



Rekayas Lingkungan Mikro untuk Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Brokoli (*Brassica oleracea* L. var *italica*) di Lahan Kering

Micro Environmental Manipulation to The Growth and Yield of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) in Dry Land

Siti Mu'anifa*) dan Nur Edy Suminarti

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145 Jawa Timur

Korespondensi : sitimumanifa04@gmail.com

Diterima 15 Maret 2021 / Disetujui 19 Januari 2023

ABSTRAK

Tanaman brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) dikenal oleh masyarakat karena banyak manfaat untuk kesehatan. Akan tetapi produksi nasional brokoli menurun akibat semakin sempitnya luas lahan di dataran tinggi. Upaya yang harus dilakukan yaitu dengan pengembangan usahatani di lahan kering, akan tetapi adanya beberapa kendala seperti suhu yang tinggi dan ketersediaan air rendah, maka dilakukan rekayasa lingkungan mikro melalui sistem tumpangsari untuk mendapatkan hasil tanaman brokoli yang optimal. Penelitian dilaksanakan di Agro Techno Park Universitas Brawijaya Desa Jatikerto, Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang pada bulan Januari-Mei 2020. Metode penelitian menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT) dengan 3 ulangan. Jarak tanam ditempatkan sebagai petak utama terdiri dari 3 taraf yaitu J1: 75 cm x 25 cm, J2: 60 cm x 25 cm dan J3: 45 cm x 25 cm. Sedangkan waktu tanam tanaman jagung ditempatkan sebagai anak petak terdiri dari 3 taraf yaitu T-7: 7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli, T0: bersamaan dengan waktu tanam tanaman brokoli dan T+7: 7 hari setelah penanaman tanaman brokoli. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (Uji F). Apabila terdapat pengaruh diantara perlakuan maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jarak tanam 60 cm x 25 cm dengan waktu penanaman tanaman jagung 7 hari setelah tanaman brokoli (T+7) diperoleh bobot konsumsi brokoli tertinggi dibandingkan dengan waktu penanaman yang lain, yaitu sebesar 6,67 ton ha⁻¹. Nisbah Kesetaraan Lahan menunjukkan tumpangsari antara tanaman jagung dengan tanaman brokoli pada semua jarak tanam lebih efisien dibandingkan dengan monokultur.

Kata kunci: lahan kering, tanaman brokoli, tumpangsari

ABSTRACT

Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) is known by the public for its many health benefits. However, the national production of broccoli has decreased due to the narrowing area of land in the highlands. Efforts that must be made are the development of farming on dry land, but there are several obstacles such as high temperatures and low water availability, so micro environmental manipulation is carried out through the intercropping system to obtain optimal broccoli crop yields. The research was conducted at Agro Techno Park Brawijaya University, Jatikerto Village, Kromengan District, Malang Regency in January-May 2020. The research method used a Split Plot Design with 3 replications. The spacing was placed as the main plot consisting of 3 levels, namely J1: 75 cm x 25 cm, J2: 60 cm x 25 cm and J3: 45 cm x 25 cm. While the planting time for corn plants was placed as subplots consisting of 3 levels, namely T-7: 7 days before planting broccoli, T0: coinciding with broccoli planting time and T + 7: 7 days after planting broccoli. Observation data were analyzed using analysis of variance (Test F). If there is an

effect between treatments, then a further test is carried out using the Honestly Significant Difference (HSD) with a level of 5%. The results showed that using a spacing of 60 cm x 25 cm with a planting time of corn plants 7 days after broccoli (T+7) obtained the highest consumption weight of broccoli compared to other planting times, which was 6.67 tons ha⁻¹. The Land Equivalent Ratio showed that the intercropping between maize and broccoli at all spacing was more efficient than monoculture.

Keywords: dry land, broccoli plant, intercropping

PENDAHULUAN

Tanaman brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) termasuk sayuran tradisional Eropa yang sudah menyebar luas di Asia dalam beberapa dekade terakhir karena banyak manfaat untuk kesehatan tubuh manusia. Bunga brokoli mengandung sejumlah vitamin, seperti vitamin A, B1, B2, B3 dan vitamin C, selain itu juga memiliki efek antikanker (Nooprom *et al.*, 2014). Sehubungan dengan tingginya manfaat tersebut, menyebabkan permintaan bunga brokoli terus meningkat, namun belum dapat diimbangi dengan tingkat ketersediaannya. Produksi brokoli menurun sebesar 4,7% pada tahun 2017 dari produksi tahun 2016 sebesar 1.513.315 ton (BPS, 2017).

