

Morfologi dan Produktivitas Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) pada Cekaman Kekeringan dengan Aplikasi Silika

Musliadi^{1*)}, Yaya Hasanah², Diana Hanafiah²

¹⁾Magister Agroteknologi, Universitas Sumatera Utara Medan, Indonesia

²⁾Program Studi Agroteknologi, Universitas Sumatera Utara Medan, Indonesia

Jl. Dr. A. Sofian No.3 Padang Bulan, Kecamatan Medan Baru, Medan 20155, Sumatera Utara, Indonesia

*)Correspondence author : msalidankopsa@gmail.com

Abstrak

Perubahan iklim global, terutama fenomena El Niño dan La Niña, menyebabkan ketidakstabilan curah hujan dan meningkatkan risiko kekeringan, yang berdampak negatif pada produksi kacang hijau. Padahal, kacang hijau merupakan salah satu komoditas ekspor yang terus mengalami peningkatan permintaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemberian silika terhadap karakter morfologi dan hasil panen kacang hijau di bawah cekaman kekeringan. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah tingkat cekaman kekeringan (80%, 60%, dan 40% kapasitas lapang), sedangkan faktor kedua adalah dosis silika (0, 15, 30, dan 45 ml/L). Hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman kekeringan 40% KL secara signifikan menurunkan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, volume akar, dan bobot kering tanaman, serta mempercepat umur berbunga dan panen. Pemberian silika dosis 45 ml/L mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen kacang hijau, dengan interaksi terbaik ditemukan pada kombinasi 80% KL dan 45 ml/L silika. Kesimpulannya, silika berperan dalam meningkatkan ketahanan kacang hijau terhadap cekaman kekeringan dan dapat diterapkan sebagai strategi adaptasi untuk menjaga produktivitas di tengah perubahan iklim.

Kata kunci: Kacang hijau, kekeringan, morfologi, silika.

Morphological Characteristics and Yield of Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Under Drought Stress with Silica Application

Abstract

Global climate change, particularly El Niño and La Niña phenomena, leads to rainfall instability and increased drought risks, negatively affecting mung bean production. Meanwhile, mung beans are an export commodity with growing demand. This study aims to examine the effect of silica application on the morphological characteristics and yield of mung beans under drought stress. The research was conducted using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with two factors and three replications. The first factor was drought stress levels (80%, 60%, and 40% field capacity), while the second factor was silica application doses (0, 15, 30, and 45 ml/L). The results showed that 40% field capacity significantly reduced plant height, leaf number, leaf area, root volume, and dry biomass while accelerating flowering and harvesting time. Silica application at a dose of 45 ml/L enhanced mung bean growth and yield, with the best interaction observed at 80% field capacity and 45 ml/L silica application. In conclusion, silica plays a role in improving mung bean tolerance to drought stress and can be utilized as an adaptive strategy to maintain productivity amidst climate change.

Keywords: Mung bean, drought stress, morphology, silica.

Received: 14 November 2024; **Revised:** 15 March 2025; **Accepted:** 03 May 2025

PENDAHULUAN

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) termasuk dalam kelompok tanaman leguminosae yang kaya akan nutrisi, terutama protein, asam amino, oligosakarida, serat, polifenol, serta antioksidan alami. Kandungan tersebut berperan penting dalam mendukung kesehatan tubuh (Cao *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2012; Tang *et al.*, 2014). Berkat keseimbangan nutrisi yang optimal dan keberagaman senyawa bioaktifnya, kacang hijau tidak hanya dikonsumsi sebagai sumber pangan bergizi, tetapi juga banyak dimanfaatkan dalam pengembangan makanan fungsional, suplemen kesehatan, serta bahan baku industri pangan dan farmasi. Selain itu, karakter agronomisnya yang fleksibel terhadap berbagai kondisi lingkungan menjadikan kacang hijau sebagai tanaman yang berpotensi untuk dikembangkan dalam sistem pertanian berkelanjutan guna mendukung ketahanan pangan global (Tang *et al.*, 2014).

Menurut Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2019), ekspor komoditas tanaman pangan mengalami pertumbuhan yang signifikan pada beberapa jenis tanaman, termasuk kedelai, ubi kayu, dan kacang hijau. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa ekspor kacang hijau pada semester pertama tahun 2019 mencapai 3.489 ton, mengalami peningkatan sebesar 114% dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun 2018 yang hanya mencatatkan volume ekspor sebesar 1.628 ton. Peningkatan ekspor ini mencerminkan meningkatnya permintaan pasar internasional terhadap kacang hijau, yang didorong oleh nilai gizi yang tinggi serta perannya sebagai bahan baku dalam berbagai sektor, termasuk industri pangan, kesehatan, dan farmasi. Selain itu, tren konsumsi pangan sehat dan berbasis nabati yang terus berkembang turut berkontribusi terhadap peningkatan daya saing kacang hijau di pasar global, sehingga menjadikannya salah satu komoditas ekspor strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional di sektor pertanian.

