

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/351627699>

PENGOMPOSAN LIMBAH SAYUR DENGAN EMPAT ISOLAT *Trichoderma harzianum* DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN MENTIMUN IN PLANTA

Article in *Agrin* · March 2021

DOI: 10.20884/1.agrin.2020.24.2.536

CITATIONS

0

READS

129

6 authors, including:



Loekas - Soesanto

Universitas Jenderal Soedirman

138 PUBLICATIONS 520 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Endang Mugastuti

Universitas Jenderal Soedirman

65 PUBLICATIONS 209 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ruth Feti Rahayuniati

Universitas Jenderal Soedirman

29 PUBLICATIONS 168 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Abdul Manan

Coventry University

32 PUBLICATIONS 51 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Agriculture [View project](#)



UJI KESESUAIAN EMPAT ISOLAT TRICHODERMA SPP. DAN DAYA HAMBAT IN VITRO TERHADAP BEBERAPA PATOGEN TANAMAN [View project](#)

PENGOMPOSAN LIMBAH SAYUR DENGAN EMPAT ISOLAT *Trichoderma harzianum* DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN MENTIMUN *IN PLANTA*

Vegetable Waste Decomposition using Four Trichoderma harzianum isolates and its Effect on In Planta Cucumber Growth

Fida Suci Ersapoetri, Loekas Soesanto*, Endang Mugiastuti, Ruth Feti Rahayuniati, Abdul Manan dan Slamet Rohadi

Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto
Jl. Dr Suparno 61 Karangwangkal Purwokerto

Alamat korespondensi: lukassusanto26@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian bertujuan mengetahui kemampuan empat isolat *Trichoderma harzianum* dalam mengomposkan limbah sayur, isolat *T. harzianum* terbaik pada pengomposan limbah sayur, dan isolat *T. harzianum* terhadap pertumbuhan tanaman mentimun *in planta*. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto selama lima bulan. Rancangan Acak Kelompok digunakan dengan empat ulangan dan kombinasi antara empat isolat *T. harzianum* (T10, T213, T14, dan T15) dengan dua limbah sayur (kubis dan tomat). Variabel yang diamati adalah panjang tanaman, bobot tanaman segar, bobot tanaman kering, panjang akar, jumlah daun, pH akhir kompos, C/N ratio kompos, kepadatan akhir *T. harzianum*, kegigasan *T. harzianum*, dan analisis jaringan secara kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat isolat *T. harzianum* efektif dan cepat dalam mengkomposkan limbah tomat dan kubis. Isolat *T. harzianum* yang paling baik pada pengomposan adalah T10 dan T213. Aplikasi kompos limbah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun. Isolat terbaik adalah *T. harzianum* T16 pada kompos tomat dan T10 pada kompos kubis dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun pada panjang tanaman, panjang akar, bobot tanaman segar, dan bobot tanaman kering dengan peningkatan masing-masing 66,61 dan 52,17%, 61,01 dan 46,55%, 76,41 dan 59,77%, serta 77,99 dan 52,03%.

Kata kunci: limbah sayur, mentimun, pengomposan, *Trichoderma harzianum*.

ABSTRACT

The aimed of this research were to determine the ability of four *Trichoderma harzianum* isolates (T10, T14, T213, and T16) in decomposing vegetable waste (cabbage and tomatoes) decomposition, the best *T. harzianum* isolate in decomposing the vegetable waste, and the effect of *T. harzianum* decomposed vegetable waste on growth of cucumber growth. The research was carried out at the green house and the Laboratory of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Jenderal Sudirman University, Purwokerto for five months. Randomized block design was used with four replicates. The treatments tested were combination of four *T. harzianum* isolates (T10, T213, T14, dan T15) and two vegetable waste (cabbage and tomato). Variables observed were crop length, crop fresh weight, crop dry weight, root length, number of leaves, compost late pH, C/N ratio of the compost, late density of *T. harzianum*, viability of *T. harzianum*, and qualitatively tissue analysis. Result of the research showed that application of *T. harzianum* isolates was effective and fast to decompose the vegetable waste. The best *T. harzianum* isolate to decompose was T10 and T213 isolates. The waste compost application could increase cucumber growth. The best *T. harzianum* isolate was T16 in tomato waste compost and T10 isolate in cabbage waste compost with increasing cucumber growth of cucumber length, root length, fresh crop weight, and dry crop weight as 66.61 and 52.17%, 61.01 and 46.55%, 76.41 and 59.77%, and 77.99 and 52.03%, respectively.

Keywords: cucumber, composting, *Trichoderma harzianum*, waste vegetable

PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah pertanian yang intensif yang didasarkan kepada irigasi dan aplikasi pupuk nitrogen

merupakan pengaruh serius bagi ekosistem tanah. Hal ini berakibat kepada polusi lingkungan, konsentrasi nitrogen yang tinggi, dan tertumpuknya pada bahan

tanaman yang dikonsumsi (Liu *et al.*, 2014). Pupuk organik diusulkan menjadi salah satu jalan keluar terhadap permasalahan tersebut, karena bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan mendukung perubahan hayati di dalam tanah (Gmach *et al.*, 2020). Salah satu masalah yang sering dihadapi di lapangan adalah terbatasnya produksi pupuk organik di kalangan petani.

Mentimun merupakan tanaman sayuran utama yang dibudidayakan oleh petani di Indonesia. Produksi mentimun di Indonesia mengalami penurunan dari tahun 2010 hingga tahun 2015 (Badan Pusat Statistik, 2017). Penurunan hasil ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain sistem budidaya yang belum intensif dan rendahnya kesuburan tanah. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan teknik budidaya tanaman mentimun. Salah satu teknik budidaya yang intensif untuk meningkatkan hasil panen mentimun adalah pemberian pupuk organik.

