



Optimasi Ukuran Umbi dan Produktivitas Bawang Putih pada Musim Hujan melalui Pengaturan Kombinasi Jarak Tanam dan Jumlah Benih per Lubang

Optimizing Garlic Bulb Size and Productivity in the Rainy Season through the Adjustments of Plant Spacing and Number of Seed Cloves per Hole

Author(s): Ika Cartika^{1*}; Neng Lina Karlina²; Diah Artati³; Hamdan Drian Adiwijaya²

(1) Pusat Riset Hortikultura, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

(2) Program Studi Agroteknologi, Fakultas Agrobisnis dan Rekayasa Pertanian, Universitas Subang

(3) Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset dan Kawasan Sains dan Teknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

*Corresponding author: ikacartika1010@gmail.com

Submitted: 06 Jul 2026

Accepted: 28 Aug 2026

Published: 30 Sep 2026

ABSTRAK

Bawang putih merupakan komoditas strategis nasional yang umumnya dibudidayakan pada musim kemarau. Ketergantungan pasokan nasional yang tinggi pada impor serta terbatasnya luas panen menuntut upaya perluasan areal tanam, termasuk potensi pengembangan budidaya pada musim hujan. Budidaya pada musim hujan dihadapkan pada kendala tingginya kelembapan udara dan fluktuasi curah hujan yang memengaruhi pertumbuhan serta pembentukan umbi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pengaturan kombinasi jarak tanam dan jumlah benih terhadap ukuran umbi dan produktivitas bawang putih pada musim hujan. Percobaan dilaksanakan di Lembang, Jawa Barat, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial dengan empat ulangan. Perlakuan terdiri atas satu faktor berupa kombinasi jarak tanam (20 cm x 20 cm dan 25 cm x 25 cm) dan jumlah benih (1, 2, dan 3 siung). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak tanam 20 x 20 cm atau 25 x 25 cm dengan 1 siung benih menghasilkan pertumbuhan vegetatif dan ukuran umbi individu terbaik. Penggunaan 3 siung benih mampu meningkatkan hasil total per hektar, tetapi menurunkan bobot dan ukuran umbi individu akibat persaingan ketat antartanaman dalam pemanfaatan air, hara, cahaya, dan ruang tumbuh. Jarak tanam yang lebih lebar menghasilkan daun yang lebih besar, luas daun spesifik yang lebih tinggi, serta kandungan klorofil yang lebih tinggi. Ukuran umbi besar lebih banyak dihasilkan pada jarak tanam yang lebih lebar dengan jumlah benih yang lebih sedikit, sedangkan kepadatan populasi yang tinggi menghasilkan dominasi umbi berukuran kecil. Analisis korelasi menunjukkan bahwa pertumbuhan vegetatif yang optimal berkorelasi positif dengan ukuran dan bobot umbi, sementara hasil per hektar berkorelasi negatif dengan pertumbuhan vegetatif individu akibat kompensasi peningkatan jumlah populasi umbi kecil per satuan luas. Penelitian ini merekomendasikan kepada petani untuk menyesuaikan jarak tanam dan jumlah benih dengan tujuan produksi, serta mempertimbangkan faktor iklim dan karakteristik varietas untuk mencapai hasil panen yang optimal.

Kata Kunci:

Bawang putih;
Benih;
Musim hujan;
Jarak tanam;
Populasi tanaman

ABSTRACT

Keywords:

Garlic;

Plant population;

Rainy;

Seed;

Spacing

Garlic is usually planted during the dry season, but cultivation during the rainy season requires careful adjustment of plant population and spacing in response to rainfall levels, as excessive moisture significantly affects vegetative growth and bulb formation. This study aims to examine the effect of combination treatments of planting distance and seed number per hole on bulb size and garlic productivity during the rainy season. The experiment was conducted in Lembang, West Java, using a Randomized Block Design (RBD) consisting of a single factor comprising combinations of planting distance (20 cm x 20 cm and 25 cm x 25 cm) and the number of seeds (1, 2, and 3 cloves), replicated four times. The results showed that a plant spacing of 20 x 20 cm or 25 x 25 cm with 1 clove of seed produced the best vegetative growth and individual bulb yield. Conversely, the use of 3 cloves of seed increased total yield per hectare but decreased the weight and size of individual bulbs due to intense intra-specific competition. Wider planting distances produced larger leaves, higher specific leaf area, and higher chlorophyll content. Larger bulb sizes were predominantly produced at wider planting distances with fewer seeds, whereas high plant density yielded smaller bulbs. Correlation analysis confirmed that optimal vegetative growth was positively correlated with bulb size and weight, while yield per hectare correlated negatively with individual vegetative growth because high plant density generated a higher proportion of small tubers that compensated for individual weight loss. This study recommends farmers adjust planting distance and seeding rate based on their production targets, while carefully considering environmental factors such as soil type, climate, and plant varieties to achieve optimal yields.

PENDAHULUAN

Bawang putih (*Allium sativum* L.) adalah komoditas hortikultura strategis nasional yang umumnya dibudidayakan pada musim kemarau karena memerlukan intensitas cahaya matahari dan panjang penyinaran yang tinggi untuk proses pembentukan umbi (Atif et al., 2019). Tingkat konsumsi nasional yang tinggi belum mampu diimbangi oleh produksi dalam negeri, sehingga Indonesia masih memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap impor (Purba et al., 2022). Upaya memperluas areal tanam pada musim hujan menjadi salah satu strategi penting untuk meningkatkan produksi domestik. Kendati demikian, budidaya pada musim hujan menghadapi tantangan spesifik berupa tingginya curah hujan dan kelembaban udara, yang apabila tidak diimbangi dengan manajemen populasi tanaman yang tepat, dapat memicu pertumbuhan vegetatif berlebih, menurunkan efisiensi intersepsi cahaya, serta meningkatkan kerentanan terhadap serangan organisme pengganggu tumbuhan (Effendi et al., 2026; Krestini et al., 2022).

Pengaturan kerapatan populasi tanaman merupakan salah satu aspek agronomi kunci dalam mengoptimalkan hasil dan mutu umbi bawang putih. Sejumlah kajian terdahulu pada musim kemarau menunjukkan bahwa pengaturan jarak tanam yang lebih rapat, seperti 10 x 10 cm, mampu meningkatkan produktivitas total per hektar meskipun menghasilkan ukuran umbi individu yang lebih kecil dibandingkan jarak tanam yang lebih lebar (Efendi et al., 2020; Metuah et al., 2021). Walaupun demikian, informasi dan rekomendasi spesifik mengenai pengaturan jarak tanam serta jumlah benih per lubang untuk budidaya bawang putih pada musim hujan di Indonesia masih sangat terbatas. Penelitian mengenai dinamika populasi pada musim hujan diperlukan untuk melengkapi acuan teknologi budidaya, sebagaimana ditekankan dalam berbagai kajian optimalisasi ruang tumbuh dan hasil tanaman (Hadiawati & Nazam, 2021).

Kerapatan dan populasi tanaman dalam praktik budidaya ditentukan oleh interaksi antara jarak tanam (jarak fisik antar-lubang tanam) dan jumlah benih (siung) yang ditanam pada setiap lubang. Jarak tanam yang terlalu sempit pada musim hujan dapat memicu persaingan antartanaman dalam memperebutkan unsur hara, air, cahaya matahari, serta ruang vertikal dan horizontal di dalam kanopi (Craine & Dybzinski, 2013). Selain itu, air hujan membawa tambahan unsur nitrogen yang dapat memacu pemanjangan sel secara vegetatif (Leghari et al., 2016; Shahadha et al., 2021). Pertumbuhan vegetatif yang terlalu cepat tanpa diimbangi pengaturan ruang tumbuh yang memadai justru akan meningkatkan kelembaban mikro di sekitar tajuk dan menekan proses translokasi asimilat menuju umbi (Sa'diyyah et al., 2017).

