

Ketahanan Beberapa Genotipe Kacang Tanah yang diberi Kalsium terhadap Infeksi *Sclerotium rolfsii* Sacc. Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang

Resistance of Peanut Genotypes Treated with Calcium to Sclerotium rolfsii Sacc. Infection Causing Stem Rot Disease

Zahratul Aeni¹, A. Farid Hemon^{2*}, Irwan Muthahanas²

¹(Mahasiswa S1, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

²(Dosen Pembimbing, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

*corresponding author, email: faridhemon1963@yahoo.com

ABSTRAK

Kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) merupakan komoditas pangan bernilai ekonomi tinggi, namun produksinya mengalami penurunan sebesar 7,87% pada tahun 2023. Penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Sclerotium rolfsii* menjadi salah satu faktor utama penurunan hasil kacang tanah karena mampu menginfeksi jaringan pangkal batang hingga menyebabkan nekrosis, kelayuan, dan kematian tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemberian kalsium (Ca) terhadap ketahanan beberapa genotipe kacang tanah terhadap infeksi *S. rolfsii* serta mengidentifikasi genotipe yang paling responsif terhadap perlakuan tersebut. Penelitian dilaksanakan pada Mei–September 2024 di Laboratorium Mikrobiologi dan plastik house Desa Sigerongan, Lombok Barat, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola petak terpisah (split plot) dengan tiga ulangan. Faktor utama adalah dosis kalsium karbonat (0 Kg/Ha dan 300 Kg/Ha), dan faktor anak petak terdiri atas 10 genotipe kacang tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat ketahanan genetik alami ditunjukkan oleh genotipe Domba dengan intensitas penyakit sebesar 60% dan kematian tanaman 0% baik pada perlakuan kalsium maupun tanpa pemberian kalsium. Genotipe Maluku menunjukkan intensitas penyakit paling rendah berturut turut dari 90% menjadi 60% dengan persentase tanaman mati 0% setelah pemberian kalsium. Pemberian kalsium pada genotipe Pelanduk menunjukkan interaksi terbaik terhadap hasil dengan peningkatan jumlah polong kering berisi dari 4,00 menjadi 10,00 buah/polybag. Dari hasil tersebut, genotipe Maluku, Domba dan Pelanduk dapat direkomendasikan sebagai genotipe yang potensial untuk dikembangkan terutama pada daerah yang rentan terhadap serangan *S. rolfsii* dengan memberikan kalsium tambahan pada media tanam.

Kata kunci: kacang_tanah; sclerotium_rolfsii; kalsium; ketahanan_penyakit; genotipe

ABSTRACT

Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) are a high-value food commodity, but their production declined by 7.87% in 2023. Stem rot disease caused by *Sclerotium rolfsii* is one of the main factors contributing to the decline in peanut yields, as it can infect the stem base tissue, leading to necrosis, wilting, and plant death. This study aims to investigate the effect of calcium (Ca) application on the resistance of several peanut genotypes to *S. rolfsii* infection and to identify the most responsive genotypes to the treatment. The study was conducted from May to September 2024 at the Microbiology Laboratory and plastic house in Sigerongan Village, West Lombok, using a completely randomized design (CRD) with a split-plot pattern and three replications. The main factor was calcium dose (0 kg/ha and 300 kg/ha), and the subplot factor consisted of 10 peanut genotypes. The results showed that natural genetic resistance was exhibited by the Domba genotype, with a disease intensity of 60% and 0% plant mortality under both calcium-treated and untreated conditions. The Maluku genotype showed the lowest disease intensity, which decreased from 90% to 60% with no plant mortality after calcium application. Calcium treatment in the Pelanduk genotype showed the best interaction effect on yield, increasing the number of filled dry pods from 4.00 to 10.00 pods per polybag. Based on these results, the Maluku, Domba, and Pelanduk genotypes can be recommended as potential candidates for development, especially in areas prone to *Sclerotium rolfsii* infection, by incorporating additional calcium into the growing medium.

Keywords: peanut, sclerotium_rolfsii; calcium; disease_resistance; genotype

PENDAHULUAN

Kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) merupakan salah satu komoditi tanaman pangan dunia yang mempunyai nilai ekonomi tinggi karena kandungan gizinya. Di Indonesia kacang tanah merupakan sumber pangan ke-4 setelah padi, jagung dan kedelai. Kacang tanah memiliki kandungan gizi yang tinggi yaitu minyak nabati, protein, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin E dan vitamin B kompleks. Selama ini kacang tanah telah dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan bahan baku industri (Lumban, 2013). Namun salah satu hal yang menjadi permasalahan adalah produksi kacang tanah di Indonesia yang sering mengalami penurunan. Direktorat Jendral Tanaman Pangan (2023), melaporkan bahwa produksi kacang tanah pada 2023 mencapai 350,06 ribu ton. Jumlah produksi mengalami penurunan sebanyak 29,91 ribu ton atau 7,87% dibandingkan dengan produksi kacang tanah di tahun 2022 sebesar 379,93 ribu ton. Penurunan produksi dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu adanya serangan patogen penyebab penyakit pada proses budidaya.

Sclerotium rolfsii Sacc. merupakan salah satu patogen tular tanah yang menurunkan produktivitas kacang tanah. Patogen ini menyebabkan penyakit busuk pangkal batang, yang berdampak signifikan pada pertumbuhan dan hasil panen. Serangannya dilaporkan dapat mengurangi hasil tanaman sebesar 25–50%, dengan penurunan hasil polong mencapai 60% (Dos Santos & Bettiol, 2003; Kator *et al.*, 2015). Kerusakan tersebut bahkan dapat terus bertambah apabila tidak dilakukan penanganan yang tepat.

