**UJI KETAHANAN BEBERAPA GALUR KEDELAI**

**(*Glycine max* L. Merril) TERHADAP SERANGAN PENYAKIT KARAT DAUN (*Phakopsora pachyrhizi)* BERDASARKAN KARAKTER MORFOLOGI DAN FISIOLOGI DAUN**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**PUTRI SHOBRINA AZAHRA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN MALANG**

**2023**

**UJI KETAHANAN BEBERAPA GALUR KEDELAI (*Glycine max***

**L. Merril) TERHADAP SERANGAN PENYAKIT KARAT DAUN (*Phakopsora pachyrhizi)* BERDASARKAN KARAKTER**

**MORFOLOGI DAN FISIOLOGI DAUN**

**Oleh:**

**PUTRI SHOBRINA AZAHRA 195040201111018**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI MINAT BUDIDAYA PERTANIAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN MALANG**

**2023**

**PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri. Saya tidak melakukan plagiasi atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan dan sejauh pengetahuan saya, tidak tercantum karya atau pendapat yang pernah ditulis ataupun diterbitkan oleh orang lain, kecuali dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Maka saya siap menanggung resiko sanksi yang diberikan apabila ditemukan kecurangan yang melanggar etika keilmuan.

Malang, Juli 2023

Putri Shobrina Azahra

Judul Penelitian :**Uji Ketahanan Beberapa Galur Kedelai (*Glycine max* L. Merril) Terhadap Serangan Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi)* Berdasarkan Karakter Morfologi dan Fisiologi Daun**

Nama : Putri Shobrina Azahra

NIM 195040201111018

Program Studi : Agroekoteknologi Jurusan : Budidaya Pertanian

Disetujui:

Pembimbing Utama, Pembimbing Pendamping,

Dr. Anna Satyana Karyawati, SP., MP. Aldila Putri Rahayu, SP., MP. NIP. 197106242000122001 NIP. 2016098709012001

Diketahui,

Ketua Departemen Budidaya Pertanian

Dr. agr. Nunun Barunawati, SP., MP. NIP. 197407242005012001

Tanggal Persetujuan:

Mengesahkan

**MAJELIS PENGUJI**

Penguji I Penguji II

Ir. Koesriharti, MS Aldila Putri Rahayu, SP., MP NIP. 195808301983032002 NIP. 2016098709012001

Penguji III Penguji IV

Dr. Anna Satyana Karyawati, SP., MP Dr. Mochammad Roviq, SP., MP. NIP. 197106242000122001 NIP. 197501052005021002

Tanggal Lulus:

i

Putri Shobrina Azahra. 195040201111018. Uji Ketahanan Beberapa Galur Kedelai (*Glycine max* L. Merril) Terhadap Serangan Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi)* Berdasarkan Karakter Morfologi dan Fisiologi Daun. Dibawah Bimbingan Dr. Anna Satyana Karyawati, SP., MP sebagai Pembimbing Utama dan Aldila Putri Rahayu, SP., MP sebagai Pembimbing Pendamping.

Kedelai (*Glycine max* L. Merril) berada pada urutan ketiga sebagai komoditas pangan strategis dan populer di Indonesia setelah padi dan jagung. Kebutuhan kedelai dalam setahun mencapai 2,25 juta ton, sementara jumlah produksi nasional mampu memasok kebutuhan kedelai hanya sekitar 779 ribu ton. Untuk memenuhi kekurangan pasokan sekitar 1,4 juta ton ditutup dengan kedelai impor dari Amerika Serikat dan Brazil yang mencapai 70-80% dari kebutuhan total. Kedelai lokal cenderung kalah bersaing dengan kedelai impor, baik dari segi harga maupun kualitas. Salah satu hambatan dalam upaya meningkatkan kualitas dan produksi kedelai adalah serangan penyakit karat daun yang disebabkan oleh cendawan *Phakopsora pachyrhizi*. Sampai saat ini penyakit tersebut masih menjadi masalah utama di Indonesia karena dapat menyebabkan kehilangan hasil berkisar antara 30-60% bahkan dapat mencapai 100% pada varietas rentan sebab daun yang terserang akan mengalami defoliasi lebih awal. Di Indonesia, ketahanan terhadap penyakit karat daun merupakan salah satu syarat wajib dalam pelepasan varietas kedelai**.** Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang identifikasi genotipe kedelai yang tahan penyakit karat daun berdasarkan karakter morfologi dan fisiologis daun. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mempelajari galur kedelai yang tahan terhadap serangan penyakit karat daun berdasarkan karakter morfologi dan fisiologi daun. Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan karakter morfologi dan fisiologi daun pada beberapa galur kedelai akibat serangan penyakit karat daun.

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari hingga Mei 2023 di Badan Standarisasi Instrumen Pertanian Aneka Kacang dan Umbi (BSIP AKABI) yang beralamat di Jl. Raya Kendalpayak, Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran, timbangan analitik, haemositometer, LAM (*Leaf Area Meter*), mikroskop, kaca preparat, mortar dan pistil. Kemudian bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu benih dari 36 galur kedelai, *polybag*, tanah *top soil,* kompos, pupuk NPK 16:16:16, pestisida, suspensi uredospora *P. pachyrhizi,* polisorbat-20, dan aquades. Penelitian ini merupakan percobaan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Percobaan yang dilakukan terdiri dari 36 galur, setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pengamatan terhadap serangan penyakit dengan metode *International Working Group on Soybean Rust Rating System* (IWGSR) dan (*International Soybean Program*) INTSOY. Variabel karakter morfologi dan fisiologi daun meliputi luas daun, kerapatan trikoma, kerapatan stomata, tebal epidermis daun, dan kandungan klorofil. Variabel pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun. Variabel hasil jumlah polong isi, jumlah polong total, bobot biji per tanaman dan bobot 100 biji. Data pengamatan yang diperoleh dianalisis menggunakan

i

*Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji gugus *Scott Knott* pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa perbedaan genotipe memberikan pengaruh yang nyata terhadap intensitas penularan karat daun, luas daun, kerapatan trikoma, kerapatan stomata, tebal epidermis, kandungan klorofil, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah polong isi, jumlah polong total, dan bobot 100 biji. Namun tidak berbeda nyata pada variabel bobot biji per tanaman. Kategori ketahanan dapat dikelompokkan menjadi lima yaitu Imun, tahan, agak tahan, agak rentan, dan rentan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada galur dengan kategori imun (I), 10 galur dengan kategori tahan (T), 24 galur dengan kategori agak tahan (AT), 2 galur dengan kategori agak rentan (AR), dan tidak ada galur dengan kategori rentan (R). Genotipe yang tergolong ke dalam kategori tahan yaitu UBASK63, UBASK34, UB2, UBASK51, UBASK23, AGP, UBASK32, UBASK43, UBASK24, dan UBASK14.

Sedangkan genotipe yang tergolong ke dalam kategori agak rentan yaitu UBASK15 dan UBASK53.

ii

# SUMMARY

**Putri Shobrina Azahra. 195040201111018. Resistance Test of Several Soybean Line (*Glycine max* L. Merril) Against Leaf Rust Disease (*Phakopsora pachyrhizi*) Based on Leaf Morphological and Physiological Characters. Supervised by Dr. Anna Satyana Karyawati, SP., MP and Aldila Putri Rahayu, SP., MP.**

Soybean (*Glycine max* L. Merril) is in third place as a strategic and popular food commodity in Indonesia after rice and corn. The need for soybean in a year reaches 2.25 million tons, while the total national production is able to supply only around 779 thousand tons of soybean. It is covered with imported soybean from the United States and Brazil, which reached 70-80% of the total demand to meet the supply shortage of around 1.4 million tons. Local soybeans tend to be unable to compete with imported soybeans, because of the low quality and pricey. One of the obstacles in efforts to improve soybean quality and production is leaf rust disease caused by *Phakopsora pachyrhizi*. Until now this disease is still a major problem in Indonesia because it can cause yield losses ranging from 30-60% and can even reach 100% in susceptible varieties because the affected leaves will defoliate earlier. Resistance to leaf rust on soybean in Indonesia is one of the mandatory requirements for releasing soybean varieties. Therefore, need to research about the identification of soybean genotypes that are resistant with leaf rust disease based on the morphological and physiological characters of the leaves. The purpose of this research is to study and obtain the physiological characteristics of soybean leaves that are resistant and susceptible to leaf rust disease as an effort to develop new superior varieties that are resistant to leaf rust. The hypothesis of this study is that there are differences in the physiological characters of the leaves in each soybean line due to leaf rust disease.

This research was conducted from February to May 2023 at the Badan Standarisai Instrumen Pertanian Aneka Kacang dan Umbi (BSIP AKABI) which is located at Kendalpayak street, Pakisaji district, Malang regency. The tools that used in this research were measuring tape, analytical balance, haemocytometer, LAM (Leaf Area Meter), microscope, glass slide, mortar and pistil. Then the materials that used in this research were seeds from 36 soybean lines, polybags, top soil, cow manure, NPK 16:16:16 fertilizer, pesticides, *P. pachyrhizi* uredospore suspension, polysorbate-20, and aquades. This research was an experiment with a randomized block design (RBD). The experiment consisted of 36 lines, each treatment was repeated 3 times. Observation of disease attack using the International Working Group on Soybean Rust Rating System (IWGSR) and International Soybean Program (INTSOY) method. Variables of leaf morphology and physiology characters include leaf area, trichome density, stomata density, epidermis thickness, and chlorophyll content. Plant growth variables include plant height and number of leaves. The yield variables were number of filled pods, number of total pods, seed weight per plant, and weight of 100 seeds. The data were analyzed using the Analysis of Variance (ANOVA) at the 5% level. If the treatment shows a significant effect, then continue with Scott Knott's further test at the 5% level.

Based on the results of the study, genotype differences gave a significant effect on leaf rust infection intensity, leaf area, trichome density, stomata density, epidermis

iii

thickness, chlorophyll content, plant height, number of leaves, number of filled pods, total number of pods, and weight of 100 seeds. But not significantly different in the variable seed weight per plant. Resistance categories can be grouped into five there are immune, resistant, moderately resistant, moderately susceptible, and vulnerable. Based on the results of the study showed that there are no lines in the immune category (I), 10 lines in the resistant category (R), 24 lines in the moderately resistant (MR) category, 2 lines in the moderately susceptible (MS) category, and there are no lines in the susceptible category (S). The genotypes that belonging to the resistant category are UBASK63, UBASK34, UB2, UBASK51, UBASK23, AGP, UBASK32, UBASK43,

UBASK24, and UBASK14. Meanwhile, the genotypes that belonging to the moderately resistant category are UBASK15 and UBASK53.

iv

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Ketahanan Beberapa Galur Kedelai (*Glycine max* L. Merril) Terhadap Serangan Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi)* Berdasarkan Karakter Morfologi dan Fisiologi Daun”. Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Anna Satyana Karyawati, SP., MP. dan Ibu Aldila Putri Rahayu, SP., MP. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi.
2. Ibu Kurnia Paramita Sari, SP., MP. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan penelitian.
3. Ibu Ir. Koesriharti, MS., selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, saran, dan nasihat dalam menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Dr. Mochammad Roviq, SP., MP. selaku ketua majelis yang telah memberikan masukan, saran, dan nasihat dalam menyelesaikan skripsi.
5. Ibu Dr. agr. Nunun Barunawati, SP., MP. selaku ketua Departemen Budidaya Pertanian yang telah memberikan masukan dan nasehat kepada penulis.
6. Orang tua tercinta Ibu dan Ayah yang selalu memberikan motivasi dan dukungan moral maupun materil sehingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Ana Fitria dan Adzril Taibkhadzim selaku rekan penelitian yang telah membantu sehingga terciptanya kerjasama yang baik.
8. Amrih Imam Ramadhan, Yasmin, Lilis, Firman, Fikri, Iqbal, Alif, dan Mutia. selaku sahabat yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik maupun saran yang

dapat membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Malang, Juli 2023

Penulis

v

# RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Mojokerto pada tanggal 24 September 2001 sebagai putri pertama dari pasangan Alm. Bapak Tono Muharso dan Ibu Erni Susanti. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 102116 Gunung Pamela pada tahun 2007 dan lulus tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Tebing Tinggi pada tahun 2013 hingga tahun 2016. Pada tahun 2016 hingga 2019 penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Tebing Tinggi. Setelah lulus pendidikan menengah atas, penulis melanjutkan studi Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SNMPTN. Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Minat Budidaya Pertanian serta mengambil konsentrasi pada Laboratorium Fisiologi Tumbuhan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam organisasi BEM FP UB pada tahun 2020 sebagai staff dari kementerian Sosial Masyarakat selama satu periode. Penulis mengikuti kegiatan kepanitiaan sebagai anggota dari divisi humas pada acara PKKMB POSTER FP UB pada tahun 2020. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah Dasar Ilmu Tanah pada semester genap tahun akademik 2020/2021 dan menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah Analisis Pertumbuhan Tanaman pada semester genap tahun akademik 2022/2023.

vi

# DAFTAR ISI

Halaman

[RINGKASAN i](#_bookmark0)

[SUMMARY iii](#_bookmark1)

[KATA PENGANTAR v](#_bookmark2)

[RIWAYAT HIDUP vi](#_bookmark3)

[DAFTAR ISI vii](#_bookmark4)

[DAFTAR GAMBAR viii](#_bookmark5)

[DAFTAR TABEL ix](#_bookmark6)

[DAFTAR LAMPIRAN x](#_bookmark7)

1. [PENDAHULUAN 1](#_bookmark8)
   1. [Latar Belakang 1](#_bookmark9)
   2. [Tujuan 2](#_bookmark10)
   3. [Hipotesis 2](#_bookmark11)
2. [TINJAUAN PUSTAKA 3](#_bookmark12)
   1. [Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kedelai 3](#_bookmark13)
   2. [Fase Pertumbuhan Tanaman Kedelai 5](#_bookmark15)
   3. [Penyakit Karat Daun 8](#_bookmark21)
   4. [Gejala Penyakit Karat Daun 9](#_bookmark22)
   5. [Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Patogen 11](#_bookmark25)
   6. [Pengendalian Penyakit Karat pada Kedelai 12](#_bookmark26)
   7. [Hubungan Antara Varietas dengan Serangan Penyakit Karat Daun 13](#_bookmark27)
   8. [Ciri Morfologi dan Fisiologi Tanaman yang Rentan dan Tahan Karat Daun15](#_bookmark28)
3. [BAHAN DAN METODE 17](#_bookmark29)
   1. [Waktu dan Tempat 17](#_bookmark30)
   2. [Alat dan Bahan 17](#_bookmark31)
   3. [Metode Penelitian 17](#_bookmark32)
   4. [Pelaksanaan Penelitian 18](#_bookmark34)
   5. [Pengamatan dan Pengumpulan Data 21](#_bookmark35)
   6. [Analisis Data 26](#_bookmark36)
4. [HASIL DAN PEMBAHASAN 27](#_bookmark37)
   1. [Hasil 27](#_bookmark38)
   2. [Pembahasan 48](#_bookmark56)
5. [KESIMPULAN DAN SARAN 56](#_bookmark57)
   1. [Kesimpulan 56](#_bookmark58)
   2. [Saran 57](#_bookmark59)

[DAFTAR PUSTAKA 58](#_bookmark60)

[LAMPIRAN 63](#_bookmark61)

vii

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nomor** | **Teks** | **Halaman** |

1. [Morfologi tanaman kedelai 4](#_bookmark14)
2. [Fase pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai 6](#_bookmark17)
3. [Fase pertumbuhan generatif tanaman kedelai 7](#_bookmark19)
4. [Pola pertumbuhan tanaman kedelai 8](#_bookmark20)
5. [Gejala penyakit karat daun 10](#_bookmark23)
6. [Uredospora cendawan Phakopsora pachyrhizi dilihat dengan mikroskop](#_bookmark24) elektron 11
7. [Kerapatan trikoma pada (a) UBASK53 dan (b) UBASK14 29](#_bookmark40)
8. [Kerapatan stomata pada (a) UBASK26 dan (b) UBASK64 30](#_bookmark41)
9. [Tebal epidermis daun pada (a) UBASK41 dan (b) UBASK34 31](#_bookmark42)
10. [Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua AJM 35](#_bookmark43)
11. [Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua AGP 35](#_bookmark44)
12. [Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua GBG 36](#_bookmark45)
13. [Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua TGM 36](#_bookmark46)
14. [Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua UB1 37](#_bookmark47)
15. [Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua UB2 37](#_bookmark48)
16. [Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua AJM 40](#_bookmark49)
17. [Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua AGP 40](#_bookmark50)
18. [Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua GBG 41](#_bookmark51)
19. [Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua TGM 41](#_bookmark52)
20. [Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua UB1 42](#_bookmark53)
21. [Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua UB2 42](#_bookmark54)

viii

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nomor** | **Teks** | **Halaman** |

1. [Stadia pertumbuhan kedelai pada fase vegetatif 6](#_bookmark16)
2. [Stadia pertumbuhan kedelai pada fase generatif 7](#_bookmark18)
3. [Galur kedelai yang diuji 18](#_bookmark33)
4. [Tingkat penularan karat daun pada 36 galur kedelai yang diuji 28](#_bookmark39)
5. Luas daun, kerapatan trikoma, kerapatan stomata, tebal epidermis, dan kandungan klorofil pada 36 galur kedelai yang diuji… 32
6. [Tinggi tanaman dan jumlah daun pada 36 galur kedelai yang diuji pada Umur 6](#_bookmark55) [MST 43](#_bookmark55)
7. Jumlah polong isi, jumlah polong total, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji pada 36 galur kedelai yang diuji… 46
8. Koefisien korelasi antara intensitas penularan karat daun dengan semua variabel… 47
9. [Hasil analisis ragam tingkat penularan karat daun 72](#_bookmark67)
10. [Hasil analisis ragam tebal epidermis daun 72](#_bookmark68)
11. [Hasil analisis ragam kerapatan trikoma 72](#_bookmark69)
12. [Hasil analisis ragam luas daun 72](#_bookmark70)
13. [Hasil analisis ragam kandungan klorofil 72](#_bookmark71)
14. [Hasil analisis ragam kerapatan stomata 73](#_bookmark72)
15. [Hasil analisis ragam tinggi tanaman 2 MST 73](#_bookmark73)
16. [Hasil analisis ragam tinggi tanaman 3 MST 73](#_bookmark74)
17. [Hasil analisis ragam tinggi tanaman 4 MST 73](#_bookmark75)
18. [Hasil analisis ragam tinggi tanaman 5 MST 73](#_bookmark76)
19. [Hasil analisis ragam tinggi tanaman 6 MST 74](#_bookmark77)
20. [Hasil analisis ragam jumlah daun 2 MST 74](#_bookmark78)
21. [Hasil analisis ragam jumlah daun 3 MST 74](#_bookmark79)
22. [Hasil analisis ragam jumlah daun 4 MST 74](#_bookmark80)
23. [Hasil analisis ragam jumlah daun 5 MST 74](#_bookmark81)
24. [Hasil analisis ragam jumlah daun 6 MST 75](#_bookmark82)
25. [Hasil analisis ragam jumlah polong isi 75](#_bookmark83)
26. [Hasil analisis ragam jumlah polong total 75](#_bookmark84)
27. [Hasil analisis ragam bobot biji per tanaman 75](#_bookmark85)
28. [Hasil analisis ragam bobot 100 biji 75](#_bookmark86)

ix

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nomor** | **Teks** | **Halaman** |

1. [Deskripsi Varietas 63](#_bookmark62)
2. [Denah Petak Lahan 68](#_bookmark63)
3. [Denah Pengamatan Sampel 70](#_bookmark64)
4. [Perhitungan Dosis Pupuk 71](#_bookmark65)
5. [Hasil Tabel Analisis Ragam 72](#_bookmark66)

x

# PENDAHULUAN

# Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dimana salah satu produk unggulan pertanian Indonesia adalah tanaman pangan. Kedelai (*Glycine max* L. Merril) berada pada urutan ketiga sebagai komoditas pangan strategis dan populer di Indonesia setelah padi dan jagung (Wahyudin *et al.,* 2017). Tanaman kedelai menjadi tanaman penting untuk pemenuhan kebutuhan pangan dalam upaya perbaikan gizi masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan kedelai menjadi sumber protein nabati yang relatif lebih murah bila dibandingkan dengan sumber protein lainnya seperti susu, daging, dan ikan. Biji kedelai sendiri memiliki kandungan protein lebih kurang 35%, karbohidrat 35%, dan lemak 15%. Disamping itu pada kedelai juga terdapat kandungan beberapa mineral seperti fosfor, kalsium, zat besi, serta vitamin A dan B (Rohmah *et al.,* 2016). Kedelai banyak digunakan sebagai produk olahan makanan seperti tahu, tempe, susu kedelai, tauco, makanan ringan, dan industri kecap. Selain itu, kedelai juga dapat digunakan menjadi bahan industri pakan ternak. Oleh karena itu, permintaan kedelai sebagai bahan baku cenderung meningkat.

Sampai saat ini Indonesia termasuk dalam penghasil kedelai terbesar keenam di dunia setelah Amerika Serikat, Brazil, Argentina, China dan India. Meskipun demikian produksi kedelai dalam negeri masih belum bisa memenuhi kebutuhan kedelai yang semakin meningkat dari waktu ke waktu melampaui peningkatan produksi domestik. Kebutuhan akan kedelai dalam negeri terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan peningkatan jumlah penduduk Indonesia, sementara produksi yang dicapai belum mampu mengimbangi kebutuhan tersebut. Kebutuhan kedelai dalam setahun mencapai 2,25 juta ton, sementara jumlah produksi nasional mampu memasok kebutuhan kedelai hanya sekitar 779 ribu ton. Untuk memenuhi kekurangan pasokan sekitar 1,4 juta ton dipenuhi dengan kedelai impor dari Amerika Serikat dan Brazil yang mencapai 70-80% dari kebutuhan total (BPS, 2019).