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan pengkajian yang terukur untuk mengevaluasi pengaruh pengaturan kombinasi jarak tanam dan jumlah benih terhadap pertumbuhan vegetatif, komponen hasil, dan distribusi ukuran umbi bawang putih pada musim hujan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang akurat bagi petani guna mencapai efisiensi produksi yang optimal di lapangan.

METODOLOGI

Percobaan dilaksanakan di Lembang Jawa Barat pada ketinggian 1250 meter di atas permukaan laut, berlangsung dari November 2021 hingga Maret 2022. Bahan utama yang digunakan meliputi benih bawang putih bersertifikat varietas Lumbu Hijau, pupuk kandang ayam, pupuk SP36, pupuk ZA, pupuk KCl, mulsa plastik hitam perak (MPHP), serta pestisida komersial. Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial dengan empat ulangan. Perlakuan yang diuji terdiri atas satu faktor berupa kombinasi antara dua taraf jarak tanam (20 cm x 20 cm dan 25 cm x 25 cm) dan tiga taraf

jumlah benih per lubang (1 siung, 2 siung, dan 3 siung). Data elemen iklim harian dan bulanan (suhu, kelembapan, dan curah hujan) selama periode penelitian diperoleh langsung dari stasiun Geofisika Bandung yang terdekat dengan lokasi penelitian.

Persiapan lahan dilakukan dengan membuat bedengan berukuran 1,2 x 4 meter. Pupuk kandang ayam dengan dosis 20 ton/ha dan SP36 sebanyak 375 kg/ha diaplikasikan dan dicampurkan merata ke dalam tanah dua minggu sebelum penanaman. Bedengan selanjutnya ditutup dengan mulsa plastik hitam perak, dan dibuat lubang tanam sesuai dengan perlakuan jarak tanam (20 x 20 cm atau 25 x 25 cm). Benih bawang putih varietas Lumbu Hijau dengan ukuran diameter siung yang seragam ditanam ke dalam lubang tanam sebanyak 1, 2, atau 3 siung per lubang. Pemeliharaan tanaman mencakup penyiraman rutin untuk menjaga kelembapan awal pertumbuhan, penyiangan gulma setiap dua minggu sekali, serta pemupukan susulan menggunakan pupuk ZA dan KCl masing-masing dengan dosis 286 kg/ha dan 50 kg/ha yang diberikan pada umur 21, 35, 45, dan 63 hari setelah tanam (HST) (Basuki et al., 2019). Pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) dilakukan secara aplikatif menggunakan insektisida dengan bahan aktif abamektin dan fungisida berbahan aktif mankozeb sebanyak dua kali seminggu untuk mengendalikan hama thrips dan penyakit bercak ungu (*Alternaria porri*).

Pengamatan peubah pertumbuhan vegetatif dilakukan secara destruktif dan non-destruktif pada umur 8 minggu setelah tanam (MST) pada tanaman sampel yang dipilih secara acak. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga titik tumbuh tertinggi menggunakan penggaris. Diameter pangkal batang diukur 2 cm di atas permukaan tanah menggunakan jangka sorong digital. Jumlah daun dihitung berdasarkan total helaian daun yang telah membuka sempurna. Luas daun diukur menggunakan alat Leaf Area Meter (LI-3100C, LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, Amerika Serikat). Luas daun spesifik (*Specific Leaf Area*, SLA) dihitung dengan membagi total luas daun segar dengan bobot kering daun (cm²/g) setelah dikeringkan di dalam oven pada suhu 70°C selama 48 jam hingga bobot konstan. Indeks kandungan klorofil total daun diukur secara non-destruktif menggunakan *Chlorophyll Meter* SPAD-502 (Konica Minolta, Tokyo, Jepang) pada bagian pangkal, tengah, dan ujung helaian daun sampel.

Pengamatan komponen hasil dilakukan pada saat panen fisiologis pada umur 16 MST. Bobot tanaman segar (biomassa total) ditimbang setelah tanaman dicabut dan dibersihkan. Diameter umbi diukur pada bagian melintang terlebar menggunakan jangka sorong, dan bobot umbi per tanaman ditimbang setelah dipisahkan dari bagian vegetatif. Persentase ukuran umbi diklasifikasikan berdasarkan diameter umbi menjadi tiga kategori: umbi besar (>4,5 cm), umbi sedang (3,0–4,5 cm), dan umbi kecil (<3,0 cm). Estimasi hasil per hektar dihitung dengan mengonversi bobot umbi per petak sampel berdasarkan populasi tanaman aktual per hektar menggunakan rumus:

$$\text{Hasil}(\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}) = \frac{\text{Bobot umbi per sampel (kg)} \times \text{Populasi per hektar}}{1000}$$

Data pengamatan yang terkumpul dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance* / ANOVA) pada taraf nyata 5%. Apabila terdapat pengaruh nyata antar-perlakuan, analisis dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test* / DMRT) pada taraf nyata 5%. Semua data dianalisis menggunakan Toolpak analisis statistik pada Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Suhu, Kelembaban dan Hujan

Data pengamatan iklim di lokasi penelitian selama periode November 2021 hingga Maret 2022 disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Rata-rata suhu minimum dan maksimum harian berturut-turut adalah 20,70 °C dan 29,44 °C dengan kelembapan udara rata-rata 79,46%. Kisaran suhu tersebut berada mendekati kondisi optimal untuk pertumbuhan vegetatif bawang putih di dataran tinggi, yaitu 15–25 °C (Basuki et al., 2019), sedangkan kelembapan rata-rata berada sedikit di bawah batas kritis yang disyaratkan untuk pencegahan penyakit pathogen (Krestini et al., 2022).

Curah hujan bulanan rata-rata selama penelitian tercatat sebesar 213,66 mm (kategori sedang). Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan November 2021 (454,3 mm) dengan sifat hujan di atas normal, yang mendukung ketersediaan air tanah bagi perkecambahan benih di awal tanam. Kendati demikian, tingginya curah hujan dan dominasi hari hujan dengan intensitas ringan hingga sedang pada fase vegetatif awal menyebabkan penurunan intensitas radiasi surya efektif harian. Berdasarkan deskripsi varietas Lumbu Hijau, tinggi tanaman potensial mencapai 63–75 cm dengan jumlah daun 7–9 helai (Basuki et al., 2019), sementara hasil rata-rata pengamatan di lapangan menunjukkan kisaran tinggi tanaman 50–60 cm dengan jumlah daun 9 helai. Hal ini mengonfirmasi bahwa fluktuasi intensitas cahaya akibat tutupan awan hujan berdampak langsung terhadap pembentukan biomassa vegetatif tanaman (Atif et al., 2019).

Tabel 1. Suhu harian rata-rata dan kelembapan rata-rata pada bulan November-Desember 2021 dan Januari-Maret 2022

Table 1. Average daily temperature and average humidity during November–December 2021 and January–March 2022.

Bulan / Tahun Month / Year	Suhu Rata-rata (°C) Average Temperature (°C)		Kelembaban Rata-rata (%) Average Relative Humidity (%)
	Minimum	Maksimum	
November 2021	20,50	28,84	82,93
Desember 2021	20,63	29,37	81,83
Januari 2022	20,94	30,05	75,26
Februari 2022	20,69	28,85	78,86
Maret 2022	20,74	30,10	78,40
Rata-rata	20,70	29,44	79,46

Sumber: Stasiun Geofisika Bandung (2021-2022)

Source: Bandung Geophysical Station (2021–2022)

Bulan Januari dan Februari, bawang putih berada pada fase pembentukan dan pematangan umbi. Jumlah curah hujan pada bulan tersebut termasuk kategori sedang hingga rendah. Meskipun curah hujan dengan intensitas sedang atau rendah terjadi, kondisi ini akan tetap mempengaruhi ukuran umbi bawang putih karena untuk pembentukan umbi bawang putih memerlukan intensitas cahaya tinggi di atas 4000 lux (Cartika et al., 2022) dan lama penyinaran yang panjang selama 12 jam (Atif et al., 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bawang putih yang ditanam pada musim kemarau memiliki rata-rata ukuran diameter umbi di atas 4 cm (Assefa et al., 2015; Cartika et al., 2022). Intensitas cahaya dan lama penyinaran yang cukup berperan penting dalam menentukan ukuran bawang putih, termasuk saat curah hujan rendah atau sedang.

