



**KELAYAKAN GENOTIPE KEDELAI SEBAGAI SUMBER GEN
KETAHANAN TERHADAP INFEKSI KARAT DAUN KEDELAI
PADA INOKULASI BUATAN**

*The Soybean Genotype Properly as a Source of Genes Resistance
to the Rust Diseases Infection on Artificial Inoculation*

T E S I S

Oleh

**Augusto Vaz, L.Agrn
NIM 121520101007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**KELAYAKAN GENOTIPE KEDELAI SEBAGAI SUMBER GEN
KETAHANAN TERHADAP INFEKSI KARAT DAUN KEDELAI
PADA INOKULASI BUATAN**

*The Soybean Genotype Properly as a Source of Genes Resistance
to the Rust Diseases Infection on Artificial Inoculation*

TESIS

diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk
menyelesaikan Program Studi Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh

**Augusto Vaz, L.Agrn
NIM 121520101007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

TESIS BERJUDUL

**KELAYAKAN GENOTIPE KEDELAI SEBAGAI SUMBER GEN
KETAHANAN TERHADAP INFEKSI KARAT DAUN KEDELAI
PADA INOKULASI BUATAN**

*The Soybean Genotype Properly as a Source of Genes Resistance
to the Rust Diseases Infection on Artificial Inoculation*

Oleh

**Augusto Vaz, L.Agrn
NIM 121520101007**

Pembimbing

Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Endang Budi Trisusilowati, MS

Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Mohammad Setyo Poerwoko, MS

PENGESAHAN

Tesis berjudul **“Kelayakan Genotipe Kedelai sebagai Sumber Gen Ketahanan terhadap Infeksi Karat Daun Kedelai pada Inokulasi Buatan”** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Pertanian pada:

Hari : Senin
Tanggal : 29 Desember 2014
Tempat : Fakultas Pertanian, Universitas Jember

Tim Penguji

Penguji 1

Penguji 2

Prof. Dr. Ir. Endang Budi Trisusilowati, MS.
NIP. 194412271976032001

Dr. Ir. Moh. Setyo Poerwoko, MS
NIP. 195507041982031001

Penguji 3

Penguji 4

Dr. Ir. Miswar, M.Si
NIP. 196410191990021002

Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MS
NIP. 196003171983032001

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MS
NIP. 196003171983032001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Pertanian,

Dr. Ir. Jani Januar, MT.
NIP. 195901021988031002

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Augusto Vaz, L.Agrn

NIM : 1231520101007

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah (tesis) dengan judul: **Kelayakan Genotipe Kedelai sebagai Sumber Gen Ketahanan terhadap Infeksi Karat Daun Kedelai pada Inokulasi Buatan**, benar-benar hasil karya sendiri kecuali jika disebut sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Desember 2014
Yang menyatakan,

Augusto Vaz, L.Agrn
NIM. 121520101007

RINGKASAN

Kelayakan Genotipe Kedelai sebagai Sumber Gen Ketahanan terhadap Infeksi Karat Daun Kedelai pada Inokulasi Buatan. Augusto Vaz, L.Agrn. Program Studi Pascasarjana Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Sejumlah varietas kedelai unggul Nasional di Indonesia telah dikembangkan, dengan keunggulan terutama dalam hal produksi. Diantara varietas-varietas unggul tersebut yang telah dilepas, varietas yang memiliki keunggulan berkaitan dengan ketahanan terhadap penyakit khususnya karat daun kedelai belum banyak dilaporkan. Maka varietas kedelai unggul dengan keunggulan tahan terhadap karat daun kedelai perlu dikembangkan, dan ketersediaan sumber gen ketahanan sangat diperlukan. Ketersediaan sumber gen ketahanan tersebut dapat dilakukan dengan mengevaluasi respon ketahanan berbagai varietas kedelai unggul nasional terhadap karat daun kedelai yang telah dilepas.

Pengujian untuk mendapatkan genotipe kedelai sebagai sumber gen ketahanan terhadap patogen karat daun telah dilakukan melalui inokulasi buatan patogen karat daun pada tanaman/daun tanaman uji di rumah kaca dan di laboratorium. Pada pengujian tersebut diuji delapan genotipe kedelai yaitu Mutiara (G1), slamet (G2), GHJ-6 (G3), GHJ-7 (G4), G1xG3 (G5), G2xG3 (G6), Sindoro (G7), dan Ringgit (8). Pada uji inokulasi delapan genotipe tersebut digunakan sebagai perlakuan, dan percobaan disusun berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL) terdiri 8 perlakuan masing-masing dengan 3 ulangan. Uji beda nyata antar perlakuan dianalisis menggunakan uji Scott-knott 0,05.

Inokulasi patogen karat daun di laboratorium dan di rumah kaca masing-masing dilakukan melalui aplikasi tetesan dan penyemprotan suspensi urediospora patogen karat daun kedelai sebagai sumber inokulum untuk mengetahui respon setiap genotipe kedelai yang diuji terhadap infeksi karat daun kedelai. Berdasarkan hasil inokulasi, derajat ketahanan yang digunakan indikator untuk menentukan kelayakan setiap genotipe kedelai sebagai sumber gen ketahanan terhadap patogen karat daun kedelai ditentukan berdasarkan kode rating

International Working Group on Soybean Rust (IWGSR), dengan memperhatikan tingkat keparahan penyakit dan penurunan berat biji per tanaman.

Tujuh genotipe kedelai dari delapan genotipe yang diuji yaitu Mutiara (G1), slamet (G2), GHJ-6 (G3), GHJ-7 (G4), G1xG3 (G5), G2xG3 (G6), dan Sindoro (G7) terbukti menunjukkan respon ketahanan terhadap karat daun kedelai dengan derajat ketahanan berdasarkan kode rating IWGSR dikategorikan tahan, dan satu genotipe yaitu Ringgit (G8) tergolong agak tahan. Maka apabila ditinjau dari derajat ketahanan, tujuh genotipe tersebut yang dikategorikan tahan dan satu genotipe (Ringgit) yang agak tahan dapat dikatakan layak untuk digunakan sebagai sumber gen ketahanan. Namun tingkat kelayakan genotipe sebagai sumber gen ketahanan tersebut bervariasi, apabila dinilai dari keparahan penyakit dan penurunan hasil yang terjadi khususnya pada komponen berat biji per tanaman.

Tiga genotipe (Mutiara, Slamet, dan GHJ-6) yang termasuk tahan dan telah digunakan sebagai tetua dalam persilangan, dengan mempertimbangkan tingkat keparahan penyakit dan penurunan berat biji per tanaman ternyata menunjukkan tingkat kelayakan berbeda dengan Sindoro sebagai pembanding tahan. Genotipe sindoro dengan keparahan penyakit paling ringan (26,79 persen) dan penurunan berat biji per tanaman paling rendah kurang dari 31 persen (30,92 persen) diantara delapan genotipe yang di uji, dengan tingkat kelayakan tinggi dipertimbangkan layak untuk dipilih sebagai sumber gen tetua tahan karat daun kedelai. Genotipe Mutiara (G1), Slamet (G2), GHJ-6 (G3), dan tiga genotipe yang lain menunjukkan tingkat kelayakan cukup tinggi sedangkan tingkat kelayakan Ringgit sebagai sumber gen ketahanan termasuk rendah.

SUMMARY

The Soybean Genotype Properly as a Source of Genes Resistance to the Rust Diseases Infection on Artificial Inoculation. Augusto Vaz, L.Agrn, Agronomy Department Faculty of Agriculture, University of Jember.

A number national of superior varieties of soybean in Indonesia have been developed, with excellence especially in terms of production. Among the released best quality varieties, varieties which have the advantage associated with the resistance to disease, particular soybeans leaf rust have not been many reported. Thus, high yielding soybean varieties with advantage of resistance against leaf rust need development, and the availability of resistance source of genes is badly needed. The availability of gene resistance source can be undertaken by evaluating the resistance response of the released national superior varieties toward the soybean leaf rust.