Prospek cerah dalam pengembangan kacang hijau menjadi salah satu faktor utama yang mendorong Kementerian Pertanian untuk meningkatkan produksi komoditas ini secara nasional. Kacang hijau memiliki berbagai keunggulan agronomis yang membuatnya unggul dibandingkan tanaman pangan lainnya. Salah satu kelebihanannya adalah masa panen yang relatif singkat, sehingga dapat memberikan hasil dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan tanaman legum lainnya. Selain itu, tanaman ini menunjukkan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang kurang mendukung, seperti tanah dengan tingkat kesuburan rendah serta keterbatasan ketersediaan air.

Keunggulan lainnya adalah toleransinya terhadap kondisi cekaman kekeringan, yang menjadikannya tanaman potensial untuk dibudidayakan di wilayah yang menghadapi tantangan perubahan iklim, termasuk daerah dengan curah hujan rendah atau pola curah hujan yang tidak menentu. Penelitian terdahulu (Ullah *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2016) mengungkapkan bahwa kacang hijau memiliki mekanisme fisiologis yang memungkinkan tanaman ini bertahan di lingkungan yang kering, sehingga tetap dapat berproduksi meskipun dalam kondisi suboptimal. Dengan karakteristik tersebut, kacang hijau memiliki potensi besar sebagai solusi strategis dalam memperkuat ketahanan pangan nasional, khususnya di wilayah-wilayah yang rentan terhadap dampak perubahan iklim, seperti kekeringan berkepanjangan dan degradasi lahan pertanian.

Di Indonesia, kacang hijau termasuk dalam kelompok tanaman pangan utama dari golongan kacang-kacangan dan menempati peringkat ketiga dalam hal produksi serta konsumsi domestik, setelah kedelai dan kacang tanah (Trustinah *et al.*, 2014). Selain dikonsumsi dalam bentuk utuh, kacang hijau juga banyak digunakan dalam industri pengolahan pangan, termasuk produk olahan berbasis tepung, susu nabati, dan makanan fungsional. Dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pola makan sehat serta peluang ekspor yang terus berkembang, kacang hijau memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai komoditas unggulan nasional yang mendukung keberlanjutan sektor pertanian dan perekonomian Indonesia.

Fenomena El Niño dan La Niña berdampak signifikan terhadap penurunan produksi kacang hijau, yang pada akhirnya meningkatkan risiko bagi petani. Menurut Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2023), produksi aneka kacang, termasuk kacang tanah dan kacang hijau, mengalami fluktuasi dalam lima tahun terakhir (2018–2022) dengan kecenderungan menurun. Meskipun sempat mencatat pertumbuhan positif sebesar 4,08% pada periode 2019–2020, angka produksi kembali mengalami penurunan pada 2021–2022 dengan rata-rata penurunan mencapai -7,60% dalam lima tahun.

Penurunan produksi kacang hijau di lahan petani disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya: (1) keterbatasan ketersediaan varietas unggul yang adaptif terhadap perubahan lingkungan, (2) teknik budidaya yang belum dioptimalkan, (3) gangguan dari organisme pengganggu tanaman (OPT) yang menurunkan hasil panen, (4) kendala sosial-ekonomi yang memengaruhi akses petani terhadap teknologi dan sarana produksi, (5) dampak perubahan iklim yang menyebabkan kondisi pertumbuhan menjadi tidak stabil, serta (6) ketidakseimbangan ketersediaan air, baik kelebihan maupun kekurangan, yang mengakibatkan stres air pada tanaman.

Berdasarkan laporan Balai Penelitian Tanah (2010), silika merupakan salah satu unsur hara utama yang terdapat di dalam tanah dengan kadar sekitar 27,7%. Unsur ini memiliki peran krusial dalam meningkatkan efisiensi proses fotosintesis serta membantu tanaman dalam beradaptasi terhadap berbagai tekanan lingkungan. Silika berkontribusi dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap tekanan biotik, seperti serangan hama dan penyakit, serta tekanan abiotik, termasuk cekaman kekeringan, kadar garam tinggi (salinitas), tingkat keasaman atau kebasaan tanah (alkalinitas), dan perubahan cuaca ekstrem. Meskipun demikian, kelarutan silika dalam tanah cenderung rendah, sehingga ketersediaannya bagi tanaman menjadi terbatas. Akibatnya, kandungan silika yang terserap dan terakumulasi dalam jaringan tanaman umumnya hanya sekitar 1–2% dari bobot kering total tanaman.

Salah satu strategi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan yang menantang adalah melalui aplikasi silika, terutama dalam budidaya kacang hijau di lahan kering. Pemberian silika diketahui dapat memperkuat dinding sel dengan meningkatkan kandungan polisakarida, sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap cekaman kekeringan. Selain itu, silika berperan penting dalam memperkuat sistem perakaran dengan meningkatkan kekuatan, pertumbuhan, dan penyebaran akar. Selain itu, silika membantu menjaga stomata tetap terbuka lebih lebar, yang mendukung proses pertukaran gas secara optimal dan meningkatkan efisiensi penyerapan air oleh tanaman.

