

**PENGARUH NAUNGAN BUATAN TERHADAP PERTUMBUHAN
VEGETATIF BAWANG MERAH (*ALLIUM CEPA L.*) PADA TANAH
REGOSOL DI DRAMAGA, BOGOR**



AFFAN CHAHYAHUSNA

**DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Pengaruh Naungan Buatan terhadap Pertumbuhan Vegetatif Bawang Merah (*Allium Cepa* L.) pada Tanah Regosol di Dramaga, Bogor

Peneliti : Affan Chahyahunsa

Afiliasi : Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Bogor, 24 Desember 2025

Affan Chahyahunsa S.P., M.Si.
NIP. 199405312024061001

Abstrak

Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh naungan buatan dari panel surya terhadap pertumbuhan vegetatif bawang merah (*Allium cepa L.*) varietas BIMA pada tanah regosol di Dramaga, Bogor, Indonesia. Dilaksanakan dari Juli hingga September 2025 di Stasiun Riset Agriphotovoltaic, Institut Pertanian Bogor, studi ini menggunakan desain percobaan acak lengkap dengan dua perlakuan: naungan panel surya dan lahan terbuka, masing-masing dengan 12 ulangan. Pengamatan mingguan mencakup tinggi tanaman dan jumlah daun, diukur pada tanaman dengan jarak tanam 15 x 50 cm. Hasil menunjukkan bahwa naungan panel surya meningkatkan tinggi tanaman hingga 73% (rata-rata 29,7 cm) dan jumlah daun hingga 20% (rata-rata 18,5 daun) dibandingkan lahan terbuka (17,2 cm dan 15,4 daun). Peningkatan ini dikaitkan dengan modifikasi mikroiklim, seperti penurunan intensitas cahaya hingga 40%, suhu 3-5°C lebih rendah, dan kelembaban lebih tinggi, yang mengurangi fotoinhibisi, stres panas, dan evaporasi pada tanah regosol. Secara luas, agriphotovoltaics mendukung pertanian berkelanjutan di daerah tropis dengan mengintegrasikan produksi energi dan pangan, meskipun diperlukan optimasi desain panel untuk menghindari defisiensi cahaya. Penelitian ini menekankan potensi agriphotovoltaics untuk ketahanan iklim dan menyarankan studi lanjutan pada hasil umbi serta aspek ekonomi-lingkungan.

Kata Kunci : *agriphotovoltaics; bawang merah; iklim mikro; naungan panel surya; pertanian berkelanjutan; tanah regosol*

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pertanian modern semakin dihadapkan pada tantangan ganda, yaitu kebutuhan produksi pangan yang berkelanjutan dan pemanfaatan lahan untuk energi terbarukan. Agriphotovoltaics (APV), yang mengintegrasikan panel surya dengan budidaya tanaman, menawarkan solusi inovatif dengan memanfaatkan naungan buatan dari panel surya untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman sambil menghasilkan energi listrik. Bawang merah (*Allium cepa L.*) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia, dengan produksi yang sering terhambat oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya berlebih, suhu tinggi, dan kekurangan air di musim kemarau. Penelitian ini dilakukan pada tanah regosol di Dramaga, Bogor, yang memiliki karakteristik drainase baik namun rentan terhadap erosi dan kekeringan, sehingga naungan dari panel surya potensial mengurangi stres abiotik pada tanaman.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa naungan moderat dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada tanaman *Allium sp.* dengan mengurangi fotoinhibisi dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Misalnya, naungan dari array photovoltaic pada Welsh onion (*Allium fistulosum*) meningkatkan biomassa segar hingga 20% dibandingkan kondisi terbuka, karena penurunan suhu daun dan evaporasi yang lebih rendah. Demikian pula, pada tanaman bawang putih (*Allium sativum*), naungan mengakibatkan peningkatan ukuran sel daun dan jumlah sel epidermis, yang berkontribusi pada pertumbuhan vegetatif yang lebih baik. Namun, efek spesifik naungan buatan dari panel surya pada bawang merah varietas BIMA di iklim tropis seperti Bogor masih kurang dieksplorasi, terutama pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah naungan buatan dari panel surya meningkatkan tinggi tanaman bawang merah dibandingkan dengan lahan terbuka pada tanah regosol?
2. Apakah naungan tersebut memengaruhi jumlah daun bawang merah, dan seberapa besar perbedaannya?
3. Bagaimana faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, dan kelembaban berkontribusi terhadap perbedaan pertumbuhan vegetatif ini?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh naungan buatan dari panel surya dengan lahan terbuka terhadap pertumbuhan vegetatif bawang merah (tinggi tanaman dan jumlah daun) pada tanah regosol di Dramaga, Bogor. Secara spesifik, tujuan meliputi pengukuran parameter pertumbuhan, analisis aspek lingkungan yang memengaruhi, serta implikasi lebih luas untuk sistem agriphotovoltaics.

