

REKAYASA EKOLOGIS ULTISOL BERVEGETASI ALANG-ALANG DENGAN KONDISI TERCEKAM BIOLOGIS UNTUK PENGEMBANGAN TOMAT LOKAL MUNA

Laode Muhammad Harjoni Kilowasid¹, Lisnawati¹, Nurhaida¹
Sarawa¹ dan Samsu Alam¹

¹Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo
lohardjoni2@yahoo.co.id

ABSTRAK

Memacu peningkatan laju pertumbuhan produktivitas pangan di Indoensia dilakukan melalui pendekatan peningkatan produksi per satuan luas, perluasan area pertanian, dan restorasi lahan-lahan pertanian terdegradasi. Paradigma teknologi peningkatan produksi tanaman pangan era pasca Bimas Pertanian (*Green Revolution*) diarahkan kepada penggunaan teknologi minimal bahan bakar, emisi gas teredusir, kesehatan petani terjaga, lingkungan sehat dan aman, serta kehilangan keanekaragaman hayati terhindarkan. Lahan pengembangan pertanian kelompok Ultisol bervegetasi alang-alang cukup tersebar luas di wilayah Indonesia bagian Timur. Faktor fisik-kimia pembatas pertumbuhan tanaman tanah ini sering digunakan sebagai basis pendekatan pengembangan teknologi peningkatan produksi pangan pertanian. Sesungguhnya, faktor pembatas kelulus-hidupan tanaman tidak hanya dikendalikan faktor fisik-kimia tanah, tetapi juga ditentukan oleh faktor biologi tanah, yakni kelompok biota tanah yang mendapatkan makanan dengan memangsa akar tanaman, selanjutnya dalam makalah ini dirujuk sebagai “cekaman biologis”.

Buah tomat sering dihidangkan dalam menu setiap hari baik bentuk buah segar ataupun hasil olahannya. Tomat lokal Muna sebagai salah satu kekayaan plasma nutfah dari Sulawesi Tenggara perlu mendapatkan perhatian untuk pengembangannya di berbagai tipe agroekologi dalam kerangka kerja teknologi produksi pangan era pasca Bimas Pertanian. Dinding sel akar tomat cukup lunak sehingga mudah diakses oleh sejumlah biota tanah pemangsa akar. Konsep yang dikembangkan pengaturan populasi pemangsa akar melalui rekayasa ekologis menggunakan fauna tanah perKayasa ekosistem dan bahan organik untuk mengatasi cekaman biologis. Makalah ini bertujuan untuk memelajari peran introduksi fauna tanah perKayasa dan bahan organik terhadap kerapatan nematoda pemakan akar pada Ultisol dan untuk mengkaji pengaruh jangka panjang hasil rekayasa *in situ* menggunakan fauna tanah perKayasa ekosistem dan berbagai jenis bahan organik pada Ultisol terhadap kelulus-hidupan dan hasil panen buah tomat lokal Muna.

Tiga tingkatan jumlah individu cacing tanah epigeik (*Lumbricus* sp.), yakni 0, 20, dan 40 individu per petak dan tiga jenis bahan organik (pangkas *Chromolaena odorata*, pangkas *Collopogonium* sp., dan pangkas *Imperata cylindrica*) diuji mengikuti prosedur rancangan acak kelompok. Benih tomat lokal yang diperoleh dari petani di Kecamatan Tongkuno Kabupaten Muna dikedambahkan pada media tumbuh dari campuran Ultisol dan pupuk kandang sapi dan dipelihara sampai bibit berusia 3 minggu. Bibit tomat ditanam di tiap petak dengan jarak tanam 60 cm x 50 cm. Setelah petak percobaan diberokan selama tiga bulan, ditanami kembali bibit tomat lokal Muna pada tiap petak percobaan.

Hasil penelitian pada tahap pertama menunjukkan kerapatan nematoda pemakan akar pada 30, 60 maupun 90 hari setelah tanam antara kombinasi jumlah individu cacing tanah dan jenis bahan organik berbeda signifikan. Kerapatan nematoda pemakan akar menunjukkan kecenderungan menurun sejalan dengan bertambahnya waktu setelah aplikasi cacing tanah dan bahan organik. Dalam percobaan tahap pertama tanaman tomat di semua petak percobaan hanya dapat bertahan hidup sampai usia dua minggu setelah tanam. Percobaan tahap dua menunjukkan buah tomat dari tiap petak percobaan dapat dipanen. Jumlah buah dapat dipanen bervariasi menurut jumlah cacing tanah dan jenis bahan organik. Total buah dipanen pada bahan organik dari *C. odorata* tanpa introduksi cacing tanah lebih rendah dibanding dengan introduksi 20 dan 40 individu cacing tanah. Total buah dipanen pada pangkas *Collopogonium* sp. tanpa cacing tanah lebih banyak dibanding dengan introduksi 20 dan 40 jumlah individu cacing tanah. Total buah dipanen pada kombinasi pangkas *I. cylindrica* untuk semua jumlah individu cacing tanah relatif mirip. Berat buah segar

pada pangkasan *I. cylindrica* dengan introduksi 20 individu cacing tanah adalah paling tinggi, sedang pangkasan *I. cylindrica* dengan introduksi 40 individu cacing tanah adalah paling rendah.