Beberapa kendala yang menjadi penyebab rendahnya produksi brokoli di Indonesia salah satunya adalah semakin sempitnya luas lahan di dataran tinggi, selain kompetitifnya penggunaan lahan untuk komoditas hortikultura yang lain. Maka diperlukan pengembangan ke wilayah dataran rendah, khususnya di lahan kering, karena ketersediaannya masih cukup luas di Indonesia dan belum dimanfaatkan secara maksimal untuk kepentingan pertanian. Akan tetapi, cukup banyaknya kendala yang harus dihadapi oleh usahatani di lahan kering, maka diperlukan upaya pengembangan teknologi budidaya tanaman agar diperoleh hasil tinggi, efisien dan berkelanjutan (Suminarti dan Nagano 2015). Adapun faktor-faktor yang berpotensi sebagai kendala dalam usahatani di lahan kering diantaranya adalah rendahnya tingkat ketersediaan air bagi tanaman dan tingginya suhu di wilayah lahan kering.

Adapun dua tujuan penting dari pemilihan sistem tanam tumpangsari adalah (1) Untuk menekan laju evaporasi dengan adanya tanaman sela sebagai *covercrop* (2) Adanya tanaman jagung sebagai tanaman pokok dapat mengurangi energi radiasi yang diterima oleh tajuk atas tanaman brokoli. Adapun pada sistem tanam tumpangsari dimana kedua tanaman ditanam dalam suatu areal lahan yang sama dan dengan waktu bersamaan mupun dilakukan penundaan waktu tanam, maka pengaturan jarak tanam dan waktu tanam menjadi hal yang penting.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menentukan jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung yang tepat agar diperoleh pertumbuhan dan hasil tanaman brokoli yang tinggi, serta hasil tanaman jagung sehingga akan diperoleh efisiensi pemanfaatan lahan yang tinggi

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2020 di Agro Techno Park Universitas Brawijaya Desa Jatikerto, Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cangkul, cetok, knapsack sprayer, tugal, penggaris, meteran, alvaboard, gembor, gunting, alat tulis, lux meter, LAM (*Leaf Area Meter*), jangka sorong, timbangan analitik, oven, dan kamera. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih brokoli varietas Green Magic dan benih jagung hibrida F1 Pertiwi 3, pupuk Nitrogen (Urea: 46% N), Kalium (KCl: 60% K₂O), Fosfor (SP-36: 36% P₂O₅) dan insektisida.

Penelitian ini disusun dengan Rancangan Petak Terbagi (RPT) dengan 3

ulangan. Jarak tanam ditempatkan pada petak utama, terdiri dari 3 taraf: J1 = 75 cm x 25 cm, J2 = 60 cm x 25 cm dan J3 = 45 cm x 25 cm. Sedangkan waktu tanam tanaman jagung ditempatkan pada anak petak yang terdiri dari 3 taraf: T-7 = 7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli, T0 = bersamaan dengan waktu tanam tanaman brokoli dan T+7 = 7 hari setelah penanaman tanaman brokoli.

Pengamatan dilakukan secara destruktif dengan cara mengambil 2 tanaman contoh untuk setiap perlakuan yang dilakukan pada saat tanam brokoli berumur 15, 25, 35, 45 hst dan panen pada umur 69 hst, serta untuk tanaman jagung pada umur 15, 30, 45, 60 dan panen pada umur 110 hst. Pengamatan komponen pertumbuhan tanaman brokoli meliputi: panjang akar, bobot segar akar, bobot kering akar, jumlah daun, luas daun, bobot segar total tanaman dan bobot kering total tanaman. Komponen hasil meliputi: diameter bunga, bobot bunga per tanaman, bobot konsumsi per tanaman dan hasil panen per hektar. Adapun komponen pertumbuhan tanaman jagung yang diamati meliputi: panjang tanaman, jumlah daun, luas daun dan indeks luas daun. Pengamatan intensitas radiasi pada tanaman brokoli dilakukan 2 hari sebelum pengamatan destruktif tanaman brokoli, yaitu pada saat umur 13, 23, 33 dan 43 hst. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (Uji F) dengan taraf kesalahan 5%. Apabila terdapat interaksi atau pengaruh nyata dari masing-masing perlakuan dilakukan uji lanjut menggunakan BNJ pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman tidak lepas dari faktor genetik, lingkungan tumbuh dan manajemen perlakuan. Semua tanaman ingin ditumbuhkan pada kondisi yang optimum agar dapat mengekspresikan genetik

