

## Evaluasi Kompetisi Model Tumpang Gilir Cabai Rawit dengan Jagung dan Aplikasi Konsorsium Agens Hayati

### *Evaluation of Competition of Hot Pepper with Corn Relay Intercropping Model and Application of Biological Agents Consortium*

Nindy Sevirasari<sup>1\*)</sup>, Endang Sulistyarningsih<sup>1)</sup>, Budiastuti Kurniasih<sup>1)</sup>, Suryanti<sup>3)</sup>,  
Arif Wibowo<sup>3)</sup>, Tri Joko<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

<sup>2</sup>Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

<sup>\*)</sup>Penulis untuk korespondensi E-mail: [nindy.sevirasari@unsoed.ac.id](mailto:nindy.sevirasari@unsoed.ac.id)

Diajukan: 08 November 2024 Diterima: 04 Februari 2025 Dipublikasi: 27 Februari 2025

#### ABSTRACT

*Intensive cultivation, especially the relay intercropping between hot pepper with corn, needs to be evaluated to determine the advantages of land and competition between two different species. This research aimed to determine the competition value and land advantages of the hot pepper with corn relay intercropping model and the application of biological agents. The research was conducted in Magelang Regency, Central Java, Indonesia, from May 2019 to January 2020. The research used quantitative methods, where the intercropping pattern of hot peppers (two and three-rows model) was the first factor in this factorial Randomized Complete Block Design. The second factor was the application of biological agents (with and without biological agents). The monoculture of hot pepper and corn without applying biological agents served as the control. The observed data were analyzed using Analysis of Variance and then Duncan's Multiple Range Test at  $\alpha = 5\%$ . Relay intercropping were assessed by LER, ATER, Aggressivity, Competition Ratio, and Actual Yield Loss. The two rows and three-rows models of the hot pepper–corn relay intercropping model and the application of biological agents resulted in a value of LER and ATER  $> 1$ . Hot pepper had a greater Aggressivity and Competition Ratio than corn, but also a high Actual Yield Loss if planting with relay intercropping didn't apply biological agents. From this research, the hot pepper with corn relay intercropping two-rows model with the application of biological agents was feasible to be applied and profitable to cultivated, especially for small-scale farming.*

**Keywords:** *aggressivity; ATER; AYL; competitive ratio; LER*

#### ABSTRAK

Praktik budidaya yang intensif pada tumpang gilir antara cabai rawit–jagung perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui keunggulan lahan dan kompetisi di antara dua spesies yang berbeda. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kompetisi dan keunggulan lahan dari model tanam tumpang gilir cabai rawit–jagung dan aplikasi agens hayati. Penelitian dilakukan di Magelang, Jawa Tengah, Indonesia pada Mei 2019–Januari 2020. Penelitian menggunakan metode penelitian kuantitatif yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap dua faktor; faktor pertama yaitu model tanam tumpang gilir (2 baris dan 3 baris cabai rawit) dan faktor kedua yaitu aplikasi agens hayati (dengan dan tanpa aplikasi agens hayati). Monokultur cabai dan jagung tanpa aplikasi agensi hayati merupakan kontrol. Data dianalisis menggunakan Analisis Varians dan Uji Lanjut *Duncan's multiple range tests* pada  $\alpha = 5\%$ . Tumpang gilir dinilai berdasarkan Nisbah Kesetaraan Lahan, Nisbah Kesetaraan Lahan berdasarkan Waktu, Agresivitas, Rasio Kompetisi, dan Kehilangan Hasil Aktual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model tanam 2 dan 3 baris cabai rawit pada pola tanam tumpang gilir cabai rawit dengan jagung dan pemberian agens hayati menghasilkan nilai Nisbah Kesetaraan Lahan dan Nisbah Kesetaraan Lahan Berdasarkan Waktu  $> 1$ . Cabai rawit memiliki indeks Agresivitas dan Rasio Kompetisi yang lebih besar daripada jagung, namun memiliki nilai Kehilangan Hasil Aktual yang tinggi jika ditanam pada pola tumpang gilir tidak

disertai pemberian agens hayati. Dari metode yang diterapkan pada penelitian ini, maka tumpang gilir cabai rawit dengan jagung model 2 baris dengan pemberian agens hayati direkomendasikan karena layak diterapkan dan menguntungkan untuk diusahakan terutama bagi pertanian skala kecil.

**Kata kunci:** agresivitas; ATER; kehilangan hasil aktual; LER; rasio kompetisi

## PENDAHULUAN

Petani di Indonesia memiliki kebiasaan melakukan praktik budidaya tanaman secara intensif, salah satunya dengan menerapkan sistem pertanaman ganda. Berdasarkan data distribusi petani yang berpengalaman bertani dengan menerapkan praktik pertanaman ganda mencapai 60% petani, sedangkan sisanya yaitu 40% petani hanya menerapkan sistem pertanaman monokultur (Sinaga, 2023). Menurut (Palaniappan, 1985), upaya intensifikasi pertanaman dari segi ruang dan waktu disebut dengan sistem pertanaman ganda (*multiple cropping*). Menurutnya, pertanaman ganda dapat dilakukan dengan cara menanam dua atau lebih tanaman pada satu bidang tanah yang sama dalam periode waktu satu tahun. Sistem pertanaman ganda telah banyak diterapkan terutama di Asia, Amerika Latin, dan Afrika sebagai wilayah pemasok pangan 15–20% di dunia (Lithourgidis *et al.*, 2011). Salah satu pola tanam yang termasuk dalam pertanaman ganda adalah tumpang gilir atau tumpangsari bersisipan (*relay intercropping*). Tumpang gilir merupakan penanaman dua atau lebih tanaman berlainan secara bersamaan selama sebagian waktu siklus hidup setiap individu tanaman. Tanaman kedua pada pola tanam tumpang gilir ditanam setelah tanaman pertama telah mencapai tahapan pertumbuhan generatif, namun belum memasuki waktu siap untuk dipanen (Gliessman, 1985), (Lamichhane *et al.*, 2023).

Manfaat potensial utama dari penerapan pola pertanaman ganda, seperti pada tumpang gilir adalah meningkatkan kesuburan tanah (Wang *et al.*, 2014) dan Nitrogen dalam tanah (Chen *et al.*, 2019), meningkatkan produktivitas tanaman (Lamichhane *et al.*, 2023), dan pendapatan petani (Megersa & Banjaw, 2024), optimalisasi penggunaan sumber daya lingkungan (Maitra *et al.*, 2021), serta mengurangi kerusakan akibat hama, penyakit (Toker *et al.*, 2024), dan gulma

(Leoni *et al.*, 2022). Di negara tropis seperti Indonesia, tumpang gilir cabai rawit dengan jagung mudah diadopsi, karena cabai dan jagung merupakan komoditas yang memiliki permintaan dan nilai ekonomi tinggi. Berdasarkan data Badan Pangan Nasional, konsumsi cabai rawit di Indonesia pada tahun 2023 sebesar 2,19 kg/kapita/tahun, yaitu meningkat 5,8% dibanding tahun 2022 (Ahdiyati, 2023). Harga jual cabai rawit tahun 2024 mencapai Rp 53.198,00–Rp 69.493,00 per kg (PDSI, 2024).

Pada sistem pertanaman ganda, pertumbuhan dan hasil panen dipengaruhi oleh penyerapan unsur hara yang lebih besar, pengendalian gulma yang lebih baik dibandingkan sistem monokultur, dan adanya eksudat akar yang menjadi peran penting dalam produktivitas karena dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Kristiana, 2019). Dibandingkan dengan tanaman dikotil, jagung yang merupakan jenis tanaman monokotil memiliki kelebihan yaitu akar yang dapat tumbuh hingga kedalaman 2 m dan menyebar ke arah horizontal lebih dari 1 m, dan dikenal lebih banyak mengeluarkan eksudat (Islami & Utomo, 1995). Tanaman jagung memproduksi eksudat yang kaya asam organik, fenolik, dan protein paling tinggi ketika akar tanaman masih muda (Santangeli *et al.*, 2024). Regulasi gen (*ZmCycD2*; 2a, *ZmEXPB8*, *ZmXTH1*, dan *ZmARF1*) pada jerami akar jagung merupakan gen yang terkait dengan pertumbuhan dan perkembangan morfologi akar tanaman (Sun *et al.*, 2020). Eksudat yang dihasilkan oleh akar jagung mampu meningkatkan produktivitas tanaman dengan meningkatkan memicu mikroba rizosfer untuk memfiksasi N<sub>2</sub> pada sistem pertanaman tumpangsari (Hu *et al.*, 2021).

