



Ketahanan Beberapa Genotipe Kedelai terhadap Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrizi*)

Resistance of Several Soybean Genotypes to Leaf Rust Disease (*Phakopsora pachyrizi*)

Nurul Sjamsijah¹, Rudi Wardana^{*,2}, Risa Yuniar Perdana Putri³

¹Program Studi Teknik Produksi Benih, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

²Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

³Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: rudi_wardana@polije.ac.id

Abstrak. Karat daun merupakan salah satu penyakit utama yang menyerang tanaman kedelai yang disebabkan oleh cendawan *Phakopsora pachyrizi* pada tanaman kedelai. Penurunan hasil produksi yang disebabkan oleh penyakit karat daun ini sebesar 10-90%. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat ketahanan beberapa genotipe kedelai pada penyakit karat daun. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap dengan 7 genotipe kedelai sebagai perlakuan meliputi GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4, GHJ5, Anjasmoro, Ringgit. Parameter pengamatan meliputi, luas permukaan daun, International Working of Soybean Rust (IWGSR), berat biji per tanaman. Data dianalisis dengan SPSS Versi 23.0 yaitu dengan uji ANOVA dan diuji lanjut BNT 5%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pada luas permukaan daun pada semua genotipe, genotipe GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4, GHJ5 memiliki tingkat ketahanan yang tahan terhadap penyakit karat daun, dan untuk varietas Anjasmoro memiliki tingkat ketahanan agak tahan, sedangkan varietas Ringgit memiliki tingkat ketahanan agak rentan pada penyakit karat, berat biji terendah yaitu varietas anjasmoro dengan rata-rata sebesar 3,5 gr pertanaman.

Kata kunci: IWGSR, kedelai, *phakopsora pachyrizi*

Abstract. Leaf rust is one of the main diseases that attack soybeans caused by the fungus *Phakopsora pachyrizi* on soybeans. The decrease in production yields caused by leaf rust disease is 10-90%. The purpose of this study was to determine the level of resistance of several soybean genotypes to leaf rust disease. The research design used was a completely randomized design with 7 soybean genotypes as treatments including GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4, GHJ5, Anjasmoro, Ringgit. Parameters observed included leaf surface area, International Working of Soybean Rust (IWGSR), seed weight per plant. Data were analyzed by SPSS Version 23.0, namely by ANOVA test and further tested by 5% BNT. The results of this study showed that there was no difference in leaf surface area in all genotypes, genotypes GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4, GHJ5 had resistance to leaf rust disease, while the Anjasmoro variety was moderately resistant, and the Ringgit variety was moderately susceptible to rust disease, the lowest seed weight was the Anjasmoro variety with an average of 3.5 grams per plant.

Keywords: IWGSR, soybean, *phakopsora pachyrizi*

1. Pendahuluan

Di Indonesia, kedelai menjadi salah satu komoditas pangan yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup tinggi, akan tetapi permintaan kedelai yang tinggi tidak diimbangi dengan peningkatan produksinya, terutama pada varietas unggul nasional. Menurut (Kementan, 2018) produksi kedelai nasional yaitu 982.598 ton atau hanya mampu mencukupi sekitar 30% dari total kebutuhan kedelai secara nasional. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Triastono *et al.*, 2020) yang menyebutkan produksi kedelai turun 1,82% setiap tahunnya sedangkan kebutuhan konsumsi kedelai yang meningkat sebesar 0,97% setiap tahunnya, sehingga untuk mencukupi kebutuhannya maka dilakukan impor kedelai dari berbagai negara.

Rendahnya produktivitas kedelai karena serangan hama dan penyakit, untuk serangan penyakit salah satunya disebabkan oleh serangan cendawan *Phakopsora pachyrizi* (penyebab penyakit karat daun) terutama saat musim kemarau (Sumartini, 2016). Hal ini sejalan dengan pernyataan dari (Adisarwanto, 2008), yang menyatakan bahwa karat daun dapat menurunkan jumlah polong yang dihasilkan dengan kisaran 30% sampai dengan 60%. Hal tersebut disebabkan karena daun kedelai yang terserang cendawan *Phakopsora pachyrizi* mengalami penguningan, sehingga daun tersebut mudah gugur sebelum terjadi pengisian polong. Selain itu, karat daun juga dapat menyebabkan penutupan pada daun, sehingga luas permukaan daun yang aktif untuk proses fotosintesis menjadi berkurang (Sunpapao *et al.*, 2017). Menurut (Susanto *et al.*, 2020), penyakit karat daun dapat menyebabkan penurunan laju fotosintesis dan juga penutupan stomata pada daun. Pengendalian penyakit karat daun bisa dilakukan dengan fungisida, atau agensia hayati seperti mikorhiza (Susanti *et al.*, 2018; Wibowo *et al.*, 2018).

