, 366–374. <https://doi.org/10.25047/agropross.2022.307>.
- Mawar R, & Mathur T. 2022. Enhancing survival and multiplication of *Trichoderma harzianum* by Prosopis juliflora based compost in Indian arid region. Indian Phytopathology, 75(3), 797–805. <https://doi.org/10.1007/s42360-022-00495-8>.
- Nawfetrias W, & Nurhangga E. 2016. Pemanfaatan biofungisida berbahan aktif *trichoderma* spp. Untuk pengendalian penyakit busuk buah kakao. Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBi), 3(1): 28. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v3i1.39>.
- Neher DA, Weicht TR, Bates ST, Leff JW, & Fierer N. 2013. Changes in bacterial and fungal communities across compost recipes, preparation methods, and composting times. PLoS ONE, 8(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079512>.
- Nono S, Wirianata H, & Kristalisasi EN. 2017. Beberapa klon kakao terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) dan vascular streak dieback (*Oncobasidium theobromae*) pada tanaman kakao. Jurnal Agromast. <http://journal.instiperjogja.ac.id/index.php/JAI/article/view/725>.
- Nurdika A, Haliyaturrahmah, S., Faradilla, A., Sartika, D, Saputra D, Damarasena K, Pratiwi N, Azizatul Husna Z, & Randi Pranata M. 2023. Kerupuk kulit kakao: sebagai upaya mengatasi limbah kulit kakao dalam meningkatkan perekonomian masyarakat di desa rempek darussalam. Gelar Wicara, 746–751. <https://proceeding.unram.ac.id/index.php/wicara>.
- Nurfianti & Umrah. 2019. Pengamatan gejala infeksi *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. Biocelebes, 13(3), 253–261. <https://doi.org/10.22487/bioceb.v13i3.14969>.
- 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. In Journal of Environmental Management, 190: 140–157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>.
- Organo ND, Granada SMJM, Pineda HGS, Sandro JM, Nguyen VH, & Gummert M. 2022. Publisher Correction: Assessing the potential of a *Trichoderma*-based compost activator to hasten the decomposition of incorporated rice straw. Scientific Reports. 2022. 12(1): 448, 10.1038/s41598-021-03828-1). In Scientific Reports, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05490-7>.
- Pallawagau M, Yanti NA, Jahiding M, Kadidae LO, Asis WA, & Hamid FH. 2019. Penentuan kandungan fenolik total liquid volatile matter dari pirolisis kulit buah kakao dan uji aktivitas antifungi terhadap *fusarium oxysporum*. In *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(1): 165. academia.edu. <https://doi.org/10.20961/alchemy.15.1.24678.1>
- Pinzon-Núñez DA, Adarme-Durán CA, Vargas-Fiallo LY, Rodriguez-Lopez N, & Rios-Reyes CA. 2022. Biochar as a waste management strategy for cadmium contaminated cocoa pod husk residues. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 11(1): 101–115. <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2021.1920124.1192>.
- Purnamawati H, & Utami B. 2014. Pemanfaatan limbah kulit buah kakao (*Theobroma cocoa* L.) sebagai adsorben zat warna rhodamin B. Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-5, 5.
- Putra S, Ferry Y, & Harni R. 2022. Pengendalian penyakit busuk buah kakao menggunakan *Trichoderma* dan pupuk Kalium. Kultivasi, 21(2). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36807>.

- Radiah S, Karim HA, & Depparaba F. 2022. Identifikasi jamur busuk buah pada tanaman kakao (*Theobroma Cacao* L.) di kabupaten polewali manadar. *Jurnal Agroterpadu*, 1(2): 101. <https://doi.org/10.35329/ja.v1i2.2998>.
- Rahim I, Maharani M, Suherman S, & Harsani H. 2021. Tekstur Tanah dan Respons Tanaman Tanaman Tomat pada Lahan Masam Diaplikasi Asam Humat dari Sari Kulit Buah Kakao Soil Texture and Tomato Plants Response to Acid Soil Application of Humic Acid from Cocoa Pod Husk. *Galung Tropika*, 10(3): 323–329. <http://jurnalpertanianumpar.com/index.php/jgt/article/view/871>.