Limbah sayuran merupakan bagian sayur yang tidak termakan yang dibuang selama pengumpulan, penanganan, pengangkutan, dan pemrosesan (Ishangulyyev *et al.*, 2019). Limbah organik ini mempunyai sifat mudah terurai oleh organisme dan mempunyai kandungan kelembapan yang tinggi (Srivastava *et al.*, 2014) serta kandungan nutrisi yang tinggi (Varma and Kalamdhad, 2014). Pasar

tradisional menghasilkan limbah organik dalam jumlah yang cukup besar. Limbah tersebut berupa limbah sayuran yang hanya ditumpuk di tempat pembuangan, selain limbah anorganik (Padmi *et al.*, 2018). Limbah sayur pada kenyataannya akan menimbulkan gangguan lingkungan, masalah kesehatan dengan adanya kontaminan dan patogen, serta bau yang tidak sedap (Samaniego *et al.*, 2017).

Salah satu cara untuk mengatasi limbah organik adalah dengan pengomposan menggunakan mikroba. Hal ini yang menyebabkan struktur tanah yang padat menjadi gembur. *Trichoderma harzianum* merupakan salah satu jamur mikroparasit, yang dapat digunakan sebagai pengompos limbah organik (Islam *et al.*, 2014) dan dapat dimanfaatkan sebagai agensia pengendali hayati terhadap beberapa jenis jamur fitopatogen (Munir *et al.*, 2013; Ghazanfar *et al.*, 2018). *T. harzianum* sebagai organisme pengurai dan perangsang pertumbuhan tanaman. *T. harzianum* yang diberikan ke areal pertanaman mendekompos limbah organik menjadi kompos bermutu. *T. harzianum* menghasilkan enzim, seperti kitinase, glukonase, pektinase, selulase, dan silanase (Bhale and Rajkonda, 2012), ramah lingkungan dan dapat mengembalikan keseimbangan alam dan kesuburan tanah (Bhale and Rajkonda, 2012).

Trichoderma sp. merupakan jamur yang hidup bebas, yang banyak terdapat di dalam tanah dan sistem akar serta diketahui dapat melarutkan fosfat dan unsur mikro-hara (Saravanakumar, 2013). Beberapa isolat *Trichoderma* sp. telah diisolasi dari beberapa perakaran tanaman dan diidentifikasi sebagai *T. harzianum*, di antaranya *T. harzianum* isolat T10 dari perakaran tanaman jahe (Soesanto *et al.*, 2013), T14 dari perakaran tanaman nenas (Latifah *et al.*, 2012), T213 dari perakaran tanaman bawang merah (Santoso *et al.*, 2007), dan T16 dari perakaran tanaman pisang (Soesanto *et al.*, 2013).

Atas dasar hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kemampuan empat isolat *T. harzianum* (T10, T14, T213, dan T16) dalam mengompos limbah sayur (kubis krop dan tomat), mengetahui isolat *T. harzianum* terbaik pada pengomposan limbah sayur, dan mengetahui isolat *T. harzianum* paling efektif bagi pertumbuhan tanaman mentimun.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman dan di Rumah Kaca, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian berlangsung pada bulan Mei – September 2013. Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan penelitian.

Empat isolat *T. harzianum* T10 (Soesanto *et al.*, 2013), T14 (koleksi L. Soesanto), T16 (Soesanto *et al.*, 2013), dan T213 (Soesanto *et al.*, 2013) ditumbuhkan dan diperbanyak pada medium *Potato Dextrose Agar* (PDA), selama 6 hari. Selanjutnya dipanen dan diperbanyak kembali pada medium jagung, diinkubasi selama 10-12 hari dan dihitung kepadatannya (Heydari & Pessarakli, 2010). Kepadatan konidium *T. harzianum* yang diaplikasikan untuk isolat T10, T14, T16, dan T213 masing-masing sebesar $2,3 \times 10^7$, $1,1 \times 10^7$, $3,2 \times 10^7$, dan $6,6 \times 10^8$ konidium/mL.

Limbah tomat dan limbah kubis berupa sayur busuk dan rusak diperoleh dari Pasar Wage Purwokerto, kemudian dibersihkan dari campuran plastik lalu dikering-anginkan. Limbah tomat dan limbah kubis ditimbang masing-masing 1 kg dan dimasukkan ke dalam ember yang telah diberi label. *T. harzianum* yang telah diperbanyak di medium jagung pecah ditimbang sebanyak 1800 g. *T. harzianum* kemudian dicampur dengan limbah hingga merata (limbah yang akan digunakan dicacah atau dipotong kecil terlebih dahulu). Limbah kubis dan tomat yang telah tercampur dengan *T. harzianum* kemudian disimpan dalam ember tertutup, dan ditunggu pengomposan selama 3 minggu.

Benih mentimun yang digunakan adalah Mercy F1. Medium tanam yang

digunakan adalah campuran tanah Andosol dan kompos dengan perbandingan 1 : 2 (Elpawati *et al.*, 2015). Campuran tersebut dimasukkan dalam gelas plastik dengan volume 240 mL dan ditata sesuai rancangan dengan jarak antar-gelas plastik 15 cm.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan yang dicoba yaitu gabungan antara perlakuan *T. harzianum* T10, T16, T14, dan T213 dengan limbah sayur kubis dan tomat. Perlakuan diulang 4 kali dengan tiap unit percobaan terdiri atas 3 tanaman, sehingga total tanaman sebanyak 96 tanaman.

Variabel yang diamati adalah:

1. Analisis Kandungan Fenol

Analisis kandungan senyawa fenol dilakukan dengan menguji kandungan senyawa fenol secara kualitatif terhadap glikosida, saponin, dan tanin berdasar Chairul (2003).