Alasan memilih tumpang gilir cabai rawit–jagung adalah karena kedua komoditas tersebut memiliki habitus tanaman yang berbeda, sehingga jagung dapat berperan

sebagai penahan vektor virus yang menyerang cabai rawit, sebagai media hidup predator di ekosistem, dan penahan dari angin bagi tegakan tanaman di bawahnya (Smith HA & McSorley R, 2000). Tanaman jagung efektif menjadi tanaman penyangga keragaan yang tinggi dan pertumbuhannya yang cepat (Bamboriya *et al.*, 2022). Penerapan tumpangsari pada cabai dapat mengurangi penggunaan pestisida kimia dan mendukung terbentuknya musuh alami (Brito *et al.*, 2021). Sebagai tanaman penyangga/*barrier*, jagung efektif menurunkan serangan kutu aphid di tumpangsari tanaman cabai sebesar 48% dibandingkan pada sistem monokultur (Mitiku *et al.*, 2014). Tanaman Cabai yang ditumpangsarikan dengan tanaman non-inang seperti jagung secara signifikan menurunkan kutu daun (*Aphis gossypii* Glove) dan kerusakannya akibat penyakit hingga 39%, serta mampu menghasilkan hasil panen lebih tinggi dari tanaman sistem monokultur (Waweru *et al.*, 2021). Tumpangsari cabai dengan jagung terbukti mengendalikan penyakit antraknosa cabai, sehingga dapat menjadi landasan untuk pengelolaan berkelanjutan (Gao *et al.*, 2021). Pada penelitian ini digunakan dua model tumpang gilir cabai–jagung, yaitu 2 baris dan 3 baris cabai rawit. Umumnya petani menggunakan model tanam 2 baris baik pada sistem monokultur maupun tumpangsari. Keuntungan model tanam 3 baris dalam satu bedeng adalah jumlah populasi yang lebih banyak, sehingga harapannya akan meningkatkan produksi cabai rawit.

Pada penelitian ini digunakan tiga spesies agens hayati yaitu *Trichoderma asperellum*, *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF), dan *Bacillus velezensis* B-27. Konsorsium agens hayati yang diberikan pada tanaman cabai terbukti mengendalikan penyakit antraknosa (Yanti *et al.*, 2020). Pemberian Jamur Mikoriza Arbuskular (JMA) pada cabai berperan dalam menyediakan nutrisi tanaman melalui peningkatan kualitas tanah (Hariyono *et al.*, 2021), mengurangi serangan penyakit *Fusarium* pada tanaman cabai hingga 58,7%. JMA bersimbiosis dengan akar tanaman dan cepat meningkatkan serapan P oleh akar tanaman karena mengandung enzim fosfatase sebagai pelarut fosfat (El-Sawah *et al.*,

2021). *Trichoderma* sp. Berperan untuk meningkatkan pertumbuhan buah, yaitu hingga 5,21% (Farihadina & Sutarman, 2022) dan sebagai perombak bahan organik melalui enzim pendegradasi dinding sel seperti kitinase dan selubiose (Thaha *et al.*, 2020). *Bacillus* sp. terbukti berperan meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai (Gou *et al.*, 2020), dengan menghambat patogen menggunakan enzim *chitinase*, *lytic*, *protease*, *cellulase*, *lipase*, *siderophores* (Miljaković *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya, menyebutkan bahwa tumpang gilir cabai lebih menguntungkan dibandingkan penanaman cabai dengan sistem monokultur (Toker *et al.*, 2024). Meski demikian, penerapan tumpang gilir yang melibatkan dua atau lebih komoditas tanaman tentunya berpotensi menyebabkan terjadinya kompetisi antar tanaman maupun terhadap faktor lingkungan (Karunarathna & Maduwanthi, 2022). Jarak tanam dan kepadatan populasi pada pola tanam tumpang gilir menjadi faktor penting yang apabila tidak seimbang dapat mengakibatkan tanaman bersaing dalam hal sumberdaya seperti unsur hara, air, cahaya matahari, maupun ruang tumbuh, dan interaksi antaranya (Ceunfin *et al.*, 2017), sehingga perlu dilakukan penilaian dengan cara evaluasi nilai kompetisi dan keunggulan lahan dari usaha tani tumpang gilir cabai rawit dan jagung. Evaluasi untuk tumpang gilir cabai rawit dengan jagung dengan model yang berbeda dan perlakuan penambahan agens hayati belum ditemukan di penelitian sebelumnya. Evaluasi penerapan sistem pertanaman penting dilakukan untuk mengembangkan agroekosistem tepat guna yang mampu membantu kesejahteraan petani kecil (Renwick *et al.*, 2020).

Tumpangsari cabai dengan kacang-kacangan menunjukkan nilai Nisbah Kesetaraan Lahan lebih dari satu, yang menunjukkan bahwa tumpangsari menguntungkan dibandingkan penanaman secara monokultur (Jaya *et al.*, 2023). Tumpangsari jagung dan cabai menguntungkan berdasarkan Nilai Nisbah Kesetaraan Lahan dan Nisbah Kesetaraan Lahan berdasarkan Waktu dibandingkan sistem pertanaman monokultur (Siboro *et al.*, 2023). Berdasarkan penelitian sebelumnya, menanam cabai dengan tumpangsari dinilai

menguntungkan, sehingga hipotesisnya adalah bahwa dengan penerapan tumpang gilir cabai dan jagung menggunakan model 2 baris dan 3 baris juga dapat memberikan hasil yang menguntungkan. Sejumlah indeks penilaian evaluasi sistem pertanaman ganda seperti Nisbah Kesetaraan Lahan, Nisbah Kesetaraan Lahan berdasarkan Waktu, Agresivitas, Rasio Kompetisi, dan Kehilangan Hasil Aktual digunakan untuk menggambarkan kompetisi dan mengetahui kelayakan usaha tani yang dilakukan atau keunggulan lahan yang diusahakan (Karunathna & Maduwanthi, 2022). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kompetisi berdasarkan nilai Agresivitas dan Rasio Kompetisi, serta keunggulan lahan berdasarkan Kehilangan Hasil Aktual, Nisbah Kesetaraan Lahan, dan Nisbah Kesetaraan Lahan Berdasarkan Waktu dari model pola tanam tumpang gilir cabai rawit dengan jagung dan pemberian agens hayati.

#### BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Desa Ketunggeng, Kecamatan Dukun, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah dengan ketinggian tempat  $\pm 578$  m dpl, mulai Mei 2019–Januari 2020. Rerata intensitas cahaya yang diterima saat penelitian berlangsung adalah 34.293–69.110 lux, dengan rerata intensitas cahaya di atas daun 46.491 lux pada pola tanam tumpang gilir cabai rawit – jagung dan 60.004 lux pada monokultur cabai rawit, sedangkan rerata intensitas cahaya di bawah daun yaitu 22.853 lux pada pola tanam tumpang gilir cabai rawit – jagung dan 23.240 lux pada monokultur cabai rawit. Rerata suhu udara dan kelembapan udara berturut-turut selama penelitian yaitu 27–34°C dan 28–90% yang diamati pagi, siang, dan sore (Sevirasari, 2021). Bahan penelitian yang digunakan yaitu cabai rawit besar lokal yaitu Cabai Tiyung, jagung manis hibrida Taleta F1, 10 ton/ha pupuk kandang, 1 ton/ha dolomit, 400 kg/ha NPK (15% N: 15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 15% K<sub>2</sub>O, 9% S dan 2000 ppm Zn), 200 kg/ha SP-36, konsorsium agens hayati yang terdiri dari; *Trichoderma asperellum* (Tricho Powder) dengan kerapatan jamur  $2,2 \times 10^6$  sel/ml (kerapatan spora dihitung dengan hemasitometer), *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) kerapatan jamur 16 spora/gram

zeolit, dan *Bacillus velezensis* B-27 dengan kerapatan bakteri  $10^8$  cfu/ml air.