The testing to gain genotype soybean gene as a source of resistance to the pathogen of leaf rust had been done through artificial inoculation of leaf rust pathogen on the experimental plant/leaves at Green house and laboratory. On testing were tested eight genotypes soybeans i.e. Mutiara (G1), slamet (G2), GHJ-6 (G3), GHJ-7 (G4), G1xG3 (G5), G2xG3 (G6), Sindoro (G7), and Ringgit (G8). The eight genotypes inoculation test was used as a treatment, and an experiment was arranged by complete random design (CRD) consisting of eight treatments each with three replications. The significant differences between treatments were analyzed with Scott-knott test use 0.05.

Leaf rust pathogen inoculation at laboratorium and green house was each done through application of droplets and spraying urediospora suspension on leaf rust pathogen of soybean as a source of inoculum to identify the response of each genotype of soybean leaf rust infection tested against soybean rust. Based on the results of inoculation, the degree of resistance of each genotype used as indicators to determine the feasibility of genotype soybean as a source of resistance genes of pathogenic rust soybean leaves was determined based on the rating code of International Working Group on Soybean Rust (IWGSR), by considering the severity of the disease and seed weight per plant.

Seven of the eight genotypes of soybean genotypes tested i.e. Mutiara (G1), slamet (G2), GHJ-6 (G3), GHJ-7 (G4), G1xG3 (G5), G2xG3 (G6), and Sindoro (G7) showed resistance to leaf rust responses of soybeans with a degree of resilience based on rating code of IWGSR categorized as resistant, and one genotype i.e. Ringgit (G8) belonged to the moderately resistant. Then, in terms of the degree of resistance, the seven genotypes which are categorized resistant and one genotype (Ringgit) moderately resistant are said to be feasible to be used as a source of resistance genes. However, the eligibility level of genotype as a source of genes varied, if assessed from the severity of disease and a decrease in yield that occurred in particular on components of weight of seed per plant.

Three genotypes (Mutiara, Slamet, and GHJ-6) which are categorized resistant and had been used as parents in crossing, taking into account the severity of the disease and seed weight per plant turned out to demonstrate the feasibility of different levels from that of Sindoro as resistance comparison. The severity of the disease of Sindoro genotype was the lightest (26.79 percent) and the lowest seed weight per plant was less than 31 percent (30,92 percent) among the eight genotypes tested, with a high level of properly considered eligible to be selected as the source of the parent gene of rust resistant soybean leaves. Genotypes of Mutiara (G1), Slamet (G2), GHJ-6 (G3), and three other genotypes showed a fairly high level of feasibility while Ringgit as a source of resistance genes belonged to low.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul **“Kelayakan Genotipe Kedelai sebagai Sumber Gen Ketahanan terhadap Infeksi Karat Daun Kedelai pada Inokulasi Buatan”** di rumah kaca dan laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan (HPT) Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan tesis ini dapat terlaksana tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan yang berarti dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kementerian Administrasi Kepegawaian dan Keuangan Pemerintah Republik Demokratik Timor-Leste (RDTL) yang telah memberikan dukungan melalui program beasiswa unggulan lewat Institut Nasional Administrasi Publik (INAP) hingga penyelesaian tugas akhir tesis berdasarkan surat keputusan Kementerian Administrasi Publik No.13/GM-MAE/VIII/2012. Tahun Anggaran 2012-2014.
2. Rektor, Pembantu Rektor I, dan Direktur Pascasarjana, Universitas Jember yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan Program Pascasarjana serta melaksanakan kegiatan penelitian.
3. Direktur Proyek (BOPTN) Unggulan PT Penguat Rumpun Ilmu Pemuliaan Tanaman, dan Tim peneliti dengan ketua Dr. Ir. Moh. Setyo Poerwoko, MS., yang telah memberikan kesempatan dan bantuan berupa material serta dedikasi yang tulus untuk proses pelaksanaan penelitian sehingga tesis tersebut dapat diselesaikan.
4. Ketua Program Studi Agronomi Program Pascasarjana, ketua Jurusan Hama dan Penyakit (HPT) Universitas Jember yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menggunakan sarana dan prasarana laboratorium untuk melaksanakan kegiatan penelitian.
5. Prof. Dr. Ir. E. Budi Trisusilowati, MS., Dr. Ir. Moh. Setyo Poerwoko, Ms., Dr. Ir. Miswar, MS., dan Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MS. masing-masing

sebagai Dosen Pembimbing Utama, Dosen Pembimbing Anggota, Anggota Tim Penguji 1 dan Tim Penguji 2 dengan penuh kesabaran dan perhatian telah banyak memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

6. Ayahku Ildfonso Vaz dan Ibuku Carmelinda Vaz, serta saudara/saudariku, Jose, Ernesto, Januario, *Almarun* Lino, Domingas, Marcelina, calon kekasihku Catarina dan iparku Agostinho atas dedikasi, pengorbanan, motivasi, dukungan dan doa yang tulus.
7. Bapak Gil Rangel Da Cruz, Bapak Claudino Ninas Nabais dan rekan-rekan di Direktorat Nasional Hortikultur dan Tanaman Pangan Kementerian Pertanian dan Perikanan Republik Demokratik Timor Leste.
8. Rekan-rekan seangkatan 2012, yang telah memberikan bantuan dan dorongan untuk menyelesaikan tesis.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga bantuan dan bimbingan dari Ibu/Bapak mendapat imbalan yang setara dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

Demikian penyusunan tesis ini sebagai laporan pertanggungjawaban penelitian dengan harapan tesis tersebut dapat bermanfaat bagi pengembangan pengetahuan dan informasi yang dapat digunakan sebagai acuan bagi para peneliti atau pihak yang terkait.