Upaya lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi serangan penyakit karat daun pada tanaman kedelai adalah dengan cara melakukan pemuliaan tanaman pada tanaman kedelai. Seperti yang dilakukan oleh Bayu *et al.* (2017) dan Poniman *et al.* (2020) yang telah membuktikan bahwa beberapa varietas kedelai tahan terhadap serangan hama penggerek polong. Selain itu, pemuliaan tanaman kedelai juga diarahkan pada ketahanan terhadap penyakit, sehingga nantinya akan dihasilkan varietas kedelai yang tahan terhadap penyakit seperti karat daun. Penelitian terkait ketahanan kedelai hasil pemuliaan generasi ke 7 pada karat daun pernah dilakukan, dimana pengujiannya dilakukan dengan menggunakan metode *International Working of Soybean Rust* (IWGSR) (Utama & Sjamsijah, 2019). Metode IWGSR bertujuan untuk melakukan penilaian ketahanan tanaman kedelai terhadap serangan pathogen berdasarkan pada tahapan penyebaran karat daun kedelai, serta tingkat serangan penyakit yang diperoleh melalui total bercak dari daun tanaman serta ketahanan hidup jamur pathogen terhadap kondisi tercekam. Berdasarkan latarbelakang tersebut di atas, maka penelitian tentang uji ketahanan beberapa varietas kedelai terhadap penyakit karat daun perlu dilakukan.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi yaitu Laboratorium Perlindungan Tanaman dan Greenhouse Politeknik Negeri Jember pada bulan Desember 2020 hingga Maret 2021.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari polybag, benih kedelai genotipe GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4, GHJ5 serta varietas pembanding yaitu varietas ringgit dan varietas anjasmoro. Pupuk meliputi urea, KCl, phonska, SP-36. Pestisida meliputi Insektisida (Calicron dan Decis), Fungisida (Dhitane dan Rhidomil), Furadan 3G, pupuk daun (Gandasil B), pupuk kandang, tanah.

Rancangan pada penelitian ini yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yang terdiri dari 7 unit percobaan yang terdiri dari 7 genotipe kedelai (GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4, GHJ5, varietas ringgit dan varietas anjasmoro) dimana setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Analisis data menggunakan Anova dan jika terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji BNT taraf 5%. Parameter pengamatan meliputi luas permukaan daun, pengamatan karat daun dengan metode IWGSR, dan berat biji pertanaman.

2.1. Perhitungan Nilai IWGSR

Menurut (Sinclair & Backman, 1989) penilaian daun terhadap tingkat penularan penyakit dengan rentangan skor 0 sampai 9 dimana skor 0 menunjukkan tingkat penularan 0%, sedangkan skor 9 menunjukkan tingkat penularan 90%, seperti yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Nilai IWGSR (sumber: Sinclair & Backman, 1989)

Skor	Jumlah bercak/cm ²	Intensitas penularan (%)
0	0	0
1	1 – 2	0% < X ≤ 10%
2	3 – 4	10% < X ≤ 20%
3	5 – 6	20% < X ≤ 30%
4	7 – 8	30% < X ≤ 40%
5	9 – 10	40% < X ≤ 50%
6	11 – 12	50% < X ≤ 60%
7	13 – 14	60% < X ≤ 70%
8	15 – 16	70% < X ≤ 80%
9	16 < X	90% < X

Penilaian dengan metode IWGSR yaitu angka kedua yang menyatakan kerapatan bercak dengan luasan 1 cm² pada daun kedelai, yang kemudian diberi skor sesuai dengan nilai yang telah ditentukan (Tabel 1). Pengamatan dengan menggunakan metode IWGSR dapat dilihat dengan ketentuan seperti pada Tabel 2.

Teknik untuk melakukan pengamatan penularan penyakit dilakukan dengan cara plastik mika transparan diberi garis kotak-kotak dengan luasan 1 cm² diletakkan pada bagian tengah dari tulang daun yang akan diamati. Kemudian hitung jumlah bercak yang terdapat pada garis tersebut

lalu hasilnya dirata-rata per cm². Untuk ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat daun dapat dilakukan penilaian berdasarkan kriteria dari Mazzani dan Hinosa seperti pada [Tabel 3 \(Cook, 1972\)](#).

