



REAKSI 16 GENOTIPE DAN 4 VARIETAS KEDELAI  
(*Glycine max (L.) Merrill*) TERHADAP PENYAKIT  
KARAT DAUN (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.)

KARYA ILMIAH TERTULIS  
(SKRIPSI)

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu pada Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember



Oleh :

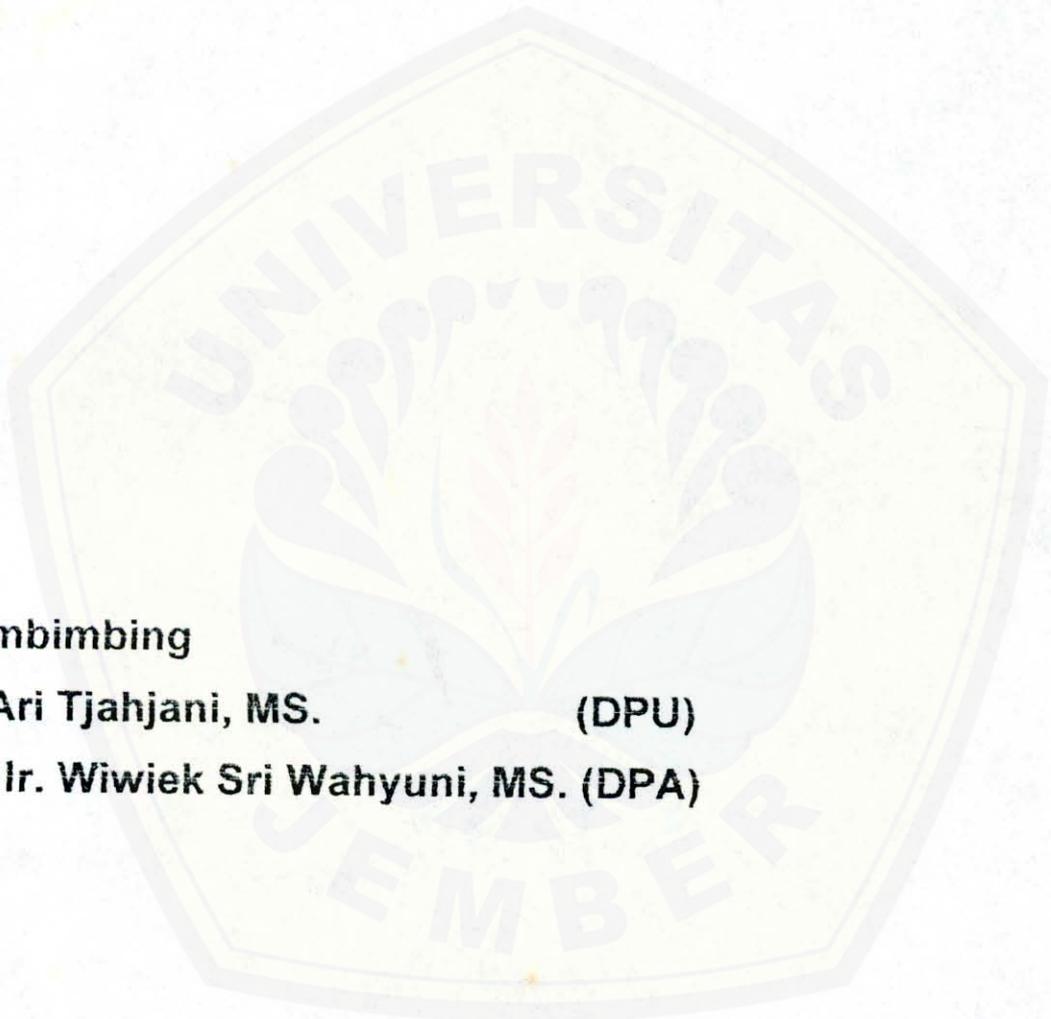
NETTY PRISKA MARPAUNG

FIEI 95 - 241

Asal	Madinah	Klasifikasi 632 MAR R
Terima Tgl:	11 SEP 2000	
No. Induk :	10.2.2893	

PROGRAM STUDI ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN  
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER  
AGUSTUS 2000

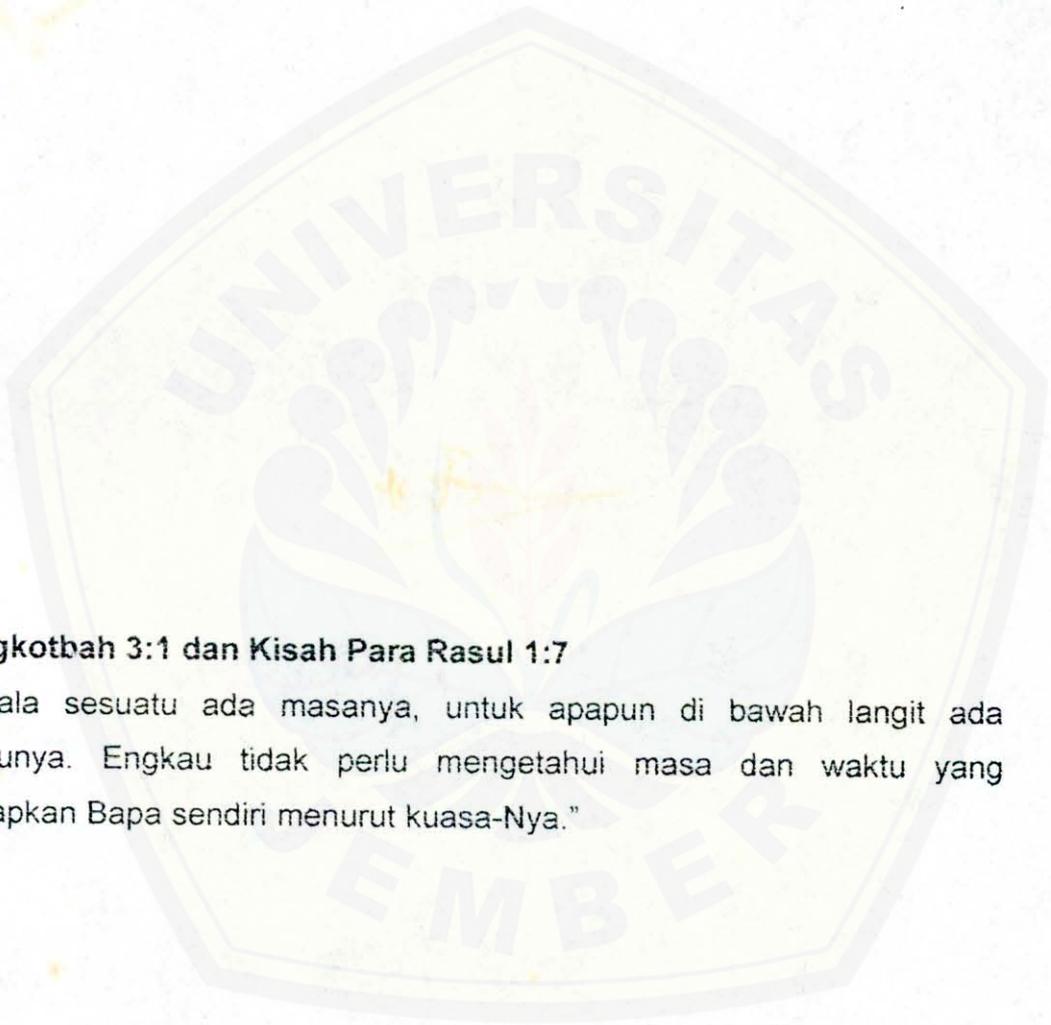
Tanaman Penyakit



**Pembimbing**

**Ir. Ari Tjahjani, MS. (DPU)**

**Dr. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS. (DPA)**



**Pengkotbah 3:1 dan Kisah Para Rasul 1:7**

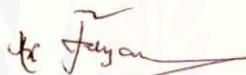
"Segala sesuatu ada masanya, untuk apapun di bawah langit ada waktunya. Engkau tidak perlu mengetahui masa dan waktu yang ditetapkan Bapa sendiri menurut kuasa-Nya."