S. rolfsii menginfeksi tanaman diawali dengan cara melakukan penetrasi, menembus jaringan batang dan menyebabkan nekrosis. Batang yang terinfeksi mengalami perubahan warna menjadi coklat muda, menandakan kematian jaringan tanaman. Akibatnya, proses pengangkutan air dan nutrisi menjadi terhambat, sehingga fotosintesis tidak dapat berlangsung optimal. Jika infeksi terus berlanjut, tanaman kehilangan fungsinya dan akhirnya mati (Magenda *et al.*, 2011). Tidak hanya batang tanaman, *S. rolfsii* juga dapat menyerang seluruh bagian tanaman yang berada di dekat permukaan tanah sehingga sangat mudah menyebar. Jamur ini menjadi salah satu patogen yang bersifat endemik pada pertanaman tanaman kacang tanah, sehingga akan selalu menjadi gangguan dalam proses budidaya kacang tanah (Lerdi & Notarianto, 2017). Selain itu, kemampuannya untuk menghasilkan sklerotia yang mampu bertahan lama dalam tanah menjadikannya sulit untuk dikendalikan (Le, 2011). Untuk itu diperlukan teknik pengendalian yang tepat.

Pengendalian untuk patogen tular tanah pada umumnya yaitu melalui perbaikan teknik budidaya seperti penggunaan varietas atau genotipe yang tahan terhadap penyakit. Varietas tahan adalah varietas yang mampu bertahan terhadap infeksi patogen melalui berbagai mekanisme fisiologis dan struktural, seperti pembentukan lapisan kutikula yang tebal, jaringan penghalang yang kuat, atau produksi senyawa antimikroba alami. Sejauh ini varietas kacang tanah yang tahan terhadap *S. rolfsii* masih belum banyak diketahui dan masih harus dikembangkan (Sumartini, 2011), sehingga identifikasi genotipe kacang tanah yang menunjukkan ketahanan alami sangat penting untuk mendukung hasil produksi tanaman yang stabil terutama di lahan rawan serangan *S. rolfsii*. Selain dengan penggunaan varietas tahan, strategi pengendalian lain yang dapat diterapkan adalah dengan peningkatan ketahanan tanaman melalui pemberian nutrisi tambahan berupa kalsium.

Kalsium (Ca) merupakan salah satu unsur hara makro sekunder yang penting bagi tanaman dan perannya dalam tanaman telah banyak diteliti secara luas dalam kaitannya sebagai nutrisi tanaman. Kalsium diperlukan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman, khususnya akar dan tunas tanaman. Selain itu, kalsium berperan dalam mengatur permeabilitas sel tanaman, menjaga keutuhan struktur dan fungsi membran tanaman. Adapun ion dari kalsium berupa Ca^{2+} memegang peranan penting dalam menentukan struktur kekuatan dari dinding sel. Tohr (2019) mengungkapkan bahwa kandungan kadar Ca^{2+} yang rendah dalam dinding sel menyebabkan dinding menjadi lebih lunak dan rentan pecah, sementara kadar Ca^{2+} yang tinggi membuat dinding sel menjadi lebih keras dan kurang fleksibel, mengurangi kemampuannya untuk berkembang secara plastis. Keberadaan kalsium berperan penting dalam mengatur kekuatan dan kelenturan dinding sel tanaman, yang memengaruhi kemampuan tanaman untuk bertahan terhadap stres. Selain itu kalsium juga membantu tumbuhnya dinding sel, perkecambahan, perakaran dan memberi kekuatan pada Leguminose yang tidak berkayu (Nasih, 2010).

Semakin tebal dan kuat dinding sel, terutama pada bagian epidermis tanaman, dapat menghambat proses penetrasi apresorium patogen jamur (Agustin, 2008). Kondisi ini berperan dalam menurunkan intensitas serangan

penyakit yang menyerang bagian tanaman seperti busuk pangkal batang yang menyerang tanaman kacang tanah. Penggunaan varietas tahan dan aplikasi kalsium diharapkan sekaligus dapat menekan tingkat infeksi *S. rolf sii*. Namun hingga saat ini informasi mengenai ketahanan genotipe kacang tanah yang diberi kalsium masih terbatas. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji ketahanan beberapa genotipe kacang tanah yang diberi kalsium terhadap infeksi patogen *S. rolf sii*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga September 2024 di Laboratorium Mikrobiologi dan *Plastic House* Desa Sigerongan, Lombok Barat. Percobaan di lapangan dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola *Split Plot*. Faktor utama adalah dosis kalsium karbonat (CaCO_3) yaitu tanpa dan dengan kalsium 300 kg/ha yang diulang masing-masing 3 (tiga) ulangan, dan faktor anak petak adalah 10 genotipe kacang tanah yaitu G19-UI, G200-I, G300-I, Hypoma II, Pelanduk, Bison, Domba, Talam, Maluku, dan Poncosari.

Isolasi Jamur dari Lapangan

Persiapan percobaan dimulai dengan pembuatan media Potato Dextrose Agar (PDA) sebanyak 400 mL yang digunakan sebagai media tumbuh bagi biakan murni jamur. Proses dilanjutkan dengan isolasi jamur dari lapangan menggunakan metode sterilisasi permukaan substrat (Ilyas *et al.*, 2006). Tanaman kacang tanah yang menunjukkan gejala penyakit busuk pangkal batang diambil dari lapangan, lalu dibersihkan di bawah air mengalir selama kurang lebih 10 menit. Bagian batang yang terinfeksi dipotong sepanjang ± 1 cm, kemudian disterilkan secara berlapis dengan cara direndam dalam etanol selama 1 menit, sodium hipoklorit 2,5% selama 5 menit, dan kembali etanol selama 1 menit. Potongan tersebut dibilas dengan aquades steril dan dikeringkan pada suhu ruang selama 2 hingga 12 jam. Selanjutnya, bagian dalam sampel diambil menggunakan pisau steril, lalu ditanam ke dalam media PDA. Sampel diinkubasi pada suhu ruang selama 3 hingga 7 hari hingga koloni jamur tumbuh, dan isolasi dilakukan secara berulang hingga diperoleh kultur murni *S. rolf sii*.