Kedelai lokal cenderung kalah bersaing dengan kedelai impor, baik dari segi harga maupun kualitas. Kedelai lokal memiliki kekurangan yaitu ukuran biji yang cenderung kecil dan tidak seragam. Salah satu hambatan dalam upaya meningkatkan kualitas dan

2

produksi kedelai adalah serangan penyakit karat daun yang disebabkan oleh *Phakopsora pachyrhizi*. Menurut Sumartini (2010), penyakit karat daun telah tersebar luas di sentra produksi kedelai di dunia. Di Indonesia, penyakit ini telah menyebar ke seluruh sentra produksi kedelai di Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan, dan Sulawesi. Menurut Wardana *et al,* (2022) awalnya, penyakit karat daun hanya ditemukan di Asia sehingga disebut sebagai penyakit karat Asia (*Asian rust disease*). Sampai saat ini penyakit tersebut masih menjadi masalah utama di Indonesia karena dapat menyebabkan kehilangan hasil berkisar antara 30-60% bahkan dapat mencapai 100% pada varietas rentan sebab daun yang terserang akan mendapati defoliasi lebih awal. Menurut Susanto *et al.* (2020), penyakit karat daun dapat menyebabkan permukaan daun tertutupi sehingga luas permukaan daun yang aktif untuk proses fotosintesis menjadi berkurang. Ketahanan suatu varietas kedelai terhadap serangan penyakit merupakan faktor penting dalam upaya menekan kerugian hasil. Ketahanan kedelai terhadap penyakit karat daun dikendalikan secara poligenik. Sampai saat ini, 6 gen dominan, yaitu *Rpp1*, *Rpp2*, *Rpp3*, *Rpp4*, *Rpp5*, dan *Rpp?* (*Hyuuga*) diketahui mengendalikan ketahanan kedelai terhadap penyakit karat daun (Tukamuhabwa dan Maphosa, 2010). Di Indonesia, ketahanan terhadap penyakit karat daun merupakan salah satu syarat wajib dalam pelepasan varietas kedelai. Di antara varietas kedelai yang telah dilepas, hanya beberapa saja yang tahan terhadap penyakit karat daun. Pengembangan galur-galur unggul kedelai yang tahan penyakit karat daun masih dibutuhkan. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengevaluasi beberapa galur kedelai yang mempunyai ketahanan terhadap karat daun berdasarkan karakter morfologi dan fisiologi daun*.*

# Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari galur kedelai yang tahan terhadap serangan penyakit karat daun berdasarkan karakter morfologi dan fisiologi daun.

# Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah terdapat genotipe kedelai yang tahan terhadap karat daun dengan karakter morfologi dan fisiologi daun tertentu.

# TINJAUAN PUSTAKA

# Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kedelai

Kedelai merupakan komoditas strategis dalam sistem ketahanan pangan karena telah menjadi bagian penting dari menu makanan sebagian besar masyarakat di Indonesia, baik di perkotaan maupun pedesaan. Menurut Pertiwi *et al.* (2014), kedelai merupakan tanaman asli dari daratan China. Manusia telah membudidayakan tanaman kedelai sejak 2500 SM. Karena perdagangan internasional yang berkembang pada awal abad ke-15, tanaman kedelai juga menyebar ke berbagai negara, diantaranya yaitu Jepang, Korea, India, Indonesia, Australia dan Amerika. Kedelai sudah dikenal di Indonesia sejak abad ke-16. Penyebaran kedelai dimulai di pulau Jawa, masyarakat pulau Jawa mulai membudidayakan kedelai, kemudian merambah ke Bali, Nusa Tenggara dan pulau-pulau lainnya.

Kedelai merupakan tanaman pangan dari golongan kacang-kacangan. Tanaman kedelai menyelesaikan siklus hidupnya dalam satu kali musim tanam, sehingga digolongkan menjadi tanaman semusim. Menurut Birnadi (2012), tanaman kedelai mempunyai klasifikasi taksonomi yaitu sebagai berikut; Divisio: Spermatophyta, Subdivisio: Angiospermae, Klas: Dycotyledoneae, Ordo: Polypetales, Famili: Leguminaseae, Subfamili: Papilionoidae, Genus: Glycine, dan Spesies: *Glycine max* L. Merril

Bagian tanaman kedelai terbagi menjadi akar, batang, daun, bunga, polong, serta biji. Pada bagian akar kedelai terdapat bintil-bintil akar yang merupakan koloni dari bakteri *Rhizobium japonicum.* Menurut Cahyadi (2017) menjelaskan bahawa tanaman kedelai memiliki sistem perakaran yang terbagi menjadi dua, yaitu akar utama (tunggang) dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar utama. Akar kedelai dapat mencapai kedalaman 150 cm dalam tanah, tetapi kebanyakan kedalaman perakaran hanya mencapai 60 cm. Kedelai memiliki batang tidak berkayu, berjenis perdu atau semak, berbulu, berbentuk bulat, berwarna hijau. Berdasarkan Adie dan Krisnawati (2016) mengatakan bahwa batang tanaman kedelai memiliki tinggi sekitar 30 – 100 cm. Pada batang akan muncul cabang-cabang dan jumlah cabang sangat dipengaruhi oleh varietas kedelai yang dibudidayakan. Tanaman kedelai memiliki daun

berbentuk bulat atau lancip. Daun kedelai adalah daun majemuk berwarna hijau, hijau tua atau hijau kekuningan tergantung varietasnya. Umumnya, daun kedelai mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlahnya bervariasi (Gambar 1).



**(a)**

**(b)**

**(c)**

**(d)**

**(e)**

**(g)**

**(f)**

**Gambar 1.** Morfologi tanaman kedelai (a) akar, (b) batang, (c) daun (d) bunga, (e) polong, (f) biji dan (g) biji (Salim *et al.,* 2022; Adisarwanto, 2008)

Bunga kedelai termasuk bunga sempurna (hermaphrodite), artinya dalam setiap bunga terdapat alat kelamin jantan dan alat kelamin betina. Bunga tanaman kedelai muncul di ketiak daun. Menurut pendapat Sumarno (2016), yang menyatakan bahwa bunga terletak pada ruas-ruas batang, berwarna ungu atau putih. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung dengan kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Biji kedelai berbentuk polong, setiap polong berisi 1–4 biji. Biji umumnya berbentuk bulat atau bulat pipih sampai bulat lonjong. Ukuran biji berkisar antara 6 – 30 g/100 biji, ukuran biji diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu biji kecil (6–10 g/100 biji), biji sedang (11–12 g/100 biji) dan biji besar. Polong kedelai pertama kali muncul sekitar 10-14 hari masa pertumbuhan yakni setelah bunga pertama muncul. Warna polong yang baru tumbuh berwarna hijau dan selanjutnya akan berubah menjadi kuning atau coklat pada saat dipanen. Pembentukan

d**(**a**a**n**)**

pembesaran polong akan m**(**e**b)**ningkat sejalan dengan bertambahnya umur dan

jumlah bunga yang terbentuk. Jumlah polong yang terbentuk beragam berkisar 2-10 polong pada setiap kelompok bunga di ketiak daun. Jumlah polong yang dapat dipanen berkisar 20-200 polong per tanaman, tergantung dari varietas kedelai yang ditanam dan dukungan kondisi lingkungan tumbuh (Adisarwanto, 2008).

# Fase Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Pertumbuhan merupakan tahap perkembangan fisiologis tanaman, setiap tahap memiliki karakteristik dan kebutuhan yang berbeda bagi tanaman. Pentingnya memahami fase pertumbuhan tanaman mengacu pada keputusan yang dibuat untuk mencapai pertumbuhan optimal pada tingkat produksi maksimum tanaman kedelai, seperti waktu pemupukan, pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit, dan waktu panen. Secara garis besarnya pertumbuhan kedelai terdiri dari vegetatif dan generatif yang masing-masing terdiri atas beberapa stadia (Shilpashree *et al.,* 2021)

Pada umumnya di Indonesia umur kedelai sampai menghasilkan polong masak dicapai saat 75-100 hari setelah tanam. Kedelai dengan umur masak 75-85 hari tergolong genjah, dan 86- 95 tergolong sedang. Proses pertumbuhan dan perkembangan kedelai dari awal hingga saat panen melewati beberapa fase yang terjadi secara alami. Pertumbuhan tanaman kedelai dibagi menjadi dua fase, yaitu fase vegetatif dan fase generatif. Fase vegetatif ditandai dengan pembentukan buku dan daun baru serta akumulasi berat kering bagian vegetatif tanaman. Memasuki fase generatif dihitung sejak tanaman kedelai mulai berbunga sampai pembentukan polong, perkembangan biji dan pemasakan biji (Sumarno, 2016).

* + 1. Fase Vegetatif

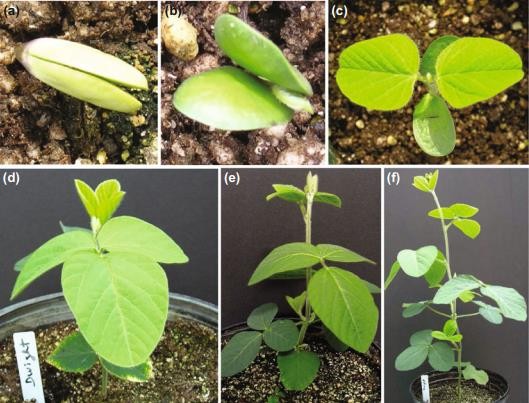
Pertumbuhan vegetatif merupakan pertumbuhan pada tanaman yang dimulai sejak tanaman muncul di permukaan tanah sampai tanaman mulai berbunga (Wang dan Qiu, 2018). Pertumbuhan vegetatif pada tanaman diakibatkan karena tanaman mengalami peambahan dan perkembangan sel, sehingga pertumbuhan tanaman setiap harinya mengalami peningkatan. Fase pertumbuhan vegetatif diawali dengan perkecambahan (VE), kemudian fase kotiledon (VC), fase pembentukan buku ke-1 (V1), fase pembentukan buku ke-2 (V2) fase pembentukan buku ke-n (Vn) (Suhartina *et al.*, 2012).

Fase pertumbuhan vegetatif dimulai dengan fase perkecambahan. Fase perkecambahan terjadi saat umur 3-7 HST (Gambar 2.). Menurut Adie dan Krisnawati (2016) mengatakan bahwa fase perkembangan kotiledon terjadi saat umur 7-15 HST hingga kotiledon telah berkembang sempurna. Fase munculnya daun ialah fase akhir

dari pertumbuhan vegetatif dan bersamaan dengan berkembangnya kotiledon secara sempurna. Fase ini terdiri dari beberapa tahap yaitu munculnya trifolial pertama hingga trifolial keenam. Umur maksimal tanaman saat fase vegetatif berlangsung antara 22-30 HST. Stadia pertumbuhan tanaman kedelai pada fase vegetatif dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Stadia pertumbuhan kedelai pada fase vegetatif

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Singkatan Stadia** | **Tingkatan Stadia** | **Uraian** |
| 1 | VE | Emergence  (kecambah) | Kotiledon muncul dari tanah |
| 2 | VC | Kotiledon  terbuka | Daun *unifoliate* berkembang tepi daun tidak  bersentuhan |
| 3 | V1 | Buku kesatu | Daun *unifoliate* sudah tumbuh sempurna, daun  *trifoliate* telah ada dengan tepi anak. daun dan daun tidak bersentuhan. |
| 4 | V2 | Buku kedua | Daun *trifoliate* telah sempurna, daun *trifoliate*  berikutnya masih kecil, dengan tepi anak daun tidak bersentuhan. |
| 5 | V3 | Buku ketiga | Tiga buku pada batang utama daunnya telah terbuka  penuh, terhitung mulai dari buku *unifoliate.* |
| 6 | VN | Buku VN | N buah buku pada batang utama daunnya telah  terbuka penuh terhitung mulai dari buku *unifoliate*. |

Shilpashree *et al.* (2021)

**Gambar 2.** Fase pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai (a) kecambah, (b) kotiledon terbuka, (c) buku kesatu, (d) buku kedua, (e) buku ketiga, dan (f) buku VN (Wang dan Qiu, 2018)

* + 1. Fase Generatif

Pertumbuhan generatif merupakan pertumbuhan sejak tanaman mulai berbunga sampai pembentukan polong, perkembangan biji, dan pemasakan biji (Gambar 3.) (Wang dan Qiu, 2018). Pertumbuhan generatif pada tanaman memiliki tujuan untuk

melestarikan keturunannya (Gambar 4.). Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Jumlah polong yang terbentuk pada ketiak daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini diikuti oleh perubahan warna polong yaitu dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak (Permanasari, 2011). Pada Tabel 2 dijelaskan stadia pertumbuhan kedelai pada fase generatif.

**Tabel 2.** Stadia pertumbuhan kedelai pada fase generatif

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Singkatan Stadia** | **Tingkatan Stadia** | **Uraian** |
| 1 | R1 | Mulai berbunga | Satu bunga telah berkembang pada batang  utama. |
| 2 | R2 | Berbunga penuh | Bunga berkembang penuh pada salah satu dari dua buku paling atas pada batang utama dengan  daun terbuka penuh. |
| 3 | R3 | Permulaan  pembentukan polong | Ukuran polong 5 mm pada saat buku dari empat  buku teratas pada batang utama dengan daun telah berkembang sempurna. |
| 4 | R4 | Berpolong penuh | Ukuran polong menjadi 2 cm pada salah satu  dari empat buku teratas pada batang utama dengan daun terbuka penuh. |
| 5 | R5 | Mulai berbiji | Panjang biji di dalam polong pada saat satu dari empat buku teratas 3 mm dengan daun terbuka penuh. |
| 6 | R6 | Berbiji penuh | Polong berisi satu biji hijau yang mengisi rongga polong pada salah satu dari empat buku teratas pada batang utama dengan daun terbuka  penuh. |
| 7 | R7 | Mulai matang | Satu polong pada batang utama telah mencapai  warna polong matang. |
| 8 | R8 | Matang penuh | 95% polong telah mencapai warna polong  matang. |

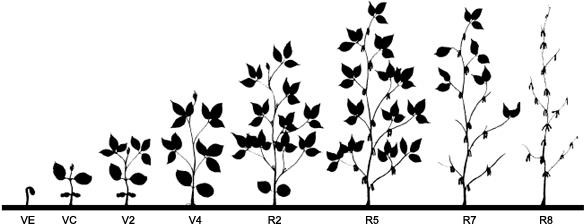
Shilpashree *et al.* (2021)



**(b)**

**(c)**

**Gambar 3.** Fase pertumbuhan generatif tanaman kedelai (a) mulai berbunga, (b) berbunga penuh, (c) matang penuh (Wang dan Qiu, 2018)



**Gambar 4.** Pola pertumbuhan tanaman kedelai (Williams *et al.,* 2012)

# Penyakit Karat Daun

Penyakit karat daun (*leaf rust*) yang disebabkan oleh cendawan *Phakopsora pachyrhizi*, merupakan salah satu penyakit yang paling sering menyerang tanaman kedelai. Penyakit karat daun dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 10–90%, tergantung pada varietas dan kondisi agroklimat setempat. Besarnya kehilangan yang disebabkan penyakit karat daun bergantung dari banyak faktor salah satunya adalah ketahanan tanaman. Menurut Maman *et al.* (2014) varietas kedelai Orba yang tahan terhadap penyakit karat daun, mampu menyebabkan kerugian kurang lebih 36% sedangkan pada kedelai TK5 yang rentan kerugian yang didapatkan mencapai 81%.

Faktor penyebab serangan penyakit karat daun pada tanaman kedelai ialah kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan cendawan *P. pachyrhizi*. Menurut Susanti *et al.* (2018) kelembaban yang tinggi dan periode dingin yang panjang dapat memicu patogen untuk menginfeksi daun-daun dan bersporulasi. Sumartini, (2010) menambahkan bahwa kondisi kelembaban tinggi yang dapat mendukung perkembangan *P. pachyrhizi* ialah > 95% dan suhu optimal untuk proses infeksi berkisar antara 15-28°C. Kisaran suhu tersebut umumnya terjadi pada musim penghujan sehingga penyakit karat banyak menyerang pertanaman kedelai pada musim penghujan. Penyebaran penyakit karat daun dibantu oleh angin dan percikan air hujan. Beberapa jenis gulma dari famili Leguminosa dapat menjadi tanaman inang bagi penyakit karat daun. Menurut Akbar *et al.* (2020), berdasarkan taksonominya, cendawan *P. pachyrhizi* tergolong dalam Kingdom Fungi, Divisi Basidiomycota, Kelas Urediniomycetes, Ordo Uredinales, Famili Phakopsoraceae, Genus Phakopsora, Spesies *P. pachyrhizi*.

Spora cendawan *P. pachyrhizi* terbentuk di dalam uredium dengan diameter 25−50 µm sampai 5−14 µm. Permukaan uredospora bergerigi, berbentuk bulat telur, berwarna kuning keemasan hingga coklat muda dengan diameter 18−34 µm sampai 15−24 µm. Uredospora akan berkembang menjadi teliospora yang dibentuk di dalam telia. Telia berbentuk oval dan berisi 2−7 teliospora. Teliospora berwarna coklat tua, berukuran 15−26 µm hingga 6−12 µm. Stadium teliospora jarang ditemukan di lapangan dan tidak berperan sebagai inokulum awal. Penyebaran uredospora dibantu oleh hembusan angin pada waktu hujan (Susanti *et al.,* 2018).

# Gejala Penyakit Karat Daun

Penyakit karat daun menyerang tangkai dan daun tanaman inang. Terkadang juga dapat menyerang beberapa bagian dari tanaman termasuk batang (Vidyawati, 2022). Gejala kerusakan tanaman akibat serangan penyakit karat daun antara lain adalah munculnya bintik-bintik kecil yang kemudian berubah menjadi bercak-bercak berwarna coklat pada bagian bawah daun, yang merupakan uredium penghasil uredospora. Serangan yang berat dapat menyebabkan daun gugur dan polong hampa (Susanti *et al.,* 2018). Jika daun disentuh, spora *P. pachyrhizi* yang menyerupai tepung berwarna coklat akan bertaburan.

Gejala awal penyakit karat pada kedelai ditandai dengan munculnya bercak klorotik kecil yang tidak beraturan pada permukaan daun. Bercak tersebut kemudian berubah menjadi coklat atau coklat tua dan membentuk bisul-bisul (pustul). Pustul merupakan kumpulan uredium. Pustul yang telah matang akan pecah dan mengeluarkan tepung yang warnanya seperti karat besi. Tepung tersebut merupakan kantung-kantung spora yang disebut uredium dan berisi uredospora (Santosa, 2013). Menurut Hasibuan dan Dalimunthe (2022), gejala penyakit karat daun muncul pada daun, tangkai dan terkadang pada batang. Mula-mula pada tempat tersebut terjadi bercak-bercak kecil berwarna coklat kelabu atau bercak yang sedikit demi sedikit berubah menjadi coklat atau coklat tua. Bercak-bercak karat terlihat sebelum pustul pecah. Bercak tersebut tampak bersudut, karena dibatasi oleh tulang-tulang daun di dekat tempat terjadinya infeksi. Kemudian pada pertumbuhan tanaman berikutnya, setelah tanaman mulai berbunga, bercak-bercak tersebut membesar, atau kadang-

kadang menyatu, dan menjadi coklat tua, bahkan terkadang hitam (Gambar 5). Gejala karat daun biasanya muncul pertama kali pada daun bagian bawah, kemudian berlanjut ke daun yang lebih muda.



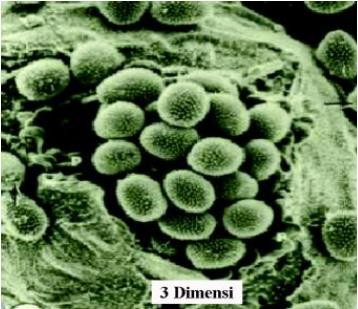
**Gambar 5.** Gejala penyakit karat daun (a) daun trifoliat pertama kedelai yang diinokulasi dengan spora penyakit karat (b) pustul atau uredium pada daun dilihat dari dekat (World Intellectual Property Organization 2008)

Menurut Sumartini (2010), beliau menjelaskan bahwa gejala umum penyakit karat daun ditandai dengan muncul bercak klorotik kecil atau bintik-bintik kecil yang kemudian akan berubah warna menjadi kecoklatan pada bagian permukaan bawah daun yang tidak beraturan. Lebih lanjut, Purba *et al*. (2020) menjelaskan dipermukaan daun gejala awal dari karat daun tampak sebagai titik berwarna kuning kadang juga dijumpai pada sisi atas daun. Bercak tersebut merupakan pustul kumpulan uredium yang menghasilkan uredospora. Pustul yang sudah matang akan pecah dan kemudian mengeluarkan tepung yang berwarna seperti karat besi.

Terdapat dua jenis spora yang telah diketahui pada cendawan *P. pachyrhizi*. Uredospora adalah jenis spora yang sering ditemukan dari musim ke musim. Uredospora sangat mudah terbawa angin dan percikan air hujan sehingga menyebar dengan cepat dan siklus akan berkali-kali terjadi dari musim ke musim. Jenis spora yang lainnya adalah teliospora. Teliospora jarang ditemukan di Indonesia, tetapi di negara-negara yang beriklim subtropis, teliospora ditemukan pada tanaman yang terinfeksi pada akhir musim tanam atau di dalam rumah kaca (Sumartini 2010). Berdasarkan penelitian Purba *et al.* (2020), menyatakan bahwa uredospora cendawan

*P. pachyrhizi* bertekstur padat, berukuran kecil, berbentuk bulat, dengan diameter 200 µm. Uredospora mempunyai banyak parafisis yang melengkung kedalam, panjang 25- 45 µm, dengan bagian ujung tebal, lebar 8-13 µm dan dikelilingi oleh selaput yang sangat tipis. Uredospora berbentuk bulat atau agak bulat, oval atau elips, ujung runcing

warnanya coklat kekuningan pucat dan memiliki diameter 18-34 µm sampai 15-24 µm (Gambar 6).