Jember, Desember 2014

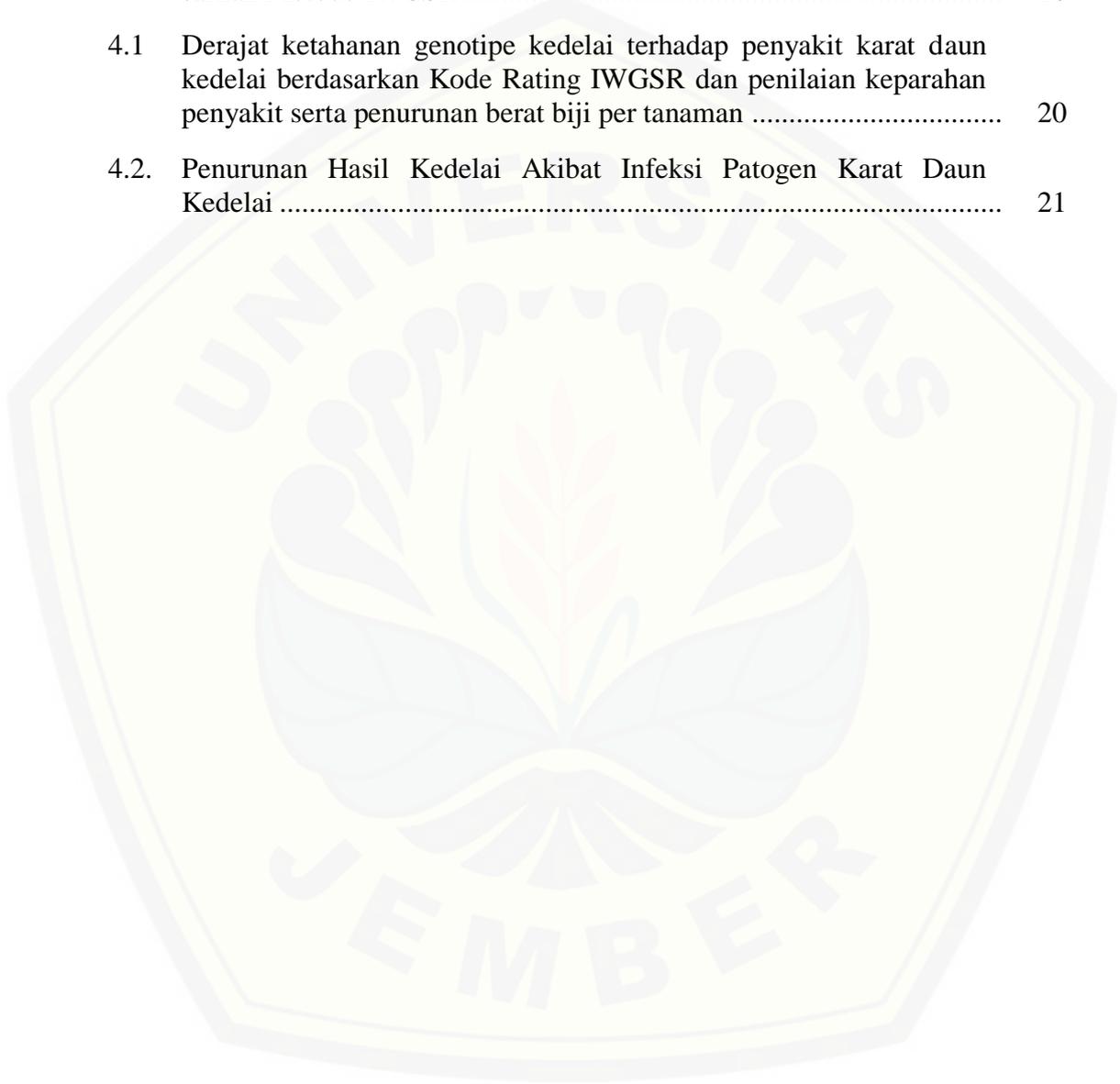
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengembangan Genotipe Kedelai di Indonesia.....	5
2.2 Pengembangan Genotipe Kedelai Tahan terhadap Karat Daun Kedelai	6
2.2.1 Karakterisasi Karat Daun Kedelai	7
2.2.2 Epidemiologi Penyakit Karat Daun Kedelai	8
2.2.3 Ketahanan Genotipe Kedelai terhadap Penyakit Karat Daun	9
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Bahan dan Alat	12
3.2 Metode Penelitian.....	12
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
BAB 5. KESIMPULAN	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	27

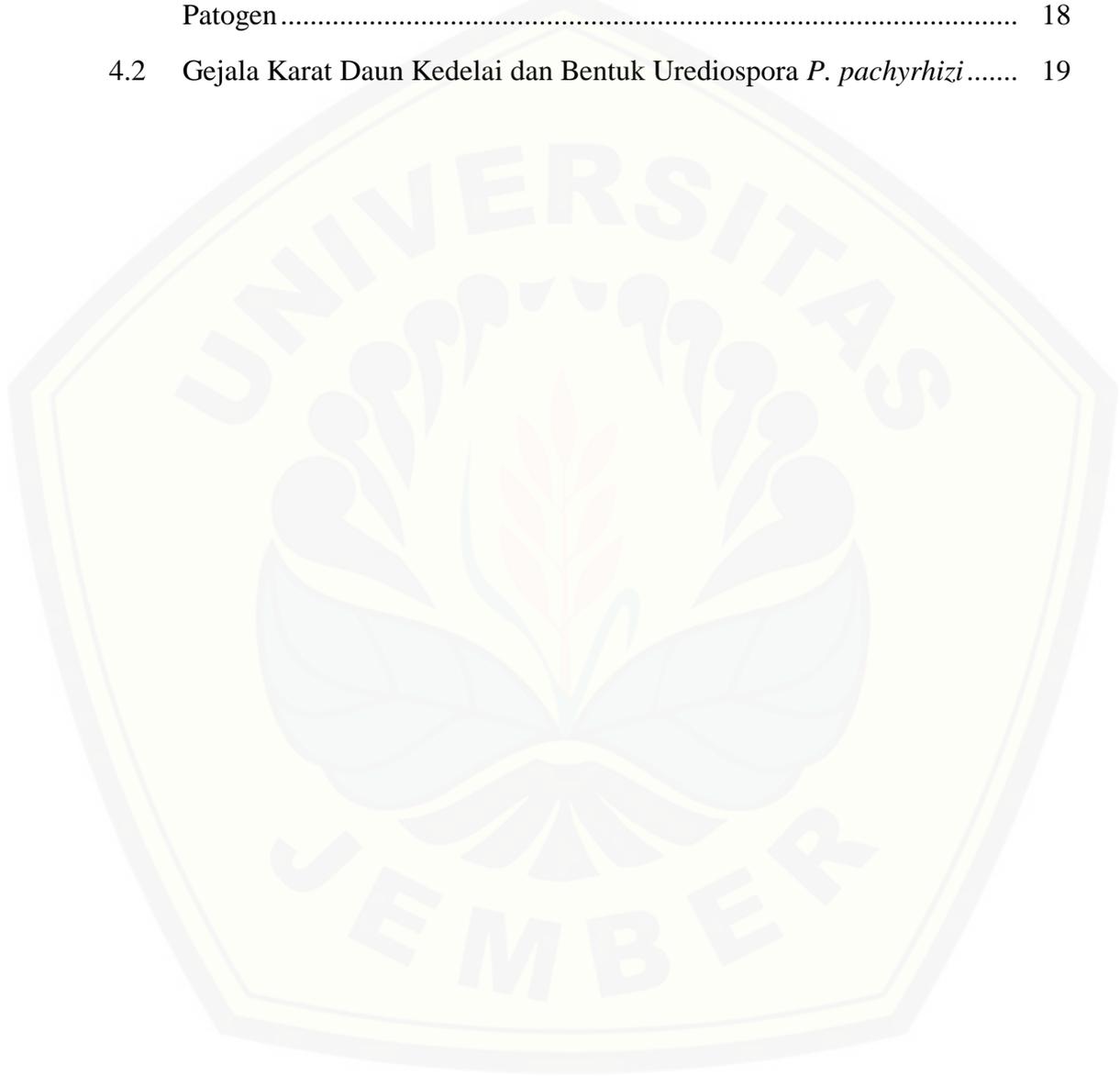
DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
3.1	Derajat Ketahanan Genotipe Kedelai terhadap Karat Daun berdasarkan Metode IWGSR	16
4.1	Derajat ketahanan genotipe kedelai terhadap penyakit karat daun kedelai berdasarkan Kode Rating IWGSR dan penilaian keparahan penyakit serta penurunan berat biji per tanaman	20
4.2.	Penurunan Hasil Kedelai Akibat Infeksi Patogen Karat Daun Kedelai	21



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
4.1	Grafik Keparahan Penyakit Karat Daun Kedelai dari delapan Genotipe Kedelai pada Inokulasi Buatan dengan Tetesan Urediospora Patogen.....	18
4.2	Gejala Karat Daun Kedelai dan Bentuk Urediospora <i>P. pachyrhizi</i>	19



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Tabel Lampiran	Halaman
1	Deskripsi Varietas Mutiara, Slamet, Sindoro, dan Ringgit	28
2	Persentase Kearifan Penyakit Hasil Inokulasi Buatan Tetesan Suspensi Urediospora pada Daun dan Penyemprotan pada Panaman di Laboratorium dan di Rumah Kasa	29
3	Kepadatan Bercak Karat Daun Kedelai (jumlah bercak/Cm ² daun) dari daun-daun pada Sepertiga Bagian Tengah Tanaman, kondisi bercak, kode rating IWGSR berdasarkan kombinasi tiga digit, dan derajat ketahanan genotipe	33
4	Besar Penurunan Hasil Kedelai Akibat Infeksi Penyakit Karat Daun Kedelai dari Komponen Jumlah Polong Isi, Jumlah Polong hampa, Jumlah Biji, dan Berat Biji dari Delapan Genotipe Kedelai	34

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kedelai (*Glycine max L. Merril*) merupakan salah satu tanaman pangan yang penting bagi masyarakat Indonesia. Kedelai merupakan komoditas strategis ketiga setelah padi dan jagung, karena setiap hari dikonsumsi oleh hampir sebagian besar masyarakat dengan tingkat konsumsi rata-rata 8,12 kg/kapita per tahun (Sudaryanto dan Swastika, 2007 dalam Ramlan dan Nurjanani, 2011). Kebutuhan kedelai terus meningkat dengan bertambahnya jumlah penduduk dan perbaikan pendapatan per kapita. Oleh karena itu diperlukan suplai kedelai tambahan yang harus diimpor karena produksi dalam negeri belum dapat mencukupi kebutuhan tersebut. Menurut Septiatin (2012) kedelai merupakan salah satu sumber protein yang penting bagi masyarakat Indonesia. Selain sebagai bahan pangan, kedelai juga dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan bahan baku industri yang permintaannya pada setiap tahun semakin meningkat. Akan tetapi, peningkatan permintaan tersebut tidak diimbangi dengan peningkatan produksi kedelai pada saat ini.