Persiapan media tanam dan penanaman kacang tanah

Media tanam disiapkan menggunakan polibag berukuran 20 x 25 cm yang diisi dengan tanah sebanyak 9 kg per polibag. Untuk perlakuan kalsium, ditambahkan bubuk kalsium karbonat (CaCO_3) sebanyak 4,8 gram per polibag atau setara 300 kg/ha, lalu dicampurkan merata hingga kedalaman 2–3 cm. Pencampuran dilakukan 10 hari sebelum tanam, dan selama masa tersebut, tanah disiram setiap dua hari sekali dengan 300 mL air untuk membantu pelarutan dan distribusi kalsium. Media tanpa perlakuan kalsium juga tetap disiram untuk menjaga homogenitas kondisi tanah. Persiapan benih dilakukan dengan memilih benih yang memiliki kualitas baik dan bernas. Masing-masing genotipe disiapkan sebanyak 40 butir benih guna mendukung variasi dan kelengkapan data pada setiap perlakuan serta memastikan hasil yang representatif.

Penanaman benih kacang tanah dilakukan 10 hari setelah pemberian kalsium pada media tanam, diawali dengan pembuatan lubang tanam di setiap polibag. Sebelum ditanam, benih dilumuri dengan deltametrin (Kapur Ajaib) untuk mencegah serangan serangga, lalu ditanam sebanyak empat butir per polibag. Sidafur 3 GR juga ditambahkan ke dalam media tanam guna mengurangi risiko serangan hama tanah. Setelah benih tumbuh, dilakukan seleksi dengan menyisakan dua tanaman yang memiliki vigor dan pertumbuhan terbaik. Pada saat tanam, dilakukan pemupukan awal menggunakan pupuk NPK 16:16:16 sebanyak 5 gram per polibag untuk mendukung pertumbuhan tanaman, karena kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang seimbang sangat penting bagi fase awal pertumbuhan kacang tanah.

Inokulasi Jamur dan Pemeliharaan

Inokulasi jamur *S. rolf sii* dilakukan saat tanaman kacang tanah berumur 30 hari setelah tanam (HST), dengan menggunakan koloni jamur hasil kultur murni yang telah diremajakan dalam *petri dish*. Biakan jamur dipotong seukuran $\pm 0,5$ cm, kemudian ditempelkan langsung pada pangkal batang tanaman sebagai sumber infeksi. Karena jamur *S. rolf sii* tumbuh optimal dalam kondisi lembap, kelembapan media dijaga dengan memberikan air ke media tanam jika kondisi tanah tampak kering agar kondisi lingkungan tetap mendukung pertumbuhan patogen.

Pemeliharaan tanaman dilakukan melalui penyiangan dan penyiraman secara rutin. Penyiangan dilakukan secara manual setiap kali gulma muncul di sekitar tanaman untuk mencegah persaingan dalam penyerapan unsur hara yang tersedia di media tanam. Sementara itu, penyiraman dilakukan apabila kondisi tanah terlihat kering

dengan pemberian air sebanyak 300 ml per polibag menggunakan gelas ukur. Langkah ini bertujuan untuk menjaga kelembapan tanah tetap optimal tanpa menyebabkan kelebihan air yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Pengamatan Peubah

Evaluasi ketahanan genotipe tanaman terhadap infeksi *S. rolfsii* dilakukan dengan mengukur pertumbuhan diameter batang, panjang akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot dan jumlah polong kering berisi, jumlah polong cipo, jumlah polong busuk, serta masa inkubasi dan skor gejala penyakit. Masing-masing tanaman yang bergejala dilakukan *scoring* berdasarkan Yusnita & Sudarsono (2004). *Scoring* tanaman bergejala adalah sebagai berikut:

Skor 0 : Tidak ada gejala

Skor 1 : Mengalami nekrosis hingga 0,5 lingkaran batang

Skor 2 : Nekrosis antara 0,5-0,75 lingkaran batang

Skor 3 : Nekrosis telah melingkari batang, muncul bercak coklat yang telah meluas pada permukaan batang yang terinfeksi

Skor 4 : Seperti skor 3 namun tanaman sudah mulai terkulai dan sejumlah daun layu

Skor 5 : Tanaman mati

Persentase intensitas serangan (IS%) dihitung menggunakan rumus berikut:

$$IS = \frac{\sum(n_i \cdot v_i)}{N \cdot Z} \times 100\%$$

Keterangan:

IS : Intensitas serangan

n_i : Jumlah tanaman yang terserang pada skor ke- i

v_i : Nilai skor ke- i

N : Jumlah contoh tanaman atau bagian tertentu tanaman yang diamati

Z : Skor tertinggi

Analisis Data

Data hasil pengamatan dari parameter yang diamati dianalisis menggunakan Analisis Sidik Ragam pada taraf 5%, dengan alat bantu analisis SmartstatXL. Apabila nilai F hitung $> F$ tabel 5% berarti perlakuan berbeda nyata maka dilanjutkan dengan Uji Duncan pada taraf nyata 5%. Selain itu dilakukan pula analisis korelasi data pertumbuhan dan komponen hasil dengan keparahan penyakit pada tanaman untuk mengetahui seberapa besar hubungan yang terjadi antara kedua parameter tersebut. Analisis dilakukan dengan rumus korelasi Pearson's dengan rumus sebagai berikut:

Data pertumbuhan dan komponen hasil yang diperoleh kemudian dilakukan analisis korelasi dengan keparahan penyakit pada tanaman untuk mengetahui seberapa besar hubungan yang terjadi antara kedua parameter tersebut. Analisis dilakukan dengan menggunakan alat bantu SmartStatXL Korelasi Pearson's dengan rumus berikut:

$$r_{xy} = \frac{N \cdot \sum XY - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{\{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{N \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Keterangan:

r : Koefisien korelasi Pearson

XY : Nilai dari dua variabel yang dianalisis

N : Jumlah pasangan data

$\sum XY$: Jumlah hasil perkalian X dan Y

$\sum X$: Jumlah seluruh nilai X

$\sum Y$: Jumlah seluruh nilai Y

$\sum X^2$: Jumlah kuadrat dari nilai X

$\sum Y^2$: Jumlah kuadrat dari nilai Y

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kalsium memberikan pengaruh nyata terhadap beberapa parameter infeksi penyakit, pertumbuhan dan hasil pada beberapa genotipe tanaman kacang tanah. Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) diperoleh bahwa dosis kalsium (Ca) dan genotipe (G) tidak menunjukkan interaksi terhadap sebagian besar parameter pengamatan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai tidak signifikan (NS) pada hampir semua parameter pengamatan untuk interaksi (Ca x G), kecuali pada parameter masa inkubasi patogen dan jumlah polong

kering berisi yang menunjukkan pengaruh signifikan. Artinya, secara umum kedua faktor ini cenderung memberikan pengaruh secara independen.