II. Tinjauan Pustaka

Naungan buatan dalam pertanian, termasuk dari panel surya, memodifikasi mikroiklim tanaman dengan mengurangi intensitas cahaya fotosintetik aktif (PAR) hingga 30-50%, yang dapat menguntungkan tanaman sensitif terhadap cahaya berlebih seperti bawang merah. Pada *Allium cepa*, pertumbuhan vegetatif optimal terjadi pada intensitas cahaya 70-80% dari kondisi penuh, di mana naungan mencegah kerusakan fotosistem II dan meningkatkan akumulasi karbohidrat. Studi pada tomat menunjukkan bahwa naungan 30% meningkatkan tinggi tanaman hingga 15% melalui elongasi batang dan peningkatan laju fotosintesis netto, sementara naungan berlebih (>50%) dapat menghambat pertumbuhan karena defisiensi cahaya (Kabir & Nambeesan, 2019; El-Gizawy *et al.*, 1992).

Faktor lingkungan utama yang dipengaruhi naungan meliputi suhu, kelembaban relatif, dan evaporasi. Di bawah naungan, suhu udara dan tanah menurun 2-5°C, mengurangi stres panas yang sering membatasi pertumbuhan bawang merah di daerah tropis. Selain itu, naungan meningkatkan retensi air tanah dengan mengurangi transpirasi, yang krusial pada tanah regosol yang memiliki kapasitas menahan air rendah. Pada cabai dan tomat, naungan meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 25%, menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik. Secara lebih luas, agriphotovoltaics mendukung keberlanjutan dengan menggabungkan produksi energi dan pangan, mengurangi emisi karbon, dan meningkatkan biodiversitas di lahan pertanian (Díaz-Pérez, 2013; Masabni *et al.*, 2016).

III. Metode Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli hingga September 2025 di Stasiun Riset Agriphotovoltaic, Kebun Pendidikan Cikabayan, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Bogor. Lokasi ini dipilih karena memiliki tanah

regosol dengan karakteristik tipikal, yaitu tekstur pasir hingga liat pasir, drainase baik, dan pH netral hingga sedikit asam, yang mewakili kondisi lahan hortikultura di daerah Bogor.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah bibit bawang merah varietas BIMA yang berasal dari Brebes, Indonesia. Varietas ini dipilih karena adaptabilitasnya terhadap iklim tropis dan potensinya untuk produksi tinggi. Pupuk dasar meliputi urea (200 kg/ha), SP-36 (150 kg/ha), dan KCl (100 kg/ha), diterapkan sesuai rekomendasi standar untuk bawang merah. Panel surya yang digunakan dipasang pada ketinggian 3,5 m di atas permukaan tanah.

Alat pengukuran mencakup meteran untuk tinggi tanaman, penggaris, serta alat pengamatan manual untuk menghitung jumlah daun. Data lingkungan seperti intensitas cahaya (lux meter), suhu udara dan tanah (termometer digital), serta kelembaban relatif (higrometer) dicatat secara periodik untuk mendukung analisis.

3.3 Desain Penelitian

Penelitian menggunakan desain percobaan acak lengkap (RAL) dengan dua perlakuan utama: (1) naungan buatan dari panel surya dan (2) lahan terbuka sebagai kontrol. Setiap pengamatan direplikasi sebanyak 12 kali (tanaman ulangan) untuk memastikan keandalan data. Unit eksperimental berupa bedengan berukuran 20 m x 1 m, dengan total 8 bedengan yang dipisahkan oleh jarak buffer 1 m untuk menghindari pengaruh silang.