**Gambar 6.** Uredospora cendawan *Phakopsora pachyrhizi* dilihat dengan mikroskop elektron (Sumartini, 2010)

Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan uredospora membentuk tabung kecambah tunggal yang menembus permukaan daun 5-400 µm melalui bagian tengah sel epidermis, sampai terbentuk apresorium (hifa infeksi). Uredium akan berkembang 5-8 hari yang disebut fase infeksi (Goellner *et al.,* 2010). Uredospora baru terbentuk 9 hari setelah proses infeksi dan pembentukannya bisa memakan waktu sampai tiga minggu sedangkan uredium akan berkembang sampai empat minggu. Uredium generasi kedua akan tumbuh pada bagian pinggir dari tempat infeksi pertama, dan hal ini dapat berlangsung terus-menerus sampai 8 minggu. Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban dan cahaya sangat mempengaruhi perkembangan penyakit karat daun. Keberhasilan proses infeksi tergantung pada kelembaban permukaan tanaman Monte *et al.,* (2013).

# Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Patogen

Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan patogen penyebab penyakit karat daun pada kedelai antara lain suhu, cahaya, kelembaban tanah, aerasi tanah, pH tanah dan kedalaman urediospora yang terpendam dalam tanah (Utama dan Sjamsijah, 2019). Suhu optimum untuk pertumbuhan uredospora cendawan *P. pachyrhizi* adalah 15- 17°C. Pada kedelai infeksi paling banyak terjadi pada suhu 20-25°C dengan embun selama 10-12 jam sedangkan pada suhu 15-17°C diperlukan embun selama 16-18 jam. Masa berembun terpendek untuk terjadinya infeksi pada suhu 20-25°C adalah 6 jam, sedang pada 15-17°C adalah 8-10 jam. Bila suhu lebih tinggi dari 27,5°C tidak akan

terjadi infeksi (Sumartini dan Sulistyo 2016). Uredium mulai muncul 5-7 hari setelah inokulasi dan sporulasi terjadi 2-4 hari kemudian (Langenbach *et al.,* 2016). Penyakit karat daun lebih berat terjadi pada budidaya kedelai saat musim hujan (Maman *et al.,* 2014).

Suhu, kelembaban, dan cahaya sangat mempengaruhi perkembangan penyakit karat. Keberhasilan proses infeksi tergantung pada kelembaban pada permukaan tanaman, dengan waktu optimum 6 jam dan maksimum 10–12 jam. Suhu optimum untuk infeksi berkisar antara 15–28°C (Purba *et al*. 2020). Handayani *et al.* (2021) berpendapat bahwa penjemuran daun kedelai yang terinfeksi di bawah sinar matahari dengan intensitas cahaya 700 lux dapat menurunkan daya kecambah uredospora sehingga uredospora hanya mampu bertahan selama 6 jam. Selain itu, sinar ultra violet juga dapat menurunkan daya kecambah uredospora.

Suhu yang optimal untuk infeksi serangan cendawan *P. pachyrhizi* berkisar antara 15-28°C sedangkan untuk infeksi yang paling banyak terjadi pada suhu 20-25°C (Dey dan Jagtap*,* 2012). Uredospora berkembang sangat cepat dan dapat diproduksi dalam jumlah yang sangat banyak. Jika satu bercak rata-rata dapat menghasilkan lebih dari

12.000 uredospora dalam 4−6 minggu, maka dari 400 bercak akan terjadi serangan yang berat (Sumartini, 2010). Tanaman yang dikategorikan terkena serangan berat daun-daunnya lebih cepat gugur, sehingga hasil tanaman berkurang (Susanti *et al.,* 2018). Tumbuhan dapat terhindar dari penyakit, karena tumbuhan ini telah melampaui fase dimana tumbuhan sudah terpengaruh ketika tidak ada patogen atau ketika kondisi lingkungan tidak memungkinkan untuk infeksi. Menurut Masnenah *et al.,* (2014) pada tanaman kedelai fase pertumbuhan yang paling rentan terhadap penyakit karat daun kedelai adalah fase mulai berbunga dan fase buku ke enam, sedangkan fase pertumbuhan yang tahan pada saat mulai membentuk polong dan pengisian biji.

# Pengendalian Penyakit Karat pada Kedelai

Metode pengendalian yang relatif murah dan mudah untuk menanggulangi penyakit karat daun yang disebabkan oleh *P. pachyrhizi* adalah dengan menanam kedelai secara serempak pada awal musim kemarau atau awal musim hujan dengan curah hujan maksimum 50 mm per 10 hari (Ambar, 2020). Pengendalian dengan

fungisida hanya akan menguntungkan pada tingkat kerusakan tertentu (Santoso, 2013). Pada umumnya pemakaian fungisida hanya dianjurkan bila intensitas serangan penyakit mencapai sekitar 33% (Inayati dan Yusnawan 2017). Pengendalian patogen

*P. pachyrhizi* bisa dilakukan dengan mengkombinasikan antara teknik budidaya, pengendalian hayati dan pengendalian kimiawi. Untuk pengendalian hayati dapat dilihat adanya aktivitas mikroorganisme yang juga dapat bersifat antagonis dan mempercepat siklus hidup uredospora (Utama dan Sjamsijah, 2019).

Usaha pengendalian penyakit karat daun pada tanaman kedelai sering dilakukan dengan penggunaan fungisida sintetik dibandingkan dengan fungisida nabati dan pengendalian agensia hayati. Penggunaan fungisida sintetik dalam jangka waktu yang panjang akan berakibat buruk karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, resistensi, dan resurgensi (Heriyanto, 2015). Pengendalian penyakit karat daun dengan fungisida nabati dan agensia hayati memiliki keunggulan karena tidak mencemari lingkungan dan efek residunya dapat bertahan lama sampai beberapa musim tanam (Sumartini, 2010).

Penggunaan varietas yang tahan atau agak tahan dapat mengurangi intensitas serangan. Namun, oleh karena line cendawan *P. pachyrhizi* dapat berubah, maka ketahanan varietas terhadap serangan penyakit ini dapat menurun bila line baru muncul (Tremblay, 2011). Varietas kedelai yang resisten dan dikategorikan agak tahan terhadap penyakit karat daun dapat dipadukan dengan cara pengendalian dengan menggunakan agensia hayati. Tujuan dari pengendalian dengan agensia hayati dimaksudkan untuk menghambat pertumbuhan cendawan *P. pachyrhizi* pada tanaman kedelai sehingga dapat meningkatkan hasil produksi (Sumartini, 2010).

# Hubungan Antara Varietas dengan Serangan Penyakit Karat Daun

Peningkatan produksi kedelai dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan menanam varietas kedelai yang tahan penyakit yang dapat meningkatkan produksi kedelai. Setiap varietas kedelai memiliki daya tahan yang berbeda terhadap serangan penyakit karat daun, penggunaan varietas kedelai yang tahan merupakan salah satu cara pengendalian terhadap penyakit karat daun. Menurut pendapat Sarwanto (2008) rekomendasi pengembangan varietas unggul kedelai sampai

saat ini masih sulit untuk mencapai hasil yang optimal karena areal penanaman kedelai di Indonesia memiliki kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Oleh karena itu perlu dikembangkan varietas unggul yang spesifik lokasi. Menurut Yanti *et al.* (2022) ketahanan suatu varietas terhadap suatu penyakit umumnya tidak berlangsung selamanya. Jika muncul ras baru yang lebih virulen, ketahanan varietas tersebut akan patah. Virulen adalah kemampuan [mikroorganisme](https://id.wikipedia.org/wiki/Mikroorganisme) [patogenik](https://id.wikipedia.org/wiki/Patogen) untuk menyebabkan kerusakan pada inang. Oleh karena itu, adanya varietas-varietas baru kedelai yang tahan terhadap penyakit karat sangat dibutuhkan.

Varietas Dering 1 dan Dega 1 termasuk ke dalam varietas yang tahan sedangkan varietas Grobogan dan Anjasmoro termasuk varietas yang agak tahan. Hal ini sesuai dengan deskripsi pada masing-masing varietas, dimana varietas Dering 1 dan Dega 1 digolongkan ke dalam varietas yang tahan terhadap penyakit karat daun sedangkan varietas Grobogan dan varietas Anjasmoro termasuk varietas yang agak tahan terhadap penyakit karat daun. Hasil penelitian Senoaji dan Parptana (2013) menunjukkan bahwa walaupun varietas Grobogan adalah varietas yang agak tahan terhadap penyakit karat daun namun secara statistik menunjukkan bahwa varietas Grobogan tidak berbeda nyata dengan varietas Dering 1 dan Dega 1 tetapi berbeda nyata dengan varietas Anjasmoro. Perbedaan intensitas penyakit ini diduga disebabkan oleh tetua galur kedelai yang diuji berbeda. Dengan kata lain, gen pengendali ketahanan yang dimiliki oleh masing-masing galur kemungkinan berbeda. Menurut Septiatin (2008), karakter ketahanan tanaman dikendalikan oleh satu atau beberapa gen.

Varietas kedelai menunjukkan ketahanan yang berbeda-beda terhadap patogen karat kedelai. Rataan intensitas penyakit dari setiap varietas yang diuji dapat dijadikan dasar dalam menggolongkan tingkat ketahanan suatu varietas. Hasil penelitian Maman *et al.* (2014), penggolongan intensitas penyakit dengan ketentuan Mizzani dan Hinojosa (Cook, 1972) maka varietas Slamet dan Bromo termasuk ke dalam varietas yang tahan sedangkan varietas Lokon dan Ringgit termasuk varietas yang agak tahan. Semakin tinggi intensitas penyakit maka jumlah polong dan berat kering tanaman pada setiap varietas akan mengalami penurunan.

# Ciri Morfologi dan Fisiologi Tanaman yang Rentan dan Tahan Karat Daun

Secara umum, tanaman dapat resisten terhadap serangan patogen dengan kombinasi dua senjata yang dimilikinya, yaitu (1) sifat–sifat struktur yang berperan sebagai penghalang fisik serta menghambat peluang patogen untuk dapat masuk dan menyebar di dalam tumbuhan, (2) dan proses-proses biokimia yang terjadi di dalam sel dan jaringan tanaman (Achmad *et al.,* 2012). Tanaman kedelai dikatakan memiliki ketahanan morfologi terhadap patogen karat daun yang dapat dilihat dari kerapatan bulu, ketebalan epidermis, bentuk dan warna daun (Masnenah *et al.,* 2014). Berdasarkan penelitian Vidyawati (2022) diketahui bahwa permukaan daun yang mempunyai bulu relative sedikit lebih memberi peluang patogen mengadakan kontak dengan epidermis daun secara lebih sering sehingga memungkinkan terjadi infeksi patogen.

Ciri tekstur daun kedelai yang lebih kaku merupakan salah satu bentuk ketahanan morfologis tanaman kedelai tahan karat daun. Didukung dengan pernyataan Wardana *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa jaringan daun varietas kedelai yang tahan tampak lebih tebal dibandingkan dengan varietas kedelai yang rentan. Menurut Sumartini dan Sulistyo (2016) kutikula daun pada kultivar kedelai yang tahan lebih tebal daripada kutikula pada kultivar yang rentan. Masa inkubasi patogen karat pada daun muda tanaman kedelai relatif lebih cepat dibanding daun tua, hal tersebut berhubungan dengan ketebalan dinding sel epidermis, lapisan kutikula maupun substansi yang terakumulasi di atasnya (Hakim, 2017).

Warna daun pada tanaman kedelai juga berpengaruh terhadap karakteristik morfologi tanaman tahan karat daun. Menurut Utama dan Sjamsijah (2017) varietas kedelai yang tahan karat daun memiliki daun lebih kaku dan lebih gelap dibandingkan dengan varietas kedelai yang rentan. Warna daun yang lebih gelap pada suatu kultivar tanaman yang tahan terhadap patogen, kemungkinan disebabkan kandungan senyawa metabolit sekunder khususnya senyawa fenolik yang lebih tinggi. Menurut Achmad *et al.* (2012) pada tanaman yang terinfeksi, patogen dapat menghasilkan enzim glikosidase yang dapat menghidrolisis glukosa dan membebaskan senyawa fenolik. Senyawa fenolik dengan konsentrasi tinggi yang terdapat dalam sel daun berfungsi

sebagai mekanisme ketahanan tanaman terhadap patogen. Selain senyawa fenolik pada tanaman kedelai yang terinfeksi patogen, kandungan senyawa metabolit sekunder berupa gliseolin juga menentukan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen. Sesuai dengan Susanti *et al.* (2018) yang juga melaporkan bahwa pada varietas kedelai yang tahan dapat terbentuk senyawa fitoaleksin yang lebih banyak dan lebih cepat dibandingkan dengan varietas yang rentan.

# BAHAN DAN METODE

# Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan dimulai dari bulan Februari sampai dengan Mei 2023 di Badan Standarisasi Instrumen Pertanian Aneka Kacang dan Umbi (BSIP AKABI) yang beralamat di Jl. Raya Kendalpayak No.66, Segaran, Kendalpayak, Kec. Pakisaji, Kabupaten Malang, Jawa Timur yang terletak pada 8°2’51”LS- 112°37’33”BT. Lokasi ini berada pada ketinggian 445 mdpl dengan suhu udara minimum 17,5°C dan suhu udara maksimum 30°C serta curah hujan mencapai 2.191mm/tahun (Balitkabi, 2017).

# Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat menanam, meteran, haemositometer, timbangan analitik, LAM (*Leaf Area Meter*), mikroskop, kaca preparat, mortar, pistil, alat tulis dan kamera ponsel. Sedangkan bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu benih dari 36 galur kedelai, *polybag* ukuran 35 x 35 cm, tanah *top soil,* pupuk kandang sapi, pupuk NPK 16-16-16, suspensi uredospora *P. pachyrhizi,* polisorbat-20, dan aquades.

# Metode Penelitian

Percobaan disusun secara non faktorial dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan galur sebagai perlakuan. Perlakuan terdiri dari 36 galur kedelai, yaitu 30 galur merupakan hasil persilangan dan 6 tetua. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 108 unit percobaan. Setiap galur terdiri dari 12 tanaman*,* sehingga total populasi pada penelitian ini adalah sebanyak 1296 tanaman kedelai. Denah percobaan disajikan pada Lampiran 2.

**Tabel 3.** Galur kedelai yang diuji

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ♂ \ ♀ | **AJM (1)** | **TGM (2)** | **AGP (3)** | **GBG (4)** | **UB1 (5)** | **UB2 (6)** |
| **AJM (1)** | - | UBASK12 | UBASK13 | UBASK14 | UBASK15 | UBASK16 |
| **TGM (2)** | UBASK21 | - | UBASK23 | UBASK24 | UBASK25 | UBASK26 |
| **AGP (3)** | UBASK31 | UBASK32 | - | UBASK34 | UBASK35 | UBASK36 |
| **GBG (4)** | UBASK41 | UBASK42 | UBASK43 | - | UBASK45 | UBASK46 |
| **UB1 (5)** | UBASK51 | UBASK52 | UBASK53 | UBASK54 | - | UBASK56 |
| **UB2 (6)** | UBASK61 | UBASK62 | UBASK63 | UBASK64 | UBASK65 | - |

Keterangan: AJM=Varietas Anjasmoro, TGM=Varietas Tanggamus, AGP=Varietas Argopuro, GBG=Varietas Grobogan, UB1=Galur UB1,dan UB2= Galur UB2

# Pelaksanaan Penelitian

* + 1. Persiapan Benih

Benih yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 36 galur yang berbeda. Ciri- ciri benih kedelai bermutu baik secara fisik yaitu warna biji cerah mengkilat dan tidak kusam, ukuran biji seragam dan bernas, tidak tercampur dengan kotoran atau benda lain, tidak bercampur dengan benih varietas lain, benih tidak retak atau pecah, dan tidak ada bercak. Benih dari masing-masing galur dimasukkan pada plastik yang berbeda serta diberi label agar mudah dibedakan saat penanaman.

* + 1. Persiapan Media Tanam

Tahapan pertama yang dilakukan adalah pembersihan lokasi penanaman dari sampah dan gulma yang dapat mengganggu tanaman kedelai. *Polybag* ukuran 35 x 35 cm2 diisi dengan tanah dan pupuk kandang sapi sampai menyisakan 2 cm dari permukaan *polybag.* Dalam penelitian ini menggunakan media tanam berupa campuran tanah dan pupuk kandang (3:2). Tanah diambil dari lapisan atas (*top soil)* lalu dibersihkan dari kotoran-kotoran kemudian dicampur dengan pupuk kandang sapi. Perbandingan yang digunakan dalam pembuatan media tanam ialah dengan perbandingan 3:2, yaitu 3 kg *top soil* dengan 2 kg pupuk kandang sapi.

* + 1. Penanaman

Penanaman benih kedelai pada *polybag* dilakukan dengan sistem tugal. Setiap *polybag* terdiri dari 1 lubang tanam dengan kedalaman 2–3 cm dan jarak tanam yang digunakan yaitu 20 cm x 20 cm. Benih kedelai dimasukkan kedalam lubang tanam sebanyak 2 benih kedelai per *polybag*. Setelah itu, lubang tanam ditutup kembali dengan tanah dan diratakan kemudian disiram sampai media tanam lembab. Kemudian

dilakukan penjarangan dengan memilih salah satu tanaman yang terbaik pada saat 2 MST.

* + 1. Pemupukan

Pemupukan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman. Pemupukan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pemupukan awal pada saat kedelai berumur 2 MST dan pemupukan susulan pada saat kedelai berumur 4 MST dengan memberikan pupuk NPK 16-16-16. Dosis pupuk yang digunakan yaitu sebanyak 250 kg/ha atau setara dengan 2,73 g/tanaman. Pemupukan dilakukan dengan cara ditugal pada jarak 5 cm dari lubang tanam. Perhitungan dosis pupuk dapat dilihat pada Lampiran 4.

* + 1. Inokulasi Cendawan *P. pachyrhizi*

Suspensi uredospora *P. pachyrhizi* disiapkan di laboratorium sehari sebelum inokulasi. Tanaman kedelai milik BSIP AKABI yang terinfeksi penyakit karat secara alami di lapangan digunakan sebagai sumber inokulum. Daun yang terinfeksi diinkubasi pada kelembaban 100%. Setelah 24 jam, spora yang dihasilkan diambil menggunakan kuas lalu disuspensikan menggunakan air suling hingga diperoleh kepadatan uredospora 104 spora/ml. Selanjutnya, suspensi spora dihomogenkan menggunakan 2 tetes per liter Polisorbat-20. Inokulasi suspensi uredospora *P. pachyrhizi* dilakukan pada saat tanaman kedelai berumur 5 MST dengan cara menyemprotkan suspensi spora ke seluruh permukaan daun.

* + 1. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman terdiri dari kegiatan penyiraman, penyulaman, pengendalian hama, serta penyiangan gulma.

* Penyiraman

Penyiraman tanaman kedelai dilakukan satu hari sekali pada pagi atau sore hari dengan menggunakan selang. Volume air yang diberikan disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Penyiraman dilakukan secara rutin supaya tanaman tidak terhambat pertumbuhannya dan dapat mencukupi kapasitas lapang. Penyiraman disesuaikan dengan kondisi cuaca. Jika tanah sudah lembab, tanaman tidak perlu disiram.

* Penyulaman

Kegiatan penyulaman bertujuan untuk mempertahankan jumlah tanaman kedelai di dalam satuan unit percobaan. Penyulaman harus dilakukan secepatnya agar pertumbuhan tanaman seragam. Penyulaman dilakukan pada saat tanaman kedelai berumur 1 MST dengan cara mengganti bibit kedelai yang rusak atau tidak tumbuh dengan bibit kedelai yang baru pada lubang tanam yang sama. Bibit yang digunakan untuk menyulam yaitu tanaman yang umurnya sama.

* Pengendalian Hama

Hama merupakan gangguan dari luar yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Hama pada tanaman kedelai dikendalikan dengan penyemprotan pestisida sesuai dengan hama yang menyerang. Penyemprotan dilakukan saat ada gejala serangan hama. Penyemprotan dilakukan dengan menggunakan *handsprayer.* Penyemprotan pestisida dilakukan sesuai dengan ambang kendali, yaitu apabila intensitas kerusakan tanaman lebih dari 25% atau terdapat 1 ekor hama dari setiap 4 tanaman yang ada.

* Penyiangan Gulma

Penyiangan yaitu kegiatan untuk membersihkan *polybag* dari gulma atau tanaman yang tidak dikehendaki yang tumbuh di sekitar tanaman kedelai. Pengendalian gulma dilakukan secara mekanik yaitu dengan cara mencabut gulma menggunakan tangan dan dibuang di tempat yang jauh dari area penanaman. Penyiangan gulma dilakukan secara rutin apabila ditemukan gulma yang tumbuh di sekitar tanaman kedelai baik di dalam areal *polybag* maupun di luar *polybag*.

* + 1. Panen

Pemanenan dilakukan pada saat tanaman sudah matang fisiologis dengan kriteria tanaman mengering, daun berwarna kuning dan mudah rontok, batang mulai mengeras, daun berubah menjadi kecoklatan. Pemanenan dilakukan secara manual dengan cara mencabut tanaman sampai akarnya. Pemanenan tanaman disesuaikan dengan umur masak fisiologi masing-masing galur. Hasil panen kedelai yang berupa brangkasan

daun dan batang dikeringkan dengan cahaya matahari selama 2-3 hari. Kemudian polong dipisahkan dari batang dan cabang untuk mendapatkan hasil polong.

# Pengamatan dan Pengumpulan Data

Pengamatan dan pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi pengamatan terhadap serangan penyakit, variabel pertumbuhan dan variabel hasil.