Tabel 2. Curah hujan harian rata-rata, jumlah curah hujan per bulan, jumlah kejadian intensitas hujan dan sifat hujan pada bulan November-Desember 2021 dan Januari-Maret 2022

Table 2. Average daily rainfall, monthly rainfall totals, frequency of rainfall intensity events, and rainfall characteristics for November–December 2021 and January–March 2022

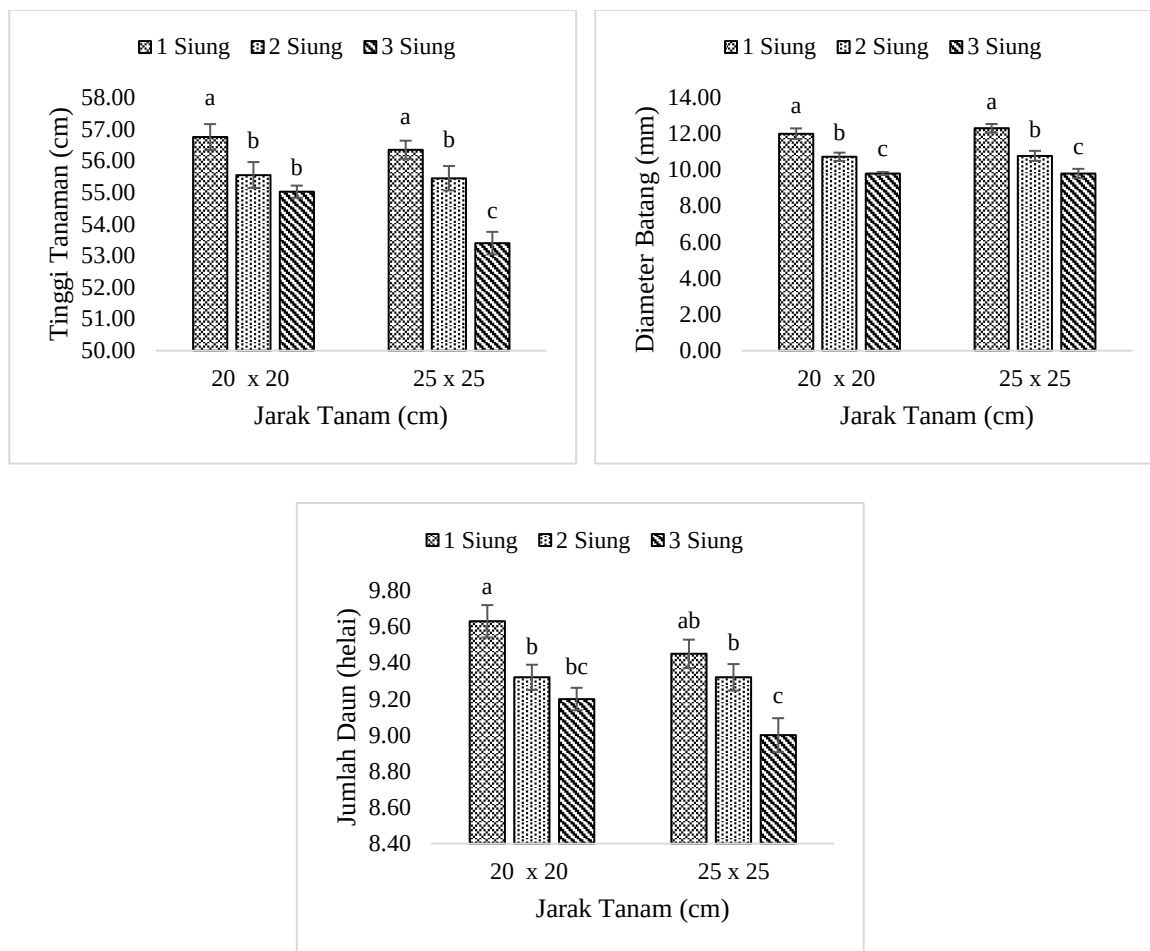
Bulan / Tahun Month / Year	Curah Hujan Harian Rata-rata (mm) Average Daily Rainfall (mm)	Jumlah Curah Hujan per Bulan (mm) Monthly Total Rainfall (mm)		Jumlah Kejadian Intensitas Hujan Harian (kali) Number of Daily Rainfall Events (events)				Sifat Hujan Rainfall Characteristics	
		Jumlah Total	Kategori	Ringan Light	Sedang Moderate	Lebat Heavy	Sangat lebat Very heavy	Nilai terhadap rata-rata (%)	Kategori
November 2021	16.23	454.3	Tinggi	18	7	1	-	212.63	Atas normal
Desember 2021	6.62	198.5	Sedang	25	3	-	-	92.90	Normal
Januari 2022	2.38	59.5	Rendah	19	1	-	-	27.85	Bawah normal
Februari 2022	4.68	117.1	Sedang	20	1	-	-	54.81	Bawah normal
Maret 2022	8.53	238.9	Sedang	21	4	-	-	111.81	normal
Rata-rata	7.70	213.66	Sedang	20.6	3.2	0.2	-		

Keterangan klasifikasi merujuk pada standar baku BMKG: kategori curah hujan bulanan : 0-100 mm (rendah), 100-300 mm (sedang), 300-500 mm (tinggi), >500 mm (sangat tinggi); Intensitas hujan harian : 0.5-20 mm (ringan), 20-50 mm (sedang), 50-100 mm (lebat), 100-150 mm (sangat lebat), >150 mm (hujan ekstrem); Sifat hujan: rata-rata >115% = atas normal, 85-115% rata-rata = normal, rata-rata <85% = bawah normal. Sumber: stasiun Geofisika Bandung.

The classification description refers to the standard criteria established by the Indonesian Agency for Meteorology, Climatology, and Geophysics (BMKG): monthly rainfall categories: 0–100 mm (low), 100–300 mm (moderate), 300–500 mm (high), and >500 mm (very high); daily rainfall intensity: 0.5–20 mm (light), 20–50 mm (moderate), 50–100 mm (heavy), 100–150 mm (very heavy), and >150 mm (extreme rainfall); rainfall characteristics: >115% of the average (above normal), 85–115% of the average (normal), and <85% of the average (below normal). **Source:** Bandung Geophysical Station.

Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, dan Diameter Batang

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi jarak tanam dan jumlah benih per lubang berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter pangkal batang, dan jumlah daun (Gambar 1). Pertumbuhan vegetatif optimal secara konsisten ditunjukkan oleh perlakuan jarak tanam 20 x 20 cm atau 25 x 25 cm yang dikombinasikan dengan penggunaan 1 siung benih per lubang, sedangkan pertumbuhan terendah dihasilkan oleh perlakuan 3 siung benih.