Faktor dosis kalsium (Ca) secara sendiri menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap parameter keparahan penyakit, pertumbuhan diameter batang pada umur 8 MST, bobot kering akar, bobot kering bagian atas tanaman, jumlah polong kering berisi, bobot polong kering berisi, dan jumlah polong busuk. Sementara itu, faktor genotipe (G) menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap beberapa parameter seperti diameter batang pada umur 4 MST, bobot kering akar, bobot kering bagian atas tanaman, jumlah polong kering berisi, dan bobot polong kering berisi. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan genetik antar genotipe tanaman memegang peran penting dalam menentukan ketahanan, pertumbuhan dan hasil tanaman.

Tanaman yang diberi kalsium umumnya menunjukkan tingkat serangan penyakit yang lebih rendah dibandingkan tanaman tanpa pemberian kalsium. Hal ini ditunjukkan oleh respon masa inkubasi patogen, keparahan penyakit dan persentase tanaman mati dari beberapa genotipe kacang tanah. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pemberian kalsium dan genotipe kacang tanah terhadap masa inkubasi penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *S. rolfisii*.

Tabel 1. Uji Lanjut Interaksi Faktor Dosis Kalsium dan Genotipe pada Parameter Masa Inkubasi Patogen

Genotipe	Masa Inkubasi (Hari)	
	D1 (Non-Kalsium)	D2 (Kalsium 300 Kg/Ha)
G1	3,3 a AB	5,0 a B
G2	2,7 a A	3,7 a A
G3	3,0 a AB	3,7 a A
G4	2,7 a A	5,0 b B
G5	3,7 a AB	3,3 a A
G6	3,0 a AB	3,0 a A
G7	2,7 a A	3,1 a A
G8	4,3 a B	3,3 a A
G9	3,7 a AB	3,0 a A
G10	3,0 a AB	3,3 a A

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0.05. Huruf kecil dibaca arah horizontal, membandingkan antara 2 Dosis Calsium pada Genotipe yang sama. Huruf kapital dibaca arah vertikal, membandingkan antara 2 Genotipe pada Dosis Calsium yang sama; G1= G19-I; G2= Pelanduk; G3= G300-II; G4= Poncosari; G5= Domba; G6=Talam; G7= Maluku; G8= Hypoma II; G9= Bison dan G10= G200-I.

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa tanaman kacang tanah yang dieberi perlakuan tanpa kalsium memiliki masa inkubasi patogen berkisar antara 2 hingga 4 hari. Genotipe Hypoma II memiliki masa inkubasi patogen terpanjang yaitu 4,3 hari dan genotipe Pelanduk, Poncosari, serta Maluku memiliki masa inkubasi terpendek yaitu 2,7 hari. Sedangkan pada tanaman kacang tanah dengan perlakuan pemberian kalsium cenderung mengalami perpanjangan masa inkubasi yang berkisar antara 3 hingga 5 hari, dengan masa inkubasi 5,0 hari pada genotipe G19-I dan Poncosari serta durasi masa inkubasi terpendek yaitu 3,0 hari pada genotipe Talam dan Bison. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian kalsium cenderung memperpanjang masa inkubasi pada beberapa genotipe kacang tanah. Hal ini dapat dikaitkan dengan fungsi kalsium dalam memperkuat struktur dinding sel melalui pembentukan kalsium pektat (Seimianowski *et al.*, 2024), yang diduga bertindak sebagai penghalang terhadap penetrasi dan kolonisasi patogen.

Peningkatan masa inkubasi patogen mencerminkan bahwa tanaman mampu menunda timbulnya gejala infeksi akibat keberadaan patogen. Pada Tabel 1. peningkatan paling nyata terjadi pada genotipe Poncosari, yang mengalami perpanjangan masa inkubasi dari 2,7 hari menjadi 5,0 hari setelah pemberian kalsium. Hal ini menunjukkan bahwa genotipe Poncosari merupakan salah satu genotipe yang responsif terhadap pemberian kalsium, yang diduga memiliki mekanisme penyerapan atau pemanfaatan kalsium yang lebih efektif dalam menghambat perkembangan awal patogen. Sebaliknya, terdapat pula genotipe yang menunjukkan penurunan masa inkubasi setelah diberi kalsium, seperti genotipe Hypoma II dan Bison yang menurun berturut-turut dari 4,3 dan 3,7 menjadi 3,3 dan 3,0 hari setelah diberi kalsium. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak semua genotipe dapat merespons pemberian kalsium yang sama dalam meningkatkan ketahanan terhadap patogen. Hal ini didukung oleh pendapat Narsih (2010) yang menyatakan bahwa kebutuhan kalsium untuk tanaman kacang tanah sangat dipengaruhi oleh genetiknya.