Indonesia merupakan salah satu konsumen kedelai terbesar di dunia, jumlah kedelai yang dikonsumsi sebanyak 2,4 juta ton per tahun. Sementara produksi rata-rata nasional selama sepuluh tahun terakhir (2001-2011) tidak pernah melampaui 600 ribu ton per tahun dan rata-rata produksi hanya mencapai 1,3 ton/ha, sedangkan produksi kedelai di negara-negara penghasil utama kedelai pada tahun 2009 yaitu di Amerika Serikat dan Brasil masing-masing mencapai 2,96 ton/ha dan 2,63 ton/ha (Bertam dan Nusantara, 2012).

Berdasarkan data Balitkabi (2011 dalam Maimun dkk., 2013) produksi kedelai di Indonesia tidak sebanding dengan konsumsi kedelai sesuai kebutuhan yang diperkirakan rata-rata sebanyak 2,3 juta ton per tahun, sementara produksi kedelai dalam negeri hanya sekitar 800 ribu-900 ribu ton. Kebutuhan kedelai pada tahun 2004 sebesar 2,02 juta ton, sedangkan produksi dalam negeri baru mencapai 0,71 juta ton (sekitar 35 % dari total kebutuhan yang dapat dipenuhi dari produksi dalam negeri). Kekurangan tersebut dipenuhi dari impor sebesar 1,31 juta ton.

Pada tahun 2010 produksi kedelai nasional sebesar 905.020 ton atau mengalami penurunan produksi sebesar 69.500 ton (7,13 persen) dibandingkan produksi pada tahun 2009 yang mencapai 974.520 ton, dan pada tahun 2011 produksi kedelai tersebut diperkirakan akan mengalami penurunan hingga mencapai 700.000 ton (BPS, 2010). Menurut BPS (Tragistina, 2011) ancaman penurunan produksi kedelai pada tahun 2011 kemungkinan terjadi karena adanya gangguan cuaca yaitu curah hujan yang sangat tinggi di seluruh penjuru nusantara. BPS (2012) mencatat bahwa produksi kedelai tahun 2012 sebesar 823.153 ton dengan kebutuhan kedelai sekitar 2,5 juta ton, sementara produksi dalam negeri tidak lebih dari 1 juta ton. Berdasarkan angka ramalan I (ARAM I), untuk tahun 2013 BPS (2013) memprediksi bahwa produksi kedelai hanya 847.157 ton yang berarti pada setiap tahun akan ada kekurangan pasokan kedelai sebanyak 1,7 juta ton.

Rendahnya produksi kedelai di Indonesia ialah gangguan hama, penyakit, dan gulma yang sangat berpengaruh terhadap penurunan produksi kedelai. Penyakit karat daun kedelai (*Phakopsora pachyrhizi*, Syd.) diketahui sebagai penyakit utama pada kedelai di Indonesia, dan kehilangan hasil akibat penyakit tersebut dilaporkan dapat mencapai 40-90 persen (Sudjono, dkk., 1985 dalam Semangun, 1991). Di Jepang dan Taiwan menurut Ivancovich (2008) kehilangan hasil kedelai masing-masing mencapai 40 persen dan 80 persen.

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah penurunan hasil kedelai akibat penyakit karat daun kedelai yaitu dengan penggunaan varietas kedelai unggul yang memiliki ketahanan terhadap penyakit. Namun ketersediaan varietas yang tahan terhadap penyakit khususnya karat daun kedelai jumlahnya masih terbatas. Menurut Suhartina (2003) dan Balitkabi (2012) berdasarkan informasi hasil penelitian sebelumnya, dari tiga genotipe kedelai hasil persilangan secara konvensional untuk keunggulan dalam hal produksi dan ketahanan terhadap karat daun kedelai yaitu Mutiara, Slamet, dan GHJ-6 (sebelumnya disebut UNEJ-2), hanya Mutiara dan Slamet yang dilaporkan tahan terhadap karat daun kedelai dan diduga memiliki kelayakan sebagai sumber gen ketahanan untuk digunakan sebagai tetua tahan dalam perakitan varietas tahan.

Trisusilowati dkk. (2008) melaporkan bahwa genotipe GHJ-6 berdasarkan kriteria ketahanannya terhadap karat daun kedelai dikategorikan termasuk agak tahan dan beberapa genotipe lain yaitu hasil persilangan Mutiara dengan GHJ-6 serta Slamet dengan GHJ-6, dan GHJ-7 (hasil segregasi persilangan antara Malabar dengan UNEJ-2) kelayakan sebagai sumber gen ketahanan masih perlu diuji. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini akan diuji kelayakan delapan genotipe sebagai sumber gen ketahanan terhadap karat daun kedelai termasuk genotipe yang telah digunakan sebagai tetua dalam persilangan dan genotipe sebagai pembanding tahan dan rentan.

Secara alamiah tanaman memiliki ketahanan tertentu terhadap hama maupun penyakit. Ketahanan yang dimaksud ialah ketahanan yang dikendalikan oleh gen, sehingga sifat ketahanannya dapat diwariskan secara turun-temurun. Perkembangan gen tahan pada suatu tanaman terjadi sebagai hasil koevolusi antar inang dengan patogen (Triharso, 1994). Maka dalam upaya pemuliaan tanaman melalui perakitan varietas telah berhasil diperoleh varietas-varietas tanaman yang memiliki derajat ketahanan tertentu terhadap hama maupun penyakit. Derajat ketahanan suatu tanaman atau genotipe dengan demikian merupakan indikator untuk menilai kelayakan suatu genotipe sebagai sumber gen ketahanan terhadap penyakit, dengan memperhatikan tingkat keparahan penyakit dan penurunan hasil yang ditimbulkan akibat infeksi penyakit.

1.2 Perumusan Masalah

Sebagai salah satu upaya untuk mengatasi masalah kerusakan dan penurunan hasil kedelai akibat karat daun kedelai yaitu dengan penggunaan varietas unggul yang tahan terhadap karat daun kedelai. Ketersediaan varietas unggul yang tahan jumlahnya masih sangat terbatas. Pada program pengembangan untuk mendapatkan varietas tahan diperlukan berbagai macam pengujian. Dua genotipe kedelai yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan tetua yang telah dilaporkan tahan terhadap karat daun juga masih perlu di uji kelayakannya sebagai sumber gen ketahanan. Maka permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah genotipe (Mutiara, Slamet, dan GHJ-6) yang telah dilaporkan memiliki ketahanan terhadap karat daun kedelai dan digunakan sebagai tetua untuk memperoleh dua genotipe yang akan diuji, menunjukkan ketahanan dan kelayakan tinggi untuk digunakan sebagai sumber gen ketahanan.
2. Apakah kelayakan sebagai sumber gen ketahanan terhadap karat daun kedelai dari lima genotipe kedelai yang diuji masing-masing dua genotipe hasil persilangan di antara tiga genotipe yang disebut pada nomor 1 sebagai tetua, genotipe GHJ-7, serta dua genotipe sebagai pembanding tahan (Sindoro) dan rentan (Ringgit), menunjukkan perbedaan yang nyata.
3. Apakah dari tiga genotipe selain genotipe yang digunakan sebagai tetua dan pembanding ada yang menunjukkan kelayakan sebagai sumber gen ketahanan cukup tinggi terhadap karat daun.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengetahui (1) kelayakan delapan genotipe kedelai yang terdiri atas dua genotipe kedelai hasil persilangan, tiga genotipe tetua dalam persilangan, dan tiga genotipe sebagai pembanding tahan serta rentan, sebagai sumber gen ketahanan terhadap infeksi penyakit karat daun kedelai, (2) derajat ketahanan masing-masing genotipe terhadap karat daun, dan (3) dampak infeksi karat daun kedelai terhadap kehilangan hasil kedelai dari masing-masing genotipe yang diuji.