Diterima oleh  
Fakultas Pertanian Universitas Jember  
Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada  
Hari : Senin  
Tanggal : 12 Juni 2000  
Tempat : Fakultas Pertanian  
Universitas Jember

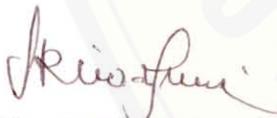
Tim Penguji

Ketua,



(Ir. Ari Tjahjani, MS.)  
NIP. 130 516 242

Anggota I



(Dr. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS.)  
NIP. 130 875 933

Anggota II

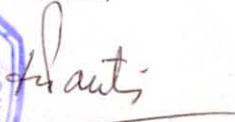


(Dr. Ir. Endang Budi Trisusilowati, MS.)  
NIP. 130 531 982

Mengesahkan

Dekan,



  
(Ir. Hj. Siti Hartanti, MS.)  
NIP. 130 350 763

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan rahmat-Nya sehingga Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) dengan judul "**Reaksi 16 genotipe dan 4 Varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap penyakit karat daun (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.)**" berhasil diselesaikan.

Terima kasih penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian karya ilmiah ini, antara lain:

1. **Ir. Ari Tjahjani, MS.** dan **Dr. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS.** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan motivasi serta membimbing dalam penelitian dan penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini.
2. **Dr. Ir. Endang Budi Trisusilowati, MS.** selaku Dosen Penguji II atas sumbangan pemikiran dalam penyelesaian penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini.
3. **DUE (Development for Undergraduate Education) Project** atas bantuan dana penelitian tahun anggaran 1998/1999 atas nama Ir. Ari Tjahjani, MS.
4. Papa, mama, kakak dan adik-adikku atas doa, semangat dan bantuan finansial sehingga naskah ini dapat terselesaikan.
5. **Dekan** Fakultas Pertanian Universitas Jember.
6. **Ketua Jurusan** Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
7. Rekan-rekan mahasiswa IHPT dan semua pihak yang telah membantu selama penelitian ini berlangsung.

Semoga Karya Ilmiah Tertulis ini dapat bermanfaat.

Jember, Juli 2000

Penulis

DAFTAR ISI

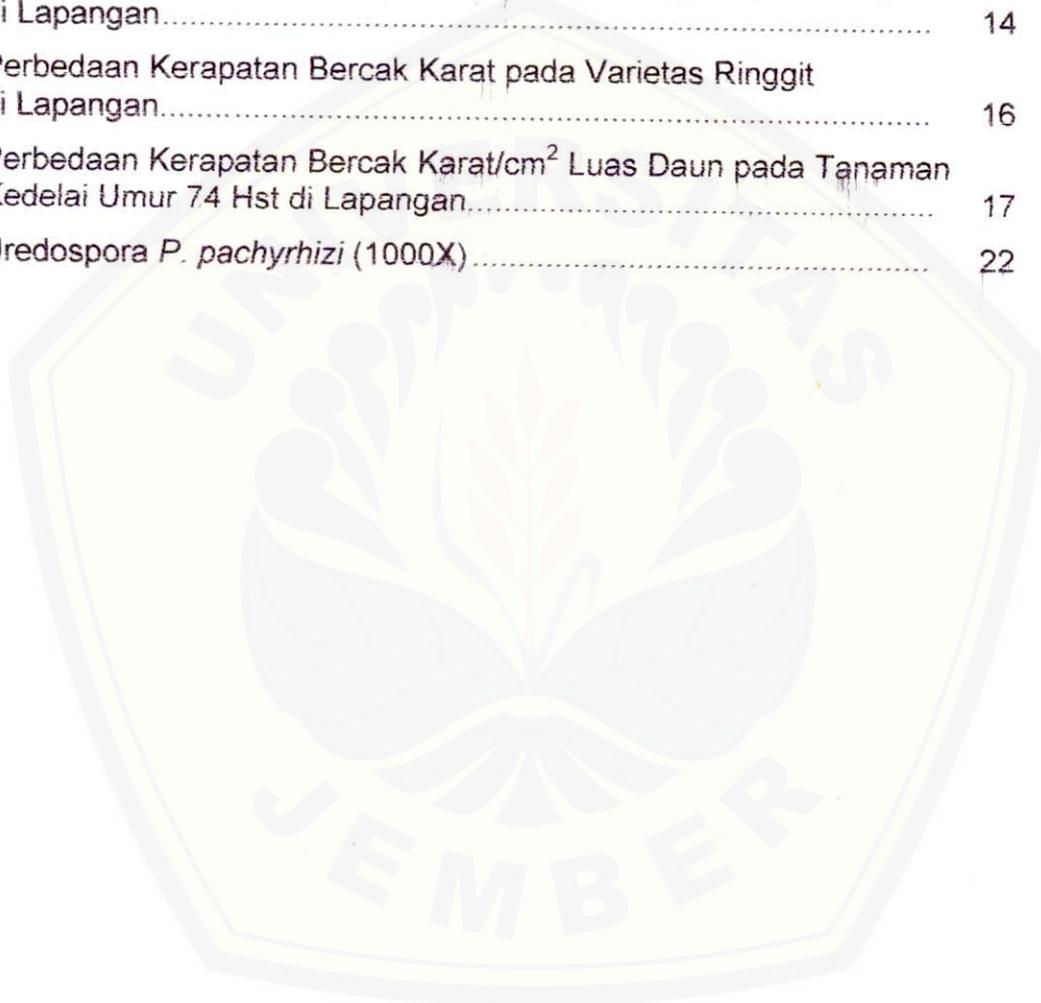
	Halaman
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
INTISARI.....	ix
RINGKASAN.....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Hipotesis.....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Arti Ekonomis dan Penyebaran Penyakit Karat.....	3
2.2 Patogen dan Gejala serangan.....	4
2.3 Mekanisme Infeksi Patogen Karat Daun.....	6
2.4 Ketahanan Kedelai Terhadap Penyakit Karat Daun.....	8
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	11
3.2 Bahan dan Alat.....	11
3.3 Metode Penelitian.....	12
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	16
<b>V. KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	23
5.2 Saran.....	23
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	24

DAFTAR TABEL

No.	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Genotipe dan Varietas Kedelai yang Diuji.....	12
2.	Reaksi Tanaman Kedelai Terhadap Karat Daun ( <i>P. pachyrhizi</i> ) Berdasarkan Sistem Penilaian IWGSR.....	15
3.	Intensitas Penyakit Karat dan Laju Infeksi pada 16 Genotipe dan 4 Varietas Kedelai di Lapangan .....	18
4.	Reaksi 16 Genotipe dan 4 Varietas Kedelai Terhadap Karat Daun ( <i>P. pachyrhizi</i> ) di Lapangan (53 Hst) Berdasarkan Intensitas Penyakit, Laju Infeksi, dan Sistem Penilaian iWGSR.....	20
5.	Masa Inkubasi Penyakit Karat Daun dari Hasil Inokulasi pada Daun 16 Genotipe dan 4 Varietas Kedelai Umur 42 Hst di Laboratorium.....	21