Tabel 2. Ketentuan Pengamatan menggunakan metode IWGSR

Nilai	Angka Pertama (kedudukan daun kedelai)	Angka Kedua (kerapatan bercak karat daun)	Angka Ketiga (reaksi daun terhadap penyakit karat)
1	1/3 bagian bawah	Tidak ada bercak karat	tidak ada pustula (bercak)
2	1/3 bagian tengah	1-8 bercak karat/ cm ²	bercak tidak berspora
3	1/3 bagian atas	9-16 bercak karat/ cm ²	bercak terdapat spora (uredospora)
4	-	>16 bercak karat/ cm ²	-

Tabel 3. Kriteria ketahanan terhadap penyakit karat daun (sumber: [Cook, \(1972\)](#))

Kriteria	Intensitas penularan
Imun (I)	$X = 0\%$
Tahan (T)	$0\% < X \leq 25\%$
Agak Tahan (AT)	$25\% < X \leq 50\%$
Agak Rentan (AR)	$50\% < X \leq 75\%$
Rentan (R)	$75\% < X$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Luas Permukaan Daun

Berdasarkan analisis data dengan menggunakan Anova terhadap luas permukaan daun maka diperoleh hasil dalam [Tabel 4](#).

Tabel 4. Hasil uji Anova Rerata luas permukaan daun dengan taraf 5%

Perlakuan	Rata-rata
ANJASMORO	36,33 a
GHJ3	38,00 a
RINGGIT	40,00 a
GHJ1	42,67 a
GHJ4	43,17 a
GHJ5	49,50 a
GHJ2	50,00 a

Ket: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata

Berdasarkan pada [Tabel 4](#) terlihat bahwa rerata luas permukaan daun kedelai pada semua genotipe menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Hal ini diduga karena perlakuan dari penelitian ini dikondisikan secara homogen terutama pada kondisi lingkungan dan juga pemberian pupuk. Hal ini sejalan dengan pernyataan ([Hasibuan et al., 2018](#)) yang menyebutkan bahwa pertumbuhan vegetatif seperti penambahan luas permukaan daun dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, selain itu, menurut ([Chairudin et al., 2015](#)) menyatakan bahwa kondisi naungan dapat

mempengaruhi luas permukaan daun. Daun memiliki peranan yang sangat penting terutama dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik karena adanya zat hijau daun atau klorofil. Menurut (Duaja, 2012), semakin luas permukaan daun maka akan semakin baik tanaman dalam menyerap cahaya. Cahaya merupakan suatu sumber energi pada proses fotosintesis tanaman dalam menghasilkan fotosintat. Jadi jika semakin luas permukaan daun suatu tanaman maka akan semakin baik tanaman dalam menyerap cahaya.

3.2. Pengamatan Karat daun dengan Metode IWGSR

Berdasarkan hasil pengamatan karat daun dengan metode IWGSR diperoleh hasil seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengamatan Karat daun dengan Metode IWGSR

HST	PERLAKUAN						
	GHJ1	GHJ2	GHJ3	GHJ4	GHJ5	Anjasmoro	Ringgit
30 HST	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1
40 HST	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1
50 HST	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1
60 HST	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	0.1.1	1.2.2	2.2.2
70 HST	0.1.1	2.2.2	0.1.1	0.1.1	0.1.1	2.2.2	3.3.2

Keterangan: Angka pertama menunjukkan kedudukan daun (1 = 1/3/daun bagian bawah, 2 = 1/3/daun bagian tengah, 3 = 1/3/daun bagian atas). Angka kedua menunjukkan kerapatan bercak karat pada daun 1 = tidak terdapat bercak karat 2 = bercak karat sedikit (1 – 8 bercak/cm²) 3 = bercak karat sedikit (9 – 16 bercak/cm²) 4 = bercak karat sedikit (lebih dari 16 bercak/cm²). Angka ketiga menunjukkan reaksi daun terhadap penyakit karat 1 = tanpa pustule (bercak) 2 = bercak tak berspora 3 = bercak berspora (uredospora).