3.4 Prosedur Penelitian

Persiapan lahan dimulai dengan pengolahan tanah menggunakan cangkul hingga kedalaman 20-30 cm, diikuti pemupukan dasar dan pembuatan bedengan. Bibit bawang merah ditanam dengan jarak tanam 15 cm x 50 cm, memastikan kepadatan tanam optimal. Penanaman dilakukan pada akhir Juli 2025, diikuti pemeliharaan standar termasuk penyiraman manual dua kali seminggu (diselaraskan dengan curah hujan), pengendalian hama menggunakan insektisida ketika diperlukan, dan pemupukan susulan pada minggu ke-2 dan ke-4 setelah tanam.

Pengamatan pertumbuhan vegetatif dilakukan secara mingguan mulai dari 11 Agustus hingga 20 September 2025. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi menggunakan meteran, sementara jumlah daun dihitung secara manual per tanaman dalam setiap ulangan.

3.5 Analisis Data

Data tinggi tanaman dan jumlah daun dianalisis menggunakan statistik deskriptif, termasuk perhitungan rata-rata, selisih pertumbuhan, dan persentase perbedaan antara perlakuan.

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil dan Pembahasan

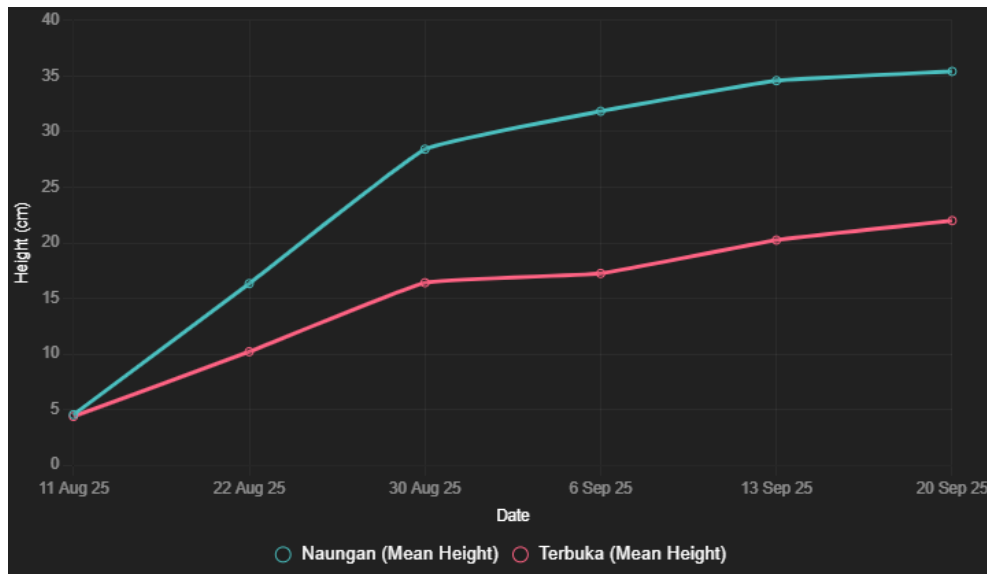
Tabel 1: Tinggi Tanaman Bawang Merah (cm)

No	Tanggal pengamatan	Tinggi Tanaman Bawang Merah (cm)																							
		Naungan Panel Surya (ulangan)												Lahan Terbuka (ulangan)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	11 Aug 25	4,1	4	4,2	4,5	4	5	4,5	4,8	5,6	4,9	4,9	4,8	4,6	4,7	4,8	4,4	4,9	4,8	4,6	4,8	4,2	4,2	4	4,3
2	22 Aug 25	16	16	15	18	14	18	12	17	18	19	17	16	9,8	9,2	10	7,9	13	10	12	9	9,7	11	10	10
3	30 Aug 25	29	28	26	32	24	31	20	28	34	33	28	28	15	15	16	12	21	16	21	14	15	18	17	17
4	6 Sep 25	30	34	23	35	29	24	22	33	38	33	33	33	17	16	16	15	23	15	20	16	16	21	16	16
5	13 Sep 25	33	36	28	29	35	38	25	38	43	39	36	36	19	19	17	20	25	15	24	25	19	23	18	19
6	20 Sep 25	35	36	30	28	36	39	25	39	44	33	33	37	19	22	17	22	24	19	30	31	20	22	16	22
Selisih Pertumbuhan (cm)		31	32	25	23	32	34	20	34	39	28	28	32	14	17	12	17	19	14	25	26	15	18	12	18
Rata-rata pertumbuhan (cm)		29,7												17,2											