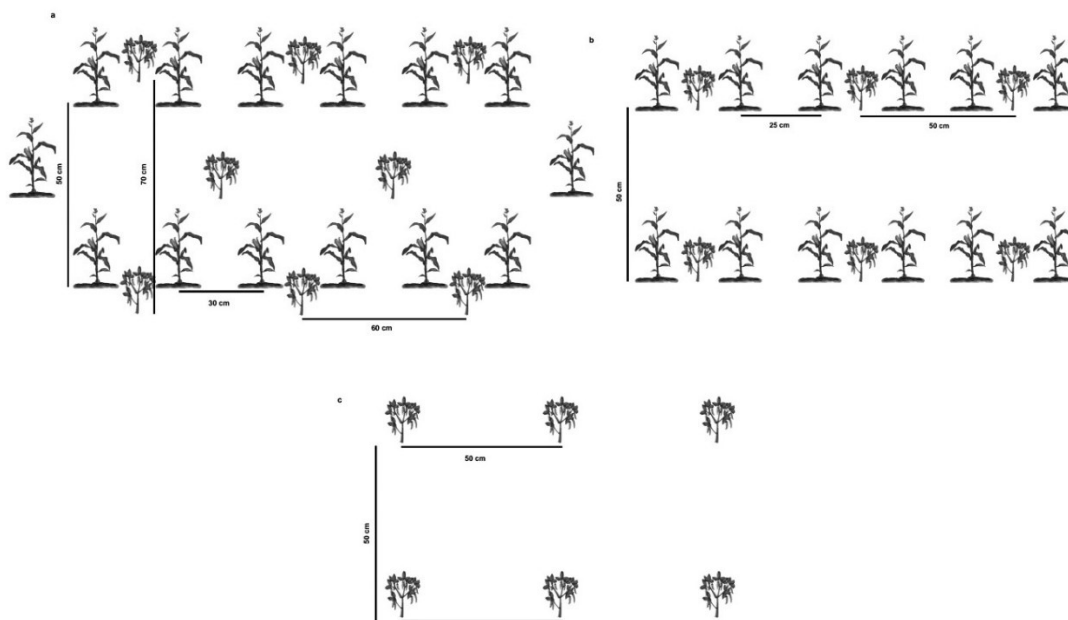
Penelitian dilakukan menggunakan metode penelitian kuantitatif yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 2 Faktor dan 1 kontrol. Faktor pertama adalah pola tanam tumpang gilir cabai dengan jagung (model 2 baris cabai rawit dan model 3 baris cabai rawit). Faktor kedua adalah aplikasi agens hayati (dengan aplikasi dan tanpa aplikasi), sedangkan kontrol yaitu monokultur cabai tanpa agens hayati dan monokultur jagung tanpa agens hayati. Rancangan yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari 3 blok. Dari perlakuan tersebut, diperoleh 4 kombinasi perlakuan model tumpang gilir dan 1 kontrol (monokultur). Pada pola tanam tumpang gilir, benih jagung yang telah disemai umur 2 minggu setelah semai ditanam sesuai taraf perlakuan model penanaman. 2 minggu setelahnya, bibit cabai yang telah disemai dengan umur 4 minggu setelah semai ditanam sesuai taraf perlakuan model tumpang gilir.

Pada model Tumpang gilir Cabai 3 baris–Jagung dengan Agens hayati dan Tumpang gilir Cabai 3 baris–Jagung tanpa Agens hayati, jarak tanam cabai rawit yaitu 70 cm x 60 cm dan jarak tanam jagung yaitu 50 cm x 30 cm (populasi cabai rawit 47 tanaman/10m<sup>2</sup> dan jagung 64 tanaman/10 m<sup>2</sup>). Pada model Tumpang gilir Cabai 2 baris–Jagung dengan Agens hayati dan Tumpang gilir Cabai 2 baris–Jagung tanpa Agens hayati, jarak tanam cabai rawit yaitu 50 cm x 50 cm dan jarak tanam jagung yaitu 50 cm x 25 cm (populasi cabai rawit 40 tanaman/10m<sup>2</sup> dan jagung 80 tanaman/10 m<sup>2</sup>). Jarak tanam cabai rawit pada pola tanam tumpang gilir 3 baris dibuat lebih lebar untuk mengantisipasi kompetisi antar tanaman. Populasi cabai rawit monokultur yaitu 40 tanaman/10 m<sup>2</sup> dan jagung monokultur yaitu 80 tanaman/10 m<sup>2</sup>. Pada model Tumpang gilir Cabai 3 baris–Jagung dengan Agens hayati dan Tumpang gilir Cabai 3 baris–Jagung tanpa Agens hayati, cabai rawit ditanam 3 baris dalam satu bedengan, dimana 2 baris sejajar dan 1 baris ditanam menyilang di antara 2 baris cabai yang sejajar (berada di tengah), sedangkan pada model Tumpang gilir Cabai 2 baris–Jagung dengan Agens hayati dan Tumpang

gilir Cabai 2 baris–Jagung tanpa Agens hayati, cabai rawit ditanam 2 baris sejajar. Tanaman jagung ditanam sejajar baik pada model cabai 3 baris maupun pada model cabai 2 baris. Petak produksi baik tumpang gilir maupun monokultur dibuat dengan ukuran 3 m<sup>2</sup>. Populasi cabai rawit setiap petak produksi adalah 14 tanaman pada model tumpang gilir 3 baris, 12 tanaman untuk model tumpang gilir 2 baris, dan 12 tanaman pada monokultur. Populasi jagung setiap petak produksi adalah 20 tanaman pada model tumpang gilir 3 baris, 24 tanaman pada model tumpang gilir 2 baris, dan 24 tanaman pada monokultur.

Teknis budidaya dilakukan dari pengolahan tanah dengan memberikan 10 ton/ha pupuk kandang dan 1 ton/ha dolomit, dan 60 kg/ha *Trichoderma asperellum* (pada perlakuan dengan agens hayati). Bedengan dan lubang tanam dibuat sesuai ukuran jarak tanam masing-masing perlakuan dan ditutup mulsa plastik hitam perak. Pada tumpang gilir, jagung ditanam lebih awal, lalu 2 minggu kemudian dilakukan pindah tanam bibit cabai

rawit (umur bibit cabai 4 minggu). Pada perlakuan dengan agens hayati, JMA diberikan dua kali, yaitu dosis 1 g/lubang tanam pada saat pembibitan, 3 g/lubang saat tanam jagung, dan 3 g/lubang saat pindah tanam bibit cabai rawit. *Bacillus velezensis* B-27 diberikan pada saat perendaman benih (dosis 10 ml/l air, selama 1 jam) dan secara rutin setiap dua minggu sekali setelah tanam hingga awal fase generatif jagung dan cabai rawit dengan dosis 10 ml/l air ( $\pm 200$ -220 ml per tanaman). Dosis pupuk untuk cabai yaitu 400 kg/ha NPK (dosis 40, 60, 75, 75 kg/ha saat 2, 5, 8, 16 MST) dan 200 kg/ha SP36 (dosis 20, 30, 75, 75 kg/ha saat 2, 5, 8, 16 MST). Dosis pupuk untuk jagung yaitu 300 kg/ha NPK (dosis 150 kg/ha saat 1 dan 3 MST). Jagung dipanen umur 8 MST dan cabai rawit dipanen umur 12–28 MST. Lamanya cabai ditumpang gilir bersama jagung adalah 6 minggu. Berikut variabel yang diamati untuk melakukan evaluasi kompetisi dan keuntungan model tanam tumpang gilir cabai rawit dengan jagung dan aplikasi agens hayati.



Gambar 1. Skema model penanaman cabai rawit: (a) model 3 baris cabai rawit, (b) model 2 baris cabai rawit, dan (c) monokultur cabai rawit (Sevirasari *et al.*, 2022)

### Nisbah Kesetaraan Lahan atau *Land Equivalent Ratio* (LER)

Pengaruh kompetisi dan keuntungan hasil dari sisi lahan dapat diketahui dengan menghitung Nisbah Kesetaraan Lahan (LER). LER adalah luas lahan yang diperlukan oleh tanaman pada sistem pertanaman monokultur untuk menghasilkan hasil yang sama dengan tanaman pada sistem pertanaman ganda dibandingkan dengan luas lahan yang diperlukan oleh tanaman penyusun untuk menghasilkan hasil yang sama untuk pertanaman monokultur. Nilai LER menggambarkan efisiensi penggunaan lahan dan indeks yang digunakan dalam menilai keuntungan hasil dalam tumpangsari, dimana nilai LER diperoleh setelah tanaman dipanen. LER mengukur keuntungan tumpangsari berdasarkan sumberdaya lingkungan, yang dikaitkan dengan nutrisi, cahaya, dan air (Karunarathna & Maduwanthi, 2022).