* + 1. Intensitas Penularan Karat Daun

Pengamatan keparahan penyakit karat daun mengikuti metode *International Working Group on Soybean Rust Rating System* (IWGSR) dan dilakukan 5 kali, mulai dari 1 minggu setelah inokulasi (MSI) hingga 5 MSI. Metode IWGSR menggunakan sistem skor 3 angka untuk mengelompokkan ketahanan kedelai terhadap penyakit karat (Tukamuhabwa dan Maphosa 2010). Angka pertama menunjukkan posisi teratas dari daun yang terinfeksi (1 = 1/3 bagian bawah, 2 = 1/3 bagian tengah, dan 3 = 1/3 bagian atas kanopi). Angka kedua menunjukkan kepadatan pustul karat pada daun yang paling terinfeksi (1 = tidak ada pustul, 2 = 1–8 pustul cm-2, 3 = 9–16 pustul cm-2, dan 4 = >16 pustul cm-2). Angka ketiga menunjukkan jenis infeksi (1 = tidak ada pustul, 2 = pustul tanpa ada spora, dan 3 = pustul dengan spora) (Sumartini dan Sulistyo, 2016).

Sistem IWGSR dikombinasikan dengan sistem *International Soybean Program* (INTSOY) (1982), yaitu angka kedua yang menyatakan kerapatan bercak seluas 1 cm2 pada daun kedelai dan diberi skor. Intensitas penularan penyakit diamati satu kali pada stadium V3 (akhir vegetatif) terhadap dua daun pertama setiap tanaman. Plastik transparan yang sudah digaris kotak-kotak seluas 1 cm2 ditempelkan di bagian tengah tulang daun yang diamati. Jumlah bercak yang terdapat di dalam garis kotak-kotak plastik transparan tersebut dirata-ratakan (per cm2) untuk diberi skor sebagai berikut:

Skor 0 = 0 bercak

Skor 1 = 1-2 bercak

Skor 2 = 3-4 bercak

Skor 3 = 5-6 bercak

Skor 4 = 7-8 bercak

Skor 5 = 9-10 bercak

Skor 6 = 11-12 bercak

Skor 7 = 13-14 bercak

Skor 8 = 15-16 bercak Skor 9 = 16 < x bercak

Tingkat penularan penyakit dinyatakan dengan rumus Natawigena (1985) berikut:

X= ∑(𝑛 𝑥 𝑦) x 100%

𝑁 𝑥 𝑍

Keterangan: X= intensitas penularan

n= sampel daun yang diamati y= skor penularan

N= jumlah sampel daun yang diamati

Z= skor penularan tertinggi dari sampel daun yang diamati

Penilaian ketahanan tanaman terhadap penyakit karat daun dilakukan berdasarkan kriteria Mazzani dan Hinojosa (Cook 1972).

Imun (I) : X=0%

Tahan (T) : 0%<X≤25%

Agak tahan (AT): 25%<X≤50% Agak rentan : 50%<X≤75% Rentan (R) : 75<X

* + 1. Karakter Morfologi dan Fisiologi Daun
       1. Luas Daun (cm2)

Pengamatan luas daun dilakukan setelah inokulasi spora *P. pachyrhizi,* yaitu pada saat tanaman kedelai berumur 6 MST. Pengukuran luas daun dilakukan pada seluruh daun tanaman sampel menggunakan *Leaf Area Meter* (LAM). Daun yang telah terbuka sempurna dan dipastikan bersih dari kotoran kemudian diletakkan pada permukaan conveyor yang ada pada alat ukur. Selanjutnya bersamaan dengan bergesernya ban berjalan maka transmisi cahaya di bawah permukaan alat ukur akan menunjukkan hasil kalibrasi luas daun. Hasil pengukuran luas daun tertera pada panel layar LAM dalam satuan cm2 dan dicatat sebagai total luas daun. Nilai hasil pengukuran tersebut dikalikan dengan faktor koreksi yang ditentukan melalui rumus sebagai berikut (Susilo, 2015):

1. Pertama ambil kertas yang telah diketahui luasannya (contoh 10 cm x 10 cm = 100 cm2)
2. Mengukur kertas menggunakan LAM pada 5 posisi lalu dihitung rata – ratanya
3. Kemudian, menghitung nilai faktor koreksi menggunakan rumus: 𝑙𝑢𝑎𝑠 𝑘𝑒𝑟𝑡𝑎𝑠 𝐿𝐴𝑀

𝐿𝑢𝑎𝑠 𝑘𝑒𝑟𝑡𝑎𝑠 𝑎𝑘𝑡𝑢𝑎𝑙

1. Langkah terakhir hitung luas daun menggunakan rumus (LD) = Luas daun per tanaman x FK.
   * + 1. Kerapatan Trikoma (trikoma/mm2)

Pengambilan sampel untuk perhitungan kerapatan trikoma dilakukan pada saat tanaman berumur 10 MST. Daun yang digunakan untuk pengamatan trikoma adalah daun yang telah membuka sempurna yaitu daun ke-3 atau ke-4 dari pucuk pada saat tanaman memasuki stadium R1. Kerapatan trikoma daun diamati dengan menggunakan *hand microscope* dengan perbesaran 15 kali. Trikoma dihitung dengan cara menghitung banyaknya trikoma yang berada pada permukaan bawah daun. Menurut Hafiz *et al.,* (2013) untuk mendapatkan kerapatan trikoma, rerata yang didapatkan dari tiga kali ulangan tiap satu sampel dihitung menggunakan rumus:

**Kerapatan trikoma =** 𝐉𝐮𝐦𝐥𝐚𝐡 𝐭𝐫𝐢𝐤𝐨𝐦𝐚

𝐋𝐮𝐚𝐬 𝐛𝐢𝐝𝐚𝐧𝐠 𝐩𝐚𝐧𝐝𝐚𝐧𝐠 (𝐩 𝐱 𝐥)

* + - 1. Kerapatan Stomata (stomata/mm2)

Pengamatan stomata dilakukan pada saat tanaman berumur 11 MST. Kerapatan stomata diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya maupun stereo. Pengamatan jumlah stomata dilakukan dengan teknik imprint yaitu mencetak stomata daun dengan menggunakan kuteks (cat kuku). Kemudian permukaan daun bagian bawah (daun ketiga dari pucuk) ditutupi dengan selotip bening. Setelah itu selotip diambil kemudian diamati di bawah mikroskop stereo dengan perbesaran 40x. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari. Kerapatan stomata dihitung berdasarkan rumus (Lestari, 2016):

Keterangan:

**Kerapatan stomata=** 𝐉𝐮𝐦𝐥𝐚𝐡 𝐬𝐭𝐨𝐦𝐚𝐭𝐚

𝐋𝐮𝐚𝐬 𝐛𝐢𝐝𝐚𝐧𝐠 𝐩𝐚𝐧𝐝𝐚𝐧𝐠

Kerapatan stomata (stomata/mm2)

Diameter bidang pandang perbesaran 40x = 4 x 10-1 mm= 0.4 mm Luas bidang pandang = 0.35 mm2

Skala mikroskop = 50 µm

* + - 1. Tebal Epidermis Daun (µm)

Pengamatan ini dilakukan dengan membuat preparat melintang daun yaitu menggunakan preparat semi permanen. Sampel daun diambil pada saat tanaman berumur 9 MST. Daun dipotong sepanjang 1×1 cm dengan menggunakan silet tajam, wortel yang berbentuk silinder dengan garis tengah 1 cm, dipotong sepanjang 4 cm kemudian dibelah menjadi 2 bagian. Selanjutnya potongan daun dijepit diantara kedua wortel tersebut dan dibuat irisan melintang setipis mungkin untuk mendapatkan hasil yang benar-benar transparan. Kemudian irisan tersebut diletakan pada kaca preparat, lalu ditetesi gliserin dan ditutup dengan gelas penutup, kemudian diamati dengan mikroskop komputer Olympus BX 43. Tebal epidermis daun diamati dengan perbesaran 40 kali kemudian difoto dan diukur tebalnya (Dorly *et al.,* 2016).

* + - 1. Analisis Kandungan Klorofil (mg g-1)

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman kedelai berumur 50 HST. Pengukuran kandungan klorofil dilakukan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Setiari dan Nurchayati (2009) dengan modifikasi. Daun segar sebanyak 0.1 g digerus dan dihomogenisasi dengan 10 ml aseton 80% selanjutnya disaring dengan kertas saring Whatman nomor 2. Absorbansi filtrat dikalibrasi pada spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 644 nm dan 663 nm. Selanjutnya dilakukan perhitungan berdasarkan Narasimhan (2015):

𝐂𝐚 = 𝟏. 𝟎𝟕𝑨𝟔𝟔𝟑 − 𝟎. 𝟎𝟗𝟒𝑨𝟔𝟒𝟒

𝐂𝐛 = 𝟏. 𝟕𝟕𝑨𝟔𝟒𝟒 − 𝟎. 𝟐𝟖𝟎𝑨𝟔𝟔𝟑

𝐂𝐚+𝐛 = 𝟎. 𝟕𝟗𝑨𝟔𝟔𝟑 + 𝟏. 𝟎𝟕𝟔𝑨𝟔𝟒𝟒

Keterangan:

Ca = Klorofil a

Cb = Klorofil b Ca+b = Klorofil total

A663 = absorbans pada λ663 A644 = absorbans pada λ644

* + 1. Variabel Pertumbuhan

Pengamatan terhadap variabel pertumbuhan dilakukan dengan metode non- destruktif. Pengamatan dimulai pada saat tanaman berumur 2 MST sampai 6 MST dengan interval 7 hari. Adapun pengamatan variabel pertumbuhan kedelai meliputi:

* + - 1. Tinggi Tanaman (cm)

Pengamatan tinggi tanaman dapat dilakukan dengan cara mengukur dari pangkal batang hingga titik tumbuh tanaman dengan menggunakan meteran. Pengamatan tinggi tanaman dimulai setelah tanaman kedelai berumur 2 MST sampai tanaman kedelai berumur 6 MST dengan interval pengamatan selama 7 hari.

* + - 1. Jumlah Daun (helai/tanaman)

Perhitungan jumlah daun mulai dilakukan ketika tanaman telah membentuk daun sempurna dan aktif berfotosintesis. Tanaman kedelai merupakan tanaman yang memiliki daun trifoliate, sehingga cara menghitung daunnya ialah satu tangkai daun dihitung satu. Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap minggu sejak tanaman berumur 2 MST hingga tanaman berumur 6 MST.

* + 1. Variabel Hasil

Pengamatan variabel hasil dilakukan saat tanaman kedelai berumur 12 MST. Adapun pengamatan terhadap variabel hasil meliputi jumlah polong isi, jumlah polong total, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji.

* + - 1. Jumlah Polong Isi (polong)

Pengamatan jumlah polong isi per tanaman dapat dilakukan dengan cara menghitung seluruh polong yang berisi dari setiap tanaman yang dipanen. Perhitungan jumlah polong dilakukan pada saat pasca panen

* + - 1. Jumlah Polong Total (polong)

Pengamatan jumlah polong total dilakukan pada saat tanaman kedelai telah dipanen. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah polong isi dan polong hampa atau polong tidak bernas dari setiap tanaman sampel.

* + - 1. Bobot Biji Per Tanaman (g)

Bobot biji per tanaman didapatkan dengan menimbang dari total seluruh biji yang telah dipanen. Polong hasil panen dijemur hingga kering setelah itu dipisahkan biji dari polongnya. Pengamatan bobot biji per tanaman dilakukan setelah panen.

* + - 1. Bobot 100 Biji (g)

Biji yang telah dipanen kemudian dikering anginkan terlebih dahulu agar kadar airnya menurun. Pengamatan bobot 100 biji dilakukan dengan menimbang 100 biji kedelai yang telah dikering anginkan, pengamatan ini dilakukan saat pasca panen

# Analisis Data

Data pengamatan yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) atau Uji F hitung pada taraf 5%. Apabila perlakuan yang diberikan menunjukkan pengaruh beda nyata (F hitung > F Tabel) maka dilanjutkan dengan uji gugus *Scott Knott* pada taraf 5%. Kemudian dilakukan uji korelasi antar variabel pengamatan pada taraf 5%.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

27

# Hasil

* + 1. Intensitas Penularan Karat Daun

Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa galur yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap intensitas penularan karat daun pada umur 7 MST (Lampiran 5). Nilai intensitas penularan karat daun berkisar antara 6.02 % (UBASK63, UBASK34, dan UB2) sampai dengan 66.44% (UBASK15) dengan nilai rata-rata sebesar 31.33%. Galur-galur yang memiliki intensitas penularan karat daun yang rendah secara berturut-turut yaitu UBASK63 (6.02 %), UBASK34 (6.02 %), UB2 (6.02

%), UBASK51 (9.95 %), UBASK23 (10.19 %), AGP (11.57 %), UBASK32 (14.12

%), UBASK43 (19.68 %), UBASK24 (19.68 %), dan UBASK14 (24.54 %) (Tabel 4).

Berdasarkan data intensitas penularan karat daun tersebut selanjutnya ditentukan kategori ketahanan galur-galur yang diuji (Tabel 4). Hasil pengamatan intensitas ketahanan kedelai terhadap karat daun menggunakan metode *International Soybean Program* (INTSOY) menunjukkan bahwa tidak ada galur dengan kategori imun (I), 10 galur dengan kategori tahan (T), 24 galur dengan kategori agak tahan (AT), 2 galur dengan kategori agak rentan (AR), dan tidak ada galur dengan kategori rentan (R). Galur dengan kategori tahan yaitu UBASK63, UBASK34, UB2, UBASK51, UBASK23, AGP, UBASK32, UBASK43, UBASK24, dan UBASK14. Galur dengan

kategori agak tahan yaitu UBASK16, UBASK13, UBASK12, UBASK61, UBASK64, UBASK62, UBASK65, UBASK31, UBASK36, UBASK35, UBASK41, UBASK46, UBASK42, UBASK45, UBASK21, UBASK26, UBASK25, UBASK56, UBASK54,

UBASK52, AJM, GBG, TGM, dan UB1. Galur dengan kategori agak rentan yaitu UBASK15 dan UBASK53 (Tabel 4).

**Tabel 4.** Tingkat penularan karat daun pada 36 galur kedelai yang diuji

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Galur** | **Intensitas Penularan (%)** | **Kategori Ketahanan** |
| 1 | UBASK16 | 28.93b | AT |
| 2 | UBASK13 | 40.28b | AT |
| 3 | UBASK14 | 24.54a | T |
| 4 | UBASK12 | 44.21b | AT |
| 5 | UBASK15 | 66.44b | AR |
| 6 | UBASK61 | 32.64b | AT |
| 7 | UBASK63 | 6.02a | T |
| 8 | UBASK64 | 37.96b | AT |
| 9 | UBASK62 | 30.32b | AT |
| 10 | UBASK65 | 34.26b | AT |
| 11 | UBASK31 | 37.96b | AT |
| 12 | UBASK36 | 32.41b | AT |
| 13 | UBASK34 | 6.02a | T |
| 14 | UBASK32 | 14.12a | T |
| 15 | UBASK35 | 49.31b | AT |
| 16 | UBASK41 | 39.58b | AT |
| 17 | UBASK46 | 35.88b | AT |
| 18 | UBASK43 | 19.68a | T |
| 19 | UBASK42 | 37.50b | AT |
| 20 | UBASK45 | 36.11b | AT |
| 21 | UBASK21 | 31.94b | AT |
| 22 | UBASK26 | 42.13b | AT |
| 23 | UBASK23 | 10.19a | T |
| 24 | UBASK24 | 19.68a | T |
| 25 | UBASK25 | 36.11b | AT |
| 26 | UBASK51 | 9.95a | T |
| 27 | UBASK56 | 43.75b | AT |
| 28 | UBASK53 | 50.00b | AR |
| 29 | UBASK54 | 30.32b | AT |
| 30 | UBASK52 | 43.29b | AT |
| 31 | AJM | 32.41b | AT |
| 32 | AGP | 11.57a | T |
| 33 | GBG | 33.80b | AT |
| 34 | TGM | 41.90b | AT |
| 35 | UB1 | 30.79b | AT |
| 36 | UB2 | 6.02a | T |
| **Min.** |  | 6.02 |  |
| **Maks.** |  | 66.44 |  |
| **Rata-rata** |  | 31.33 |  |

Keterangan: angka yang didampingi huruf berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata berdasarkan uji *Scott-Knott* 5%. AGP: Argopuro; AJM: Anjasmoro; GBG: Grobogan; TGM: Tanggamus; Galur UB1; dan Galur UB 2. I= Imun, T= Tahan, AT= Agak Tahan, AR= Agak Rentan, dan R= Rentan.

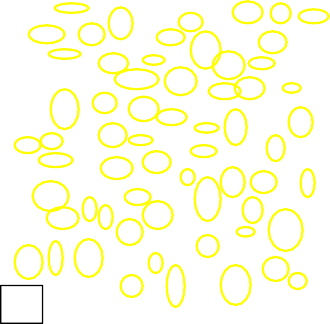
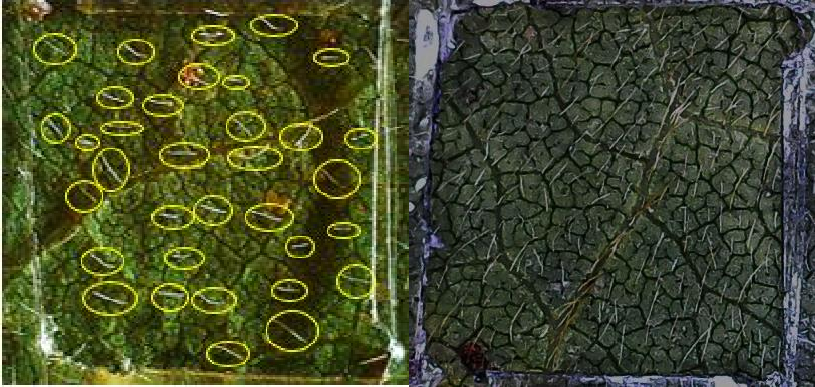
* + 1. Karakter Morfologi dan Fisiologi Daun
       1. Luas Daun

Pengamatan rata-rata luas daun dilakukan pada saat kedelai berumur 8 MST. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa 36 galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata pada luas daun (Lampiran 5). Luas daun dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman berkisar antara 960.23 cm2 (AGP) luas daun sampai dengan 3155.28 cm2 (UB1) dengan rata rata 2211.15 cm2 (Tabel 5). Galur yang memiliki luas daun yang lebih lebar dibandingkan dengan galur lainnya secara berturut-turut yaitu UB1 (3155.28 cm2), UBASK35 (3081.3 cm2), UBASK56 (2971.51 cm2), UBASK61 (2880.73 cm2), UBASK65 (2840.43 cm2), UBASK12 (2815.42 cm2), UBASK36

(2715.87 cm2), UBASK64 (2709.55 cm2), UBASK34 (2707.11 cm2), UB2 (2703.33 cm2), UBASK24 (2631.32 cm2), UBASK41 (2606.11 cm2), UBASK31 (2550.18 cm2), UBASK45 (2458.77 cm2), UBASK32 (2337.60 cm2), UBASK26 (2302.62 cm2), UBASK13 (2245.31 cm2) dan UBASK16 (2229.10 cm2).

* + - 1. Kerapatan Trikoma

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap kerapatan trikoma daun (Lampiran 5). Kerapatan trikoma daun dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman berkisar antara 116.80/25 mm2 luas daun (UBASK53) sampai dengan 569.8725/25 mm2 luas daun (UBASK14) dengan nilai rata-rata sebesar 298.54/25 mm2 luas daun (Tabel 5). Galur yang memiliki kerapatan trikoma daun yang lebih padat dibandingkan dengan galur lainnya secara berturut-turut yaitu UBASK14 (569.87/25 mm2 luas daun), UBASK16 (542.67/25 mm2 luas daun), dan UBASK31 (455.20/25 mm2 luas daun).



a

b

**Gambar 7.** Kerapatan trikoma pada (a) UBASK53 dan (b) UBASK14

* + - 1. Kerapatan Stomata

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap kerapatan stomata daun (Lampiran 5). Kerapatan stomata daun dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman berkisar antara 7.88/0.35 µm (UBASK26) sampai dengan 14.65/0.35 µm (UBASK64) dengan rata-rata sebesar 10.98/0.35 µm (Tabel 5). Galur yang memiliki kerapatan stomata daun yang lebih rapat dibandingkan dengan galur yang lainnya secara berturut-turut yaitu UBASK64 (14.65/0.35 µm), UBASK62 (13.43/0.35 µm), UBASK35 (13.35/0.35 µm), AJM (13.20/0.35 µm), UBASK14 (12.96/0.35 µm), UBASK52 (12.92/0.35 µm), UBASK46 (12.92/0.35 µm), UBASK36 (12.76/0.35 µm), UBASK12 (12.33/0.35 µm), UBASK53 (12.21/0.35 µm), UBASK13 (12.05/0.35 µm), UBASK65 (11.94/0.35 µm), UBASK15 (11.78/0.35 µm), UBASK31 (11.58/0.35 µm), UBASK42 (11.46/0.35 µm), UB1 (11.35/0.35 µm), UBASK56 (11.27/0.35 µm), UBASK61 (11.23/0.35 µm), dan UBASK32 (11.03/0.35 µm).



a

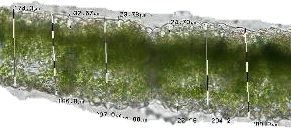
b

**Gambar 8.** Kerapatan stomata pada (a) UBASK26 dan (b) UBASK64

* + - 1. Tebal Epidermis Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap tebal sel epidermis daun (Lampiran 5). Tebal sel epidermis daun dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman ukuran berkisar antara 16.89 µm (UBASK41) sampai dengan 26.29 µm (UBASK34) dengan rata-rata sebesar 20.19 µm (Tabel 5). Galur UBASK34 (26.29 µm), UBASK25 (25.18 µm), UBASK35 (24.91 µm), UBASK26 (24.28 µm), UBASK32 (23.56 µm), UBASK13 (23.11 µm), UBASK21 (22.88 µm), UBASK56 (22.56 µm), UB2 (21.95

µm), dan UBASK16 (21.85 µm) mempunyai sel epidermis daun yang lebih tebal dibandingkan dengan galur yang lainnya.



a

b

Tebal epidermis

Tebal epidermis

Tebal daun

Tebal daun

**Gambar 9.** Tebal epidermis daun pada (a) UBASK41 dan (b) UBASK34

* + - 1. Kandungan Klorofil

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa 36 galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan klorofil daun (Lampiran 5). Kandungan klorofil dari 36 galur kedelai yang diuji berkisar antara 97.97 µg/g (UBASK54) sampai dengan

205.82 µg/g (UB1) dengan rata-rata 146.61 µg/g (Tabel 5). Galur yang memiliki kandungan klorofil daun yang paling tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya yaitu UB1 (205.82 µg/g).