Temuan di atas membantu kami menyimpulkan bahwa pendekatan biologis melalui rekayasa ekologi menunjukkan pengaruh bermanfaat dalam jangka panjang terhadap produktivitas pangan. Waktu mendatang, kajian terkait “*Agroecological Economic*” metode rekayasa ekologi kualitas dan kesuburan tanah untuk produksi pangan masih perlu dikembangkan untuk mensinkronkan antara upaya-upaya percepatan capaian swasembada pangan tiga tahunan ke depan dengan paradigma pertanian era pasca Bimas Pertanian (*Green Revolution*).

Kata kunci : Bahan organik, buah, cacing tanah, nematoda, pemakan akar.

PENDAHULUAN

Manusia untuk melaksanakan aktivitas biologis dasarnya membutuhkan energi yang diperoleh dengan mengonsumsi pangan (Rosa & Shizgal, 1984; Thane Blinman & Robin Cook, 2011). Energi dari pangan sangat dibutuhkan penduduk untuk melaksanakan segala bentuk kegiatan sosial, ekonomi, politik, budaya, serta pertahanan dan keamanan Negara. Penduduk Indonesia diperkirakan mencapai 255.461.700 orang pada tahun 2015, dengan rata-rata laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,49 per tahun, diperkirakan dapat mencapai 271.066.400 orang pada tahun 2020 (BPS, 2013). Baku konsumsi kalori per kapita per hari penduduk Indonesia untuk mencapai angka kecukupan konsumsi kalori ditetapkan sebesar 2.000 kkal (BPS, 2011). Sumber kalori utama penduduk Indonesia diperoleh dengan mengonsumsi beras yang mengandung kalori 908,40 Kilo Kalori (KKal), kacang-kacangan 53,73 KKal, sayur-sayuran 38,35 KKal, dan buah-buahan 37,73 KKal per kapita per hari (BPS, 2013). Untuk pemenuhan kebutuhan konsumsi kalori saat ini dan akan datang perlu dilaksanakan upaya-upaya pemenuhan kebutuhan pangan berasal dari hasil pertanian dengan memanfaatkan potensi hayati dan sumberdaya tanah yang dikelola oleh tenaga kerja petani dalam negeri.

Pendekatan peningkatan produktivitas pangan dalam negeri dilaksanakan dengan peningkatan produksi per satuan luas, perluasan area pertanian, dan restorasi lahan-lahan pertanian terdegradasi. Ultisol potensial sebagai area pengembangan pertanian pangan. Golongan tanah ini lebih luas dibanding golongan tanah lainnya. Luasannya dapat mencapai 49.794.000 ha atau menempati sekitar 25% dari luas daratan Indonesia. Dari luas tersebut, sekitar 13.162.000 ha (26,43% dari luas Ultisol) tersebar di wilayah bagian timur Indonesia, yakni Maluku, Papua dan Sulawesi (Prasetyo & Suriadikarta, 2006). Perkembangan akar tanaman pangan dan aktivitas biologi tanah sangat intensif pada kedalaman 0 – 20 cm dari permukaan tanah.

Sampai saat ini, peningkatan kapasitas Ultisol untuk produktivitas tanaman pangan masih lebih difokuskan pada upaya perbaikan cekaman fisik-kimia tanah. Pengembangan tanaman pangan pada tanah tipe ini diperhadapkan dengan faktor C-organik rendah, pH masam, kelarutan Al dan Fe tinggi, P tersedia rendah, fraksi partikel ukuran < 2µm dominan yang membatasi tanaman untuk mencapai pertumbuhan dan produksi optimalnya (Tan, 2008; Ifansyah, 2013; Yulnafatmawita *et al.* 2013). Dalam tanah hidup berbagai kelompok taksonomi organisma tanah yang meliputi bakteri, fungi, Protozoa, Nematoda, Collembola, Acari, cacing tanah, luing, kelabang, rayap dan invertebrata lainnya (Anwar *et al.* 2013; Djuuna, 2013; Kilowasid *et al.* 2013; Sabaruddin *et al.* 2013). Beberapa kelompok organisma tanah tersebut dapat memainkan peran dalam memodifikasi sifat fisik dan kimia tanah (perekayasa ekosistem), pembentukan agregat, dekomposisi, pendauran hara dan pemakan akar tanaman (Bardgett & Wardle, 2010). Kelompok organisma tanah pemakan akar dalam pengembangan teknologi pengelolaan adaptasi terkait faktor pembatas biologis (dirujuk sebagai “cekaman biologis”) pertumbuhan dan produksi tanaman pada Ultisol belum banyak dilaporkan.