Nilai satu pada LER dikenal sebagai nilai kritis. Jika  $LER > 1$ , maka tumpangsari dapat dikatakan menguntungkan secara kualitas maupun kuantitas.  $LER > 1,2$  menunjukkan bahwa untuk memberikan produksi yang sama pada monokultur perlu luas lahan 20% lebih besar. Jika  $LER < 1$ , maka tumpangsari bersifat merugikan atau tidak diharapkan. Secara matematika, LER adalah jumlah hasil panen tumpangsari dibagi dengan hasil panen tunggal dari masing-masing komponen tanaman dalam sistem tumpangsari tertentu, sehingga terkadang juga disebut sebagai *Relative Yield Total* (Soleymani *et al.*, 2012). Perhitungan dilakukan pada hasil panen cabai rawit tumpang gilir (Yab), hasil panen cabai rawit monokultur (Yaa), hasil panen jagung tumpang gilir (Yba), hasil panen jagung monokultur (Ybb). Rumus menghitung total LER ditampilkan pada persamaan (1) (Beets, 1982). Hasil panen berupa buah cabai rawit segar yang merupakan total panen dari umur 12–28 MST. Hasil panen jagung manis berupa tongkol jagung beserta klobotnya.

$$LER = LER a + LER b = \frac{Yab}{Yaa} + \frac{Yba}{Ybb} \quad (1)$$

Dimana, LER a adalah *Land Equivalent Ratio* cabai rawit, LER b adalah *Land Equivalent Ratio* jagung.

### Nisbah Kesetaraan Lahan Berdasar Waktu atau *Area Time Equivalent Ration* (ATER)

Nisbah Kesetaraan Lahan Berdasar Waktu (ATER) dihitung untuk mengukur keuntungan hasil tiap satu satuan lahan yang dipengaruhi oleh waktu tanam atau waktu panen dalam pola tumpang gilir. Indeks ini diusulkan oleh Hiebsch dan Collum (1987) sebagai modifikasi LER. ATER mengoreksi ketidakcukupan konseptual LER karena durasi waktu berbagai tanaman juga berpengaruh terhadap keberhasilan atau kegagalan tumpangsari (Karunarathna & Maduwanthi, 2022). ATER menggambarkan bahwa semakin lama suatu jenis tanaman berada dalam sebuah lahan, keuntungan hasil dari segi waktu akan semakin kecil. ATER dapat dihitung menggunakan rumus yang diperkenalkan oleh (Beets, 1982) ditampilkan pada persamaan (2)

$$ATER = ATER a + ATER b = \frac{Yab}{Yaa} \times \frac{Tab}{Ti} + \frac{Yba}{Ybb} \times \frac{Tba}{Ti} \quad (2)$$

Dimana, ATER a adalah *Area Time Equivalent Ratio* cabai rawit, ATER b adalah *Area Time Equivalent Ratio* jagung, Tab adalah waktu yang dibutuhkan sampai panen tanaman cabai rawit (12 Minggu), Tba adalah waktu yang dibutuhkan sampai panen tanaman jagung (8 Minggu), Ti adalah total waktu pertumbuhan pada tumpang gilir (6 Minggu).

### Indeks Agresivitas atau *Aggressivity* (Ag)

Kompetisi dalam tumpang gilir selalu terjadi antar tanaman atau antar spesies tanaman yang ditumpang-gilirkan. Kemampuan berkompetisi dalam memperoleh sumberdaya pada sistem tumpang gilir dapat dihitung melalui indeks Agresivitas (Ag). Agresivitas merupakan indeks yang digunakan untuk menunjukkan tingkat kenaikan hasil panen secara relatif pada tanaman 'a' lebih tinggi daripada tanaman 'b' pada sistem tumpangsari (McGilchrist, 1965). Jika nilai agresivitas cabai rawit dan jagung adalah 0, maka kedua tanaman tersebut sama-sama kompetitif. Jika nilainya positif ( $> 0$ ) berarti komoditas a tersebut bisa menguasai atau memiliki daya saing lebih besar daripada tanaman b dalam tumpangsari. Sebaliknya, jika nilai agresivitas negatif ( $< 0$ ) berarti komoditas tersebut yang

dikuasai atau memiliki daya saing rendah (Karunaratna & Maduwanthi, 2022). Jika cabai rawit bernilai positif, maka cabai dominan dan jika bernilai negatif, nama jagung yang dominan. Aab bisa positif atau negatif bila ratio populasi berbeda. Indeks Agresivitas dapat dihitung dengan rumus yang ditampilkan pada persamaan (3) (Palaniappan, 1985).

$$Agab = \frac{Yab}{Yaa \times Zab} - \frac{Yba}{Ybb \times Zba} \quad Agba = \frac{Yba}{Ybb \times Zba} - \frac{Yab}{Yaa \times Zab} \quad (3)$$

Dimana, Agab adalah agresivitas cabai rawit dalam tumpang gilir cabai-jagung, Agba adalah agresivitas jagung dalam tumpang gilir cabai-jagung, Zab adalah proporsi/jumlah tanaman cabai rawit dalam tumpang gilir cabai-jagung, Zba adalah Proporsi/jumlah tanaman jagung dalam tumpang gilir cabai-jagung. Proporsi tanaman disesuaikan dengan model tumpang gilir yang digunakan, baik untuk jagung maupun cabai.

### Rasio Kompetisi atau Competitive Ratio (CR)

Kemampuan tanaman dalam memperoleh sumberdaya baik secara vertikal maupun secara horizontal disebut Rasio Kompetisi (CR). CR adalah indeks yang digunakan untuk mengukur pengaruh persaingan dalam tumpang sari (Karunaratna & Maduwanthi, 2022). Rasio Kompetisi juga merupakan Rasio LER individu pada setiap komponen tanaman dengan memperhitungkan proporsi tanaman yang telah ditanam dalam pola tanam tumpang gilir pada awal penanaman (Yilmaz *et al.*, 2011). Jika CRab > 1, mamenunjukkan ketidakcocokan menanam tanaman secara tumpangsari, dan jika CRab < 1, maka dapat dianggap bahwa menanam tanaman secara berasosiasi. Nilai Ratio Kompetisi dapat dihitung dengan rumus yang ditampilkan pada persamaan (4) (Palaniappan, 1985).

$$CRab = \frac{LER a}{LER b} \times \frac{Zba}{Zab} \quad CRba = \frac{LER b}{LER a} \times \frac{Zab}{Zba} \quad (4)$$

Dimana, CRab adalah rasio kompetisi cabai rawit dalam tumpang gilir cabai-jagung,

CRba adalah rasio kompetisi jagung dalam tumpang gilir cabai-jagung.

### Kehilangan Hasil Aktual atau Actual Yield Loss (AYL)

Proporsi kehilangan hasil atau keuntungan tanaman yang ditumpang-gilirkan dibandingkan dengan masing-masing tanaman monokultur disebut dengan Kehilangan Hasil aktual (AYL) (Yilmaz *et al.*, 2008). Kompetisi terhadap sumberdaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan hidup tanaman dapat menyebabkan kehilangan hasil pada tanaman yang ditumpang-gilirkan. Nilai AYL positif atau negatif, menunjukkan keuntungan atau kerugian dari tumpang gilir berdasarkan hasil per tanaman dan memberikan rincian persaingan dibandingkan indeks lainnya. Nilai Kehilangan Hasil Aktual dihitung dengan rumus yang ditampilkan pada persamaan (5) (Banik, 1996); (Yilmaz *et al.*, 2008).

$$AYL = AYLab + AYLba = \left( \left( \frac{\left( \frac{Yab}{Zab} \right)}{\left( \frac{Yaa}{Zaa} \right)} - 1 \right) + \left( \left( \frac{\left( \frac{Yba}{Zba} \right)}{\left( \frac{Ybb}{Zbb} \right)} - 1 \right) \right) \quad (5)$$

Dimana, AYLab adalah kehilangan hasil aktual cabai rawit dalam tumpang gilir cabai-jagung, AYLba adalah kehilangan hasil aktual jagung dalam tumpang gilir cabai-jagung.

Data dianalisis menggunakan analisis varian dan diikuti dengan uji lanjut *post hoc Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) jika terdapat perbedaan yang nyata antara faktor perlakuan pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Analisis tersebut dilakukan menggunakan program SAS 9.4.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan evaluasi terhadap sistem pertanaman tumpang gilir yaitu untuk mengetahui efisiensi penggunaan lahan, mengetahui nilai kompetisi, dan keuntungan hasil tanaman yang dibudidayakan dalam pola tumpang gilir tersebut. Berikut ini merupakan hasil evaluasi kompetisi dan keunggulan lahan tumpang gilir cabai rawit dengan jagung.

Tabel 1. Nisbah kesetaraan lahan cabai rawit, jagung dan total

Perlakuan	Nisbah Kesetaraan lahan		
	Cabai Rawit	Jagung	Total
Tumpang Gilir 2 Baris Cabai-Jagung	1,093 a	1,093 a	2,190 a
Tumpang Gilir 3 Baris Cabai-Jagung	1,277 a	1,032 a	2,307 a
Pakai Agens hayati	1,580 p	1,177 p	2,760 p
Tanpa Agens hayati	0,790 q	0,948 q	1,737 q
Interaksi	(-)	(-)	(-)
Koefisien Keragaman (%)	18,22	24,71	19,15

Keterangan: tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar faktor perlakuan, angka rerata yang diikuti notasi yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak ada perbedaan nyata menurut uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.