**Tabel 5.** Luas daun, kerapatan trikoma, kerapatan stomata, tebal epidermis, dan kandungan klorofil pada 36 galur kedelai yang diuji

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Galur** | **LD (cm2)** | **KT (/25 mm2)** | **KS (/0.35 µm)** | **TE (µm)** | **KK (µg/g)** |
| 1 | UBASK16 | 2229.10b | 542.67d | 8.98a | 21.85c | 148.80d |
| 2 | UBASK13 | 2245.31b | 306.13b | 12.05b | 23.11c | 179.19f |
| 3 | UBASK14 | 2103.17a | 569.87d | 12.96b | 21.10b | 115.57b |
| 4 | UBASK12 | 2815.42b | 346.67c | 12.33b | 19.53b | 167.83e |
| 5 | UBASK15 | 1581.56a | 360.27c | 11.78b | 21.08b | 132.8c |
| 6 | UBASK61 | 2880.73b | 212.00a | 11.23b | 17.21a | 120.46b |
| 7 | UBASK63 | 1310.94a | 155.47a | 10.28a | 17.88a | 141.36c |
| 8 | UBASK64 | 2709.55b | 260.00b | 14.65b | 18.39a | 134.44c |
| 9 | UBASK62 | 1859.36a | 207.73a | 13.43b | 20.04b | 152.46d |
| 10 | UBASK65 | 2840.43b | 182.13a | 11.94b | 18.08a | 127.22c |
| 11 | UBASK31 | 2550.18b | 455.20d | 11.58b | 18.15a | 148.02d |
| 12 | UBASK36 | 2715.87b | 384.27c | 12.76b | 17.27a | 148.87d |
| 13 | UBASK34 | 2707.11b | 292.27b | 10.52a | 26.29c | 129.40c |
| 14 | UBASK32 | 2337.60b | 332.80c | 11.03b | 23.56c | 140.78c |
| 15 | UBASK35 | 3081.30b | 385.33c | 13.35b | 24.91c | 154.36d |
| 16 | UBASK41 | 2606.11b | 240.80b | 9.77a | 16.89a | 129.85c |
| 17 | UBASK46 | 2099.36a | 306.40b | 12.92b | 17.25a | 148.76d |
| 18 | UBASK43 | 1280.31a | 235.47b | 8.67a | 17.72a | 190.82g |
| 19 | UBASK42 | 1907.99a | 380.53c | 11.46b | 17.77a | 138.83c |
| 20 | UBASK45 | 2458.77b | 263.73b | 9.85a | 20.50b | 153.18d |
| 21 | UBASK21 | 2112.30a | 364.53c | 8.00a | 22.88c | 174.29f |
| 22 | UBASK26 | 2302.62b | 275.20b | 7.88a | 24.28c | 136.14c |
| 23 | UBASK23 | 1996.37a | 362.13c | 10.83a | 17.91a | 148.31d |
| 24 | UBASK24 | 2631.32b | 304.80b | 8.23a | 20.86b | 138.26c |
| 25 | UBASK25 | 2172.46a | 316.80b | 9.14a | 25.18c | 173.99f |
| 26 | UBASK51 | 1642.90a | 214.40a | 10.08a | 19.06b | 98.37a |
| 27 | UBASK56 | 2971.51b | 237.07b | 11.27b | 22.54c | 163.38e |
| 28 | UBASK53 | 1888.81a | 116.80a | 12.21b | 20.76b | 165.41e |
| 29 | UBASK54 | 1946.12a | 406.00c | 10.36a | 19.53b | 97.97a |
| 30 | UBASK52 | 1600.44a | 336.27c | 12.92b | 19.66b | 148.34d |
| 31 | AJM | 1654.86a | 201.60a | 13.20b | 20.05b | 142.38c |
| 32 | AGP | 960.23a | 186.40a | 10.48a | 19.48b | 179.69f |
| 33 | GBG | 1498.03a | 312.00b | 9.53a | 18.81a | 131.84c |
| 34 | TGM | 2044.64a | 127.47a | 8.63a | 17.44a | 155.75d |
| 35 | UB1 | 3155.28b | 272.80b | 11.35b | 17.73a | 205.82h |
| 36 | UB2 | 2703.33b | 293.60b | 9.61a | 21.95c | 114.96b |
| **Min.** |  | 960.23 | 116.80 | 7.88 | 16.89 | 97.97 |
| **Maks.** | | 3155.28 | 569.87 | 14.65 | 26.29 | 205.82 |
| **Rata-rata** | | 2211.15 | 298.54 | 10.98 | 20.19 | 146.61 |

Keterangan: Angka yang didampingi huruf berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata berdasarkan uji *Scott-Knott* 5%. LD: Luas daun; KT: Kerapatan trikoma; KS: Kerapatan stomata; TE: Tebal epidermis; dan KK: Kandungan klorofil. AGP: Argopuro; AJM: Anjasmoro; GBG: Grobogan; TGM: Tanggamus; Galur UB1; dan Galur UB 2.

* + 1. Variabel Pertumbuhan tanaman

1. Tinggi tanaman

Berdasarkan grafik tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua AJM diketahui bahwa galur UBASK15 memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 10). UBASK15 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 66.44% dan tergolong agak rentan. Berdasarkan grafik tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua AGP diketahui bahwa galur UBASK65 memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 11). UBASK65 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 34.26% dan tergolong agak tahan. Berdasarkan grafik tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua GBG diketahui bahwa galur UBASK34 memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 12). UBASK34 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 6.02% dan tergolong tahan.

Berdasarkan grafik tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua TGM diketahui bahwa galur UBASK41 memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 13). UBASK41 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 39.58% dan tergolong agak tahan. Berdasarkan grafik tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua UB1 diketahui bahwa galur UBASK24 memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 14). UBASK24 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 19.68% dan tergolong tahan. Berdasarkan grafik tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua UB2 diketahui bahwa galur UB2 memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 15). UB2 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 6.02% dan tergolong tahan.

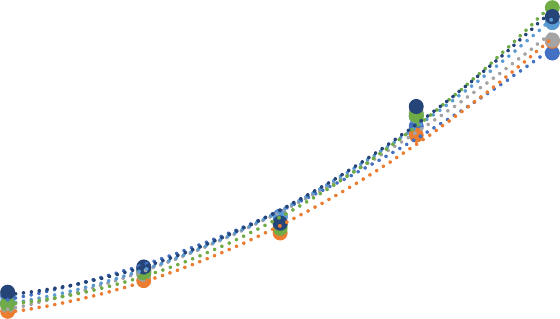
Hasil dari grafik tinggi tanaman menunjukkan bahwa kategori ketahanan galur kedelai terhadap serangan karat daun berhubungan dengan tinggi tanaman tersebut. Pada galur dengan tetua yang sama tinggi tanaman tertinggi cenderung memiliki tingkat ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan galur yang memiliki tinggi

tanaman yang rendah. Namun pada galur UBASK15 dengan tetua AJM memiliki tinggi tanaman yang tertinggi tetapi tergolong ke dalam kategori yang rentan, hal ini disebabkan oleh faktor genetik dari tanaman itu sendiri.

Hasil analisis ragam karakter tinggi tanaman dari 36 galur kedelai yang telah diamati menunjukkan keragaman yang nyata (Lampiran 5). Tinggi tanaman kedelai dari 36 galur yang diuji pada saat 6 MST memiliki nilai minimum sebesar 36.96 cm (UBASK42) dan nilai maksimum sebesar 64.52 cm (UBASK41) dengan nilai rata rata sebesar 50.04 cm (Tabel 6). Hasil tinggi tanaman kedelai yang memiliki nilai rerata lebih tinggi dibandingkan dengan galur yang lainnya secara berturut-turut yaitu UBASK41 (64.52 cm), UBASK34 (63.51 cm), UBASK32 (60.31 cm), UBASK45 (58.00 cm), UBASK24 (57.74 cm), UBASK26 (56.88 cm), UB2 (56.40 cm),

UBASK43 (54.76 cm), UB1 (54.72 cm), UBASK56 (53.29 cm), UBASK65 (53.28 cm), UBASK15 (51.92 cm), UBASK21 (51.61 cm), UBASK31 (51.28 cm), UBASK54 (51.02 cm), UBASK61 (50.99 cm).

60 UBASK16



50

UBASK13

Tinggi Tanaman (cm)

40

UBASK14

30

UBASK12

20

10

0

0 1 2 3 4 5 6

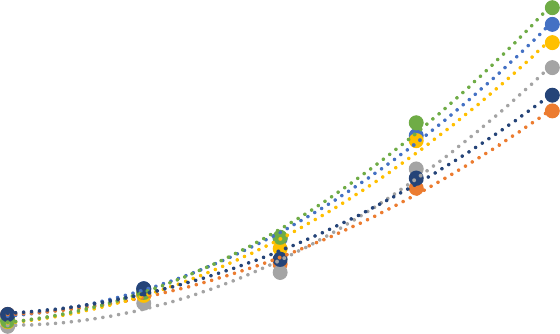
Umur Tanaman (MST)

UBASK15

AJM

**Gambar 10.** Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua AJM

60



UBASK61

50 UBASK63

40

Tinggi Tanaman (cm)

UBASK64

30

UBASK62

20

10

0

0 1 2 3 4 5 6

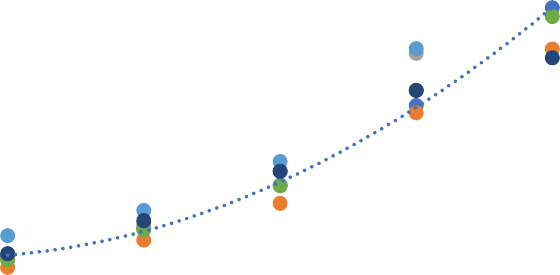
Umur Tanaman (MST)

UBASK65

AGP

**Gambar 11.** Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua AGP

70 UBASK31



60

UBASK36

Tinggi Tanaman (cm)

50

UBASK34

40

30 UBASK32

20 UBASK35

10

0

0 1 2 3 4 5 6

Umur Tanaman (MST)

GBG

**Gambar 12.** Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua GBG

70



UBASK41

60

UBASK46

Tinggi Tanaman (cm)

50

UBASK43

40

30 UBASK42

20 UBASK45

10

0

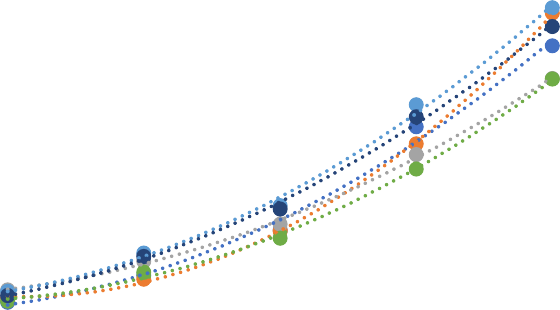
0 1 2 3 4 5 6

Umur Tanaman (MST)

TGM

**Gambar 13.** Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua TGM

70



UBASK21

60

UBASK26

Tinggi Tanaman (cm)

50

UBASK23

40

30 UBASK24

20 UBASK25

10

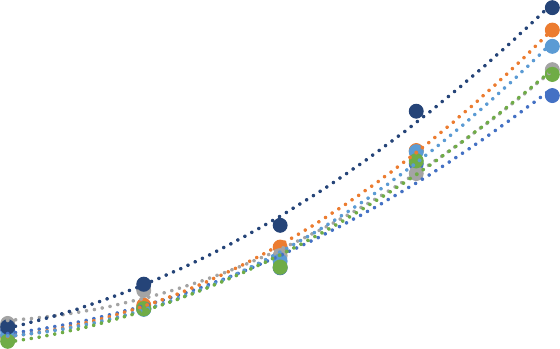
0

0 1 2 3 4 5 6

Umur Tanaman (MST)

UB1

**Gambar 14.** Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua UB1



60

UBASK51

50

UBASK56

40

UBASK53

30

UBASK54

20

UBASK52

10

UB2

0

0

1

2

3

Umur Tanaman (MST)

4

5

6

Tinggi Tanaman (cm)

**Gambar 15.** Tinggi tanaman pada genotipe dengan tetua UB2

1. Jumlah Daun

Berdasarkan grafik jumlah daun pada genotipe dengan tetua AJM diketahui bahwa galur UBASK12 memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 16). UBASK12 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 44.21% dan tergolong agak tahan. Berdasarkan grafik jumlah daun pada genotipe dengan tetua AGP diketahui bahwa galur UBASK64 memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 17). UBASK64 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 37.39% dan tergolong agak tahan. Berdasarkan grafik jumlah daun pada genotipe dengan tetua GBG diketahui bahwa galur UBASK35 memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 18). UBASK35 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 49.31% dan tergolong agak tahan.

Berdasarkan grafik jumlah daun pada genotipe dengan tetua TGM diketahui bahwa galur UBASK46 memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 19). UBASK46 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 35.88% dan tergolong agak tahan. Berdasarkan grafik jumlah daun pada genotipe dengan tetua UB1 diketahui bahwa galur UBASK26 memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 20). UBASK26 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 42.13% dan tergolong agak tahan. Berdasarkan grafik jumlah daun pada genotipe dengan tetua UB2 diketahui bahwa galur UBASK56 memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya (Gambar 21). UBASK56 memiliki intensitas penularan karat daun sebesar 43.75% dan tergolong agak tahan.

Hasil dari grafik tinggi tanaman menunjukkan bahwa kategori ketahanan galur kedelai terhadap serangan karat daun berhubungan dengan jumlah daun tanaman tersebut. Pada galur dengan tetua yang sama jumlah daun terbanyak cenderung memiliki tingkat ketahanan yang agak tahan. Jumlah daun berbanding terbalik dengan intensitas penularan karat daun, semakin banyak jumlah daun maka intensitas

penularan karat daun akan semakin rendah. Karena serangan karat daun pada taraf yang parah akan menyebabkan defoliasi sehingga jumlah daun berkurang.

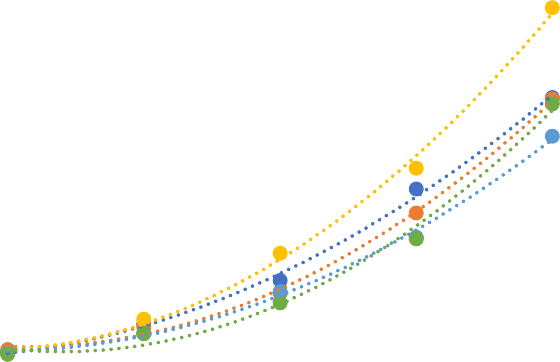
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun kedelai (Lampiran 5). Jumlah daun kedelai dari 36 galur yang diuji pada saat 6 MST memiliki keragaman dengan nilai minimum sebesar 14.78 (UBASK23) dan nilai maksimum sebesar 32.44 (UBASK26) dengan nilai rata rata sebesar 50.04 (Tabel 6). Galur-galur yang memiliki jumlah daun trifoliate yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya secara berturut-turut yaitu UBASK26 (32.44 helai), UBASK32 (28.11 helai), UBASK36 (27.89 helai), UBASK64 (27.67 helai), UBASK12 (27.33 helai),

UBASK34 (27.11 helai), UBASK65 (26.56 helai), UBASK56 (26.00 helai),

UBASK46 (25.89 helai), TGM (25.22 helai), UB2 (25.11 helai), dan UBASK24 (25.00

helai).

30



UBASK16

25

UBASK13

Jumlah Daun (helai)

20

UBASK12

15

10 UBASK15

5

0

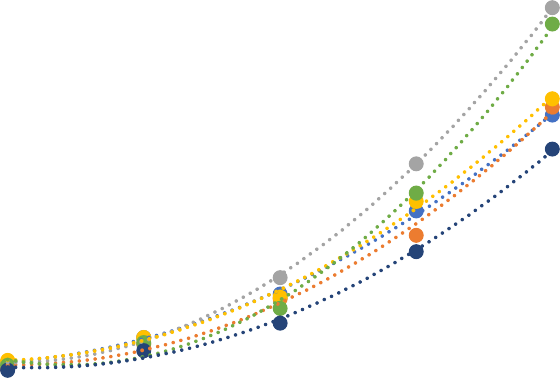
0 1 2 3 4 5 6

Umur Tanaman (MST)

AJM

**Gambar 16.** Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua AJM

30



UBASK61

25 UBASK63

20

Jumlah Daun (helai)

UBASK64

15

UBASK62

10

5

0

0 1 2 3 4 5 6

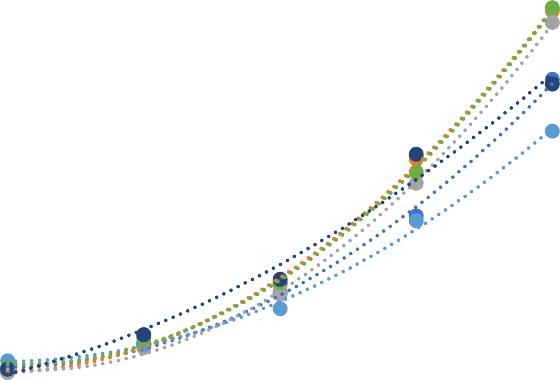
Umur Tanaman (MST)

UBASK65

AGP

**Gambar 17.** Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua AGP

30 UBASK31



25

UBASK36

20

Jumlah Daun (helai)

UBASK34

15

UBASK32

10

5

0

0 1 2 3 4 5 6

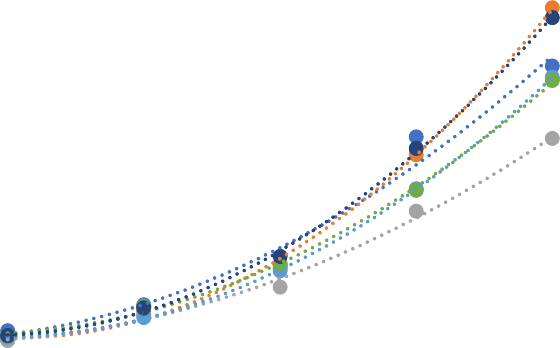
Umur Tanaman (MST)

UBASK35

GBG

**Gambar 18.** Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua GBG

30 UBASK41



25 UBASK46

20

Jumlah Daun (helai)

UBASK43

15

UBASK42

10

5

0

0 1 2 3 4 5 6

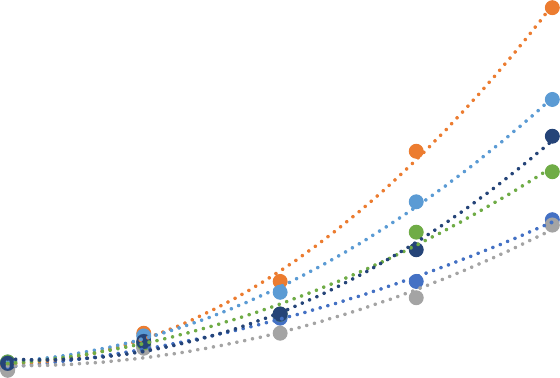
Umur Tanaman (MST)

UBASK45

TGM

**Gambar 19.** Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua TGM

35 UBASK21



30

UBASK26

25

Jumlah Daun (helai)

UBASK23

20

15 UBASK24

10 UBASK25

5

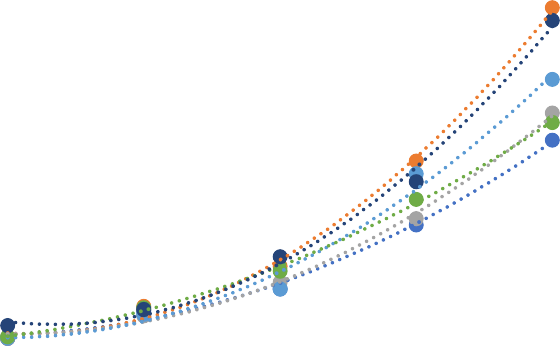
0

0 1 2 3 4 5 6

Umur Tanaman (MST)

UB1

**Gambar 20.** Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua UB1



30

UBASK51

25

UBASK56

20

UBASK53

15

UBASK54

10

UBASK52

5

UB2

0

0

1

2

3

Umur Tanaman (MST)

4

5

6

Jumlah Daun (helai)

**Gambar 21.** Jumlah Daun pada genotipe dengan tetua UB2

**Tabel 6.** Tinggi tanaman dan jumlah daun pada 36 galur kedelai yang diuji pada Umur 6 MST

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Galur** | **Tinggi Tanaman (cm)** | **Jumlah Daun (helai)** |
| 1 | UBASK16 | 45.61a | 21.11a |
| 2 | UBASK13 | 47.29a | 21.00a |
| 3 | UBASK14 | 47.46a | 22.44a |
| 4 | UBASK12 | 49.83a | 27.33b |
| 5 | UBASK15 | 51.92b | 18.44a |
| 6 | UBASK61 | 50.99b | 20.33a |
| 7 | UBASK63 | 39.17a | 20.89a |
| 8 | UBASK64 | 45.11a | 27.67b |
| 9 | UBASK62 | 48.52a | 21.44a |
| 10 | UBASK65 | 53.28b | 26.56b |
| 11 | UBASK31 | 51.28b | 23.22a |
| 12 | UBASK36 | 44.64a | 27.89b |
| 13 | UBASK34 | 63.51b | 27.11b |
| 14 | UBASK32 | 60.31b | 19.67a |
| 15 | UBASK35 | 49.84a | 28.11b |
| 16 | UBASK41 | 64.52b | 21.89a |
| 17 | UBASK46 | 46.78a | 25.89b |
| 18 | UBASK43 | 54.76b | 16.89a |
| 19 | UBASK42 | 36.96a | 21.11a |
| 20 | UBASK45 | 58.00b | 20.89a |
| 21 | UBASK21 | 51.61b | 15.22a |
| 22 | UBASK26 | 56.88b | 32.44b |
| 23 | UBASK23 | 46.31a | 14.78a |
| 24 | UBASK24 | 57.74b | 25.00b |
| 25 | UBASK25 | 46.17a | 19.11a |
| 26 | UBASK51 | 44.14a | 16.78a |
| 27 | UBASK56 | 53.29b | 26.00b |
| 28 | UBASK53 | 47.77a | 18.67a |
| 29 | UBASK54 | 51.02b | 21.00a |
| 30 | UBASK52 | 47.09a | 18.00a |
| 31 | AJM | 50.67b | 20.67a |
| 32 | AGP | 41.33a | 18.00a |
| 33 | GBG | 43.19a | 22.89a |
| 34 | TGM | 43.17a | 25.22b |
| 35 | UB1 | 54.72b | 22.00a |
| 36 | UB2 | 56.40b | 25.11b |
| **Min.** |  | 36.96 | 14.78 |
| **Maks.** | | 64.52 | 32.44 |
| **Rata-rata** | | 50.04 | 22.24 |

Keterangan: angka yang didampingi huruf berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata berdasarkan uji *Scott-Knott* 5%. AGP: Argopuro; AJM: Anjasmoro; GBG: Grobogan; TGM: Tanggamus; Galur UB1; dan Galur UB 2.

