

PENYAKIT UTAMA PADA TANAMAN KEDELAI KACANG TANAH DAN KACANG HIJAU



**SUMARTINI
EMERENSIANA UGE
YULIANTORO BALIADI**



**BALAI PENELITIAN TANAMAN ANEKA KACANG DAN UMBI
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TANAMAN PANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
2020**

**PENYAKIT UTAMA
PADA TANAMAN KEDELAI,
KACANG TANAH DAN KACANG HIJAU**

**BALAI PENELITIAN TANAMAN ANEKA KACANG DAN UMBI
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TANAMAN PANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
2020**

**PENYAKIT UTAMA
PADA TANAMAN KEDELAI,
KACANG TANAH DAN KACANG HIJAU**

**SUMARTINI
EMERENSIANA UGE
YULIANTORO BALIADI**

**BALAI PENELITIAN TANAMAN ANEKA KACANG DAN UMBI
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TANAMAN PANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
2020**

Penyakit Utama Pada Tanaman: Kedelai, Kacang Tanah Dan Kacang Hijau /

Sumartini, Emerensiana Uge, dan Yuliantoro Baliadi.-- Malang: Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, 2020.

xii, 70 p.; illus.; tab.; 25,7 cm

ISBN : 978-602-5421-03-7

1. PENYAKIT TANAMAN 2. KEDELAI 3. KACANG TANAH

4. KACANG HIJAU

I. Judul II. Suamrtini, III. Uge, E IV. Baliadi, Y.

632

Sum

p

Pencetakan buku ini dibiayai :

Diterbitkan oleh:

Balitkabi

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jl. Raya Kendalpayak km 8 Malang, Kotak Pos 66 Malang 65101

Telp. 0341-801468 Fax. 0341-801496

Email: balitkabi@litbang.pertanian.go.id

Website: <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id>

PRAKATA

Segala puji bagi Allah penulis panjatkan karena dengan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan buku. Penulis merasa tertantang untuk mewujudkan buku ini sebagai ringkasan hasil penelitian yang telah penulis jalankan selama menjadi abdi negara khususnya sebagai seorang peneliti di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. buku ini, utamanya merupakan hasil penelitian penulis tentang penyakit pada tanaman aneka kacang yang disebabkan oleh infeksi cendawan.

Penyakit yang disebabkan oleh cendawan merupakan kendala produksi penting di daerah tropis seperti Indonesia. Keragaman jenis cendawan menyebabkan beragam pula jenis gejala yang ditemukan di lapang. Satu jenis cendawan dapat menginfeksi berbagai jenis tanaman, selain itu terdapat pula cendawan yang menginfeksi inang yang spesifik. Perbedaan cendawan patogen dan gejala yang dihasilkan dapat menyebabkan perbedaan dalam pengendalian yang direkomendasikan. Pada buku ini akan dijelaskan tentang infeksi cendawan, gejala penyakit yang ditimbulkannya, siklus perkembangan patogen pada tanaman kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau, faktor lingkungan yang mempengaruhi, dan cara pengendaliannya.

Penulisan buku ini juga tidak terlepas dari dukungan beberapa pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Balitkabi, Dr. Ir. Yuliantoro Baliadi, M.S., Prof. Dr. Ir. Didik Harnowo, MS., Kasie Jaslit Bambang Sri Koentjoro, S.P., M.Kom., atas masukan, saran dan motivasi selama penulisan buku ini. Penulis berharap pembaca berkenan memberikan masukan untuk penyempurnaannya. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus. Kritik

membangun merupakan perhatian agar dapat membawa manfaat kepada pembaca. Secara khusus, penulis berharap semoga buku ini bermanfaat bagi para pembaca khususnya penyuluh dan praktisi di bidang pengendalian penyakit tanaman kedelai, kacang tanah dan kacang hijau.

Malang, September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
PENDAHULUAN.....	1
KEDELAI	4
1. PENYAKIT KARAT	4
a. Gejala Penyakit.....	4
b. Penyebab Penyakit	5
c. Siklus Penyakit	6
d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	8
e. Pengendalian.....	9
2. PENYAKIT EMBUN BULU.....	13
a. Gejala Penyakit.....	13
b. Penyebab Penyakit	13
b. Siklus penyakit	15
d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	15
e. Pengendalian.....	16
3. PENYAKIT ANTRAKNOSA	18
a. Gejala Penyakit.....	18
b. Penyebab Penyakit	19
c. Siklus Penyakit	20
d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	21
e. Pengendalian.....	22
KACANG TANAH.....	25
1. PENYAKIT KARAT	25
a. Gejala Penyakit.....	25
b. Penyebab Penyakit	26
c. Siklus Penyakit	26
d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	28
e. Pengendalian.....	28

2. PENYAKIT BERCAK DAUN	31
a. Gejala Penyakit.....	31
b. Penyebab Penyakit.....	32
c. Siklus Penyakit	33
d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	34
e. Pengendalian.....	35
KACANG HIJAU.....	39
1. PENYAKIT EMBUN TEPUNG	39
a. Gejala Penyakit.....	39
b. Penyebab Penyakit.....	40
c. Siklus Penyakit	40
d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	41
e. Pengendalian.....	42
2. PENYAKIT BERCAK DAUN	46
a. Gejala Penyakit.....	46
b. Penyebab Penyakit.....	47
c. Siklus Penyakit	48
d. Faktor –faktor yang Mempengaruhi.....	49
e. Pengendalian.....	49
3. PENYAKIT LAYU	51
a. Gejala Penyakit.....	51
b. Penyebab Penyakit.....	52
c. Siklus Penyakit	53
d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	54
e. Pengendalian.....	55
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Hasil dan kehilangan hasil akibat penyakit bercak daun pada kacang tanah. Muneng MK 1991 dan Jambegede MK 1992	31
Tabel 2.	Perbedaan cendawan <i>C. arachidicola</i> dan <i>C. personata</i>	32
Tabel 3.	Koleksi plasmanutfah kacang tanah di Balitkabi yang agak tahan terhadap penyakit bercak daun.	36
Tabel 4.	Ketahanan beberapa varietas kacang hijau terhadap embun tepung dan bercak daun.....	43
Tabel 5.	Kacang hijau. Di daerah Kudus. Musim Tanam Tahun 2009.	44
Tabel 6.	Intensitas penyakit embun tepung pada beberapa macam fungisida di Kendalpayak. Musim kemarau Tahun 1999.....	45
Tabel 7.	Pemanfaatan agensia pengendali hayati dalam menghambat patogen <i>S. rolfii</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. a) Gejala penyakit karat pada permukaan bawah daun kedelai (Foto: Sumartini). b) Pustul atau uredium pada daun dilihat dari dekat.....	4
Gambar 2. Siklus penyakit karat	7
Gambar 3. a) Spora karat yang diberi minyak cengkeh, dinding sporalisasi, b) Tanpa minyak cengkeh, spora berkecambah.	10
Gambar 4. (a) Gejala awal penyakit embun bulu, bercak pada permukaan atas daun berwarna kuning pucat, (b) bercak pada biji, (c) gejala pada permukaan atas daun kedelai, (d) gejala pada permukaan bawah daun.....	14
Gambar 5. Siklus penyakit embun bulu pada kedelai	15
Gambar 6. Gejala serangan penyakit Antraknosa, (a) Acervuli hitam pada batang terinfeksi acervuli pada polong yang membentuk pola cincin konsentris, (b) Polong hampa dan ukuran polong tidak normal	18
Gambar 7. (a) Hifa pada medium AKD, (b) Konidia hialin dan berbentuk bulan sabit.....	20
Gambar 8. Siklus penyakit antraknosa yang disebabkan oleh <i>Colletotrichum</i> pada tanaman aneka kacang.....	21
Gambar 9. Gejala penyakit karat pada daun kacang tanah.....	25
Gambar 10. Mikroskopis Urediospora cendawan <i>Puccinia arachidis</i> Speg.	26
Gambar 11. Ujung tabung kecambah (<i>appresorium</i>) masuk ke dalam jaringan tanaman melalui lubang stomata.....	27
Gambar 12. Siklus hidup cendawan <i>Puccinia graminis</i>	27
Gambar 13. Gejala bercak daun yang disebabkan oleh <i>Cercospora</i> sp.	32
Gambar 14. Konidium <i>Cercospora arachidicola</i> berbentuk seperti gada dan bersekat.....	33
Gambar 15. Siklus penyakit bercak daun awal oleh <i>Cercospora arachidicola</i>	35
Gambar 16. a) Gejala embun tepung pada kacang hijau, b) Konidia <i>Erysiphe polygoni</i>	39
Gambar 17. Irisan melintang daun yang terinfeksi <i>Erysiphe polygoni</i>	41
Gambar 18. Siklus penyakit embun tepung pada kacang hijau.....	41

Gambar 19. a) Gulma asterase <i>P. spicatus</i> , b) buntut tikus <i>H. indicum</i> yang terserang cendawan embun tepung di lapangan.....	42
Gambar 20. Penyemprotan dengan ekstrak cengkeh lebih efektif dari pada bawang merah dapat menghambat perkembangan embun tepung.	43
Gambar 21. Gejala penyakit bercak daun pada kacang hijau.....	46
Gambar 22. Konidium dan konidiofor <i>Cercospora canescens</i>	47
Gambar 23. Siklus hidup <i>Cercospora canescens</i>	48
Gambar 24. Penghambatan isolat agens hayati terhadap <i>Cercospora</i> <i>canescens</i> a) <i>Fusarium</i> (KH KJP 2A), b) <i>Curvularia</i> (KH 6.13), c) <i>Aspergillus flavus</i> KH 1.2.	50
Gambar 25. Gejala infeksi <i>Sclerotium rolfsii</i> pada kacang hijau di lapang.....	52
Gambar 26. Bentuk sklerotia bulat pada media agar kentang dekstroza.	53
Gambar 27. Siklus penyakit layu <i>Sclerotium rolfsii</i>	54
Gambar 28. Penghambatan perkembangan hifa <i>Sclerotium rolfsii</i> (miselium putih) oleh <i>Trichoderma</i> sp (miselium hijau) pada medium agar kentang dekstroza.	57

PENDAHULUAN

Aneka kacang merupakan tanaman pangan penting selain beras. Tanaman aneka kacang memiliki kandungan protein nabati yang baik untuk menunjang pemenuhan gizi tubuh. Tanaman kacang yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia adalah kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau. Hasil ketiga aneka kacang ini digunakan sebagai bahan berbagai olahan makanan dan minuman, serta sebagai bahan baku industri makanan dan minuman. Budi daya tanaman aneka kacang sering menghadapi hambatan baik biotik maupun abiotik. Pengaruh hambatan biotik dapat disebabkan oleh hama maupun penyakit tanaman. Infeksi patogen dapat mengakibatkan penyakit dengan gejala tanaman layu dan gagal membentuk biji atau buah.

Di wilayah tropis seperti Indonesia, penyakit yang disebabkan oleh infeksi cendawan jenisnya lebih banyak dibandingkan virus dan bakteri. Sebagai contoh, pada tanaman kedelai terdapat 16 jenis yaitu: *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Phoma* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cercospora kikuchii*, *Peronospora manshurica*, *Microsphaera diffusa*, *Alternaria* spp., *Cladosporium* sp., *Verticillium* spp., *Pythium* sp., *Phytophthora* sp., *Curvularia lunata*, *Penicillium* spp. Pada kacang tanah sebanyak 19 jenis yaitu: *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp, *Rhizopus* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Botrytis cinerea*, *Mucor* spp., *Curvularia* sp., *Cladosporium* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *A. flavus*, *A. niger*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotium bataticola*, *Rhizoctonia solani*, *Verticillium* sp., *Mucor* sp., *Rhizopus* sp.. Pada kacang hijau sebanyak 7 jenis yaitu *Alternaria* sp., *Fusarium* spp., *Myrothecium roridum*, *Drechslera* sp., *A.s flavus*, *A. niger*, *Macrophomina phaseolina* (Rahayu 2016).

Di Indonesia infeksi cendawan dan bakteri menyebabkan terjadinya gejala bercak, pustul, busuk, atau layu bahkan mati di awal pertumbuhan dan pada fase pertumbuhan lanjut, sedangkan infeksi virus pada umur awal menyebabkan tanaman kerdil dan masih mampu

berbunga atau berbuah, namun menghasilkan ukuran biji atau buah yang abnormal atau pendek dan mengakibatkan penurunan hasil, sedangkan infeksi yang terjadi pada umur lanjut atau fase generatif mengakibatkan gejala ringan dan pengaruh terhadap penurunan hasil yang rendah. Saleh dan Baliadi (2006) melaporkan bahwa penurunan bobot biji dan kehilangan hasil kedelai akibat infeksi *Cowpea Mild Mottle Virus* (CPMMV) berturut-turut adalah 9,5-21% dan 14,6-18,5% (Saleh dan Baliadi). Laporan lain akibat infeksi *Soybean Mosaic Virus* (SMV) dan *Soybean Stunt Virus* (SSV) yakni menyebabkan kehilangan hasil berkisar antara 40%–70% (Nasir 2005). Infeksi karat dan bercak daun pada kacang tanah menyebabkan kehilangan hasil 61-85% (Inayati dan Yusnawan 2016).

Penyakit yang disebabkan oleh virus telah dilaporkan menginfeksi kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau. Di Indonesia infeksi virus pada kedelai seperti *Soybean Mosaic Virus* (SMV), *Soybean Stunt Virus* (SSV), dan *Cowpea Mild Mottle Virus* (CPMMV) (Saleh dan Baliadi, 2016), pada kacang tanah terdapat *Peanut Stripe Virus* (PStV), *Cowpea Mild Mottle Virus* (CPMMV) (Triharso, 1975; Harjosudarmo dan Saleh 1985; Saleh dan Tantera 1988, Saleh *et al* 1989); dan pada kacang hijau adalah *Mungbean Mosaic Virus* (MMV), *Bean Yellow Mosaic Virus* (BYMV) (Iwaki dan Auzay 1977) dan *Blackgram Mottle Virus* (BGMV) (Saleh 2003).

Gejala yang dihasilkan akibat infeksi cendawan dan bakteri cenderung hampir sama, yakni jika tertular pada bagian daun, maka akan menyebabkan daun menjadi layu, muncul spot dan bercak pada daun dan daun gugur, sedangkan infeksi pada batang atau akar akan mengakibatkan terganggunya jaringan pengangkut makanan (xilem maupun floem) sehingga tanaman layu dan mati. Di Indonesia laporan kejadian akibat infeksi bakteri pada tanaman aneka kacang lebih rendah dibanding cendawan. Jenis bakteri yang menginfeksi tanaman aneka kacang yakni *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas axonopodis* (kedelai), dan *Ralstonia solanacearum* (kacang tanah).

Berdasarkan hal di atas maka penulis merasa penting untuk

mengkaji tentang penyakit penting akibat infeksi cendawan pada tanaman aneka kacang, khususnya kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau. Mengupas tentang patogen penyebab, gejala yang dihasilkan, siklus penyakit dan pengendalian yang direkomendasikan. Diharapkan bahwa tulisan ini dapat membantu pembaca untuk memahami tentang penyakit dan gejala serta tindakan yang tepat untuk pengendaliannya di lapang.

Tujuan penulisan buku ini adalah:

1. Mengetahui tentang penyakit penting yang disebabkan oleh cendawan pada tanaman kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau.
2. Mengetahui gejala yang muncul akibat infeksi cendawan
3. Menjelaskan faktor yang berpengaruh terhadap perkembangan penyakit
4. Menjelaskan tentang siklus perkembangan penyakit yang disebabkan oleh infeksi cendawan
5. Rekomendasi pengendalian untuk mencegah perkembangan atau penularan penyakit di lapang.

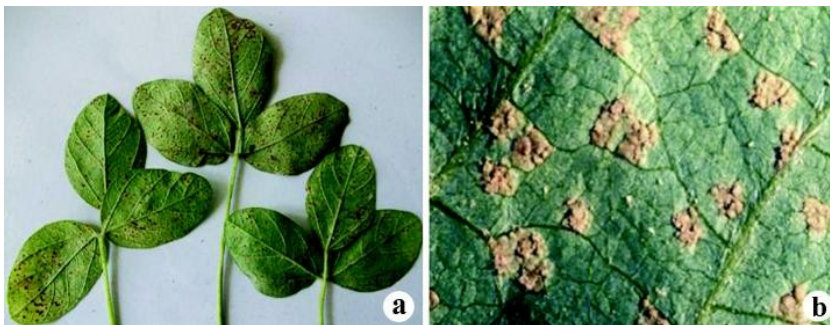
KEDELAI

1. PENYAKIT KARAT

Penyakit karat pada kedelai merupakan penyakit penting yang sering ditemukan di lapang. Penyakit ini telah tersebar luas di sentra produksi kedelai di dunia, seperti Australia, Afrika, Amerika Tengah, dan Selatan (tropis), Asia Timur, Asia Tenggara, termasuk di Indonesia (Semangun 2008). Di Indonesia, penyakit ini akan mudah ditemukan pada musim kemarau. Sebaran penyakit ini pertama kali dilaporkan di Jawa Tengah (Yogyakarta dan Surakarta) (Raciborski 1900). Di Indonesia, infeksi cendawan ini pada kedelai dan mengakibatkan kehilangan hasil mencapai 90% (Sudjono *et al.* 1985), di Thailand 10–40% pada varietas lokal, di Taiwan 23–50% (Sinclair dan Shurtleff 1980), di Brasil 75% (Yorinori *et al.* 2005) dan di Argentina 28% (Formento 2008).

a. Gejala Penyakit

Gejala infeksi cendawan umumnya nampak pada musim kemarau, gejala awal ditandai dengan munculnya bercak klorotik kecil yang tidak beraturan pada permukaan daun. Umumnya gejala karat muncul pada permukaan bawah daun (Gambar 1a). Bercak tersebut kemudian berubah menjadi coklat atau coklat tua dan membentuk pustul (Gambar 1b).