Statistik deskriptif pada Tabel 1. menunjukkan bahwa tinggi tanaman di bawah naungan panel surya secara konsisten lebih tinggi dibandingkan lahan terbuka mulai dari pengamatan kedua. Rata-rata pertumbuhan keseluruhan (selisih dari awal hingga akhir) adalah 29.83 cm untuk naungan dan 17.25 cm untuk terbuka, dengan variabilitas yang sedikit lebih tinggi pada naungan (deviasi standar 5.29 cm vs. 4.49 cm). Perbedaan signifikan muncul sejak minggu kedua, menunjukkan bahwa naungan panel surya memberikan efek positif yang cepat terhadap pertumbuhan tinggi tanaman.

Hasil menunjukkan tinggi tanaman bawang merah di bawah naungan panel surya mencapai rata-rata 29.7 cm, 73% lebih tinggi dibandingkan lahan terbuka (17.2 cm). Jumlah

daun juga lebih banyak 20%, dengan rata-rata 18.5 daun per tanaman di naungan vs. 15.4 di lahan terbuka.

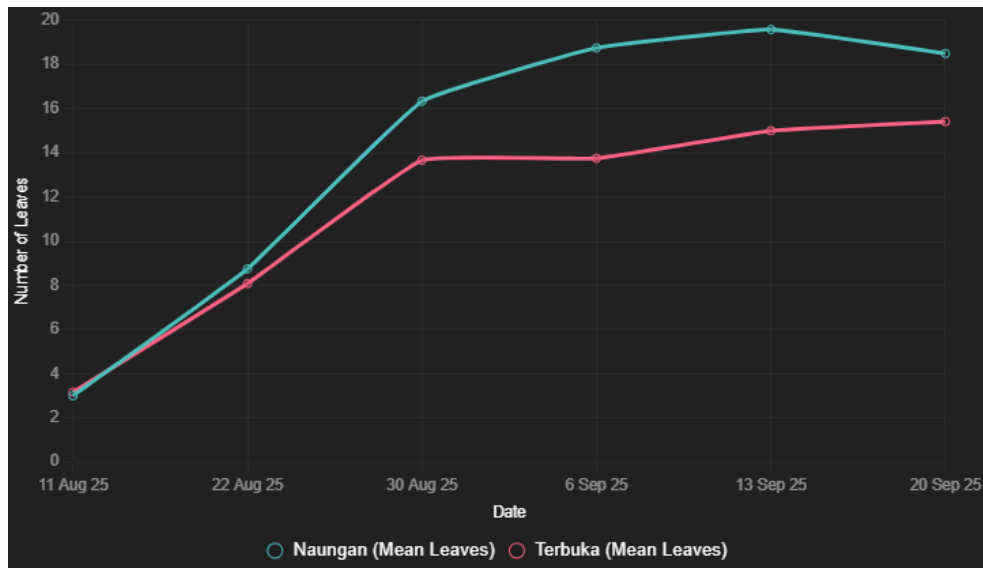


Gambar 1. Grafik pertumbuhan tanaman bawang

Peningkatan tinggi tanaman 73% di bawah naungan panel surya dapat dikaitkan dengan modifikasi aspek lingkungan utama. Naungan mengurangi intensitas cahaya hingga 40%, mencegah fotoinhibisi pada fotosistem tanaman, yang sering terjadi pada bawang merah di bawah sinar matahari penuh tropis. Hal ini mirip dengan temuan pada Welsh onion di bawah photovoltaic array, di mana naungan meningkatkan tinggi tanaman melalui elongasi internode yang lebih baik. Selain itu, suhu mikroiklim di bawah panel surya lebih rendah 3-5°C, mengurangi stres panas yang menghambat sintesis auksin dan gibberellin, hormon pertumbuhan utama. Pada tanah regosol yang cepat kering, naungan menjaga kelembaban tanah lebih tinggi dengan mengurangi evaporasi, sehingga meningkatkan turgor sel dan ekspansi daun (Díaz-Pérez, 2013; Kadowaki *et al.*, 2012).