2. Komponen Pengomposan limbah sayur

Variabel diamati saat pengomposan, dimulai dari awal pengomposan hingga akhir pengomposan, meliputi suhu, pH akhir kompos, C/N ratio kompos, kepadatan konidium dalam kompos, dan kegigasan konidium *T. harzianum*. Suhu diukur pada saat pengomposan limbah setiap 3 hari sekali dimulai dari hari ke-0 pengomposan. Suhu diukur menggunakan thermometer. pH akhir kompos diukur dengan menggunakan pH

meter. Rasio C/N dihitung dengan cara membagi nilai C-organik dengan N-total. C-organik dicari dengan metode Walkey dan black Kolorimetri, dan N-total dicari dengan metode Kjeldah (Balai Penelitian Tanah, 2005). Pengukuran N-total dan C-organik dilakukan sebelum dan sesudah pengkomposan.

3. Komponen pertumbuhan

Variabel pertumbuhan yang diamati dalam penelitian ini antara lain panjang tanaman, jumlah daun, panjang akar, bobot tanaman segar, dan bobot tanaman kering yang dilakukan di akhir penelitian (40 hari setelah tanam).

Data yang diperoleh ditabelkan, kemudian dianalisis dengan uji F. Apabila terdapat perbedaan nyata dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kandungan fenol

Berdasarkan hasil pengujian secara kualitatif kandungan glikosida, kandungan glikosida tertinggi yaitu pada *T. harzianum* T10 kompos kubis dan *T. harzianum* T14 kompos kubis (Tabel 1). Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya warna lembayung. Perubahan warna menjadi lembayung tersebut menunjukkan reaksi positif pada 2-deoksida-gula. Menurut

Chairul (2003), tanaman yang memiliki kandungan fenol rendah, sehingga

intensitas penyakit menjadi tinggi. Demikian jika kandungan fenol tinggi, maka intensitas penyakitnya rendah.

Tabel 1. Analisis kandungan fenol secara kualitatif

Perlakuan	Kandungan fenol (kualitatif)		
	Saponin	Tanin	Glikosida
Kompos tomat	++	+	+++
<i>T. harzianum</i> T10, kompos tomat	++	++	++
<i>T. harzianum</i> T14, kompos tomat	++	+	++
<i>T. harzianum</i> T16, kompos tomat	++	++	+
<i>T. harzianum</i> T213, kompos tomat	+++	+	+
Kompos kubis	++	+	+
<i>T. harzianum</i> T10, kompos kubis	+++	++	++
<i>T. harzianum</i> T14, kompos kubis	++	+	+++
<i>T. harzianum</i> T16, kompos kubis	++	+	+
<i>T. harzianum</i> T213, kompos kubis	+++	+	+++

Keterangan: (-) tidak mengandung fenol, (+) sedikit mengandung fenol, (++) cukup mengandung fenol, (+++) banyak mengandung fenol.

Tanin yang relatif lebih tinggi terdapat pada tanaman yang diperlakukan dengan *T. harzianum* T10 kompos tomat. Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan *T. harzianum* T10 kompos tomat, *T. harzianum* T16 kompos tomat, dan *T. harzianum* T10 kompos kubis mengandung senyawa tanin yang lebih banyak dibandingkan perlakuan yang lain. Menurut Salminen and Karonen (2011), tanin merupakan kelompok metabolit sekunder tanaman yang berperan dalam pengaktifan sistem pertahanan tanaman terhadap patogen, seperti halnya dengan kandungan glikosida dan saponin.

Komponen Pengomposan Limbah Sayur

Suhu pada perlakuan *T. harzianum* T16 kompos kubis lebih rendah dibandingkan dengan suhu perlakuan lain, sedangkan perlakuan kompos tomat lebih

konstan. Suhu tertinggi pada perlakuan *T. harzianum* T10 dan kompos kubis yang mencapai 31,1⁰C (Tabel 2). Keadaan ini

menunjukkan bahwa pada kompos telah terjadi pengomposan atau penguraian bahan organik oleh isolat *T. harzianum*. Semakin tinggi suhu akan meningkatkan aktivitas mikroba dan, karena itu, meningkatkan konsumsi oksigen dalam air, akibatnya memengaruhi pH dan laju ion dan pembebasan nutrisi (Lin *et al.*, 2016). Lebih lanjut Sobari *et al.* (2018) menjelaskan mikroba dalam proses pembuatan kompos akan melepaskan energi panas dalam proses karbonasi. Pada saat penguraian bahan organik yang sangat aktif, mikroba yang ada di dalam kompos mulai melakukan metabolisme dengan cara menguraikan dan merubah bahan organik menjadi NH₃⁺, CO₂, uap air dan panas

dengan bantuan oksigen. Hal ini yang menyebabkan struktur tanah yang padat menjadi gembur.

Perlakuan kompos kubis *T. harzianum* T10 memiliki suhu yang tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu 31,1°C, sementara yang terendah adalah perlakuan kompos kubis *T. harzianum* T16 yaitu 29,6°C. Perbedaan suhu ini dikarenakan kemampuan *T. harzianum* T10 dan *T. harzianum* T16 dalam mengomposkan limbah kubis berbeda.

Hal ini menunjukkan bahwa mikroba

pengompos yang berbeda akan berpengaruh kepada perbedaan peningkatan suhu kompos. Sesuai dengan pernyataan Palaniveloo *et al.* (2020), yang mengatakan bahwa perubahan komposisi spesies makrofungi saprotrofi dan fauna tanah mikofagus dapat mengubah siklus nutrisi dan pernapasan CO₂, yang akan berdampak pada peningkatan suhu. Proses menghasilkan panas, CO₂, uap H₂O, dan humus sebagai hasil dari pertumbuhan dan aktivitas mikroba (Ayilara *et al.*, 2020).