Gambar 1. a) Gejala penyakit karat pada permukaan bawah daun kedelai (Foto: Sumartini). b) Pustul atau uredium pada daun dilihat dari dekat. Sumber: World International Property Organization (2008)

Pustul merupakan kumpulan uredium. Pustul yang telah matang akan pecah dan mengeluarkan tepung warnanya seperti karat besi. Tepung tersebut merupakan kantung-kantung spora yang disebut uredium dan berisi urediospora. Penyakit karat menyebabkan daun kedelai menjadi kering dan rontok sebelum waktunya. Stadium awal penyakit karat sulit dibedakan dengan pustul bakteri atau embun bulu (*downy mildew*).

b. Penyebab Penyakit

Penyakit karat disebabkan oleh cendawan *Phakopsora pachyrhizi* Syd. dan *Phakopsora meibomiae*, namun *P. meibomiae* diketahui kurang virulen. Klasifikasi *P. pachyrhizi* menurut (Semangun 1996) adalah sebagai berikut:

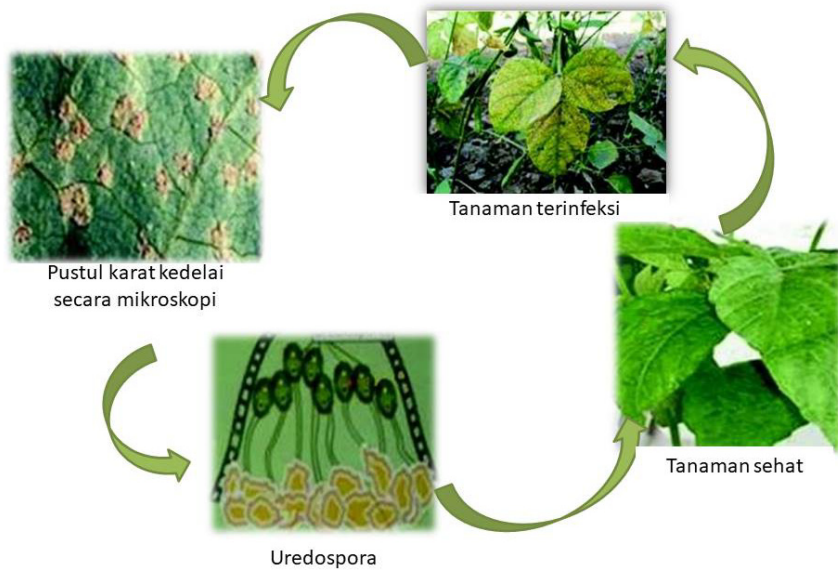
Divisi	: Mycota
Kelas	: Basidiomycota
Sub Kelas	: Urediniomycetes
Ordo	: Uredinales
Family	: Phakopsoraceae
Genus	: Phakopsora
Spesies	: <i>P. pachyrhizi</i> Syd

Spora cendawan dibentuk dalam uredium dengan diameter 25-50 μm sampai 5-14 μm . Urediospora berbentuk bulat telur, berwarna kuning keemasan sampai coklat muda dengan diameter 18-34 μm sampai 15-24 μm . Permukaan urediospora bergerigi, selanjutnya berkembang menjadi teliospora yang dibentuk dalam telia. Telia memiliki bentuk bulat panjang, berisi 2-7 teliospora. Teliospora berwarna coklat tua, berukuran 15-26 μm sampai 6-12 μm . Teliospora merupakan stadia yang bukan patogen, dan stadia ini jarang ditemukan di lapang.

c. Siklus Penyakit

Dua tipe spora telah diketahui pada *P. pachyrhizi*. Urediospora adalah tipe spora yang sering ditemukan dari musim ke musim. Urediospora sangat mudah terbawa angin dan percikan air hujan sehingga cepat tersebar dan siklus penyakit akan terjadi dari musim ke musim (Gambar 2). Tipe spora yang kedua adalah teliospora. Di Indonesia, teliospora jarang ditemukan, tetapi di negara-negara subtropis, teliospora ditemukan pada tanaman terinfeksi pada akhir musim tanam atau di rumah kaca. Pada kondisi laboratorium, teliospora dapat berkecambah membentuk basidiospora. Bila tidak terdapat tanaman inang, siklus penyakit akan terhenti. Jika cuaca menguntungkan, urediospora akan berkecambah dan menginfeksi tanaman sehat. Menurut Sudjono (1979), sampai saat ini belum diketahui bahwa cendawan *P. pachyrhizi* dapat bertahan dalam biji. Magnani (2012) menyatakan bahwa urediospora *P. pachyrhizi* dapat melekat (menempel) pada biji kedelai setelah panen. Dapat berkecambah setelah penyimpanan selama 90 hari, namun tidak dapat menginfeksi tanaman kedelais saat diinokulasikan di

Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan urediospora membentuk tabung kecambah tunggal yang menembus permukaan daun 5–400 µm melalui bagian tengah sel epidermis, hingga terbentuk apresorium (hifa infeksi). Berbeda dengan cendawan karat yang lain, cendawan ini mampu penetrasi apresorium ke sel-sel epidermis daun langsung melalui kutikula, jarang melalui stomata. Jika melalui stomata, umumnya apresorium masuk melalui sel penjaga, bukan melalui sel pembuka. Proses penetrasi tersebut menyebabkan *P. pachyrhizi* memiliki inang yang luas (Monte *et al.* 2003).



Gambar 2. Siklus penyakit karat (Foto: Sumartini)

Uredium akan berkembang 5–8 hari setelah proses infeksi. Urediospora yang baru terbentuk 9 hari setelah infeksi, dan pembentukannya dapat berlanjut sampai 3 minggu, sedangkan uredium berkembang sampai 4 minggu. Uredium generasi kedua akan tumbuh pada bagian pinggir dari titik infeksi pertama, dan hal ini dapat berlangsung terus-menerus hingga 8 minggu (Monte *et al.* 2003). Urediospora berkembang sangat cepat dan dapat dibentuk dalam jumlah yang sangat banyak. Jika satu bercak rata-rata memproduksi lebih dari 12.000 urediospora dalam 4–6 minggu, maka dari 400 bercak akan mengakibatkan infeksi yang berat. Suhu, kelembapan, dan cahaya sangat mempengaruhi perkembangan penyakit karat. Keberhasilan proses infeksi bergantung pada kelembapan pada permukaan tanaman, dengan waktu optimum 6 jam dan maksimum 10–12 jam. Suhu optimum untuk infeksi berkisar antara 15–28 °C (Monte *et al.* 2003). Menurut Sudjono (1979), penjemuran daun kedelai yang terinfeksi di bawah sinar matahari dengan intensitas cahaya 700 lux dapat menurunkan daya kecambah urediospora yang hanya mampu bertahan selama 6 jam, selain itu sinar ultra violet juga menurunkan daya kecambah urediospora.

d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

a) Tanaman Inang

P. pachyrhizi merupakan cendawan parasit obligat, jika di lapangan tidak terdapat tanaman kedelai, spora hidup pada tanaman inang lain. Spora hanya bertahan 2 jam pada tanaman bukan inang. Spora tidak dapat bertahan pada kondisi kering, jaringan tanaman yang mati atau pada tanah. Jika tidak ada tanaman kedelai, gulma yang termasuk ke dalam famili Leguminosae dapat menjadi tanaman inang alternatif. Sebanyak 27 jenis tanaman Leguminosae diuji, tujuh di antaranya menunjukkan reaksi hipersensitif sehingga infeksi pada tanaman tersebut tidak menghasilkan spora. Sudjono (1979) menyatakan bahwa dari 17 jenis tanaman aneka kacang selain kedelai yang diinokulasi secara buatan, tiga di antaranya menunjukkan gejala yang bersporulasi, yaitu kacang asu (*Calopogonium Mucunoides*), kacang kratok (*Phaseolus lunatus*), dan kacang panjang. Oleh karena itu, keberadaan tanaman tersebut perlu diwaspadai.

Tanaman inang alternatif berperan sangat penting terhadap terjadinya penyakit selama setahun, dari satu musim tanam ke musim tanam berikutnya, jika tanaman kedelai tidak ada di lapangan. Beberapa jenis gulma dapat menjadi tanaman inang *P. pachyrhizi*. Di Amerika Serikat, tanaman kudzu (*Pueraria montana*) (sejenis gulma) merupakan tanaman inang cendawan pada musim dingin sehingga siklus penyakit akan berlangsung sepanjang tahun. Sebanyak 31 spesies dari 17 genus tanaman aneka kacang dilaporkan dapat terinfeksi *P. pachyrhizi*, di antaranya kacang merah (*Phaseolus vulgaris*), kacang hijau (*Phaseolus radiatus*), kacang kratok (*Phaseolus lunatus*), kacang tunggak (*Vigna Vigna unguiculata*), dan kacang lupin (*Lupinus hirsitus*) (Monte *et al.* 2003).

b) Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan diantaranya suhu, kelembapan, cahaya, angin, dan percikan air hujan sangat mempengaruhi perkembangan penyakit

karat. Suhu optimum untuk infeksi berkisar antara 15-28 °C (Monte *et al.* 2003). Daya kecambah urediospora dipengaruhi oleh cahaya matahari dan pengaruh sinar ultraviolet. Pada intensitas cahaya matahari <700 lux, akan mengganggu daya kecambah urediospora sehingga daya bertahannya hanya 6 jam. Angin dan percikan air hujan sangat membantu penyebaran spora dari satu tanaman ke tanaman lainnya.

e. Pengendalian

a) Varietas Tahan

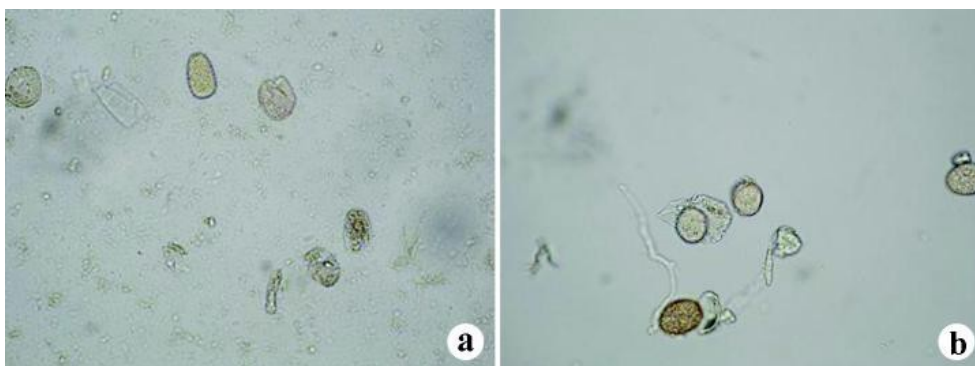
Penyakit karat termasuk penyakit yang perkembangannya cepat, karena memiliki periode laten 9 hari. Penyebaran urediospora melalui angin, air atau serangga sehingga penyakit dapat menyebar dan timbul ke segala arah, yang didukung kondisi cuaca yang sesuai sepanjang tahun. Pemantauan penyakit karat seyogyanya dimulai sejak tanaman kedelai berumur 3 minggu. Menanam varietas kedelai yang tahan penyakit karatsangat dianjurkan, karena merupakan cara pengendalian yang murah, mudah dilaksanakan, dan aman bagi manusia dan lingkungan. Menanam varietas tahan dimaksudkan untuk mengurangi jumlah inokulum awal (Zadoks dan Schein 1979). Ketahanan suatu varietas terhadap suatu penyakit umumnya bersifat sementara. Jika muncul ras atau strain patogen baru yang lebih virulen, varietas tersebut tidak dapat bertahan lagi. Oleh karena itu, varietas-varietas kedelai baru yang lebih tahan terhadap penyakit karat dibutuhkan dalam upaya mengendalikan penyakit tersebut.

Intensitas penyakit karat kedelai yang tinggi akan menurunkan jumlah polong, bobot biji pertanaman, dan jumlah biji bernas per polong (Masnenah *et al.* 2004). Varietas kedelai yang toleran dapat terinfeksi patogen karat, tetapi masih dapat menghasilkan biji. Beberapa galur kedelai diketahui agak tahan adalah MLG 0005, MLG 0253, MLG 0465, dan MLG 0470, dan sifat ketahanannya sama dengan var. Argomulyo, Tanggamus, Wilis, Burangrang, Grobogan, dan Dering 1 (Sulistyo dan Sumartini 2016).

b) Fungisida Nabati

Pengendalian penyakit saat ini lebih ditekankan pada pengendalian yang ramah lingkungan, salah satunya adalah penggunaan fungisida nabati. Fungisida nabati mempunyai keunggulan tidak mencemari lingkungan, bahannya tersedia di lingkungan sekitar, dan harganya lebih murah dari pada fungisida sintetis. Minyak cengkeh mengandung bahan aktif eugenol (Guenther 1990) yang berkhasiat menghambat perkembangan beberapa patogen, seperti *Fusarium oxysporum* pada vanili; *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, dan *Sclerotium rolfsii* pada lada (Tombe *et al.* 1992). Potensi aplikasi minyak cengkeh mampu menghambat serangan karat (intensitas 5%), sedangkan tanpa minyak cengkeh 75% pada pengamatan 65 hari setelah tanam (Balitkabi 2007).

Aplikasi minyak cengkeh efektif bila aplikasi dilakukan dengan interval waktu minimum 5 hari sekali. Daun tanaman kedelai yang disemprot minyak cengkeh secara visual tampak sehat dan tidak terdapat atau sedikit gejala penyakit karat, sedangkan daun yang tidak disemprot terdapat gejala penyakit karat (Sumartini 2009). Dinding sel spora yang diberi minyak cengkeh mengalami lisis sehingga isi sel tersebar ke luar sel. Spora tanpa minyak cengkeh memiliki dinding sel yang tetap utuh dan dapat membentuk tabung kecambah, yang menandakan spora tetap hidup (Gambar 3).



Gambar 3. a) Spora karat yang diberi minyak cengkeh, dinding sporalisis, b) Tanpa minyak cengkeh, spora berkecambah. (Foto : Sumartini)

c) Agens Hayati

Pengendalian dengan agens hayati adalah mengaplikasikan mikro organisme antagonis dari patogen penyebab penyakit. Pengendalian dengan cara ini lebih efisien, karena mikroba antagonis dapat hidup dan berkembang di alam apabila kondisi lingkungan mendukung, dan bisa menjadi antagonis secara terus-menerus di alam. Menurut Baker dan Cook (1974), mekanisme pengendalian dengan antagonis dikategorikan menjadi tiga, yakni: 1) antibiosis, yaitu mengeluarkan senyawa kimia yang dapat mematikan patogen penyebab penyakit, 2) hiperparasit, yaitu antagonis memarasit patogen penyebab penyakit, dan 3) kompetisi, yaitu persaingan makanan atau tempat hidup antara antagonis dan patogen penyebab penyakit.

Di Amerika Serikat *Verticillium psalliotae* memarasit urediospora karat kedelai. Perkembangan cendawan mikoparasit menggunakan mikroskop elektron menunjukkan bahwa banyak spora yang rusak berat tanpa disertai miselium *V. psalliotae* di dalamnya (Saksirirat dan Hope 1989). Degradasi sel urediospora cendawan karat disebabkan adanya sekresi enzim litik yang dikeluarkan oleh *V. psalliotae*. Hal ini diperkuat penelitian yang membandingkan antara mekanisme pengendalian *V. lecanii* dan *V. psalliotae*. Selama pertumbuhan *V. lecanii* mengeluarkan sedikit enzim 1,3 glukonase dan protease, tanpa aktivitas khitinase, sedangkan *V. psalliotae* mengeluarkan 10 macam asam amino dan 5–7 asam amino lain yang belum teridentifikasi. Asam yang disebut terakhir tidak dihasilkan oleh *V. lecanii* (Saksirirat and Hope 1990).

Penggunaan bakteri sebagai agens hayati juga berpeluang untuk pengendalian penyakit karat karena bakteri masuk ke dalam jaringan tumbuhan dan mengikuti transportasi cairan di dalam sel tanaman sehingga tidak terkena panas matahari secara langsung. Salah satu produk yang dihasilkan adalah Ballad. Ballad merupakan formulasi bakteri antagonis mengandung *Bacillus pumulis* dan gula amino. Gula amino berfungsi; 1) menghambat pembentukan sekat antar sel dan dinding sel baru, 2) merusak kesatuan sel, 3) mematikan sel-sel

patogen, dan 4) bakteri itu sendiri merupakan pembatas bagi patogen untuk membentuk spora pada permukaan tanaman (Grath 2009).

2. PENYAKIT EMBUN BULU

Penyakit embun bulu tersebar luas di sentra produksi kedelai dunia, meliputi China, Korea, Malaysia, Thailand, Brazil, Rumania, dan USA. Di Indonesia diketahui di pulau Jawa dan beberapa provinsi di pulau Sumatera. Kehilangan hasil akibat penyakit ini mencapai 6–18%. Meskipun kehilangan hasil tidak begitu tinggi, namun menyebabkan penurunan kualitas benih yang dihasilkan (Balitkabi 2018).

a. Gejala Penyakit

Penyakit embun bulu diawali munculnya gejala pada permukaan daun bagian atas berupa bercak berwarna kuning pucat, kemudian berubah menjadi kuning kecoklatan dengan warna agak kekuningan di sekeliling bercak (Gambar 4). Gejala lanjut pada daun dapat menyebabkan bentuk dan warna daun tidak normal, biji mengalami distorsi, perubahan warna dan lesi, pada batang akan nampak gejala *dieback*, kerdil dan roset, sedangkan pada keseluruhan tanaman menjadi kerdil. Pada permukaan bawah daun warna coklat tersebut terdapat tubuh buah miselium dan sporangium berupa benang-benang halus yang berwarna putih kecoklatan menyerupai bulu, oleh karena itu disebut embun bulu.

b. Penyebab Penyakit

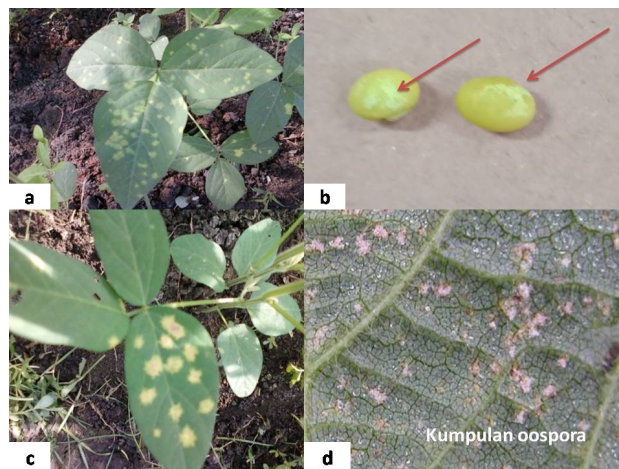
Penyebab penyakit embun bulu adalah cendawan *Peronospora manshurica* (Naumov) Syd. In Gaum, yang diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Chromista
Fylum	: Oomycota
Class	: Oomycetes
Ordo	: Peronosporales
Family	: Peronosporaceace

Genus : Peronospora

Species : *Peronospora manshurica* Syd. In Gaum

P. manshurica mempunyai spora dan oospora yang dindingnya tebal untuk pertahanan diri dari cekaman lingkungan. Di miselium pada daun yang terinfeksi akan terbentuk tubuh buah sporangium yang berisi spora. Spora tersebut menyebar ke daun lain karena terbawa angin. Spora pada daun yang baru akan membentuk tabung kecambah dan menginfeksi daun. Siklus dari spora hingga terbentuk spora lagi pada daun yang lain disebut siklus aseksual. Spora berperan sebagai sumber inokulum sekunder dalam penyebaran penyakit embun bulu.