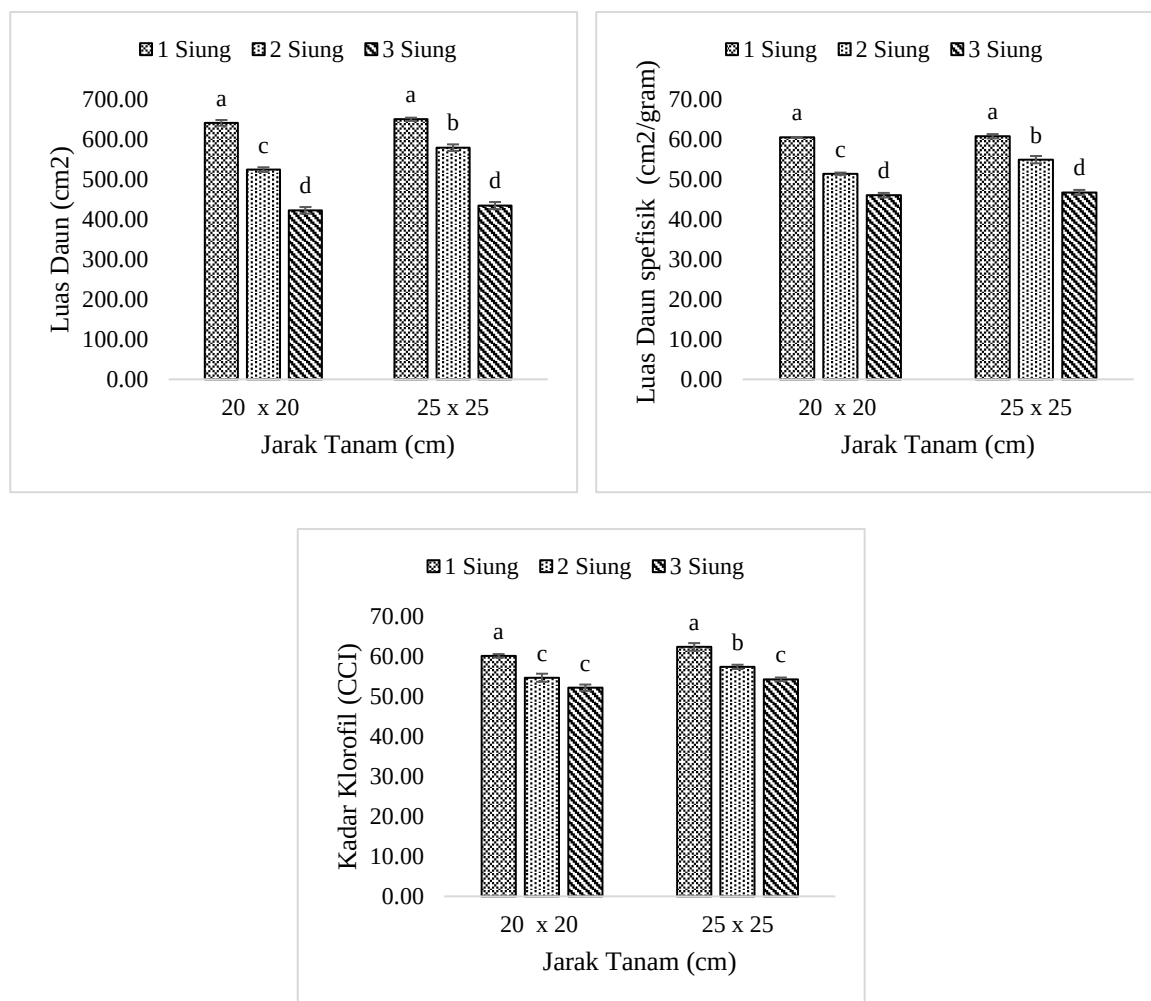
Gambar 1. Pengaruh jarak tanam dan jumlah benih terhadap tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah daun. Grafik yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat signifikansi 95%.

Figure 1. Effect of planting distance and number of seeds on plant height, stem diameter, and number of leaves. Graphs marked with the same letter indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 95% significance level.

Tanaman yang ditanam dengan 1 siung benih pada kedua jarak tanam memiliki ruang tumbuh, ketersediaan hara, air, dan intersepsi cahaya yang lebih leluasa, sehingga menghindarkan tanaman dari kompetisi inter-spesifik maupun intra-spesifik yang merugikan (Zhang et al., 2022). Sebaliknya, tanaman yang ditanam dengan 3 siung benih pada jarak tanam yang sama menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat. Persaingan yang intensif untuk mendapatkan nutrisi, air, dan cahaya matahari menjadi faktor utama yang menghambat pertumbuhan tanaman dalam kondisi ini (Yuan et al., 2022). Selain itu, kepadatan tanaman yang tinggi juga dapat meningkatkan risiko penyakit dan hama, yang semakin memperburuk kondisi pertumbuhan (Huss et al., 2022; Quezada et al., 2017). Penggunaan 1 siung benih pada jarak tanam 20 x 20 cm atau 25 x 25 cm memberikan kondisi terbaik bagi pertumbuhan tanaman, sementara penggunaan 3 siung benih pada jarak tanam yang sama menciptakan persaingan yang merugikan dan menghambat pertumbuhan.

Luas daun, Luas Daun Spesifik dan Kandungan Klorofil

Pengaturan kombinasi jarak tanam dan jumlah benih memberikan pengaruh nyata terhadap peubah fisiologis daun, meliputi luas daun, luas daun spesifik (*Specific Leaf Area / SLA*), dan indeks kandungan klorofil (Gambar 2). Perlakuan dengan jarak tanam 20 x 20 cm dan 25 x 25 cm dengan 1 siung benih menghasilkan luas daun, luas daun spesifik dan kadar klorofil tertinggi, sedangkan nilai terendah dijumpai pada perlakuan 3 siung benih per lubang. Kadar klorofil pada jarak tanam 20 x 20 cm dan 2 siung benih tidak berbeda signifikan dengan jarak tanam 20 x 20 cm dan 25 x 25 cm dengan 3 siung benih.



Gambar 2. Pengaruh jarak tanam dan jumlah benih terhadap luas daun, luas daun spesifik dan kadar klorofil. Grafik yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat signifikansi 95%.

Figure 2. Effect of planting distance and seed quantity on leaf area, specific leaf area, and chlorophyll content. Graphs marked with the same letter indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 95% significance level.

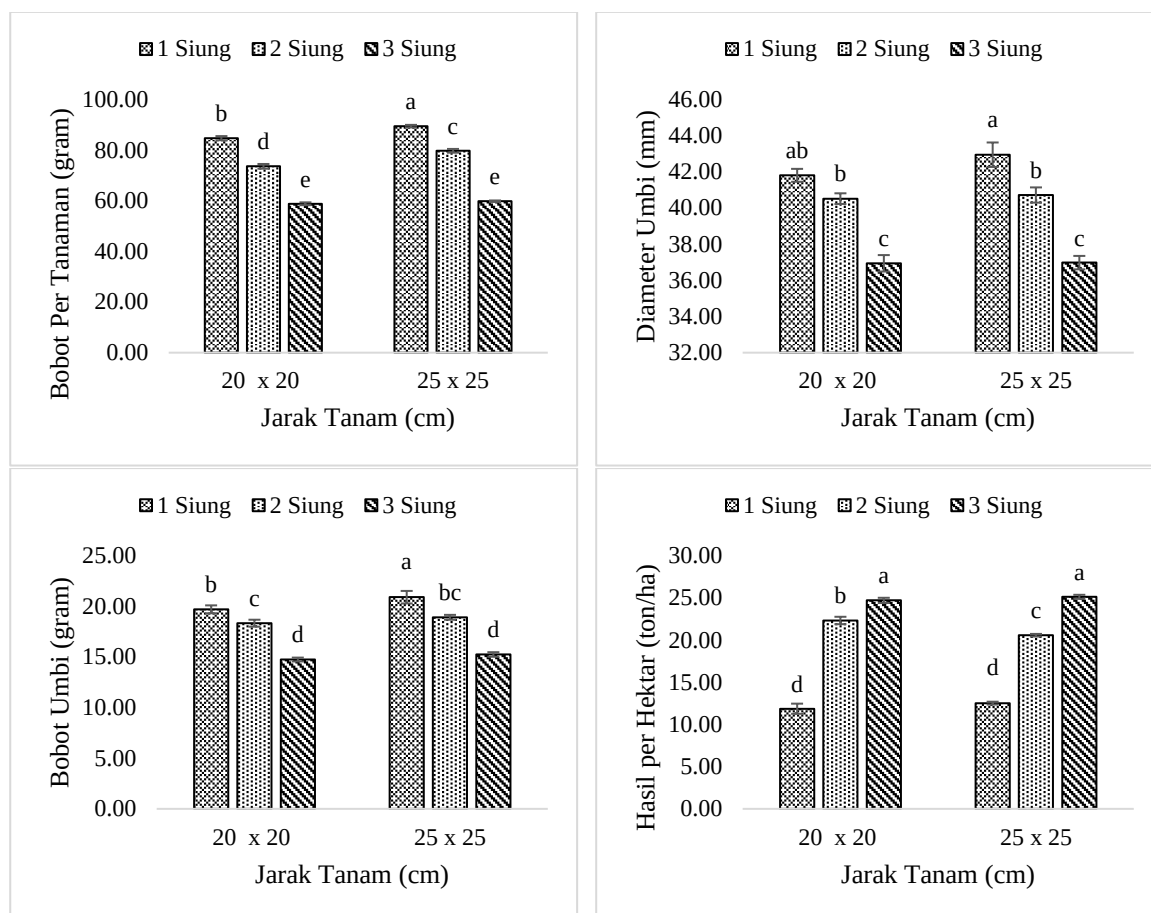
Luas daun dan luas daun spesifik dipengaruhi secara signifikan oleh jumlah benih dan jarak tanam berdasarkan temuan penelitian ini. Kerapatan tanaman yang tinggi memicu penurunan ukuran daun serta luas daun spesifik akibat kompetisi ruang tumbuh (Muneer et al., 2017). Peningkatan akses terhadap sumber daya lingkungan diperoleh tanaman pada sistem tanam yang lebih renggang antarbaris maupun dalam baris. Intersepsi cahaya matahari yang lebih optimal pada jarak tanam tersebut sangat esensial untuk mendukung proses fotosintesis dan ekspansi jaringan daun (Ibrahim et al., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa jarak tanam yang lebih lebar dapat meningkatkan luas daun dan luas daun spesifik secara keseluruhan.