Hasil penelitian bermanfaat sebagai sumber informasi mengenai genotipe-genotipe kedelai yang memiliki ketahanan terhadap karat daun kedelai dengan derajat ketahanan yang layak untuk dapat digunakan sebagai sumber gen ketahanan pada kegiatan perakitan varietas tahan dalam program pemuliaan tanaman.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengembangan Genotipe Kedelai di Indonesia

Pembangunan pertanian memiliki peranan penting dalam rangka mencapai tujuan pembangunan nasional. Untuk mencapai tujuan tersebut perlu didukung dan ditunjang antara lain dengan ketersediaan kedelai varietas unggul. Selama kurun waktu 1918 hingga 2002 pemerintah Indonesia telah berhasil melepas sebanyak 55 varietas unggul kedelai, dan usaha-usaha perbaikan varietas kedelai melalui hibridisasi sudah dimulai sejak awal tahun 1930-an (Suhartina, 2003). Dalam kurun waktu 84 tahun (1918-2002) tersebut varietas unggul kedelai yang dilepas di Indonesia, prioritas pengembangannya diarahkan pada perbaikan kualitas nutrisi, tahan hama dan penyakit, toleran kekeringan, dan adaptif lahan marginal sehingga sumbangan varietas unggul kedelai terhadap pembangunan pertanian kedelai sangat besar.

Kedelai merupakan salah satu tanaman pangan penting di Indonesia, khususnya digunakan sebagai bahan baku berbagai jenis makanan (Sari, dkk., 2013), dan kedelai juga berperan penting sebagai sumber protein, karbohidrat, dan minyak nabati (Suprpto, 1985). Setiap 100 g biji kedelai mengandung 18% lemak, 35% karbohidrat, 8% air, 330% kalori, 35% protein dan 5,2% mineral. Suhaeni (2007 dalam Marliah, dkk., 2012) mengemukakan bahwa tepung kedelai merupakan bahan baku untuk pembuatan susu, keju, roti, dan berbagai macam kue. Pada industri yang menggunakan bahan dasar kedelai dapat dihasilkan produk non makanan misalnya kertas, tinta cetak, cat cair, dan tekstil.

Produksi kedelai nasional di Indonesia masih perlu ditingkatkan, untuk mencukupi kebutuhan pangan, pengembangan industri dengan bahan baku kedelai, dan untuk mengurangi impor. Pada tahun 2010 Dewan Kedelai Nasional menyatakan bahwa kebutuhan nasional kedelai mencapai 2,2 juta ton, sedangkan produksi dalam negeri hanya mampu memenuhi lebih kurang 783.178 ton, dengan produktivitas 13,73 kw/ha (BPS, 2012). Hambatan dalam upaya peningkatan produksi kedelai di Indonesia ialah (1) jumlah petani yang menggunakan varietas unggul masih sedikit karena ketersediaan varietas unggul terbatas, sulit untuk

mendapatkan, dan harganya sangat mahal serta (2) adanya gangguan hama dan penyakit tanaman yang sangat berpengaruh terhadap penurunan hasil. Salah satu penyakit yang berpengaruh terhadap penurunan hasil kedelai ialah karat daun kedelai. Smith (1998) melaporkan bahwa kehilangan hasil kedelai akibat penyakit karat daun kedelai dapat mencapai 10-100 persen, tergantung umur tanaman dan tingkat keparahan penyakit. Menurut Glen *et al.*, (2005) tanaman kedelai yang terinfeksi parah daunnya akan rontok dan umur panen lebih cepat dibandingkan dengan yang tidak terinfeksi karat, serta kehilangan hasil yang ditimbulkan pada kondisi lingkungan yang kondusif untuk perkembangan penyakit dapat lebih dari 50 persen. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah penurunan hasil akibat penyakit karat daun kedelai tersebut yaitu dengan penggunaan varietas kedelai unggul yang memiliki ketahanan terhadap karat daun kedelai. Namun di dalam deskripsi varietas (suhartina, 2003) disebutkan bahwa ketersediaan varietas yang tahan terhadap karat daun kedelai jumlahnya masih terbatas, dari varietas unggul kedelai yang telah dihasilkan jumlah yang dilaporkan tahan terhadap karat daun kedelai baru 6,5 persen. Oleh karena itu ketersediaan varietas unggul kedelai yang memiliki ketahanan terhadap karat daun kedelai sangat diperlukan.

2.2 Pengembangan Genotipe Kedelai Tahan terhadap Karat Daun Kedelai

Ketahanan varietas adalah salah satu komponen penting dalam pengendalian suatu penyakit dan sangat besar manfaatnya dalam perlindungan tanaman. Ketahanan varietas merupakan sifat suatu populasi tanaman yang memungkinkan populasi tersebut menahan serangan suatu jenis patogen sehingga kerusakan yang ditimbulkan tidak berarti bagi penurunan produksi (Sudjono, 1979 dalam Tjahjani, 1999). Santoso (2003) dan Shanmugasundaran (1977 dalam Hardaningsih, 2011) mengemukakan bahwa ketahanan tanaman kedelai terhadap patogen karat daun berdasarkan derajat ketahanan dikategorikan ke dalam kriteria imun/kebal, tahan, agak tahan, agak rentan, dan rentan mengacu tingkat keparahan penyakit yang ditimbulkan.

Menurut Agrios (1988) ketahanan varietas/genotipe tanaman terhadap infeksi suatu patogen berbeda-beda, berkisar antara sangat rentan sampai sangat

tahan. Sifat ketahanan dan kerentanan suatu varietas tanaman terhadap penyakit bersifat relatif atau tidak berlangsung selamanya, karena pengaruh lingkungan dan ras patogen. Apabila muncul ras baru yang lebih virulen, ketahanan varietas akan patah. Oleh karena itu, varietas-varietas baru yang tahan terhadap patogen karat daun sangat dibutuhkan dalam upaya pengendalian penyakit. Sebagai upaya untuk pengembangan varietas baru yang tahan terhadap penyakit karat daun kedelai, maka setiap pelaku di bidang pertanian yang mengelola budidaya kedelai termasuk para pemulia varietas kedelai perlu lebih memahami dan mengenal karakteristik penyakit karat daun kedelai, cara penyebaran penyakit dan faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan penyakit.

2.2.1 Karakterisasi Karat Daun Kedelai

Penyakit karat daun kedelai, *P. pachyrhizi* merupakan penyakit yang dicirikan dengan gejala berupa bercak-bercak kecil warna coklat kelabu yang kemudian berubah menjadi coklat atau coklat tua. Bercak tampak bersudut-sudut, karena dibatasi oleh tulang-tulang daun di dekat tempat terjadinya infeksi yang umumnya terdapat pada sisi bawah daun dan dapat juga terbentuk pada sisi atas daun (Yang, 1977 dalam Semangun, 1991). Dirjen Perlindungan Tanaman Pangan (1989) menyatakan bahwa gejala karat daun kedelai umumnya tampak pada tanaman umur 20-30 hari, berupa bercak yang berisi uredium dikelilingi oleh halo warna kuning. Bercak (uredium) terutama banyak terdapat di bagian sisi bawah daun, dan satu bercak terdiri atas 1-4 uredia yang dapat menghasilkan urediospora. Urediospora yang infeksiif dapat dihasilkan sebanyak 6-8 kali siklus selama satu masa pertanaman (90-110 hari).