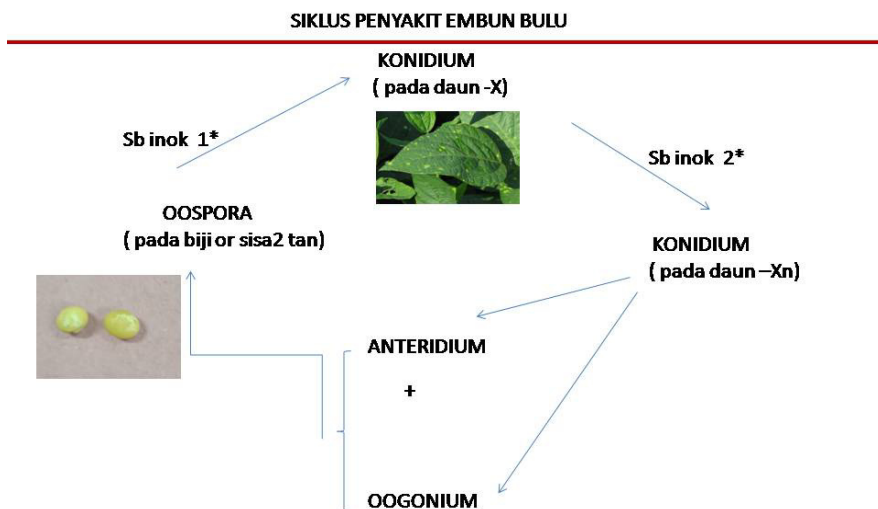
Gambar 4. (a) Gejala awal penyakit embun bulu, bercak pada permukaan atas daun berwarna kuning pucat, (b) bercak pada biji, (c) gejala pada permukaan atas daun kedelai, (d) gejala pada permukaan bawah daun.

Sumber: Balitkabi (2018)

Di miselium pada daun yang terinfeksi juga akan terbentuk "*Mating types*". Dari *mating type* (+) akan terbentuk anteridium dan dari *mating type* (-) akan terbentuk oogonium. Anteridium dan oogonium akan kawin dan menghasilkan oospora yang dinding selnya tebal, dan mampu bertahan pada sisa tanaman atau pada biji. Siklus ini disebut siklus seksual dan oospore mempunyai peran penting sebagai sumber inokulum primer bagi penyebaran penyakit embun bulu.

b. Siklus penyakit

Oospora pada biji atau pada sisa-sisa tanaman merupakan sumber inokulum awal (primer). Sekitar 10 hari setelah infeksi pertama pada daun, cendawan akan membentuk konidia yang berfungsi sebagai propagul untuk menyebar dari tanaman satu ke tanaman lain konidia ini sebagai sumber inokulum sekunder. Siklus sekunder tersebut bisa berlangsung beberapa kali dalam satu musim tanam kedelai. Sekitar 20 hari dari infeksi pertama akan terbentuk oospora pada jaringan tanaman. Oospora ini akan berfungsi sebagai sumber inokulum primer pada musim tanam kedelai musim berikutnya (Gambar 5).



Gambar 5. Siklus penyakit embun bulu pada kedelai (Foto: Sumartini)

d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

a) Sumber inokulum di lapang

Cendawan bertahan hidup dari musim satu ke berikutnya dalam fase oospora. Oospora akan mampu bertahan pada sisa-sisa daun tanaman di lapang maupun ikut terbawa benih kedelai (Dunleavy *et al.* 1966). Oleh karena itu sanitasi lahan agar bebas dari sisa tanaman terinfeksi dan perlakuan benih sebelum penanaman sangat penting untuk diperhatikan.

b) Suhu dan kelembapan

Penanaman benih terinfeksi akan menghasilkan tanaman baru yang terinfeksi. Hal ini akan diperparah pada kondisi suhu yang rendah yakni 18-20 °C (Dunleavy 1971). Perkembangan penyakit akan meningkat pada kondisi kelembapan yang tinggi dan suhu hangat 20-24 °C. Populasi sumber inokulum dipengaruhi oleh suhu optimum pada kisaran 10-30 °C (Mc Kenzie dan Wyllie 1971).

e. Pengendalian

a) Tanam benih yang sehat

Menanam benih sehat sangat membantu menghambat terjadinya perkembangan penyakit di lapang. Oospora cendawan bisa terbawa benih kedelai dan dapat menjadi sumber inokulum primer di lahan. Sumber inokulum primer yang tersedia di lahan sebelum penanaman kedelai akan memacu terjadinya infeksi dan kejadian penyakit di lapang.

b) Sanitasi lahan

Oospora dapat bertahan pada sisa-sisa tanaman dan pada benih kedelai. Keberadaan sisa tanaman terinfeksi di lahan juga akan menjadi salah satu sumber inokulum terjadinya infeksi di pertanaman berikutnya.

c) Perlakuan benih

Perlakuan benih sebelum penanaman sangat membantu menekan terjadinya infeksi awal di lapang. Berbagai perlakuan yang dapat dilakukan yakni dengan ekstrak bahan nabati untuk menginaktifkan patogen di jaringan benih. Namun yang penting diperhatikan adalah saat perlakuan benih dilakukan perlu diperhatikan viabilitas dan daya tumbuh benih.

d) Fungisida nabati

Beberapa fungisida nabati telah diketahui dapat digunakan untuk pengendalian cendawan pada permukaan daun. Kajian penggunaan bahan nabati tertentu perlu dilakukan untuk menghasilkan informasi dosis dan waktu aplikasi yang tepat untuk pengendalian penyakit ini.

e) Fungisida sintetik

Penyemprotan daun dengan fungisida yang sistemik seperti Benlate. Menurut Dunleavy (1987), penggunaan fungisida berbahan metalaxyl mampu memberikan hasil kedelai lebih baik dibandingkan tanpa pengendalian.

3. PENYAKIT ANTRAKNOSA

a. Gejala Penyakit

Gejala penyakit antraknosa pada kedelai dapat ditemukan pada bagian batang, tangkai daun, daun, dan polong. Gejala awal terjadi pada bagian pangkal batang yakni adanya hifa berwarna putih, pada perkembangan lebih lanjut terbentuk struktur khusus acervuli pada batang yang dekat dengan permukaan tanah (Gambar 6a). Gejala ini akan berkembang pada bagian batang dan tangkai daun. Pada kondisi lembap, daun akan menggulung dan mudah gugur, sedangkan pada polong akan terlihat acervuli yang membentuk pola cincin konsentris (Gambar 6b). Infeksi pada fase vegetatif akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, tanaman tumbuh lebih pendek dan menyebabkan polong hampa (CABI 2015). Benih terinfeksi berakibat kehilangan hasil lebih tinggi, dibandingkan infeksi pada batang. Jika infeksi terjadi sejak awal pertumbuhan, maka tanaman akan menghasilkan benih yang berukuran kecil atau polong tidak berisi (Jeschke 2015).



Gambar 6. Gejala serangan penyakit Antraknosa, (a) Acervuli hitam pada batang terinfeksi acervuli pada polong yang membentuk pola cincin konsentris, (b) Polong hampa dan ukuran polong tidak normal

Sumber : Guata *dalam* CABI (2018)

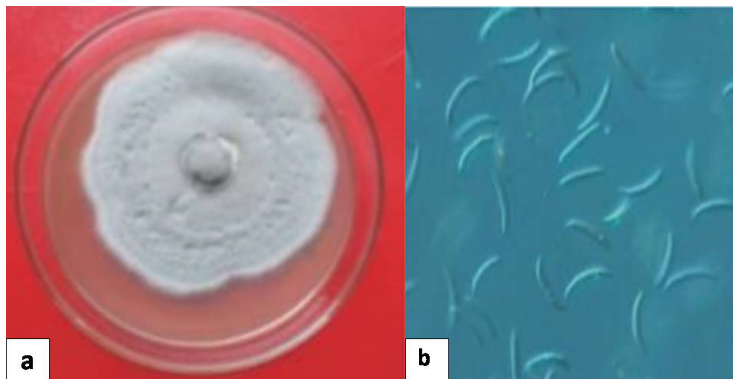
Kelompok genus cendawan ini merupakan kelompok patogen terbawa benih (Hartman *et al.* 1986), sehingga apabila benih tersebut ditanam maka akan menghasilkan tanaman baru yang terinfeksi dan mengakibatkan produksi tanaman menurun dan biji/benih berkualitas rendah. Infeksi cendawan pada benih sering tidak tampak dalam bentuk gejala eksternal, namun berupa infeksi laten. Infeksi laten terjadi pada bagian kulit benih, lembaga (endosperm) dan embrio. Akibat infeksi pada benih menyebabkan penurunan mutu fisiologis benih seperti daya tumbuh benih (Begum *et al.* 2008).

b. Penyebab Penyakit

Penyakit ini disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum truncatum* (Schwein.) dari kelompok Genus *Colletotrichum*, dengan klasifikasi menurut (Alexopodus dan Mims 1996) sebagai berikut:

Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Sordariomycetes
Sub Kelas	: Sordariomycetidae
Family	: Glomerellaceae
Genus	: <i>Colletotrichum</i>
Species	: <i>Colletotrichum truncatum</i> (syn. <i>C. capsici</i>)

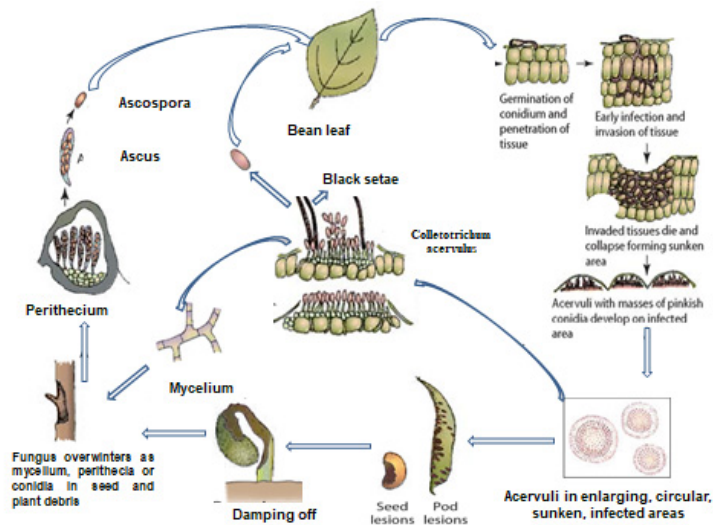
Hifa cendawan pada biji tidak berwarna (hialin), bersekat, dan bercabang, sedangkan acervuli pada biji berbentuk oval hingga kerucut, dengan warna coklat kehitaman dan berukuran $178,6 \times 256,0$ μm . Pada acervuli akan ditemukan massa konidia. Apabila cendawan diisolasi pada media PDA akan menunjukkan koloni berwarna abu-abu gelap dengan tepian halus (Gambar 7).



Gambar 7. (a) Hifa pada medium AKD, (b) Konidia hialin dan berbentuk bulan sabit. Sumber: Nagaraj (2013).

c. Siklus Penyakit

Genus *Colletotrichum* merupakan cendawan yang dapat bertahan pada seresah tanaman dan benih selama musim dingin (di daerah subtropis). Pada kondisi lingkungan yang mendukung (suhu hangat dan lembap) konidia akan berkecambah dan terpecah. Patogen dari tanaman terinfeksi dapat didistribusikan oleh angin dan hujan. Patogen pada permukaan tanaman inang merupakan tahap inisiasi infeksi. Tahap infeksi dimulai dari jatuhnya konidia pada permukaan jaringan tanaman, didukung oleh kondisi daun lembap atau berembun. Konidia berkecambah dan penetrasi ke dalam jaringan tanaman. Setelah patogen masuk maka akan terjadi invasi di dalam jaringan sel yang menyebabkan jaringan mati. Pada perkembangan lebih lanjut terbentuk acervuli dan massa konidia. Pada tahap ini acervulus dapat langsung berkecambah dan kembali menginfeksi jika terdapat tanaman inang, namun sebaliknya jika tidak tersedia tanaman inang dan kondisi lingkungan tidak mendukung, maka acervulus akan bertahan pada seresah tanaman terinfeksi dan aktif menginfeksi kembali di musim berikutnya (Gambar 8). Infeksi dapat terjadi pada semua stadia pertumbuhan tanaman dan umumnya tubuh buah cendawan berkembang dan terlihat pada jaringan terinfeksi ketika tanaman mencapai umur panen (Jeschke 2015).



Gambar 8. Siklus penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* pada tanaman aneka kacang. Sumber: Agrios (2005) .

d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

Intensitas penyakit dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya adalah tanaman inang, patogen dan lingkungan. Faktor-faktor yang berpengaruh kejadian penyakit antraknosa pada tanaman kedelai.

a) Tersedianya Sumber Inokulum

Inokulan *C. truncatum* dapat bertahan pada seresah tanaman selama musim dingin dan ketika tanaman inang tidak tersedia. Pada kondisi lingkungan lembap dan hangat, dimana tanaman inang tersedia, patogen akan melanjutkan infeksi dan siklus ini akan terjadi secara berulang. Pada kasus lain *C. truncatum* diketahui merupakan cendawan terbawa benih, sehingga ketika benih yang terinfeksi ditanam, maka secara langsung benih tersebut tumbuh menjadi tanaman terinfeksi dan sumber inokulum. Sumber inokulum lainnya adalah tanaman aneka kacang yang menjadi inang alternatif. Keberadaan tanaman famili Leguminosae merupakan keuntungan bagi patogen untuk tetap bertahan di lahan.

b) Faktor Lingkungan

Kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan *C. truncatum* 25-30 °C (Laxman 2006), dengan pertumbuhan maksimal pada suhu 30 °C, sedangkan suhu optimal untuk sporulasi 20 °C (Wong *et al.* 1983). Pengaruh pH terhadap perkembangan pertumbuhan cendawan *C. Truncatum*, pada kisaran pH yang luas yakni 3-9, optimal pada 5,5-7,5. Apabila pH lebih rendah atau lebih tinggi akan mengakibatkan penurunan pertumbuhan (Shirshikar 1995). Pada kondisi di lapang cendawan ini diketahui akan berkembang lebih cepat pada kondisi suhu hangat dan lembap. Kondisi berembun lebih lama dari 12 jam per hari mempercepat proses perkembangannya.

c) Sistem Budidaya Tanaman

Ketersediaan tanaman inang sangat berpengaruh terhadap perkembangan patogen. Pola tanam monokultur sepanjang tahun, mendukung ketersediaan tanaman inang bagi patogen, sehingga siklus patogen tidak terputus. Selain itu penanaman famili Leguminosae dan tanaman lain yang merupakan inang patogen, sangat mendukung patogen untuk bertahan di lapang. Penentuan varietas yang digunakan sebaiknya merujuk pada sejarah lahan, jika lahan tersebut merupakan lahan endemik *C. truncatum*, maka pemilihan benih sehat dari varietas yang tahan merupakan pilihan yang tepat.

e. Pengendalian

Penyakit berkembang di lapang karena adanya patogen, inang dan lingkungan yang saling mendukung perkembangannya. Sumber inokulum penyakit berupa bagian tanaman, tanah, dan tanaman yang menjadi tempat hidup patogen. Kemampuan bertahan *C. truncatum* di lahan pada serasah tanaman dan benih, serta tanaman famili Leguminosae lainnya merupakan faktor utama pemicu kejadian penyakit. Pada kondisi tanaman inang tersedia dan lingkungan mendukung, maka patogen akan mudah menginfeksi dan berkembang pada tanaman inang. Oleh karena itu berbagai faktor penghambat perlu

ditekan untuk menghambat terjadinya penyakit atau peningkatan laju perkembangan penyakit. Beberapa teknik pengendalian *C. truncatum* sebagai berikut:

a) Benih sehat

Penggunaan benih sehat akan menjamin tanaman baru tidak terinfeksi diawal tumbuh. Tanaman yang terinfeksi sejak awal pertumbuhan, mengakibatkan pertumbuhan menjadi tidak maksimal dan bahkan mati. Selain itu menanam benih sehat akan meniadakan sumber penularan bagi tanaman lain. Sortir benih sebelum penanaman sangat dianjurkan.

b) Sanitasi lahan dan sisa tanaman terinfeksi

C. truncatum dapat bertahan pada seresah tanaman sakit. Ini menjadi pertimbangan penting untuk melakukan sanitasi lahan sebelum penanaman. Selain seresah tanaman, yang perlu diperhatikan adalah tanaman inang yang terinfeksi. Apabila dalam satu lahan terdapat beberapa tanaman yang terinfeksi, sebaiknya tanaman tersebut segera dicabut dan dibakar atau dibanamkan, untuk memutus daur penyakit.

c) Agensia hayati

Agensia hayati *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viren*, dan *Pseudomonas aeruginosa* digunakan sebagai perlakuan benih. Selain ramah lingkungan, agensia hayati juga menekan perkembangan penyakit tanaman dan meningkatkan hasil pertanian. Hasil penelitian Danial *et al.* (2013) menunjukkan bahwa aplikasi ketiga agensia hayati di atas mengakibatkan pengurangan kejadian penyakit sebesar 33,4-51,9%.

d) Pestisida nabati

Penggunaan pestisida nabati saat ini sangat direkomendasikan. Sifatnya yang mudah terdegradasi di alam, efektif, efisien menekan perkembangan penyakit dan mencegah kehilangan hasil menjadi satu pilihan yang tepat. Ekstrak rimpang lengkuas untuk perlakuan benih

kedelai menekan 100% kemunculan *Colletotrichum* spp. Selain itu, ekstrak rimpang lengkuas juga menekan perkecambahan konidia 76,20% dan meningkatkan pertumbuhan dan viabilitas benih (Yulia *et al.* 2015).

e) Rotasi tanaman

Sumber infeksi cendawan salah satunya berasal dari tanaman inang lain atau tanaman inang alternatif. Salah satu cara memutus rantai infeksi penyakit di lapang adalah dengan melakukan rotasi tanaman dengan tanaman bukan aneka kacang. Tanaman yang direkomendasikan adalah dari kelompok serealia.

f) Pestisida kimia

Pestisida kimia bila digunakan secara bijaksana dapat menjadi pilihan pengendalian terakhir ketika penggunaan metode lainnya belum dapat menekan perkembangan penyakit. Subedi *et al.* (2015) bahwa penggunaan bahan produk SAAF (Carbendazim 12% + Mancozeb 63%) 2,4 g/l air dan mancozeb 2,5 g/l air dapat menurunkan indeks persentase penyakit dan meningkatkan hasil. Fungisida berbahan aktif ditio-karbamat menginaktivasi kelompok sulfidril asam amino dan enzim cendawan yang mengakibatkan gangguan metabolisme lipid dan respirasi, sedangkan benzimidazol menghambat sintesa beta tubulin, pembentukan appresoria dan pertumbuhan miselia cendawan *Colletotrichum truncatum*.