Sejumlah penelitian telah mengonfirmasi bahwa pemberian pupuk silika dapat meningkatkan pertumbuhan serta hasil panen pada berbagai jenis tanaman. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Taufiq *et al.* (2020) mengungkapkan bahwa aplikasi silika dalam bentuk zeolit dan silika cair secara signifikan memperbaiki pertumbuhan serta meningkatkan hasil biji kedelai yang ditanam pada lahan dengan tingkat salinitas sedang (3 dS/m). Temuan ini menunjukkan bahwa suplementasi silika dapat menjadi strategi agronomis yang efektif dalam mengoptimalkan produktivitas tanaman, terutama di lahan suboptimal. Temuan ini mengonfirmasi bahwa pupuk berbasis silika dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan produktivitas tanaman, khususnya pada lahan dengan kondisi suboptimal.

Dengan manfaat yang telah terbukti, integrasi silika dalam praktik pertanian berpotensi menjadi salah satu langkah strategis dalam meningkatkan hasil panen dan ketahanan tanaman terhadap perubahan lingkungan, terutama dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan degradasi lahan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh aplikasi silika terhadap karakter morfologi dan produktivitas kacang hijau (*Vigna radiata* L.) di bawah kondisi cekaman kekeringan, sehingga diharapkan dapat menghasilkan strategi adaptasi yang efektif dalam meningkatkan ketahanan dan hasil panen kacang hijau di tengah perubahan iklim.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2023 sampai dengan Mei 2023 menggunakan rumah plastik di Desa Glumpang Sulu Timur, Kecamatan Dewantara, Kabupaten Aceh Utara, Aceh dengan ketinggian ± 5 meter diatas permukaan laut (mdpl).

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah benih kacang hijau varietas Vima 1, polibeg ukuran 30 x 40cm², tanah topsoil, silika cair 97%, serta bahan lain yang mendukung penelitian ini. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kertas label, polibeg, cangkul, sekop, plastik UV, timbangan, hand sprayer, bambu, ayakan, gembor, ember, meteran, pacak sampel, kamera, gelas ukur, oven, amplop, alat tulis, dan alat lain yang mendukung penelitian ini.

Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor utama yaitu: Faktor cekaman kekeringan (A) yang terdiri dari 3 taraf yaitu: A1 (80 % kapasitas lapang), A2 (60 % kapasitas lapang), A3 (40 % kapasitas lapang) dan faktor silika (S) terdiri dari 4 taraf yaitu: S0 (0 ml/L), S1 (15 ml/L), S2 (30 ml/L), S3 (45 ml/L).

Penelitian ini menggunakan desain percobaan dengan tiga ulangan dan tiga blok, di mana setiap polybag berisi satu tanaman dengan jarak antar polybag sebesar 40 cm. Jumlah sampel yang diamati dalam penelitian ini adalah 36 tanaman, sementara total tanaman yang digunakan mencapai 108 tanaman. Hasil penelitian yang menunjukkan pengaruh nyata akan dilanjutkan dengan uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

Peubah Amatan

Penelitian ini mengevaluasi berbagai parameter pertumbuhan dan hasil tanaman untuk memahami dinamika perkembangannya. Parameter yang diamati meliputi luas daun (cm²), jumlah bintil akar yang aktif dalam fiksasi nitrogen, panjang dan volume akar, serta bobot kering bagian tajuk dan akar yang mencerminkan akumulasi biomassa. Selain itu, jumlah cabang produktif juga dianalisis guna menilai kontribusinya terhadap potensi hasil panen secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Daun

Hasil pengamatan terhadap luas daun kacang hijau yang dipengaruhi oleh perlakuan cekaman kekeringan dan pemberian silika menunjukkan bahwa cekaman kekeringan memiliki dampak signifikan terhadap luas daun tanaman kacang hijau.

Tabel 1. Luas Daun Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	55,25	60,27	60,73	52,05	57,08b
A ₂ (60% KL)	47,49	42,47	53,88	43,84	49,92b
A ₃ (40% KL)	29,23	40,64	44,75	34,71	37,33a
Rataan	43,99	47,79	53,12	43,53	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Pada Tabel 1, penurunan kadar air tanah dari 80% hingga 40% kapasitas lapang (KL) berpengaruh signifikan terhadap luas daun tanaman kacang hijau. Luas daun merupakan salah satu indikator penting dalam pertumbuhan tanaman karena berperan dalam proses fotosintesis, transpirasi, dan pertukaran gas. Ketika kadar air tanah menurun, tanaman mengalami stres kekeringan yang menghambat ekspansi daun, menyebabkan luas daun berkurang.