* + 1. Variabel Panen

1. Jumlah Polong isi per tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah polong isi per tanaman (Lampiran 5). Jumlah polong isi per tanaman dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman berkisar antara 35.78 polong (GBG) hingga 146.22 polong (UBASK56) dengan nilai rata-rata sebesar 93.27 polong (Tabel 7). Galur yang memiliki jumlah polong isi per tanaman yang lebih banyak dibandingkan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| dengan galur yang lainnya secara berturut-turut yaitu UBASK56 | (146.22 | polong), |
| UBASK36 (145.67 polong), UBASK26 (137.11 polong), UBASK13 | (134.22 | polong), |
| UBASK13 (134.22 polong), UBASK31 (130.00 polong), UBASK62 | (120.56 | polong), |

UBASK35 (119.11 polong), TGM (117.00 polong), UBASK61 (116.33 polong), UBASK32 (114.78 polong), UBASK45 (112.67 polong), UB2 (111.11 polong), UBASK65 (108.89

polong), UBASK15 (108.11 polong), UBASK16 (99.22 polong), UBASK52 (99.11 polong), UBASK12 (96.67 polong), dan UBASK64 (95.22 polong).

1. Jumlah Polong Total per Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah polong total per tanaman (Lampiran 5). Jumlah polong total per tanaman dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman berkisar antara 37.00 polong (GBG) hingga 147.22 polong (UBASK36) dengan nilai rata-rata sebesar 95.75 polong (Tabel 7). Galur yang memiliki jumlah polong total yang lebih banyak dibandingkan dengan galur yang lainnya secara berturut-turut yaitu UBASK36 (147.22 polong), UBASK6 (147.1polong), UBASK13 (145.67 polong), UBASK26 (139.22 polong), UBASK3 (135.11polong), UBASK46 (125.00 polong), UBASK35 (121.44 polong), UBASK32 (118.11

polong), TGM (118.00 polong), UBASK61 (117.11 polong), UBASK 45 (117.00 polong), UB2 (112.67 polong), UBASK15 (112.11 polong), UBASK65 (110.89 polong), UBASK52 (104.33 polong), UBASK16 (102.11), UBASK64 (101.44 polong), UBASK12 (98.11 polong),

dan UBASK21 (98.00 polong)

1. Bobot Biji per Tanaman

Berdasarkan hasil dari analisis ragam menunjukkan bahwa 36 galur kedelai yang diuji tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot biji per tanaman (Lampiran 5). Nilai bobot biji per tanaman dari 36 galur kedelai yang diuji

menunjukkan keragaman berkisar antara 14.6 g (UBASK14) sampai dengan 40.39 g (UBASK32) dengan nilai rata rata sebesar 25.10 g (Tabel 7).

1. Bobot 100 Biji

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa galur-galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap bobot 100 biji (Lampiran 5). Bobot 100 biji dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman berkisar antara 9.59 g (TGM) hingga 24.63 g (GBG) dengan nilai rata-rata sebesar 14.25 g (Tabel 7). Galur yang memiliki bobot 100 biji yang lebih berat dibandingkan dengan galur yang lainnya secara berturut-turut yaitu GBG (24.63 g), UBASK24 (23.41 g), UBASK32 (1973 g), UBASK34 (18.31 g), dan UBASK41 (16.38 g).

**Tabel 7.** Jumlah polong isi, jumlah polong total, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji pada 36 galur kedelai yang diuji

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Galur** | **Jumlah Polong Isi/Tanaman** | **Jumlah Polong total/Tanaman** | **Bobot Biji per Tanaman (g)** | **Bobot 100 Biji (g)** |
| 1 | UBASK16 | 99.22b | 103.11b | 24.22 | 14.03c |
| 2 | UBASK13 | 134.22b | 145.67b | 30.87 | 12.91b |
| 3 | UBASK14 | 55.22a | 57.00a | 14.69 | 12.89b |
| 4 | UBASK12 | 96.67b | 98.11b | 21.11 | 11.56b |
| 5 | UBASK15 | 108.11b | 112.11b | 23.31 | 11.81b |
| 6 | UBASK61 | 116.33b | 117.11b | 26.04 | 14.82c |
| 7 | UBASK63 | 46.89a | 47.11a | 16.41 | 15.80d |
| 8 | UBASK64 | 95.22b | 101.44b | 24.31 | 13.56c |
| 9 | UBASK62 | 120.56b | 125.00b | 29.56 | 11.45b |
| 10 | UBASK65 | 108.89b | 110.89b | 32.58 | 12.70b |
| 11 | UBASK31 | 130b | 135.11b | 26.93 | 12.60b |
| 12 | UBASK36 | 145.67b | 147.22b | 31.58 | 9.63a |
| 13 | UBASK34 | 86.56a | 88.00a | 19.84 | 18.31e |
| 14 | UBASK32 | 114.78b | 118.11b | 40.39 | 19.73e |
| 15 | UBASK35 | 119.11b | 121.44b | 27.96 | 11.20b |
| 16 | UBASK41 | 77.22a | 81.67a | 22.44 | 16.38e |
| 17 | UBASK46 | 67.22a | 67.56a | 19.53 | 14.50c |
| 18 | UBASK43 | 63.33a | 64.11a | 27.37 | 16.17d |
| 19 | UBASK42 | 79.78a | 81.33a | 28.21 | 14.76c |
| 20 | UBASK45 | 112.67b | 117.00b | 29.95 | 12.82b |
| 21 | UBASK21 | 89.33a | 98.00b | 24.59 | 12.06b |
| 22 | UBASK26 | 137.11b | 139.22 | 31.60 | 12.19b |
| 23 | UBASK23 | 82.11a | 85.67a | 18.55 | 16.06d |
| 24 | UBASK24 | 62a | 62.78a | 25.85 | 23.41e |
| 25 | UBASK25 | 88.78a | 84.33a | 22.04 | 13.17b |
| 26 | UBASK51 | 76.11a | 79.11a | 18.70 | 15.43d |
| 27 | UBASK56 | 146.22b | 147.11b | 30.23 | 11.29b |
| 28 | UBASK53 | 88.78a | 89.33a | 28.38 | 13.63c |
| 29 | UBASK54 | 77a | 77.67a | 23.13 | 13.96c |
| 30 | UBASK52 | 99.11b | 104.33b | 26.78 | 12.26b |
| 31 | AJM | 55.44a | 56.11a | 18.91 | 14.83c |
| 32 | AGP | 44.89a | 46.11a | 22.55 | 14.27c |
| 33 | GBG | 35.78a | 37.00a | 15.71 | 24.63e |
| 34 | TGM | 117b | 118.00b | 21.43 | 9.59a |
| 35 | UB1 | 69.44a | 70.44a | 23.68 | 13.98c |
| 36 | UB2 | 111.11b | 112.67b | 34.13 | 14.51c |
| **Min.** |  | 35.78 | 37.00 | 14.69 | 9.59 |
| **Maks.** |  | 146.22 | 147.11 | 40.39 | 24.63 |
| **Rata-rata** | | 93.27 | 95.75 | 25.10 | 14.25 |

Keterangan: angka yang didampingi huruf berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata berdasarkan uji *Scott-Knott* 5%. AGP: Argopuro; AJM: Anjasmoro; GBG: Grobogan; TGM: Tanggamus; Galur UB1; dan Galur UB 2.

* + 1. Hasil Korelasi

Pada tabel 8 disajikan korelasi antara intensitas penularan karat daun dengan karakter morfologi dan fisiologi daun (tebal epidermis daun, kerapatan trikoma daun, luas daun, kandungan klorofil, dan kerapatan stomata daun), variabel pertumbuhan (tinggi tanaman dan jumlah daun), serta variabel hasil (jumlah polong isi per tanaman, jumlah polong total, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji) pada 10 galur kedelai yang tergolong tahan. Korelasi negatif ditunjukkan oleh korelasi antara tingkat penularan karat daun dengan luas daun (-0.041), tebal epidermis daun (-0.150), jumlah daun (-0.091), jumlah polong isi (-0.321), jumlah polong total (-0.315), bobot biji per tanaman (-0.020). Sedangkan korelasi positif terdapat pada korelasi antara intensitas penularan karat daun dengan kerapatan trikoma (0.593), kerapatan stomata (0.117), kandungan klorofil (0.197), tinggi tanaman (0.091), dan bobot 100 biji (0.110).

**Tabel 8.** Koefisien korelasi antara intensitas penularan karat daun dengan semua variabel

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Var** | **IP** | **LD** | **KT** | **KS** | **TE** | **KK** | **TT** | **JD** | **PI** | **PT** | **BB** | **BS** |
| **IP** | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **LD** | -0.041 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **KT** | 0.593 | 0.481 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **KS** | 0.117 | -0.007 | 0.634\* | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **TE** | -0.150 | 0.737\* | 0.290 | 0.205 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| **KK** | 0.197 | -0.562 | -0.342 | -0.322 | -0.360 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| **TT** | 0.091 | 0.769\* | 0.238 | -0.261 | 0.759\* | -0.068 | 1 |  |  |  |  |  |
| **JD** | -0.091 | 0.709\* | 0.199 | -0.066 | 0.737 | -0.390 | 0.572 | 1 |  |  |  |  |
| **PI** | -0.321 | 0.669\* | 0.159 | -0.005 | 0.554 | -0.365 | 0.656\* | 0.191 | 1 |  |  |  |
| **PT** | -0.315 | 0.660\* | 0.170 | 0.013 | 0.544 | -0.370 | 0.641\* | 0.165 | 0.999\* | 1 |  |  |
| **BB** | -0.020 | 0.339 | -0.098 | -0.330 | 0.338 | 0.145 | 0.605 | 0.116 | 0.715\* | 0.704\* | 1 |  |
| **BS** | 0.110 | 0.475 | -0.120 | -0.540 | 0.329 | 0.056 | 0.593 | 0.593 | 0.215 | 0.207 | 0.384 | 1 |

Keterangan: Var= variabel, IP= intensitas penularan karat daun, LD= luas daun, KT= kerapatan trikoma, KS= kerapatan stomata, TE= tebal epidermis, KK= kandungan klorofil, TT= tinggi tanaman, JD= jumlah daun, PI= polong isi, PT= polong total, dan BB= bobot biji, BS= bobot 100 biji, (\*) = signifikan berdasarkan uji korelasi pada taraf 5%.

# 4.2 Pembahasan

Serangan penyakit menjadi salah satu masalah penting budidaya tanaman kedelai. Serangan penyakit dapat menurunkan hasil produksi tanaman kedelai. Karat daun yang disebabkan oleh (*Phakopsora pachyrhizi*) merupakan penyakit utama pada kedelai dan memiliki sifat obligat yang dapat mengakibatkan menurunnya jumlah polong yang signifikan yaitu sebesar 30 – 60 %, sebab daun yang terserang akan mengalami defoliasi lebih awal (Adisarwanto, 2008). Penyediaan varietas tahan terhadap penyakit karat daun diharapkan mampu mempertahankan stabilitas hasil kedelai di Indonesia

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, galur-galur yang diuji memiliki kategori ketahanan terhadap karat daun yang berbeda-beda. Pengkategorian tersebut didasarkan pada metode *International Working Group on Soybean Rust Rating System* (IWGSR) (Tukamuhabwa dan Maphosa 2010) yang dikombinasikan dengan sistem *International Soybean Program* (INTSOY, 1982). Kategori ketahanan menurut metode INTSOY (1982) dibagi menjadi 5 yaitu imun (I), tahan (T), agak tahan (AT), agak rentan (AR), dan rentan (R). Namun hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada galur dengan kategori imun, galur yang tergolong pada kategori tahan ada 10 galur, agak tahan ada 24 galur, agak rentan ada 2 galur, dan tidak ada galur dengan kategori rentan (Tabel 4).

Galur dengan kategori tahan pada penelitian ini yaitu UBASK14, UBASK63, UBASK34, UBASK32, UBASK43, UBASK23, UBASK24, UBASK51, AGP, dan

UB2. Hasil pengamatan tersebut juga didukung dengan persentase tingkat penularan yang menunjukkan galur-galur tersebut memiliki tingkat penularan yang rendah. Tingkat penularan penyakit pada 36 galur kedelai yang diuji berkisar antara 6.02 % hingga 66.44% dengan nilai rata-rata sebesar 31.33%. Tingkat penularan terendah pada galur UBASK63, UBASK34, dan UB2. Perbedaan tingkat penularan penyakit pada galur-galur kedelai yang diuji disebabkan oleh tetua yang berbeda dari setiap galur, karena gen pengendali ketahanan yang dimiliki oleh masing masing galur bisa saja berbeda. Sesuai dengan pernyataan Nugroho *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa karakter ketahanan tanaman dikendalikan oleh satu atau beberapa gen. Hasil penelitian

Santosa (2013) karakter ketahanan galur No. 986 terhadap penyakit karat dikendalikan oleh dua gen dominan. Selain itu, perbedaan tingkat penularan dan kategori ketahanan dari 36 galur kedelai yang diuji juga dipengaruhi oleh beberapa karakter morfologi dan fisiologi daun seperti luas daun, kerapatan trikoma, kerapatan stomata, tebal epidermis daun, dan kandungan klorofil.

Pengamatan luas daun sangat penting dilakukan karena hal tersebut akan berhubungan dengan proses fotosintesis yang terjadi pada tanaman. Menurut Haryati (2008), kemampuan daun untuk menghasilkan produk fotosintat ditentukan oleh produktivitas per satuan luas daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 36 galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata pada luas daun. Genotipe dengan luas daun tertinggi yaitu UB1 yang memiliki luas daun 3155.28 cm2. Genotipe UB1 memiliki kategori ketahanan agak tahan. Intensitas penularan karat daun akan berbanding terbalik dengan luas daunnya, semakin tinggi intensitas karat daun maka luas daunnya akan semakin sempit. Hal ini dikarenakan serangan karat daun pada tingkat parah dapat menyebabkan daun kedelai mengalami defoliasi lebih awal sehingga luas daunnya berkurang. Menurut Sinclair dan Hartman (2020) penyakit karat dapat menurunkan hasil karena daun-daun yang terserang akan mengalami defoliasi lebih awal sehingga akan mengakibatkan berkurangnya berat biji dan jumlah polong yang bervariasi antara 10-90%, tergantung pada fase perkembangan tanaman, lingkungan, dan varietas kedelai. Penyakit karat mula-mula menyerang daun-daun yang tua kemudian akan menular pada daun-daun yang lebih muda sehingga daun mengalami defoliasi lebih awal. 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.

Setiap genotip memiliki penampilan karakter yang berbeda-beda ditentukan oleh faktor genetik dari galur tersebut. Perbedaan genetik tersebut menyebabkan perbedaan penampilan fenotipik tanaman dengan menampilkan ciri dan sifat khusus yang berbeda

antara satu sama lain dengan pengaruh lingkungan. Salah satu bentuk fenotip tanaman kedelai yaitu adanya trikoma. Kerapatan trikoma termasuk komponen penting sebagai bentuk adaptasi kedelai terhadap hama penyakit serta kekeringan (Wei-jun *et al.,* 2009). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa galur UBASK14 memiliki kerapatan trikoma daun yang paling padat dibandingkan dengan galur yang lainnya. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai faktor penentu bahwa galur UBASK14 termasuk ke dalam kategori tahan. Pada kondisi kerapatan trikoma yang semakin rapat intensitas serangan karat daun akan semakin rendah atau sebaliknya. Sesuai dengan pendapat Aisyah *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa kerapatan trikoma juga mempengaruhi proses infeksi karat daun kedelai, artinya semakin rapat trikoma pada daun akan semakin menghambat proses infeksi patogen karat daun. Menurut Masnenah *et al.* (2014) kerapatan trikoma daun mempunyai pengaruh yang sama dengan efek penolak air sehingga dapat menurunkan infeksi. Oleh karena itu tekstur dan kerapatan trikoma daun dapat digunakan sebagai salah satu indikator yang mencirikan ketahanan tanaman kedelai terhadap patogen karat daun.

Berdasarkan hasil pengamatan kerapatan stomata menunjukkan bahwa galur dengan kerapatan stomata paling rapat dibandingkan dengan galur lainnya yaitu UBASK64 yang memiliki kerapatan stomata sebanyak 14.65/0.35 µm, galur tersebut termasuk ke dalam kategori ketahanan yang agak tahan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Aisyah *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa galur NSP dan Slamet dengan kriteria agak tahan didukung oleh dua komponen sifat morfologis yang sama yaitu kerapatan stomata (rapat) dan ukuran lubang stomata (kecil). Susanto *et al.* (2020) berpendapat bahwa penyakit karat daun dapat menyebabkan penurunan laju fotosintesis dan juga penutupan stomata pada daun. Menurut Sjamsijah *et al.* (2022), proses infeksi dari karat daun terjadi melalui stomata, yang kemudian akan menyebar pada permukaan daun sampai masuk ke dalam jaringan daun sehingga menyebabkan daun rontok. Uredospora cendawan *Phakopsora pachyrhizi* masuk kedalam daun kedelai melalui stomata. Setelah mencapai mulut daun (stomata), ujung pembuluh membesar dan membentuk apresorium. Alat ini membentuk lubang penetrasi yang

masuk kedalam lubang stomata lalu membengkak menjadi gelembung sub-stomata di dalam ruang udara. Dari gelembung ini tumbuhlah hifa infeksi yang berkembang ke segala arah dan membentuk hausterium yang menyerap makanan dari sel-sel tanaman inang (Tremblay, 2011).

Hasil pengamatan karakter tebal sel epidermis daun menunjukkan bahwa galur UBASK34 memiliki tebal sel epidermis daun yang paling tebal dibandingkan dengan galur yang lainnya. Galur UBASK34 termasuk dalam kategori tahan dengan tingkat penularan karat daun yang rendah. Hal tersebut dapat mengindikasikan bahwa tebal sel epidermis daun berpengaruh terhadap ketahanan karat daun pada tanaman kedelai. Sel epidermis yang tipis secara tidak langsung berperan dalam ketahanan tanaman karena epidermis yang tipis menunjukkan bahwa ruang antar sel nya tipis. Jika ruang antar selnya longgar atau banyak celah maka pergerakan patogen akan lebih mudah dan cepat. Hasil penelitian Husen (2017) menunjukkan bahwa kultivar kedelai yang toleran terhadap penyakit bercak daun memiliki karakter anatomi daun berupa tebal kutikula, tebal epidermis, dan rasio palisade yang tinggi. Tebal sel epidermis daun berhubungan dengan karat daun, hal ini berkaitan dengan proses infeksi cendawan (*Phakopsora pachyrhizi*) penyebab karat daun. Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan uredospora membentuk tabung kecambah tunggal yang menembus permukaan daun 5- 400 µm melalui bagian tengah sel epidermis.

Zat hijau daun atau yang lebih dikenal dengan klorofil merupakan suatu zat yang berfungsi untuk menangkap cahaya pada daun. Klorofil adalah pigmen yang terdapat dalam kloroplas yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai energi untuk reaksi-reaksi dalam proses fotosintesis. Menurut Wardana *et al.* (2022), daun memiliki peranan yang sangat penting terutama dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik karena adanya zat hijau daun atau klorofil. Hasil analisis kandungan klorofil menunjukkan bahwa genotipe UB1 dan UBASK43 memiliki kandungan klorofil yang lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya. Kedua genotipe tersebut tergolong ke dalam kategori agak tahan dan tahan. Semakin banyak kandungan klorofil menandakan ketahanan galur terhadap karat daun akan semakin

baik. Berdasarkan hasil penelitian Kumudini *et al.* (2008), tingginya intensitas karat daun dapat mengakibatkan daun-daun berguguran sebelum waktunya, berkurangnya bagian daun yang sehat karena luka karat dan penurunan kandungan klorofil. Penurunan kandungan klorofil pada galur yang lebih rentan diakibatkan oleh gejala yang ditimbulkan dari karat daun. Gejala karat daun berupa bercak kecil berwarna kuning lalu bercak tersebut akan menyebar dan membentuk kumpulan pustul yang berubah warna menjadi coklat. Sesuai dengan pendapat Millenia *et al.* (2021) yang mengatakan bahwa gejala awal penyakit karat pada kedelai ditandai dengan munculnya bercak klorotik kecil yang tidak beraturan pada permukaan daun. Bercak tersebut kemudian berubah menjadi coklat atau coklat tua dan membentuk pustul. Pustul yang sudah matang akan pecah dan kemudian mengeluarkan tepung yang berwarna seperti karat besi. Tepung tersebut merupakan kantung-kantung spora yang disebut uredium dan berisi uredospora.