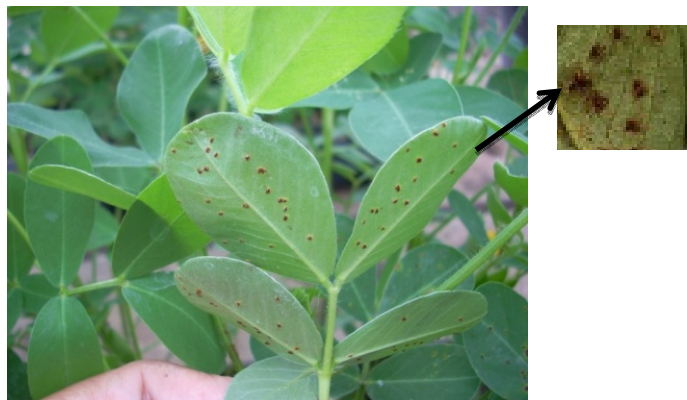
KACANG TANAH

1. PENYAKIT KARAT

Di Indonesia, penyakit karat pada kacang tanah merupakan penyakit penting ke dua setelah bercak daun. Penyakit ini tersebar luas di daerah sentra penghasil kacang tanah seperti Jawa Timur, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Kehilangan hasil mencapai 57% (Semangun 1991). Kehilangan hasil yang diakibatkan penyakit karat dapat mencapai 6–57% (Subramanyam dan Mc Donald 1984).

a. Gejala Penyakit

Gejala awal penyakit karat di kacang tanah ditandai dengan munculnya bercak klorotik kecil pada permukaan bawah daun, yang bentuknya tidak beraturan. Pada bercak tersebut tumbuh pustul yang merupakan kumpulan spora cendawan karat, berwarna kuning kecoklatan seperti karat besi, kalau dilihat lebih dekat tampak seperti adanya tekstur tepung. Pada umumnya gejala karat terdapat pada permukaan bawah daun (Gambar 9). Bercak tersebut berubah menjadi coklat atau coklat tua, membentuk pustul.



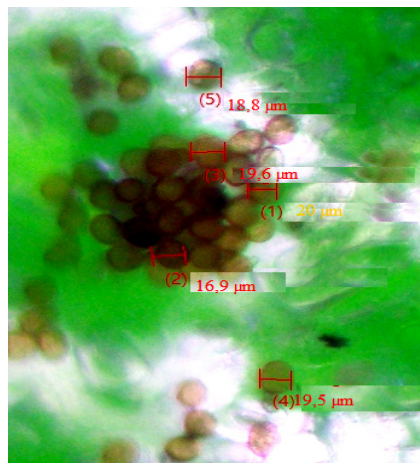
Gambar 9. Gejala penyakit karat pada daun kacang tanah (Foto: Sumartini)

b. Penyebab Penyakit

Penyakit karat disebabkan oleh cendawan *Puccinia arachidis* (Gambar 11), klasifikasi sistematik menurut Alexopoulos dan Mims (1979) adalah sebagai berikut:

Divisi	: Amastigomycota
Kelas	: Basidiomycetes
Sub kelas	: Teliomycetidae
Ordo	: Uredinales
Family	: Pucciniaceae
Genus	: Puccinia
Species	: <i>Puccinia arachidis</i>

Pustul yang terdapat pada atas dan bawah permukaan daun merupakan uredium. Uredium merupakan kumpulan urediospora (Gambar 10). Jika uredium pecah, akan ditemukan sejumlah urediospora yang menyerupai tepung.

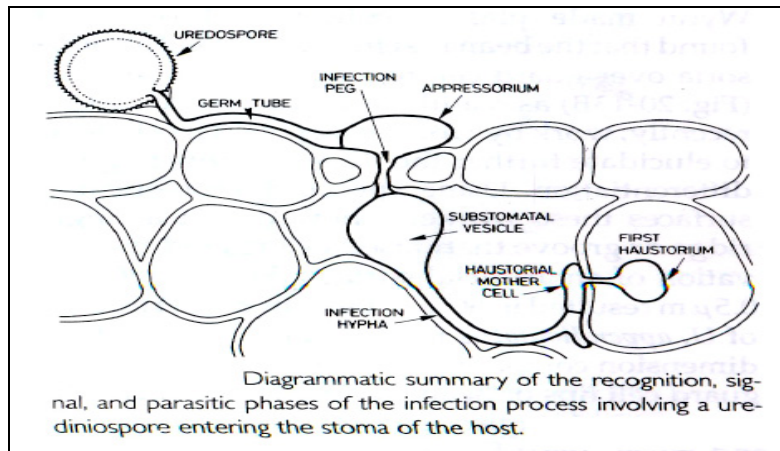


Gambar 10. Mikroskopis Urediospora cendawan *Puccinia arachidis* Speg., (Foto: Emerensia Uge)

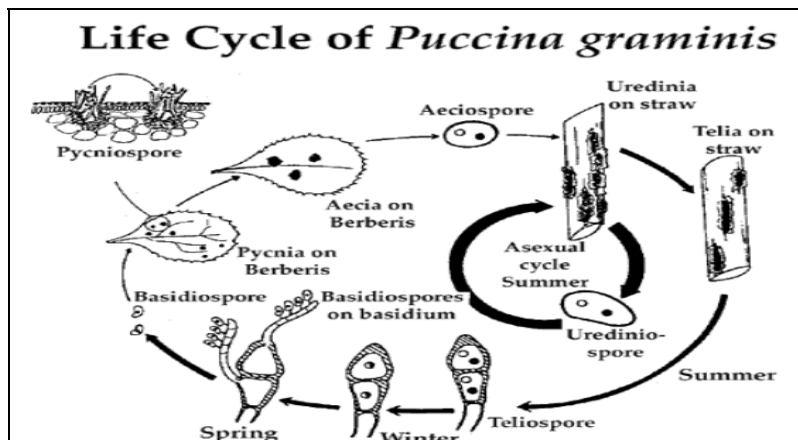
c. Siklus Penyakit

Siklus penyakit dimulai dari urediospora di udara jatuh pada daun kacang tanah. Urediospora masuk ke dalam jaringan tanaman melalui

stomata (Gambar 11). Setelah urediospora masuk, kemudian berkembang membentuk urediospora baru yang diterbangkan oleh angin, ke tanaman kacang tanah lain. Di daerah subtropis, terjadi stadium sempurna, teliospora berubah menjadi basidiospora dan berkembang membentuk aeciospora. Contoh siklus hidup lengkap untuk penyakit karat pada tanaman terigu, yakni siklus hidup seksual terjadi pada tanaman inang *berberis* (Gambar 12).



Gambar 11. Ujung tabung kecambah (*appresorium*) masuk ke dalam jaringan tanaman melalui lubang stomata. Sumber: Gulzar (2010)



Gambar 12. Siklus hidup cendawan *Puccinia graminis*. Sumber: Gulzar (2010)

d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

a) Lingkungan

Urediospora bertahan hidup selama 20 hari di lapangan, pada suhu berkisar 25-28 °C, dan perkecambahan maksimum pada suhu 25 °C. Kelembapan untuk infeksi dan pembentukan pustul adalah 78% (Sunkad dan Kulkarni 2007). Selain itu, perkembangan cendawan *P. arachidis* juga dipengaruhi oleh kecepatan angin dan curah hujan. Hasil penelitian Sunkad dan Kulkarni (2007) dan Arsule dan Pande (2011), membuktikan penyakit karat banyak terjadi selama bulan September. Selanjutnya Arsule dan Pande (2011) menyatakan bahwa urediospora paling banyak diperoleh pada suhu 24,7 °C, kelembapan 74%, kecepatan angin 5,8 km/jam, dan tidak terjadi hujan. Menurut Sunkad dan Kulkarni (2007) kacang tanah berumur 10–90 hari masih dapat terinfeksi oleh *P. arachidis*, namun infeksi umumnya pada tanaman berumur 30-50 hari.

b) Tanaman Inang

P. arachidis adalah parasit obligat. Pada kondisi tanaman inang utama tidak tersedia di lapang, cendawan akan hidup pada inang lain. Subrahmayam *et al.* (1983) menyebutkan 30 genotipe yang digunakan untuk memperoleh kisaran ketahanan terhadap penyakit karat terdiri atas *Arachis hypogaea fastigiata* (tipe Spanish) dan *Arachis hypogaea vulgaris* (tipe Valencia) dengan cara diinokulasi dengan urediospora pada konsentrasi 50.000 spora/ml.

e. Pengendalian

Beberapa taktik pengendalian penyakit karat yang dapat diterapkan adalah varietas tahan, sanitasi, rotasi tanaman, cendawan antagonis, fungisida nabati, dan fungisida kimiawi.

a) Varietas Tahan

Varietas unggul baru kacang tanah tahan penyakit karat adalah Takar 1 dan Takar 2. Pada tahun 2009 telah dilakukan pengujian ketahanan 120 genotipe koleksi plasmanutfah kacang tanah di Balai

Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi terhadap penyakit karat. Diperoleh satu genotipe yang tahan, yaitu Mlg A0099 (Sumartini 2011). Masih sulit memperoleh ketahanan terhadap penyakit karat sebelum dilepasnya varietas Takar 1 dan Takar 2. Di masa mendatang ketersediaan berbagai varietas kacang tanah yang memiliki ketahanan penyakit karat harus terus dikembangkan karena cara pengendalian ini mudah dilakukan, ekonomis, dan ramah lingkungan.

Ketahanan tanaman kacang tanah terhadap penyakit karat daun secara genetik dideskripsikan sebagai pola pewarisan yang disandikan dengan 9:7 yang dikendalikan oleh gen resesif rangkap (Santoso 2007). Kacang tanah rentan umur 11 minggu kerapatan stomatanya berkisar 1.550–1.670 buah/mm², sedangkan yang toleran berkisar 1.280–1.330 buah/mm². Pada umur setelah 11 minggu jumlah stomata sudah tidak dapat dijadikan penciri ketahanan terhadap penyakit karat. Sommartya dan Patcharee (1995) menambahkan bahwa daun kacang tanah yang rentan (Tainan 9) mempunyai jumlah stomata lebih banyak daripada daun kacang tanah yang tahan. Selain itu dilaporkan jumlah trikhoma pada daun kacang tanah yang tahan lebih banyak dibanding dengan yang rentan.

b) Sanitasi dan Rotasi Tanaman

Spora *P. arachidis* menyebar melalui angin dan air. Sehingga menyulitkan dalam pengendaliannya. Hingga saat ini dilaporkan belum ada inang alternatif *P. arachidis*. Sanitasi lingkungan di sekitar pertanaman kacang tanah diperlukan untuk mengantisipasi adanya sumber inokulum dari volunteer kacang tanah dan gulma sebagai inang alternatifnya. Rotasi tanaman untuk mengurangi populasi inokulum awal. Rotasi akan memutus siklus hidup *P. arachidis*, apabila di lahan sekitarnya masih terdapat tanaman kacang tanah, maka infeksi *P. arachidis* pada kacang tanah yang dibudayakan dapat terjadi.

c) Agens hayati

Agens Hayati cendawan dapat mengeluarkan enzim yang dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit karat, seperti *Myrothecium verrucaria* (Govindsamy *et al.* 1998) dan *Acremonium obclavatum*

dapat mengeluarkan khitinase (Gunaratna dan Balasubramanian 1994). Di antara cendawan antagonis berikut: *Acremonium persicinum*, *Eudarluc caricis*, *Penicillium islandicum*, *Tuberculina costaricana* dan *Verticillium lecanii*, tingkat penghambatan terhadap perkecambahan (*in vitro*) dan perkembangan (*in vivo*) urediospora tertinggi pada *Verticillium lecanii* (Ghewande 1990). Selain itu, bakteri *Bacillus subtilis* juga berperan sebagai agens hayati penyakit karat karena mengeluarkan enzim khitinase (Manjula *et al.* 2004). Saksirirat dan Hoppe (1989) mengamati perkembangan cendawan mikoparasit dengan mikroskop elektron dan diketahui banyak spora yang rusak berat tanpa adanya miselium di dalamnya.

Mekanisme hiperparasit terjadi pada aplikasi konidia *F. chlamydosporum* mampu menurunkan jumlah pustul 4–49% baik pada daun yang dipetik maupun daun pada tanaman hidup. Urediospora *P. arachidis* dengan cepat dikolonisasi oleh konidia *F. chlamydosporum* sehingga tidak mampu untuk berkecambah (Mathivanan dan Murugesan 2000). Di Indonesia, cara pengendalian ini berhasil di perkebunan coklat dan kopi karena ekosistemnya menunjang yaitu teduh dan agak lembab sesuai untuk perkembangan agens hayati. Ekosistem kacang tanah yang terik panas mengurangi keberhasilan. Sehingga diantisipasi aplikasi pada sore hari. Kondisi lingkungan di sore sampai pagi memberi peluang agens hayati untuk masuk ke dalam jaringan tanaman. Setelah aplikasi agens hayati, tanah perlu diairi supaya lingkungan menjadi lembap. Potensi penggunaan bakteri sebagai agen hayati juga besar karena bakteri masuk ke dalam jaringan tumbuhan dan mengikuti transportasi cairan di dalam sel tanaman, sehingga terhindar paparan panas matahari secara langsung.

d) Pestisida hayati

Penggunaan bahan nabati untuk pengendalian penyakit karat pada kacang tanah akhir-akhir ini banyak diterapkan. Hasil penelitian di India menyatakan bahwa ekstrak *Hemionitis arifolia* mampu menghambat urediospora *P. arachdis* secara *in vitro* sebesar 65,4% (Sahayaraj *et al.* 2009).

2. PENYAKIT BERCAK DAUN

Penyakit bercak daun sebagai penyakit utama kacang tanah tersebar di seluruh negara-negara produksi kacang tanah di dunia, termasuk Indonesia. Penyakit ini umumnya terjadi pada fase generatif, dan serangan terparah pada fase pengisian polong. Petani sering beranggapan bercak daun bukan penyakit yang perlu dikendalikan, dan dianggap tanda tanaman kacang tanah sudah waktunya dipanen. Di Indonesia bercak daun telah tersebar luas di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Bali, dan Lombok. Kehilangan hasil kacang tanah akibat infeksi bercak daun berkisar 15-80% (Siddaramaiah *et al.* 1977). Di Indonesia, kehilangan hasil pada varietas lokal mencapai 50% (Semangun 1991), sedangkan varietas unggul berkisar antara 12–22% seperti pada Tabel 1 (Purnomo *et al.* 2004).

Tabel 1. Kehilangan hasil akibat penyakit bercak daun pada kacang tanah. Muneng Musim Kemarau 1991 dan Jambegede Musim Kemarau 1992

Varietas	Hasil (t/ha)		Kehilangan hasil (%)
	P 0	P 1	
Sima	1,9	2,5	22
Bison	2,1	2,5	15
Singa	2,3	2,8	18
Jerapah	1,9	2,2	16
Panter	2,0	2,4	18
Badak	2,2	2,8	20
Domba	2,3	2,6	12
Kelinci	2,4	2,7	13
Rata-rata	2,1	2,6	16,75

Keterangan: P0 = Tanpa fungisida, P1 = Dengan fungisida; Sumber: Purnomo *et al.* (2004)

a. Gejala Penyakit

Gejala bercak terdapat pada daun-daun bagian bawah, kemudian berkembang ke arah daun di atasnya. Gejala tanaman yang terinfeksi cendawan ditunjukkan adanya bercak kecil pada daun-daun di bagian bawah, bercak kemudian melebar dan menyatu sehingga membentuk bercak besar, yang menyebabkan daun mengering dan rontok. Gejala

umumnya muncul pada 30-50 hst (Gambar 13).



Gambar 13. Gejala bercak daun yang disebabkan oleh *Cercospora* sp.
Foto: Syaiful Nur Huda (komunikasi pribadi)

b. Penyebab Penyakit

Penyakit bercak daun disebabkan oleh dua jenis cendawan, yaitu *Cercospora arachidicola* dan *Cercospora personata* (Bercak yang disebabkan oleh *C. arachidicola* berwarna coklat muda hingga coklat tua ditandai dengan warna kuning di sekitar bercak (halo kuning), sedangkan gejala akibat infeksi *C. personata* cenderung lebih hitam. Klasifikasi *C. arachidicola* menurut Hori dan *C. personata* menurut Berk dan Curtis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 : Perbedaan cendawan *Cercospora arachidicola* dan *Cercospora personata*

	<i>C. arachidicola</i>	<i>C. personata</i>
Divisi	: Ascomycota	Ascomycota
Kelas	: Dothideomycetes	Dothideomycetes
Sub kelas	: Dothideomycetidae	Dothideomycetidae
Ordo	: Capnodiales	Mycosphaerellales
Family	: Mycosphaerellaceae	Mycosphaerellaceae
Genus	: Cercospora	Mycosphaerella Johansen
Species	: <i>C. arachidicola</i>	<i>Mycosphaerella berkeleyi</i> (WA Jenkins) Synonym <i>Cercospora personata</i>

Di daerah beriklim subtropis, cendawan membentuk pseudotesium yaitu kantung askus (askokarp) yang di dalamnya terdapat askus berisi askospora yang disebut *Mycosphaerella arachidis*. Biasanya cendawan *C. arachidicola* menginfeksi kacang tanah pada fase pertumbuhan yang lebih awal daripada *C. personata*. Berdasarkan waktu infeksi maka bercak yang disebabkan oleh *C. arachidicola* disebut penyakit bercak daun awal (*early leaf spot*), sedangkan yang disebabkan oleh *C. personata* disebut bercak daun akhir (*late leaf spot*).

Tangkai konidium (konidiofor) *C. arachidicola* berbentuk tabung panjang, lekuk seperti lutut, tidak berwarna, tumbuh berkelompok (rumpun). Konidium berbentuk seperti gada dan bersekat, terdiri atas 3–4 ruas (Gambar 14). Konidium cendawan *C. personata* lebih besar dan lebih panjang daripada *C. arachidicola*. Cendawan *C. personata* mempunyai askospora yang disebut *Mycosphaerella berkeleyii*. Konidiofor dibentuk di dalam stroma yang umumnya terdapat pada permukaan bawah daun.