Umumnya kelompok organisma tanah pemakan akar berasal dari kelompok nematoda. Kelompok nematoda pemakan akar mudah mengakses energi dari tanaman-tanaman yang memiliki dinding sel akar dengan kandungan lignin dan suberin rendah (Bonkowsky *et al.* 2009). Tanaman sumber kalori dan vitamin dalam menu pangan yang disajikan sehari-hari masyarakat Indonesia baik dalam bentuk segar atau olahannya adalah buah tomat. Buah tomat mengandung kalori dan

elemen nutrisi yang dibutuhkan bagi kesehatan diantaranya gula sederhana, protopectin, pectin, vitamin C, Carotenoid, Beta-Caroten, lycopene, catalase dan lipase (Kmiecik & Lisiewski, 2000). Salah satu kekayaan plasma nutfah Sulawesi Tenggara adalah tomat lokal Muna yang saat ini pelaksanaan pembudidayaan masih terbatas oleh petani local di Pulau Muna dengan karakteristik tanah yang terbentuk dari batuan kapur.

Studi terdahulu oleh Swibawa (2001) melaporkan bahwa jumlah genus nematode pemakan akar yang diisolasi dari Ultisol bervegetasi alang-alang lebih banyak dibanding dari penggunaan lahan ubi kayu, perkebunan, wana tani dan hutan sekunder. Studi lain pada lima sistem penggunaan lahan di Sumberjaya Lampung, Swibawa *et al.* (2006) menemukan sepuluh keluarga nematoda sebagai pemakan akar dan sekitar 36 genus pemakan akar diisolasi dari vegetasi alang-alang (Swibawa *et al.* 2006). Fakta ini mengindikasikan cekaman biologis penghambat kelulusan-hidupan tanaman berakar mudah terserang pemakan akar pada Ultisol bervegetasi alang-alang sangat tinggi.

Upaya untuk mengurangi penggunaan nematisida terus dikembangkan sampai saat ini. Swibawa (2010) menemukan bahwa peningkatan kadar air tanah dengan meningkatkan intensitas naungan dapat menekan kerapatan nematoda pemakan akar bibit kopi yang di tanam pada Ultisol bekas vegetasi alang-alang. Penggunaan agen hayati sebagai biokontrol yang dikembangkan oleh Vos *et al.* (2012) menemukan inokulasi mikoriza membantu akar tanaman tomat terhindar dari serangan nematoda pemakan akar. Fakta ini menunjukkan populasi nematoda tanah pemakan akar dapat dikendalikan dengan memodifikasi kondisi fisik-kimia dan biologis tanah. Aplikasi konsep perekayasa ekologis (*ecological engineering*, untuk detail konsep lihat Liang, 1998; Bergen *et al.* 2001; Gattle *et al.* 2003) melalui pemanfaatan cacing tanah sebagai perekayasa eksositem untuk meningkatkan toleransi akar rumput dari serangan nematode pemakan akar (Wurst *et al.* 2008). Paper ini akan memberikan gambaran kemungkinan pendekatan perekayasa ekologis tanah sebagai alternatif dalam eko-teknologi produksi pangan dari tanaman rentan terhadap cekaman.

METODE PENELITIAN

Deskripsi tempat

Penelitian dilaksanakan pada Ultisol bervegetasi alang-alang di kebun percobaan Fakultas Peternakan Universitas Halu Oleo. Topografi termasuk kategori datar dengan kemiringan 0-3%. Karakteristik tanah meliputi fraksi partikel pasir = 32%, debu = 48%, liat = 20%, pH = 3.8, C-organik = 0.74%, N-total = 0.26%, C/N = 3, P_2O_5 (Bray1) = 9.7 ppm, P_2O_5 (HCl 25%) = 9.43 mg 100g⁻¹ tanah, K_2O (HCl 25%) = 8.18 mg 100g⁻¹ tanah, Al_{dd} = 1.71 mg 100g⁻¹ tanah, H_{dd} = 0.57 mg 100g⁻¹ tanah, Ca = 1.59 cmol kg⁻¹tanah, Mg = 0.74 kg⁻¹tanah, K = 0.15 kg⁻¹tanah, Na = 0.06 kg⁻¹tanah, kapasitas tukar kation (KTK) = 7.40 kg⁻¹tanah, dan kejenuhan basa =34% (Samsu, *et al.* 2014).