Gambar 1. Tanaman setelah infeksi jamur *S. rolfsii* (anak panah = gejala serangan)

Penundaan perkembangan gejala pada beberapa genotipe kacang tanah akibat diberi kalsium juga sejalan dengan data pada Tabel 2. yang menunjukkan bahwa skor gejala penyakit dan indeks keparahan (IS%) umumnya menurun pada tanaman yang diberi kalsium. Genotipe Pelanduk, Maluku, Hypoma II, Bison dan G200-I menunjukkan penurunan skor yang paling nyata dari skor gejala 4 menjadi 3. Begitu pula dengan intensitas (IS) dari 80% sampai 90% menjadi sekitar 60% sampai 66%. Penurunan gejala penyakit tersebut tidak hanya mengindikasikan berkurangnya agresivitas patogen, tetapi juga memperlihatkan terjadinya peningkatan respons pertahanan beberapa genotipe kacang tanah melalui penguatan jaringan tanaman. Hal ini sejalan dengan penjelasan Mukhlis (2017), bahwa kalsium (Ca) berperan dalam menguatkan dan mengatur daya tembus serta merawat dinding sel tanaman, sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap serangan penyakit fisiologis.

Tabel 2. Rata-rata Keparahan Penyakit Busuk Pangkal Batang Beberapa Genotipe Kacang Tanah Akibat Infeksi Jamur *S. rolfsii*

Genotipe	Skor Gejala		IS%	
	D1 (Non-Kalsium)		D2 (Kalsium 300 Kg/Ha)	
	Skor Gejala	IS%	Skor Gejala	IS%
G1	3,2	63,33	3,3	70,00
G2	4,0	80,00	3,3	66,67
G3	3,5	70,00	3,3	66,67
G4	3,7	73,33	3,7	73,33
G5	3,0	60,00	3,0	60,00
G6	3,5	70,00	3,3	66,67
G7	4,5	90,00	3,0	60,00
G8	4,3	86,67	3,3	66,67
G9	4,2	83,33	3,3	66,67
G10	4,0	80,00	3,3	66,67

Keterangan: IS%= Intensitas keparahan; G1= G19-I; G2= Pelanduk; G3= G300-II; G4= Poncosari; G5= Domba; G6= Talam; G7= Maluku; G8= Hypoma II; G9= Bison dan G10= G200-I.

Ketahanan beberapa genotipe tanaman kacang tanah yang diberi kalsium semakin jelas ketika dikaitkan dengan data kematian tanaman akibat infeksi, seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Persentase (%) Tanaman Mati untuk Setiap Genotipe Akibat Infeksi *Sclerotium rolfsii*

Genotipe	D1 (Non-Kalsium)		D2 (Kalsium 300 Kg/Ha)	
	Jumlah	%	Jumlah	%
G1	0	00,00	1	16,67
G2	2	33,33	1	16,67
G3	0	00,00	0	00,00
G4	1	16,67	2	33,33
G5	0	00,00	0	00,00
G6	0	00,00	1	16,67
G7	4	66,77	0	00,00
G8	2	33,33	1	16,67
G9	3	50,00	0	00,00
G10	1	16,67	0	00,00

Keterangan: G1= G19-I; G2= Pelanduk; G3= G300-II; G4= Poncosari; G5= Domba; G6= Talam; G7= Maluku; G8= Hypoma II; G9= Bison dan G10= G200-I.

Pada perlakuan tanpa kalsium genotipe Maluku dan Bison memiliki persentase kematian tanaman tertinggi yaitu 66,77% dan 50% mengalami penurunan drastis hingga 0% pada perlakuan kalsium. Hal ini menunjukkan bahwa kalsium tidak hanya berperan dalam mengurangi keparahan penyakit, tetapi juga meningkatkan daya tahan tanaman agar tetap hidup dan berfungsi secara fisiologis dalam menghadapi infeksi patogen. Kalsium tidak selamanya dapat terus menjaga ketahanan tanaman. Seperti genotipe G19-I dan Talam, kematian tanaman diperoleh pada tanaman yang diberikan kalsium dari 0% meningkat menjadi 16,67%. Hal ini diduga terkait dengan faktor genetik yang memengaruhi kemampuan adaptasi tanaman untuk merespon tekanan lingkungan selama pertumbuhannya. Dalam Riyanto *et al.*, (2024) dijelaskan bahwa kemampuan tanaman merespon tekanan lingkungan sangat ditentukan oleh sifat genetik yang dimilikinya, sehingga genotipe menjadi faktor penting yang harus diperhatikan.

Ketahanan tanaman terhadap infeksi penyakit tentu tidak dapat dipisahkan dari faktor pertumbuhan dan hasil tanaman. Tabel 4. menunjukkan bahwa pemberian kalsium berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman kacang tanah, khususnya pada diameter batang dan panjang akar. Pemberian kalsium secara signifikan meningkatkan diameter batang pada umur 8 MST. Dengan perlakuan kalsium diameter batang tanaman dapat mencapai rata-rata 3,90 cm sedangkan tanpa kalsium hanya mencapai 3,56 cm. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa adanya pengaruh kalsium yang mempercepat pertumbuhan tanaman. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Abdurrachman *et al.*, (2014) bahwa kalsium dapat mempercepat pembelahan sel tanaman, membantu dalam pemanjangan dan pembelahan sel, membentuk dinding sel dan membran sel yang baru sehingga memungkinkan sel untuk tumbuh dan berkembang. Diameter batang yang lebih besar menandakan bahwa terjadi penguatan jaringan kolenkim dan xilem, yang diduga dapat memperkuat ketahanan fisik tanaman terhadap tekanan infeksi patogen yang menyerang bagian bawah batang. Sementara itu pada pertumbuhan diameter batang umur 4 MST tidak memperlihatkan pengaruh nyata kalsium, namun berbeda nyata pada faktor genotipenya. Pada umur 4 MST genotipe Domba mampu mencapai rata-rata diameter batang sebesar 3,40 cm sedangkan genotipe Poncosari hanya mencapai rata-rata 2,70 cm. Hal ini mengindikasikan bahwa selain nutrisi, pada awal pertumbuhan diameter batang tanaman kacang tanah sangat ditentukan oleh faktor genetiknya.