Urediospora berbentuk bulat telur, berwarna kuning keemasan sampai coklat muda dengan diameter 18-34 μm sampai 15-24 μm dan permukaan urediospora bergerigi. Urediospora akan berkembang menjadi teliospora yang dibentuk dalam telia, tetapi stadium teliospora jarang ditemukan di lapangan dan tidak berperan sebagai inokulum awal (Sumartini, 2010). Urediospora adalah salah satu tipe spora patogen karat, *P. pachyrhizi* yang sering ditemukan dari musim ke

musim. Uredospora sangat mudah terbawa angin dan percikan air hujan sehingga cepat tersebar dan berperan sebagai sarana untuk penyebaran penyakit.

Patogen karat daun kedelai bersifat parasit obligat, urediospora patogen mudah disebarkan oleh angin terutama pada waktu hujan, patogen tidak bertahan hidup dalam biji, dan tidak ditularkan melalui benih (Sudjono, 1984 dalam Semangun, 1991; Dirjen Perlindungan Tanaman Pangan, 1989; Ramlan dan Nurjanani, 2011). Patogen dapat bertahan pada tumbuhan lain selain kedelai yang dapat menjadi inangnya. Kisaran inang patogen karat kedelai cukup luas, Sinaga (1979) menyebutkan bahwa tanaman yang dapat terserang patogen karat daun kedelai dan menunjukkan gejala karat ialah bengkuang (*Pachyrhizus erosus*), orok-orok (*Crotalaria juncea*), kedelai hitam var. Si Nyonya (*Glicine max*), kacang panjang (*Vigna unguiculata*), kacang jogo (*Phaseolus vulgaris*), kacang buncis dan kacang hijau (kultivar *P. vulgaris*), kacang uci (*Vigna umbellata*), kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*), kacang tanah varietas genjah (*Arachis hypogaea*), dan kacang asu (*Colopogonium mucunoides*, tanaman penutup tanah). Tanaman tersebut dapat menjadi inang pengganti (inang alternatif) yang berperan membantu penyebaran urediospora patogen karat apabila tanaman kedelai tidak ada.

2.2.2 Epidemiologi Penyakit Karat Daun Kedelai

Perkembangan penyakit karat daun kedelai dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor lingkungan/agroklimat (suhu, kelembapan, dan cahaya), faktor tanaman (jenis, varietas tanaman, ketahanan tanaman, dan umur tanaman), dan faktor patogen. Berkaitan dengan faktor lingkungan, pada tanaman kedelai infeksi penyakit karat daun paling banyak terjadi pada suhu 20-25 C dengan embun selama 10-12 jam, dan apabila suhu lebih tinggi dari 27.5 C maka infeksi tidak terjadi (Holliday, 1980 dalam Semangun, 1991). Suhu optimum perkecambahan urediospora ialah 15-25 C. Bakal uredium mulai tampak 5-7 hari setelah inokulasi, dan pembentukan spora terjadi 2-4 hari kemudian (Kawuki *et al.*, 2003). Menurut Monthe *et al.* (2003) suhu, kelembapan, dan cahaya sangat mempengaruhi perkembangan penyakit karat daun. Keberhasilan proses infeksi tergantung

kelembapan pada permukaan daun tanaman, dengan waktu optimum 6 jam dan maksimum 10-12 jam. Suhu optimum untuk infeksi berkisar antara 15-28 C. Sumarno dan Sudjadi (1977 dalam Semangun, 1991) melaporkan bahwa penyakit karat yang lebih parah terjadi pada pertanaman kedelai di musim hujan.

Ditinjau dari faktor tanaman, jenis-jenis kedelai mempunyai kerentanan yang berbeda terhadap penyakit karat daun. Berdasarkan deskripsi varietas unggul tanaman pangan (Parmanto dan Effendi, tanpa tahun) beberapa varietas kedelai dilaporkan memiliki ketahanan terhadap karat daun dengan derajat ketahanan berbeda yaitu Muria dan Tengger dikategorikan cukup tahan, Meratus agak tahan, dan Rajabasa termasuk katagori tahan. Trisusilowati dkk. (2008) melaporkan bahwa genotipe kedelai UNEJ-1, UNEJ-2 (sekarang disebut dengan GHJ-6) dan GHJ-7 (hasil segregasi dari Malabar dan UNEJ-2), dan Burangrang memiliki derajat ketahanan dengan katagori agak tahan, sedangkan Lokon dikategorikan agak rentan. Suhartina (2003) dalam deskripsi varietas menyebutkan bahwa Slamet termasuk tahan terhadap karat daun kedelai. Ketahanan tanaman terhadap karat daun kedelai dipengaruhi umur tanaman, menurut Sudantha dan Priyanto (1987 dalam Semangun,1991) ketahanan menurun dengan bertambahnya umur tanaman.

Patogen karat daun kedelai *P. pachyrhizi*, berdasarkan tipe gejala dapat dikelompokkan ke dalam dua ras yaitu ras dengan tipe gejala bercak dengan halo berwarna coklat dan yang tidak mempunyai halo. Ras dengan tipe gejala mempunyai halo berwarna coklat lebih virulen daripada ras dengan gejala yang bercaknya tidak mempunyai halo warna coklat (Sudjono 1984 dalam Semangun, 1991).

2.2.3 Ketahanan Genotipe Kedelai terhadap Penyakit Karat Daun

Ketahanan suatu genotipe tanaman terhadap penyakit dipengaruhi oleh virulensi patogen. Ada perbedaan ketahanan antar genotipe dari suatu jenis tanaman terhadap patogen tertentu, dan ketahanan tanaman terhadap patogen dapat diwariskan. Menurut Semangun (1996) sifat ketahanan suatu tanaman terhadap penyakit adalah sifat yang dapat menurun dari tetua kepada keturunannya. Oleh karena itu tersedianya sumber ketahanan untuk penyakit-penyakit

tertentu, peluang bagi para pemulia tanaman untuk menghasilkan genotipe tahan dengan mudah meskipun genotipe tahan yang baru dilepas tidak selalu dapat mempertahankan ketahanannya untuk jangka waktu yang lama. Genotipe baru yang tahan dapat berubah menjadi rentan bahkan sangat rentan karena timbulnya ras-ras baru dari patogen. Agrios (1996) mengemukakan bahwa ketahanan varietas suatu tanaman dapat patah (*break down*), disebabkan terjadinya perubahan patogen atau munculnya ras-ras patogen baru yang lebih virulen. Menurut Semangun (1990 dalam Trisusilowati dkk., 2008) varietas kedelai mempunyai ketahanan yang berbeda-beda, dan ketahanan satu varietas kedelai terhadap patogen karat daun dapat bervariasi tergantung lokasi pengujian dan umur tanaman.

Menurut van der Plank (1968) berdasarkan susunan sifat-sifat gen dan jumlah gen pengendali ketahanan genetik terhadap ras/strain patogen, ketahanan genotipe tanaman dibedakan menjadi (1) ketahanan *monogenik*, ketahanan yang dikendalikan oleh satu gen dominan atau resesif, (2) ketahanan *oligogenik*, ketahanan yang dikendalikan oleh beberapa gen yang saling menguatkan satu sama lain, dan (3) ketahanan *poligenik*, ketahanan yang dikendalikan oleh banyak gen yang saling menambah dan masing-masing gen memberikan reaksi yang berbeda terhadap jenis penyakit sehingga mengakibatkan timbulnya ketahanan yang luas. Ketahanan *monogenik* yaitu ketahanan yang khas ras atau disebut ketahanan gen utama (*major gene resistance*), digolongkan ke dalam tipe ketahanan vertikal. Ketahanan *oligogenik* yaitu ketahanan yang efektif terhadap beberapa ras/strain patogen dan tidak menyebabkan ketahanan terhadap ras-ras lain, dan ketahanan *poligenik* yaitu ketahanan yang bersifat tahan terhadap semua ras/strain patogen, tidak mudah patah, dan digolongkan ke dalam tipe ketahanan horizontal.