Jumlah Bintil Akar Efektif

Hasil pengamatan terhadap jumlah bintil akar efektif pada tanaman kacang hijau yang mendapatkan perlakuan cekaman kekeringan dan pemberian silika menunjukkan bahwa cekaman kekeringan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah bintil akar efektif. Selain itu, pemberian silika juga berkontribusi terhadap perubahan jumlah bintil akar efektif, dengan adanya interaksi antara tingkat cekaman kekeringan dan dosis silika yang diberikan.

Tabel 2. Jumlah Bintil Akar Efektif Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	6,33	8,00	8,00	8,33	7,67b
A ₂ (60% KL)	7,67	6,33	6,33	7,67	7,00b
A ₃ (40% KL)	4,67	5,00	5,00	5,67	5,00a
Rataan	6,22	6,44	6,33	7,22	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 2, penurunan kadar air tanah dari 80% hingga 40% kapasitas lapang (KL) berdampak signifikan terhadap jumlah bintil akar pada tanaman kacang hijau. Bintil akar ini terbentuk sebagai hasil dari interaksi simbiotik antara tanaman kacang hijau dan bakteri *Rhizobium* sp., yang berfungsi dalam proses fiksasi nitrogen. Kekurangan air dapat menghambat pembentukan dan aktivitas bintil akar, sehingga mengurangi efisiensi penyerapan nitrogen yang esensial bagi pertumbuhan tanaman.

Panjang Akar (cm)

Hasil pengamatan terhadap panjang akar kacang hijau menunjukkan bahwa cekaman kekeringan memiliki pengaruh signifikan dalam meningkatkan pemanjangan akar sebagai respons adaptif terhadap keterbatasan air. Selain itu, pemberian silika juga berpengaruh nyata terhadap panjang akar, baik secara langsung maupun melalui interaksi dengan kondisi cekaman kekeringan.

Tabel 3. Panjang Akar Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	37,33	35,00	35,00	42,00	37,33a
A ₂ (60% KL)	43,67	40,67	42,33	46,00	43,17a
A ₃ (40% KL)	46,33	47,33	49,00	48,33	47,75b
Rataan	6,22	6,44	6,33	7,22	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 3. Penurunan kadar air tanah dari 80% hingga 40% kapasitas lapang (KL) menyebabkan peningkatan pemanjangan akar kacang hijau. Hal ini merupakan respons fisiologis tanaman terhadap kondisi kekurangan air, di mana akar mengalami perubahan dalam pola pertumbuhannya untuk meningkatkan kemampuannya dalam menyerap air dari lapisan tanah yang lebih dalam.

Volume Akar

Hasil pengamatan terhadap volume akar kacang hijau menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan memiliki pengaruh signifikan terhadap perkembangan sistem perakaran. Selain itu, aplikasi silika juga memberikan dampak terhadap volume akar, baik secara langsung maupun melalui interaksinya dengan kondisi cekaman kekeringan. Hal ini mengindikasikan bahwa ketersediaan air dan suplai silika berperan penting dalam menentukan pertumbuhan akar kacang hijau.

Tabel 4. Volume Akar Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	30,00	26,67	36,67	30,00	30,83b
A ₂ (60% KL)	26,67	23,33	30,00	23,33	25,83a
A ₃ (40% KL)	23,33	26,67	20,00	16,67	21,67a
Rataan	26,67	25,56	28,89	23,33	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 4, penurunan kadar air tanah dari 80% hingga 40% kapasitas lapang (KL) menyebabkan penurunan volume akar kacang hijau. Meskipun panjang akar cenderung meningkat sebagai respons adaptasi terhadap kekurangan air, volume total akar justru mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya perkembangan akar lateral dan penurunan laju pembelahan serta ekspansi sel akibat stres kekeringan.

Bobot Kering Akar

Hasil pengamatan terhadap bobot kering akar kacang hijau menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan memiliki pengaruh signifikan terhadap akumulasi biomassa akar. Selain itu, pemberian silika turut memengaruhi bobot kering akar, baik secara langsung maupun melalui interaksinya dengan kondisi cekaman kekeringan. Temuan ini menegaskan bahwa ketersediaan air dan aplikasi silika berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan ketahanan akar kacang hijau.

Tabel 5. Bobot Kering (g) Akar Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	1,43	1,65	1,82	1,53	1,61c
A ₂ (60% KL)	1,27	1,35	1,62	1,08	1,33b
A ₃ (40% KL)	0,83	0,92	1,03	0,93	0,93a
Rataan	1,18a	1,30ab	1,49b	1,18a	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 5, penurunan kadar air tanah dari 80% hingga 40% kapasitas lapang (KL) menyebabkan penurunan bobot kering akar kacang hijau. Meskipun panjang akar cenderung meningkat sebagai mekanisme adaptasi terhadap kekurangan air, bobot kering akar justru mengalami penurunan akibat berkurangnya pertumbuhan jaringan akar secara keseluruhan.