tanaman secara utuh. Oleh karena itu, agar tanaman brokoli yang ditanam di lahan kering dapat berkembang dengan baik dan dapat menyelesaikan siklus hidupnya secara lengkap, maka dilakukan upaya pengembangan melalui sistem tanam tumpangsari. Adanya tanaman utama dan tanaman sela maka dilakukan pengaturan jarak tanam dan waktu tanam untuk meminimalkan kompetisi antar kedua tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum interaksi nyata terjadi antara jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung pada komponen pertumbuhan tanaman brokoli meliputi bobot kering akar, luas daun, bobot segar total tanaman, bobot kering total tanaman, serta pada komponen hasil meliputi bobot curd per tanaman, bobot konsumsi per tanaman dan hasil panen per hektar. Adapun pada komponen pertumbuhan tanaman jagung terjadi interaksi nyata pada indeks luas daun. Pengukuran intensitas radiasi matahari pada tajuk atas tanaman brokoli juga terjadi interaksi nyata.

Bobot kering akar mencerminkan akumulasi asimilat yang tersedia pada bagian akar tanaman. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot kering akar (Tabel 1) pada jarak tanam 75 cm x 25 cm tertinggi didapatkan pada T+7 (tanaman jagung ditanam 7 hari setelah tanaman brokoli). Adapun pada jarak tanam 60 cm x 25 cm menunjukkan bobot kering akar tertinggi pada T0 dibandingkan dengan waktu tanam yang lain. Persentase cahaya yang masuk dipengaruhi oleh naungan, karena umur tanaman jagung yang berbeda berpengaruh terhadap intensitas cahaya yang diterima oleh tajuk atas tanaman brokoli. Tingginya bobot kering akar pada jarak tanam 75 cm x 25 cm terjadi karena tanaman jagung belum terlalu menaungi, rata-rata cahaya yang dapat diterima oleh tajuk tanaman brokoli lebih tinggi 2% (Tabel 5), sehingga proses

Tabel 1. Rata-rata bobot kering akar (g) pada berbagai perlakuan jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung pada umur pengamatan 45 hst

Jarak tanam tanaman jagung (cm)	Waktu penanaman tanaman jagung		
	7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli (T-7)	Bersamaan dengan waktu penanaman tanaman brokoli (T0)	7 hari setelah penanaman tanaman brokoli (T+7)
(J1) 75 cm x 25 cm	6,82 a B	7,18 b B	7,62 c C
(J2) 60 cm x 25 cm	6,73 a B	7,63 c C	7,12 b B
(J3) 45 cm x 25 cm	4,32 a A	5,43 b A	4,60 a A
BNJ 5%		0,28	

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama maupun huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf = 5%

fotosintesis dapat berjalan secara normal serta menghasilkan asimilat yang lebih tinggi. Adapun pada jarak tanam 60 cm x 25 cm dengan waktu tanam T0 (tanaman brokoli ditanam bersamaan dengan tanaman jagung) naungan lebih rapat dibandingkan dengan T+7, sementara T-7 membentuk naungan yang terlalu rapat sehingga menghalangi masuknya cahaya radiasi matahari pada tajuk tanaman brokoli. Menurut Torres *et al.* (2012), kemampuan tanaman dalam aktivitas fotosintesis bergantung pada tajuk atas tanaman dalam menangkap cahaya matahari. Sejalan dengan hasil penelitian Suminarti *et al.* (2020), bahwa perlakuan tanpa naungan memberikan bobot kering total tanaman lebih tinggi sebesar 15,42% dibandingkan dengan perlakuan 40 dan 60% naungan paranet. Hal ini terjadi karena cahaya matahari adalah sumber energi utama dalam aktivitas fotosintesis tanaman, sehingga pada intensitas cahaya tinggi laju fotosintesis meningkat karena tersedianya enzim fotosintesis yang berfungsi sebagai katalisator fiksasi CO₂. Akibatnya, biomassa tanaman yang dihasilkan juga lebih tinggi untuk meningkatkan bobot atau membentuk organ baru tanaman. Energi radiasi matahari tersebut berpengaruh pada ketersediaan air, semakin tinggi intensitas cahaya matahari semakin tinggi pula evapotranspirasi yang