DAFTAR GAMBAR

No.	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Kriteria Kerapatan bercak /Pustul Karat ( <i>P. pachyrhizi</i> ) di Lapangan.....	14
2.	Perbedaan Kerapatan Bercak Karat pada Varietas Ringgit di Lapangan.....	16
3.	Perbedaan Kerapatan Bercak Karat/cm <sup>2</sup> Luas Daun pada Tanaman Kedelai Umur 74 Hst di Lapangan.....	17
4.	Uredospora <i>P. pachyrhizi</i> (1000X).....	22



## INTISARI

NETTY PRISKA MARPAUNG. F1E1 95 – 241. **Reaksi 16 Genotipe dan 4 Varietas Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Terhadap Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.). Skripsi S-1.**

Penelitian untuk mengetahui reaksi 16 genotipe dan 4 varietas kedelai terhadap penyakit karat daun (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) telah dilaksanakan melalui inokulasi alami pada musim tanam kedelai pada bular, Juni sampai September tahun 1999 di lapangan (Kelurahan Tegal Gede, Kecamatan Sumber Sari, Kabupaten Jember). Indikator yang digunakan untuk menilai reaksi genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun ialah intensitas penyakit, laju infeksi, sistem penilaian *International Working Group on Soybean rust* (IWGSR) dan masa inkubasi penyakit karat daun kedelai. Masa inkubasi penyakit karat daun kedelai diuji secara inokulasi buatan di laboratorium. Berdasarkan kriteria intensitas penyakit, laju infeksi, dan sistem penilaian IWGSR dari 16 genotipe dan 4 varietas kedelai yang diuji diperoleh satu varietas (Muria) dikategorikan tahan, varietas Davros, Tampomas dan semua genotipe dikategorikan agak tahan, serta satu varietas (Ringgit) tergolong agak rentan. Masa inkubasi penyakit karat daun pada varietas tahan maupun varietas/genotipe agak tahan menunjukkan kecenderungan lebih lama dibandingkan pada varietas agak rentan. Namun terbatas pada penelitian ini, dengan kriteria masa inkubasi penyakit karat daun saja belum dapat digunakan sebagai salah satu kriteria untuk menggolongkan ketahanan genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun.

## RINGKASAN

NETTY PRISKA MARPAUNG. FIEI 95-241. **Reaksi 16 Genotipe dan 4 Varietas Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Terhadap Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.)**. Dibimbing oleh Ari Tjahjani dan Wiwiek Sri Wahyuni.

Penyakit karat (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) merupakan penyakit utama pada tanaman kedelai dan di Indonesia menimbulkan kerugian hasil 40-90 persen. Penggunaan varietas tahan karat dapat mengurangi kerugian tersebut. Beberapa varietas tahan karat (di Indonesia) sudah direkomendasikan ditanam. Akan tetapi, ketahanan varietas kedelai tersebut sewaktu-waktu dapat patah karena adaptasi patogen terhadap lingkungan dan nutrisi tanaman. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui reaksi 16 genotipe dan 4 varietas kedelai terhadap penyakit karat daun kedelai yang dilaksanakan pada musim tanam kedelai pada bulan Juni sampai September tahun 1999 di lapangan (Kelurahan Tegal Gede, Kecamatan Sumber Sari, Kabupaten Jember).

Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok, genotipe/varietas sebagai perlakuan dengan tiga ulangan. Benih ditanam dalam barisan, setiap baris digunakan untuk satu genotipe/varietas kedelai sebanyak 20 tanaman. Infeksi karat diharapkan terjadi secara alami. Pengamatan bercak/pustul karat pada lima tanaman contoh yang diambil secara acak untuk setiap genotipe/varietas dilakukan setiap hari sampai gejala pertama (bercak) timbul, selanjutnya jumlah bercak/pustul karat diamati tujuh hari sekali sampai panen. Indikator yang digunakan untuk menilai reaksi genotipe/varietas terhadap karat daun kedelai adalah intensitas penyakit, laju infeksi, sistem penilaian *International Working Group on Soybean Rust* (IWGSR) dan masa inkubasi penyakit karat daun kedelai. Besarnya intensitas penyakit diitung pada umur 46-81 hari setelah tanam (hst) sampai panen dengan kisaran waktu tujuh hari. Laju infeksi dihitung pada umur 46-81hst. Penilaian reaksi genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun dilakukan pada umur 53 hst. Masa inkubasi penyakit karat daun kedelai diuji secara inokulasi buatan dengan menggunakan suspensi uredospora karat daun kedelai dari lapangan di laboratorium.

Enam belas genotipe dan empat varietas kedelai yang diuji menunjukkan reaksi yang bervariasi. Satu varietas dan lima genotipe mempunyai intensitas penyakit karat di sekitar ambang kendali penyakit karat sebesar 33 persen dari yang terendah sampai tertinggi secara berurutan yaitu varietas Muria, genotipe 92-SY-3, MSC. 9120-D-2, MSC. 9166-D-4, MSC. 9021-C-10-1, dan MSC. 9019-C-3-1. Berdasarkan kriteria intensitas penyakit, laju infeksi, dan sistem penilaian IWGSR dari

16 genotipe dan 4 varietas kedelai yang diuji diperoleh varietas Muria dikategorikan tahan, varietas Davros, Tampomas dan semua genotipe dikategorikan agak tahan, serta varietas Ringgit tergolong agak rentan. Masa inkubasi penyakit karat daun pada varietas tahan maupun varietas/genotipe agak tahan menunjukkan kecenderungan lebih lama dibandingkan pada varietas agak rentan. Penggunaan kriteria masa inkubasi penyakit karat daun saja belum dapat digunakan sebagai salah satu kriteria untuk menggolongkan ketahanan genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun.

Mengingat penelitian dilaksanakan di lapangan pada satu lokasi serta adanya genotipe dan varietas yang belum murni dalam ketahanannya terhadap penyakit karat daun, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lokasi yang berbeda dan pengujian di laboratorium mengenai tanaman kedelai yang tahan terhadap penyakit karat daun dengan berpedoman pada tiga kriteria (intensitas penyakit, laju infeksi, dan sistem penilaian IWGSR) untuk menilai reaksi genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun sehingga menunjukkan hasil lebih akurat dibandingkan dengan hanya menggunakan salah satu kriteria saja (khususnya IWGSR).

---

**Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas  
Pertanian Universitas Jember**

16 genotipe dan 4 varietas kedelai yang diuji diperoleh varietas Muria dikategorikan tahan, varietas Davros, Tampomas dan semua genotipe dikategorikan agak tahan, serta varietas Ringgit tergolong agak rentan. Masa inkubasi penyakit karat daun pada varietas tahan maupun varietas/genotipe agak tahan menunjukkan kecenderungan lebih lama dibandingkan pada varietas agak rentan. Penggunaan kriteria masa inkubasi penyakit karat daun saja belum dapat digunakan sebagai salah satu kriteria untuk menggolongkan ketahanan genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun.

Mengingat penelitian dilaksanakan di lapangan pada satu lokasi serta adanya genotipe dan varietas yang belum murni dalam ketahanannya terhadap penyakit karat daun, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lokasi yang berbeda dan pengujian di laboratorium mengenai tanaman kedelai yang tahan terhadap penyakit karat daun dengan berpedoman pada tiga kriteria (intensitas penyakit, laju infeksi, dan sistem penilaian IWGSR) untuk menilai reaksi genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun sehingga menunjukkan hasil lebih akurat dibandingkan dengan hanya menggunakan salah satu kriteria saja (khususnya IWGSR).