Berdasarkan Tabel 5 Dapat terlihat bahwa gejala serangan bercak daun rata-rata belum terlihat pada umur 30 HST (nilai skoringnya 0.1.1), hal ini sejalan dengan pernyataan dari (Indiati, 2004) yang menyatakan bahwa gejala penyakit karat daun muncul pada umur 20 sampai 30 HST. Genotipe GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4 dan GHJ5 tidak menunjukkan gejala serangan penyakit karat daun hingga pada umur 70 HST kecuali genotipe GHJ2, sehingga berdasarkan hasil tersebut dapat dikategorikan bahwa genotipe GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4 dan GHJ5 tahan terhadap gangguan penyakit karat daun. Serangan mulai terjadi pada umur 50 HST yaitu pada varietas anjasmoro dan ringgit yaitu dengan skoring 1.2.2 dan 2.2.2 dan tambah tinggi lagi diumur 70 HST. Hal ini sesuai dengan keterangan deskripsi dari kedua varietas tersebut yang menyebutkan bahwa varietas anjasmoro agak rentan terhadap karat daun, sedangkan varietas ringgit sangat rentan terhadap karat daun (BALITKABI, 2016). Penyakit karat daun pada kedelai disebabkan oleh cendawan *P. pachyrhizi* yang merupakan parasit obligat dan menjadikan kedelai sebagai inang utamanya (Sumartini, 2016). Proses infeksi dari cendawan ini terjadi melalui stomata, yang kemudian akan menyebar pada permukaan daun sampai masuk ke dalam jaringan daun sehingga menyebabkan daun rontok (Soesanto, 2005). Penyakit karat daun menyerang mulai dari daun bagian bawah yang

merupakan daun tua dan menjalar pada daun bagian atas yang lebih muda, hal ini disebabkan karena daun bagian bawah lebih rentan dibandingkan dengan daun atas (Utama & Sjamsijah, 2019).

Setelah melakukan pengamatan penyakit karat daun dengan menggunakan metode IWGSR seperti pada Tabel 5, maka selanjutnya menentukan tingkat ketahanan dari ke 7 genotipe yaitu dengan kriteria Tahan (T), Agak Tahan (AT), dan Agak Rentan (AR) seperti yang tersaji pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Tingkat ketahanan masing-masing genotype.

No.	Genotipe	Tingkat Ketahanan
1.	GHJ 1	T
2.	GHJ 2	T
3.	GHJ 3	T
4.	GHJ 4	T
5.	GHJ 5	T
6.	Anjasmoro	AT
7.	Ringgit	AR

Ket: T (Tahan), AT (Agak Tahan), dan AR (Agak Rentan)

Dari Table 6 terlihat bahwa varietas G7 (Ringgit) merupakan genotipe yang kurang tahan terhadap cendawan *Phakopsora pachyrizi* penyebab penyakit karat daun. Hal ini sesuai dengan deskripsi dari varietas ringgit yang menyebutkan bahwa varietas tersebut rentan terhadap gangguan penyakit karat daun. Tingkat kerentanan terhadap penyakit karat daun ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu faktor genetik. Menurut (Tukamuhabwa & Maphosa, 2011) menyebutkan bahwa terdapat 6 gen dominan yang mengendalikan ketahanan tanaman kedelai pada penyakit karat daun. Diduga pada varietas anjasmoro dan ringgit tidak terdapat gen ketahanan tersebut, sehingga respon terhadap penyakit karat daun juga berbeda-beda pada masing-masing genotipe. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Sumartini & Sulistyono, 2016) yang menyebutkan bahwa terdapat respon yang berbeda pada masing-masing genotipe.

3.3. Berat Biji Per Tanaman

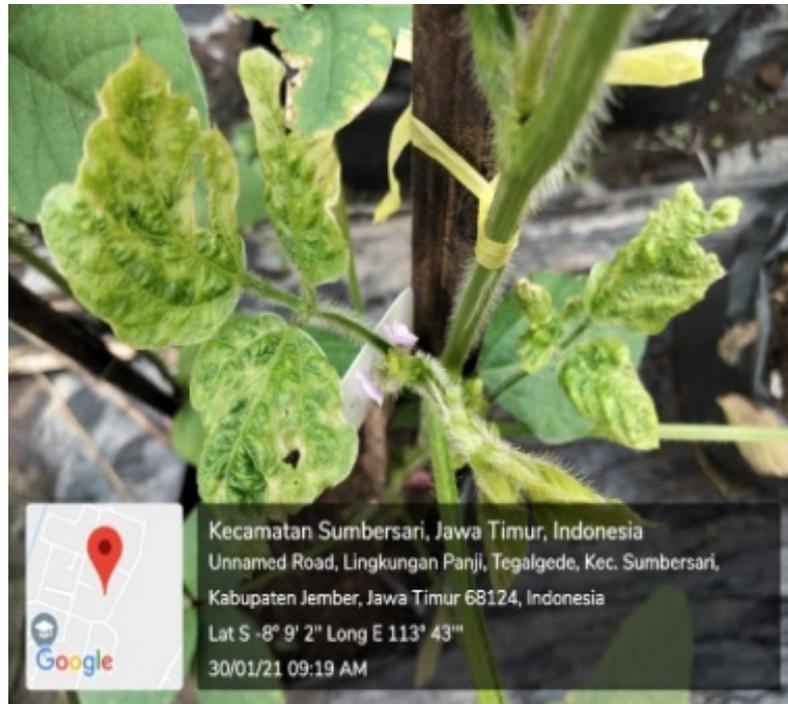
Berdasarkan analisis data luas permukaan daun maka diperoleh hasil dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji BNT 5% pada Berat biji per tanaman