### Nisbah Kesetaraan Lahan (*Land Equivalent Ratio*)

Efisiensi penggunaan lahan pada pola tumpang gilir cabai rawit–jagung dapat dilihat melalui persamaan Nisbah Kesetaraan Lahan (LER). Nisbah Kesetaraan Lahan (LER) digunakan untuk memprediksi pengaruh kompetisi antar tanaman dan keuntungan hasil dari sisi lahan dan untuk mengukur tingkat efisiensi penggunaan lahan untuk tumpang gilir yang diterapkan. Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara perlakuan model tanam tumpang gilir dan perlakuan agens hayati terhadap Nisbah Kesetaraan Lahan (LER). Artinya faktor perlakuan dapat berdiri sendiri dan tidak bergantung antar level faktor perlakuan.

Pada model tanam tumpang gilir 2 baris dan 3 baris cabai rawit–jagung memberikan hasil LER cabai, LER jagung dan LER total yang tidak signifikan berbeda nyata. Kedua perlakuan tumpang gilir tersebut menghasilkan LER masing-masing individu tanaman dan LER total yang lebih dari 1, dimana pada model tanam 2 baris total LER 2,190 dan model 3 baris total LER 2,307. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tumpang gilir 2 baris dan 3 baris cabai rawit–jagung cocok dan layak untuk diterapkan. Pengaruh tumpang gilir cabai rawit dengan jagung menunjukkan mampu memberikan nilai produktivitas lebih dan menunjukkan efisiensi penggunaan lahan. LER dapat menggambarkan keuntungan ekstra dari sistem tumpangsari dibandingkan sistem monokultur (Doubi *et al.*, 2016). Tanaman cabai rawit yang ditumpang gilir dengan jagung sebagai *barrier* juga dapat

meningkatkan efisiensi penggunaan lahan (Karunaratna & Maduwanthi, 2022), karena tingginya nilai LER yang diperoleh, menunjukkan bahwa interaksi atau komplementaritas antara cabai dan jagung lebih besar dibandingkan kompetisi (Doubi *et al.*, 2016). Menurut (Ceunfin *et al.*, 2017), pemilihan kombinasi tanaman dan sistem pertanaman yang tepat, serta hubungan mutualisme antar tanaman yang ditanam secara tumpangsari menjadi penentu dari produktivitas lahan. Sejalan dengan hasil penelitian (Siboro *et al.*, 2023), bahwa tumpangsari jagung dan cabai menunjukkan nilai LER lebih dari 1, yang artinya bahwa tumpangsari sangat sesuai dan layak dilakukan, karena mampu meningkatkan pendapatan petani dengan memanfaatkan lahan yang tersedia. Hasil serupa juga terjadi pada penelitian (Ruswandi *et al.*, 2016), bahwa tumpangsari jagung–cabai 1:2 memiliki nilai LER lebih dari 1.

Pada perlakuan aplikasi agens hayati berpengaruh signifikan terhadap Nisbah Kesetaraan Lahan (LER) cabai rawit–jagung dan LER total. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian konsorsium agens hayati turut membantu mengoptimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai rawit dan jagung yang ditanam dengan model tumpang gilir yang berbeda (2 baris dan 3 baris) dengan menyediakan hara bagi tanaman dan melindungi sistem perakaran dari gangguan organisme pengganggu tanaman. Pemberian agens hayati secara konsorsium (*Trichoderma asperellum*, *Bacillus velezensis* B-27, dan JMA) meningkatkan produktivitas cabai rawit sebesar 86,50% (16,84 ton/ha) dibandingkan tanpa pemberian agens hayati



(9,26 ton/ha) (Sevirasari *et al.*, 2022). Menurut (Yanti *et al.*, 2017), pemberian agens hayati mengurangi aplikasi bahan kimia, baik untuk pemupukan maupun obat untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman, dan mengurangi dampak terhadap kerusakan lingkungan, sehingga dapat mendukung sistem pertanian berkelanjutan. *Bacillus* spp. berperan melarutkan unsur hara P yang sukar larut menjadi tersedia bagi tanaman dengan cara mereduksi menggunakan asam-asam organik, enzim fosfatase dan fitase (Zhang *et al.*, 2019). Melalui bantuan perpanjangan hifa dari JMA, akar tanaman lebih mudah menyerap unsur hara dan air di dalam tanah hingga ke tempat yang sukar dijangkau dibandingkan dengan tanpa pemberian Jamur Mikoriza Arbuskular (Püschel *et al.*, 2020). *Trichoderma asperellum*. Bersifat antagonis yang dapat mengendalikan patogen tular tanah melalui pengaturan gen pertahanan terhadap infeksi patogen (Berlian *et al.*, 2013), juga mengandung enzim yang berperan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Shang *et al.*, 2020).

#### **Nisbah Kesetaraan Lahan Berdasarkan Waktu (Area Time Equivalent Ration)**

Nisbah Kesetaraan Lahan berdasarkan waktu (ATER) dapat diukur dari keuntungan hasil per satuan lahan yang dipengaruhi oleh waktu panen dalam sistem tumpang gilir. Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara perlakuan model tanam tumpang gilir dan perlakuan agens hayati terhadap Nisbah Kesetaraan Lahan berdasarkan Waktu (ATER). Pada model tanam tumpang gilir 2 baris dan 3 baris cabai rawit–jagung memberikan hasil ATER cabai, ATER jagung dan ATER total yang tidak signifikan berbeda nyata. Kedua perlakuan tumpang gilir tersebut menghasilkan ATER masing-masing individu tanaman dan ATER total yang lebih dari 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tumpang gilir 2 baris dan 3 baris cabai rawit–jagung cocok dan layak untuk diterapkan. Tanaman cabai rawit ditumpang gilir dengan jagung selama 6 minggu, dimana jagung dipanen umur 8 MST dan cabai rawit ditanam saat jagung masih berumur 2 minggu. Semakin lama suatu tanaman berada di lahan, maka keuntungan hasil dari segi waktu

semakin rendah. Menurut (Siboro *et al.*, 2023), ATER lebih dari satu pada tumpang sari jagung–cabai mengindikasikan sistem monokultur membutuhkan luas lahan yang lebih besar dibandingkan saat tanaman ditumpang sari.

Pemberian agens hayati berpengaruh signifikan terhadap Nisbah Kesetaraan Lahan berdasarkan Waktu (ATER) cabai rawit, jagung dan ATER total. Pengaruh agens hayati pada pertumbuhan dan serapan nutrisi pola tanam tumpang sari dapat meningkatkan biomassa dan hasil tanaman gandum dan kacang oncet (Bechtaoui *et al.*, 2019). Pada tumpang gilir tanpa pemberian agens hayati diketahui nilai ATER cabai rawit, jagung, dan ATER total kurang dari 1. Menurut Poupin *et al.*, (2013) inokulasi agens hayati mempercepat waktu pembungaan karena dapat meningkatkan ekspresi gen pengatur pembungaan, sehingga berpengaruh terhadap semakin lamanya tanaman berada di lahan dengan hasil yang tidak setinggi ketika diberikan agens hayati, hal ini berdampak pada nilai nisbah kesetaraan lahan berdasarkan waktu. Agens hayati memacu pembungaan dan pemasakan buah lebih cepat, dengan tetap mempertahankan lamanya umur tanaman, sehingga meningkatkan produktivitas pada pola tanam tumpang gilir (Sevirasari, 2021).

#### **Nilai Agresivitas (Aggressivity) dan Rasio Kompetisi (Competitive Ratio)**

Kompetisi pada pola tanam tumpang gilir selalu terjadi pada tanaman yang ditumpang-gilirkan. Kemampuan kompetisi dari komponen tanaman yang ditumpang gilir dapat dievaluasi dengan menghitung Agresivitas (A) dan Rasio Kompetisi (CR) (Wahla *et al.*, 2009), (Ruswandi *et al.*, 2016). Nilai Agresivitas digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kemampuan berkompetisi tanaman dalam memperoleh sumberdaya pada tumpang gilir cabai rawit–jagung. Menurut Ceunfin *et al.*, (2017) Agresivitas (A) menggambarkan hubungan dominansi suatu spesies tanaman dalam tumpang sari. Indeks agresivitas pada cabai rawit maupun jagung tidak terdapat interaksi dan tidak signifikan berbeda nyata baik pada perlakuan model tanam maupun agens hayati.