Informasi sumber gen ketahanan tanaman terhadap patogen penting diketahui sebagai langkah awal untuk menentukan strategi pemuliaan tanaman. Ketersediaan sumber genetik untuk sifat ketahanan terhadap patogen yang dapat digunakan sebagai tetua dalam program pemuliaan sangat penting untuk digali. Dalam kurun waktu tahun 1819-2012, Balitkabi Malang telah melepas beberapa varietas unggul kedelai dengan ketahanan terhadap penyakit karat daun kedelai yang

bervariasi. Menurut Suhartina (2003) beberapa varietas unggul yang dihasilkan Balitkabi yaitu Slamet, Ringgit, dan Kerinci masing-masing bersifat tahan, rentan, dan agak tahan terhadap penyakit karat daun kedelai. Selain itu ada varietas yang toleran artinya dapat terinfeksi patogen karat tetapi masih bertahan hidup dan menghasilkan biji.

Ketahanan suatu tanaman/genotipe dapat dibedakan ke dalam tiga bentuk ketahanan, dan bentuk-bentuk ketahanan tersebut juga dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai kelayakan suatu genotipe sebagai sumber gen ketahanan terhadap penyakit. Bentuk-bentuk ketahanan tersebut yaitu ketahanan mekanis, kimiawi, dan fungsional atau ketahanan semu (Semangun, 1996). Ketahanan mekanis ialah ketahanan yang ditentukan oleh struktur-struktur morfologis yang menyebabkan tanaman sukar diinfeksi patogen, misalnya epidermis yang berku-tikula tebal, adanya lapisan lilin, dan mempunyai jumlah stomata sedikit. Ketahanan kimiawi ialah ketahanan yang disebabkan adanya substansi-substansi yang menghambat dalam tanaman, misalnya asam-asam, minyak, ester, senyawa fenol, dan zat-zat penyamak tertentu. Beberapa senyawa fenol dan zat-zat penyamak terdapat dengan kadar tinggi dalam jaringan muda berupa toxin yang tahan terhadap patogen, sedangkan ketahanan fungsional ialah apabila suatu tanaman tidak terinfeksi oleh patogen, dan ketahanan tersebut bukan disebabkan oleh ketahanan morfologi atau adanya zat-zat kimia yang menahan, melainkan karena pertumbuhan tanaman tersebut terhindar dari patogen walaupun tanaman itu sendiri sifatnya rentan. Ketahanan tersebut dapat juga terjadi karena tanaman dapat melewati fase rentannya pada saat tidak ada patogen atau karena lingkungan tidak cocok bagi patogen untuk dapat menginfeksi tanaman.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di *screen house* atau rumah kaca serta laboratorium Penyakit Tumbuhan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Jember selama empat bulan. Pelaksanaan penelitian mulai bulan April - Agustus 2014.

3.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk penelitian meliputi (1) benih delapan genotipe kedelai yang di uji yaitu Mutiara (G_1), Slamet (G_2), GHJ-6 (G_3), GHJ-7 (G_4), hasil persilangan $G_1 \times G_3$ (G_5), hasil persilangan $G_2 \times G_3$ (G_6), Sindoro (G_7), dan Ringgit (G_8), (2) urediospora patogen karat daun sebagai sumber inokulum awal, diperoleh dari tanaman kedelai yang terinfeksi karat daun di lahan pertanaman, (3) daun-daun sehat tanaman kedelai dari tanaman umur 45 hari setelah tanam (hst) benih, untuk pengujian inokulasi buatan di laboratorium, dan (4) bahan-bahan lain yang diperlukan untuk pemeliharaan tanaman selama proses penelitian yang lazim digunakan pada budidaya kedelai, misalnya pupuk organik (kompos), tanah, Furadan 3G, dan pupuk Gandasil. Genotipe Sindoro dan Ringgit pada pengujian ini masing-masing digunakan sebagai pembanding tahan dan rentan. Selain itu Ringgit juga digunakan sebagai inang untuk perbanyak inokulum di rumah kaca.

Peralatan yang dibutuhkan pada pengujian di rumah kaca dan laboratorium terdiri atas pot percobaan/polibag, timbangan analitik, *hand sprayer*, mika plastik grafis transparan ukuran 1cm x 1cm, mikropipet, mikroskop binokuler, haemocytometer, cawan Petri, dan peralatan gelas lainnya untuk pengujian di laboratorium.

3.2 Metode Penelitian

Pengujian kelayakan genotipe kedelai sebagai sumber gen ketahanan terhadap penyakit karat daun kedelai, dilaksanakan melalui inokulasi buatan pada percobaan di laboratorium dan percobaan pot di rumah kaca/*screen house*. Delapan genotipe yang diuji yaitu Mutiara, Slamet, GHJ-6, GHJ-7, $G_1 \times G_3$, $G_2 \times G_3$,

Sindoro, dan Ringgit. Genotipe G₁, G₂, dan G₃ pada penelitian sebelumnya dalam persilangan digunakan sebagai tetua donor tahan karat daun, sedangkan G₇ dan G₈ pada pengujian ini masing-masing sebagai pembanding tahan dan rentan. Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL), terdiri atas 8 perlakuan (genotipe kedelai) dengan 3 ulangan. Uji beda nyata antar perlakuan dianalisis menggunakan uji Scott-Knott 0,05.

Kelayakan genotipe kedelai sebagai sumber gen ketahanan terhadap karat daun kedelai dinilai berdasarkan respon ketahanan genotipe terhadap infeksi karat daun dan derajat ketahanan genotipe ditentukan berdasarkan kode rating IWGSR dengan menilai tingkat keparahan penyakit dari tanaman terinfeksi hasil inokulasi, dan besarnya kehilangan hasil dari tanaman yang terinfeksi.

Uji respon ketahanan genotipe terhadap karat daun kedelai dilakukan melalui inokulasi buatan menggunakan urediospora patogen sebagai inokulum, yang diperoleh dari perbanyakan inokulum di rumah kaca. Perbanyakan inokulum dilakukan dengan menginokulasi tanaman kedelai sehat yang rentan dengan urediospora patogen. Sumber inokulum awal diperoleh dari pertanaman kedelai yang terinfeksi karat daun kedelai di lapangan. Urediospora patogen diinokulasikan dalam bentuk suspensi urediospora dengan kepekatan 6 000-10 000 urediospora per ml air. Kepekatan suspensi urediospora diukur dengan *haemocytometer*. Ratma dan Kuswadi (1996) melaporkan bahwa inokulasi buatan karat daun kedelai berhasil dilakukan dengan kepekatan suspensi 1 000-10 000 urediospora per ml air.

Inokulasi buatan patogen karat daun di laboratorium dan di rumah kaca masing-masing dilakukan melalui aplikasi tetesan suspensi urediospora pada daun-daun tanaman kedelai sehat dalam cawan Petri dan penyemprotan suspensi urediospora pada daun tanaman (*foliage spray*) pada tanaman di rumah kaca.