Tabel 2. Suhu dan pH pada proses pembuatan kompos bahan limbah tomat dan kubis

Perlakuan	suhu (°C)	pH
Kompos tomat	30,5	-
<i>T. harzianum</i> T10, kompos tomat	30,5	7,88
<i>T. harzianum</i> T14, kompos tomat	30,9	8,31
<i>T. harzianum</i> T16, kompos tomat	30,9	8,18
<i>T. harzianum</i> T213, kompos tomat	30,3	7,42
Kompos kubis	30,5	-
<i>T. harzianum</i> T10, kompos kubis	31,1	8,01
<i>T. harzianum</i> T14, kompos kubis	30,2	7,73
<i>T. harzianum</i> T16, kompos kubis	29,6	8,24
<i>T. harzianum</i> T213, kompos kubis	30,4	7,72

Semua isolat *T. harzianum* mampu meningkatkan pH kompos (Tabel 2). pH adalah salah satu parameter terpenting pengomposan, karena kepekaan mikroba terhadap variasi pH. pH antara 7,0 dan 8,0 sesuai untuk degradasi protein dan antara 6,0 dan 9,0 untuk degradasi karbohidrat. Pada bakteri fermentasi, kisaran pH komprehensif dari 4,0 hingga 8,5 adalah sesuai (Fisgativa *et al.*, 2016). Bahan organik dengan nilai pH 3-11 dapat

dikomposkan dan pH optimum berkisar antara 5,5–8,0. Pada awal pengomposan, umumnya pH agak masam karena aktivitas bakteri yang menghasilkan asam. Namun, selanjutnya pH akan bergerak menuju netral. Pengomposan limbah mikroba kompos akan bekerja pada keadaan pH netral sampai sedikit masam, dengan kisaran pH antara 5,5 sampai 8. Selama tahap awal pengomposan akan terbentuk asam-asam organik. Kondisi asam ini akan

mendorong pertumbuhan jamur dan akan mengompos lignin dan selulosa pada bahan kompos. Selama pembuatan kompos berlangsung, asam-asam organik tersebut akan menjadi netral dan kompos menjadi matang biasanya mencapai pH antara 6–8. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Fersi *et al.* (2019), yang mengatakan bahwa dalam tumpukan limbah, ada dua fase berturut-turut yang terjadi, yaitu alkalisasi dan stabilisasi. Selama fase pertama, pH meningkat. Alkalisasi medium pada dasarnya disebabkan oleh hilangnya asam organik termasuk senyawa lemak dan fenol yang terurai. Peningkatan pH adalah hasil dari penguapan dan penguraian mikroba asam organik, dan pelepasan amonia oleh pemineralan mikroba dari sumber nitrogen organik (Lori *et al.*, 2017).

Kompos limbah tomat mempunyai C/N ratio 4,24 dan pada perlakuan kompos limbah kubis, C/N rasionya 7,00. Kandungan C organik tertinggi adalah kompos limbah tomat sebesar 1,276% dan terendah adalah kompos limbah kubis sebesar 0,812% (Tabel 3). Hal ini terjadi karena jumlah komposisi memiliki pengaruh yang berarti terhadap tumbuh kembangnya mikroba, mikroba tumbuh baik dengan banyaknya unsur C dan unsur lainnya.

Kandungan N total (Tabel 3) kompos limbah tomat sebesar 0,301%, sedangkan pada kompos limbah kubis

sebesar 0,116%. Rasio C/N masing-masing kompos mengalami penurunan. Hal ini disebabkan bahan mengalami pengomposan. C organik dalam bahan sebagai sumber makanan bagi mikroba, sehingga jumlahnya berkurang. Selain itu, C organik juga terurai menjadi CO₂ ke udara. N total dalam bahan mengalami peningkatan karena pengomposan bahan kompos oleh mikroba yang menghasilkan ammonia dan nitrogen, sehingga kadar N total kompos meningkat (Pan *et al.*, 2012).

Menurunnya kandungan C organik dan meningkatnya kandungan N total, menyebabkan rasio C/N mengalami penurunan. Penurunan rasio C/N dapat dijelaskan dengan transformasi karbon organik menjadi karbon dioksida, diikuti dengan pengurangan kadar asam organik (Sanmanee *et al.*, 2011).

Jamur memerlukan hara untuk mendukung pertumbuhannya dan unsur karbon adalah salah satu senyawa pembangun sel, sehingga semakin banyak sel yang hidup semakin banyak karbon yang digunakan untuk pertumbuhannya (Itoo and Resh, 2014). Pada saat karbon digunakan untuk perkembangan *T. harzianum*, nisbah C/N ratio akan menurun, sehingga tercapai keadaan kompos dikatakan matang. Kompos matang memiliki bau seperti tanah dan warna kehitaman yang terbentuk akibat pengaruh bahan organik yang sudah stabil (Suwatanti

dan Widiyaningrum, 2017). Perbedaan antar-isolat *T. harzianum* di dalam mengomposkan limbah sayur disebabkan perbedaan di dalam menghasilkan senyawa bioaktif berupa enzim selulose. Hal ini

sesuai pernyataan Błaszczyk *et al.* (2016), bahwa terdapat keragaman antar-isolat *Trichoderma* sp. di dalam kompetisi pengomposan bahan organik.

Tabel 3. C/N ratio akhir kompos

Perlakuan	C organik (%)	N total (%)	C/N ratio akhir
Kompos limbah tomat	1,276	0,301	4,224
Kompos limbah kubis	0,812	0,116	7,000

Tabel 4. Kepadatan konidium kompos bulan ke-0 sampai bulan ke-3

Perlakuan	Kepadatan konidium kompos ($\times 10^8$ upk/g) bulan ke-				Perubahan kepadatan Konidium (%)
	0	1	2	3	
<i>T. harzianum</i> T10, kompos tomat	3,85	3,72	3,00	29,20	(+)86,81
<i>T. harzianum</i> T14, kompos tomat	3,98	3,98	29,90	2,79	(-)29,89
<i>T. harzianum</i> T16, kompos tomat	4,78	4,33	2,86	3,01	(-)37,02
<i>T. harzianum</i> T213, kompos tomat	49,00	4,74	2,85	2,79	(-)43,06
<i>T. harzianum</i> T10, kompos kubis	4,80	4,74	3,40	2,66	(-)44,58
<i>T. harzianum</i> T14, kompos kubis	4,90	4,03	3,19	25,50	(+)80,78
<i>T. harzianum</i> T16, kompos kubis	4,65	4,53	3,22	2,66	(-)42,79
<i>T. harzianum</i> T213, kompos kubis	4,68	4,62	3,15	2,56	(-)45,29

Keterangan: (+) = meningkat; (-) = menurun.