terjadi. Mengingat bahwa peran air sebagai alat transportasi asimilat, ketika ketersediaannya tinggi maka proses distribusi asimilat ke bagian organ tanaman berjalan secara normal, sehingga bobot tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi yang kekurangan air. Sebaliknya jika kondisi naungan terlalu rapat maka ketersediaan air tinggi, akan tetapi mengakibatkan cahaya matahari terhalang kanopi sehingga proses fotosintesis terhambat yang mengakibatkan organ tanaman tidak terbentuk maksimal.

Daun berperan sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis tanaman, sedangkan luas daun menggambarkan kapasitas tanaman untuk melakukan proses fotosintesis. Sehubungan dengan hal tersebut, untuk tanaman yang menghasilkan luas daun yang lebih lebar maka asimilat yang dihasilkan juga tinggi. Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa jarak tanam 75 cm x 25 cm dan 45 cm x 25 cm memperlihatkan luas daun tertinggi pada T0 (tanaman brokoli ditanam bersamaan dengan tanaman jagung). Hal tersebut dikarenakan tanaman jagung yang belum terlalu menaungi tanaman brokoli sehingga efisien dalam memanfaatkan faktor lingkungan seperti cahaya matahari dan air. Namun penggunaan jarak tanam 60 cm x 25 cm, luas daun yang dihasilkan paling tinggi pada waktu penanaman T-7 (tanaman

Tabel 2. Rata-rata luas daun (cm²) pada berbagai ukuran jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung pada umur pengamatan 25 hst

Jarak tanam tanaman jagung (cm)	Waktu penanaman tanaman jagung		
	7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli (T-7)	Bersamaan dengan waktu penanaman tanaman brokoli (T0)	7 hari setelah penanaman tanaman brokoli (T+7)
(J1) 75 cm x 25 cm	409,28 b A	462,83 c B	286,10 a B
(J2) 60 cm x 25 cm	503,55 c C	381,08 b A	227,55 a A
(J3) 45 cm x 25 cm	444,67 a B	516,42 c C	461,03 b C
BNJ 5%		16,01	

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama maupun huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf = 5

Tabel 3. Rata-rata bobot segar total tanaman (g) pada berbagai perlakuan jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung pada umur pengamatan 25 hst

Jarak tanam tanaman jagung (cm)	Waktu penanaman tanaman jagung		
	7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli (T-7)	Bersamaan dengan waktu penanaman tanaman brokoli (T0)	7 hari setelah penanaman tanaman brokoli (T+7)
(J1) 75 cm x 25 cm	31,73 b A	35,07 c B	21,28 a B
(J2) 60 cm x 25 cm	36,83 c C	25,18 b A	17,47 a A
(J3) 45 cm x 25 cm	34,42 b B	39,38 c C	31,00 a C
BNJ 5%		2,21	

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama maupun huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf = 5

jagung ditanam 7 hari sebelum tanaman brokoli). Hal ini karena pada fase vegetatif awal tanaman brokoli membutuhkan naungan untuk mendukung proses pertumbuhannya. Hasil pengukuran intensitas radiasi matahari, menunjukkan bahwa pada T-7 intensitas radiasi yang diterima pada tajuk atas tanaman brokoli lebih rendah sebesar 0,5% dan 20% dibandingkan dengan T0 dan T+7. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suminarti *et al.* (2020) bahwa dalam kondisi intensitas cahaya yang tinggi (di atas batas optimum) dapat berdampak pada terhambatnya proses fotosintesis, karena penangkapan energi cahaya tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal. Pertumbuhan tanaman jagung yang ditanam lebih awal dari penanaman tanaman brokoli dapat berfungsi sebagai naungan untuk mengurangi laju

evapotranspirasi sehingga air tersedia untuk proses fotosintesis. Menurut Pertamawati, (2010), tanaman yang mampu menghasilkan fotosintat yang lebih tinggi akan mempunyai banyak daun, karena hasil fotosintat akan digunakan untuk membentuk organ seperti daun dan batang yang sejalan dengan bertambahnya berat segar tanaman.