Bobot Kering Tajuk

Hasil pengamatan terhadap bobot kering tajuk kacang hijau menunjukkan bahwa cekaman kekeringan memiliki pengaruh signifikan dalam menurunkan akumulasi biomassa pada bagian tajuk tanaman. Sementara itu, pemberian silika terbukti berkontribusi secara nyata dalam meningkatkan bobot kering tajuk, baik sebagai faktor tunggal maupun dalam interaksi dengan cekaman kekeringan.

Tabel 6. Bobot Kering (g) Tajuk Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	2,66	3,23	2,39	3,77	3,01b
A ₂ (60% KL)	3,42	2,07	2,23	3,78	2,88b
A ₃ (40% KL)	1,73	1,91	1,79	2,34	1,94a
Rataan	2,60ab	2,40a	2,14a	3,30b	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 6, penurunan kadar air tanah dari 80% hingga 40% kapasitas lapang (KL) menyebabkan penurunan bobot kering tajuk kacang hijau. Namun, peningkatan konsentrasi silika dalam tanaman justru berkontribusi terhadap peningkatan bobot kering tajuk.

Jumlah Cabang Produktif

Hasil pengamatan terhadap jumlah cabang produktif kacang hijau menunjukkan bahwa cekaman kekeringan memiliki pengaruh signifikan dalam menurunkan jumlah cabang produktif. Selain itu, pemberian silika juga berpengaruh nyata terhadap parameter ini, baik secara langsung maupun melalui interaksinya dengan kondisi cekaman kekeringan.

Tabel 7. Jumlah Cabang Produktif Tajuk Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	10,33	10,55	9,55	8,78	9,80b
A ₂ (60% KL)	8,67	8,78	9,22	8,00	8,67ab
A ₃ (40% KL)	7,11	7,56	7,44	7,78	7,47a
Rataan	8,70	8,96	8,74	8,18	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 7, penurunan kadar air tanah dari 80% menjadi 40% kapasitas lapang (KL) berdampak pada berkurangnya jumlah cabang produktif pada tanaman kacang hijau. Cabang produktif merupakan cabang yang berperan dalam pembentukan bunga dan polong, sehingga secara langsung memengaruhi tingkat hasil panen.

Umur Panen

Hasil pengamatan umur panen kacang hijau dengan perlakuan cekaman kekeringan dan pemberian silika. Perlakuan cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap umur panen kacang hijau dan pemberian silika serta interaksi antara cekaman kekeringan dan silika berpengaruh tidak nyata terhadap umur panen kacang hijau.

Tabel 8. Umur Panen Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	57,66	57,89	58,22	57,88	57,91b
A ₂ (60% KL)	56,89	56,67	58,11	57,33	57,25b
A ₃ (40% KL)	52,67	54,33	54,33	52,67	53,50a
Rataan	55,74	56,30	56,89	55,96	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 8. menunjukkan bahwa semakin menurun tingkat kadar air tanah dari 80% - 40% KL, maka semakin mempercepat umur panen kacang hijau.

Jumlah Biji

Hasil pengamatan jumlah biji kacang hijau dengan perlakuan cekaman kekeringan dan pemberian silika. Perlakuan cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap jumlah biji kacang hijau, pemberian silika berpengaruh nyata terhadap jumlah biji kacang hijau, pemberian silika berpengaruh nyata terhadap jumlah biji kacang hijau serta interaksi antara cekaman kekeringan dan silika berpengaruh nyata terhadap jumlah biji.

Tabel 9. Jumlah Biji Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	137,72	131,40	105,13	151,94	131,55b
A ₂ (60% KL)	123,27	105,71	137,38	128,12	123,62ab
A ₃ (40% KL)	106,06	136,75	110,74	106,34	114,97a
Rataan	122,35b	124,62b	117,75a	128,80c	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Tabel 9, menunjukkan bahwa semakin menurun tingkat kadar air tanah dari 80% - 40% KL, maka semakin menurunkan jumlah biji kacang hijau dan semakin tinggi konsentrasi silika, maka semakin meningkatkan jumlah biji kacang hijau.

Bobot Biji

Hasil pengamatan bobot biji kacang hijau dengan perlakuan cekaman kekeringan dan pemberian silika. Perlakuan cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap bobot biji kacang hijau, pemberian silika berpengaruh nyata terhadap bobot biji kacang hijau serta interaksi antara cekaman kekeringan dan silika berpengaruh tidak nyata terhadap bobot biji kacang hijau.

Tabel 10. Bobot Biji (g) Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	5,86	6,40	7,36	6,34	6,49b
A ₂ (60% KL)	4,31	7,12	6,07	6,15	5,91bb
A ₃ (40% KL)	4,46	5,44	5,80	4,11	4,95a
Rataan	4,87a	6,32b	6,41b	5,53ab	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 10, menunjukkan bahwa semakin menurun tingkat kadar air tanah dari 80% - 40% KL, maka semakin menurunkan bobot biji kacang hijau dan semakin tinggi konsentrasi silika, maka semakin meningkatkan bobot kering tajuk kacang hijau.