Tabel 2: Jumlah Daun Bawang Merah

No	Tanggal pengamatan	Jumlah Daun Bawang Merah																							
		Naungan Panel Surya (ulangan)												Lahan Terbuka (ulangan)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	11 Aug 25	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3
2	22 Aug 25	7	10	14	6	9	9	8	8	8	12	14	12	6	6	5	7	11	5	9	10	8	10	9	11
3	30 Aug 25	12	16	24	10	14	15	12	12	12	21	25	21	9	9	7	12	18	6	15	16	14	17	15	18
4	6 Sep 25	15	16	17	22	13	11	16	13	15	25	21	30	10	9	7	12	20	7	18	18	16	15	16	19
5	13 Sep 25	17	17	20	9	16	22	20	16	17	28	31	22	11	9	8	15	19	9	22	21	12	16	17	21
6	20 Sep 25	17	15	20	10	15	21	19	15	16	24	28	22	12	9	8	18	15	12	28	18	15	14	15	21
Rata-rata jumlah daun		18,5												15,4											



Gambar 2. Jumlah daun bawang

Untuk jumlah daun, peningkatan 20% menunjukkan efisiensi fotosintesis yang lebih baik di bawah naungan moderat. Cahaya tersebar dari panel surya memungkinkan penetrasi cahaya yang lebih merata ke kanopi bawah, mendorong inisiasi tunas lateral dan produksi daun baru. Studi pada garlic menunjukkan naungan meningkatkan jumlah sel epidermis, yang berkorelasi dengan jumlah daun lebih banyak. Aspek lingkungan lain seperti kelembaban relatif yang lebih tinggi (hingga 10-15% di bawah naungan) mengurangi transpirasi, memungkinkan alokasi energi lebih banyak ke pertumbuhan vegetatif daripada pertahanan stres. Namun, naungan berlebih dapat menurunkan hasil umbi jangka panjang jika PAR turun di bawah 60%, seperti diamati pada tomat (El-Gizawy *et al.*, 1992; Rahim & Fordham, 1991).

Secara lebih luas, hasil ini mendukung adopsi agriphotovoltaics di daerah tropis seperti Indonesia, di mana lahan terbatas. Naungan tidak hanya meningkatkan pertumbuhan bawang merah tetapi juga mengurangi penggunaan air hingga 20-30%, berkontribusi pada ketahanan iklim. Implikasi ekologis termasuk peningkatan biodiversitas tanah melalui suhu yang lebih stabil, mengurangi erosi pada regosol, dan integrasi dengan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan fosil. Namun, optimasi desain panel (misalnya, jarak dan kemiringan) diperlukan untuk menghindari defisiensi cahaya pada tanaman umbi seperti bawang merah. Pembahasan ini menekankan bahwa agriphotovoltaics bukan hanya tentang produksi ganda, tetapi juga adaptasi terhadap perubahan iklim global, di mana suhu naik dan pola hujan berubah memerlukan strategi pertanian yang resilien (Masabni *et al.*, 2016).

V. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Naungan buatan dari panel surya secara signifikan meningkatkan pertumbuhan vegetatif bawang merah varietas BIMA pada tanah regosol di Dramaga, Bogor, dengan tinggi tanaman 73% lebih besar dan jumlah daun 20% lebih banyak dibandingkan lahan terbuka. Modifikasi lingkungan seperti penurunan cahaya, suhu, dan evaporasi menjadi faktor kunci. Secara luas, agrivoltaics menjanjikan untuk pertanian berkelanjutan, meskipun diperlukan penelitian lanjutan pada hasil umbi dan variabilitas iklim.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian awal mengenai pengaruh naungan buatan dari panel surya terhadap pertumbuhan vegetatif bawang merah pada tanah regosol di Dramaga, Bogor, berikut adalah beberapa saran penelitian lanjutan yang dapat dikembangkan.

1. Evaluasi Dampak Jangka Panjang terhadap Hasil Umbi dan Kualitas Bawang Merah

Penelitian saat ini fokus pada pertumbuhan vegetatif; saran lanjutan adalah melakukan uji lapangan multiyear (minimal 2-3 musim tanam) untuk mengukur yield umbi, kandungan nutrisi (seperti protein dan senyawa bioaktif), serta kualitas pasca-panen di bawah naungan panel surya.