Perlakuan	Rata-rata
ANJASMORO	3,50 a
GHJ3	19,47 ab
RINGGIT	21,40 b
GHJ2	26,90 b
GHJ5	28,90 b
GHJ1	29,33 b
GHJ4	29,73 b

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda nyata menurut uji BNT 5%

Berdasarkan hasil pada [Tabel 7](#) memperlihatkan bahwa pada tiap genotipe memiliki berat biji yang berbeda. Hal ini dikarenakan tiap genotipe memiliki perbedaan sifat genetik yang dapat menyebabkan perbedaan. Kondisi lingkungan tempat budidaya juga mempengaruhi hasil budidaya ([Marliah et al., 2012](#)).



Gambar 1. Daun kedelai terserang penyakit mosaik

Varietas anjasmoro memiliki jumlah polong paling rendah. Hal ini disebabkan oleh tanaman kedelai varietas anjasmoro terserang penyakit mosaik yang disebabkan oleh virus *Soybean mosaic virus* ([Gambar 1](#)). Penyakit mosaik dapat menyebabkan hasil produksinya menurun. Gejala dari penyakit mosaik diantaranya yaitu permukaan daun tidak rata, tanaman menjadi kerdil, daun menggulung ke dalam, hasil biji kecil ([Andayanie, 2012](#)). Menurut ([Maman et al., 2014](#)) menyatakan bahwa intensitas serangan penyakit yang tinggi pada tanaman dapat menurunkan jumlah polong serta bobot kering biji yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas maka dapat ditarik kesimpulan bahwa bahwa tidak terdapat perbedaan pada luas permukaan daun pada semua genotipe, genotipe GHJ1, GHJ2, GHJ3, GHJ4, GHJ5 memiliki tingkat ketahanan yang tahan terhadap penyakit karat daun, dan untuk varietas Anjasmoro memiliki tingkat ketahanan agak tahan, sedangkan varietas Ringgit memiliki tingkat ketahanan agak rentan pada penyakit karat, berat biji terendah yaitu varietas anjasmoro dengan rata-rata sebesar 3,5 gr pertanaman.