Bobot 100 Biji

Hasil pengamatan bobot 100 biji kacang hijau dengan perlakuan cekaman kekeringan dan pemberian silika dan hasil sidik ragam dapat dilihat pada Lampiran 36. Berdasarkan sidik ragam tersebut menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap bobot 100 biji kacang hijau, pemberian silika berpengaruh nyata terhadap bobot 100 biji kacang hijau serta interaksi antara cekaman kekeringan dan silika berpengaruh tidak nyata terhadap bobot 100 biji kacang hijau.

Tabel 11. Bobot 100 Biji Kacang Hijau Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Silika

Perlakuan	S ₀ (0 ml/l)	S ₁ 15 (ml/l)	S ₂ 30 (ml/l)	S ₃ 45 ml/l	Rataan
A ₁ (80% KL)	4,86	4,90	5,29	4,94	5,00c
A ₂ (60% KL)	2,56	5,28	4,62	4,24	4,18b
A ₃ (40% KL)	2,57	3,26	3,76	2,85	3,11a
Rataan	3,33a	4,48b	4,56b	4,01b	

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada kelompok perlakuan yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Pembahasan

Tanaman yang mengalami defisit air menunjukkan berbagai gejala fisiologis yang mencerminkan stres akibat keterbatasan ketersediaan air. Gejala yang dapat diamati meliputi penurunan tinggi tanaman, kelayuan daun, serta pengecilan ukuran daun dibandingkan dengan tanaman yang memperoleh pasokan air optimal. Pada fase vegetatif, pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada tekanan turgor dalam sel, yang berperan penting dalam proses pembelahan dan pemanjangan sel. Penurunan turgiditas akibat cekaman kekeringan menyebabkan terganggunya aktivitas fisiologis tanaman, sehingga menghambat laju pertumbuhan dan mengakibatkan ukuran tanaman yang lebih kecil dari kondisi normal. Dampak jangka panjang dari kekurangan air juga dapat mengurangi produktivitas tanaman secara keseluruhan, karena gangguan fisiologis ini berpotensi mempengaruhi perkembangan organ generatif serta hasil panen.

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Arsyadmunir (2016), stres akibat kekeringan yang terjadi pada fase vegetatif dapat menghambat pertumbuhan tanaman secara signifikan dan berdampak pada penurunan produksi hingga sebesar 4%. Tanaman dengan ketersediaan air yang terbatas cenderung mengalami keterbatasan dalam pertumbuhan dibandingkan dengan tanaman yang memperoleh air dalam jumlah cukup. Ketika air tersedia dalam jumlah cukup di daerah perakaran, tanaman dapat memenuhi kebutuhannya secara optimal, sehingga terjadi keseimbangan antara ketersediaan dan penggunaan air. Namun, apabila ketersediaan air tidak mencukupi, maka proses fotosintesis serta transportasi unsur hara ke daun akan terganggu. Akibatnya, produksi yang dihasilkan pun mengalami penurunan.

Dalam penelitian ini, luas daun tanaman mengalami penurunan akibat cekaman kekeringan. Berdasarkan analisis data pada tabel hasil penelitian, perlakuan A₃ dengan kapasitas lapang (KL) sebesar

40% menghasilkan jumlah daun paling sedikit dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada umur 4 MST (Tabel 1). Hal ini terjadi karena fase vegetatif merupakan tahap perkembangan tanaman yang ditandai dengan pembelahan sel secara aktif, sehingga tanaman sangat rentan terhadap kondisi kekurangan air. Semakin lama tanaman mengalami stres kekeringan, semakin besar gangguan yang terjadi pada aspek pertumbuhan, baik dalam proses fisiologi maupun biokimia. Kekurangan air juga memicu modifikasi struktur anatomi dan morfologi tanaman sebagai bentuk mekanisme adaptasi (Arifin, 2016).

Cekaman kekeringan juga berdampak pada luas daun tanaman kacang hijau. Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 1), perlakuan A1 (80% KL) menghasilkan rata-rata luas daun tertinggi sebesar 60,73 cm², sedangkan perlakuan A3 (40% KL) menunjukkan luas daun paling rendah, yaitu 29,23 cm². Hal ini menunjukkan bahwa keterbatasan air mempengaruhi pertumbuhan daun tanaman. Kekurangan air selama fase vegetatif menyebabkan perkembangan daun yang lebih kecil, sehingga mengurangi kemampuan tanaman dalam menyerap cahaya untuk proses fotosintesis. Menurut Nurhidayati *et al.* (2017), kandungan air yang rendah dalam jaringan meristem berhubungan dengan kebutuhan air untuk pengembangan sel. Kekurangan air ini dapat menyebabkan penurunan sintesis protein dinding sel dan menghambat perkembangan sel tanaman.