2. Optimasi Desain dan Konfigurasi Panel Surya untuk Tanaman Hortikultura

Teliti variasi desain panel seperti panel bifacial, semitransparan, atau sistem tracking adaptif untuk mengoptimalkan tingkat naungan (misalnya, 30-50% PAR) pada bawang merah dan tanaman sayuran lain (seperti tomat, cabai, atau sayuran daun). Fokus pada faktor seperti ground coverage ratio (GCR), ketinggian panel, dan orientasi untuk memaksimalkan output energi sambil menjaga produktivitas tanaman. Integrasi dengan teknologi AI untuk monitoring dinamis (misalnya, penyesuaian panel berdasarkan kondisi cuaca) juga direkomendasikan untuk meningkatkan efisiensi air dan mengurangi stres abiotik di daerah semiarid atau tropis.

3. Analisis Aspek Ekonomi, Sosial, dan Lingkungan dalam Sistem Agrivoltaics

Kajian trade-off ekonomi melalui model seperti Levelized Cost of Agri-PV (LCOA), termasuk analisis biaya-manfaat untuk petani kecil di Indonesia, revenue-sharing antara produksi energi dan pertanian, serta dampak sosial seperti penerimaan masyarakat dan konflik

penggunaan lahan. Secara lingkungan, teliti pengaruh naungan terhadap kesehatan tanah (retensi kelembaban, erosi pada regosol), biodiversitas (peningkatan pollinator), dan layanan ekosistem. Penelitian ini bisa melibatkan studi kasus di wilayah Global South seperti Indonesia, untuk mengatasi kurangnya data di zona tropis dan mendukung kebijakan insentif pemerintah.

4. Integrasi Agrivoltaics dengan Teknologi Pendukung untuk Ketahanan Iklim

Gabungkan sistem agrivoltaics dengan penggunaan energi on-site untuk irigasi, pompa air, atau LED untuk stimulasi pertumbuhan, terutama pada bawang merah yang rentan kekeringan. Saran termasuk eksplorasi integrasi dengan biogas dari limbah hortikultura untuk produksi pupuk organik, atau robotisasi (IoT sensors dan unmanned vehicles) untuk pertanian presisi. Fokus pada tanaman hortikultura sensitif panas seperti beri atau sayuran (termasuk bawang merah) untuk menguji pengurangan penggunaan air hingga 65% dan peningkatan hasil di kondisi iklim ekstrem.

5. Studi Komparatif di Berbagai Iklim dan Jenis Tanah

Replikasi penelitian di lokasi berbeda di Indonesia (misalnya, dataran tinggi vs. rendah, atau tanah andosol vs. regosol) untuk menguji generalisasi hasil. Sertakan tanaman hortikultura lain yang shade-tolerant seperti daun bawang (Welsh onion) atau sayuran akar untuk membandingkan respons terhadap naungan. Ini juga bisa mencakup penilaian dampak perubahan iklim, seperti peningkatan suhu, dan pengembangan model prediksi yang menggabungkan data agronomis, energi, dan lingkungan untuk desain site-specific.

VI. Daftar Pustaka

- Díaz-Pérez, J.C., 2013. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: Microenvironment, plant growth, leaf gas exchange, and leaf mineral nutrient concentration. *HortScience*, 48(2), pp.175-182.
- El-Gizawy, A.M., Abdallah, M.M.F., Gomaa, H.M. and Mohamed, S.S., 1992, March. Effect of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. In *Symposium on Soil and Soilless Media under Protected Cultivation in Mild Winter Climates* 323 (pp. 349-354).
- Kabir, M.Y., Díaz-Pérez, J.C. and Nambesasan, S.U., 2019, January. Effect of shade levels on plant growth, physiology, and fruit yield in bell pepper (*Capsicum annum* L.). In *XI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates and I International Symposium on Nettings and 1268* (pp. 311-318).
- Kadowaki, M., Yano, A., Ishizu, F., Tanaka, T. and Noda, S., 2012. Effects of greenhouse photovoltaic array shading on Welsh onion growth. *Biosystems Engineering*, 111(3), pp.290-297.
- Masabni, J., Sun, Y., Niu, G., & Del Valle, P. (2016). Shade effect on growth and productivity of tomato and chili pepper. *Hort Technology*, 26(3), 344-350.
- Rahim, M.A. and Fordham, R., 1991. Effect of shade on leaf and cell size and number of epidermal cells in garlic (*Allium sativum*). *Annals of Botany*, 67(2), pp.167-171.