---

**Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas  
Pertanian Universitas Jember**

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Iklim tropis Indonesia cocok untuk pertumbuhan kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Permintaan terhadap kedelai semakin meningkat sejak Pelita IV. Akibat produksi kedelai yang rendah, maka diperlukan impor dengan volume besar. Tahun 1988 impor kedelai mencapai 508.924 ton senilai Rp. 259.327 milyar. Tahun 1989 impor kedelai mencapai 511.674 ton senilai Rp. 260.797 milyar. Tahun 1999 impor kedelai meningkat mencapai 600.000 ton senilai Rp. 1,68 trilyun (Deptan, 1991; Sarwono, 1999).

Produksi kedelai yang rendah tersebut tidak terlepas oleh faktor iklim, adanya gangguan hama dan penyakit serta persaingan dengan gulma. Lebih dari 16 penyakit telah diidentifikasi menyerang tanaman kedelai di Indonesia (Semangun, 1993). Salah satu penyakit yang disebabkan oleh jamur, yang paling penting adalah penyakit karat. Penyakit karat dapat menyebabkan penurunan hasil pada varietas Orba mencapai 36 persen, dan pada varietas yang rentan (TK 5) mencapai 81 persen (Sumarno dan Dimiyati, 1983).

Karat kedelai tersebar luas di Asia Tenggara dan Asia Timur, juga terdapat di Australia dan Afrika. Penyakit karat pada kedelai di Yogyakarta dan Surakarta sudah dilaporkan sejak tahun 1899. Tahun 1949 Boedijn (1960 dalam Semangun, 1993) menemukan jamur karat *Phakopsora pachyrhizi* Syd. pada bangkuang (*Pachyrhizus erosus*, *P. bulbosus*) yang akhirnya terbukti bahwa jamur ini sama dengan yang menyebabkan penyakit karat pada kedelai.

Penyakit karat merupakan penyakit yang paling penting pada kedelai, terutama pada musim penghujan. Sejauh ini sebagian besar petani belum melakukan tindakan pengendalian secara khusus pada penyakit karat. Pengendalian karat daun pada kedelai secara kultur teknis

dapat dilakukan dengan menanam varietas kedelai yang tahan terhadap karat daun. Penggunaan varietas yang tahan atau agak tahan dapat mengurangi intensitas serangan. Cara ini merupakan cara yang paling efektif karena murah, mudah diterima petani dan kompatibel dengan cara pengendalian lainnya. Kehilangan hasil pada varietas yang tahan atau toleran lebih rendah dibandingkan pada varietas yang rentan (Saleh, 1996; Semangun, 1993). Sudjadi (1981 dalam Murdan, 1986) menyatakan ketahanan varietas kedelai terhadap penyakit karat daun dapat berubah atau reaksinya tidak mantap, oleh karena itu perlu adanya penelitian untuk mengetahui reaksi genotipe dan varietas kedelai terhadap penyakit karat daun.

## 1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui variasi reaksi 16 genotipe dan 4 varietas kedelai terhadap penyakit karat daun di lapangan.
2. Mengetahui lama masa inkubasi penyakit karat daun kedelai pada 16 genotipe dan 4 varietas kedelai di laboratorium.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Memberi informasi bagi pemulia kedelai mengenai reaksi 16 genotipe dan 4 varietas kedelai terhadap penyakit karat daun.

## 1.4 Hipotesis

1. Reaksi genotipe dan varietas kedelai terhadap penyakit karat daun ada yang imun, tahan, agak tahan, agak rentan, dan rentan.
2. Masa inkubasi penyakit karat daun kedelai pada genotipe dan varietas kedelai bervariasi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Arti Ekonomis dan Penyebaran Penyakit Karat

Penyakit karat kedelai mendapat perhatian yang cukup besar karena dianggap sangat merugikan. Penyakit karat tersebut di berbagai negara: Indonesia, Thailand, Filipina, Taiwan, RRC, dan Australia dapat menyebabkan kerugian hasil 30-90 persen (Hardaningsih, 1992). Penurunan hasil akibat penyakit karat di Jepang mencapai 15-40 persen, di Amerika menyebabkan kerugian sebesar US\$ 7,2 trilyun per tahun walaupun sudah dilakukan pengendalian (Kuchler *et al.*, 1984), sedang di Indonesia menyebabkan kerugian hasil 40-90 persen (Deptan, 1991).

Penyebaran penyakit karat terutama dibantu oleh angin, tetapi bisa juga melalui air, tanah, dan tanaman inang yang lain. Kenyataan di lapang menunjukkan bahwa intensitas penyakit karat tidak sama dari waktu ke waktu dan bahkan dari suatu tempat ke tempat lainnya. Fluktuasi penyakit karat tersebut mungkin disebabkan oleh keadaan pertanaman kedelai yang berbeda-beda dalam bercocok tanam, waktu penanaman yang berbeda, dan keadaan alam sekitarnya (Arifin, 1992).

Perkembangan penyakit karat pada daun dipengaruhi oleh faktor cuaca, terutama lengas dan kecepatan angin, di samping konsentrasi spora yang tersebar di udara. Lengas yang tinggi memacu perkecambahan dan daya infeksi spora terutama apabila terdapat film air pada permukaan daun (Sastrahidayat, 1991). Penyebaran penyakit dapat melalui angin dan percikan air. Cepat lambatnya penyebaran suatu penyakit dipengaruhi oleh kecepatan terjadinya infeksi baru yang disebut laju infeksi (Mirin dkk., 1994).

## 2.2 Patogen dan Gejala Serangan

Jamur *P. pachyrhizi* merupakan penyebab penyakit karat daun kedelai. Jamur ini bersifat parasit obligat. Alexopoulos dan Mims (1979), mengklasifikasikan jamur penyebab penyakit karat dalam divisi Amastigomycota, kelas Basidiomycetes, ordo Uredinales, famili Pucciniaceae, dan genus *Phakopsora*.

Menurut Marchetti *et al.*, (1975) jamur tersebut dapat menghasilkan dua bentuk spora, yaitu uredospora dan teliospora. Patogen dapat membentuk uredospora pada 87 inang yang terinfeksi, tetapi patogen hanya mampu menghasilkan teliospora pada 10 inang dari 87 inang tersebut. Bentuk spora lainnya dari patogen karat yakni basidiospora, pikniospora dan aegiospora tidak terbentuk. Telia dan teliospora selalu terbentuk setelah pembentukan uredia, telia terbentuk dalam jaringan daun dekat uredia (Sudjono dkk., 1985). Pembentukan telia dan teliospora tergantung pada varietas kedelai, umur tanaman, umur daun, kerapatan spora/ml, dan suhu (Yeh *et al.*, 1982).

Yang (1977 dalam Abbas, 1989) menyatakan bahwa teliospora tumbuh pada permukaan daun bawah secara terpisah atau berkelompok yang terdiri dari empat sampai enam teliospora, bentuk tidak teratur, berdiameter 0,15  $\mu\text{m}$  dan berwarna gelap atau coklat. Bromfield (1977 dalam Abbas, 1989) berpendapat bahwa telia terdapat di bawah epidermis, bentuknya tidak beraturan, dengan luas 0,1-0,15  $\text{mm}^2$ . Telia tersebut terlihat berupa kelompok bintik-bintik hitam. Telia terdapat di bagian luar bercak karat dan jarang sekali terdapat di bagian tengah bercak karat. Telia dan teliospora mula-mula terbentuk pada permukaan bawah daun, kemudian pada permukaan atas daun. Telia yang masih muda berwarna coklat cerah, semakin tua menjadi coklat kehitam-hitaman atau hitam (Sudjono dkk., 1985).