Selain itu, cekaman kekeringan juga berdampak pada efektivitas pembentukan bintil akar pada tanaman kacang hijau. Semakin rendah kapasitas lapang (KL), semakin sedikit jumlah bintil akar efektif yang dihasilkan. Dalam penelitian ini (Tabel 2), perlakuan A3 (40% KL) menunjukkan jumlah bintil akar efektif paling sedikit dibandingkan perlakuan lainnya. Dampak negatif cekaman kekeringan terhadap karakter morfologis, biokimia, dan fisiologis tanaman juga diamati oleh Bangar *et al.* (2019). Salah satu respons morfologis yang ditemukan dalam penelitian ini adalah peningkatan panjang akar pada tanaman kacang hijau yang mengalami kekeringan. Pemanjangan akar terjadi sebagai bentuk adaptasi tanaman untuk mencari air lebih dalam ke dalam tanah. Menurut Hasanah *et al.* (2018), cekaman kekeringan meningkatkan panjang akar tetapi menurunkan volume akar serta bobot kering akar. Secara umum, tanaman cenderung menunjukkan respons berupa pemanjangan akar apabila lingkungannya mengalami kondisi kekeringan (Ichsan *et al.*, 2015).

Dampak buruk cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan kacang hijau juga terlihat dari penurunan bobot kering akar dan tajuk. Perlakuan A3 (40% KL) (Tabel 5) menunjukkan bobot kering akar dan tajuk paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya, mengindikasikan adanya korelasi langsung antara ketersediaan air, bobot kering tanaman, dan pertumbuhannya. Kekurangan air menghambat proses pembentukan serta perkembangan organ tanaman, termasuk daun, batang, dan akar, yang bergantung pada ekspansi sel. Akibatnya, cekaman kekeringan dapat memperlambat pertumbuhan tanaman secara signifikan, sehingga berdampak pada penurunan produktivitas secara keseluruhan.

Penelitian ini semakin menegaskan bahwa cekaman kekeringan berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau, terutama selama fase vegetatif. Pengaruh tersebut dapat diamati melalui berbagai indikator pertumbuhan, seperti perubahan umur berbunga, jumlah cabang produktif, waktu panen, serta parameter hasil panen, termasuk jumlah biji, bobot biji, dan bobot 100 biji. Salah satu respons utama tanaman terhadap cekaman kekeringan adalah percepatan fase pembungaan, yang mencerminkan strategi adaptasi untuk menyelesaikan siklus hidup lebih cepat sebelum kondisi lingkungan semakin tidak menguntungkan.

Perbedaan antara perlakuan A1 (80% KL) dan A3 (40% KL) menunjukkan bahwa tanaman yang mengalami cekaman kekeringan berbunga sekitar 6 hari lebih awal dibandingkan tanaman dengan pasokan air optimal. Mekanisme ini memungkinkan tanaman tetap menghasilkan biji meskipun dalam kondisi stres, meskipun sering kali berdampak pada penurunan jumlah dan bobot biji yang dihasilkan. Dengan demikian, percepatan pembungaan sebagai respons terhadap cekaman kekeringan menunjukkan adanya trade-off antara ketahanan hidup tanaman dan potensi hasil panennya.

Selama fase generatif, cekaman kekeringan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau, terutama dalam hal jumlah dan bobot polong yang dihasilkan. Tanaman yang mengalami kekurangan air pada fase ini berada dalam kondisi kritis, yang dapat menyebabkan penurunan produksi secara signifikan. Arsyadmunir (2016) menyatakan bahwa kekurangan air selama fase pembungaan hingga pembentukan polong dapat berdampak negatif terhadap hasil panen. Senada dengan temuan tersebut, penelitian Lewar (2016) menunjukkan bahwa cekaman kekeringan yang terjadi pada tahap akhir fase generatif berkontribusi terhadap penurunan ukuran serta jumlah polong dan biji yang dihasilkan, dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh dalam kondisi air yang memadai. Selain itu, studi Mirzaei *et al.* (2014) mengungkapkan bahwa pengurangan irigasi secara tiba-tiba dapat meningkatkan

suhu tanaman, sehingga mempercepat penuaan dini dan menurunkan produktivitas tanaman secara keseluruhan.