Hasil pengamatan empat isolat *T. harzianum* pada pengamatan awal, bulan ke-0 sampai dengan bulan ke-3 terjadi fluktuasi jumlah konidium (Tabel 4). Hasil pengamatan jumlah konidium *T. harzianum* pada limbah tomat dengan jumlah konidium tertinggi adalah *T. harzianum* T10 sebesar $2,92 \times 10^9$ upk/g dengan persentase peningkatannya sebesar 86,81%, sedangkan pada limbah kubis, jumlah konidium tertinggi adalah *T. harzianum* T14 sebesar $2,55 \times 10^9$ upk/g dengan persentase peningkatan sebesar 80,78%. Pemberian *T. harzianum* T14 pada limbah tomat mampu

turun 29,89%, lebih rendah dari perlakuan lainnya.

Jumlah konidium pada setiap bulannya mengalami penurunan. Penyebab fluktuatifnya jumlah konidium adalah ketersediaan kandungan nutrisi pada limbah tomat yang berbeda dengan limbah kubis. Pada bulan ke-0 sampai bulan ke-2, ketersediaan nutrisi pada limbah masih mencukupi untuk perkembangan jumlah konidium jamur *T. harzianum*, sedangkan pada bulan ke-3, ketersediaan nutrisi pada limbah sudah tidak mencukupi bagi perkembangan jumlah konidium jamur *T.*

harzianum bahkan jumlah konidium yang dihasilkan menurun.

Pada perlakuan *T. harzianum* T10 dan *T. harzianum* T14, yang mengalami peningkatan jumlah konidium, diduga karena kandungan nutrisi mencukupi dan lingkungan sesuai untuk perkembangan jumlah konidium. *T. harzianum* menunjukkan diameter zona bening yang lebih tinggi daripada *Trichoderma* spp. pada media yang mengandung kitin dan selulosa (Zehra *et al.*, 2017). Peningkatan populasi antagonis *T. harzianum* juga dipengaruhi oleh lingkungan hidupnya. Beberapa faktor abiotik seperti suhu, logam berat, hubungan air, garam, pH, dan bahkan pestisida telah dilaporkan merusak sifat antagonis spesies *Trichoderma* terhadap

jamur patogen tanaman (Petrisor *et al.*, 2016; Zehra *et al.*, 2017). Selama interaksi miselium, suhu yang meningkat hanya meningkatkan pertumbuhan pesaing yang dominan; peningkatan pertumbuhan oleh pesaing yang lebih rendah dicegah dengan antagonisme oleh adanya *T. harzianum* (A'Bear *et al.*, 2013).

Hasil pengamatan kegigasan konidium kompos *T. harzianum* dapat dilihat pada (Tabel 5). Hasil kegigasan semua isolat *T. harzianum* pada bulan ke-0 sampai bulan ke-3 mengalami penurunan. Penurunan tertinggi pada kompos tomat yang diberi perlakuan *T. harzianum* isolat jahe sebesar 33,35%, sedangkan penurunan terendah pada kompos kubis yang diberi perlakuan *T. harzianum* T213 sebesar

Tabel 5. Kegigasan konidium kompos *T. harzianum* bulan ke-0 sampai ke-3

Perlakuan	Kegigasan konidium(%) bulan Ke-				Perubahan kegigasan
	0	1	2	3	
<i>T. harzianum</i> T10, kompos tomat	95,31	81,23	74,75	61,96	(-)33,35
<i>T. harzianum</i> T14, kompos tomat	86,63	84,55	71,39	62,67	(-)23,96
<i>T. harzianum</i> T16, kompos tomat	88,14	77,59	74,00	55,72	(-)32,42
<i>T. harzianum</i> T213, kompos tomat	96,25	82,30	71,19	61,17	(-)34,54
<i>T. harzianum</i> T10, kompos kubis	85,03	77,57	74,75	60,91	(-)24,12
<i>T. harzianum</i> T14, kompos kubis	89,12	78,33	76,56	61,75	(-)27,37
<i>T. harzianum</i> T16, kompos kubis	84,75	75,85	75,56	61,08	(-)23,67
<i>T. harzianum</i> T213, kompos kubis	89,23	85,32	74,15	67,60	(-)21,63

Keterangan: (+) = meningkat; (-) = menurun.

21,63%. Fluktuasi kegigasan konidium dapat disebabkan waktu penyimpanan yang semakin lama, menyebabkan kegigasan *T. harzianum* akan menurun. Penurunan kegigasan konidium dapat disebabkan oleh faktor nutrisi dari medium, suhu dan

kelembapan sama seperti jumlah konidium (Piegza *et al.*, 2017). Sumber karbon dan nitrogen berpengaruh terhadap pensporaan dan pertumbuhan *T. harzianum* (Rajput *et al.*, 2014; Rai and Tewari, 2016).

Komponen Pertumbuhan

Hasil analisis statistika pada semua variabel menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar-perlakuan (Tabel 6). Semua perlakuan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun. Pada variabel pengamatan jumlah daun menunjukkan perbedaan yang tidak nyata.