Intersepsi cahaya yang lebih baik serta akumulasi klorofil yang lebih tinggi merupakan dampak langsung dari penerapan jarak tanam renggang pada pertanaman bawang putih. Peningkatan ukuran umbi dan konsentrasi klorofil daun dilaporkan terjadi pada kultivar Sangga Sembalun akibat keleluasaan ruang tumbuh (Hadiawati & Nazam, 2021). Intensitas penyinaran yang tinggi terbukti mampu memicu biosintesis pigmen klorofil daun secara optimal (Krestini et al., 2022). Respons fisiologis tanaman terhadap ketersediaan radiasi surya yang melimpah dicirikan oleh peningkatan konsentrasi molekul klorofil guna memaksimalkan konversi energi surya menjadi metabolit asimilasi (Ward, 2014; Wu et al., 2025). Tanaman memproduksi molekul klorofil dalam jumlah lebih besar untuk mengonversi energi surya secara efisien saat ketersediaan cahaya radiasi meningkat.

Bobot Tanaman, Diameter Umbi, Bobot Umbi dan Hasil per Hektar

Komponen hasil yang meliputi bobot segar total per tanaman, diameter umbi, bobot umbi per rumpun, serta estimasi hasil per hektar menunjukkan tanggapan yang beragam terhadap kombinasi perlakuan (Gambar 3). Bobot per tanaman dan bobot umbi tertinggi diperoleh pada jarak tanam 25×25 cm dengan 1 benih, sedangkan yang terendah pada jarak tanam 20×20 cm dan 25×25 cm dengan 3 benih. Diameter umbi tertinggi diperoleh pada jarak tanam 25×25 cm dengan 1 benih yang tidak berbeda nyata dengan jarak tanam 20×20 cm dengan 1 benih. Sementara itu, diameter umbi terendah terdapat pada jarak tanam 20×20 cm dan 25×25 cm dengan 3 benih. Adapun hasil per hektar tertinggi dicapai pada perlakuan jarak tanam 20×20 cm dan 25×25 cm dengan 3 benih, sedangkan hasil terendah diperoleh pada kedua jarak tanam tersebut dengan 1 benih.

Peningkatan jumlah benih dapat meningkatkan populasi tanaman, sedangkan jarak tanam akan memengaruhi bobot tanaman. Perlakuan jumlah benih sebanyak 3 siung per lubang tanam pada jarak 20×20 cm dan 25×25 cm mampu meningkatkan kerapatan tanaman, sehingga menghasilkan produktivitas per hektar yang lebih tinggi. Perlakuan tersebut menghasilkan bobot per tanaman, diameter umbi, dan bobot umbi terendah. Penelitian pada varietas bawang putih Sangga Sembalun melaporkan bahwa jarak tanam 12×12 cm menghasilkan umbi yang lebih besar, jumlah siung yang lebih banyak, serta bobot biomassa segar dan kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan jarak tanam 8×8 cm (Hadiawati & Nazam, 2021). Kerapatan tanaman yang lebih tinggi pada jarak tanam antar baris 15 cm akan menghasilkan hasil total tertinggi serta bobot dan diameter umbi terendah dibanding jarak tanam antar baris 25 cm dan 35 cm (Olfati et al., 2016). Hal ini terjadi karena tanaman yang ditanam dengan jarak lebih lebar mendapatkan lebih banyak air, cahaya, dan unsur hara (Craine & Dybzinski, 2013; Gavrilescu, 2021). Meningkatnya kerapatan tanaman secara signifikan dapat meningkatkan hasil total, tetapi kerapatan yang terlalu tinggi akan menurunkan kualitas sifat umbi, seperti berat dan diameter umbi.



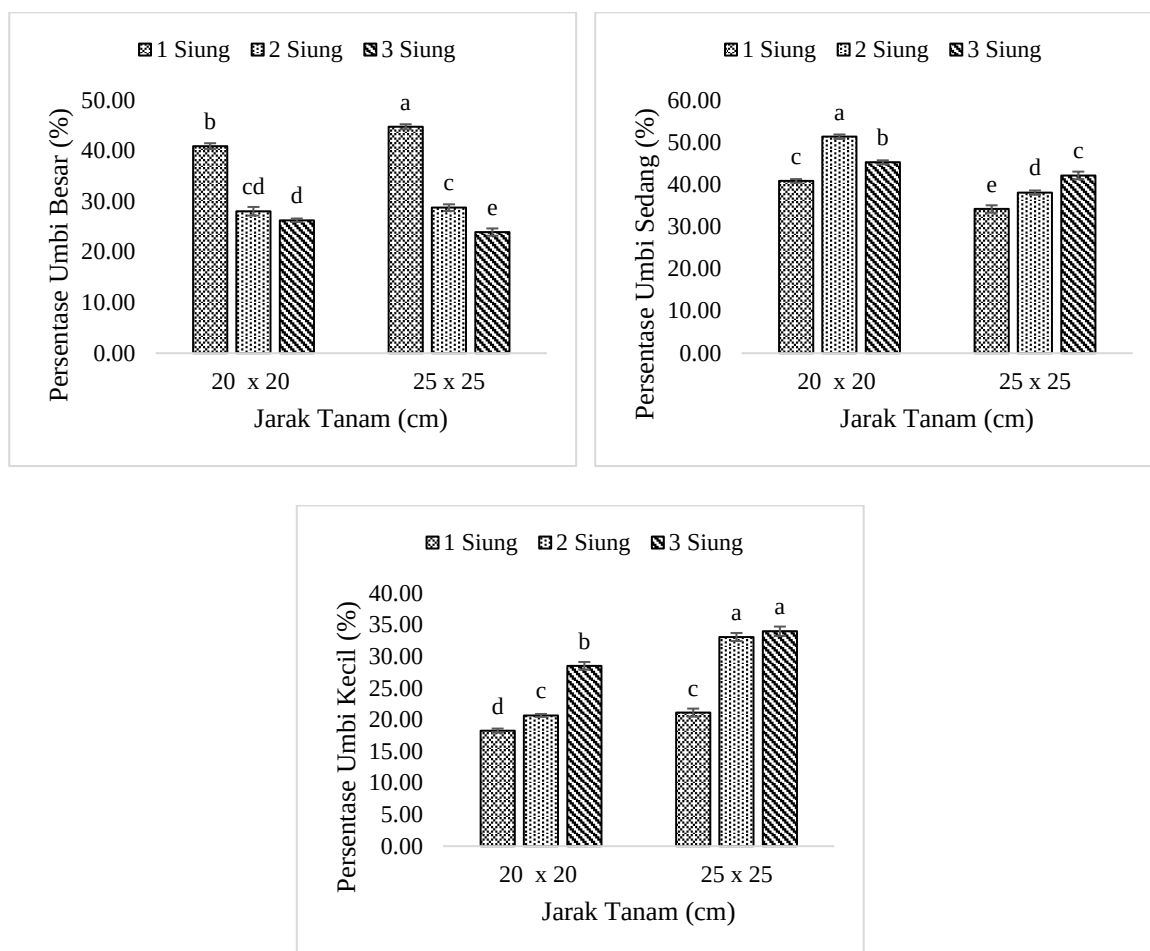
Gambar 3. Pengaruh jarak tanam dan jumlah benih terhadap bobot per tanaman, diameter umbi, bobot umbi dan hasil per hektar. Grafik yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat signifikansi 95%.