Tabel 2. Nisbah kesetaraan lahan berdasarkan waktu cabai rawit, jagung dan total

Perlakuan	Nisbah Kesetaraan Lahan Berdasar Waktu		
	Cabai Rawit	Jagung	Total
Tumpang Gilir 2 Baris Cabai-Jagung	0,548 a	0,547 a	1,092 a
Tumpang Gilir 3 Baris Cabai-Jagung	0,637 a	0,517 a	1,153 a
Pakai Agens hayati	0,790 p	0,590 p	1,378 p
Tanpa Agens hayati	0,395 q	0,473 q	0,867 q
Interaksi	(-)	(-)	(-)
Koefisien Keragaman (%)	18,13	24,43	19,31

Keterangan: tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar faktor perlakuan, angka rerata yang diikuti notasi yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak ada perbedaan nyata menurut uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.

Tabel 3. Indeks agresivitas dan rasio kompetisi

Perlakuan	Nilai Agresivitas		Rasio Kompetisi	
	Cabai Rawit	Jagung	Cabai Rawit	Jagung
Tumpang Gilir 2 Baris Cabai-Jagung	0,046 a	-0,046 a	2,1 a	0.548 a
Tumpang Gilir 3 Baris Cabai-Jagung	0,040 a	-0,040 a	1,843 a	0.707 a
Pakai Agens hayati	0,068 p	-0,068 p	2,372 p	0.482 p
Tanpa Agens hayati	0,018 p	-0,018 p	1,571 p	0.773 p
Interaksi	(-)	(-)	(-)	(-)
Koefisien Keragaman (%)	3,63	4,32	27,17	24,94

Keterangan: tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar faktor perlakuan, angka rerata yang diikuti notasi yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak ada perbedaan nyata menurut uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.

Hasil penelitian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa indeks agresivitas tanaman cabai rawit lebih besar dari nol baik pada perlakuan model tanam maupun agens hayati, artinya cabai rawit lebih dominan agresif atau memiliki daya saing yang lebih besar daripada tanaman jagung. Keadaan tersebut menunjukkan adanya dominansi yang lebih kuat pada tanaman cabai rawit dalam berkompetisi memperoleh sumberdaya dibandingkan tanaman jagung. Tanaman yang lebih kuat akan memberikan hasil produksi maksimal pada siklus hidupnya. Menurut (Palaniappan, 1985), jika indeks Agresivitas (A) = 0 kedua tanaman memiliki sifat kompetitif yang seimbang, indeks A = + (positif) artinya tanaman lebih memiliki daya saing tinggi, dan sebaliknya jika indeks A = - (negatif) artinya tanaman memiliki daya saing yang rendah.

Rasio Kompetisi merupakan salah satu cara menilai kompetisi antara spesies tanaman yang berbeda (Yilmaz *et al.*, 2008). Kemampuan tanaman dalam memperoleh sumberdaya baik secara vertikal maupun

secara horizontal, seperti udara, ruang, air, dan nutrisi dapat diukur dengan menghitung Rasio Kompetisi (CR) (Ceunfin *et al.*, 2017). Pada Tabel 3. diketahui bahwa rasio kompetisi cabai rawit dan jagung sama-sama bernilai positif atau lebih dari nol, namun Rasio Kompetisi tanaman cabai rawit lebih besar daripada tanaman jagung, baik pada perlakuan model tanam tumpang gilir maupun agens hayati, karena pada pola tumpang gilir tanaman cabai rawit ditanam ketika jagung masih aktif melakukan pertumbuhan vegetatifnya, sehingga cabai rawit menjadi lebih dominan menyerap unsur hara, air, dan cahaya untuk pertumbuhan. Hasil ini berbeda dengan penelitian (Ruswandi *et al.*, 2016), yaitu pada tumpangsari cabai-jagung, dimana cabai memiliki indeks Rasio Kompetisi lebih rendah dari jagung. Hal tersebut karena penanaman cabai dan jagung dilakukan pada waktu yang sama. Nilai Rasio Kompetisi yang diperoleh pada penelitian ini, mendukung hasil indeks Agresivitas, dimana semakin tinggi indeks Agresivitas suatu tanaman dalam suatu

sistem tumpang gilir, maka semakin kuat tanaman dalam berkompetisi dalam memperoleh sumberdaya.

### Kehilangan Hasil Aktual

Proporsi kehilangan hasil pada tumpangsari apabila dibandingkan dengan setiap tanaman pada sistem monokultur disebut Kehilangan Hasil Aktual (AYL) (Yilmaz *et al.*, 2008). Kompetisi dalam memperoleh sumberdaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan hidup tanaman menjadi faktor yang menyebabkan kehilangan hasil pada pola tanam tumpang gilir. Kehilangan Hasil Aktual memberikan informasi lebih akurat yang menggambarkan kompetisi interspesifik dan intraspesifik pada pola tumpangsari (Banik *et al.*, 2000). Hasil penelitian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara perlakuan model tanam dengan perlakuan aplikasi agens hayati terhadap Kehilangan Hasil Aktual (AYL). Kehilangan Hasil Aktual tanaman cabai rawit, jagung dan Kehilangan Hasil Aktual total tidak signifikan berbeda nyata pada perlakuan model tanam baik tumpang gilir 2 baris maupun 3 baris cabai rawit-jagung. Pada model tumpang gilir yang berbeda, cabai rawit dan jagung memberikan nilai Kehilangan Hasil Aktual yang positif sama seperti pada hasil Rasio Kompetisi. Dari nilai LER parsial, penilaian kuantitatif kehilangan atau perolehan hasil karena asosiasi spesies lain tidak dapat divisualisasikan, sedangkan AYL parsial

dapat menunjukkan kehilangan atau perolehan hasil berdasarkan tanda dan nilai-nilainya (Banik, 1996).

Pada perlakuan aplikasi agens hayati, AYL paling besar yaitu saat tanaman cabai rawit tidak diberikan agens hayati, dimana kehilangan hasil mencapai -0,265 atau setara dengan 26,5% dan Kehilangan Hasil Aktual total sebesar -0,222 atau setara dengan 22,2%. Tanaman jagung tidak mengalami kehilangan hasil aktual karna AYL bernilai positif. Jagung yang ditanam berbeda waktu dengan cabai rawit dapat mencegah kompetisi dan kehilangan hasil aktual, namun bila ditanam bersamaan dalam pola tumpangsari dapat menyebabkan kehilangan hasil aktual tinggi (Ceunfin *et al.*, 2017), sehingga pemilihan pola tanam pertanaman ganda yang tepat juga berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh. Cabai rawit lebih dominan agresif, namun mengalami kehilangan hasil yang lebih besar pada perlakuan tanpa agens hayati, hal ini menunjukkan peran agens hayati menjadi penting dalam mempengaruhi pertumbuhan dan hasil budidaya cabai rawit secara tumpang gilir dengan jagung baik dengan pada model tanam tumpang gilir 2 baris maupun 3 baris cabai rawit. Semakin rendah kehilangan hasil aktual pada suatu lahan budidaya, maka nilai ekonomi yang dihasilkan semakin tinggi, hal ini perlu dibuktikan dengan menghitung Indeks Keuntungan Moneter (Karunarathna & Maduwanthi, 2022).

Tabel 4. Nilai kehilangan hasil aktual

Perlakuan	Kehilangan Hasil Aktual		
	Cabai Rawit	Jagung	Total
Tumpang Gilir 2 Baris Cabai-Jagung	0,093 a	0,093 a	0,190 a
Tumpang Gilir 3 Baris Cabai-Jagung	0,093 a	0,238 a	0,330 a
Pakai Agens hayati	0,452 p	0,287 p	0,742 p
Tanpa Agens hayati	-0,265 q	0,045 p	-0,222 q
Interaksi	(-)	(-)	(-)
Koefisien Keragaman (%)	14,79	14,61	26,44

Keterangan: tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar faktor perlakuan, angka rerata yang diikuti notasi yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak ada perbedaan nyata menurut uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.