*P. pachyrhizi* memiliki uredium pada sisi bawah dan atas daun, berwarna coklat muda sampai coklat, bergaris tengah 100-200  $\mu\text{m}$ .

Parafisinya bersatu, membentuk penutup yang mirip dengan kubah di atas uredium. Parafisa membengkok, berbentuk gada, hialin atau berwarna jerami dengan ruang sel yang sempit. Uredium bentuknya seperti piknidium yang dibentuk di bawah epidermis, jika dilihat dari atas berbentuk bulat atau jorong. Uredospora membulat pendek, bulat telur atau jorong, berwarna hialin sampai coklat kekuningan, berukuran  $15-34 \times 15-24 \mu\text{m}$ , dengan dinding hialin yang tebalnya  $1-1,5 \mu\text{m}$ , serta duri-duri halus (Semangun, 1993).

Inang *P. pachyrhizi* antara lain kacang panjang/*Vigna sinensis*, kacang kara/*Dolichos lablab*, kacang kapri/*Pisum sativum*, dan bangkuang/*Pachyrhizus erosus* (Deptan, 1991). Patogen tidak bertahan hidup dalam benih kedelai. Infeksi pada kedelai paling banyak terjadi pada suhu  $20-25^{\circ}\text{C}$  dengan embun selama 1-12 jam. Masa berembun terpendek untuk terjadinya infeksi adalah enam jam. Suhu optimum untuk perkecambahan uredospora adalah  $15-25^{\circ}\text{C}$ . Uredospora berkecambah membentuk appresorium dan dapat menembus langsung melalui epidermis. Infeksi terjadi tujuh jam setelah penembusan melalui epidermis. Tabung kecambah terbentuk pada suhu antara  $8-30^{\circ}\text{C}$  dengan suhu optimal  $15-20^{\circ}\text{C}$  (Semangun, 1993; Sudjono dkk., 1985). Sastrahidayat (1991) melaporkan bahwa kerapatan spora  $10^5/\text{ml}$  dan  $10^6/\text{ml}$  sangat potensial meningkatkan serangan patogen karat dan menurunkan hasil kedelai.

Gejala penyakit karat pada kedelai tampak pada daun, tangkai dan terkadang batang berupa bercak-bercak yang berisi uredia. Daun yang terinfeksi pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  terlihat klorotik sehari setelah inokulasi. Bercak-bercak kecil klorotik berubah menjadi warna coklat kelabu kemudian berubah menjadi warna coklat kemerah-merahan. Uredium terbentuk 25-27 hari setelah infeksi, tergantung pada varietas kedelai. Satu bercak terdiri dari satu sampai empat uredia. Bercak-bercak berbentuk poligon

mencapai luas satu mm<sup>2</sup>. Bercak tampak bersudut karena dibatasi oleh tulang daun di dekat tempat terjadinya infeksi (Semangun, 1993; Sudjono dkk., 1985, Yeh *et al.*, 1982).

Bercak-bercak karat makin besar pada fase setelah bunga mulai terbentuk. Bercak-bercak tersebut terkadang bersatu sehingga berwarna lebih tua atau hitam. Umumnya gejala karat mulai tampak pada daun bawah, kemudian berkembang pada daun yang lebih muda (daun tengah dan atas) seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Uredospora yang terjadi pada batang dan tangkai bentuknya lebih memanjang dibandingkan pada daun (Semangun, 1993; Sudjadi, 1979 dalam Abbas, 1989).

### 2.3 Mekanisme Infeksi Patogen Karat Daun

Menurut McLean (1979), ada tiga tipe infeksi yakni tipe infeksi pada tanaman yang rentan, tahan dan imun. Pada tipe infeksi tanaman yang rentan, uredia menghasilkan spora yang dikelilingi nekrotik pada jaringan, pada tanaman yang imun tidak tampak adanya gejala infeksi, sedangkan pada tanaman yang tahan gejalanya berada di antara tanaman yang imun dengan tanaman yang rentan.

Setiap uredospora pada tanaman yang rentan menghasilkan satu tabung kecambah yang pendek, kemudian membentuk appresoria yang diameternya hampir sama dengan uredospora. Appresoria biasanya dibentuk di atas epidermis dan jarang sekali yang terbentuk di atas stomata. Penetrasi appresorium pada sel epidermis secara mekanis dengan hifa tunggal, dan di dalam sel epidermis hifa tersebut memanjang yang disebut *vesicle sub silindric* dan Keogh pada tahun 1974 menyebutnya dengan *transepidermal vesicle* (McLean, 1979).

Hifa tunggal (primer) dari sel epidermis terus memanjang menuju ruang interseluler kemudian terus memanjang pada jaringan mesofil daun. Pertumbuhan hifa kadang-kadang bercabang-cabang di antara sel-sel mesofil palisade, pada lubang mesofil hifa tumbuh dengan cepat, dan

mesofil palisade, pada lubang mesofil hifa tumbuh dengan cepat, dan bercabang-cabang dengan sebanyak-banyaknya pada ruang interseluler. Lima hari setelah inokulasi tampak panjang hifa dari penetrasi pada sel epidermis menuju bawah epidermis mencapai 75-100  $\mu\text{m}$ . Tujuh hari setelah inokulasi uredia sudah mengalami diferensiasi, dan pada saat umur 10 hari uredia telah pecah menembus sel epidermis bawah. Beberapa uredia terbentuk pada mesofil palisade dan uredospora dilepas dengan jalan memecah epidermis atas (McLean, 1979).

Penetrasi pada sel epidermis di tempat yang gelap dimulai dua hari setelah inokulasi. Nekrosis sel inang pada tempat infeksi tampak satu hari setelah inokulasi dan zone nekrotik terus meningkat bersamaan dengan penyebaran hifa. Umur 10 hari setelah inokulasi, uredia pecah dan tampak nekrosis berlubang. Luas nekrosis selalu lebih kecil dari penyebaran hifa (McLean, 1979).

Pada tanaman yang imun, proses pra penetrasi, penetrasi, awal penyebaran hifa dan pertumbuhan haustoria serta nekrosis pada sel epidermis sama seperti pada tanaman yang rentan. Diameter koloni uredia berbeda tidak nyata dengan tanaman yang rentan hingga tiga hari setelah inokulasi, tetapi setelah itu perluasan nekrotik terhambat, sedangkan pada tanaman yang tahan dan yang rentan, nekrotik terus meluas. Pada pengamatan 24 jam setelah inokulasi tampak hifa meluas hingga di luar zone nekrotik. Dua hari setelah inokulasi tidak tampak adanya hifa di luar zone nekrotik, dan struktur hifa sudah rusak. Apabila pertumbuhan jamur terhenti maka laju kerusakan sel inang yang imun tidak berbeda besarnya dengan yang rentan (McLean, 1979).