Gambar 14. Konidium *Cercospora arachidicola* berbentuk seperti gada dan bersekat. (Foto: Sumartini)

c. Siklus Penyakit

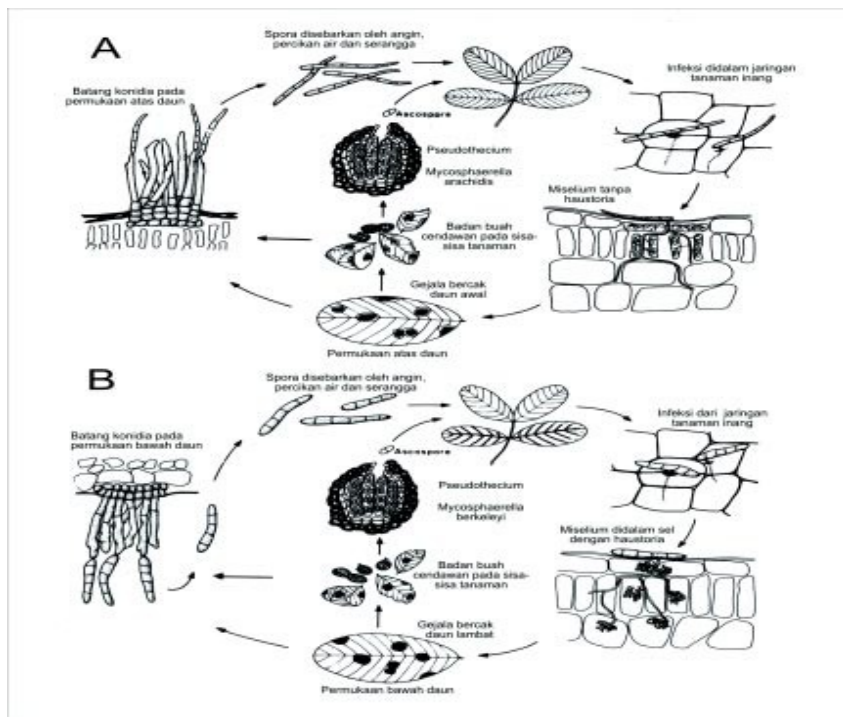
Cendawan bercak daun mempertahankan diri dari musim ke musim pada sisa-sisa tanaman atau pada kacang tanah yang tumbuh

liar. Siklus penyakit dimulai dengan lepasnya spora dari permukaan atas daun yang terinfeksi, kemudian menginfeksi daun yang sehat, miselium masuk ke jaringan tanaman inang tanpa haustoria, sehingga daun yang terinfeksi menunjukkan gejala bercak. Badan buah cendawan selain terdapat pada jaringan daun yang terinfeksi juga terdapat pada sisa-sisa tanaman. Di daerah subtropis, pada musim dingin badan buah cendawan yang bertahan pada sisa-sisa tanaman langsung membentuk pseudotesium. Pseudotesium bersifat tahan pada suhu rendah dan di dalamnya terdapat masa spora yang disebut askospora. Askospora ini dapat langsung menginfeksi daun sehat. Siklus penyakit bercak daun lambat hampir sama, hanya berbeda letak pertumbuhan cendawan berada pada permukaan daun bawah, dan terbentuk haustoria saat infeksi, selain itu tanaman tua dapat menjadi sumber infeksi bagi pertanaman baru yang berada di dekatnya (Gambar 15). Sampai sekarang belum diketahui inang selain kacang tanah dan tidak terdapat bukti bahwa cendawan *C. arachidicola* dapat bertahan di dalam biji.

d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

Di Indonesia kisaran suhu mendukung perkembangan penyakit bercak daun sepanjang tahun. Sumber inokulum selalu tersedia, sehingga kacang tanah yang ditanam akan berpeluang terinfeksi penyakit bercak daun. Perkembangan bercak daun awal terjadi pada suhu minimal, optimal, dan maksimal yakni 10 °C, 25 °C, dan 31°C. Pada cuaca lembap, penyakit berkembang cepat pada tanaman berumur 40–45 hari, sedangkan pada cuaca kering pada umur 70 hari. Apabila kelembapan udara sekitar 95% maka proses penetrasi terjadi selama 6–8 jam. Pada kelembapan yang rendah proses penetrasi lebih lama (Semangun 1991). Ketahanan kacang tanah mempengaruhi epidemi penyakit. Ketebalan jaringan palisade dan ukuran stomata mempengaruhi ketahanan tanaman (Holliday 1980). Jika jaringan palisade tipis atau ukuran stomata lebar maka semakin mudah bagi cendawan untuk penetrasi. Selain itu kandungan riboflavin dan asam

askorbat mempengaruhi ketahanan kacang tanah. Selanjutnya dikatakan bahwa kesuburan tanah juga mempengaruhi perkembangan penyakit. Pada lahan yang kekurangan unsur magnesium (Mg) intensitas penyakit bercak daun makin meningkat. Konidium *C. arachidicola* dapat dipencarkan oleh angin, serangga, air hujan, dan alat-alat pertanian. Infeksi dapat terjadi pada kedua permukaan daun, meskipun infeksi melalui epidermis permukaan daun atas lebih banyak terjadi (Singh 1969).



Gambar 15. Siklus penyakit bercak daun awal oleh *Cercospora arachidicola*.
Sumber: Mc Donald *et al.* 1985.

e. Pengendalian

Bercak daun kacang tanah termasuk penyakit yang lambat perkembangannya (periode laten 13–39 hari), namun peluang kacang tanah terinfeksi sangat besar. Pemantauan penyakit bercak daun dimulai saat kacang tanah berumur tiga minggu. Pengendalian penyakit dilakukan apabila intensitas serangan telah mencapai 5%

untuk varietas tahan, sedangkan untuk varietas yang rentan apabila terdapat satu bercak saja di dalam areal pertanaman sudah harus dilakukan pengendalian. Beberapa cara pengendalian yang dapat diterapkan adalah varietas tahan, sanitasi, agens hayati, fungisida nabati dan fungisida kimiawi.

a) Varietas Tahan

Beberapa varietas kacang tanah di Balitkabi memiliki sifat tahan terhadap bercak daun yakni varietas Panter dan Domba, sedangkan yang agak tahan adalah Bison, Jerapah, Kelinci, dan Badak (Purnomo *et al.* 2004). Trustinah (2006) juga melaporkan beberapa galur kacang tanah memiliki sifat agak tahan (Tabel 3).

Tabel 3. Koleksi sumberdaya genetik kacang tanah di Balitkabi yang agak tahan penyakit bercak daun

No.	No.Koleksi	Asal Koleksi	Skor Bercak daun	Ketahanan (*)
1.	MLG7635	Trenggalek	4	AT
2.	MLG7636	Ponorogo	4	AT
3.	MLG7641	Lamongan	4	AT
4.	MLG7642	Lamongan	3	AT
5.	MLG7642	Lamongan	4	AT
6.	MLG7644	Mojokerto	3	AT
7.	MLG7645	Pasuruan	4	AT
8.	MLG7646	Ujung Pandang	4	AT
9.	MLG7646	Ujung Pandang	4	AT
10.	MLG7648	Barru	4	AT
11.	MLG7649	Barru	4	AT
12.	MLG7668	Sleman	4	AT
13.	MLG7671	Klaten	4	AT

Keterangan: (*) Skor 1–2 = Tahan (T), 3–4 =Agak Tahan (AT), 5–6 = Agak Rentan (AR), 7–8 = Rentan (R);– = tidak ada. (Sumber: Trustinah 2006).

b) Sanitasi dan Rotasi Tanaman

Sifat cendawan yang dapat bertahan hidup di dalam tanah dalam periode waktu yang lama (3-4 tahun) mengharuskan pengelolaan yang baik pada lahan (Hagan 1998), salah satunya adalah sanitasi dan rotasi tanaman.

c) Agens Hayati

Beberapa jenis bakteri atau cendawan dapat menjadi agens hayati *Cercospora*. Cendawan *Dycima pulvinata* (Berk dan Curt) dan *V. lecani* juga dapat memparasit *C. arachidicola* dan *C. personatum* (Subrahmanyam dan Mac.Donald 1993). Shovan *et al.* (2008) menjelaskan bahwa isolat Tricoderma dari rizosfer maupun rizoplan mampu menghambat perkembangan *Cercospora dematium* dengan nilai penghambatan 50-89%. Efektifitas *Trichoderma viridae* dan *Pseudomonas fluorescens* konsentrasi 5% juga dikonfirmasi oleh Kumar *et al.* (2017) pada *Cercospora* spp. yang menginfeksi kacang tanah dengan nilai insidensi penyakit masing-masing sebesar 22,2% dan 20,2%. Pemanfaatan agens hayati di lapang dapat dikombinasikan dengan teknik pengendalian lainnya sehingga berkesinambungan dan menjaga ekosistem dalam kondisi aman dan sehat.

d) Fungisida Nabati

Pengendalian penyakit bercak daun kacang tanah menggunakan fungisida nabati di Indonesia belum banyak dilaporkan. Di India Shovan *et al.* (2008) dalam skala laboratorium, menyatakan ekstrak bawang putih, jahe, bawang merah, dan mimba mampu menghambat pertumbuhan dan berat kering miselia. Ekstrak terbaik adalah jahe 20%. Kumar *et al.* (2017) mengkonfirmasi efektifitas minyak mimba (5%), minyak jahe (4%), minyak bawang merah (4%) mampu menurunkan insidensi penyakit masing-masing 23,3%, 23,7% dan 24,4%. Potensi lainnya juga dilaporkan oleh Ambang *et al.* (2011) yaitu ekstrak tepung biji Oleander (*Thevetia peruviana*) menurun infeksi menjadi 37,3%.

e) Pestisida Kimiawi

Pengendalian kimiawi dengan fungisida sintetis terhadap penyakit bercak daun umum dilakukan. Beberapa fungisida yang efektif terhadap penyakit bercak daun adalah mancozeb dan carbendazim, benomil, bitertanol, khlorotalonil, binomil dan bitertanol secara bergantian, propineb, halakrinat, atau tiofanat metil (Anonim 2001). Pengendalian dengan fungisida dilakukan saat kacang tanah berumur

4, 6, 8, dan 10 minggu (Hardaningsih 1993). Penyemprotan tiofanat metil dan triadimefon masing-masing dua kali untuk mengendalikan penyakit bercak daun dan karat, mampu menekan intensitas serangan bercak daun, karat dan layu masing-masing sebesar 68%, 7%, dan 0,7%, serta menekan kehilangan hasil sebesar 0,23 t/ha. Lebih lanjut Saleh dan Hardaningsih (1997) menyatakan bahwa pengendalian penyakit bercak daun dan karat dengan tiofanat metil pada kacang tanah yang tahan cukup dua kali dalam semusim yaitu pada umur 49 dan 63 hari, sedangkan untuk yang rentan penyemprotan dilakukan setidaknya empat kali. Contoh lain, di Amerika Serikat, pengendalian penyakit bercak daun, dengan fungisida dimulai saat kacang tanah berumur kurang dari 35 hari dengan interval waktu 10–14 hari (Hagan 1998).

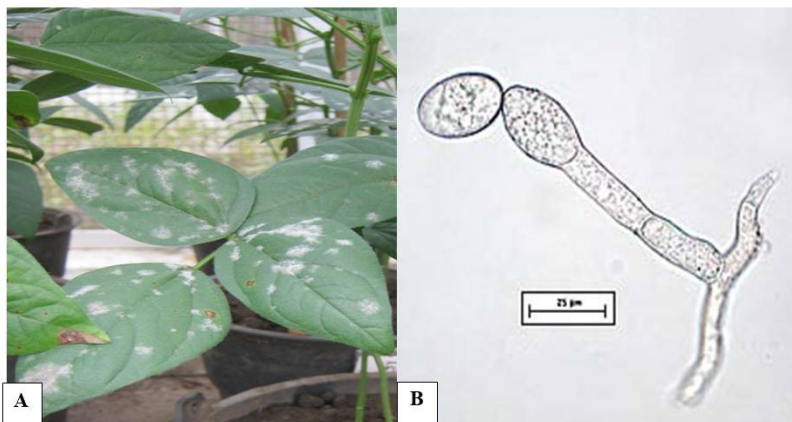
KACANG HIJAU

1. PENYAKIT EMBUN TEPUNG

Salah satu penyakit utama pada kacang hijau adalah embun tepung. Meskipun telah lama diketahui namun jarang dikendalikan karena keterbatasan pengetahuan petani terhadap penyakit tersebut. Penyakit embun tepung tersebar luas di seluruh negara sentra produksi kacang hijau, meliputi India, Pakistan, Thailand, China, Myanmar, dan Indonesia (Khodaparast dan Abbasi 2009, Nair *et al.* 2014). Penurunan hasil kacang hijau akibat penyakit embun tepung di Thailand mencapai 26,2% (Tantanapornkul *et al.* 2005). Petani jarang mengendalikan penyakit embun tepung, dan jika dikendalikan masih menggunakan fungisida yang tidak ramah lingkungan.

a. Gejala Penyakit

Gejala penyakit embun tepung adalah adanya tepung putih yang merupakan kumpulan konidia dan konidiofor cendawan (Gambar 16a dan 16b). Gejala tersebut hampir sama dengan embun tepung pada beberapa tanaman lainnya.



Gambar 16. a) Gejala embun tepung pada kacang hijau, b) Konidia *Erysiphe polygoni* . (Foto: Sumartini)

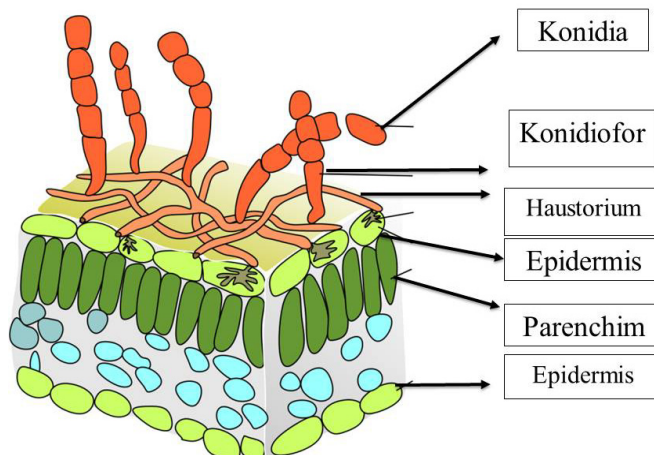
b. Penyebab Penyakit

Menurut Grau (2006) penyakit embun tepung pada kacang hijau oleh *Erysiphe polygoni*. Klasifikasi cendawan penyebab embun tepung menurut Tjitrosoepomo (1984) adalah sebagai berikut:

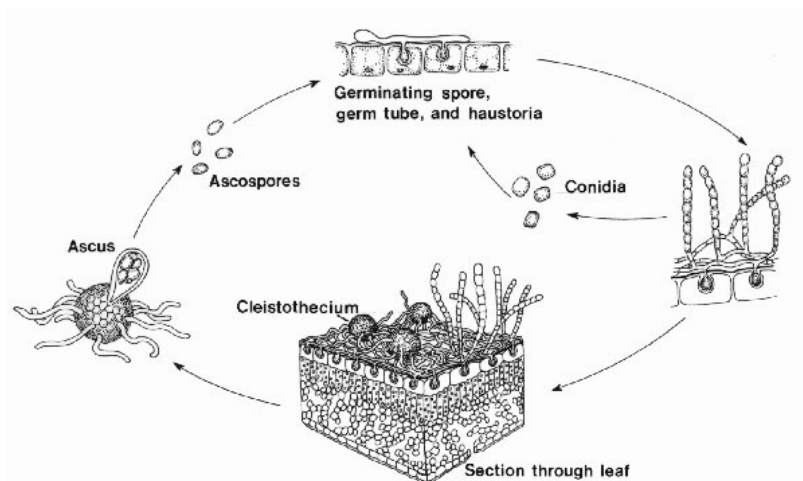
Divisi	: Eumycota
Sub Divisi	: Ascomycotina
Kelas	: Pyrenomycetec
Ordo	: Erysiphales
Family	: Erysiphe
Genus	: Erysiphe
Species	: <i>Erysiphe polygoni</i>

c. Siklus Penyakit

Jika cuaca mendukung, maka konidium akan membentuk haustorium untuk menginfeksi tanaman. Haustorium berkembang di dalam sel-sel daun, menghisap cairan nutrisi tanaman, sehingga proses metabolisme terganggu. Selain itu, konidium dan konidiofor yang berada di permukaan atas daun akan menutupi proses fotosintesis. Konidia yang berada di permukaan daun berkecambah membentuk haustorium (Gambar 17) dan berkembang ke dalam sel-sel epidermis daun kacang hijau kemudian membentuk konidia dan konidiofor pada permukaan daun. Sebagian konidia akan berkembang membentuk kleistotesium. Kleistotesium yang berada pada permukaan daun berkembang membentuk askus. Selanjutnya, askus akan membentuk askospora dan menginfeksi daun-daun (Gambar 18).



Gambar 17. Irisan melintang daun yang terinfeksi *Erysiphe polygoni*
Sumber: Rasbak (2016)



Gambar 18. Siklus penyakit embun tepung pada kacang hijau.
Sumber: Shumann (2016)

d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

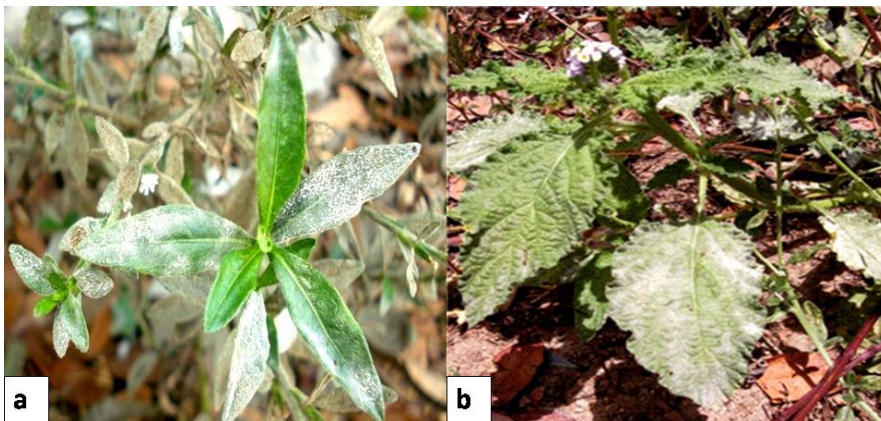
a) Faktor Lingkungan

Adanya tanaman inang rentan, inokulum yang agresif, dan kondisi cuaca yang sesuai sangat mendukung perkembangan penyakit. Di Indonesia, aneka kacang banyak ditanam pada lahan setelah panen padi. Pada musim kemarau pertama sebagian lahan masih bisa ditanami padi, sedangkan pada musim kemarau kedua sebagian besar

petani kita menanam palawija termasuk aneka kacang, pilihan utamanya kedelai, kacang tanah, atau kacang hijau. Saat itu bertepatan pada bulan Juni atau Juli, disaat suhu udara di Indonesia agak rendah. Suhu rendah pada pagi hari dan panas pada siang hari merupakan cuaca yang cocok untuk penyakit embun tepung. Apalagi bila disertai dengan kelembapan rendah dan suasana teduh. Menurut Ilag (1978) dalam Sumartini dan Rahayu (2017), suhu dan kelembapan udara yang sesuai untuk perkembangan penyakit embun tepung berkisar 22-26 °C dan 80–88%.

b) Tanaman Inang

Tanaman bukan aneka kacang yang menjadi inang embun tepung di antaranya adalah tomat *Lycopersicum esculentum* dan bit gula *Beta vulgaris*. Beberapa macam gulma berperan sebagai inang alternatif bagi cendawan penyebab embun tepung adalah patikan kebo (*Euphorbia hirta*), asterase (*Pseudoelephantopus spicatus*) (Gambar 19a) dan buntut tikus (*Heliotrophium indicum*) (Gambar 19b).