Bobot segar total tanaman berkaitan erat dengan luas daun yang dihasilkan, karena luas daun menggambarkan kapasitas tanaman dalam melakukan fotosintesis. Ketika luas daun lebih sempit akan menghasilkan asimilat yang lebih rendah. Berdasarkan hasil penelitian memperlihatkan bobot segar total tanaman (Tabel 3) pada jarak tanam 75 cm x 25 cm dan 45 cm x 25 cm paling tinggi didapatkan pada T0 (tanaman brokoli ditanam bersamaan dengan tanaman jagung).

Berbeda ketika ukuran jarak tanam 60 cm x 25 cm menghasilkan luas daun paling tinggi ketika dilakukan penundaan penanaman tanaman brokoli 7 hari setelah adanya tanaman jagung (T-7). Hasil tersebut selaras dengan luas daun yang dihasilkan (Tabel 2). Luas daun sebagai organ tanaman berperan dalam proses fotosintesis menghasilkan asimilat sebagai energi pertumbuhan tanaman. Semakin banyak asimilat yang terbentuk akan diikuti dengan banyaknya energi yang tersimpan dalam tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sektiwi *et al.* (2013) bahwa luas daun berpengaruh pada proses fotosintesis untuk menghasilkan asimilat yang digunakan sebagai sumber energi pertumbuhan dalam membentuk organ-organ vegetatif tanaman yang berakibat pada peningkatan biomasa tanaman. Indeks luas daun sangat dipengaruhi oleh luas daun dan tinggi

tanaman. Luas daun mencerminkan luas bagian yang melakukan fotosintesis, sedangkan indeks luas daun mencerminkan besarnya intersepsi cahaya oleh tanaman (Rachmadhani *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan indeks luas daun pada semua penggunaan jarak tanam tertinggi pada waktu penanaman T-7 (tanaman jagung ditanam 7 hari sebelum tanaman brokoli). Indeks luas daun tanaman jagung yang tinggi, menyebabkan luas daun tanaman brokoli menjadi lebih rendah, karena meningkatnya luas daun tanaman jagung akan berpengaruh terhadap peningkatan nilai indeks daun, sehingga cahaya matahari yang masuk ke bagian tajuk atas tanaman brokoli lebih rendah (Tabel 5) karena terhalang oleh kanopi tanaman jagung.

Tabel 4. Rata-rata indeks luas daun pada ukuran jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung pada umur pengamatan 15 hst

Jarak tanam tanaman jagung (cm)	Waktu penanaman tanaman jagung		
	7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli (T-7)	Bersamaan dengan waktu penanaman tanaman brokoli (T0)	7 hari setelah penanaman tanaman brokoli (T+7)
(J1) 75 cm x 25 cm	0,33 c A	0,26 a C	0,30 b B
(J2) 60 cm x 25 cm	0,47 c B	0,22 b B	0,17 a A
(J3) 45 cm x 25 cm	0,33 c A	0,15 a A	0,19 b A
BNJ 5%		0,02	

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama maupun huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf = 5%

Tabel 5. Penerimaan energi radiasi matahari (%) pada bagian atas tajuk tanaman brokoli pada berbagai jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung umur pengamatan 33 hst

Jarak tanam tanaman jagung (cm)	Waktu penanaman tanaman jagung		
	7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli (T-7)	Bersamaan dengan waktu penanaman tanaman brokoli (T0)	7 hari setelah penanaman tanaman brokoli (T+7)
(J1) 75 cm x 25 cm	68,67 b B	62,33 a A	78,33 c C
(J2) 60 cm x 25 cm	62,67 a A	62,00 a A	74,00 b B
(J3) 45 cm x 25 cm	62,67 a A	64,67 b B	70,33 c A
BNJ 5%		1,2	

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama maupun huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf = 5%