Inokulasi Melalui Tetesan urediospora. Inokulasi patogen karat daun melalui tetesan urediospora pada daun dilakukan di laboratorium, pada daun-daun sehat dari setiap genotipe yang diuji masing-masing dengan tiga ulangan. Daun-daun yang diinokulasi diletakkan dalam cawan Petri (diameter = 20 cm) dengan posisi terbalik yaitu permukaan sisi bawah daun berada di bagian atas, tangkai

daun dibalut dengan kapas basah, dan dalam satu cawan petri digunakan satu helai daun. Daun diambil pada ketinggian $\frac{2}{3}$ tinggi tanaman dari permukaan tanah pada tanaman umur 45 hst. Inokulasi dilakukan dengan meneteskan suspensi urediospora pada permukaan daun sebanyak 5 tetes/helai daun (1 tetes = 0.05 ml). Sebagai kontrol untuk setiap genotipe digunakan daun sehat dari tanaman yang sama yang tidak diinokulasi dengan suspensi urediospora, tetapi daun ditetesi dengan air steril. Terjadinya infeksi dari hasil inokulasi sebagai reaksi genotipe terhadap karat daun, diamati setiap hari setelah inokulasi sampai gejala paling awal timbul pada setiap genotipe untuk menentukan masa inkubasi (MI) penyakit. Respon genotipe terhadap patogen karat daun kedelai dari hasil inokulasi dibandingkan antar genotipe dengan menghitung persentase bercak karat per daun yang timbul dari hasil inokulasi. Respon genotipe tersebut ditentukan pada satu, dan dua minggu setelah gejala awal muncul.

Inokulasi dengan Penyemprotan Urediospora pada Daun. Inokulasi pada daun-daun tanaman dilakukan dengan menyemprotkan suspensi urediospora pada setiap genotipe kedelai yang ditanam dalam pot di rumah kaca/*screen house*. Untuk keperluan tersebut benih 8 genotipe kedelai yang diuji termasuk genotipe sebagai pembanding (tahan dan rentan karat daun kedelai) ditanam dalam pot (diameter 30 cm) berisi campuran tanah dengan kompos sebanyak 5 kg dan untuk setiap pot ditanam 3 benih. Setelah benih tumbuh dipilih dua tanaman yang pertumbuhannya baik dan tanaman lainnya dicabut sehingga dalam satu pot hanya berisi dua tanaman.

Inokulasi patogen karat daun kedelai dilakukan dua kali yaitu pada tanaman umur 14 hst dan 21 hst, menggunakan suspensi urediospora dengan kepekatan 6 000-10 000 urediospora/ml air sebanyak 30 ml suspensi/tanaman. Sebelum dilakukan inokulasi, ke dalam suspensi urediospora ditambahkan 2 tetes tween 80 kemudian disemprotkan pada permukaan atas dan bawah daun. Sebagai kontrol untuk setiap genotipe tidak diinokulasi dengan suspensi urediospora tetapi disemprot dengan air steril. Jumlah tanaman yang diinokulasi pada setiap genotipe kedelai sebanyak 2 tanaman dengan 3 ulangan. Respon genotipe terhadap patogen karat daun kedelai dari hasil inokulasi dibandingkan antar genotipe dengan

menghitung tingkat keparahan penyakit (KP) menggunakan rumus Townsend dan Heuberger (1943 dalam Sinaga, 1997) sebagai berikut, menggunakan skala kerusakan dengan katagori 0-5 mengacu Tjahjani (1999), Tarr (1972 dalam Hayati, 2009), dan Shokalu *et al.* (2000 dalam Iwo *et al.*, 2012), yaitu:

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

KP = keparahan penyakit (%);

n_i = jumlah daun yang terinfeksi dengan skala;

v_i = nilai skala keparahan penyakit dari : 1, 2, ... sampai skala tertinggi;

V = nilai skala tertinggi

N = jumlah daun yang diamati.

Nilai skala (skor) dikategorikan sebagai berikut:

0 = tidak ada daun terinfeksi

1 = infeksi sangat ringan (> 0 % - 10 % permukaan daun terinfeksi)

2 = infeksi ringan (> 10 % - 30 % permukaan daun terinfeksi)

3 = infeksi sedang (> 30 % - 50 % permukaan daun terinfeksi)

4 = infeksi parah (> 50 % - 75 % permukaan daun terinfeksi)

5 = infeksi sangat parah/daun mati (> 75 % permukaan daun terinfeksi).

Menurut Cook (1972) keparahan penyakit dikategorikan dalam lima kriteria yaitu Imun (0%), Tahan (> 0%-25%), Agak tahan (>25%-50%), Agak rentan (>50%-75%), Rentan (>75%).

Derajat ketahanan genotipe kedelai terhadap karat daun kedelai ditentukan berdasarkan kode rating *International Working Group on Soybean Rust (IWGSR)* yang diamati berdasarkan notasi rating dengan tiga digit (Quebral dan Opina, 1978). Digit 1 menunjukkan posisi daun pada tanaman kedelai, digit 2 menunjukkan tingkat kerapatan lesio karat pada daun tanaman, dan digit 3 menunjukkan reaksi tanaman berupa bercak karat (pustul). Masing-masing digit dengan notasi rating sebagai berikut.

(a) Digit pertama: menunjukkan bagian-bagian daun tanaman kedelai yang di uji

1 = sepertiga daun-daun kedelai bagian bawah diukur dari permukaan tanah

2 = sepertiga daun-daun kedelai bagian tengah diukur dari permukaan tanah

3 = sepertiga daun-daun kedelai bagian atas diukur dari permukaan tanah

(b) Digit kedua: menunjukkan kerapatan bercak karat pada daun-daun yang di uji

- 1 = tidak terjadi infeksi (0 bercak/cm²)
- 2 = kerapatan bercak sedikit (1-8 bercak/cm²)
- 3 = kerapatan bercak sedang (9-16 bercak/cm²)
- 4 = kerapatan bercak banyak (lebih dari 16 bercak/cm²)

(c) Digit ketiga: menunjukkan reaksi

- 1 = tidak ada pustul
- 2 = tidak ada pustul yang bersporulasi
- 3 = pustul bersporulasi.

Derajat ketahanan genotipe kedelai terhadap karat daun kedelai kemudian dikelompokkan berdasarkan skala 1-5 IWGSR (Tabel 3.1), dengan menilai keparahan penyakit dan penurunan hasil tanaman yang terinfeksi karat daun.

Tabel 3.1 Derajat ketahanan genotipe kedelai terhadap karat daun kedelai berdasarkan metode IWGSR .

Skala	Derajat Ketahanan	Kode Rating IWGSR
1	Imun	111
2	Tahan	122, 123, 132, 133, 222, 223
3	Agak Tahan	142, 143, 232, 233, 242, 243, 322, 323
4	Agak Rentan	332, 333
5	Rentan	343

Sumber: Abadi (2000).

Respon genotipe kedelai hasil inokulasi ditentukan satu minggu setelah gejala awal muncul pada setiap waktu inokulasi, dan tingkat keparahan penyakit dihitung selang satu minggu sekali sejak inokulasi pada umur 21 hst yaitu pada tanaman umur 28 hst, 35 hst, dan 42 hst.

Kehilangan Hasil Kedelai Akibat Karat Daun. Kehilangan hasil tanaman kedelai akibat karat daun kedelai ditentukan sebagai data pendukung untuk menilai karakteristik penurunan hasil suatu genotipe sesuai derajat ketahanan genotipe tersebut terhadap patogen karat daun kedelai seperti halnya tingkat keparahan penyakit. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih suatu genotipe yang layak digunakan sebagai sumber gen ketahanan untuk dijadikan

bahan persilangan. Kehilangan hasil tanaman kedelai ditentukan dengan menghitung persentase penurunan hasil setiap genotipe yang diperoleh dari selisih komponen hasil tanaman sehat dengan tanaman yang terinfeksi dan membandingkan antar genotipe kedelai yang diuji. Penurunan hasil yang diamati meliputi komponen jumlah polong bernas pada buku subur per tanaman, jumlah polong hampa per tanaman, jumlah biji kering per tanaman, dan berat biji per tanaman. Khususnya untuk berat biji per tanaman kemudian digunakan sebagai data pendukung karakteristik kelayakan suatu genotipe sebagai sumber gen tahan terhadap penyakit sesuai dengan derajat ketahanan masing-masing genotipe.