Figure 3. Effect of planting distance and seed quantity on weight per plant, bulb diameter, bulb weight, and yield per hectare. Graphs marked with the same letter indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 95% significance level.

Proses fotosintesis sebagai fondasi produksi biomassa sangat dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara kerapatan tanaman dan ketersediaan sumber daya lingkungan. Kerapatan tanaman yang tinggi dapat meningkatkan persaingan dalam memperoleh cahaya, unsur hara, dan air yang semuanya penting untuk fotosintesis (Lambers et al., 2008). Laju fotosintesis dapat terbatas pada kondisi padat akibat terjadinya kompetisi tersebut, karena cahaya merupakan sumber energi utama untuk reaksi terang (Taiz et al., 2023). Persaingan dalam mendapatkan unsur hara dan air dapat menghambat pertumbuhan serta perkembangan daun, mengurangi luas permukaan fotosintesis, dan menurunkan efisiensi fotosintesis secara keseluruhan (Marschner, 2012). Pengelolaan kerapatan tanaman yang tepat, bersama dengan penyediaan unsur hara dan air yang memadai, sangat penting untuk memaksimalkan fotosintesis dan produktivitas tanaman.

Persentase Ukuran Umbi

Klasifikasi mutu berdasarkan persentase ukuran umbi menunjukkan pola distribusi yang nyata akibat perbedaan tekanan kompetisi ruang tumbuh (Gambar 4). Persentase umbi berukuran besar ($>4,5$ cm) tertinggi dihasilkan pada kombinasi jarak tanam 25×25 cm dengan 1 siung benih, sementara persentase umbi sedang ($3,0-4,5$ cm) mendominasi pada perlakuan jarak tanam 20×20 cm dengan 2 siung benih. Sebaliknya, proporsi umbi kecil ($<3,0$ cm) paling tinggi ditemukan pada perlakuan populasi padat.



Gambar 4. Pengaruh jarak tanam dan jumlah benih terhadap persentasi umbi besar, sedang dan kecil. Grafik yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat signifikansi 95%.

Figure 4. Effect of planting distance and seed quantity on the percentage of large, medium, and small bulbs. Graphs marked with the same letter indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 95% significance level.

Hasil penelitian ini menunjukkan pola yang menarik pada persentase ukuran umbi berdasarkan variasi jarak tanam dan jumlah siung benih. Umbi berukuran besar dominan pada jarak tanam 25×25 cm dengan 1 siung benih. Sebaliknya, pada jarak tanam yang sama dengan 3 siung benih, persentase umbi berukuran besar justru berada pada tingkat terendah.

Hal ini terjadi karena jarak tanam yang lebih lebar memungkinkan setiap tanaman mendapatkan akses optimal terhadap cahaya, air, dan nutrisi, sehingga mendorong pertumbuhan serta hasil yang lebih baik (Advenia et al., 2024; Haque & Sakimin, 2022). Penggunaan hanya 1 siung benih per lubang membuat tanaman dapat memanfaatkan sumber daya lingkungan secara maksimal untuk menghasilkan umbi yang lebih besar. Penanaman 3 siung bawang putih dalam satu lubang tanam memicu persaingan ketat antar-tanaman dalam memperebutkan nutrisi, air, dan ruang tumbuh. Kondisi ini membatasi perkembangan setiap tanaman dan menghasilkan ukuran umbi yang lebih kecil.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase umbi berukuran sedang tertinggi diperoleh pada perlakuan jarak tanam 20×20 cm dengan penanaman 2 siung benih per lubang. Fenomena ini mengindikasikan adanya titik keseimbangan optimal antara kerapatan populasi tanaman (*crop density*) dan efisiensi pemanfaatan sumber daya lingkungan, seperti hara, air, serta penetrasi cahaya matahari. Meskipun penyempitan jarak tanam meningkatkan tekanan kompetisi antar-tanaman, penggunaan 2 siung benih per lubang pada konfigurasi ini masih menyediakan ruang tumbuh yang memadai bagi sistem perakaran untuk menyerap nutrisi secara efisien. Akibatnya, tanaman mampu mencapai fase pengumbian yang optimal untuk menghasilkan ukuran sedang (Krestini et al., 2022).

Persentase umbi berukuran kecil tertinggi sebaliknya justru tercatat pada jarak tanam yang lebih longgar, yaitu 25×25 cm dengan kontribusi 1 dan 2 siung benih. Kondisi ini diduga terjadi karena populasi yang terlalu rendah membuat pemanfaatan ruang vertikal (paparan cahaya pada tajuk tanaman) dan ruang horizontal (area penyerapan akar di dalam tanah) menjadi tidak efisien. Akibatnya, tanaman mengalami pertumbuhan vegetatif berlebih namun kurang merangsang translokasi asimilat yang seimbang ke umbi selama musim hujan (Castellanos et al., 2004). Nilai terendah untuk umbi berukuran kecil ditemukan pada jarak tanam 20×20 cm dengan 1 siung benih. Temuan tersebut menegaskan bahwa efektivitas populasi per satuan luas sangat dipengaruhi oleh kombinasi jarak antar-lubang dan jumlah individu di dalam lubang tanam itu sendiri.

Pembentukan umbi berawal dari akumulasi asimilat hasil fotosintesis yang disimpan di dalam organ simpanan tersebut. Proses akumulasi ini menyebabkan pembesaran ukuran serta peningkatan bobot umbi, yang selanjutnya memengaruhi kualitas hasil panen. Tanaman bawang putih dengan jumlah benih yang lebih sedikit cenderung mampu menyerap lebih banyak air dan unsur hara, serta mendapatkan ruang tumbuh yang lebih luas. Kondisi tersebut memicu terbentuknya umbi berukuran besar dalam jumlah yang lebih banyak. Proses pembentukan umbi bawang putih sendiri sangat dipengaruhi oleh air dan cahaya (Cartika et al., 2022), ruang tumbuh serta unsur hara terutama kalium (Subhan & Nurtika, 2004). Faktor-faktor ini memiliki peran penting dalam menentukan kualitas dan kuantitas umbi yang dihasilkan.