Akibatnya proses fotosintesis pada tanaman brokoli terganggu sehingga pertumbuhannya tidak maksimal. Namun pada jarak tanam 60 cm x 25 cm pada Tabel 2 dan Tabel 3 memperlihatkan luas daun dan bobot segar total tanaman tertinggi pada waktu tanam T-7 yang memperlihatkan pula nilai indeks luas daun tertinggi (Tabel 4). Hal ini diduga karena jarak tanam tersebut optimal untuk pertumbuhan tanaman brokoli, sehingga apabila dengan penggunaan waktu tanam T0 (tanaman brokoli ditanam bersamaan dengan tanaman jagung) maupun T+7 (tanaman jagung ditanam 7 hari setelah tanaman brokoli) radiasi matahari yang mengenai tajuk tanaman brokoli dan permukaan tanah lebih tinggi sehingga evapotranspirasi juga tinggi mengakibatkan tanaman banyak kehilangan air. Felania (2017) menjelaskan bahwa air pada tanaman berperan sebagai pelarut senyawa molekul organik dari dalam tanah ke dalam tanaman, transportasi fotosintat dari *source* ke *sink*, menjaga turgiditas sel, pengatur suhu bagi tanaman serta berperan dalam proses membuka dan menutupnya stomata, serta. Saat terjadi kekurangan air pada tanaman, maka stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO₂ dan menurunkan aktivitas fotosintesis. Demikian pula apabila cahaya matahari yang diterima tanaman rendah atau tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Menurut Yustiningsih (2019) matahari merupakan sumber energi utama bagi reaksi fotosintesis, dimana energi matahari yang

diserap oleh daun sebesar 1-5% sedangkan sisanya dikeluarkan melalui transpirasi. Akan tetapi setiap tanaman membutuhkan intensitas cahaya matahari yang berbeda untuk menjalankan fotosintesis guna mendukung proses pertumbuhan dan perkembangannya.

Hasil ekonomis tanaman brokoli terletak pada bagian bunga. Bobot konsumsi tanaman brokoli berupa bunga dan batang (± 10 cm dari pangkal bunga) serta merupakan hasil panen yang siap didistribusikan ke pasaran. Berdasarkan hasil penelitian, pada jarak tanam 75 cm x 25 cm dan 60 cm x 25 cm memperlihatkan bobot konsumsi tertinggi pada waktu tanam T+7 (tanaman jagung ditanam 7 hari setelah tanaman brokoli). Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan awal tanaman yang memperlihatkan fase vegetatif paling baik pada tanaman brokoli yang ditanam lebih awal. Fase vegetatif yang menyebabkan lebih tingginya bobot konsumsi dapat diketahui dari tingginya bobot kering akar pada umur pengamatan 45 hst (Tabel 1) diikuti dengan komponen pertumbuhan yang lain. Karena pada T+7 tanaman lebih mampu memanfaatkan lingkungan tumbuh seperti intensitas cahaya matahari dan ketersediaan air yang cukup, dengan penundaan penanaman tanaman jagung sehingga naungan yang diberikan lebih dapat mendukung pertumbuhan. Meskipun pada umumnya memperlihatkan pertumbuhan vegetatif paling baik ketika

Tabel 6. Rata-rata bobot konsumsi per hektar (ton) pada berbagai ukuran jarak tanam dan waktu penanaman tanaman jagung pada umur pengamatan 69 hst

Jarak tanam tanaman jagung (cm)	Waktu penanaman tanaman jagung		
	7 hari sebelum penanaman tanaman brokoli (T-7)	Bersamaan dengan waktu penanaman tanaman brokoli (T0)	7 hari setelah penanaman tanaman brokoli (T+7)
(J1) 75 cm x 25 cm	5,00 b B	3,78 a B	5,35 c B
(J2) 60 cm x 25 cm	4,94 b B	3,64 a B	6,67 c C
(J3) 45 cm x 25 cm	3,77 b A	3,23 a A	3,83 b A
BNJ 5%		0,24	

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama maupun huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf = 5%

penanaman bersamaan akan tetapi seiring bertambahnya umur tanaman menghasilkan bobot konsumsi perlakuan T0 lebih rendah. Hal ini karena kompetisi yang semakin tinggi antar tanaman dengan bertambahnya ukuran dan umur tanaman. Akibatnya tanaman akan lebih optimal pada kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan perkembangannya, dalam hal ini yaitu ketika tanaman brokoli ditanam lebih awal daripada tanaman jagung (T+7). Sesuai dengan pernyataan Purnamasari (2016) terjadinya kompetisi selama pertumbuhan fase vegetatif awal tidak terlalu berpengaruh, akan tetapi seiring dengan pertambahan umur tanaman maka tingkat kompetisi semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Karima *et al.* (2013), penundaan waktu penanaman tanaman pokok 14 hari sebelum penanaman tanaman sela memberikan hasil tertinggi pada sistem tumpangsari dan tidak berbeda nyata sistem monokultur. Namun pada jarak tanam 45 cm x 25 cm memperlihatkan bobot konsumsi per tanaman paling rendah pada perlakuan T0 (penanaman bersamaan).