Hasil penelitian menunjukkan (Tabel 6), panjang tanaman mentimun tertinggi pada akhir pengamatan terlihat pada pemberian kompos tomat dengan perlakuan *T. harzianum* T16 adalah 51,71 cm atau meningkat 61,61% dibandingkan isolat T213 dan terendah pada perlakuan kompos tomat dengan perlakuan *T. harzianum* T213 adalah 19,85 cm. Hal ini menunjukkan bahwa kompos tomat dengan *T. harzianum* T16 menyediakan unsur hara bagi tanaman. Rerata panjang tanaman mentimun tertinggi dihasilkan oleh pemberian kompos kubis dengan perlakuan *T. harzianum* T10 adalah 61,22 cm atau meningkat 52,17% disbanding isolat T14 dan tidak berbeda nyata dengan isolat T16 dibandingkan pemberian kompos kubis dengan perlakuan *T. harzianum* T14 adalah 29,28 cm, dan tidak berbeda nyata dengan isolat T16 dan T213. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya jumlah dan jenis unsur hara yang terkandung pada kompos kubis (Tabel 6), sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman secara keseluruhan. Di dalam pemupukan tanaman, kompos kubis

dengan perlakuan *T. harzianum* T14 masih memerlukan tambahan unsur hara lain, sehingga dapat mencukupi kandungan unsur hara yang diperlukan tanaman dan menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik.

Pengukuran terhadap panjang akar tanaman mentimun (Tabel 6) menunjukkan, bahwa panjang akar terendah pada kompos tomat *T. harzianum* T16 dan kompos kubis *T. harzianum* T213. Panjang akar tanaman mentimun pada kompos tomat *T. harzianum* T10 sangat berbeda nyata dengan kompos tomat *T. harzianum* T14. Pada tanaman yang diberi kompos kubis *T. harzianum* T10, juga memberikan hasil yang sangat berbeda nyata dengan kompos kubis *T. harzianum* T14 dan kompos kubis *T. harzianum* T16. Panjang akar tanaman mentimun dipengaruhi oleh pemberian kompos yang berbeda. Panjang akar terpanjang dihasilkan oleh tanaman mentimun yang diberi kompos tomat *T. harzianum* T10 dan T16 masing-masing adalah 14,83 dan 14,57 cm atau masing-masing meningkat 61,01 dan 60,4% dan kompos kubis *T. harzianum* T10 adalah 16,82 cm atau meningkat 46,55% disbanding isolat T14 (terendah).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang akar yang panjang belum tentu memiliki pertumbuhan yang lebih baik. Sistem root merupakan arsitektur kompleks dan memiliki fungsi

multi-fungsi (Comas *et al.*, 2010). Lebih lanjut dikatakan, akar berfungsi dalam penyerapan nutrisi dalam tanah, sehingga panjang akar akan dipengaruhi oleh keberadaan unsur yang terkandung di dalam tanah, selain dipengaruhi oleh lingkungan dan pengelolaan kanopi.

Hasil analisis statistika retata jumlah daun (Tabel 6) menunjukkan nilai tidak berbeda nyata. Diduga bahwa *T. harzianum* belum mampu memacu pertumbuhan daun tanaman mentimun. Jumlah daun dipengaruhi oleh lingkungan tumbuh serta ketersediaan unsur hara.

Rerata jumlah daun daun berpengaruh tidak nyata pada semua perlakuan (Tabel 6), hal ini diduga karena semua perlakuan memiliki peranan yang sama di dalam

meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun. Menurut Roell *et al.* (2017), tidak terjadinya pengaruh interaksi dua faktor perlakuan karena kedua faktor tidak mampu bersinergi (bekerjasama), sehingga mekanisme kerjanya berbeda atau salah satu faktor tidak berperan secara optimum atau bahkan bersifat antagonis, yaitu saling menekan pengaruh masing-masing.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot tanaman segar pada kompos limbah tomat *T. harzianum* T16 adalah lebih besar dan berbeda nyata secara statistika pada perlakuan semua kompos tomat *T. harzianum* (Tabel 6) atau meningkat 76,41%. *T. harzianum* selain mengkoloni

Tabel 6. Pengaruh perlakuan terhadap komponen pertumbuhan tanaman mentimun pada perlakuan *T. harzianum* dan kompos

Perlakuan	Panjang Tanaman (cm)	Panjang Akar (cm)	Rerata jumlah Daun (helai)	Bobot Tanaman segar (g)	Bobot tanaman kering (g)
<i>T. harzianum</i> T10, kompos tomat	40,18 a-d	14,83 ab	12,66	15,41 bc	1,65 b
<i>T. harzianum</i> T14, kompos tomat	32,72 bcd	10,24 b-e	13,21	15,37 bc	0,70 bc
<i>T. harzianum</i> T16, kompos tomat	51,71 ab	14,57 abc	14,57	23,91 a	2,68 a
<i>T. harzianum</i> T213, kompos tomat	19,85 d	5,77 e	13,35	5,64 e	0,59 c
<i>T. harzianum</i> T10, kompos kubis	61,22 a	16,82 a	14,01	22,97 a	2,71 a
<i>T. harzianum</i> T14, kompos kubis	29,28 bcd	8,99 de	14,11	9,24 de	1,30 bc
<i>T. harzianum</i> T16, kompos kubis	47,45 abc	11,88 bcd	14,28	18,13 b	2,66 a
<i>T. harzianum</i> T213, kompos kubis	32,23 bcd	9,94 cde	12,35	11,97 cd	1,21 bc

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan DMRT taraf 5%.

akar, juga mampu mempercepat pertumbuhan, karena diduga menghasikan senyawa kimia yang memacu pertumbuhan.

Hal ini menunjukkan bahwa pemberian kompos tomat *T. harzianum* T16 mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara

maksimum. Bobot tanaman mentimun segar tertinggi pada pemberian kompos limbah kubis *T. harzianum* T10 dan terendah pada kompos kubis *T. harzianum* T14, dengan peningkatan sebesar 59,77%. Kompos tersebut diduga mengandung unsur hara yang lebih tersedia bagi pertumbuhan vegetatif tanaman mentimun dibandingkan dengan kompos kubis *T. harzianum* T14 maupun kompos tomat *T. harzianum* T213, yang tidak memberikan bobot tanaman segar lebih besar. Menurut de Freitas Lima *et al.* (2017), hasil tanaman sangat ditentukan oleh produksi biomassa pada saat masa pertumbuhan tanaman dan pembagian biomassa pada bagian yang dipanen. Produksi biomassa tersebut mengakibatkan penambahan berat dapat pula diikuti dengan penambahan ukuran tanaman.