- Rahim I, Nasruddin A, Kuswinanti T, Asrul L, & Rasyid B. 2018. Utilization of Cocoa Pod Husk Waste Composting by *Tremella* Sp and *Pleurotus* Sp as A Medium to Growth of Cocoa Seedling. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 156, Issue 1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/156/1/012012>.
- Ridwan A. 2019. Aplikasi cendawan antagonis untuk pengendalian penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) pada tanaman kakao. *Jurnal Agrisistem*, 15(2): 93–96. <http://ejournal.polbangtan-gowa.ac.id/index.php/J-Agr/article/view/74>.
- Rumahlewang WRD, Amanupunyo H, & Tomia SB. (2022). Kerusakan buah kakao akibat penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butlher). *COMSERVA: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 2(7), 956–962. <https://doi.org/10.59141/comserva.v2i7.427>.
- Saleh A, Widyawan A, Sharafaddin A, Almasrahu A, & Hamad Y. 2023. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* biomass variations under disease control regimes using *Trichoderma* and compost. *Phytopathologia Mediterranea*, 60(2): 165–175. <https://doi.org/10.36253/phyto-14016>.
- Sarangi S, Swain H, Adak T, Bhattacharyya P, Mukherjee AK, Kumar G, & Mehetre ST. (2021). *Trichoderma*-mediated rice straw compost promotes plant growth and imparts stress tolerance. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(32), 44014–44027. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13701-3>.
- Sari KK. (2020). Viral Hama Invasif Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*) Ancam Panen Jagung di Kabupaten Tanah Laut Kalsel. *Proteksi Tanaman Tropika*, 3(03): 244–247. <http://103.81.100.242/index.php/jpt/article/view/523>.
- Silalahi M, Debora TR, Basri E, & Hevrizen R. 2015. Peningkatan Nilai Gizi dan Kecernaan Kulit Buah Kakao sebagai Pakan Ternak Kambing Saburai. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2015* (Issue Lrpi, pp. 1–6).
- Susilowati P. 2017. Penggunaan Pektin Kulit Buah Kakao Sebagai Edible Coating Pada Kualitas Buah Tomat Dan Masa Simpan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(2). <https://doi.org/10.17728/jatp.193>.
- Tarigan TFL. 2017. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (Cacao Pod Husk) Menjadi Katalis Heterogen K2O Pada Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Minyak Jelantah: Pengaruh Suhu. repository.usu.ac.id/handle/123456789/79854.
- Tyas ETHS, & Asngad A. 2016. Pengaruh pupuk organik cair daun kelor dengan penambahan ekstrak limbah kulit buah kakao terhadap pertumbuhan tanaman bayam. In *Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek* (Vol. 2016). publikasiilmiah.ums.ac.id. <http://waset.org/publications/14223/soil-resistivity-data-computations-single-and-two-layer-soil-resistivity-structure-and-its-implication-on-earththing-design%0Ahttp://www.jo-mo.com/fadoohelp/data/DotNet/Ethicalsecurty.pdf%0Ahttp://link.springer.com/10.10>
- Vaštyl M, Jankovská Z, Cruz GJF, & Matějová L. 2022. A case study on microwave pyrolysis of waste tyres and cocoa pod husk; effect on quantity and quality of utilizable products. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(1). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106917>.
- Vitinaqailevu R, & Rajashekhar RBK. 2019. The role of chemical amendments on modulating ammonia loss and quality parameters of co-composts from waste cocoa pods. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8: 153–160. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0285-3>.
- Zikri MF, Mulyani C, & Marnita Y. 2022. Tingkat serangan penyakit busuk buah kakao (*Phytophthora palmivora* L.) Dan kehilangan hasil tanaman kakao di kecamatan darul ihsan kabupaten aceh timur. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, 9(2): 11–20. <https://doi.org/10.33059/jupas.v9i2.6565>.