Percobaan pertama

Percobaan pertama dilaksanakan mulai bulan Januari sampai bulan Juni 2014. Dari terokan tanah yang diterok menggunakan frame logam berukuran 25cm x 25cm x 10cm di lima titik terok dengan teknik *hand sorting* untuk memisahkan cacing tanah dari tanah, hasilnya tidak ditemukan cacing tanah (Lisnawati, 2014). Fauna tanah untuk tujuan memodifikasi kondisi tanah digunakan cacing tanah (*Lumbricus* sp.) yang diambil dari area pembuangan sampah rumah tangga. Cacing tanah dipelihara dalam wadah plastik dengan pakan pupuk kandang sapi sampai dilakukan aplikasi. Faktor perlakuan yang diuji terdiri atas tiga tingkatan jumlah individu cacing tanah epigeik (*Lumbricus* sp.), yakni 0, 20, dan 40 individu per petak, dan tiga jenis bahan organik, yakni pangkasan *Chromolaena odorata*, pangkasan *Collopogonium* sp., dan pangkasan *Imperata cylindrica*. Tiap kombinasi perlakuan diulangi sebanyak tiga kali, sehingga total petak percobaan berukuran 2m x 3m sebanyak 27 petak. Tiap kombinasi perlakuan diaplikasi pada petak percobaan mengikuti prosedur rancangan acak kelompok. Benih tomat lokal yang diperoleh dari petani di Kecamatan Tongkuno Kabupaten Muna dikedambahkan pada media tumbuh dari campuran Ultisol dan pupuk kandang sapi dan dipelihara sampai bibit berusia 3 minggu. Bibit tomat ditanam di tiap petak dengan jarak tanam 60 cm x 50 cm (Lisnawati, 2014).

Setelah 30, 60 dan 90 hari aplikasi perlakuan diambil terokan tanah sebanyak menggunakan silinder *stainless steel* (berdiameter 7,5 cm) sampai kedalaman 15 cm dari permukaan tanah dari tiap petak percobaan. Tanah dikeluarkan dari tiap silinder dan dimasukkan ke dalam zipper pack berbeda, dan diangkut ke laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo. Sebanyak 250 g tiap terokan tanah diletakkan pada pengestrak nematode tanah dengan teknik Baerman funnel termodifikasi Nematoda yang tertahan pada saringan 38 μm dituang ke dalam labu ukur 50 ml, selanjutnya nematoda dimatikan pada air bertemperatur 70^oC (Lisnawati, 2014). Nematoda dihitung dibawah mikroskop bedah dan diidentifikasi sampai tingkat genus. Tiap genus dialokasikan ke dalam kelompok pemakan akar mengikuti petunjuk Yeates *et al.* (1993). Pengamatan pertumbuhan tomat hanya dapat dilaksanakan pada minggu ke-3 dan minggu ke-4 tomat di tiap petak mengalami kematian. Detail prosedur disajikan dalam Lisnawati (2014).

Percobaan kedua

Setelah tiap petak percobaan tahap pertama diberokan selama 3 bulan, vegetasi disisihkan dari tiap petak secara manual pada bulan September 2014. Buah segar tomat lokal Muna diambil bijinya dan dikeringkan anginkan selama 1 minggu. Biji tomat yang telah kering angin disemaikan pada media tumbuh campuran tanah lapisan atas dengan pupuk kandang sapi perbandingan 2:1. Bibit tomat berumur 2 minggu ditanam pada tanah lapisan atas dalam polibag dan dipelihara selama satu bulan dibawah naungan dengan intensitas cahaya sebesar 50 %. Bibit tomat berumur satu bulan yang ditandai dengan munculnya daun dan sudah memiliki 3-4 helai sempurna dipindahkan ke tiap petak percobaan. Pada tiap petak percobaan ditanami tanaman dengan jarak 50 cm x 60 cm. Sehingga dalam tiap petak percobaan terdapat 15 tanaman, penanaman dilakukan pada sore hari. Detail prosedur pemeliharaan tanaman selama penelitian lihat Nurhaida (2015). Pemanenan buah tomat dilaksanakan saat tanaman sudah berumur 75-95 HST. Pemanenan dilakukan selama empat kali pemetikan dengan selang 5 hari sekali. Buah tomat segar ditimbang pada tiap panen dan total berat buah selama lima kali panen dihitung (Nurhaida, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan Tahap Pertama