Tabel 7. Nisbah Kesetaraan Lahan pada tumpangsari tanaman brokoli dengan tanaman jagung

Perlakuan jarak tanam	NKL
75 cm x 25 cm	1,60
60 cm x 25 cm	1,65
45 cm x 25 cm	1,47

Hal ini karena saat penanaman bersamaan kompetisi antar tanaman semakin tinggi karena pemanfaatan sumber daya lingkungan antar kedua tanaman berjalan bersamaan. Keberhasilan sistem tanam tumpangsari dapat dilihat dari besarnya Nisbah Kesetaraan Lahan (NKL), yaitu dengan membandingkan hasil tumpangsari dengan hasil monokultur. Nilai NKL yang lebih besar dari satu (>1) artinya bahwa sistem tanam tumpangsari yang diterapkan lebih menguntungkan dibandingkan sistem tanam monokultur (Finley dan Ryan, 2018). Hasil penelitian secara keseluruhan diperoleh hasil NKL yang lebih dari satu (>1) (Tabel 7). Hal ini menunjukkan bahwa tumpangsari

tanaman jagung dengan tanaman brokoli memberikan hasil yang menguntungkan karena lebih efisien dalam penggunaan lahan dibandingkan dengan monokultur.

Nilai NKL menggambarkan suatu areal yang dibutuhkan untuk total produksi monokultur yang setara dengan satu hektar produksi tumpangsari (Marliah, 2009). Hal ini berarti bahwa pada penggunaan jarak tanam 75 cm x 25 cm penanaman tanaman jagung maupun tanaman brokoli, untuk mendapatkan total produksi monokultur setara dengan satu hektar produksi tanaman secara tumpangsari dibutuhkan lahan seluas 1,60 hektar. Dengan kata lain penggunaan jarak tanam 75 cm x 25 cm penanaman tanaman jagung dan tanaman brokoli secara tumpangsari dapat memberikan keuntungan 1,60% dibandingkan ketika penanaman secara monokultur. Demikian pula pada jarak tanam 60 cm x 25 cm dan 45 cm x 25 cm.

KESIMPULAN

1. Penggunaan jarak tanam dan waktu tanam tanaman jagung, pada tumpangsari tanaman brokoli dan tanaman jagung memperlihatkan adanya interaksi nyata pada komponen pertumbuhan dan hasil tanaman brokoli. Keduanya saling berhubungan dengan hasil panen yang diperoleh. Seperti penambahan bobot konsumsi maupun bobot curd sangat dipengaruhi oleh komponen pertumbuhan seperti bobot kering akar, luas daun, bobot segar tanaman dan bobot kering tanaman yang terbentuk.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jarak tanam 75 cm x 25 cm dengan waktu penanaman T+7 (7 hari setelah penanaman tanaman brokoli) menghasilkan bobot konsumsi brokoli sebesar 5,35 ton ha⁻¹. Sementara jarak tanam 60 cm x 25 cm dengan waktu tanam T+7 menghasilkan bobot konsumsi brokoli maksimum sebesar 6,67 ton ha⁻¹. Adapun untuk jarak tanam 45 cm x 25 cm dengan T+7 menunjukkan hasil tidak berbeda nyata dengan T-7, keduanya menghasilkan bobot konsumsi masing-masing sebesar 3,83 ton ha⁻¹ dan 3,77 ton ha⁻¹. Nisbah Kesetaraan