Tinggi tanaman dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman dengan kisaran 54.52 cm (UBASK42) hingga 50.04 cm (UBASK41) dengan nilai rata rata sebesar 50.04 cm. Dari 10 galur yang tahan terhadap karat daun, hanya ada 5 genotip yang memiliki tinggi tanaman yang tinggi yaitu UBASK34, UBASK32, UBASK43, UBASK24, dan UB2. Semakin rendah intensitas penularan karat daun maka tanaman akan semakin tinggi. Galur dengan tinggi tanaman yang lebih tinggi memiliki peluang lebih besar untuk melakukan proses fotosintesis. Hal ini disebabkan semakin tinggi suatu tanaman maka kemampuan tanaman untuk menangkap cahaya matahari semakin besar. Hasil penelitian Ruminta *et al.* (2019) menunjukkan bahwa semakin mudah tanaman untuk mendapatkan akses cahaya matahari maka akan berpengaruh terhadap banyaknya energi yang bisa digunakan untuk proses fotosintesis tanaman tersebut.

Selain itu proses fotosintesis juga dipengaruhi oleh jumlah daun tanaman kedelai. Jumlah daun berbanding lurus dengan kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis. Semakin banyak jumlah daun pada suatu tanaman maka peluang terjadinya proses fotosintesis juga semakin besar. Berdasarkan hasil penelitian yang

telah dilakukan didapatkan bahwa jumlah daun dari 36 galur tanaman kedelai yang diuji memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun. Galur dengan jumlah daun terbanyak yaitu UBASK54 sebanyak 33.44 daun diikuti oleh UBASK14 sebanyak 28.11 daun, kedua galur tersebut tergolong ke dalam kategori agak tahan dan tahan. Semakin tahan suatu g terhadap karat daun maka jumlah daunnya akan semakin banyak. Hal ini karena tidak terjadi defoliasi pada tanaman tersebut akibat serangan karat daun pada tahap yang parah. Sesuai dengan hasil penelitian Bintan *et al.* (2012) yang mengatakan bahwa kedelai dengan intensitas serangan rendah mampu memproduksi jumlah daun lebih banyak dibandingkan kedelai dengan intensitas serangan tinggi. Jumlah daun juga berkaitan dengan kandungan klorofil, semakin banyak jumlah daun maka kandungan klorofil juga semakin banyak. Oleh karena itu proses fotosintesis menjadi lebih maksimal karena banyak cahaya yang diserap dan semakin banyak pula energi yang dihasilkan Marlina *et al*. (2015).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa jumlah polong isi per tanaman terbanyak yaitu pada galur UBASK56 (146.22 polong) dan termasuk dalam kategori agak tahan. Penelitian Widiastusi dan Latifah, (2016) menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi hasil atau berat biji pertanaman adalah faktor genetik dan lingkungan seperti adanya serangan penyakit karat daun. Menurut Arifin (2011), hasil biji setiap genotipe disebabkan oleh genetik, teknik produksi dan faktor lingkungan tumbuh, seperti perbedaan kesuburan tanah, cuaca, komponen hasil seperti jumlah buku subur batang utama, biji per polong, banyak cabang, masa penyusunan polong dan pengisian biji serta persentase biji yang teraborsi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe UBASK36 memiliki jumlah polong total per tanaman yang paling banyak (147.22 polong), dan genotipe tersebut tergolong ke dalam kategori agak tahan. Serangan karat daun pada galur yang rentan dapat menurunkan jumlah polong total. Kehilangan hasil polong saat terjadi serangan karat daun menjadi alasan perakitan varietas tahan karat daun pada tanaman kedelai. Menurut Maman *et al.* (2014), tingginya intensitas karat daun dapat mengakibatkan daun-daun berguguran sebelum waktunya dan berkurangnya bagian daun yang sehat

karena luka karat. Hal ini mengakibatkan menurunnya penyerapan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Berkurangnya penyerapan cahaya mengakibatkan rendahnya efisiensi reaksi fotokimia pada fotosistem II yaitu pada proses fotofosforilasi dan fotolisis air. Terhambatnya proses fotofosforilasi mengakibatkan pembentukan ATP menjadi tidak maksimal sedangkan terhambatnya fotolisis air mengakibatkan pemecahan air menjadi atom hidrogen dan oksigen menjadi tidak maksimal pula. Atom hidrogen digunakan untuk mereduksi NADP menjadi NADPH2. Sedangkan ATP dan NADPH2 sangat diperlukan untuk memfiksasi CO2 pada reaksi gelap atau siklus Calvin yang merupakan tahap lanjutan dari proses fotosintesis. Hal ini mengakibatkan produk dari proses fotosintesis yang berupa molekul gula menjadi sulit terbentuk sedangkan molekul gula tersebut akan digunakan untuk proses respirasi atau menyusun senyawa organik lainnya dalam sel tumbuhan. Jika keadaan seperti itu terus berlanjut maka dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan menurunkan produktivitas tanaman.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa pada pengamatan bobot biji per tanaman menunjukkan keragaman yang tidak nyata. Nilai bobot biji per tanaman dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan keragaman berkisar antara

14.69 g yaitu pada galur UBASK14 sampai dengan 40.39 g yaitu pada galur UBASK32. Hasil penelitian yang telah didapatkan menunjukkan bahwa antara komponen hasil tidak selalu berbanding lurus satu dengan yang lainnya. Menurut Nugrahaeni *et al.* (2012), hasil bobot biji yang tinggi dapat dihasilkan oleh galur-galur dengan jumlah buku subur banyak, umur masak dalam, dan ukuran biji yang besar. Didukung oleh Sutoro *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa semakin lama umur panen total hasil fotosintat yang dialokasikan ke biji cenderung semakin banyak. Penelitian Hakim (2017) menunjukkan bahwa karakter utama yang mempunyai pengaruh langsung yang besar terhadap hasil biji adalah jumlah cabang, jumlah polong isi, dan jumlah polong hampa.

Hasil pengamatan bobot 100 biji menunjukkan bahwa 36 galur kedelai yang diuji memberikan pengaruh nyata terhadap bobot 100 biji. Bobot 100 biji dari 36 galur kedelai yang diuji menunjukkan genotipe TGM memiliki bobot 100 biji yang paling berat yaitu 9.59 g dan

tergolong ke dalam kategori yang agak tahan. Rendahnya tingkat penularan karat daun pada genotipe tersebut menyebabkan proses fotosintesis tidak banyak terpengaruh oleh adanya serangan patogen sehingga fotosintat tetap dihasilkan dengan baik dan terakumulasi pada organ penyimpanan (biji). Menurut Utama dan Sjamsiah (2019), tanaman yang mampu menahan serangan suatu jenis patogen sehingga kerusakan yang ditimbulkannya tidak mengakibatkan penurunan hasil adalah tanaman yang mempunyai sifat resistensi yang baik.

Berdasarkan hasil uji korelasi pada taraf 5% diketahui bahwa intensitas penularan karat daun berkorelasi negatif dengan luas daun (-0.041), tebal epidermis daun (- 0.150), jumlah daun (-0.091), jumlah polong isi (-0.321), jumlah polong total (-0.315), bobot biji per tanaman (-0.020). Semakin tinggi intensitas penularan karat daun maka nilai dari luas daun, tebal epidermis daun, jumlah daun, jumlah polong isi, jumlah polong total, dan bobot biji per tanaman akan semakin rendah. Menurut Sunpapao *et al.* (2017), daun kedelai yang terserang karat daun akan mengalami klorosis sehingga daun tersebut mudah gugur. Selain itu, karat daun juga dapat menyebabkan penutupan pada permukaan daun, sehingga luas daun yang aktif untuk proses fotosintesis menjadi berkurang. Hasil penelitian Listanto *et al.* (2017) menunjukkan bahwa ketebalan dan kekuatan dinding bagian luar sel–sel epidermis merupakan faktor penting dalam ketahanan beberapa jenis tanaman terhadap patogen–patogen tertentu. Sel–sel epidermis yang berdinding kuat dan tebal akan membuat penetrasi secara langsung mengalami kesulitan. Intensitas penularan karat daun akan menentukan komponen hasil dari tanaman kedelai. Intensitas penularan karat daun akan menentukan komponen hasil dari tanaman kedelai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Maman *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa intensitas serangan karat daun yang tinggi pada tanaman kedelai dapat menurunkan jumlah polong serta bobot kering biji yang dihasilkan karena daun yang terserang akan mengalami defoliasi sebelum terjadi pengisian polong.

# KESIMPULAN DAN SARAN

# Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa genotipe yang tergolong tahan yaitu UBASK63, UBASK34, UB2, UBASK51, UBASK23, AGP, UBASK32, UBASK43, UBASK24, dan UBASK14. Genotipe yang tergolong agak rentan yaitu UBASK15 dan UBASK53. Genotipe kedelai yang tergolong tahan memiliki karakter morfologi dan fisiologi daun yang berbeda yaitu:

1. Genotipe UBASK63 memiliki ciri-ciri kandungan klorofil 141.36 µg/g.
2. Genotipe UBASK34 memiliki ciri-ciri luas daun 2707.11 cm2 dan tebal epidermis daun 26.29 µm.
3. Genotipe UB2 memiliki ciri-ciri luas daun 2703.33 cm2 dan tebal epidermis daun 21.95 µm.
4. Genotipe UBASK51 memiliki ciri-ciri tebal epidermis daun 19.06 µm.
5. Genotipe UBASK23 memiliki ciri-ciri kerapatan trikoma 362.13/25 mm2.
6. Genotipe AGP memiliki ciri-ciri kandungan klorofil 179.69 µg/g.
7. Genotipe UBASK32 memiliki ciri-ciri luas daun 2337.60 cm2, kerapatan stomata 11.03/0.35 µm, dan tebal epidermis daun 23.56 µm.
8. Genotipe UBASK43 memiliki ciri-ciri kandungan klorofil 190.82 µg/g.
9. Genotipe UBASK24 memiliki ciri-ciri luas daun 2631.32 cm2.
10. Genotipe UBASK14 memiliki ciri-ciri kerapatan trikoma 569.87 mm2 dan kerapatan stomata 12.96/0.35 µm.

Genotipe kedelai yang tergolong agak rentan juga memiliki karakter morfologi dan fisiologi daun yang berbeda yaitu:

1. Genotipe UBASK15 memiliki ciri-ciri luas daun 1581.56 cm2.
2. Genotipe UBASK53 memiliki ciri-ciri luas daun 1581.56 cm2 dan kerapatan trikoma 116.80/25 mm2.

# Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji ketahanan kedelai terhadap karat daun menggunakan metode *International Soybean Program* (INTSOY) dengan variabel berupa pengamatan panjang trikoma daun dan ukuran stomata daun karena kedua karakter tersebut berpengaruh terhadap keberhasilan proses infeksi dari patogen penyebab karat daun.

# DAFTAR PUSTAKA

Achmad., S. Hadi, S. Harran, E. G. Sa’id, B. Satiawiharja, dan M. K. Kardin. 2012. Mekanisme serangan patogen lodoh pada semai pinus (*Pinus merkusii*). J. Silvikultur Tropika. 03(1): 57 - 64.

Adie*,* M. M, dan A. Krisnawati*.* 2016. Biologi Tanaman Kedelai. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang.

Adisarwanto. 2008. Budidaya Kedelai Tropika. Penebar Swadaya. Jakarta.

Aisyah, S., S. P. Mohammad, dan B. T. Endang. 2014. Pencandraan sifat agronomis delapan galur kedelai tahan dan agak tahan patogen karat daun. J. Berkala Ilmiah Pertanian 1(1): 1-5.

Akbar, F. I. K, dan M. Syarief, 2020. Aplikasi *Trichoderma* sp. terhadap penyakit karat daun (*Phakopsora pachyrizi*) tanaman kedelai edamame. J. Agriprima. 4(1): 64- 70.

Ambar, S. M. P. 2020. Peranan Mikoriza Untuk Pengendalian Penyakit Karat Daun.

LPPM Universitas KH. A. Wahab Hasbullah. Jombang.

Arifin, Z. 2011. Deskripsi sifat agronomik berdasarkan seleksi genotipe tanaman kedelai dengan metode multivariat. J. Agriprima. 3(5).

Badan Pusat Statistik (BPS) .2019. Kebutuhan Kedelai di Indonesia Tahun 2019. Diakses dari [www.bps.go.id/kebutuhankedelai-di-indonesia-tahun2019. pada 7](http://www.bps.go.id/kebutuhankedelai-di-indonesia-tahun2019.%20pada%207%20September%202022) [September 2022](http://www.bps.go.id/kebutuhankedelai-di-indonesia-tahun2019.%20pada%207%20September%202022).

Bintan, R., A. S. Leksono, dan Y. Prayogo. 2014. Efikasi cendawan mikoparasit lecanicillium lecanii terhadap penyakit karat (*Phakopsora pachyrhizi*) kedelai (*Glycine max* L. Merril). Natural Biologi. 1(4): 318-327

Birnadi, S. 2012. Pengaruh pengolahan tanah dan pupuk organik bokashi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.) kultivar wilis. J. Istek VIII(1): 31–31.

Cahyadi, W. 2017. Teknologi dan Khasiat Kedelai. Bumi Aksara. Jakarta.

Cook, M. 1972. Screening of peanut for resistance to peanut rust in the greenhouse and field. Plant disease reporter. 56(5):382-386.

Dey, U, dan G. P. Jagtap. 2012. Soybean Rust. Vasantrao Naik Marathwada Agriculture University. India.

Dorly, D., R. K. Ningrum, N. K. Suryantari, dan F. L. R. Anindita. 2016. Studi anatomi daun dari tiga anggota suku malvaceae di kawasan waduk jatiluhur. Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning. 13(1): 611-618.

Goellner, K., L. Marco, L. Caspar, C. Uwe, K. Eckhard, dan S. Ulrich. 2010. *Phakopsora pachyrhizi*, the casual agent of Asian soybean rust. J. Molecular Plant Pathology. 11(2): 169-177.

Hafiz, P., dan S. Rahayu. 2013. Karakteristik anatomi daun dari sepuluh spesies Hoya sukulen serta analisis hubungan kekerabatannya. Buletin Kebun Raya. 16(1): 58- 73.

Hakim, L. 2017. Komponen hasil dan karakter morfologi penentu hasil kedelai pada lahan sawah tadah hujan. J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 1(1): 65-72.

Handayani, S. A., S. J. Santosa, dan S. Bahri. 2021. Kajian macam mulsa terhadap intensitas penyakit karat daun phakopsora pachyrhizi pada tiga varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). J. Innofarm: *23*(1): 19-25.

Hasibuan, R. I. A., dan M. Dalimunthe. 2022. Respon beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L) dan pemupukan nitrogen terhadap penyakit karat daun (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.). J. Agriland. 10(1): 81-87.

Heriyanto, H. 2015. Kajian pengendalian penyakit karat pada kedelai dengan pestisida nabati. J. Ilmu-Ilmu Pertanian. 21(1): 46-55.

Husen, F. 2017. Uji ketahanan struktural daun kedelai (*Glycine max* (l.) merr.) kultivar tahan dan rentan terhadap penyakit bercak daun. Doctoral dissertation, Universitas Jenderal Soedirman.

Inayati, A., dan E. Yusnawan, 2017. Identifikasi Penyakit Utama Kedelai Dan Cara Pengendaliannya. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang.

INTSOY (International Soybean Program). 1982. Compendium of soybean disease.

J.B. Sinclair (Ed.). The American Phytopathology Society. p. 1-2

Kumudini S., C. V. Godoy, J. E. Board, J. Omielan, dan M. Tollenaar. 2008. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction. M. Crop Science. 48(6):2334-2342.

Langenbach, C., R. Campe, S. F. Beyer, A. N. Mueller, dan U. Conrath. 2016. Fighting Asian soybean rust. J. Frontiers in Plant Sc*i*. 7 (797): 1-13.

Lestari, E.G., 2016. Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. J. Biodiversitas. 7(1): 44- 48

Listanto, B. P. A., S. Rahayu, dan N. Sjamsijah. 2017. uji ketahanan tujuh galur kedelai (*Glicine max* (l.) merril) terhadap serangan karat daun (*Phakopsora pachyrhizi*) metode IWGSR. J. Agriprima. 1(1): 12-20.

Maman, M., J. S. Muljowati, dan R. Rochmatino. 2014. Hubungan intensitas penyakit karat dengan produktivitas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) pada beberapa varietas berbeda. J. Scripta Biol. 1(2): 173-177.

Marlina, E., E. Anom, dan S. Yoseva. 2015. Pengaruh pemberian pupuk NPK organik terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* (L.) Merril). Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian. *2*(2): 1-13.

Masnenah, E., H. K. Murdaningsih, R. Setiamihardja, W. Astika, dan A. Baihaki. 2014. Korelasi beberapa karakter morfologi dengan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat. J. *Zuriat*. 15(1).

Millenia, H. T., A., Febrianty, A. D. Lussy, I. Nurhasanah, dan N. Yunitasari. 2021. Jenis-jenis penyakit pada tanaman kedelai (*Glycine max*) serta pengendaliannya secara fisik dan kimia. Prosiding Seminar Nasional Biologi. 1(2): 635-647.

Monte, R.M., D.F. Reid, dan G.L. Hartman. 2013. Soybean Rust: Is the US soybean crop at Risk. United States.

Narasimhan, B., 2015. Extraction and estimation of chlorophyll from medicinal plants.

International Journal of Science and Research (IJSR). 4: 209-2012.

Natawigena, H. 1985. Pestisida dan Kegunaannya. CV. Armico. Bandung Nugrahaeni, N., T. Sundari, dan A. S. Gatut-Wahyu. 2011. Hasil dan komponen hasil

galur-galur kedelai berumur genjah di lahan kering masam di lampung. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (p. 35).

Nugroho, W. P., Barmawi, M., dan Sa’diyah, N. 2013. Pola segregasi karakter agronomi tanaman kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) generasi F2 hasil persilangan Yellow Bean dan Taichung. J. Agrotek Tropika. 1(1):38-44.

Permanasari, I. 2011. Pengaruh interaksi GA3 dan kondisi lengas tanah terhadap pertumbuhan bibit benih kedelai hitam. J. Agroekoteknologi 1(2): 9–15.

Pertiwi, P.D., A. Agustiansyah, dan Y. Nurmiaty. 2014. Pengaruh giberelin (GA3)terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai (*Glycine Max* (L.) Merrill.). J. Agrotek Trop. 2(2): 276–281.

Purba, J. R. A., I. Subandar, dan A. R. Usman. 2022. Analisis infeksi karat daun (*Cephaleuros virescens*) pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq) di Perkebunan Jaya Seujahtera Afdeling III PT. ASN. J. Biofarm 18(2): 96-101.

Rohmah, E.A., dan B. Saputro. 2016. Pengaruh genangan terhadap kedelai. J. Sains dan Seni ITS 5(2): 29–33.

Salim, M., Y. Chen, H. Ye, H.T. Nguyen, Z.M. dan Solaiman. 2022. Screening of soybean lines based on root morphology dan shoot traits using the semi- hydroponic phenotyping platform dan rhizobox technique. J. Agronomy 12(1).

Santosa, B. 2013. Penyaringan galur kedelai terhadap penyakit karat daun isolat Arjasari di rumah kaca. Buletin Plasma Nutfah (1): 26–32.

Santoso, S. J. 2013. Pengendalian hayati patogen karat daun dan antraknosa pada tanaman kedelai (*Glicyne max*, Merr) dengan mikrobia filoplen. J. Innofarm*:* 11(1).

Sarwanto, A. 2008. Budidaya Kedelai Tropika. Penebar Swadaya. Jakarta.

Senoaji dan R. H. Praptana 2013. Interaksi nitrogen dengan insidensi penyakit tungro dan pengedaliannya secara terpadu pada tanaman padi Wasis penelitian loka

penyakit tungro. J. Iptek Tanaman Pangan. 8 (2).

Septiatin, A. 2008. Meningkatkan Produksi Kedelai di Lahan Kering Sawah, Dan Pasang Surut. Yrama Widya. Jakarta.

Setiari, N. dan Y. Nurchayati. 2009. Exploration of chlorophyll content on variety vegetable as basic raw food alternative. J. Bioma. 11(1): 6-10.

Shilpashree, N., S.N. Devi, D.C. Manjunathagowda, A. Muddappa, dan S.A.M. Abdelmohsen. 2021. Morphological characterization, variability dan diversity among vegetable soybean (*Glycine max* L.) lines. J. Plants 10(4): 1–11.

Sinclair, J.B., dan Hartman G.L. 2020. Soybean Rust. Compendium of Soybean Diseases (Fourth Edition). APS Press the American Phytopathological Society. 25-26.

Sumarno dan A. G. Manshuri. 2016. Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi: 74-103.

Sumartini, S., dan Sulistyo, A. 2016. Ketahanan sepuluh galur kedelai terhadap penyakit karat. J. Fitopatologi Indonesia. 12(2): 39-39.

Sumartini. 2010. Penyakit karat pada kedelai dan cara pengendaliannya yang ramah lingkungan. J. Litbang Pertanian. 29(3): 107–112.

Susanti, A., Faizah, M., dan Khamid, M. L. S. 2018. Penekanan penyakit karat daun pada kedelai akibat *Phakopsora pachyrhizi* Syd. menggunakan mikoriza indigenous pada tanah litosol. J. Agroradix*: 2*(1): 23-31.

Susanti, A., Faizah, M., dan Wibowo, R. 2018. Uji infektivitas mikoriza indigenous terhadap tanaman kedelai terinfeksi *Phakopsora pachyrhizi* Syd. Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin. Vol. 1: 132-137.

Susanto, A., A.E. Prasetyo, H. Priwiratama, dan M. Syarovi. 2020. Laju fotosintesis pada tanaman kelapa sawit terinfeksi karat daun Cephaleuros virescen. J. Fitopatol. Indonesia. 16(1): 21-29.

Susilo, D. E. H. 2015. Identifikasi nilai konstanta bentuk daun untuk pengukuran luas daun metode panjang kali lebar pada tanaman hortikultura di tanah gambut. Anterior Jurnal. 14(2): 139-146.