Berdasarkan evaluasi kompetisi dan keunggulan lahan pada pola tanam tumpang gilir cabai rawit–jagung baik model 2 baris maupun 3 baris menunjukkan bahwa tanaman cabai rawit yang ditumpang gilir dengan jagung menguntungkan dan layak untuk diterapkan atau diusahakan berdasarkan hasil Nisbah Kesetaraan Lahan dan Nisbah Kesetaraan Lahan berdasarkan Waktu yaitu ditunjukkan dengan nilai LER dan ATER yang lebih dari satu. Dari penelitian ini dapat direkomendasikan menggunakan pola tanam tumpang gilir model tanam 2 baris cabai rawit–jagung dengan pertimbangan lebih mudah dalam pemeliharaan tanaman dan menghasilkan produktivitas yang sama baiknya dengan model 3 baris yang memiliki populasi tanaman lebih banyak per satuan luas. Pemberian agens hayati pada pola tumpang gilir cabai rawit–jagung signifikan dalam meningkatkan kualitas tanaman, sehingga juga dapat meningkatkan keunggulan lahan dan memperkecil kehilangan hasil aktual. Tanaman cabai rawit lebih dominan agresif dalam berkompetisi dengan jagung baik pada perlakuan tumpang gilir maupun aplikasi agens hayati yang ditandai dengan indeks Agresivitas yang lebih besar. Tanaman cabai rawit yang lebih kuat dan dominan tersebut memiliki Rasio Kompetisi yang lebih besar daripada tanaman jagung. Meski demikian, cabai rawit memiliki kehilangan hasil yang lebih besar terutama saat tidak diberikan agens hayati, sehingga nilai AYL total cabai rawit juga menjadi lebih besar jika tanpa agens hayati. Tanaman jagung tidak mengalami Kehilangan Hasil Aktual karena berdasarkan perhitungan AYL memiliki nilai positif, walaupun tanaman tersebut kalah agresif dalam berkompetisi dengan tanaman cabai rawit. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan waktu tanam antara jagung dan cabai rawit pada pola tanam tumpang gilir, sehingga kompetisi kedua komoditas tersebut di lahan tidak terlalu lama yaitu hanya 6 minggu pada awal pertumbuhan vegetatif tanaman cabai rawit saja.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi keunggulan lahan dan keuntungan hasil, didapatkan bahwa nilai Nisbah Kesetaraan Lahan (NKL)

dan Nisbah Kesetaraan Lahan Berdasarkan Waktu (NKLW) adalah  $>1$ , yaitu total NKL model 2 baris 2,190 dan model 3 baris 2,307, total NKLW model 2 baris 1,092 dan NKLW model 3 baris 1,153. Model tanam 2 baris cabai rawit pada pola tanam tumpang gilir cabai rawit–jagung dan pemberian agens hayati direkomendasikan untuk diterapkan karena layak dan menguntungkan untuk diusahakan. Tanaman cabai rawit memiliki indeks Agresivitas dan Rasio Kompetisi yang lebih besar daripada tanaman jagung, baik pada perlakuan model tanam tumpang gilir maupun pemberian agens hayati, artinya cabai rawit lebih agresif dan dominan berkompetisi dalam memperoleh sumber daya terhadap tanaman jagung. Tanaman cabai rawit memiliki nilai Kehilangan Hasil Aktual yang tinggi apabila ditanam pada pola tanam tumpang gilir, namun tidak disertai pemberian agens hayati. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menghitung Indeks Keuntungan Moneter untuk mengetahui keuntungan secara ekonomi dari pola tanam tumpang gilir yang diterapkan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Bapak Sutrisno selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan bantuan teknis selama penelitian. Terima kasih kepada petani di Desa Ketunggeng, Kecamatan Dukun, Kabupaten Magelang yang telah membantu selama penelitian di kebun.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiyati, A. 2023. *Konsumsi Cabai per Kapita Indonesia Naik, Rekor Tertinggi pada 2023*. Retrieved from: <https://databoks.katadata.co.id/demografi/statistik/faf774e4492db0d/konsumsi-cabai-per-kapita-indonesia-naik-rekor-tertinggi-pada-2023>.
- Bamboriya, S. D., Bana, R. S., Kuri, B. R., Kumar, V., Bamboriya, S. D., & Meena, R. P. 2022. Achieving higher production from low inputs using synergistic crop interactions under maize-based polyculture systems. *Environmental Sustainability*, 5(2): 145–159. <https://doi.org/10.1007/s42398-022-00228-7>.

- Banik, P. (1996). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 176(5): 289–294. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.1996.tb00473.x>.
- Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P. K., & Bagchi, D. K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(1): 9–14. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2000.00388.x>.
- Bechtaoui, N., El Alaoui, A., Raklami, A., Benidire, L., Tahiri, A. I., & Oufdou, K. 2019. Impact of intercropping and co-inoculation with strains of plant growth-promoting rhizobacteria on phosphorus and nitrogen concentrations and yield of durum wheat (*Triticum durum*) and faba bean (*Vicia faba*). *Crop and Pasture Science*, 70(8): 649–658. <https://doi.org/10.1071/CP19067>.
- Beets, W. C. 1982. Multiple cropping and tropical farming systems. In *Multiple cropping and tropical farming systems*. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(84\)90071-6](https://doi.org/10.1016/0378-4290(84)90071-6).
- Berlian, I., Setyawan, B., & Hadi, H. (2013). MEKANISME ANTAGONISME Trichoderma spp. TERHADAP BEBERAPA PATOGEN TULAR TANAH. *Warta Perkaratan*, 32(2): 74. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v32i2.39>.
- Brito, E. A. S., Togni, P. H. B., & Venzon, M. 2021. Aromatic plants and chili pepper intercropping as a pest management strategy. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 16(4): 345–350. <https://doi.org/10.18378/rvads.v16i4.8439>.
- Ceunfin, S., Prajitno, D., Suryanto, P., & Putra, E. T. S. 2017. Penilaian Kompetisi dan Keuntungan Hasil Tumpangsari Jagung Kedelai di Bawah Tegakan Kayu Putih. *Savana Cendana*, 2(01): 1–3. <https://doi.org/10.32938/sc.v2i01.76>.
- Chen, P., Song, C., Liu, X. ming, Zhou, L., Yang, H., Zhang, X., Zhou, Y., Du, Q., Pang, T., Fu, Z. dan, Wang, X. chun, Liu, W. guo, Yang, F., Shu, K., Du, J., Liu, J., Yang, W., & Yong, T. 2019. Yield advantage and nitrogen fate in an additive maize-soybean relay intercropping system. *Science of the Total Environment*, 657: 987–999. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.376>.
- Doubi, B. T. S., Kouassi, K. I., Kouakou, K. L., Koffi, K. K., Baudoin, J. P., & Zoro, B. I. A. 2016. Existing competitive indices in the intercropping system of Manihot esculenta Crantz and Lagenaria siceraria (Molina) standley. *Journal of Plant Interactions*, 11(1): 178–185. <https://doi.org/10.1080/17429145.2016.1266042>.
- El-Sawah, A. M., El-Keblawy, A., Ali, D. F. I., Ibrahim, H. M., El-Sheikh, M. A., Sharma, A., Hamoud, Y. A., Shaghaleh, H., Brestic, M., Skalicky, M., Xiong, Y. C., & Sheteiwy, M. S. 2021. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria enhance soil key enzymes, plant growth, seed yield, and qualitative attributes of guar. *Agriculture (Switzerland)*, 11(3): 1–19. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030194>.
- Farihadina, A. A., & Sutarman. 2022. Application of Biological Agents of Trichoderma and Aspergillus on Cayenne Chilli Plants in Endemic Land with Fusarium Wilt. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1104(1): 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1104/1/012003>.
- Gao, Y., Ren, C., Liu, Y., Zhu, J., Li, B., Mu, W., & Liu, F. 2021. Pepper-maize intercropping affects the occurrence of anthracnose in hot pepper. *Crop Protection*, 148(March), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105750>.
- Gliessman, S. R. 1985. Multiple Cropping Systems A Basic for Developing an Alternative Agriculture. In *Environmental Studies, University of California* (pp. 69–83).