Gambar 19. a) Gulma asterase *P. spicatus*, b) buntut tikus *H. indicum* yang terserang cendawan embun tepung di lapangan. (Foto: Sumartini)

e. Pengendalian

Pengendalian penyakit embun tepung dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti: varietas tahan, fungisida nabati, sanitasi, rotasi tanaman, fungisida kimia.

a) Varietas Tahan

Menanam varietas tahan merupakan cara pengendalian yang efektif, karena murah dan ramah lingkungan. Kacang hijau Vima 1 tahan terhadap penyakit embun tepung. Beberapa varietas unggul kacang hijau yang juga tahan penyakit embun tepung disajikan pada Tabel 4. Vima 2 yang mempunyai hasil tinggi, umur genjah, masak serempak, juga dinyatakan tahan terhadap penyakit embun tepung.

Tabel 4. Ketahanan beberapa varietas kacang hijau terhadap embun tepung

Varietas	Produktivitas (t/ha)	Ketahanan
Camar	1,35	Tahan Embun Tepung
Merpati	1,2-1,8	Tahan Embun Tepung
Kutilang	1,13-1,96	Tahan Embun Tepung
Vima 1	1,38-1,76	Tahan Embun Tepung

Sumber: Balitkabi (2016)

b) Fungisida Nabati

Bahan fungisida nabati seperti ekstrak biji mimba, minyak cengkeh atau ekstrak bawang merah (Gambar 20) dapat menekan intensitas penyakit embun tepung. Minyak cengkeh lebih efektif menekan intensitas penyakit embun tepung daripada ekstrak bawang merah, ekstrak biji mimba (50 gram/liter) dan dapat menekan intensitas penyakit embun tepung sampai 38% (Tabel 5).



Gambar 20. Penyemprotan dengan ekstrak cengkeh lebih efektif dari pada bawang merah dapat menghambat perkembangan embun tepung. (Foto: Sumartini)

Tabel 5. Intensitas serangan penyakit embun tepung (*Erysiphe polygoni*) pada kacang hijau. di Kudus. Musim Tanam Tahun 2009

Perlakuan	Intensitas penyakit embun tepung pada umur 51 hari (%)	Penghambatan (%)	Kehilangan hasil yang dapat diselamatkan (%)
P1	0,00 a	100	52
P2	8,00 b	75	83
P3	0,00 a	100	80
P4	20,00 c	38	70
P5	22,00 c	31	19
P6	32,00 d	-	-

Keterangan: P1 = hexaconazol 1 cc/liter (14, 21, dan 28 hst + difenoconazol 1 cc/liter (35 dan 42 hst); P2 = hexaconazol (Anvil*) 1 cc/liter (14, 21, dan 28 hst); P3 = difenoconazol (Score*) 1 cc/liter (30, 37, dan 42 hst); P4 = ekstrak biji mimba 1 cc/liter (25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 hst); P5 = minyak cengkeh 1cc/liter (25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 hst); P6 = air, seminggu sekali.
Sumber : Radjid *et al.* (2009).

c) Fungisida Hayati

Cendawan *Ampeomyces quisqualis* merupakan antagonis dari *E. polygoni*, terbukti efektif menekan pertumbuhan *E. polygoni* yang menginfeksi kacang hijau. Aplikasi suspensi konidia cendawan *A. quisqualis* di tingkat laboratorium sebesar 10^7 spora/ml air, dan disarankan bisa menggunakan kerapatan 10^6 /ml air untuk aplikasi di lapangan (Yusnawan dan Hardaningsih 2006).

d) Sanitasi

Membersihkan gulma yang berperan sebagai inang alternatif *E. polygoni*. Cendawan *E. polygoni* bisa disebut kosmopolitan karena inangnya luas meliputi Leguminaceae, Cucurbitaceae, apel, anggur, melon dan lainnya.

e) Rotasi Tanaman

Rotasi tanaman akan memutus siklus hidup suatu mikroorganisme yang bertindak sebagai patogen penyebab penyakit. Pergiliran tanaman setelah kacang hijau harus mempertimbangkan jenis tanamannya, sebaiknya memilih yang bukan inang dari *E. polygoni*.

f) Pemupukan

Senyawa sulfur dan seng merupakan nutrisi mikro yang dibutuhkan oleh tanaman. Fungsinya adalah untuk meningkatkan jumlah klorofil. Hasil penelitian di India menyatakan pemupukan tanaman padi pada pola tanam padi-lentil (*Leguminosae*) dengan campuran 40 kg/ha sulfur dan seng 6 kg/ha dapat menekan intensitas penyakit embun tepung sebesar 10% dan meningkatkan bobot biomasa sebesar 14% (Sing *et al.* 2013).

g) Fungisida Kimia

Diantara delapan fungisida yang diuji, fungisida yang berbahan aktif heksakonazol merupakan fungisida yang efektif mengendalikan penyakit embun tepung (Tabel 6).

Tabel 6. Intensitas penyakit embun tepung pada aplikasi beberapa macam fungisida Kendalpayak. Musim Kemarau Tahun 1999

No	Fungisida	Intensitas serangan (%) pada umur		
		30 hari	37 hari	42 hari
1	Oksitiokuinoks	1,40 b	2,10 b	4,20 c
2	Spirokonazol	2,50 b	1,20 b	4,40 cd
3	Heksakonazol	1,12 b	1,50 b	0,40 d
4	Propineb	1,30 b	1,90 b	1,90 cd
5	Mancozeb	1,20 b	1,20 b	3,50 c
6	Kaptan	1,40 b	1,40 b	4,70 c
7	Altan	1,90 b	3,80 b	17,48 b
8	Tembaga oksikhlorida	1,60 b	2,20 b	8,30 bc
9	Tanpa fungisida	15,20 a	30,50 a	42,33 a

Sumber: Sumartini *et al* (2002)

2. PENYAKIT BERCAK DAUN

Bercak daun merupakan salah satu penyakit utama kacang hijau. Tidak hanya di Indonesia, tetapi juga di Asia seperti Filipina, Malaysia, Thailand, India, Bangladesh, dan Pakistan. Di Indonesia penyakit ini diketahui di seluruh sentra produksi kacang hijau. Infeksi *C. canescens* pada kacang hijau menyebabkan kehilangan hasil 46-61% di lahan (Iqbal *et al.* 1995; Kapadi dan Dhuruj 1999, Sompong *et al.* 2011).

a. Gejala Penyakit

Gejala infeksi umumnya mirip dengan infeksi spesies *Cercospora* lainnya. Bercak pada daun terinfeksi umumnya berbentuk agak bundar hingga tidak beraturan, dan umumnya berwarna coklat, bagian tengah berwarna keabu-abuan dan dikelilingi oleh bercak coklat kemerahan dengan bentuk permukaan agak tertekan (Gambar 21). Pada varietas rentan menyebabkan gejala defoliiasi prematur pengurangan ukuran polong dan biji (Grewal *et al.* 1980). Penyakit bercak daun mulai muncul saat tanaman berumur tiga minggu, kemudian berkembang. Penyebaran penyakit melalui angin ataupun serangga, dan cendawan menginfeksi tanaman dengan cara penetrasi langsung melalui mulut daun atau sel-sel epidermis (Semangun 2004).



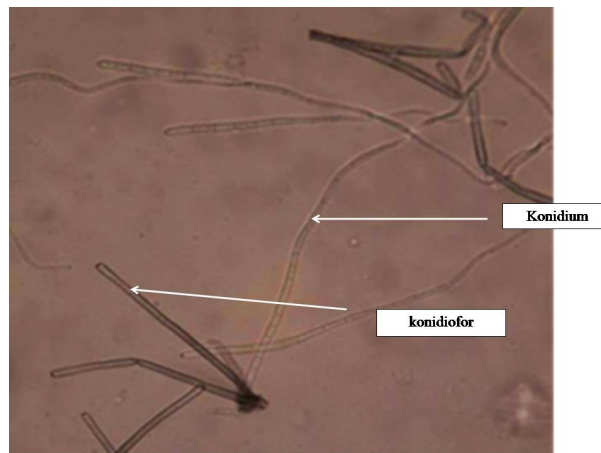
Gambar 21. Gejala penyakit bercak daun pada kacang hijau (Foto: Sumartini)

b. Penyebab Penyakit

Penyakit bercak daun disebabkan oleh cendawan *Cercospora canescens* dan *Cercospora cruenta*, tetapi *C. canescens* (Elis dan Martin) lebih banyak ditemukan di lapangan. *C. canescens* memiliki kisaran inang luas di antaranya amaranthus, enceng gondok, kacang tunggak, kedelai, kacang polong, tomat, dan kacang bambara. Klasifikasi cendawan ini menurut Ellis dan G. Martin yakni sebagai berikut:

Divisi	: Ascomycota
Sub Divisi	: Pezizomycotina
Kelas	: Dothideomycetes
Ordo	: Capnodiales
Family	: Mycosphaerellaceae
Genus	: Mycosphaerella
Species	: <i>Cercospora canescens</i>

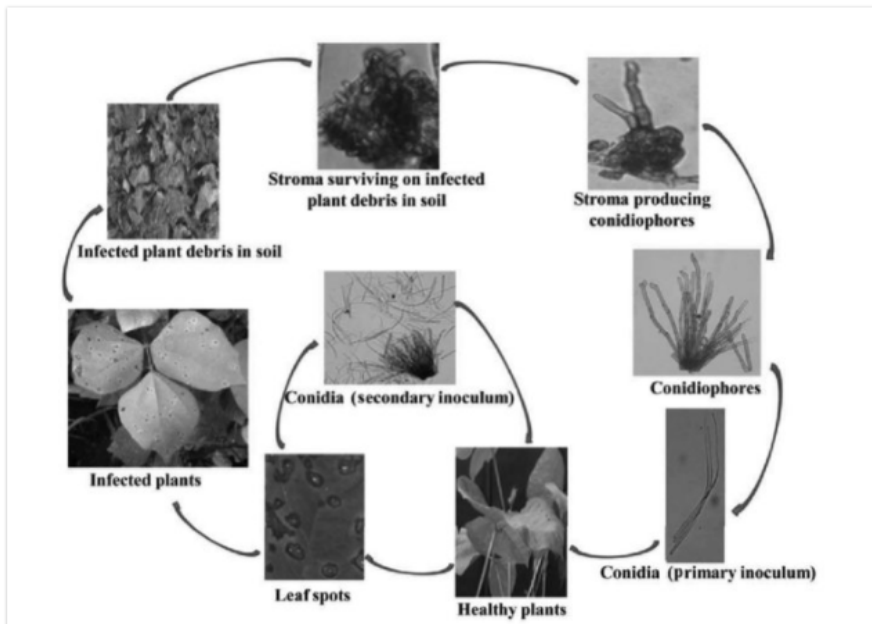
C. canescens termasuk dalam kelompok Deuteromycetes, mempunyai konidium hialin, berbentuk jarum, atau gada dengan ujung runcing, mempunyai banyak sekat, tangkai konidium (konidiofor) membentuk berkas, dengan warna agak coklat (Gambar 22).



Gambar 22. Konidium dan konidiofor *Cercospora canescens*. (Foto: Sumartini)

c. Siklus Penyakit

Penyebaran penyakit melalui angin, percikan air, alat-alat pertanian, ternak, dan pakaian. Perkembangan penyakit didukung oleh kelembapan tinggi (di musim hujan), suhu sejuk 20–24 °C, dan pada tanaman yang kurang subur. Intensitas bercak daun meningkat pada saat polong kacang hijau mulai berisi.



Gambar 23. Siklus hidup *Cercospora canescens*. Sumber: Chand *et al.* (2015)

Tanaman terinfeksi akan menjadi sumber inokulum utama pada hamparan pertanian. Penyebaran dari tanaman satu ke lainnya dapat terjadi dengan bantuan angin dan serangga. Infeksi mulai terjadi pada daun bawah pada fase generatif tanaman, dan berkembang hingga ke daun muda. Setelah tanaman tua dan dipanen cendawan akan ikut bertahan di seresah tanaman di tanah dalam bentuk stroma. Pada kondisi lingkungan yang sesuai, stroma akan memproduksi konidiofor. Konidiofor akan berkembang dan memproduksi konidia dan kembali menginfeksi tanaman baru (Gambar 23). Siklus penyakit akan terus berlangsung selama ada inang yang rentan, patogen yang virulen dan lingkungan yang mendukung.

d. Faktor –faktor yang Mempengaruhi

a) Faktor Lingkungan

Sporulasi cendawan terbanyak terjadi pada suhu 27 °C dan kelembapan relatif 96%. Bercak daun akan bertambah selama fase pembungaan sampai pengisian polong (Ilag 1978 *dalam* Sumartini dan Rahayu 2017) . Pemilihan waktu tanam yang baik sangat dianjurkan sehingga tidak memicu perkembangan penyakit. Kondisi lingkungan pertanian yang tidak rimbun sangat mendukung meminimalisir tingkat kelembapan mikro di daerah daun bawah dekat permukaan tanah. Hal ini dapat disesuaikan dengan kejadian infeksi yang umumnya terjadi dari daun paling bawah dekat permukaan tanah.

b) Tanaman Inang

Inang lain *C. canescens* adalah: kacang panjang (*V. unguiculata*), kacang bogor (*V. subterranea*), kacang koro (*C. ensiformis*), dan koro pedang (*C. gladiata*).

e. Pengendalian

a) Varietas Tahan

Walaupun varietas kacang hijau yang memiliki sifat tahan terhadap penyakit bercak daun belum terealisasi, namun varietas tahan penyakit menjadi alternatif utama yang hingga saat ini terus dikembangkan. Tersedianya varietas tahan akan efektif menekan terjadinya penyakit dan perkembangan penyakit di lapang. Bhat *et al.* (2014) dalam pengujiannya menggunakan 25 genotipe kacang hijau di bawah kondisi lingkungan melaporkan bahwa tidak ditemukan genotipe yang memiliki sifat agak tahan hingga tahan. Berdasarkan hal ini, maka perakitan varietas tahan penyakit bercak daun masih terus dikembangkan.

b) Agens Hayati

Agens hayati menjadi salah satu pilihan utama dalam menekan perkembangan penyakit tanaman, karena berasal dari alam dan memiliki kemampuan penghambatan secara alami terhadap suatu

patogen. Agens hayati ini dapat diisolasi dari tanaman yang terinfeksi dengan keparahan penyakit yang rendah, atau dari tanaman yang tumbuh sehat di antara tanaman yang terinfeksi. Penelitian Sumartini (2017), menunjukkan potensi cendawan menghambat perkembangan *C. canescens* (17 HSI) diantaranya adalah *Fusarium* isolat KH KJP 2A (67%), isolat KH KJP1 B (61%), isolat KH 3.7 (61%), isolat KH 8.16 (45%), *Curvularia* isolat KH JBG B (66%), isolat KH 6.13 (71), isolat KH 5.10 (60%), dan *Aspergillus flavus* isolat KH 1.2 (85%) (Gambar 24).



Gambar 24. Penghambatan isolat agens hayati terhadap *Cercospora canescens* a) *Fusarium* (KH KJP 2A), b) *Curvularia* (KH 6.13), c) *Aspergillus flavus* KH 1.2. Sumber: Sumartini (2017)

c) Pestisida Nabati

Pestisida nabati salah satunya adalah dari tanaman obat-obatan seperti lengkuas. Produk jadi ekstrak lengkuas yang telah digunakan untuk pengendalian penyakit *Cercospora* adalah Lecer (lengkuas untuk *Cercospora*) yang dihasilkan oleh Balitkabi. Rimpang lengkuas dapat diekstrak dengan cara 400 gram (4 ons) lengkuas diiris dan diblender

kemudian disaring. Ditambahkan air hingga mencapai 4 liter, volume tersebut ditambah hingga mencapai satu tangki alat semprot 12 liter. Penyemprotan ekstrak lengkuas pada umur 4, 5, 6, dan 7 minggu setelah tanam dapat menekan intensitas penyakit bercak daun pada kacang hijau hingga 60%.

d) Teknik Budidaya

Menjaga agar lingkungan mikro di bawah tajuk tanaman tidak lembap dengan melakukan jarak tanam dan mengendalikan gulma agar sirkulasi udara dapat lebih berjalan baik dan perkembangan patogen terhambat. Teknik lainnya adalah potong dan bakar daun bergejala mulai paling bawah. Rotasi tanaman dengan tanaman bukan aneka kacang dapat digunakan untuk memutus siklus penyakit dan ketersediaan inang bagi sumber inokulum. Salah satu teknik menekan sumber inokulum di lapang adalah dengan menggunakan benih sehat.

3. PENYAKIT LAYU

a. Gejala Penyakit

Gejala penyakit layu berupa ruam pada bagian terinfeksi, seperti pengaruh penggenangan air. Bagian yang ruam berwarna coklat muda dan berkembang menjadi coklat tua. Tanaman terinfeksi selanjutnya akan menjadi busuk dan akhirnya mati. Miselia berwarna putih akan ditemukan di sekitar gejala, dan pada gejala tingkat lanjut akan ditemukan sejumlah sclerosia pada akar (Jin Hyeuk 2017) dan daun dekat permukaan tanah (Gambar 25). Selain gejala layu, infeksi cendawan ini juga menyebabkan busuk akar dan polong, serta rebah kecambah (*damping off*) (Akram *et al.* 2007). Infeksi pada tanaman dapat terjadi pada stadia awal sebelum benih berkecambah hingga fase generatif akhir. Namun demikian fase awal pertumbuhan tanaman merupakan fase rentan infeksi cendawan ini.