Sutoro, N. Dewi, dan M. Setyowati. 2018. Hubungan Sifat Morfologis Tanaman dengan Hasil Kedelai. J. Penelitian Tanaman Pangan. 27(3): 185-190.

Tremblay, A. 2011. Soybean Rust: Five Years of Research. USDA-ARS-Plant Science Institute. USA*.*

Tukamuhabwa P, dan M. Maphosa. 2010. State of Knowledge on Breeding For Durable Reistance To Soybean Rust Disease In The Developing World. Rome (IT): FAO.

Utama, R., dan N. Sjamsijah. 2019. Uji tujuh galur kedelai generasi F7 terhadap ketahanan serangan karat daun (*Phakopsora pachyrhizi*) dengan metode

IWGSR. J. Agriprima*.* 3(1): 54-61.

Vidyawati, S. V. 2022. Pengaruh penambahan pupuk organik terhadap populasi *Bacillus* sp. untuk menekan perkembangan penyakit karat daun pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.). J. Berkala Ilmiah Pertan. 5(1): 39-44.

Wahyudin, A., F.Y. Wicaksono, A.W. Irwan, R. Ruminta, dan R. Fitriani. 2017. Respons tanaman kedelai (*Glycine max*) varietas Wilis akibat pemberian berbagai dosis pupuk N, P, K, dan pupuk guano pada tanah Inceptisol Jatinangor. J. Kultivasi 16(2): 333–339.

Wang, X., dan L. Qiu. 2018. Mapping The Soybean Genome. Springer International Publishing. Switzerland.

Wardana, R., N. Sjamsijah, dan R. Y. P. Putri. 2022. Ketahanan beberapa galur kedelai terhadap penyakit karat daun (*Phakopsora pachyrizi*). J. Agroteknika. *5*(1), 40- 48.

Wei-jun, D. U., Y. U. De-yue., dan F. U. San-xiong. 2009.Analysis of QTLS for the trichome density on the upper and downer surface of leaf blade in soybean (*Glycine max* L. merril). Agricultural Sciences in China. 8(5): 529-537.

Widiastuti, E. dan E. Latifah. 2016. Keragaan pertumbuhan dan biomassa varietas kedelai (*Glycine Max* (l)) di lahan sawah dengan aplikasi pupuk organik cair. J. Ilmu Pertanian Indonesia. 21(2): 90-97.

Williams, D. A., D. R. Berglund, dan G. J. Endres. 2012.Soybean Growth dan Management. North Dakota State University. North Dakota.

World Intellectual Property Organization (WIPO). 2008. WIPO Intellectual Property Handbook. WIPO Publication.

Yanti, R., M. Mariana, dan M. I. Pramudi. 2022. Pengaruh umur tanaman kacang nagara terhadap intensitas penyakit karat. J. Proteksi Tanaman Tropika. 5(2): 466-471.

# LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Deskripsi Varietas

1. Varietas Anjasmoro

Dilepas tahun : 22 Oktober 2001

SK Mentan : 537/Kpts/TP.240/10/2001

Nomor galur : Mansuria 395-49-4

Asal : Seleksi massa dari populasi galur murni Mansuria

Daya hasil : 2,032,25 t/ha

Warna hipokotil : Ungu

Warna epikotil : Ungu

Warna daun : Hijau

Warna bulu : Putih

Warna bunga : Ungu

Warna kulit biji : Kuning Warna polong masak : Coklat muda

Warna hilum : Kuning kecoklatan

Bentuk daun : Oval

Ukuran daun : Lebar

Tipe tumbuh : Determinit

Umur berbunga : 35 hari

Umur polong masak : 82 hari

Tinggi tanaman : 64 - 68 cm

Percabangan : 2,95,6 cabang Jml. buku batang utama : 12,914,8 Bobot 100 biji : 14,815,3 g

Kandungan protein : 41,842,1%

Kandungan lemak : 17,218,6%

Kerebahan : Tahan rebah

Ketahanan thd penyakit : Moderat terhadap karat daun Sifat-sifat lain : Polong tidak mudah pecah

Pemulia : Takashi Sanbuichi, Nagaaki Sekiya, Jamaluddin M., Susanto, Darman M.A., dan M. Muchlish Adie

1. Varietas Tanggamus

Dilepas tahun : 22 Oktober 2001

SK Mentan : 536/Kpts/TP.240/10/2001

Nomor induk : K3911-66

Asal : Hibrida (persilangan tunggal): Kerinci x No. 3911

Hasil rata-rata : 1,22 t/ha

Warna hipokotil : Ungu

Warna epikotil : Hijau

Warna kotiledon : Kuning

Warna bulu : Coklat

Warna bunga : Ungu

Warna kulit biji : Kuning

Warna polong masak : Coklat

Warna hilum : Coklat tua

Bentuk biji : Oval

Bentuk daun : Lanceolate

Tipe tumbuh : Determinit

Umur berbunga : 35 hari

Umur saat panen : 88 hari

Tinggi tanaman : 67 cm

Percabangan : 34 cabang

Bobot 100 biji : 11,0 g

Ukuran biji : Sedang

Kandungan protein : 44,5%

Kandungan lemak : 12,9%

Kandungan air : 6,1%

Kerebahan : Tahan rebah Ketahanan thd penyakit : Moderat karat daun

Sifat-sifat lain : Polong tidak mudah pecah

Wilayah adaptasi : Lahan kering masam

Pemulia : Darman MA., M. Muchlish Adie, Heru Kuswantoro, dan Purwantoro

1. Varietas Argopuro

Dilepas tahun : 11 April 2005

SK Mentan : 204/Kpts./SR.120/4/2005

Nomor galur : K-27

Asal : Introduksi dari Taiwan (GC 89029-19-1)

Daya hasil : 3,05 t/ha

Rata-rata hasil : 2,31 t/ha

Warna hipokotil : Hijau

Warna epikotil : Hijau

Warna daun : Hijau

Warna bulu : Putih

Warna bunga : Putih

Warna kulit biji : Kuning

Warna kulit polong : Coklat tua

Warna hilum : Coklat muda

Bentuk daun : Lancip (lanceolate)

Bentuk biji : Bulat

Tipe tumbuh : Determinit

Umur berbunga : 32 hari

Umur polong masak : 84 hari

Tinggi tanaman : 61cm

Bobot 100 biji : 17,80 g

Kandungan protein : 28,1%

Kandungan lemak : 25,1%

Ketahanan thd hama : Agak tahan lalat kacang, penghisap polong dan ulat

grayak

Ketahanan thd penyakit : Peka virus daun (CMMV)

Keterangan : Rendemen tahu 407% dan rendemen tempe 195%

Pemulia : M. Muchlis Adie, Nasir Saleh dan Gatut Wahyu AS

Pengusul : Hani Soewanto, Teguh Agus CP, dan Joko S. Wahono (PT Mitratani Dua Tujuh)

1. Varietas Grobogan Dilepas tahun 2008

SK Mentan : 238/Kpts/SR.120/3/2008

Asal : Pemurnian populasi Lokal Malabar Grobogan Tipe pertumbuhan : determinit

Warna hipokotil : ungu

Warna epikotil : ungu

Warna daun : hijau agak tua Warna bulu batang : coklat

Warna bunga : ungu

Warna kulit biji : kuning muda Warna polong tua : coklat Warna hilum biji : coklat Bentuk daun : lanceolate

Percabangan : -

Umur berbunga : 30-32 hari Umur polong masak : ±76 hari Tinggi tanaman : 5060 cm

Bobot biji : ±18 g/100 biji

Rata-rata hasil : 2,77 ton/ha

Potensi hasil : 3,40 ton/ha Kandungan protein : 43,9% Kandungan lemak : 18,4%

Daerah sebaran : Beradaptasi baik pada beberapa kondisi lingkungan tumbuh yang berbeda cukup besar, pada musim hujan dan daerah beririgasi baik.

Sifat lain : - polong masak tidak mudah pecah, dan - pada saat panen daun luruh 95-100% saat panen >95% daunnya telah luruh

Pemulia : Suhartina, M. Muclish Adie

Peneliti : T. Adisarwanto, Sumarsono, Sunardi, Tjandramukti, Ali Muchtar, Sihono, SB. Purwanto, Siti Khawariyah, Murbantoro, Alrodi, Tino Vihara, Farid Mufhti, dan Suharno

Pengusul : Pemerintah Daerah Kabupaten Grobogan, BPSB Jawa Tengah, Pemerintah Daerah Prov Jawa Tengah

1. Galur UB1

Daya hasil : 2,5 ton/ha

Warna hipokotil : Hijau

Warna epikotil : Hijau

Warna daun : Hijau pekat

Warna batang : Hijau

Warna bulu : Putih keperakan

Warna bunga : Putih

Umur berbunga (hst) 30

Umur polong masak (hst) 80

Bentuk biji : Oval, agak bulat

Tinggi tanaman (cm) : 35-50

Bobot 100 biji (gr) : 10-13

Ketahanan : Toleran terhadap cekaman air

Kelemahan : Peka terhadap hama penghisap polong

1. Galur UB2

Daya hasil : 2 ton/ha

Warna hipokotil : Hijau

Warna epikotil : Hijau

Warna daun : Hijau muda

Warna bulu : Putih

Warna bunga : Putih

Warna kulit biji : Kuning

Warna polong masak : Coklat

Warna hilum : Coklat muda

Umur berbunga (hst) 31

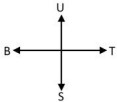
Umur polong masak (hst) 83

Tinggi tanaman (cm) : 60-65

Bobot 100 biji (gr) : 4-8

**Lampiran 2.** Denah Petak Lahan

3 m 3 m





31 m

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 80 cm |  |  |  |  |  |
| 40 cm | 4 | 3 |  | 2 | 1 |  |
|  | 8 | 7 |  | 6 | 5 |  |
|  | 12 | 11 |  | 10 | 9 |  |
|  | 16 | 15 |  | 14 | 13 |  |
|  | 20 | 19 |  | 18 | 17 | U 1 |
|  | 24 | 23 |  | 22 | 21 |  |
|  | 28 | 27 |  | 26 | 25 |  |
|  | 32 | 31 |  | 30 | 29 |  |
|  | 36 | 35 |  | 34 | 33 |  |
| 1 m | 12 | 2 |  | 22 | 27 |  |
|  | 23 | 34 |  | 14 | 5 |  |
|  | 30 | 7 |  | 13 | 28 |  |
|  | 1 | 6 |  | 35 | 18 |  |
|  | 29 | 19 |  | 24 | 8 | U 2 |
|  | 32 | 33 |  | 15 | 4 |  |
|  | 31 | 3 |  | 9 | 10 |  |
|  | 26 | 17 |  | 36 | 25 |  |
|  | 21 | 16 |  | 20 | 11 |  |
|  | 1 | 17 |  | 28 | 6 |  |
|  | 11 | 20 |  | 33 | 36 |  |
|  | 32 | 34 |  | 23 | 16 |  |
|  | 8 | 4 |  | 22 | 14 |  |
|  | 5 | 25 |  | 12 | 10 | U 3 |
|  | 31 | 7 |  | 29 | 13 |  |
|  | 26 | 3 |  | 27 | 18 |  |
|  | 9 | 35 |  | 2 | 15 |  |
|  | 30 | 21 | 80 cm | 19 | 24 |  |
|  |  | 105 cm |  |  |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Keterangan:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Tetua** | **Galur** |
| 1. | UB 2 x AJM | UBASK16 |
| 2. | AGP x AJM | UBASK13 |
| 3. | GBG x AJM | UBASK14 |
| 4. | TGM x AJM | UBASK12 |
| 5. | UB 1 x AJM | UBASK15 |
| 6. | AJM X UB 2 | UBASK61 |
| 7. | AGP X UB 2 | UBASK63 |
| 8. | GBG X UB 2 | UBASK64 |
| 9. | TGM X UB 2 | UBASK62 |
| 10. | UB 1 X UB 2 | UBASK65 |
| 11. | AJM x AGP | UBASK31 |
| 12. | UB 2 x AGP | UBASK36 |
| 13. | GBG x AGP | UBASK34 |
| 14. | TGM x AGP | UBASK32 |
| 15. | UB 1 x AGP | UBASK35 |
| 16. | AJM X GBG | UBASK41 |
| 17. | UB 2 X GBG | UBASK46 |
| 18. | AGP X GBG | UBASK43 |
| 19. | TGM X GBG | UBASK42 |
| 20. | UB 1 X GBG | UBASK45 |
| 21. | AJM x TGM | UBASK21 |
| 22. | UB 2 x TGM | UBASK26 |
| 23. | AGP x TGM | UBASK23 |
| 24. | GBG x TGM | UBASK24 |
| 25. | UB 1 x TGM | UBASK25 |
| 26. | AJM X UB 1 | UBASK51 |
| 27. | UB 2 X UB 1 | UBASK56 |
| 28. | AGP X UB 1 | UBASK53 |
| 29. | GBG X UB 1 | UBASK54 |
| 30. | TGM X UB 1 | UBASK52 |
| 31. | AJM |  |
| 32. | AGP |  |
| 33. | GBG |  |
| 34. | TGM |  |
| 35. | UB 1 |  |
| 36. | UB 2 |  |

**Lampiran 3.** Denah Pengamatan Sampel

90 cm

70 cm

P1

P4

P7

P11

P2

P5

P8

P12

P3

P6

P9

P13

Keterangan:

P1-P3 = Sampel pengamatan pertumbuhan metode non-destruktif P4-P6 = Sampel pengamatan luas daun dan kerapatan trikoma

P7-P9 = Sampel pengamatan tebal epidermis daun dan analisis kandungan klorofil P10-P12=Sampel panen

Jarak tanam = 20 cm x 20 cm

Luas petak percobaan = *p x l* = 70 cm x 90 cm = 6.300 cm2 = 6,3 m2

**Lampiran 4.** Perhitungan Dosis Pupuk Diketahui:

* Rekomendasi pupuk NPK 16:16:16 = 250 kg/ha
* Jarak tanam = 20 cm x 20 cm = 0,04 m2
* Luas per petak = 90 cm x 70 cm = 0,63 m2
* Jumlah petak = 108
* Luas lahan = 31 m x 6 m = 186 m2 Ditanya:

Kebutuhan pupuk per tanaman = Jawab:

- Luas lahan efektif = 𝑙𝑢𝑎𝑠 𝑠𝑒𝑙𝑢𝑟𝑢ℎ 𝑝𝑒𝑡𝑎𝑘 x 100%

𝑙𝑢𝑎𝑠 𝑙𝑎ℎ𝑎𝑛

= 0,63 𝑚2 𝑥 108 x 100%

186 𝑚2

= 36,58%

* Populasi/ha = 1 ℎ𝑎

𝑗𝑎𝑟𝑎𝑘 𝑡𝑎𝑛𝑎𝑚

x luas lahan efektif

= 10000 𝑚2

0,04 𝑚2

x 36,58%

= 91450 tanaman/ha

- Kebutuhan pupuk per tanaman= 𝑟𝑒𝑘𝑜𝑚𝑒𝑛𝑑𝑎𝑠𝑖 𝑝𝑢𝑝𝑢𝑘

𝑝𝑜𝑝𝑢𝑙𝑎𝑠𝑖/ℎ𝑎

= 250 𝑘𝑔/ℎ𝑎

91450 𝑡𝑎𝑛𝑎𝑚𝑎𝑛/ℎ𝑎

= 0,00273 kg/tanaman

= 2,73 g/tanaman

- Kebutuhan pupuk tiap aplikasi = 𝑘𝑒𝑏𝑢𝑡𝑢ℎ𝑎𝑛 𝑝𝑢𝑝𝑢𝑘 𝑝𝑒𝑟 𝑡𝑎𝑛𝑎𝑚𝑎𝑛

2

=2,73 g/tanaman

2

= 1,36 g/tanaman

**Lampiran 5.** Hasil Tabel Analisis Ragam

**Tabel 9.** Hasil analisis ragam tingkat penularan karat daun

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 1589.73 | 794.86 | 3.88 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 20381.03 | 582.32 | 2.85 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 14326.23 | 204.66 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 36296.99 | 339.22 |  |  |  |

KK (%)= 45.66

**Tabel 10.** Hasil analisis ragam tebal epidermis daun

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 4 | 16.34 | 4.08 | 0.60 |  | 2.44 |
| **Perlakuan** | 35 | 1159.47 | 33.13 | 4.85 | \* | 1.51 |
| **Galat** | 140 | 955.36 | 6.82 |  |  |  |
| **Total** | 179 | 2131.16 | 11.90 |  |  |  |

KK (%)= 12.94

**Tabel 11.** Hasil analisis ragam kerapatan trikoma

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 21852.72 | 10926.36 | 2.12 |  | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 1094607.72 | 31274.51 | 6.08 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 360186.43 | 5145.52 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 1476646.87 | 13800.43 |  |  |  |

KK (%)= 24.02

**Tabel 12.** Hasil analisis ragam luas daun

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 6589711.72 | 3294856 | 5.96 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 31839451.69 | 909698.6 | 1.64 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 38729538.54 | 553279.1 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 77158701.95 | 721109.36 |  |  |  |

KK (%)= 33.63

**Tabel 13.** Hasil analisis ragam kandungan klorofil

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** | | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 1 | 130.87 | 130.87 | 4.28 | \* | 4.12 |
| **Perlakuan** | 35 | 39262.14 | 1121.78 | 36.65 | \* | 1.76 |
| **Galat** | 35 | 1071.33 | 30.61 |  |  |  |
| **Total** | 71 | 40464.34 | 569.92 |  |  |  |

KK (%)= 3.77

**Tabel 14.** Hasil analisis ragam kerapatan stomata

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 31.03 | 15.52 | 8.64 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 314.49 | 8.99 | 5.00 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 125.72 | 1.80 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 471.24 | 4.40 |  |  |  |

KK (%)= 12.21

**Tabel 15.** Hasil analisis ragam tinggi tanaman 2 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 104.80 | 52.40 | 78.75 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 129.54 | 3.70 | 5.56 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 46.58 | 0.67 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 280.92 | 2.62 |  |  |  |

KK (%)= 7.38

**Tabel 16.** Hasil analisis ragam tinggi tanaman 3 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 296.73 | 148.36 | 73.08 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 284.31 | 8.12 | 4.00 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 142.11 | 2.03 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 723.14 | 6.75 |  |  |  |

KK (%)= 9.31

**Tabel 17.** Hasil analisis ragam tinggi tanaman 4 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 295.85 | 147.92 | 22.33 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 771.49 | 22.04 | 3.33 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 463.78 | 6.63 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 1531.12 | 14.31 |  |  |  |

KK (%)= 11.67

**Tabel 18.** Hasil analisis ragam tinggi tanaman 5 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 1172.61 | 586.31 | 28.18 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 2052.64 | 58.65 | 2.82 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 1456.60 | 20.81 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 4681.85 | 43.75 |  |  |  |

KK (%)= 12.51

**Tabel 19.** Hasil analisis ragam tinggi tanaman 6 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 1557.56 | 778.78 | 20.74 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 4256.64 | 121.62 | 3.24 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 2628.03 | 37.54 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 8442.23 | 78.90 |  |  |  |

KK (%)= 12.25

**Tabel 20.** Hasil analisis ragam jumlah daun 2 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 2.06 | 1.03 | 8.58 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 7.78 | 0.22 | 1.85 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 8.39 | 0.12 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 18.22 | 0.17 |  |  |  |

KK (%)= 10.38

**Tabel 21.** Hasil analisis ragam jumlah daun 3 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 7.08 | 3.54 | 7.13 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 15.58 | 0.45 | 0.90 |  | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 34.77 | 0.50 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 57.44 | 0.53 |  |  |  |

KK (%)= 13.81

**Tabel 22.** Hasil analisis ragam jumlah daun 4 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 70.87 | 35.43 | 12.33 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 121.91 | 3.48 | 1.21 |  | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 201.20 | 2.87 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 393.97 | 3.68 |  |  |  |

KK (%)= 21.22

**Tabel 23.** Hasil analisis ragam jumlah daun 5 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 212.51 | 106.25 | 12.52 | \* | 3.12 |
| **Perlakuan** | 35 | 671.14 | 19.17 | 2.26 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 593.77 | 8.48 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 1477.43 | 13.80 |  |  |  |

KK (%)= 20.54

**Tabel 24.** Hasil analisis ragam jumlah daun 6 MST

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 822.85 | 411.42 | 22.07 | \* | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 1743.09 | 49.80 | 2.67 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 1304.84 | 18.64 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 3870.79 | 35.17 |  |  |  |

KK (%)= 19.41

**Tabel 25.** Hasil analisis ragam jumlah polong isi

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 13.13 | 6.56 | 0.01 |  | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 89193.37 | 2548.38 | 2.03 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 87760.13 | 1253.72 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 176966.63 | 1653.89 |  |  |  |

KK (%)= 37.96

**Tabel 26.** Hasil analisis ragam jumlah polong total

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 40.02 | 20.01 | 0.02 |  | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 95435.21 | 2726.72 | 2.05 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 93278.35 | 1332.55 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 188753.58 | 1764.05 |  |  |  |

KK (%)= 38.12

**Tabel 27.** Hasil analisis ragam bobot biji per tanaman

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 153.60 | 76.80 | 0.64 | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 3348.20 | 95.66 | 0.80 | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 8274.98 | 118.21 |  |  |
| **Total** | 107 | 11776.80 | 110.06 |  |  |

KK (%)= 43.31

**Tabel 28.** Hasil analisis ragam bobot 100 biji

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **JK** | **KT** | **Fhitung** |  | **Ftabel 5%** |
| **Ulangan** | 2 | 4.09 | 2.05 | 1.39 |  | 3.13 |
| **Perlakuan** | 35 | 1088.51 | 31.10 | 21.19 | \* | 1.59 |
| **Galat** | 70 | 102.75 | 1.47 |  |  |  |
| **Total** | 107 | 1195.35 | 11.17 |  |  |  |

KK (%)= 8.50