Rata-rata kerapatan nematoda pemakan akar pada hari ke 30 berkisar antara 156,4-563,2 individu kg^{-1} tanah, hari ke 60 berkisar antara 98,4-501,6 individu kg^{-1} tanah dan hari ke 90 berkisar antara 62,9-511,7 individu kg^{-1} tanah (Tabel 1). Dari Tabel 1 tampak kerapatan nematoda herbivora akar tertinggi hari ke 30 ditemukan pada Ultisol yang diperlakukan dengan V2C1 sebanyak 580,8 individu kg^{-1} tanah dan tidak berbeda nyata dengan kerapatan pada perlakuan V2C2, V3C1 dan V3C2. Kerapatan terendah ditemukan pada perlakuan V1C2 dan tidak berbeda signifikan dibanding kerapatan pada V1C0 dan V3C0. Kerapatan nematoda herbivora akar pada V1C1, V2C0, V1C0 dan V3C0 adalah relatif mirip. Hasil pada hari ke 30 ini memberikan gambaran bahwa peningkatan jumlah individu *Lumbricus* sp. yang diintroduksi pada Ultisol yang diberi bahan organik dari pangkasan *C. odorata* cenderung menurunkan jumlah nematoda herbivora akar pada pertanaman tomat lokal Muna. Berbeda halnya dengan bahan organik dari pangkasan *I. cylindrica* dan *Collopogonium* sp. menunjukkan peningkatan jumlah nematoda herbivora akar dengan bertambahnya jumlah *Lumbricus* sp. yang diintroduksi.

Tabel 1. Kerapatan Nematoda Pemakan Akar (Individu \pm S.D) dari Tanah Yang Diperlakukan dengan Kombinasi Perlakuan Jumlah Cacing Tanah Jenis dan Pangkasan Jenis Tumbuhan

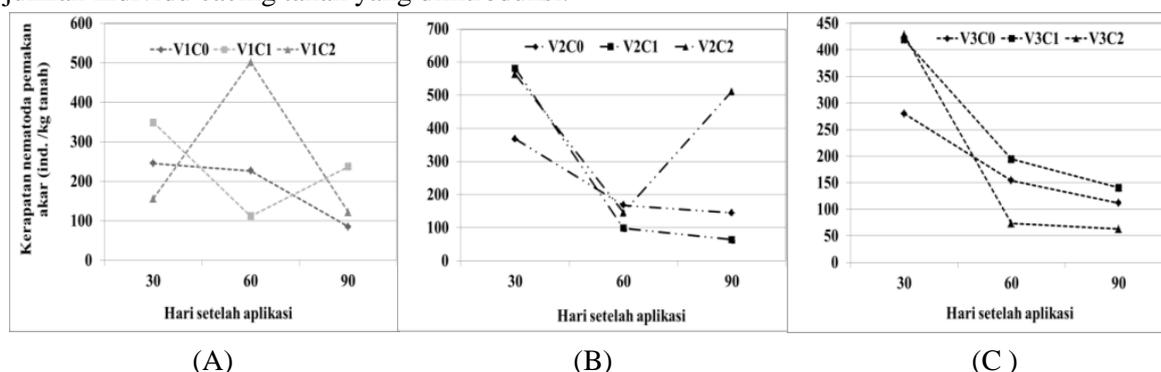
Perlakuan	Kerapatan (individu kg^{-1} tanah pada hari ke -)		
	30	60	90
V1C0	245,3 \pm 38,3 ^{ab}	226,6 \pm 96,5 ^{ab}	85,3 \pm 26,7 ^a
V1C1	348,8 \pm 39,9 ^b	112,0 \pm 87,4 ^{ab}	237 \pm 315,7 ^{ab}
V1C2	156,4 \pm 9,2 ^a	501,6 \pm 596,8 ^b	121,9 \pm 56,9 ^a
V2C0	367,5 \pm 87,2 ^b	168,0 \pm 48,8 ^{ab}	144,3 \pm 27,1 ^a
V2C1	580,8 \pm 95,2 ^c	98,4 \pm 16,4 ^{ab}	63,9 \pm 13,6 ^a
V2C2	563,2 \pm 140,8 ^c	145,6 \pm 55,0 ^{ab}	511,7 \pm 396 ^b
V3C0	280,0 \pm 87,2 ^{a^b}	154,1 \pm 92,6 ^{ab}	111,9 \pm 32,9 ^a

Tabel 1. Lanjutan

Perlakuan	Kerapatan (individu kg ⁻¹ tanah pada hari ke -)		
	30	60	90
V3C1	419,5±144,7 ^{bc}	194,3±18,9 ^{ab}	140,5±35,2 ^a
V3C2	428,4±126,0 ^{bc}	73,5±17,7 ^a	62,9±18,8 ^a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya beda nyata menurut DMRT pada $p < 0,05$. Simbol V1C0 menyatakan pangkasan *C. odorata*+0 cacing tanah, V1C1 menyatakan pangkasan *C. odorata* + 20 cacing tanah; V1C2 menyatakan pangkasan *C. odorata* + 40 cacing tanah; V2C0 menyatakan pangkasan *I. cylindrica* + 0 cacing tanah; V2C1 menyatakan pangkasan *I. cylindrica* + 20 cacing tanah; V2C2 menyatakan pangkasan *I. cylindrica* + 40 cacing tanah; V3C0 menyatakan pangkasan *Collopogonium* + 0 cacing tanah; V3C1 menyatakan pangkasan *Collopogonium* + 20 cacing tanah ; dan V320 menyatakan pangkasan *Collopogonium* + 40 cacing tanah.

Pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa pada hari ke 60, kerapatan nematoda herbivora akar tertinggi ditemukan pada perlakuan V1C2 sebanyak 501,6±596,8 individu kg⁻¹ tanah, sedang kerapatan terendah ditemukan pada perlakuan V3C2 sebanyak 73,5±17,7 individu kg⁻¹tanah. Kerapatan nematoda herbivora akar pada kedua perlakuan tersebut dibanding kerapatan pada perlakuan lainnya tidak berbeda nyata. Hasil hari ke 60 memberikan gambaran bahwa kerapatan nematoda herbivora akar cenderung meningkat pada pangkasan *C. odorata* dengan bertambahnya jumlah individu *Lumbricus* sp. diintroduksi. Kerapatan herbivora akar pada pangkasan *I. cylindrica* mirip utuk semua jumlah individu cacing tanah, sedang kerapatan herbivore akar pada pangkasan *Collopogonium* sp. cenderung menurun dengan bertambahnya jumlah cacing tanah yang diintroduksi. Pada hari ke 90, kerapatan nematoda herbivora akar pada pangkasan *C. odorata* dan *Collopogium* sp. masing-masing mirip untuk semua jumlah individu cacing tanah, sedang kerapatan herbivora akar pada pangkasan *I. cylindrica* cenderung berkurang dengan bertambahnya jumlah individu cacing tanah yang diintroduksi.



Gambar 1. (A) Dinamika Temporal Kerapatan Nematoda Pemakan Akar Dari Pertanaman Tomat Lokal Muna yang Ditanam pada Ultisol Berdasarkan Variasi Jumlah Individu Cacing Tanah Dengan Bahan Organik: (A) Pangkasan *C. odorata*; (B) Pangkasan *I. cylindrica*; dan (C) Pangkasan *Collopogonium* sp.

Tanaman tomat di tiap petak sampai berumur satu minggu masih dapat bertahan hidup (Gambar 2A), selanjutnya saat tanaman berumur 2 minggu mulai menunjukkan akar terserang herbivora akar (Gambar 2B), kemudian tanaman tidak dapat lulus-hidup untuk mencapai tahap pertumbuhan berikutnya (Gambar 2C) dan seluruh tanaman tomat mati (Gambar 2D).



(A) (B) (C) (D)

Gambar 2. Pertumbuhan Tanaman Tomat Sampai Berumur Tiga Minggu Setelah Tanam: (A) Tomat Berumur Satu Minggu; (B) Tomat Berumur Dua Minggu; (C) Tanaman Tomat Mulai Terserang Cekaman Biologis; dan (D) Tanaman Tomat Sudah Tercekam Biologis.

Percobaan Tahap Kedua

Tanaman tomat di tiap petak percobaan dapat mencapai umur panen. Jumlah per tandan per tanaman sampai umur 45 hari setelah tanam pada pangkasan *C. odorata* dan tanpa introduksi *Lumbricus* cenderung lebih banyak dibanding kombinasi perlakuan lainnya, sedang paling sedikit ditunjukkan pada pangkasan *I. cylindrica* dengan dua puluh individu *Lumbricus* sp. (Gambar 3A). Dari Gambar 3A memperlihatkan pula kecenderungan bahwa pada umur 45 hari setelah tanam, jumlah buah tomat per tandan per tanaman pada tanpa introduksi *Lumbricus* sp. lebih tinggi dibanding dengan introduksi *Lumbricus* sp. untuk masing-masing jenis bahan pangkasan. Pada umur 60 hari setelah tanam memperlihatkan bahwa introduksi *Lumbricus* sp. telah mulai berpengaruh terhadap jumlah buah per tandan per tanaman tomat. Dari Gambar 3B tampak bahwa jumlah buah tomat per tandan per tanaman dengan introduksi *Lumbricus* sp. lebih banyak dibanding tanpa introduksi. Jumlah buah per tandan per tanaman tomat pada pangkasan *C. odorata*, *I. cylindrica* maupun *Collopogonium* sp. ditunjukkan pada introduksi 20 individu *Lumbricus* sp. per petak ukuran 6 m². Hasil ini menunjukan bahwa manfaat perekayasa ekologi tanah dalam mengatasi cekaman biologis tanah tampak signifikan sejalan dengan waktu.