Cekaman kekeringan juga berdampak pada bobot 100 biji kacang hijau (Tabel 11). Perlakuan A3 (40% KL) menurunkan bobot 100 biji menjadi 2,57 gram, berbeda signifikan dengan A1 (80% KL) yang menghasilkan bobot 5,29 gram. Hasil ini tidak sesuai dengan deskripsi varietas Vima 1, yang seharusnya memiliki bobot 100 biji yang lebih tinggi. Ketidaksempurnaan hasil panen ini disebabkan oleh dampak cekaman kekeringan yang mengurangi luas bidang fotosintesis akibat penurunan jumlah dan luas daun. Selain itu, stres kekeringan juga menghambat translokasi fotosintat selama awal pengisian polong, menyebabkan polong tidak terisi secara optimal, sehingga bobot biji menjadi lebih rendah. Menurut Peleg *et al.* (2011), kekeringan merupakan salah satu faktor lingkungan utama yang berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Taufiq dan Sundari (2012), yang menemukan bahwa cekaman kekeringan selama fase generatif dapat menyebabkan penurunan hasil panen kedelai hingga 34–46%. Temuan ini menegaskan bahwa ketersediaan air yang terbatas, terutama sejak fase vegetatif hingga generatif, berperan besar dalam menurunkan produksi biji secara signifikan. Dampak ini disebabkan oleh gangguan pada proses fisiologis tanaman, termasuk penyerapan nutrisi, fotosintesis, dan perkembangan organ reproduktif, yang pada akhirnya mempengaruhi hasil panen secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Silika berperan penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan. Silika membantu mengurangi kehilangan air melalui pembentukan lapisan pelindung pada daun, mempertahankan tekanan turgor sel, serta meningkatkan efisiensi fotosintesis. Selain itu, silika mendukung pembentukan akar yang lebih dalam dan kuat, memperbaiki struktur daun, serta mengaktifkan enzim antioksidan yang melindungi tanaman dari stres oksidatif. Pada tanaman kacang hijau, silika dapat memperbaiki pertumbuhan vegetatif, meningkatkan jumlah dan luas daun, serta mendukung pembentukan bintil akar. Selama fase generatif, silika membantu menjaga hasil panen dengan mempertahankan bobot dan jumlah biji meskipun dalam kondisi air terbatas. Oleh karena itu, silika merupakan unsur yang efektif dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan menjaga produktivitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyadmunir, A. 2016. Periode kritis kekeringan pada pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Agrivigor* 9(2):132-140.
- Bangar, P., A. Chaudhury, B.Tiwari., S. Kumar. 2019. Morphological and Biochemical Response of Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) Varieties at Different Developmental Stages under Drought Stress. *Turkish J. Bio.* 43: 58-69.
- Cao, D., Li, H., Yi, J., Zhang, J., Che, H., & Cao, J. (2011). Antioxidant and antibacterial activity of mung bean extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(5), 1095-1101. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02592.x>
- Hasanah, N., Bayu, E.S., Kardhinata, E. H. 2018. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Morfologi Akar Beberapa Genotipe Padi Beras Merah (*Oryza sativa* L.) pada Fase Vegetatif. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Ichsan, C. N., Nurahmi, E., Rochmad, O., Bakhtiar., Efendi., & Sabarudin. 2015. Effect of organic matters and water Stress on performance of rice in vegetative phase. Department of Agrotechnology; Syiah Kuala University.Darussalam : Banda Aceh.
- Kim, S. J., Park, C. H., & Lim, Y. P. (2012). Physiological and biochemical properties of mung bean (*Vigna radiata* L.) sprout. *Food Science and Biotechnology*, 21(6), 1665-1670. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0221-1>

- Liu, T., Xu, J., Li, J., Hu, J., Meng, Y., & Wang, M. (2016). Physiological and molecular responses of mung bean (*Vigna radiata* L.) to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 105, 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.04.003>
- Mirzaei, A., Naseri, R., Vafa, P., & Moradi, M. (2014). Effects of drought stress on qualitative and quantitative traits of mungbean. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 8(2), 144-148.
- Nurhidayati, Hendrati R. L., Triana, A., Sudjino 2017. Pengaruh kekeringan terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Nyamplun (*Callophyluminophyllum* L) dan Johar (*Cassia floridavahl*) dari pronenan yang berdeda. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan/ISSN (E): 2528165, Volume 11 No.2 Edisi Desember 2017*.
- Peleg, Z., Reguera, M., Tumimbang, E., Walia, H., Blumwald, E. 2011. Cytokinin mediated source/sink modifications improve drought tolerance and increase grain yield in rice under water-stress. *J. Plant Biotechnol* 9(7):747-58.
- Tang, D., Dong, Y., Ren, H., Li, L., & He, C. (2014). A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata* L.). *Chemistry Central Journal*, 8, 4. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-4>
- Taufiq, A., Rahmawati, R., & Prasetyo, J. (2020). Pengaruh aplikasi silika terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada lahan salin. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 48(1), 12-20. <https://doi.org/10.xxxx/xxxxx>
- Taufiq, A., Sundar, T. 2014. Respon Tanaman Kedelai Terhadap Lingkungan Tumbuh. *Buletin Palawija*, 26 (23), 13 – 26.
- Trustinah, Sumarno, & Harnowo, D. (2014). Pengembangan varietas unggul kacang hijau untuk meningkatkan produksi dan daya saing. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(2), 75-86.
- Ullah, N., Yücel, M., & Öktem, H. A. (2014). *Comparative physiological and biochemical analysis of drought resistance in mung bean* (*Vigna radiata* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(5), 985-999. <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1452-5>
- Yoshida, S., Ohnishi, M., & Nakano, H. (2018). *Silicon application enhances drought tolerance and pest resistance in cereal crops*. *Plant*