Tabel 4. Rata-rata Hasil Respon Parameter Pertumbuhan Beberapa Genotipe Kacang Tanah

Perlakuan	Diameter Batang 4 MST (cm)	Diameter Batang 8 MST (cm)	Panjang Akar (cm)
Kalsium			
D1 (Non-Kalsium)	2,96	3,56 a	14,08
D2 (Kalsium 300 Kg/Ha)	3,25	3,90 b	18,84
Genotipe			
G1	3,33 cd	3,89	22,05
G2	3,13 bcd	3,66	14,26
G3	3,03 bc	3,55	19,63
G4	2,70 a	3,58	14,17
G5	3,40 d	4,05	19,18
G6	3,16 bcd	3,54	17,44
G7	3,17 bcd	3,72	12,50
G8	2,92 ab	3,94	13,89
G9	3,12 bcd	3,68	16,21
G10	3,11 bcd	3,68	15,24

Keterangan: Angka pada kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada tarap 5%.; G1= G19-I; G2= Pelanduk; G3= G300-II; G4= Poncosari; G5= Domba; G6= Talam; G7= Maluku; G8= Hypoma II; G9= Bison dan G10= G200-I.

Dampak kumulatif dari ketahanan tanaman terhadap penyakit dan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dapat dilihat secara nyata pada hasil panen. Berdasarkan data Tabel 5. hasil uji lanjut DMRT 5% menunjukkan bahwa terdapat interaksi nyata antara faktor dosis kalsium dan genotipe terhadap jumlah polong kering berisi (JPKB). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh pemberian kalsium tidak berlaku seragam untuk semua genotipe, melainkan bervariasi tergantung karakteristik masing-masing genotipe. Genotipe Pelanduk mengalami peningkatan jumlah polong kering berisi yang paling nyata dari 4,00 menjadi 10,00 buah setelah diberi kalsium. Genotipe G300-II dan Maluku juga menunjukkan peningkatan yang nyata dari 5,00 dan 0,54 menjadi 8,68 dan 5,00 buah. Hal ini mengindikasikan bahwa genotipe-genotipe tersebut sangat responsif terhadap perlakuan kalsium,

yang diduga disebabkan oleh kemampuan genetiknya dalam memanfaatkan unsur kalsium untuk mendukung pembentukan dan pengisian polong. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Malpuang *et al.* (2015) yang mengungkapkan bahwa pemberian kalsium berpotensi meningkatkan produktivitas kacang tanah, terutama pada genotipe tertentu yang merespon positif terhadap ketersediaan unsur hara tersebut. Peningkatan jumlah polong pada tanaman yang diberi kalsium juga terjadi karena persentase jumlah tanaman mati yang umumnya lebih rendah dibandingkan dengan tanaman tanpa pemberian kalsium, sehingga lebih mampu mempertahankan hasil tanaman (Tabel 3.). Sebaliknya, genotipe lainnya tidak menunjukkan perbedaan nyata pada jumlah polong berisi antara perlakuan non-kalsium dan kalsium, dengan nilai parameter jumlah polong kering berisi yang relatif sama, bahkan menurun pada genotipe Poncosari. Hal ini diduga karena genotipe Poncosari memiliki respons yang moderat terhadap pemberian kalsium, sehingga pemberian kalsium tidak terlalu berpengaruh dalam meningkatkan ketahanan genotipenya terhadap penyakit. Meskipun genotipe Poncosari dapat memperpanjang masa inkubasi (Tabel 1.), jumlah tanaman yang mati akibat penyakit yang muncul pada genotipe Poncosari lebih tinggi pada perlakuan kalsium (Tabel 3.), akibatnya jumlah polong kering berisi yang diperoleh juga semakin kecil.

Tabel 5. Hasil Uji Lanjut Interaksi Faktor Dosis Kalsium dan Genotipe pada Jumlah Polong Kering Berisi

Genotipe, G	Dosis Kalsium, D	
	D1 (Non-Kalsium)	D2 (Kalsium 300 Kg/Ha)
G1	5,00 a BCD	5,33 a AB
G2	4,00 a BC	10,00 b C
G3	5,00 a BCD	8,68 b BC
G4	7,67 a D	6,01 a AB
G5	5,00 a BCD	6,33 a AB
G6	7,33 a CD	7,33 a ABC
G7	0,54 a A	5,00 b A
G8	2,67 a AB	5,33 a AB
G9	3,67 a B	6,67 a AB
G10	4,43 a BCD	7,00 a ABC

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0.05. Huruf kecil dibaca arah horizontal, membandingkan antara 2 Dosis Calcium pada Genotipe yang sama. Huruf kapital dibaca arah vertikal, membandingkan antara 2 Genotipe pada Dosis Calcium yang sama. G1= G19-I; G2= Pelanduk; G3= G300-II; G4= Poncosari; G5= Domba; G6= Talam; G7= Maluku; G8= Hypoma II; G9= Bison dan G10= G200-I.

Pengaruh masing-masing faktor secara terpisah juga terlihat jelas dalam Tabel 6. Faktor kalsium memberikan pengaruh nyata terhadap hampir semua parameter hasil utama, yaitu bobot kering akar (BKA), bobot kering tajuk (BKT), bobot polong kering berisi (BPKB) dan jumlah polong busuk (JPB). Peningkatan bobot kering akar dari 0,52 g menjadi 0,90 g dan bobot kering tajuk dari 7,22 g menjadi 10,34 g pada perlakuan kalsium menunjukkan bahwa kalsium mendorong pembentukan biomassa tanaman secara keseluruhan terutama pada perakaran tanaman. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Zhang *et al.*, (2020) yang menjelaskan bahwa kalsium memiliki fungsi krusial pada titik tumbuh akar, selain itu kekurangan unsur hara ini juga dapat menghambat penyerapan hara lainnya. Akibatnya pertumbuhan tanaman akan mengalami penurunan. Selain itu Infeksi penyakit busuk batang yang menyerang jaringan pangkal dapat menyebabkan gangguan sistemik pada akar, sehingga tanaman kehilangan efisiensi dalam penyerapan air dan hara, akibatnya tanaman yang tidak diberi kalsium lebih rentan mengalami gangguan fisiologis akibat rusaknya jaringan akar oleh patogen. Sementara itu, peningkatan juga terjadi pada parameter bobot polong kering berisi dari 4,80 menjadi 7,99 g, dan mengurangi nilai jumlah polong busuk dari 1,00 menjadi 0,20 buah. Hasil ini secara langsung menunjukkan bahwa kalsium berkontribusi dalam meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil panen.