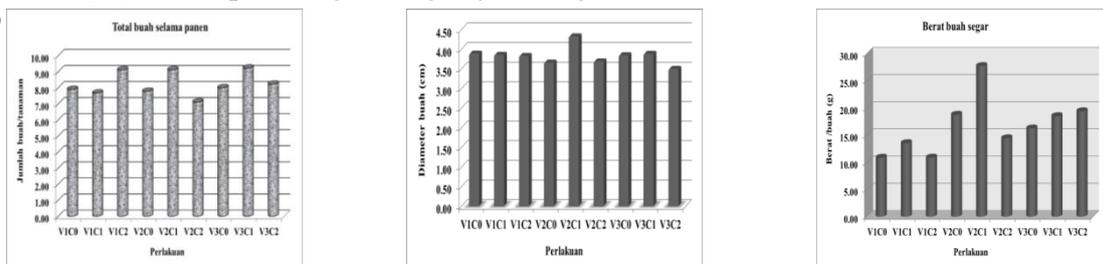


(A)

(B)

Gambar 3. Jumlah Buah Per Tandan Per Tanaman Pada Tanaman Tomat Berumur (A) 45 Hari Setelah Tanam, dan (B) 60 Hari Setelah Tanam.

Total buah per tanaman selama empat kali panen disajikan pada Gambar 4A. Dari Gambar 4A juga menunjukkan bahwa total buah per tanaman selama empat kali panen juga terjadi pada introduksi 40 individu *Lumbricus* sp. untuk pangkasan *C. odorata*, sedang pangkasan *I. cylindrica* dan *Collopogonium* sp. masing-masing terjadi dengan introduksi 20 individu *Lumbricus* sp.



(A)

(B)

(C)

Gambar 4. (A) Total Buah Per Tandan Per Tanaman; (B) Diameter Buah; dan (C) Berat Buah Segar Per Tanaman.

Ukuran buah tomat dengan introduksi 20 individu *Lumbricus* sp. pada pangkasan *I. cylindrica* lebih besar dibanding kombinasi perlakuan lainnya (Gambar 4B), demikian pula halnya dengan berat buah segar (Gambar 4C). Fenomen ini dapat terjadi karena pada 60 hari setelah tanah populasi nematoda pemakan akar cenderung menurun signifikan untuk semua kombinasi perlakuan. Fakta ini mengindikasikan rekayasa ekologi tanah menggunakan cacing tanah dan bahan organik dapat mengatasi cekaman biologis tanaman pada Ultisol.

KESIMPULAN

Kesimpulan umum atas kajian pustaka dan temuan penelitian bahwa rekayasa ekologis tanah melalui pemberdayaan sumberdaya hayati *in situ* dapat menjadi alternatif pendekatan pengelolaan cekaman biologis tanah dalam rangka menempatkan strategi pencapaian swasembada pangan Indonesia dalam kerangka kerja isu pertanian abad 21. Rekayasa ekologis tanah sebagai suatu pendekatan adaptasi tanaman pangan pada lingkungan tercekam dikembangkan dari prinsip dasar ekologi. Rekayasa ekologi tanah memiliki ciri penggunaan bahan bakar fosil minimal, manajemen perlindungan keanekaragaman hayati, lingkungan aman dan kesehatan petani/konsumen terjaga.

Kinerja teknologi rekayasa ekologis tanah masih perlu ditingkatkan untuk memaksimalkan realisasi fungsi agro-ekosistem. Pengembangan jangka panjang rekayasa ekologis tanah membutuhkan dukungan tinjauan *Agroecological Economics*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, E.K., R. Nurlaily, Saramh, and J. Purwani. 2013. Land Suitability Study of Ultisols For Soybean Based On Soil Fauna. *J Trop Soils* 18(3): 231 – 239.
- Badan Pusat Statistik. 2011. Konsumsi Kalori dan PROTEIN PENDUDUK INDONESIA dan Provinsi 2011. Badan Pusat Statistik, Jakarta-Indonesia. catalog.ihsn.org/index.php/catalog/4798/download/60394.
- Badan Pusat Statistik. 2013. bps.go.id
- Bardgett, R.D., and D.A. Wardle. 2010. Aboveground-Belowground Linkages: Biotic Interactions, Ecosystem Processes, and Global Change. Oxford, University Press, New York.
- Bergen, S.D., S.M. Bolton, and J.L. Fridley. 2001. Design Principle for Ecological Engineering. *Ecological Engineering* 18: 202 – 210.
- Bonkowski, M., C. Villeneva, and B. Griffiths. 2009. Rhizosphere Fauna: the Functional and Structural Diversity of Intimate Interactions of Soil Fauna with Plant Roots. *Plant Soil* 321: 213 – 233.
- Djuuna, I.A.F. 2013. Population and Distribution of Some Soil Meso Fauna in the Inactive Tailing Deposition Areas of Freeport Indonesia, Timika-Papua. *Journal of Tropical Soils* 18(3): 225 – 229.
- Gattle, D.K., S.C. McCutcheon, and M.C. Smith. 2003. Ecological Engineering: the State-of-the Field. *Ecological Engineering* 20: 327 – 330.
- Ifansyah, H. 2013. Soil pH and Solubility of Aluminium, Iron, and Phosphorus in Ultisols: the Role of Humic Acid. *Journal of Tropical Soils* 18 (3): 203 – 208.
- Kilowasid, L.M.H., T. S. Syamsudin, E. Sulystiawati, F.X. Susilo, and H. Syaf. 2013. Characteristics of Soil Fauna Communities and Habitat in Small-Holder Cocoa Plantation in South Konawe. *Journal of Tropical Soils* 18 (2): 149 – 159.
- Kmiecik, W., and Z. Lisiewska. 2000. Studies on the Morphological Traits and Chemical Composition of the Fruit of Six Tomato Cultivars Recommended as Raw Material for Freezing. *Nahrung* 44 (5): S. 349– 353.
- Liang, W. 1998. Farming System as an Approach to Agro-Ecological Engineering. *Ecological Engineering* 11: 27 – 35.