Hasil penelitian (Tabel 6) menunjukkan, bahwa bobot tanaman kering pada kompos limbah tomat *T. harzianum* T16 lebih besar dan berbeda nyata pada semua kompos tomat *T. harzianum* atau sebesar 77,99% dibandingkan kompos tomat *T. harzianum* T213. Pada kompos limbah kubis *T. harzianum* T10 atau meningkat 52,03% dan tidak berbeda nyata dengan isolat T16 adalah lebih besar dan berbeda nyata secara statistika pada kompos tomat *T. harzianum* T14 dan T213. Perbedaan berat kering disebabkan oleh pengaruh gabungan dari peningkatan luas

daun dan peningkatan laju fotosintesis per satuan luas daun. Peningkatan laju fotosintesis disertai dengan peningkatan luas daun, keduanya memiliki pengaruh nyata pada produksi biomassa (de Freitas Lima *et al.*, 2017; Ogbaga *et al.*, 2019). Sesuai dengan hasil penelitian Azarmi *et al.* (2011), *Trichoderma* sp. meningkatkan tinggi tunas, diameter tunas, berat tunas segar dan kering serta berat akar segar dan kering pada bibit tomat.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa empat isolat *T. harzianum* yang diuji mampu mengomposkan limbah sayur secara cepat dan efektif selama 30 hari. Peningkatan paling baik pada pengomposan limbah sayur adalah *T. harzianum* T16 pada limbah tomat dan *T. harzianum* T10 limbah kubis. Aplikasi penggunaan kompos limbah sayur setelah dikomposkan pada pertumbuhan tanaman mentimun mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, dengan cepat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aplikasi keempat isolat *T. harzianum* efektif dan cepat mengkompos limbah tomat dan kubis. Isolat *T. harzianum* yang paling baik pada pengomposan adalah T10 dan T16. Aplikasi kompos limbah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun. Isolat terbaik adalah *T.*

harzianum T16 pada kompos tomat dan T10 pada kompos kubis dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun pada panjang tanaman, panjang akar, bobot tanaman segar, dan bobot tanaman kering dengan peningkatan masing-masing 66,61 dan 52,17%, 61,01 dan 46,55%, 76,41 dan 59,77%, serta 77,99 dan 52,03%.

DAFTAR PUSTAKA

- A'Bear, A.D., W. Murray, R. Webb, L. Boddy, and T.H. Jones. 2013. Contrasting effects of elevated temperature and invertebrate grazing regulate multispecies interactions between decomposer fungi. *PLoS ONE*, 8(10): e77610.
- Ayilara, M.S., O.S. Olanrewaju, O.O. Babalola, and O. Odeyemi. 2020. Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*, 12: 44–56.
- Azarmi, R., B. Hajieghrari, and A. Giglou. 2011. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology*, 10(31): 5850–5855.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk teknis analisis kimia tanah, tanaman, air dan tanaman. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Tanaman Hortikultura: Tabel hasil produksi tanaman ketimun Indonesia. <https://www.bps.go.id/site/resultTab> [20 Oktober 2020].
- Bhale, U.N. and J.N. Rajkonda. 2012. Enzymatic activity of *Trichoderma* species. *Novus Natural Science Research*, 1(4): 1–8.
- Błaszczuk, L., J. Strakowska, J. Chelkowski, A. Gąbka-Buszek, and J. Kaczmarek. 2016. *Trichoderma* species occurring on wood with decay symptoms in mountain forests in Central Europe: genetic and enzymatic characterization. *Journal of Applied Genetics*, 57: 397–407.
- Chairul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi*, 6: 621–628.
- Comas, L.H., T.L. Bauerle, and D.M. Eissenstat. 2010. Biological and environmental factors controlling root dynamics and function: effects of root ageing and soil moisture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(s1): 131–137.
- de Freitas Lima, M., N.B. Eloy, J.A.B. deSiqueira, D. Inzé, A.S. Hemerly, and P.C.G. Ferreira. 2017. Molecular mechanisms of biomass increase in plants. *Biotechnology Research and Innovation*, 1(1): 14-25.
- Elpawati, S.D. Dara Y.K.S., dan Dasumiati. 2015. Optimalisasi penggunaan pupuk kompos dengan penambahan *Effective Microorganism* 10 (EM10) pada produktivitas tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Al-Kauniyah Jurnal Biologi*, 8(2): 77-87.
- Fersi, M., K. Mbarki, K. Gargouri, T. Mechichi, and R. Hachicha. 2019. Assessment of organic matter biodegradation and physico-chemical parameters variation during co-composting of lignocellulosic wastes with *Trametes trogii* inoculation. *Environmental Engineering Research*, 24(4): 670-679.
- Fisgativa, H., A. Tremier, and P. Dabert. 2016. Characterizing the variability of food waste quality: A need for efficient valorisation through anaerobic digestion. *Waste Manag.*, 50: 264–274.