Analisis Korelasi

Analisis korelasi Pearson antar-peubah yang diamati disajikan pada matriks Gambar 5. Peubah pertumbuhan vegetatif, meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, dan kadar klorofil, menunjukkan korelasi positif sangat kuat satu sama lain ($r = 0,72$) hingga $0,99$). Kelompok peubah vegetatif tersebut juga berkorelasi positif sangat kuat dengan bobot per tanaman, diameter umbi, dan bobot umbi ($r = 0,82$ hingga $0,99$). Hubungan positif yang erat ini mengindikasikan bahwa peningkatan luas daun dan kandungan klorofil secara langsung memperbesar kapasitas fotosintesis tanaman. Asimilat yang dihasilkan dari organ sumber (*source*) tersebut kemudian dialokasikan secara efisien untuk mendukung pembesaran ukuran umbi sebagai organ simpanan (*sink*). Pola interaksi ini sejalan dengan

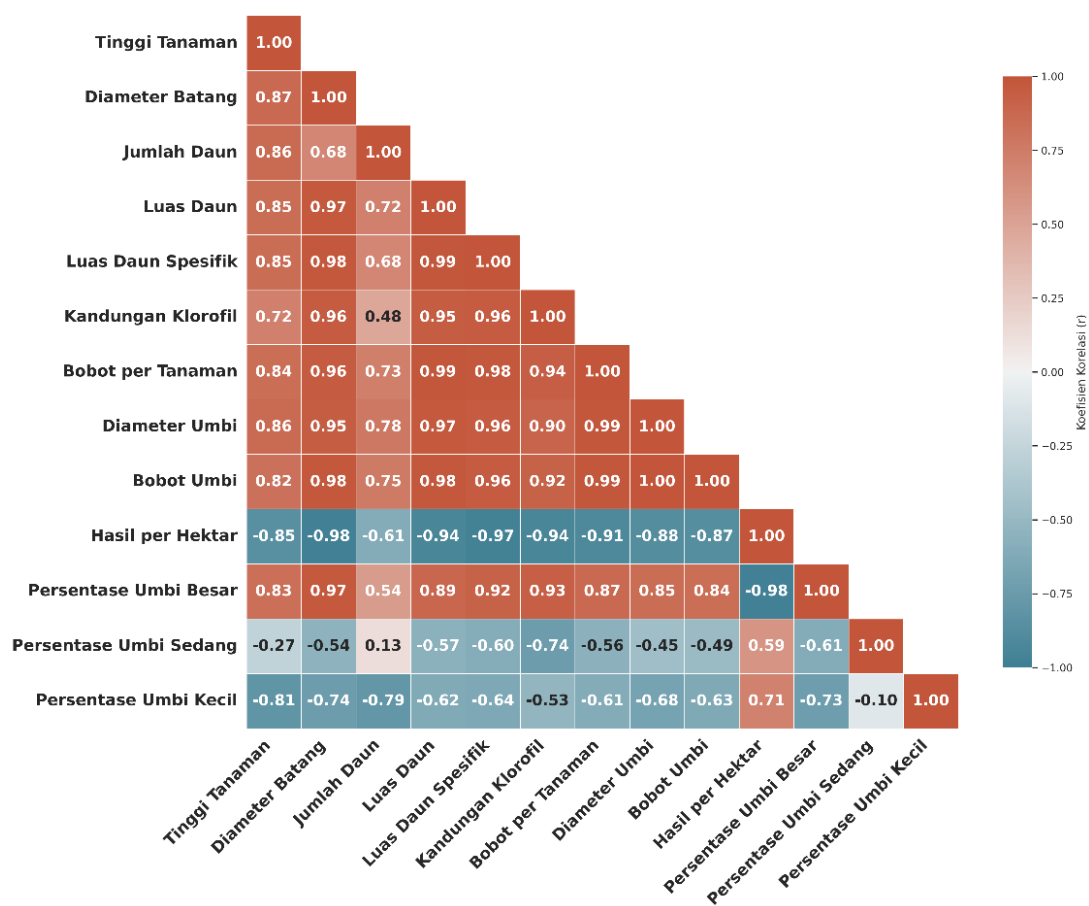
teori hubungan *source-sink* pada tanaman umbi lapis yang menyatakan bahwa kekuatan tajuk vegetatif menentukan kapasitas pengisian umbi (Li et al., 2016).

Hasil per hektar menunjukkan pola hubungan yang bertolak belakang, yakni berkorelasi negatif sangat kuat dengan peubah pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil individu ($r = -0,85$) hingga $-0,98$). Peubah hasil per hektar tersebut berkorelasi positif dengan persentase umbi berukuran kecil dan sedang ($r = 0,59$ hingga $0,71$), serta berkorelasi negatif sangat kuat dengan persentase umbi berukuran besar ($r = -0,98$). Pola korelasi negatif antara peubah pertumbuhan vegetatif atau ukuran umbi individu dengan hasil total per hektar berkaitan erat dengan interaksi perlakuan jarak tanam (20×20 cm dan 25×25 cm) serta jumlah benih per lubang tanam (1, 2, dan 3 siung).

Konfigurasi jarak tanam yang lebih rapat (20×20 cm) yang dipadukan dengan jumlah benih lebih banyak (2–3 siung per lubang) melipatgandakan kerapatan populasi tanaman per satuan luas. Kondisi populasi yang padat memicu kompetisi intraspesifik (*intra-specific competition*) yang sangat ketat dalam memperebutkan penetrasi cahaya matahari, air, dan unsur hara. Keterbatasan sumber daya lingkungan ini menjadi pembatas pertumbuhan individu (*sink-limitation*), sehingga menekan tinggi tanaman, luas daun, serta kapasitas akumulasi biomassa per tanaman. Akibatnya, ukuran dan bobot umbi individu mengalami penurunan yang signifikan akibat pembagian asimilat (*resource partitioning*) yang harus terbagi ke banyak individu dalam satu lubang tanam.

Peningkatan jumlah rumpun atau populasi tanaman per satuan luas mampu mengompensasi penurunan bobot umbi individu tersebut. Mekanisme kompensasi populasi ini menyebabkan produktivitas total per hektar tetap berada pada estimasi tertinggi meskipun umbi yang dihasilkan didominasi oleh ukuran kecil dan sedang. Fenomena kompensasi antara kerapatan populasi dan bobot individu ini sejalan dengan temuan Fakhra et al. (2019), yang melaporkan bahwa pemadatan jarak tanam bawang putih ($12,5 \times 12,5$ cm) menurunkan bobot umbi individu tetapi memaksimalkan hasil total per hektar. Keseimbangan dinamis antara populasi tanaman, ukuran umbi, dan hasil total per satuan luas ini juga mengonfirmasi teori penataan ruang tumbuh pada budi daya bawang putih oleh Castellanos et al. (2004).

Hubungan tersebut mengonfirmasi alasan logis di balik korelasi positif hasil per hektar dengan persentase umbi kecil-sedang, serta korelasi negatifnya dengan persentase umbi besar. Kerapatan tanaman yang tinggi menggeser distribusi ukuran umbi ke arah kelas ukuran yang lebih kecil akibat pasokan asimilat per tanaman yang terbatas. Peningkatan volume atau kuantitas umbi per satuan luas secara matematis tetap mendominasi bobot total panen. Implikasinya, penentuan kombinasi jarak tanam dan jumlah benih yang optimal wajib mempertimbangkan secara cermat titik keseimbangan antara efisiensi penggunaan lahan (produktivitas per hektar) dan nilai ekonomi komersial (preferensi pasar terhadap umbi berukuran besar). Kombinasi perlakuan yang memaksimalkan tonase hasil per hektar sering kali mengorbankan kualitas geometris umbi, sehingga tidak selalu menghasilkan proporsi umbi berukuran besar yang bernilai jual tinggi.



Gambar 5. Koefisien korelasi antara peubah pertumbuhan dan komponen hasil bawang putih yang diamati.

Figure 5. Correlation coefficients between the observed garlic growth variables and yield components.