Lahan menunjukkan bahwa tumpangsari tanaman jagung dengan tanaman brokoli pada semua jarak tanam yang digunakan lebih efisien dibandingkan dengan monokultur.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2017. <http://www.bps.go.id/.Produksi-Sayuran-Indonesia>.
- Felania, C. 2017. Pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan kacang hijau (*Phaseolus radiatus*). pendidikan biologi. Universitas Negeri Yogyakarta. <http://seminar.uny.ac.id/sembiouny2017/sites/seminar.uny.ac.id/sembiouny2017/files/B%2017a.pdf>.
- Finley, K. A. B. and M. R. Ryan. 2018. Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. *Agriculture*. 8(80):1-40. <https://www.mdpi.com/20770472/8/6/80>.
- Karima, S. S., M. Nawawi dan N. Herlina. 2013. Pengaruh saat tanam jagung dalam tumpangsari tanaman jagung (*Zea mays* L.) dan brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(3): 87-92. <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/34>.
- Marliah, A., Jumini dan Jamilah. 2010. Pengaruh jarak tanam antar barisan pada sistem tumpangsari beberapa varietas jagung manis dengan kacang merah terhadap pertumbuhan dan hasil. *J. Agrista*. 14(1): 30-38. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/agrista/article/view/693>.
- Nooprom, K., Q. Santipracha and S. Techato. 2014. Growth and yield of broccoli under different rain protectors during the rainy season in Songkhla Province, Southern Thailand. *Kasetsart J. Nat. Sci.* 48: 1-8. https://www.researchgate.net/publication/287080566_Growth_and_yield_of_broccoli_under_different_rain_protecto
- rs_during_the_rainy_season_in_Songkhla_Province_Southern_Thailand.
- Pertamawati. 2010. Pengaruh fotosintesis terhadap pertumbuhan tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) dalam lingkungan fotoautotrof secara invitro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 12(1): 31-37. <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JSTI/article/view/848>.
- Purnamasari, R.T dan N.E. Suminarti. 2016. Pengaruh waktu tanam dan tingkat kepadatan tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada pertumbuhan dan hasil tanaman talas *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum* yang ditanam secara tumpangsari. *Gontor Agrotech Science Journal*. 2(2):37-52. <https://ejournal.unida.gontor.ac.id/index.php/agrotech/article/download/412/542>.
- Rachmadhani, N. W., D. Hariyono dan M. Santosa. 2018. Kemampuan *Azotobacter* sp. dalam meningkatkan efisiensi pemupukan urea pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Buana Sains*. 18(1):1-10. <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buanasains/article/view/932>
- Sektiwi, A. T., N. Aini dan H. T. Sebayang. 2013. Kajian model tanam dan waktu tanam dalam sistem tumpangsari terhadap pertumbuhan dan produksi benih jagung. *J. Produksi Tanaman*. 1(3): 59-70. <https://media.neliti.com/media/publications/126226-ID-kajian-model-tanam-dan-waktu-tanam-dalam.pdf>.
- Suminarti, N. E. dan Nagano. 2015. The effect of urban waste compost on growth and yield of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *Antiquorum*) in dry land. *Research Journal Of Life Science*. 2(2): 101-109. https://www.researchgate.net/publication/309433927_Upaya_Peningkatan_Hasil_Tanaman_Talas_Colocasia_Escul

Siti Mu'anifa, Rekayasa Iklim Mikro ...

enta_L_Schott_var_Antiquorum_Di_La
han_Kering_Melalui_Aplikasi_Kompos
_Sampah_Kota.

Suminarti, N. E., F. Riza and A. N. Fajrin.
2020. Effect of paranet shade on the
four green bean in Jatikerto dry land
Indonesia. *Asian J. Crop Sci.* 12 (2): 63-
71.

https://www.researchgate.net/publication/339234961_Effect_of_Paranet_Shade_on_the_Four_Green_Bean_in_Jatikerto_Dry_Land_Indonesia.

Suminarti, N. E., T. N. Dewi and A. N. Fajrin.
2020. The combined effect of volume
water supply and varieties on
physiological aspects, growth, and yield
of red beetroot (*Beta vulgaris* L.) in
dryland Jatikerto, Indonesia.
*International Journal of Environment,
Agriculture and Biotechnology.* 5(2):
436-450.

<http://journal-repository.com/index.php/ijeab/article/view/1902>.

Torres, C. C., R. Fortes and M. H. Prieto.
2012. Solar Radiation Effect on Crop
Production. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/221929763>

Yustiningsih, M. 2019. Intensitas cahaya dan
efisiensi fotosintesis pada tanaman
naungan dan tanaman terpapar cahaya
langsung. *Bioedu.* 4(2): 43-48.

<https://media.neliti.com/media/publications/299879-intensitas-cahaya-dan-efisiensi-fotosint-e5953d77.pdf>