Faktor genotipe juga menunjukkan pengaruh nyata terhadap hampir seluruh parameter hasil. Genotipe G19-I, Pelanduk, G300-II dan G200-I memiliki nilai bobot polong kering berisi yang lebih tinggi dibandingkan genotipe lain, dengan nilai berkisar antara 7,46 sampai 9,06 g. Sebaliknya genotipe Maluku dan Hypoma II memberikan nilai bobot yang lebih rendah yaitu 3,53 dan 4,34 g, menunjukkan performa hasil yang kurang optimal. Variasi ini mencerminkan adanya potensi genetik yang berbeda dalam hal efisiensi penyerapan dan pemanfaatan unsur hara, termasuk kalsium, serta kapasitas fisiologis dalam pembentukan dan pengisian polong.

Tabel 6. Rata-rata Hasil Respon Parameter Hasil Beberapa Genotipe Kacang Tanah

Perlakuan	BKA (g)	BKT (g)	BPKB (g)	JPC (buah)	JPB (buah)
Kalsium					
D1 (Non-Kalsium)	0,52 a	7,22 a	4,80 a	0,40	1,00 b
D2 (KalsiumB300 Kg/Ha)	0,90 b	10,34 b	7,99 b	0,30	0,20 a
Genotipe					
G1	0,94 bc	14,26 c	7,71 cd	0,83	0,50
G2	0,64 ab	7,76 ab	7,46 cd	0,50	0,50
G3	0,70 ab	8,08 ab	9,06 d	0,67	0,00
G4	0,59 ab	7,60 ab	6,77 bcd	0,17	0,33
G5	1,32 c	12,47 bc	5,54 abc	0,17	0,00
G6	0,80 ab	10,85 abc	6,58 abcd	0,00	0,50
G7	0,43 a	5,56 a	3,53 a	0,50	1,67
G8	0,55 ab	5,81 a	4,34 ab	0,00	0,50
G9	0,58 ab	7,25 ab	5,11 abc	0,00	1,00
G10	0,54 ab	8,17 ab	7,84 cd	0,67	1,00

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada tarap 5%; G1= G19-I; G2= Pelanduk; G3= G300-II; G4= Pincosari; G5= Domba; G6= Talam; G7= Maluku; G8= Hypoma II; G9= Bison dan G10= G200-I; BKT= Berat Kering Tajuk; JPKB= Jumlah Polong Kering Berisi; BPKB= Bobot Polong Kering Berisi; JPC= Jumlah Polong Cipo; JPB= Jumlah Polong Busuk.

Nilai rata-rata setiap parameter pertumbuhan dan hasil tanaman yang diperoleh mengindikasikan bahwa kalsium memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan dan penguatan jaringan tanaman kacang tanah. Hal ini sejalan dengan penjelasan Nasih (2010) yang menyatakan bahwa kalsium sangat berperan dalam membantu tumbuhnya dinding sel, perkecambahan, perakaran dan memberi kekuatan pada Leguminose yang tidak berkayu. Sehingga secara langsung juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi penyakit. Hasil ini semakin diperkuat dengan adanya hasil analisis korelasi yang disajikan pada Tabel 7. yang menunjukkan bahwa keparahan penyakit berkorelasi negatif signifikan terhadap berbagai parameter pengamatan.

Tabel 7. Hasil Analisis Korelasi Variabel Pertumbuhan dan Hasil dengan Keparahahan Penyakit Busuk Pangkal Batang Tanaman Kacang Tanah

Variabel Pertumbuhan dan Hasil	Skor Gejala Penyakit	Nilai-P
Diameter batang 4 MST	-0,58 *	0,000
Diameter batang 8 MST	-0,47 *	0,000
Panjang akar	-0,77 *	0,000
Berat kering akar	-0,58 *	0,069
Berat kering bagian atas tanaman	-0,54 *	0,000
Jumlah Polong Berisi	-0,57 *	0,000
Berat Kering Polong	-0,47 *	0,000
Jumlah Polong Cipo	-0,24	0,037
Jumlah Polong Busuk	0,53 *	0,000

Keterangan: *) Signifikan ketika nilai-P < 0,05.

Korelasi negatif tertinggi ditemukan antara keparahan penyakit dan panjang akar tanaman dengan nilai korelasi sebesar (-0,77). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas infeksi oleh *S. rolfisii*, maka panjang akar tanaman akan semakin terpengaruh. Hal ini dapat dijelaskan oleh sifat patogen *S. rolfisii* yang merupakan patogen tular tanah, sehingga bagian tanaman yang berada di bawah permukaan tanah seperti akar cenderung akan lebih aktif untuk diinfeksi. Korelasi negatif ini juga mengindikasikan bahwa peningkatan keparahan penyakit cenderung menurunkan performa fisiologis tanaman serta hasil panen. Sebaliknya, tingkat keparahan penyakit menunjukkan korelasi positif dengan jumlah polong busuk (0,53) yang menandakan bahwa semakin parah gejala penyakit, semakin banyak pula polong yang mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa infeksi *S. rolfisii* tidak hanya menurunkan pertumbuhan tanaman, tetapi juga berdampak langsung pada penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen.