Daftar Pustaka

- Adisarwanto, T. (2008). Budidaya kedelai tropika. *Penebar Swadaya. Jakarta*, 76.
- Andayanie, W. R. (2012). Diagnosis penyakit mosaik (Soybean mosaic virus) terbawa benih kedelai. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika: Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*, 12(2), 185–191. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.212185-191>
- BALITKABI, (Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi). (2016). *Deskripsi Varietas Unggul Kedelai 1918-2014*. BPPT-Balitkabi. <https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2016/09/kedelai.pdf>
- Bayu, M. S. Y. I., Krisnawati, A., & Adie, M. M. (2017). Respon genotipe kedelai biji besar dan umur genjah terhadap kompleks hama pengisap polong. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(2), 128–136. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.217128-136>
- Chairudin, C., Efendi, E., & Sabaruddin, S. (2015). Dampak naungan terhadap perubahan karakter agronomi dan morfo-fisiologi daun pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Floratek*, 10(1), 26–35. <http://www.e-repository.unsyiah.ac.id/floratek/article/view/2355>
- Cook, M. (1972). Screening of Peanut for Resistance to Peanut Rust in Greenhouse and Field. *Plant Disease Reporter*, 56(5), 382.
- Duaja, M. D. (2012). Pengaruh Bahan dan Dosis Kompos Cair Terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa* sp.) (The Effect Of Material And Dosages Of Liquid Organic Fertilizers On Lettuce (*Lactuca sativa* Sp.) Growth). *Bioplantae*, 1(1). <https://online-journal.unja.ac.id/bioplante/article/view/1738>
- Hasibuan, H. S., Sopandie, D., Wirnas, D., & others. (2018). Pemupukan N, P, K, Dolomit, dan Pupuk Kandang pada Budidaya Kedelai di Lahan Kering Masam. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 46(2), 175–181. <https://doi.org/10.24831/jai.v46i2.17268>
- Indiati, S. W. (2004). Penyaringan dan mekanisme ketahanan kacang hijau MLG-716 terhadap hama thrips. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(3), 101.
- Kementan, R. (2018). *Produksi Kedelai Menurut Provinsi Tahun 2014 - 2018*. [https://www.pertanian.go.id/Data5tahun/TPATAP-2017\(pdf\)/24-ProdKedelai.pdf](https://www.pertanian.go.id/Data5tahun/TPATAP-2017(pdf)/24-ProdKedelai.pdf)
- Maman, M., Muljowati, J. S., & Rochmatino, R. (2014). Hubungan intensitas penyakit karat dengan produktivitas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) pada beberapa varietas berbeda. *Scripta Biologica*, 1(2), 173–177. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2014.1.2.549>
- Marliah, A., Hidayat, T., & Husna, N. (2012). Pengaruh varietas dan jarak tanam terhadap pertumbuhan kedelai [*Glycine Max* (L.) Merrill]. *Jurnal Agrista*, 16(1), 22–28. <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/agrista/article/view/679>
- Poniman, C., Sunardi, T., & Pujiwati, H. (2020). Serangan Hama Penggerek Polong pada Enam Varietas Kedelai dan Pengaruhnya terhadap Hasil. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(1), 38–44. <https://core.ac.uk/download/pdf/327105137.pdf>
- Sinclair, J. B., & Backman, P. A. (1989). Compendium of soybean diseases 3rd ed. *The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn*. <https://worldveg.tind.io/record/9689/>
- Soesanto, L. (2005). Uji daya hasil dan ketahanan terhadap penyakit karat delapan genotip kedelai. *Agrin*, 9, 58–65. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/74798>
- Sumartini, S. (2016). Penyakit karat pada kedelai dan cara pengendaliannya yang ramah lingkungan. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 29(3), 107–112. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jppp/article/view/5690>
- Sumartini, S., & Sulistyono, A. (2016). Ketahanan Sepuluh Genotipe Kedelai terhadap Penyakit Karat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 12(2), 39. <https://doi.org/10.14692/jfi.12.2.39>
- Sunpapao, A., Bunjongsiri, P., Thithuan, N., & Arikrit, S. (2017). First report of *Cephaleuros virescens* causing algal leaf spot of Manilkara zapota in Thailand. *Plant Disease*, 101(4), 636. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-16-1111-PDN>
- Susanti, A., Faizah, M., & Khamid, M. L. S. (2018). Penekanan Penyakit Karat Daun Pada Kedelai Akibat *Phakopsora pachyrhizi* Syd. Menggunakan Mikoriza Indigenus Pada Tanah Litosol. *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1), 23–31.

<https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v2i1.1282>

- Susanto, A., Prasetyo, A. E., Priwiratama, H., & Syarovi, M. (2020). Laju fotosintesis pada tanaman kelapa sawit terinfeksi karat daun *Cephaleuros virescens*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 16(1), 21–29. <https://doi.org/10.14692/jfi.16.1.21-29>
- Triastono, J., Kurniyati, E., & Jatuningtyas, R. K. (2020). Status Dan Strategi Pengembangan Kedelai Untuk Swasembada Di Indonesia. *Seminar Nasional Pertanian Peternakan Terpadu*, 4(03), 650–662.
- Tukamuhabwa, P., & Maphosa, M. (2011). *State of Knowledge on Breeding for Durable Resistance to Soybean Rust Disease in Developing World*. <http://197.221.241.74/handle/123456789/380>
- Utama, R., & Sjamsijah, N. (2019). Uji Tujuh Genotipe Kedelai Generasi F7 Terhadap Ketahanan Serangan Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi*) Dengan Metode IWGSR. *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(1), 54–61. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v3i1.100>
- Wibowo, R., Susanti, A., & Faizah, M. (2018). Pengaruh Mikoriza Indigenus terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kedelai Terinfeksi *Phakopsora Pachyrhizi* Syd. *Agrosaintifika*, 1(1), 6–13. <https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v1i1.315>