Permulaan pra penetrasi pada tanaman yang tahan sama seperti pada tanaman yang imun dan yang rentan, tetapi kemudian pada tanaman yang tahan memberi respon yang lebih besar dibandingkan pada tanaman yang imun. Pada tanaman tahan pertumbuhan jamur lebih luas dan waktu lebih lama, perluasan hifa hingga lima hari setelah inokulasi. Diameter

koloni uredia pada tanaman yang tahan berbeda tidak nyata dengan tanaman yang rentan hingga lima hari setelah inokulasi, sedangkan apabila dibandingkan dengan tanaman yang imun sudah berbeda nyata. Pertumbuhan jamur terhenti sebelum uredia mengalami diferensiasi. Diameter koloni uredia dan haustoria pada tanaman yang tahan berada di antara yang imun dan yang rentan (McLean, 1979). Masa inkubasi penyakit karat daun pada tanaman yang tahan lebih lama dibandingkan pada tanaman yang rentan (Mariana, 1996).

#### 2.4 Ketahanan Kedelai Terhadap Penyakit Karat Daun

Jenis-jenis kedelai mempunyai kerentanan yang berbeda-beda. Varietas kedelai yang dianjurkan Deptan (1991) untuk ditanam adalah varietas Wilis, Dempo, Merbabu, Orba, Rinjani, dan Tambora yang tahan terhadap penyakit karat. Beberapa varietas tahan karat juga telah dilepas Puslitbang Tanaman Pangan pada tahun 1992/1993 antara lain varietas Malabar, Kipas Putih, Singgalang, Krakatau, Tampomas, dan Cikuray (Puslitbang Tanaman Pangan, 1995). Menurut Sumarno dan Dimiyati (1983) varietas yang tahan karat didapatkan dengan menyilangkan varietas unggul yang berdaya hasil tinggi dan berumur genjah dengan varietas tahan, sehingga akan diperoleh galur-galur harapan yang hasilnya tinggi, berumur genjah dan cukup tahan terhadap penyakit karat.

McLean dan Byth (1980) berpendapat bahwa ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat diatur oleh satu atau dua gen dominan. Satu dari dua gen dominan pada varietas Tainung 4 ternyata identik dengan gen yang terdapat pada varietas PI 200492 dan Tainung 3. Kardin (1989) melaporkan bahwa varietas PI 200492 juga hanya tahan terhadap dua isolat jamur *P. Pachyrhizi* (isolat CTY 100-3 dan BBKL 1-2).

Pegg (1981 dalam Arifin, 1992) berpendapat bahwa tanaman menjadi tahan atau rentan terhadap patogen karat karena adanya perbedaan-perbedaan sifat yang dimiliki oleh tanaman. Ketahanan

tanaman terhadap penyakit karat daun kedelai dapat disebabkan (1) adanya penghalang jamur di alam atau di luar inang, yang dapat disebabkan adanya penghalang fisik, kimia anti jamur, dan keadaan nutrisi yang tidak sesuai dengan pertumbuhan jamur, (2) ketidakcocokan toksin yang dihasilkan jamur, atau tanaman memiliki ambang toleransi yang tinggi terhadap toksin yang dihasilkan jamur, (3) toksin yang dihasilkan jamur tidak bisa masuk ke dalam jaringan tanaman, dan (4) toksin jamur mengalami degradasi di dalam jaringan tanaman. Sebaliknya tanaman menjadi rentan karena (1) biomasa koloni jamur sudah cukup untuk menghasilkan toksin yang dapat menghancurkan jaringan permukaan tanaman, atau toksin mampu mematahkan mekanisme ketahanan yang mengontrol pertumbuhan hifa jamur, (2) adanya reseptor toksin pada membran sel, atau ambang toleransi tanaman terhadap toksin yang rendah, (3) toksin dapat masuk pada awal infeksi ke dalam jaringan tanaman, dan (4) dalam tanaman toksin tidak mengalami degradasi (Pegg, 1981 dalam Arifin, 1992).

Ketahanan kedelai terhadap penyakit karat juga tergantung dari umur tanaman. Tanaman yang berumur empat sampai enam minggu sangat rentan terhadap penyakit karat (Yang, 1977 dalam Murdan, 1986). Sastrahidayat (1991) melaporkan perkembangan penyakit meningkat dengan meningkatnya umur tanaman.

Upaya untuk menyeleksi tanaman kedelai yang tahan terhadap penyakit karat telah dilakukan berdasarkan seleksi tidak langsung yakni melalui karakter morfologi tanaman. Sudjono (1979 dalam Roosiana dkk., 1997) berpendapat bahwa kutikula daun pada kultivar kedelai yang tahan lebih tebal daripada kutikula pada kultivar yang rentan, sedangkan Masnenah dkk., (1997) berpendapat bahwa jumlah stomata dan jumlah bulu daun tidak dapat digunakan untuk menentukan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat daun.

Keen (1981) melaporkan bahwa tanaman yang tahan menghasilkan fitoaleksin golongan *glyceolin* yang mampu menghambat pertumbuhan patogen. Yoshikawa (1978 dalam Keen, 1981) melaporkan dihasilkannya *glyceolin* isomer III pada kotiledon tanaman muda, sedang Ingham (1980 dalam Keen, 1981) melaporkan bahwa pada daun muda juga dihasilkan *glyceolin* isomer III.

Yoshikawa (1978 dalam Keen, 1981) berpendapat bahwa yang menyebabkan terakumulasinya *glyceolin* pada jaringan tanaman adalah faktor biotik yang secara langsung atau tidak langsung dalam biosintesisnya diinduksi enzim tertentu. *Glyceolin* dihasilkan oleh sel sehat yang berdekatan dengan tempat terinfeksi patogen sebagai reaksi terhadap zat yang berdifusi dari sel yang rusak. *Glyceolin* terakumulasi mengelilingi jaringan nekrosis pada tanaman yang rentan dan tahan. Keen dan Bruegger (1977 dalam Keen, 1981) melaporkan tipe ketahanan yang tampak akibat aktivitas fitoaleksin identik dengan tipe ketahanan vertikal yang dikontrol oleh satu atau dua gen.

Upaya lain untuk menyeleksi tanaman kedelai yang tahan terhadap penyakit karat daun kedelai dapat dilakukan melalui pendekatan biokimia berdasarkan aktivitas enzim peroksidase. Rhodes dan Wooltorton (1978 dalam Roosiana dkk., 1997) berpendapat enzim peroksidase mengkatalisis oksidase senyawa phenyl propanoid untuk menghasilkan lignin. Menurut Roosiana dkk., (1997) aktivitas peroksidase meningkat secara nyata setelah tanaman diinfeksi patogen karat. Peningkatan aktivitas peroksidase pada dinding sel berkaitan dengan biosintesis lignin. Namun aktivitas peroksidase tidak dapat dipakai sebagai kriteria seleksi untuk menentukan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat daun.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Politeknik Pertanian dan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan bulan Juni sampai dengan Desember 1999, dengan bantuan Dana Penelitian Research Grant DUE (*Development for Undergraduate Education*) Project tahun anggaran 1998/1999.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benih kedelai sebanyak 16 genotipe dan 4 varietas diperoleh dari koleksi plasma nutfah Balitkabi Malang dan M. Setyo Poerwoko (UNEJ) pada tahun 1999 [Tabel 1.], pupuk TSP, urea, dan KCl, suspensi spora patogen karat sebagai sumber inokulum, air steril, spon, dan kapas steril. Alat yang digunakan yaitu *haemocytometer*, mikroskop binokuler, *hand counter*, kaca pembesar, dan wadah plastik.