- Lisnawati, 2014. Peran Introduksi Cacing Tanah Epigeik terhadap Dinamika Fauna Tanah Mikrobivora selama Dekomposisi Bahan Organik Tanah pada Pertanaman Tomat Lokal (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di Tanah Ultisol. Skripsi Sarjana Pertanian, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Ole, Kendari.
- Nurhaida, 2015. Fenologi dan Produksi Tomat Lokal Muna (*Lycopersicum esculentum* Mill) pada Ultisol Hasil Modifikasi Cacing Tanah Epigeik. Skripsi Sarjana Pertanian, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Ole, Kendari.
- Prasetyo, B.H dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2): 39 – 46.
- Roza, A.M and H.M. Shizgal. 1984. The Harris Benedict Equatin Reevaluated: Resting Energy Requirements and the Body Cell Mass. *The America Journal of Clinical Nutrition*: 168 – 182.
- Sabaruddin, L., L.M.H. Kilowasid and H. Syaf. 2013. Effect of “Komba-Komba” Pruning Compost and Planting Time of Mungbean in Intercropping with Maize on Yield and Soil Fauna. *Agrivita* 35 (1): 13 – 21.
- Alam, S., Lisnawati, L.M.H. Kilowasid, Darwis, and A. Nurmas. 2014. Role of Epigeic Earthworms on Trophic Group of Nematodes during Organic Matter Decomposition in Litter Bags under Tomato Cropping on Ultisol.
- Swibawa, I.G .2001. Keanekaragaman Nematoda Dalam Tanah pada Berbagai Tipe Tataguna Lahan di Asb-Benchmark Area Way Kanan. *J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 1(2): 54 – 59.
- Swibawa, I.G, D. Pitra, F.X. Susilo, K. Hairiah, dan D. Suprayogo. 2010. Manipulasi Cahaya untuk Menurunkan Kelimpahan Nematoda Parasit Tumbuhan pada Pembibitan Kopi. *J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 10 (1): 20 – 28.
- Swibawa, I.G., T.N. Aeny, I. Masyhuda, F.X. Susilo, dan K. Hairiah. 2006. Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian: kelimpahan dan keragaman nematoda. *Agrivita* 28 (3): 252 – 266.
- Tan, K.H. 2008. *Soils in the Humid Tropics and Monsoon Region of Indonesia*. CRC. Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Thane Blinman, M.D. and Robin Cook, MS, RD. 2011. Allometric Prediction of Energy Expenditure in Infants And Children. *ICAN: Infant, Child, and Adolescent Nutrition* 3(4): 216 – 224.
- Vos, C, K. Geerinckx, R. Mkandawire, B. Panis, D. De Waele, and Annemie Elsen. 2012. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Affect both Penetration and Further Life Stage Development of Root-Knot Nematodes In Tomato. *Mycorrhiza* 22: 157–163
- Wurst, S., B. Allema, H. Duyts, and W.H. van der Putten. 2008. Earthworms Counterbalance the Negative Effect of Microorganisms on Plant Diversity and Enhance the Tolerance of Grasses to Nematodes. *Oikos* 117: 711 – 718.
- Yeates, G.T. Bongers, R.G.M. de Goede, D.W. Freckman, and S.S. Georgeiva. 1993. Feeding Habits in Nematoda Families and Genera - a guide for soil ecologists. *J. Nematol.* 25: 315-331.
- Yulnafatmawita, Adrinal, and F. Anggriani. 2013. Fresh Organic Matter Application to Improve Aggregate Stability of Ultisols Under Wet Tropical Region. *Journal of Tropical Soils* 18 (1): 33 -44.