- Gou, J. Y., Suo, S. Z., Shao, K. Z., Zhao, Q., Yao, D., Li, H. P., Zhang, J. L., & Rensing, C. 2020. Biofertilizers with beneficial rhizobacteria improved plant growth and yield in chili (*Capsicum annuum* L.). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36(6), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02863-w>.
- Hariyono, D., Ali, F. Y., & Nugroho, A. 2021. Increasing the growth and development of chili-pepper under three different shading condition in response to biofertilizers application. *Agrivita*, 43(1): 198–208. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i1.2833>.
- Hu, H. Y., Li, H., Hao, M. M., Ren, Y. N., Zhang, M. K., Liu, R. Y., Zhang, Y., Li, G., Chen, J. S., Ning, T. Y., & Kuzyakov, Y. 2021. Nitrogen fixation and crop productivity enhancements co-driven by intercrop root exudates and key rhizosphere bacteria. *Journal of Applied Ecology*, 58(10): 2243–2255. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13964>.
- Islami, T., & Utomo, W. H. 1995. *Hubungan tanah, air, dan tanaman*. IKIP Semarang. <https://lib.ui.ac.id/m/detail.jsp?id=137477&lokasi=lokal>.
- Jaya, I. K. D., Santoso, B. B., & Jayaputra. 2023. Intercropping red chili with leguminous crops to improve crop diversity and farmers' resilience to climate change effects in dryland. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1192(1): 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1192/1/012001>.
- Karunarathna, B., & Maduwanthi, A. K. M. R. B. 2022. Competition indices used to evaluate the agronomic and monetary advantage in intercropping: A review. *AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences*, 16(1): 25–40. <https://orcid.org/0000-0002-3773-9402> 25.
- Kristiana, R. 2019. Mengkaji peranan alelokimia pada bidang pertanian. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1): 41–46. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v12i1.27398>.
- Lamichhane, J. R., Alletto, L., Cong, W.-F., Dayoub, E., Maury, P., Plaza-Bonilla, D., Reckling, M., Saia, S., Soltani, E., Tison, G., & Debaeke, P. 2023. Relay cropping for sustainable intensification of agriculture across temperate regions: Crop management challenges and future research priorities. *Field Crops Research*, 291, 108795. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108795>.
- Leoni, F., Lazzaro, M., Ruggeri, M., Carlesi, S., Meriggi, P., & Moonen, A. C. 2022. Relay intercropping can efficiently support weed management in cereal-based cropping systems when appropriate legume species are chosen. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(4): 75. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00787-3>.
- Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A., & Vlachostergios, D. N. 2011. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4): 396–410.
- Maitra, S., Hossain, A., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., Gitari, H., Brahmachari, K., Shankar, T., Bhadra, P., Palai, J. B., Jena, J., Bhattacharya, U., Duvvada, S. K., Lalichetti, S., & Sairam, M. 2021. Intercropping—A low input agricultural strategy for food and environmental security. *Agronomy*, 11(2): 1–28. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>.
- McGilchrist, C. A. (1965). Analysis of Competition Experiments. *International Biometric Society*, 21(4), 975–985.
- Megersa, H. G., & Banjaw, D. T. (2024). Intercropping System: Enhancing Productivity and Sustainability in Hot Pepper (*Capsicum annum* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.) Cultivation: A Review. *Global Academic Journal of Agriculture and Biosciences*, 6(02), 40–47. <https://doi.org/10.36348/gajab.2024.v06i02.001>.
- Miljaković, D., Marinković, J., & Balešević-Tubić, S. 2020. The significance of bacillus spp. In disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops. *Microorganisms*, 8(7): 1–19. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071037>.

- Mitiku, A., Chala, A., & Beyene, Y. 2014. Effect of intercropping on aphid vectors and yield of pepper (*Capsicum annum* L.) in southern part of Ethiopia. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, 2(6): 24–34. Retrieved from: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14101824>.
- Palaniappan, S. 1985. *Cropping Systems in the Tropics: Principles and Management* (1st ed.). Wiley Eastern Limited. [https://books.google.co.id/books?id=UI4\\_AAAAYAAJ](https://books.google.co.id/books?id=UI4_AAAAYAAJ).
- PDSI. 2024. *Perkembangan Perdagangan Luar Negeri Indonesia dan Harga Internasional* (Issue September).
- Püschel, D., Bitterlich, M., Rydlová, J., & Jansa, J. 2020. Facilitation of plant water uptake by an arbuscular mycorrhizal fungus: a Gordian knot of roots and hyphae. *Mycorrhiza*, 30(2–3): 299–313. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-00949-9>.
- Renwick, L. L. R., Kimaro, A. A., Hafner, J. M., Rosenstock, T. S., & Gaudin, A. C. M. 2020. Maize-Pigeonpea Intercropping Outperforms Monocultures Under Drought. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 1–13. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.562663>.
- Ruswandi, D., Supriatna, J., Rostini, N., & Suryadi, E. 2016. Assessment of sweetcorn hybrids under sweetcorn/chilli pepper intercropping in West Java, Indonesia. *Journal of Agronomy*, 15(3): 94–103. <https://doi.org/10.3923/ja.2016.94.103>.
- Santangeli, M., Steininger-Mairinger, T., Vetterlein, D., Hann, S., & Oburger, E. 2024. Maize (*Zea mays* L.) root exudation profiles change in quality and quantity during plant development – A field study. *Plant Science*, 338(July 2023): 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111896>.
- Sevirasari, N. 2021. *Pengaruh Model Tanam Serta Aplikasi Agens Hayati*. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada.
- Sevirasari, N., Sulistyarningsih, E., Kurniasih, B., Suryanti, S., Wibowo, A., & Joko, T. 2022. Effects of relay intercropping model and application of biological agents on the growth and yield of hot pepper. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 7(1): 35–46. <https://doi.org/10.22146/ipas.69078>
- Shang, J., Liu, B., & Xu, Z. 2020. Efficacy of *Trichoderma asperellum* TC01 against anthracnose and growth promotion of *Camellia sinensis* seedlings. *Biological Control*, 143(September 2019). <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104205>.
- Siboro, S. P., Astuti, R., & Siregar, T. H. 2023. Analysis of Red Chilli and Cor Intercropping Farming Business With Estimated Land Use Ratio in Panji Porsea Village, Sitingo District, Dairi District. *International Journal of Social Science, Educational, Economics, Agriculture Research and Technology (IJSET)*, 2(10): 695–703. <https://doi.org/10.54443/ijset.v2i10.249>
- Sinaga, W. V. 2023. Analisis Perbandingan Usahatani Antara Pola Tanam Polikultur Jagung dan Cabai Merah Dengan Monokultur Jagung di Desa Sinaman Pematang Kecamatan Dolog Masagal”. In *Universitas Medan Area*. <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/20309>.
- Smith HA, & McSorley R. 2000. Potential of field corn as a barrier crop and eggplants as a trap crop for management of *Bemisia argentifolii* (Homoptera:Aleyrodidae) on common bean in North Florida. *Florida Entomologist*, 2(83): 145–155.
- Soleymani, A., Shahrajabian, M. H., & Naranjani, L. 2012. Evaluation the benefits of different berseem clover cultivars and forage corn intercropping in different levels of Nitrogen fertilizer. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1): 599–601.
- Sun, C., Wang, D., Shen, X., Li, C., Liu, J., Lan, T., Wang, W., Xie, H., & Zhang, Y. 2020. Effects of biochar, compost and straw input on root exudation of maize (*Zea mays* L.): From function to morphology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 297, 106952. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106952>.

- Thaha, A. R., Umrah, U., Asrul, A., Rahim, A., Fajra, F., & Nurzakia, N. (2020). The role of local isolates of *Trichoderma* sp. as a decomposer in the substrate of cacao pod rind (*Theobroma cacao* L.). *AIMS Agriculture and Food*, 5(4): 825–834. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2020.4.825>.
- Toker, P., Canci, H., Turhan, I., Isci, A., Scherzinger, M., Kordrostami, M., & Yol, E. 2024. The advantages of intercropping to improve productivity in food and forage production—a review. *Plant Production Science*, 27(3): 155–169. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2024.2372878>
- Wahla, I. H., Ahmad, R., Ehsanullah, Ahmad, A., & Jabbar, A. 2009. Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(1): 69–72.
- Wang, M., Wu, C., Cheng, Z., Meng, H., Zhang, M., & Zhang, H. 2014. Soil chemical property changes in eggplant/garlic relay intercropping systems under continuous cropping. *PLoS ONE*, 9(10): 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111040>.
- Waweru, B. W., Rukundo, P., Kilalo, D. C., Miano, D. W., & Kimenju, J. W. 2021. Effect of border crops and intercropping on aphid infestation and the associated viral diseases in hot pepper (*Capsicum* sp.). *Crop Protection*, 145: 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105623>.
- Yanti, Y., Astuti, F. F., Habazar, T., & Nasution, C. R. 2017. Screening of rhizobacteria from rhizosphere of healthy chili to control bacterial wilt disease and to promote growth and yield of chili. *Biodiversitas*, 18(1): 1–9. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180101>
- Yanti, Y., Hamid, H., Reflin, Warnita, & Habazar, T. 2020. The ability of indigenous bacillus spp. Consortia to control the anthracnose disease (*colletotricum capsici*) and increase the growth of chili plants. *Biodiversitas*, 21(1): 179–186. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210123>
- Yilmaz, Ş., Atak, M., & Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2): 111–119. <https://doi.org/10.3906/tar-0708-33>.
- Zhang, X., Li, H., Li, M., Wen, G., & Hu, Z. 2019. Influence of individual and combined application of biochar, *Bacillus megaterium*, and phosphatase on phosphorus availability in calcareous soil. *Journal of Soils and Sediments*, 19(11): 3688–3698. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02338-y>.