KESIMPULAN

Pengaturan kombinasi jarak tanam dan jumlah benih per lubang berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif, komponen hasil, dan distribusi ukuran umbi bawang putih pada musim hujan. Jarak tanam 20 x 20 cm atau 25 x 25 cm dengan 1 siung benih memberikan hasil terbaik dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan ukuran umbi individu yang optimal. Penggunaan 3 siung benih meningkatkan hasil total per hektar, tetapi menurunkan bobot dan ukuran umbi individu akibat persaingan antartanaman dalam pemanfaatan air, hara, cahaya, dan ruang tumbuh. Jarak tanam yang lebih lebar menghasilkan daun yang lebih besar, luas daun spesifik yang lebih tinggi, serta kandungan klorofil yang lebih tinggi. Ukuran umbi besar lebih banyak dihasilkan pada jarak tanam yang lebih lebar dengan jumlah benih yang lebih sedikit, sedangkan kepadatan tanaman yang tinggi menghasilkan dominasi umbi berukuran kecil. Analisis korelasi mengonfirmasi bahwa pertumbuhan vegetatif yang optimal berkorelasi positif dengan ukuran dan bobot umbi, sementara hasil per hektar berkorelasi negatif dengan pertumbuhan vegetatif individu akibat peningkatan jumlah populasi umbi kecil per satuan luas. Petani disarankan untuk menyesuaikan jarak tanam dan jumlah benih dengan orientasi tujuan produksi, serta mempertimbangkan faktor jenis tanah, kondisi iklim, dan karakteristik varietas guna mencapai hasil panen yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Advenia, D., Supriyanto, & Arifin, N. (2024). The effect of planting distance on the growth and yield of sweet potato clone Arf-03 on alluvial soil. *Brazilian Journal of Development*, 10(4), e69259.
- Assefa, A. G., Misgina, S. H., & Abrha, Y. W. (2015). Effect of Inorganic and Organic Fertilizers on the Growth and Yield of Garlic Crop (*Allium sativum* L.) in Northern Ethiopia. *Journal of Agricultural Science*, 7(4), 80–86.
- Atif, M. J., Amin, B., Ghani, M. I., Hayat, S., Ali, M., Zhang, Y., & Cheng, Z. (2019). Influence of Different Photoperiod and Temperature Regimes on Growth and Bulb Quality of Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars. *Agronomy*, 9(12), 879.
- Basuki, R., Efendi, A., & Hermanto, C. (2019). *Teknologi inovatif budidaya bawang putih*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Cartika, I., Rahayu, S. T., Basuki, R. S., & Musaddad, D. (2022). Quality of Garlic Bulbs with Irrigation Application according to Plant Needs. *E3S Web of Conferences*, 348(0009), 00009.
- Cartika, I., Suwarni Tri Rahayu, Rofik Sinung Basuki, & Thomas Agoes Soetiarso. (2022). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Putih pada Berbagai Penambahan Lama Penyinaran Lampu LED Putih. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 50(1), 57–64.
- Castellanos, J. Z., Vargas-Tapia, P., Ojodeagua, J. L., Hoyos, G., Alcantar-Gonzalez, G., Mendez, F. S., Alvarez-Sanchez, E., & Gardea, A. A. (2004). Garlic Productivity and Profitability as Affected by Seed Clove Size, Planting Density and Planting Method. *HortScience*, 39(6), 1272–1277.
- Craine, J. M., & Dybzinski, R. (2013). Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology*, 27(4), 833–840.
- Efendi, A. M., Fahmi, I., Samanhudi, S., & Purwanto, E. (2020). Pengaruh Ukuran Siung dan Jarak Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Putih Varietas Lumbu Hijau. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 6–10.
- Effendi, M., Istanti, A., Indraloka, A. B., Putri Listia Ningseh, A., & Agustin, A. R. (2026). Pengaruh Fluktuasi Unsur Iklim pada Musim Tanam dan Produktivitas Padi (*Oryza sativa*) di Kabupaten Banyuwangi. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 10(1), 48–58.
- Fakhar, F., Biabani, A., Zarei, M., & Moghadam, A. N. (2019). Effects of cultivar and planting spacing on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.). *Italian Journal of Agronomy*, 14(2), 1303.
- Gavrilescu, M. (2021). Water, Soil, and Plants Interactions in a Threatened Environment. *Water*, 13(19), 2746.
- Hadiawati, L., & Nazam, M. (2021). Effect of spacing on growth and yield of Sangga Sembalun garlic variety of Sembalun Higland West Lombok. *IOP Conference Series*:

Earth and Environmental Science, 637(1), 012065.

Haque, M. A., & Sakimin, S. Z. (2022). Planting Arrangement and Effects of Planting Density on Tropical Fruit Crops—A Review. *Horticulturae*, 8(6), 485.

Huss, C. P., Holmes, K. D., & Blubaugh, C. K. (2022). Benefits and Risks of Intercropping for Crop Resilience and Pest Management. *Journal of Economic Entomology*, 115(5), 1350–1362.

Ibrahim, I. A. E., Yehia, W. M. B., Saleh, F. H., Lamloom, S. F., Ghareeb, R. Y., El-Banna, A. A. A., & Abdelsalam, N. R. (2022). Impact of Plant Spacing and Nitrogen Rates on Growth Characteristics and Yield Attributes of Egyptian Cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13(May), 1–12.

Krestini, E. H., Hersanti, H., Hermanto, C., & Istifadah, N. (2022). Effects Of Plant Spacing And The Number Of Cloves Per Planting Hole On Purple Blotch Disease, Growth And Yield Of Garlic. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(6), 5197–5207.

Lambers, H., Chapin, F. S., & Pons, T. L. (2008). Plant Physiological Ecology. In *Springer Science & Business Media*. (Vol. 81, Issue 321). Springer New York.

Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., & Hafeez Laghari, A. (2016). Role of nitrogen for plant growth and development : A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209–218.

Li, W., Xiong, B., Wang, S., Deng, X., Yin, L., & Li, H. (2016). Regulation Effects of Water and Nitrogen on the Source-Sink Relationship in Potato during the Tuber Bulking Stage. *PLOS ONE*, 11(1), e0146877.

Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. In *Academic Press is an Imprint of Elsevier*.

Metuah, J., Kesumawati, E., & Hayati, R. (2021). Pengaruh Jarak Tanam dan Dosis Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Putih (*Allium sativum* L.) di Dataran Rendah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(November), 881–888.

Muneer, N., Hussain, M., Ahmad, M. J., Khan, N., Hussain, N., & Hussain, B. (2017). Effect of planting density on growth, yield and quality of Garlic at Rawalakot, Azad Kashmir. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 10(1), 42–51.

Olfati, J.-A., Mahdieh-Najafabadi, M.-B., & Rabiee, M. (2016). Between-row spacing and local accession on the yield and quality of garlic. *Comunicata Scientiae*, 7(1), 112.

Purba, P., Yuliarti, E., & Sukiyono, K. (2022). Analysis of Garlic Import Demand Trend in Indonesia. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 4(3), 166–173.

Quezada, E., Lopez, L., & Higgins, D. (2017). Protective Agriculture Production Series: Plant density recommendations. *VCE Publication*, spes-474, 1–8.

Sa'diyyah, I., Damanhuri, F., & Erdiansyah, I. (2017). Adaptasi Pertumbuhan Dua Varietas Kentang (*Solanum tuberosum* L.) terhadap Pemberian Naungan: Kajian Pengembangan Budidaya di Dataran Menengah. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*,

1(2), 185–194.

Shahadha, S. S., Wendroth, O., & Ding, D. (2021). Nitrogen and Rainfall Effects on Crop Growth—Experimental Results and Scenario Analyses. *Water*, 13(16), 2219.

Subhan, & Nurtika, N. (2004). Penggunaan Pupuk Fosfat, Kalium Dan Magnesium Pada Tanaman Bawang Putih Dataran Tinggi. *Ilmu Pertanian*, 11(2), 56–67.

Taiz, L., Møller, I. M., Murphy, A., & Zeiger, E. (2023). Plant Physiology and Development. In *Plant Physiology and Development*. Oxford University Press.

Ward, M. (2014). Rate of photosynthesis : limiting factors. *RSC Advancing the Chemical Science*, 1–2.

Wu, W., Chen, L., Liang, R., Huang, S., Li, X., Huang, B., Luo, H., Zhang, M., Wang, X., & Zhu, H. (2025). The role of light in regulating plant growth, development and sugar metabolism: a review. *Frontiers in Plant Science*, 15(January), 1–15.

Yuan, L., Li, J., & van Kleunen, M. (2022). Competition induces negative conspecific allelopathic effects on seedling recruitment. *Annals of Botany*, 130(6), 917–926.

Zhang, Z., Liu, Y., Hardrath, A., Jin, H., & van Kleunen, M. (2022). Increases in multiple resources promote competitive ability of naturalized non-native plants. *Communications Biology*, 5(1), 1150.