Tabel 1. Genotipe dan Varfetas Kedelai yang Diuji

No.	Genotipe/ Varietas Kedelai <sup>1)</sup>	No.	Genotipe Kedelai
1.	Davros	11.	ZKJ E
2.	Muria	12.	MSC. 9003 -C -1 -1
3.	Ringgit	13.	MSC. 9019 -C -3 -1
4.	Tampomas	14.	MSC. 9021 -C -10 -1
5.	92 - SY - 3	15.	MSC. 9120 -D -2
6.	KRP.3	16.	MSC. 9052 -C -4 -2
7.	KKS 10	17.	MSC. 9102 -D -1
8.	ZKJ A	18.	MSC. 9166 -D -4
9.	ZKJ B	19.	MSC. 9110 -D -3
10.	ZKJ D	20.	MSC. 9151 -D -3

Sumber: <sup>1)</sup>1-4 = Varietas kedelai [Deptan, 1993]

5-20 = Genotipe kedelai [koleksi plasma nutfah Balitkabi dan M. Setyo Poerwoko (UNEJ) tahun 1999]. *Komunikasi pribadi*

### 3.3 Metode Penelitian

Pengujian reaksi 16 genotipe dan 4 varietas kedelai terhadap penyakit karat daun dilaksanakan di lapangan dan di laboratorium. Percobaan lapangan dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Benih ditanam dalam barisan, untuk setiap baris ditanam satu genotipe/varietas kedelai sebanyak 20 tanaman, jarak antar lubang 10 cm, dan jarak antar baris 40 cm. Setiap lubang diberi Furadan 3 G dan diisi dua sampai tiga benih. Pada setiap ulangan sampel diambil secara acak sebanyak lima tanaman setiap genotipe/varietas.

Selama pengujian dilakukan pemeliharaan tanaman seperti pemupukan dan pengairan. Penyulaman dilakukan seminggu setelah tanam dan penjarangan bersamaan dengan penyiangan pertama dengan meninggalkan satu sampai dua tanaman setiap rumpun. Penyemprotan dengan Decis untuk mengendalikan hama dilakukan bila populasi hama di lapangan banyak.

Pada pengujian ini, infeksi karat diharapkan terjadi secara alami dan diamati tiap hari sampai gejala pertama (bercak) timbul di lapangan, selanjutnya jumlah bercak/pustul karat pada daun dari batang utama setiap tanaman masing-masing dua daun pada posisi atas, dua daun pada posisi tengah, dan dua daun pada posisi bawah diamati tujuh hari sekali sampai panen. Penilaian reaksi genotipe dan varietas kedelai terhadap penyakit karat di lapangan dilakukan berdasarkan intensitas penyakit, laju infeksi, dan sistem penilaian IWGSR.

Intensitas penyakit dihitung berdasarkan nilai katagori serangan menurut Mc. Kinney (1923 *cit.* Chester, 1959) dengan modifikasi yaitu  $P = [\sum (n \times v) / Z \times N] \times 100 \%$  ( $P$ = intensitas penyakit,  $n$ = jumlah daun dari tiap katagori serangan,  $v$ = harga numerik dari tiap katagori serangan,  $Z$ = harga numerik dari katagori serangan tertinggi,  $N$ = jumlah daun yang diamati). Nilai katagori serangan dihitung berdasarkan kerapatan bercak (pustul) karat dengan ketentuan skala 1= tidak ada bercak, skala 2= kerapatan bercak sedikit (1-8 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun), skala 3= kerapatan bercak sedang (9-16 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun), dan skala 4= kerapatan bercak banyak (lebih dari 16 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun) [The Philippine Agriculture and Resources, 1985]. Perbedaan kerapatan bercak/pustul karat pada daun kedelai disajikan pada Gambar 1.

Laju infeksi ditentukan berdasarkan rumus penyakit berbunga majemuk kontinu  $X_t = X_0 e^{rt}$  ( $X_0$ = proporsi penyakit pada saat awal,  $X_t$ = proporsi penyakit waktu  $t$ ,  $e$ = angka tetapan yang besarnya 2,72,  $r$ = laju infeksi, dan  $t$ = waktu) [Plank, 1963]. Proporsi penyakit sama dengan satu apabila jumlah bercak 100 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun (Mirin dkk., 1994).



Gambar 1. Kriteria Kerapatan Bercak/Pustul Karat (*P. pachyrhizi*) di Lapangan  
 1= tidak ada bercak, 2= kerapatan bercak sedikit (1-8 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun), 3= Kerapatan bercak sedang (9-16 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun), 4= kerapatan bercak banyak (lebih dari 16 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun)

Sistem penilaian *International Working Group on Soybean Rust* (IWGSR) ditentukan menurut Yang (1977 dalam Murdan, 1986] sebagai berikut:

1. Angka pertama menyatakan kedudukan daun kedelai pada batang utama (nilai 1= 1/3 bagian daun-daun pada posisi bawah, nilai 2= 1/3 bagian daun-daun pada posisi tengah, nilai 3= 1/3 bagian daun-daun pada posisi atas).
2. Angka kedua menyatakan kerapatan bercak di daun pada batang utama [nilai 1= tidak ada bercak, nilai 2= bercak sedikit (1-8 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun), nilai 3= bercak sedang (9-16 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun), dan nilai 4= kerapatan bercak banyak (lebih dari 16 pustul/cm<sup>2</sup> luas daun)].
3. Angka ketiga menyatakan reaksi daun pada batang utama terhadap penyakit karat (nilai 1= tanpa bercak/pustul, nilai 2= bercak tak berspora, dan nilai 3= bercak berspora).

Penilaian reaksi genotipe dan varietas kedelai dilakukan menurut Sudjono (1984 dalam Semangun, 1993) pada umur 53 hari setelah tanam (hst). Ketiga data penilaian IWGSR untuk satu tanaman kedelai dipilih reaksi yang terberat untuk tanaman tersebut (Tabel 2.). Luas daun diukur dengan menggunakan metode kertas milimeter dengan rumus  $Ld = n \times Lk$  ( $Ld$ = luas daun,  $n$ = jumlah kotak,  $Lk$ = luas setiap kotak) [Sitompul dan Guritno, 1995].

Tabel 2. Reaksi Tanaman Kedelai Terhadap Karat Daun (*P. pachyrhizi*) Berdasarkan Sistem Penilaian IWGSR

Nilai IWGSR (Tiga Angka)	Kriteria	Reaksi Tanaman
111	I	Imun
122, 123, 132, 133, 222, 223	R	Tahan
142, 143, 232, 233, 242, 243, 322, 323	MR	Agak Tahan
332, 333	MS	Agak Rentan
343	S	Rentan

Sumber: Yang (1977 dalam Murdan, 1986)

Pengujian di laboratorium menggunakan suspensi uredospora karat daun kedelai dari lapangan dengan kerapatan spora ( $3,6 \times 10^6$ /ml air) yang ditentukan dengan *haemocytometer*. Inokulasi dilakukan dengan cara meneteskan satu tetes suspensi uredospora pada permukaan bawah daun kedelai, yang pangkal tangkai daunnya dibungkus kapas basah untuk menjaga kelembaban. Daun kedelai diletakkan dalam wadah plastik dengan alas spon basah (150 ml air steril). Setiap genotipe/varietas dengan tiga ulangan, untuk masing-masing perlakuan digunakan 30 ml air steril dan 1 g kapas. Pengamatan menggunakan mikroskop binokuler dilakukan tiap hari sampai timbul gejala pertama (bercak) untuk masing-masing genotipe/varietas.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan kriteria intensitas penyakit, laju infeksi, dan sistem penilaian IWGSR, dari 16 genotipe dan 4 varietas kedelai yang diuji diperoleh satu varietas (Muria) yang menunjukkan reaksi tahan, dua varietas (Davros dan Tampomas) dan semua genotipe dikategorikan agak tahan, serta satu varietas (Ringgit) tergolong agak rentan.
2. Masa inkubasi penyakit karat daun pada varietas tahan maupun varietas/ genotipe agak tahan menunjukkan kecenderungan lebih lama dibandingkan pada varietas agak rentan.
3. Masa inkubasi penyakit karat daun kedelai belum dapat digunakan sebagai salah satu kriteria untuk menggolongkan ketahanan genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun.