Gambar 25. Gejala infeksi *Sclerotium rolfsii* pada kacang hijau di lapang.
Sumber: Kwon *et al.* (2017)

b. Penyebab Penyakit

Penyebab penyakit layu kacang hijau adalah cendawan *Sclerotium rolfsii* (Sacc.) Curzi. Klasifikasi *Sclerotium rolfsii* menurut C.C. Tu dan Kimbr adalah sebagai berikut:

Divisi	: Basidiomycota
Kelas	: Agaricomycetes
Ordo	: Agaricales
Family	: Typhulaceae
Genus	: <i>Sclerotium</i>
Species	: <i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc

Miselium cendawan berwarna putih seperti bulu atau kipas, dan kemudian berubah menjadi coklat muda dan selanjutnya menjadi coklat tua. Miselia mudah ditemukan pada permukaan tanah atau pangkal batang dekat permukaan tanah. Cendawan ini sistem reproduksinya tidak sempurna (tidak menghasilkan spora). Sistem perkembangbiakannya menggunakan miselia atau hifa, dan membentuk struktur khusus yakni sklerosia (Gambar 26). Sklerosia merupakan struktur bertahan cendawan, yang terbentuk dari miselia-miselial dan memiliki fungsi untuk bertahan pada kondisi lingkungan

yang ekstrim (kekeringan, suhu rendah dan suhu tinggi). Sklerotium cendawan berbentuk globoid (1-3 mm) berwarna putih hingga coklat, dan mudah terbawa aliran air. Struktur tahan ini mampu bertahan di kondisi lapang selama bertahun-tahun tergantung ketersediaan bahan organik dan kemudian akan berkecambah kembali saat kondisi lingkungan lembap (Agrios 2005).

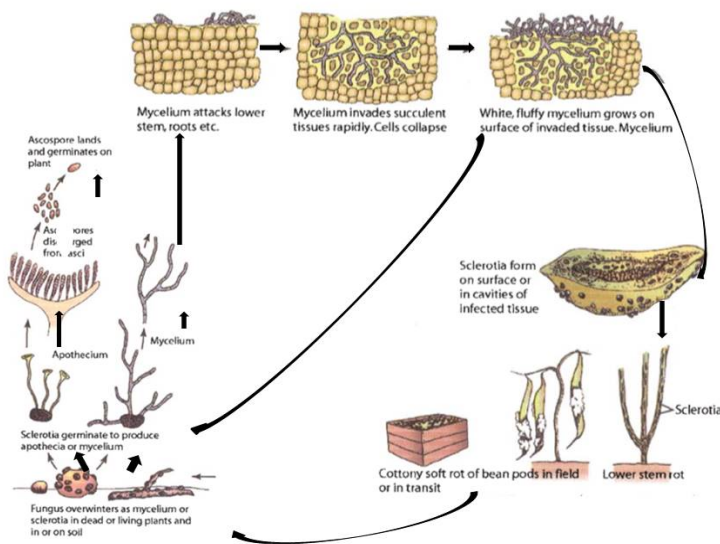


Gambar 26. Bentuk sklerotia bulat pada media agar kentang dekstroza.
(Foto : Sumartini)

c. Siklus Penyakit

Sumber inokulum *S. rolfii* dapat berupa seresah tanaman, tanaman terinfeksi di lapang maupun tanah. Hal ini yang menyebabkan infeksi *S. rolfii* umumnya ditemukan pada bagian perakaran atau bagian tumbuhan yang dekat dengan permukaan tanah. Cendawan ini diketahui sebagai *soil inhabitant* (penghambat tanah) dikarenakan memiliki struktur tahan seperti butiran (sklerosia). Ketika lingkungan mendukung dan tersedia tanaman inang, maka sklerosia akan berkecambah dan menginfeksi organ tanaman inang di dalam maupun di atas permukaan tanah. Miselium cendawan masuk dan menginvasi sel jaringan, mengeluarkan toksin, sehingga terjadi kerusakan sel. Pada

infeksi lanjut, bentuk miselia di sekitar daerah terinfeksi. Jika makanan masih tersedia dan lingkungan alam mendukung, maka miselium akan kembali menginfeksi tanaman inang sehat. Namun jika tidak terjadi infeksi, maka kumpulan miselia ini akan membentuk sklerosia yang dapat bertahan di tanah dan di seresah tanaman bertahun-tahun. Sklerosia akan tetap bertahan di alam dalam kondisi yang ekstrem dan tanpa ketersediaan makanan (Agrios 2005) (Gambar 27).



Gambar 27. Siklus penyakit layu *Sclerotium rolfsii*. Sumber: Agrios (2005)

d. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

a) Suhu dan Kelembapan

Penyakit berkembang pesat pada kondisi suhu hangat, 30 °C (Kwon *et al.* 2017). Hartati (2008) juga menyampaikan suhu dan kelembapan optimal untuk pertumbuhan cendawan adalah 28 °C dan 85%. Kelembapan tanah juga mempengaruhi kejadian penyakit di lapang. Menurut Muljowati dan Sucianto (2012) kelembapan tanah 60-80% sangat sesuai untuk perkembangan penyakit. Faktor lain yang juga berpengaruh adalah pH tanah. Menurut Sastrahidayat (1990) peluang sporulasi lebih besar pada pH tanah di bawah 7 pada semua jenis tanah, dan potensinya akan menurun pada kondisi pH tanah <3,6

dan >8,8. Berdasarkan faktor-faktor di atas maka penting untuk melakukan modifikasi lingkungan tanam, dengan menjaga tingkat kelembapan dan pH tanah, sehingga menjadi tidak kondusif untuk perkembangannya penyakit.

b) Tanaman inang

Cendawan ini diketahui memiliki kisaran inang yang luas, di antaranya berbagai famili tanaman budidaya dan gulma, sehingga budidaya secara polikultur atau rotasi tanaman tidak dapat membantu menekan perkembangan inokulum di lapang.

c) Ketersediaan sumber inokulum

Inokulum *S.rolfsii* terutama berada di dalam tanah dan sisa tanaman terinfeksi. Penyebaran sumber inokulum dapat terjadi melalui aliran air, angin, benih, seresah tanaman terinfeksi, alat-alat pertanian, serta aktifitas manusia seperti pemindahan tanah dari tempat terinfeksi ke lahan sehat, ikut terbawa bersama alat-alat pertanian maupun alas kaki.

e. Pengendalian

a) Varietas tahan

Hingga saat ini belum ditemukan varietas kacang hijau tahan infeksi *S. rolfsii*. Balitkabi (2017) menginfokan varietas Vima 4 dan Vima 5 memiliki sifat agak tahan terhadap infeksi patogen tular tanah. Varietas agak tahan ini dapat dikombinasikan dengan beberapa teknik pengendalian lainnya untuk memperoleh hasil pengendalian yang lebih baik.

b) Agens hayati

agens hayati merupakan salah satu alternatif pengendalian yang banyak dianjurkan. Beberapa kelompok agens hayati di alam dari kelompok cendawan, bakteri dan virus yang telah dimanfaatkan untuk mengendalikan *S. rolfsii* (Tabel 7).

Mekanisme kerja infeksi *Trichoderma* dengan memanfaatkan ruang, nutrisi, dan oksigen, serta mengeluarkan senyawa yang dapat

menghambat atau mematikan *Sclerotium* (Gambar 28). Mekanisme kerja penghambatan bakteri *Bacillus* dengan menghasilkan senyawa antifungal (fengycin dan bacillomycin), dan banyak senyawa peptid antibiotik (Stein 2005), sedangkan *Pseudomonas* sp. selain menghasilkan antifungal, juga menghasilkan siderofor, dan metabolit sekunder lainnya yang dapat menghambat aktivitas jamur (Haas dan Devago 2005).

Tabel 7. Pemanfaatan agens hayati dalam menghambat *Sclerotium rolfsii*

Agensia Pengendali Hayati	Kemampuan Penghambatan	Pustaka
<i>Trichoderma</i> sp.	Di daerah Lampung Selatan (54%), Lampung Timur (79%), Lahat (72%), Muara Enim (31%)	Sumartini dan Yusnawan 2006
Binucleate Rhizoctonia non pathogenik	BnSP9 (41,67 %)	Gutomo 2007
<i>Aspergillus</i> sp dan <i>Penicillium</i> sp	<i>Aspergillus</i> (73-81%) dan <i>Penicillium</i> (46-57%)	Bosah <i>et al.</i> 2010
<i>Lecanicillium muscarium</i>	<i>L. muscarium</i> (58,69%)	Cahyadi <i>et al.</i> 2013
Streptomyces dan Vasikular Arbuskular Mikoriza (VAM)	Kombinasi perlakuan <i>Streptomyces</i> dan VAM (69%)	Aditya 2011
<i>Trichoderma</i> sp	<i>T. virens</i> G-41 (70.72 %), <i>T.asperellum</i> CSAE Gro-1(69 %)	Najera <i>et al.</i> 2018
<i>Bacillus</i> sp dan <i>Pseudomonas</i> sp	<i>Bacillus</i> isolat UB-ABS1 (52,8%), UB-ABS4 (48,7%), UB-ABS5 (52%); <i>Pseudomonas</i> Isolat UB-PF5 37,98%	Abidin <i>et al.</i> 2015



Gambar 28. Penghambatan perkembangan hifa *Sclerotium rolfii* (miselium putih) oleh *Trichoderma* sp (miselium hijau) pada medium agar kentang dekstroza. (Foto : Sumartini)

c) Pestisida nabati

Produk pestisida nabati yang dapat dimanfaatkan seperti ekstrak daun sirih. Ekstrak daun sirih dapat dimanfaatkan dengan metode perendaman benih selama 1 jam (konsentrasi 60%) (Hidayat *et al.* 2015). Kelompok family Piperaceae lainnya yang berpotensi adalah tanaman *Piper aduncum*, dengan kemampuan penghambatan perkecambahan spora yang baik (Nurmansyah 2016). Tawa *et al.* (2017) melaporkan bahwa penyiraman larutan ekstrak daun cengkeh ke tanah sebanyak 1,5% mampu menekan infeksi penyakit pada tanaman. Sedangkan Muljowati dan Sucianto (2012) berhasil menguji keefektifan ekstrak rimpang lengkuas konsentrasi 20% dan interval aplikasi 3 hari untuk menekan intensitas penyakit akibat infeksi *S. rolfii*.

d) Kultur teknis dan sanitasi lahan

Pengendalian *S. rolfii* dapat dilakukan dengan perlakuan kultur teknis, seperti pengolahan tanah, pemberian kompos, dan solarisasi tanah. Solarisasi tanah selama 3-4 minggu dapat menurunkan kejadian penyakit, menghambat pertumbuhan, dan patogenesitas. Hal ini disebabkan oleh pengaruh peningkatan suhu di sekitar permukaan tanah dan aktivitas mikroorganisme bermanfaat (Kartini dan Widodo

2000). Pengolahan tanah dapat juga membantu menekan inokulum penyakit. Pengolahan tanah dengan pembalikan tanah merupakan salah satu cara untuk memodifikasi lingkungan tanah, sehingga tidak sesuai untuk perkembangan inokulum. Pemanasan langsung oleh sinar matahari dapat meningkatkan suhu tanah, sehingga mematikan patogen tanah.

Sanitasi lahan dari seresah tanaman terinfeksi, dapat membantu menekan keberadaan sumber inokulum. Seresah tanaman yang mengandung *S. rolfii* dan tanah terinfeksi merupakan sumber inokulum penting di lahan. Menghindari penanaman pada lahan yang diketahui endemik penyakit layu sangat penting untuk diperhatikan. Mengurangi penyebaran penyakit pada tanaman, sebaiknya tidak melakukan pemindahan media tanah dari lahan sakit ke lahan sehat. Sanitasi lahan dengan membersihkan lahan dan membakar seresah tanaman terinfeksi sangat dianjurkan untuk mencegah miselium dan sklerosium cendawan bertahan di lapang. Pemantauan di lapang dan mencabut tanaman terinfeksi, dianjurkan untuk mencegah penyebaran penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin Z, Aini LQ, Abadi AL. 2015. Pengaruh bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. terhadap pertumbuhan jamur patogen *Sclerotium rolfsii* Sacc. penyebab penyakit rebah semai pada tanaman kedelai. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan 3(1):1-1. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Aditya UK., Saleh N, Sastrahidayat, IR. 2011. Pengendalian penyakit rebah semai (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) pada tanaman kedelai dengan kombinasi *Streptomyces* antagonis dan Vasikular-Arbuskular Mikoriza. Hlm:246–259. Dalam MM. Adi, Sholihin, AA. Rahmianna, IK. Tastra, F Rozi, Hermanto, A. Sulisty, dan Sumartini (Eds.). Inovasi Teknologi untuk Pengembangan Kedelai Menuju Swasembada. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Agrios GN. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Elsevier Academic Press, New York.
- Akram SHA, Iqbal M, Qureshi RA, Rauf CA. 2007. Variability among isolates of *Sclerotium rolfsii* associated with collar rot disease of chickpea in Pakistan. Mycopath 5: 223-28
- Alexopoulos CJ, Mims CW, Blackwell. 1979. Introductory of Mycology (4th ed.) John Wiley and Sons. New York. 869 pp.
- Almeida AMR, Eliseu B, Fernanda FP, Silvana RRM, Paula RZ, Riberio do Valle, Silveira CA. 2008. Characterization of powdery mildews strains from soybean, bean, sunflower, and weeds in Brazil using rDNA-ITS sequences. Tropical Plant Pathology 33 (1):020-026.
- Ambang Z, Ndongo B, Essono G, Ngoh JP, Kosma P, Chewachong GM, Asanga A. 2011. Control of leaf spot disease caused by *Cercospora* sp on groundnut (*Arachis hypogaea*) using methanolic extracts of yellow oleander (*Thevetia peruviana*) seeds. Australian Journal of Crop Science 5(3): 227-232
- Anonim. 1998. Urediospora of *Puccinia arachidis*. <http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTGDsgSfzJrT8g1Nh4sPaJzuYl3OQIfTxBofaZmlwaY2CgtJLI>. Diakses : 20 Maret 2013.

- Anonim. 2016a. *Erysiphe diffusa*. EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/MCRSDI>. Diakses :17-1-2017.
- Anonim. 2001. Pestisida untuk Pertanian dan Kehutanan. Direktorat Pupuk dan Pestisida. Direktorat Jendral Bina Sarana Pertanian. Departemen Pertanian. 317 hlm.
- Anonim. 2008. *Phakopsora pachyrhizi*. <http://www.pathport.vbi.vt.edu/pathinfo/pathogens/Pp.html>. Diakses: 19 Juni 2008.
- Anwari, M. 2002. Perbaikan varietas unggul kacang hijau tahan penyakit embun tepung dan bercak daun. Buletin Palawija 4: 49-57.
- Arsule CS, Pande BN. 2011. An aerobiological approach to groundnut rust. The Bioscan 6 (4) : 563 – 566. An International Quarterly Journal of Life Sciences India.
- AVRDC: Asian Vegetable Research & Development Centre Mungbean Report for 1975, Shanhua, Tainan, Taiwan Republic of China, 1976, p. 18.
- Baker KF, Cook RJ. 1974. Biological Control of Plant Pathogen. W.H. Friman & Company. San Fransisco. 433 pp.
- Balitkabi. 2007. Deskripsi Varietas Unggul Utama Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang. 37 hlm.
- Balitkabi. 2017. Vima 4 dan Vima 5: VUB, kacang hijau umur genjah, hasil tinggi, toleran hama thrips dan penyakit tular tanah. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/infotek/vima-4-dan-vima-5-vub-kacang-hijau-umur-genjah-hasil-tinggi-toleran-hama-thrips-dan-penyakit-tular-tanah/>. Diakses pada 23 September 2019
- Balitkabi. 2012. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- Balitkabi. 2018. Penyakit Embun Bulu (*Peronospora manshurica*) pada Kedelai. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/infotek/penyakit-embun-bulu-peronospora-manshurica-pada-kedelai/>. Diakses pada 12 November 2019: 07.33 Wib
- Begum M, Sariah M, Puteh AB, Abidin MAZ. 2008. Pathogenicity of *Colletotrichum truncatum* and its influence on soybean seed quality. International Journal of Agriculture & Biology 10: 393–398.

- Bhat FA, Mohidin, Bhat HA. 2014. Reaction of green gram (*Vigna radiata*) to *Cercospora canescens* (Ell) and Mart. Indian J.Agric.Res 48 (2): 140-144
- Bosah O, Igeleke CA, Omorusi. 2010. *In vitro* microbial control of pathogenic *Sclerotium rolfsii*. Int. J. Agric. Biol. 12: 474–476.
- CABI. 2018. *Colletotrichum truncatum* (Soybean Anthracnose). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/14905>. Diakses 13 September 2019
- Cahyadi A, Rahayu YS, Budipramana LS. 2013. uji keefektifan cendawan *Lecanicillium muscarium* dalam menghambat pertumbuhan cendawan patogen tular tanah (*Fusarium*, *Oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*) secara in vitro. Lentera Bio 2(1): 143-148
- Chand R, Pal C, Singh V, Kumar M, Singh VK, Chowdappa P. 2015. Draft genome sequence of *Cercospora canescens*: a leaf spot causing pathogen. Current Science 109(11): 2-8
- Crop protection network. 2019. Downy Mildew Of Soybean. <https://cropprotectionnetwork.org/resource/s/articles/diseases/downy-mildew-of-soybean>. Diakses pada 12 November 2019:
- Danial D, Sugihono C, Suchayono D. 2013. Patogen *Colletotrichum truncatum* dan *Soybean mosaic virus* terbawa benih kedelai dan pengendaliannya. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Malang: 22 Mei 2013. Hal 229-237.
- Dunleavy JM. 1987. Yield reduction in soybean caused by downy mildew. Plant Disease 1(12):1112-1114
- Dunleavy JM, Chamberlain DW, Ross JP. 1966. Soybean Diseases. US Dep Agric Handb. 302. 37 p.
- Dunleavy JM. 1971. Races of *Peronospora manshurica* in the United States. Am. J. Bot. 58:209-211.
- Formento AN. 2008. Epidemiology of Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*), range of hosts and management in the Pampa region of Argentina. In: Suenaga K, Kudo H, Oshio S (Eds). Comprehensive studies on the development of sustainable soybean production technology in South America. Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), Tsukuba, Japan, Working Report No. 51
- Ghewande. 1990. Biological control of groundnut rust in India. (Abstract). Journal of Tropical Pest Management 36 (1): 17 -20.