- Ghasemzadeh, A. and N. Ghasemzadeh. 2011. Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(31): 6697–6703.
- Ghazanfar, M.U., M. Raza, W. Raza, and M.I. Qamar. 2018. *Trichoderma* as potential biocontrol agent, its exploitation in agriculture: A review. *Plant Protection*, 2(3): 109–135.
- Gmach, M.R., M.R. Cherubin, K. Kaiser, and C.E.P. Cerri. 2020. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review. *Scientia Agricola*, 77(3): 1 – 10.
- Hermawan. 2013. Keefektifan empat isolat bakteri antagonis terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans* pada tanaman kentang di lapangan endemis. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto 66 hal (Tidak dipublikasikan).
- Heydari, A. and M. Pessaraki. 2010. A review on biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists. *Journal of Biological Sciences*, 10(4): 273–290.
- Ishangulyyev, R., S. Kim, and S.H. Lee. 2019. Understanding Food Loss and Waste—Why Are We Losing and Wasting Food? *Foods*, 8(8): 297.
- Islam, M.A., M.G. Mostafa, and M.R. Rahman. 2014. Conversion of solid organic waste into compost using *Trichoderma* spp. and its application on some selected vegetables. *International Journal of Environment and Waste Management*, 14(3): 211–221.
- Ito, Z.A. and Z.A. Reshi. 2014. Effect of different nitrogen and carbon sources and concentrations on the mycelial growth of ectomycorrhizal fungi under in-vitro conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(7): 619–628.
- Latifah, A., Kustantinah, dan L. Soesanto. 2012. Pemanfaatan beberapa isolat *Trichoderma harzianum* sebagai agensia pengendali hayati penyakit layu fusarium pada bawang merah in planta. *Eugenia*, 17(2):86-94.
- Lin, Q., G. He, J. Rui, X. Fang, Y. Tao, J. Li, and X. Li. 2016. Microorganism-regulated mechanisms of temperature effects on the performance of anaerobic digestion. *Microb Cell Fact.*, 15: 96.
- Liu, C.-W., Y. Sung, B.-C. Chen, and H.-Y. La. 2014. Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11(4): 4427–4440.
- Lori, M., S. Symnaczik, P. Mäder, G. De Deyn, and A. Gattinger. 2017. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression. *PLoS ONE*, 12(7): e0180442.
- Munir, S., Q. Jamal, K. Bano, S.K. Sherwani, T.Z. Bokhari, T.A. Khan, R.A. Khan, A. Jabbar, and M. Anees. 2013. Biocontrol ability of *Trichoderma*. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(18): 1246-1252.
- Ogbaga, C., A.K. Bajhaiya, and S.K. Gupta. 2019. Improvements in biomass production: Learning lessons from the bioenergy plants maize and sorghum. *Journal of Environmental Biology*, 40(3): 400–406.
- Padmi, T., M. Dewiandratika, and E. Damanhuri. 2018. An environmental and economic comparison of fruit and vegetable waste treatment in the traditional markets. *International Journal of GEOMATE*, 15(49): 9–16.
- Palaniveloo, K., M.A. Amran, N.A. Norhashim, N. Mohamad-Fauzi, F.

- Peng-Hui, L. Hui-Wen, Y. Kai-Lin, L. Jiale, M.G. Chian-Yee, L. Jing-Yi, B. Gunasekaran, and S.A. Razak. 2020. Food waste composting and microbial community structure profiling. *Processes*, 8(723): 1 – 30.
- Pan, I., B. Dam, and S.K. Sen. 2012. Composting of common organic wastes using microbial inoculants. *Biotech.* 2(2): 127–134.
- Petrisor, C., A. Paica, and F. Constantinescu. 2016. Influence of abiotic factors on *in vitro* growth of *Trichoderma* strains. *Proc. Rom. Acad., Series B.*, 18(1): 11–14.
- Piegza, M., A. Kancelista, W. Łaba, and D. Witkowska. 2017. Impact of selected factors on *Trichoderma* sporulation and biosynthesis of hydrolases in bioreactor. *Acta Sci. Pol. Biotechnologia*, 16(1): 19–32.
- Rai, D. and A.K. Tewari. 2016. Evaluation of different carbon and nitrogen sources for better growth and sporulation of *T. harzianum* (Th14). *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 8(8): 67–70.
- Rajput, A.Q., M.A. Khanzada, and S. Shahzad. 2014. Effect of different organic substrates and carbon and nitrogen sources on growth and shelf life of *Trichoderma harzianum*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(4): 731–745.
- Roell, K.R., D.M. Reif, and A.A. Motsinger-Reif. 2017. An introduction to terminology and methodology of chemical synergy–Perspectives from across disciplines. *Front Pharmacol.*, 8: 158.
- Salminen, J.-P. and M. Karonen. 2011. Chemical ecology of tannins and other phenolics: we need a change in approach. *Functional Ecology*, 25(2): 325–338.
- Samaniego, L.J.J., P. Murcia, M.A. Bustamante, C. Paredes, A. Perez-Espinosa, I. Gavilanes, M. López, F.C.M. Egea, H. Brito, and R. Moral. 2017. Development of organic fertilizers from food market waste and urban gardening by composting in Ecuador. *PLoS ONE*, 12(7): e0181621.
- Sanmanee, N., K. Panishkan, K. Obsuwan, and S. Dharmvanij. 2011. Study of compost maturity during humification process using UV-Spectroscopy. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 5(8): 448–450.
- Sobari, E., F. Fathurohman, dan M.A. Hadi. 2018. Karakter pertumbuhan kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) dengan pemanfaatan kompos limbah baglog jamur dan kotoran domba. *Agrin*, 22(2): 116–122.
- Soesanto, L., E. Mugiastuti, R.F. Rahayuniati, dan R.S. Dewi. 2013. Uji kesesuaian empat isolat *Trichoderma* spp. dan daya hambat *in vitro* terhadap beberapa patogen tanaman. *Jurnal HPT Tropika*, 13(2): 117–123.
- Srivastava, N.S.L., S.L. Narnaware, J.P. Makwana, S.N. Singh, and S. Vahora. 2014. Investigating the energy use of vegetable market waste by briquetting. *Renewable Energy*, 68: 270e275271.
- Suwatanti, E.P.S. dan P. Widiyaningrum. 2017. Pemanfaatan MOL limbah sayur pada proses pembuatan kompos. *Jurnal MIPA*, 40(1): 1–6.
- Varma, V.S. and A.S. Kalamdhad. 2014. Effects of leachate during vegetable waste composting using rotary drum composter. *Environmental Engineering Research*, 19(1): 1 – 7.

Zehra, A., M.K. Dubey, M. Meena, and R.S. Upadhyay. 2017. Effect of different environmental conditions on

growth and sporulation of some *Trichoderma* species. *Journal of Environmental Biology*, 38: 197-203.