### 5.2 Saran

1. Mengingat penelitian dilaksanakan di lapangan pada satu lokasi serta adanya genotipe dan varietas yang belum murni dalam ketahanannya terhadap penyakit karat, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lokasi yang berbeda dan pengujian di laboratorium mengenai tanaman kedelai yang tahan terhadap penyakit karat daun.
2. Penggunaan tiga kriteria (intensitas penyakit, laju infeksi, dan sistem penilaian IWGSR) untuk menilai reaksi genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun menunjukkan hasil lebih akurat dibandingkan dengan hanya menggunakan salah satu kriteria saja (khususnya IWGSR) sehingga disarankan dapat digunakan sebagai pedoman bagi peneliti lain untuk menilai reaksi genotipe/varietas kedelai terhadap penyakit karat daun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A.Y. 1989. **Pengujian Ketahanan Beberapa Varietas Terhadap Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Laporan penelitian dana bantuan pendidikan Universitas Sumatera Utara. Medan. 41 p.
- Alexopoulos, C.J. and C.W. Mims. 1979. **Introductory Mycology**. 3rd. ed. John Willey & Sons, Inc. New York. 632 p.
- Arifin. 1992. **Ketahanan Beberapa Varietas Kedelai Terhadap Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow)**. Skripsi S1. Fakultas Pertanian Universitas Jember. *Tidak dipublikasikan*.
- Chester, K.S. 1959. How sick is plant. pp. 99-142. Dalam J.G. Horsfall & A.E. Demond (Ed.). **Plant Pathology I**. Academic Press. New York and London.
- Deptan. 1991. **Budidaya dan Pengolahan Hasil Kedelai**. Jakarta. 135 p.
- 1993. **Deskripsi Varietas Unggul Palawija, Jagung, Sorgum, Kacang- Kacangan, dan Ubi- Ubian 1918-1992**. Puslitbangtan, BPPT. Bogor. 155 p.
- Hardaningsih, S. 1992. Efektivitas beberapa fungisida dalam mengendalikan penyakit karat dan meningkatkan hasil kedelai. pp. 72-75. Dalam A. Kasno, K.H. Hendroatmodjo, M. Dahlan, N. Saleh, Sunardi, A. Winarto (Ed.). **Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Tahun 1992**. Balittan. Malang.
- Kardin, M.K. 1989. Virulensi beberapa isolat *Phakopsora pachyrhizi* dari Jawa Barat. pp. 373-382. Dalam Subandi, S. Sunarno, dan A. Widjono (Ed.). **Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus 1989**. Deptan - Depdikbud. Jakarta.
- Keen, N.T. 1981. Evaluation of the role of phytoalexins. pp. 155-171. Dalam R.C. Staples, G.H. Toennissen (Eds.). **Plant Disease Control**. John Willey & Sons. New York. Chichester. Brisbane. Toronto.
- Kuchler, F., M. Duffy, R.D. Shrum, and W.M. Dowler. 1984. Potential economic consequences of the entry of an exotic fungal pest: the case of soybean rust. **Phytopathology** 74: 916-920.
- Marchetti, M.A., F.A. Uecker, and K.R. Bromfield. 1975. Uredial development of *Phakopsora pachyrhizi* in soybean. **Phytopathology** 65: 822-823.

- Mariana. 1996. **Ketahanan Struktural Kedelai Terhadap Penyakit Karat Daun (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.)**. Tesis S2. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. *Tidak dipublikasikan*.
- Masnenah, E., M.H. Karmana, R. Setiamihardja, W. Astika, dan A. Baihaki. 1997. Parameter genetik karakter ketahanan terhadap penyakit karat kedelai dan beberapa karakter lainnya. **Zuriat 8**: 57-63.
- McLean, R.J. 1979. Histologi studies of resistance soybean rust *Phakopsora pachyrhizi* Sydow. **Aust. J. Agric. Res.** **30**: 77-84.
- , and D.E. Byth. 1980. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybean. **Aust. J. Agric. Res.** **31**: 951-956.
- Mirin, A., M.A. Ulim, C. Khamzurni, K. Karim, B. Ahmad, Marlina, M.J. Ali, N. Juned, Sapdi, dan Azhar. 1994. **Kajian Epidemi Penyakit Karat pada Tanaman Kedelai Varietas Lokal**. Laporan penelitian dana bantuan proyek operasi dan perawatan fasilitas Universitas Syiah Kuala Darussalam. Banda Aceh. 25 p.
- Murdan. 1986. **Studi Eksposi Masal: Kematangan Reaksi Varietas Kedelai Terhadap Jamur Karat (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.)**. Laporan penelitian dana bantuan proyek pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi Universitas Mataram. Mataram. 28 p.
- Plank, J.E. van der. 1963. **Plant Disease: Epidemic and Control**. Academic Press. New York. 349 p.
- Puslitbangtan. 1995. **Laporan Tahunan Puslitbang Tanaman Pangan Tahun 1992/1993**. BPPT. Jakarta. 74 p.
- Roosiana, N., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan M.H. Karmana. 1997. Hubungan antara aktivitas enzim peroksidase dengan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat. **Zuriat 8**: 17-26.
- Saleh, N. 1996. Hasil-hasil penelitian pendukung pengendalian terpadu penyakit karat daun dan virus pada tanaman kedelai. pp. 89-100. Dalam A. Kasno, K.H. Hendroatmodjo, M. Dahlan, Sunardi, A. Winarto (Ed.). **Risalah Seminar Hasil Penelitian Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu**. Balitkabi. Surabaya.
- Sarwono, B. 1999. Olah kedelai dengan mesin, mutu tempe lebih bagus. **Trubus**. Mei. No. 245. Th. XXX.
- Sastrahidayat, I.R. 1991. Hubungan antara kerapatan inokulum dan cuaca dengan tingkat serangan penyakit karat (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) pada tanaman kedelai. pp. 483-494. Dalam M. Machmud, M.K. Kardin, L. Gunarto (Ed.). **Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus 1991**. Deptran - Depdikbud. Jakarta.

- Semangun. 1993. **Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 449 p.
- Sitompul, S.M., dan B. Guritno. 1995. **Analisis Pertumbuhan Tanaman**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 412 p.
- Sudjono, M.S., M. Amin, dan R. Martoatmodjo. 1985. Penyakit kedelai dan penanggulangannya. Dalam S. Somaatmadja, M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung, Yuswadi (Ed.). **Kedelai**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balittan. Bogor. pp. 331-355.
- Sumarno dan Dimiyati. 1983. **Penyakit Karat Daun pada Kedelai**. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 5 (2).
- The Philippine Agriculture and Resources. 1985. **Research Technique in Crops**. Research Foundation, Inc. Los Banos. 512 p
- Yeh, C.C., J.B. Sinclair, and A.T. Tschanz. 1982. *Phakopsora pachyrhizi*: uredial development, uredospore production and factors affecting teliospore formation on soybeans. **Aust. J. Agric. Res.** 33: 25-31.