Kalsium berperan sebagai faktor penguat hubungan tersebut dengan cara memperkuat jaringan tanaman sehingga dapat menekan infeksi patogen. Penelitian oleh Hemon *et al.*, (2017) menunjukkan bahwa pemberian kalsium melalui aplikasi gipsium meningkatkan kadar kalsium dalam jaringan daun tanaman kacang tanah. Kalsium ditemukan dalam setiap sel tanaman, terutama sebagai kalsium pektat pada dinding sel daun dan batang, yang

berfungsi memperkuat struktur jaringan tersebut. Selain itu, kalsium berperan dalam mengatur struktur dan stabilitas membran sel, menjaga integritas sel, serta mengatur selektivitas serapan ion dan permeabilitas membran. Dengan memperkuat dinding sel dan membran, kalsium meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Dinding sel yang kuat berfungsi sebagai penghalang fisik terhadap penetrasi patogen, sementara stabilitas membran sel mencegah kebocoran ion dan molekul penting yang dapat dimanfaatkan oleh patogen. Oleh karena itu, pemberian kalsium tidak hanya meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman beberapa genotipe kacang tanah, tetapi juga berperan dalam mekanisme pertahanan terhadap penyakit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa ketahanan genetik alami terhadap infeksi *Sclerotium rolfisii* ditunjukkan oleh genotipe Domba, yang mampu mempertahankan intensitas infeksi sebesar 60% dan kematian tanaman 0% baik pada perlakuan kalsium maupun tanpa pemberian kalsium. Genotipe Maluku menunjukkan penurunan tingkat infeksi paling signifikan setelah pemberian kalsium, masing-masing dari 90% menjadi 60% dengan persentase kematian tanaman tetap 0%. Sementara itu, pemberian kalsium pada genotipe Pelanduk memberikan respons terbaik terhadap komponen hasil, ditunjukkan dengan peningkatan jumlah polong kering berisi dari 4,00 menjadi 10,00 buah per polibag. Dengan demikian genotipe Maluku, Domba dan Pelanduk dapat direkomendasikan sebagai genotipe yang potensial untuk dikembangkan terutama pada daerah yang rentan terhadap serangan *S. rolfisii* dengan memberikan kalsium tambahan pada media tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, H., Sumarjan, & Hemon, A. F. (2014). Peningkatan daya hasil galur mutan kacang tanah melalui penggunaan teknologi *Rhizobium* dan pemupukan kalsium di lahan kering. Universitas Mataram.
- Agustin, Wolly. (2008). Uji ketahanan beberapa varietas tanaman apel terhadap penyakit bercak daun (*Marssonina coronaria*). Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. (2023). *Laporan tahunan 2023*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Diakses pada 22 Juli 2023, diakses dari <https://tanamanpangan.pertanian.go.id/assets/front/uploads/document/LAPORAN%20TAHUNAN%2023>
- Dos Santos, I., & Bettiol, W. (2003). Effect of sewage sludge on the rot and seedling damping-off of bean plants caused by *Sclerotium rolfisii*. *Crop Protection*, 22(9), 1093–1097.
- Hemon, A. F., Abdurrachman, H., & Sumarjan. (2017). Peningkatan Daya Hasil Galur Mutan Kacang Tanah Melalui Pemupukan Kalsium di Lahan Kering Pulau Lombok. *Buletin Palawija*, 15(2), 57-61.
- Ilyas, M., Rahmansyah, M., & Kanti, A. (2006). *Seri panduan: Teknik isolasi fungi* (ISBN 979-799-014-1). LIPI Press, Indonesian Institute of Sciences.
- Kator, L., Hosea, Z. Y., & Oche, D. O. (2015). *Sclerotium rolfisii*; Causative organism of southern blight, stem rot, white mold and sclerotia rot disease. *Scholars Research Library Annals of Biological Research*, 6(11), 78–89.
- Le, C. N. (2011). *Diversity and biological control of Sclerotium rolfisii, causal agent of stem rot of groundnut*. CABI. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123035128>
- Lerdi, L., & Notarianto, R. (2017). Pengaruh aplikasi *Trichoderma sp.* terhadap serangan penyakit layu (*Sclerotium rolfisii*) pada kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Ilmiah RESPATI*, 8(1).
- Lumban Raja, B. S., Damanik, B. S. J., & Ginting, J. (2013). Respon pertumbuhan dan produksi kacang tanah terhadap bahan organik paitan (*Thitonia diversifolia*) dan pupuk SP36. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3), 2337–6597.
- Magenda, S., Kandou, F. E. F., & Umboh, S. D. (2011). Karakteristik isolat jamur *Sclerotium rolfisii* dari tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* Linn.). *Jurnal Bioslogos*, 1(1).
- Malapuangu, Hemon, F., & Sumarjan. (2015). Pertumbuhan dan daya hasil beberapa galur kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) yang diberi kalsium. *e-Jurnal Agrotekbis*, 3(4), 463–470
- Mukhlis. (2017). *Unsur Hara Makro dan Mikro yang Dibutuhkan oleh Tanaman*. Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan, Luwu Utara.

-
- Nasih. (2010). Kalsium. Diakses dari <http://nasih.wordpress.com/2010/11/01/kalsium/> Diakses pada 21 Februari 2025
- Riyanto, A., Suprayogi, Suwanto, & Haryanto, T. A. D. (2023). *Pemuliaan Tanaman Toleran Biotik*. Purwokerto: UNSOED Press.
- Siemianowski, O., Rongpipi, S., Dek Mundo, J. T., Preychet, G., Zhernenkov, M., Gomez, E. D., Esther, W. G., & Anderson, C. T. (2024). Flexible Pectin Nanopatterning Drives Cell Wall Organization in Plants. *JACS Au*, 4(1), 177–188. <https://doi.org/10.1021/jacsau.3c00616>
- Sumartini. (2011). Penyakit tular tanah (*Sclerotium rolfsii* dan *Rhizoctonia solani*) pada tanaman kacang-kacangan dan umbi-umbian serta cara pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1), 27-34.
- Thor, K. (2019). Calcium—Nutrient and messenger. *Frontiers in Plant Science*, 10, 440. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00440>
- Yunita & Sudarsono. (2004). Metode inokulasi dan respons ketahanan 30 genotipe kacang tanah terhadap penyakit busuk batang akibat infeksi *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Hayati*, 11, 53-58.
- Zhang, X. P., Ma, C. S., Sun, L. R & Hao, F. S. (2020). Roles and mechanisms of Ca²⁺ in regulating primary root growth of plants. *Plant Signaling & Behavior*, 15(5). <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1748283>