- Ginting E, Ratnaningsih, Iswanto R. 2008. Karakteristik fisik dan kimia 17 genotipe kacang hijau untuk bahan pangan. Hlm:451-464. *Dalam*. Harsono A, Taufik A, Rahmiana AA, Suharsono, Adi MM, Rozi F, Widjono A, Suhendi R (Eds.) Inovasi Teknologi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan dan Kecukupan Energi. Prosiding Seminar Nasional Tahun 2008. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Grau, C. 2006. Powdery Mildew of Soybean. UW Extension. University of Wisconsin, Madison USA.2pp.http://fyi.uwex.edu/fieldcrop/pathology/files/2010/12/powdery_mildew_06.pdf. [4-1-2008].
- Grath. 2009. Product for Managing Diseases in Organic Vegetables. mtm3@cornell.edu. [13 Juli 2009].
- Grewal JS, Pal M, Kulshrestha DD. 1980. Control of Cercospora leaf spot of green gram by spraying bavistin. Indian Journal Agri Sci 50:707-711
- Guenther E. 1990. Minyak Atsiri. Jilid IVB (Penerjemah S. Ketaren). Universitas Indonesia, Jakarta. hlm. 480–494.
- Gulzar S. 2010. Puccinia: Important Futures and Life history. University of Kashmir Srinagar. Consorsium for Educational Comunication.<http://www.cece.satshal.ac.in/cec/Botany/ASRI-paper-1/project-puccinia/>
- Gunaratna KR, Balasubrahmanian R. 1994. Partial purification and properties of extracellular chitinase produced by *Acremonium obclavatum*, an antagonist to the groundnut rust, *Puccinia arachidis*. World Journal of Microbiology and Biotechnology 10 : 342 -345.
- Gutomo HS. 2007. Pengendalian hayati *Sclerotium rolfsii* Sacc. pada kedelai dengan *Binucleate rhizoctonia*. Caraka Tani XXII (2):1-5. Universitas Sebelas Maret.
- Haas D, Devago G. 2005. Biological Control of Soil Borne Pathogens by *Pseudomonas fluorescens*. Nature Reviews Microbiology. 3: 307-319.
- Hagan A. 1998. Foliar Diseases of peanuts. Plant Pathology Department. Auburn Univ. ACES Publication. <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0369/>. Diakses tgl 14 juli 2008

- Hardaningsih S. 1993. Pengendalian penyakit bercak daun dan karat pada kacang tanah secara kultur teknis dan kimiawi. Hasil Penelitian Kacang- kacang Tahun 1992/1993. Badan Litbang Pertanian. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. Hlm: 226–231.
- Harjosudarmo, J. dan N. Saleh. 1985. Pengamatan mikroskop elektron gejala penyakit nekrotik tunas pada kacang tanah di KP. Cikemeuh, Bogor
- Hartati SY, Taufik E, Supriadi, Karyani N. 2008. Karakteristik fisiologis isolat *Sclerotium* sp asal tanaman sambiloto. Jurnal Litri 14 (1):25-29
- Hartman GL, Manandhar JB, Sinclair JB. 1986. Incidence of *Colletotrichum* spp. on soybeans and weeds in Illinois and Pathogenicity of *Colletotrichum truncatum*. Plant disease 70 (8): 780-782.
- Hidayat T, Supriadi, Sajiyah. 2015. Pengaruh pemberian ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) untuk mengendalikan damping-off pada tanaman cabai (*Capsicum annum*). Planta Tropika Journal of Agro Science 3(1):60-66.
- Holliday P. 1980. Fungus Diseases of Tropical Crops. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 607pp.
<http://agris.fao.org/agrissearch/search/display.do?f=2001%2FTH%2FTH01013.xml%3BTH2000002300>. Diakses tgl : 14 Mei 2012.
- Inayati A, Yusnawan E. 2016. Tanggap genotipe kacang tanah terhadap penyakit bercak daun *Cercospora* dan karat daun *Puccinia*. Jurnal Fitopatologi Indonesia 12 (1):9-18. DOI: 10.14692/jfi.12.1.9.
- Iqbal SM, Jubair M, Malik BA. 1995. Control of cercospora leaf spot of mungbean by foliar fungicide. Pak J Phytopathol 7:84-85
- Jeschke M. 2015. DuPont Pioneer Field Agronomist. Anthracnose of Soybean. [https://intelseed.ca/uploads/Anthracnose_of_Soybean-2015 .pdf](https://intelseed.ca/uploads/Anthracnose_of_Soybean-2015.pdf). Diakses 13 September 2019.
- JinHyeuk K, MinKeun K, DongWan K, InYoung H, Byeongjeong L, JinWoo K. 2017. Sclerotium rot of mungbean (*Phaseolus radiates* L.) caused by *Sclerotium rolfsii* in South Korea. Korean Journal of Mycology 45 (3): 246-250

- Kementerian Pertanian. 2016. Outlook komoditas pertanian tanaman pangan, kacang tanah. Sekretariat Jendral Kementerian Pertanian. 75 hlm.
- Kapadi HJ, Dhruj IU. 1999. Management of mungbean cercospora leaf spot through fungicide. *Indian Phytopathol* 52 (1):96-97
- Kardinan A. 1998. Prospek penggunaan pestisida nabati di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 17(1):1– 8.
- Khodaparast SA, Abbasi M. 2009. Spesies, host range, and geographical distribution of powdery mildew fungi in Iran. *Mycotaxon* 108: 213 – 216
- Kumar S, Jaiswal S, Lal AA, Kumar A, Verma A. 2017. Influenced of natural products and bio-fungicide against tikka disease of groundnut caused by *Cercospora* spp. *The farma Innovation Journal* 6 (3):213-216.
- Kwon JH, Kim MK, Kang DW, Han I, Lee BJ, Kim J. 2017. *Sclerotium* rot of mungbean (*Phaseolus radiatus* L.) caused by *Sclerotium rolfsii* in South Korea. *The Korean Journal of Mycology* 45 (3): 246-250
- Laxman R. 2006. Studies on leaf spot of greengram caused by *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus and Moore. M. Sc. (Agri.) Thesis, Univ. Agric. Sci., Dharwad, Karnataka, India. pp. 62-64.
- Manjula K, Krishna KG, Podile AR. 2004. Whole cell of *Bacillus subtilis* AF 1 proved more effective than cell-free and chitinase-based formulation I biological control of citrus fruit rot and groundnut rust. *Canadian Journal of Microbiology* 50: 737 – 744.
- Masnenah E, Murdaningsih HK, Setiamihardja R, Astika W. 2004. Korelasi beberapa karakter morfologi dengan ketahanan kedelai terhadap penyakit karat. *Jurnal Zuriat* 15(1): 40–46.
- Mathivanan N, Murugesan K. 2000. *Fusarium chlamydosporum* a potent biocontrol agent to groundnut rust *Puccinia arachidis*. *Journal Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 10 (3) : 225 -2234.
- Mc Donald D, Subrahmanyam P, Gibbons RW, Smith DH. 1985. Early and late spots of ground- nut. ICRISAT. Information Bulletin No. 21. International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics. Petancheru P.O. Andhra Pradesh 502 324. India. 19 pp.

- MC Kenzie JR, Wyllie TD. 1971. The effect of temperature and lesion size on the sporulation of *Peronospora manshurica*. Phytopathol. Z. 71:321-326.
- Mc Taggart AR, Ryley MJ, Shivas RG. 2012. First report of the powdery mildew *Erysiphe diffusa* on soybean in Australia. Australian Plant Diseases. Notes 7: 127-129. DOI:10.1007/s13314-012-0065-7.
- McKenzie E. 2013. *Cercospora canescens* (*Cercospora canescens*). <http://www.padil.gov.au>. Updated on 3/20/2014 7:36:56 PM. Diakses 25/09/2019
- Mignucci JS, Chamberlain DW. 1978. Interaction of *Microsphaera diffusa* with soybean and other legumes. Phytopathology 68: 169-173.
- Monte RM, Reid DF, Hartman GL. 2003. Soybean Rust: Is the US soybean crop a risk. <http://www.apsnet.org/online/feature/rust>. Diakses: 22 July 2008.
- Muljowati JS, Sucianto ET. 2012. Penggunaan ekstrak rimpang lengkuas untuk mengendalikan busuk leher akar pada tanaman terong (*Solanum melongena* L.). Biosfera 29(2): 102-108
- Nagaraj BT. 2013. Studies on anthracnose of soybean caused by *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus and Moore. Tesis. University of Agricultural Sciences., Dharwad, Pp.22-26
- Nair R, Schafleitner R, Easdown W, Ebert A, Hanson P, Hughes JD, Keatinge JDH. 2014. Legume Improvement Program AVRDC-The World Vegetable Centre. Impact and Future Prospects. Asian Vegetable Research Centre. Shanhua, Tainan, Taiwan.
- Najera JFD, Castellanos JS, Hernandez MV, Serna SA, Gomez OGA, Verduzco CV, Ramos MA. 2018. Diagnosis and integrated management of fruit rot in *Cucurbita argyrosperma*, caused by *Sclerotium rolfsii*. The Plant Pathol Journal 34(3) : 171-181.
- Nurmansyah. 2016. Pengaruh minyak nabati *Piper aduncum* sebagai fungisida terhadap jamur *Sclerotium rolfsii* menurut ketinggian lokasi tanaman dan waktu penyulingan. Buletin Littri 27 (2):149-155.

- Purnomo J, Nugrahaeni N, Trustinah, Kasno A. 2004. Domba, varietas unggul kacang tanah tahan penyakit daun, toleran klorosis, tahan *Aspergillus flavus*. Hlm:179–187. Dalam. Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-Kacangan dan Umbi- Umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Radjid BS, Dyah R, Indiati SW, Sumartini. 2009. Evaluasi teknologi budidaya kacang hijau di lahan tadah hujan. Laporan Teknis Tahun 2009. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 10 hlm.
- Rahayu. 2016. Patologi dan teknis pengujian kesehatan benih tanaman aneka kacang. 2016. Buletin Palawija 4(2):78-88
- Rasbak. 2016. *Erysiphe necator* mycelium. https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Erysiphenecator_mycelium.svg. Diakses:10–10–2016.
- Sahayaraj K, Francis BJA, Ganapathy R. 2009. Antifungal activities of three fern extract on causative agents of groundnut early leaf spot and rust diseases. Journal of Plant Protection Research 49(1).Tamil Nadu. India.
- Saksirirat W, Hope HH. 1989. Light and scanning electron microscopic on the development of the mycoparasite *Verticillium psalliotae* on uredospores of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). Phytopathology 128 (4): 340–344.
- Saksirirat W, Hope HH. 1990. Degradation of uredospores of the soybean rust fungus (*Phakopsora pachyrhizi*) by cell free culture filtrates of the mycoparasite *Verticillium psalliotae*. Phytopathology 132 (1):33–45.
- Saleh N, Tantera DM. 1988. Peanut stripe virus in Indonesia. First Coordinators Meeting on Peanut Stripe Virus at Malang Research Institute for Food Crops, Malang, 9-12 June 1987. ICRISAT. 26 pp.
- Saleh N, Baliadi Y dan N. Horn. 1989b. *Cowpea Mild Mottle Virus* Isolated from Naturally Infected *Arachis hypogaea* L.. Penelitian Palawija.4(1):32–35.
- Saleh N. 2003. Arti penting penularan virus lewat biji kacang-kacangan dan hubungannya dengan sertifikasi dan produksi benih sehat. Buletin Palawija 5,6; 1-12.

- Saleh N. 2005. Penularan Virus Mosaik Kedelai (SMV) dan Virus Kerdil Kedelai (SSV) lewat benih, dan upaya memproduksi benih kedelai bebas SMV DAN SSV. Buletin Palawija, 9:11-20.
- Saleh N, Baliadi Y. 2006. Penyakit Cowpea Mild Mottle Virus pada kedelai dan strategi pengendaliannya. Buletin Palawija 11:7-14.
- Saleh N, Agustin DF, Hadiastono T, Rasminah SC. 2011. Laju infeksi dan kehilangan hasil tiga varietas kedelai akibat infeksi *Cowpea Mild Mottle Virus* (CPMMV). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi : 348-358.
- Santoso J. 2007. Tindak gen ketahanan terhadap penyakit karat (*Puccinia arachidis* Speg.) pada kacang tanah. Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian 9(2):172 – 177.
- Sastrahidayat IR. 1990. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Usaha Nasional, Surabaya
- Semangun H. 1991. Penyakit-penyakit Tanaman Pangan di Indonesia, Edisi I. Gajah Mada University Press. 440 pp.
- Semangun H. 2008. Penyakit-penyakit Tanaman Pangan di Indonesia, Edisi II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shirshikar SP. 1995. Studies on seed borne nature and cultured aspects of *Colletotrichum truncatum* (Show) Andrus and More; Incitant of anthracnose disease of soybean (*Glycine max*) Merrill. Ph.d, Thesis Univ. Agril. Sci., Bangalore, pp 78-86.
- Shovan LR, Bhuiyan MKA, Begum JA, Pervez Z. 2008 . In Vitro Control of *Colletotrichum dematium* causing anthracnose of soybean by fungicides, plant extracts and *Trichoderma harzianum*. Int. J. Sustain. Crop Prod.3(3):10-17
- Shumann GL. 2016. Plant Diseases: Their Biology and Social Impact. APS Press. <http://www.apsnet.org/edcenter/K2/TeachersGuide/PowderyMildew/Pages/PowderyMildewsLifeCycle.aspx>. [3-3-2017].
- Siddaramaiah AL, Krishnaprasad KL, Jayamariah S. 1977. Bud necrosis disease of groundnut in Karnataka. KissanWorld 4:42-44.
- Sinclair, Shurtleff. 1980. Compendium of Soybean Diseases. The American Phytopathological Society, USA. 69 p.
- Sing AK, Bhatt BP, Sing KM, Kumar A, Manibhushan, Kumar U, Chandra N, Bharati RC. 2013. Dynamics of powdery mildew (*Erysiphe trifolii*) disease of lentil influenced by sulfur and zinc nutrition. Plant Pathology Journal 12 (2):71-77.

- Singh RS. 1969. Plant Diseases 2nd. Oxford and IBH Publishing Co., Calcutta. 494 pp.
- Sommartya T, Patcharee T. 1995. Peanut rust disease (*Puccinia arachidis* Spegazzini): Disease resistance. Dept. Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart Univ.
- Sompong C, Somta P, Sorjjapinum W, Sriniver P. Quantitative trait loci mapping of cercospora leaf spot resistance in mungbean *Vigna radiata*. Mol Breed, 28:255-264
- Stein T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics : structures, syntheses and specific functions. Molecular Microbiology 56(4):854-857.
- Subedi S, Gharti DB, Neupane S, Ghimire T. 2015. Management of anthracnose in soybean using fungicide. Journal of Nepal Agricultural Research Council 1: 29-32.
- Subramanyam P, Mc Donald D, Gibbons RW, Subba RPV. 1982. Components of Resistance to *Puccinia arachidis* in Peanut. ICRISAT Journal Article 223. ICRISAT Patancheru P.O, Andhra Pradesh 502324, India.
- Subramanyam P, Mc Donald D, Waliyar F, Reddy LJ, Nigam SN, Gibbons RW, Ramanatha RV, Singh AK, Pande S, Reddy PM, Subba RPV. 1995. Screening Methods and Source of Resistance to Rust and Late Leaf Spot on Groundnut. Information bulletin No 47. ICRISAT Patancheru P.O., Andhra Pradesh 502 324, India.
- Sudjono MS. 1979. Ekobiologi cendawan karat kedelai dan resistensi varietas kedelai. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 60 hlm.
- Sudjono MS, Amir MM, Roechan M. 1985. Penyakit karat dan penanggulangannya. Dalam Somaatmadja, S., M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung dan Yuswadi (Eds). Kedelai.
- Sulistyo A, Sumartini. 2016. Evaluation of soybean genotypes for resistance to rust disease (*Phakopsora pachyrhizi*). Biodiversitas 17 (1):124-128

- Sumartini, Anwari M, Prayogo Y. 2002. Efektivitas fungisida terhadap penyakit embun tepung pada kacang hijau. Hlm: 248 – 255. *Dalam*. Peningkatan Produktivitas, Kualitas Dan Efisiensi Sistem Produksi Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian Menuju Ketahanan Pangan dan Agribisnis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sumartini. 2009. Retensi minyak cengkeh untuk pengendalian penyakit karat pada kedelai. Makalah disampaikan pada Seminar dan Kongres Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, Makassar.
- Sumartini, Trustinah. 2012. Pengujian ketahanan aksesi plasma nutfah kacang tanah terhadap penyakit karat. Makalah disampaikan pada Seminar Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia. Bogor, 6-7 November 2012.
- Sumartini. 2017. Biocontrol activity of phyllosphere fungi on mungbean leaves against *Cercospora canescens*. Biodiversitas 18 (2):720-726.
- Sumartini, Rahayu M. 2017. Penyakit embun tepung dan cara pengendaliannya pada tanaman kedelai dan kacang hijau. Jurnal Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 36(2): 59-66.
- Sunkad G, Srikant K. 2007. Studies on perpetuation and carry over of groundnut rust (*Puccinia arachidis* Speg.) in Northern Karnataka. Karnataka J. Agric. Sci., 20 (2): 297-300.
- Sweets LE, Wrather A. 2000. Soybean Diseases. Integrated Pest Management Manuals. Plant protection programs of the University of Missouri. Columbia. 26pp.
- Tantanapornkul N, Wongkaes S, Laosuwan P. 2005. Effect of powdery mildew on yield, yield component, and seed quality of mungbean. Suranaree J. Sci. and Technol 13(12): 152 – 162. Thailand.
- Tawa MA, Sastrahidayat IR, Djauhari S. 2017. Efektivitas pestisida nabati untuk pengendalian jamur *Sclerotium rolfsii* sacc penyebab penyakit rebah semai pada tanaman kedelai. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan 5(2): 43-51.
- Tombe M, Kobayashi K, Ma'mun, Triantoro, Sukamto. 1992. Eugenol dan daun cengkih untuk pengendalian penyakit tanaman industri. Makalah disampaikan pada Seminar Review Hasil Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor. 8 hlm.

- Triharso. 1975. Penelitian penyakit-penyakit virus kacang tanah. Disertasi Doktor. Univ. Gadjah Mada. Yogyakarta. 157 hlm.
- Trustinah. 2006. Laporan Teknik Tahun 2006. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Tjitrosoepomo, G. 1984. *Botani Umum* 2. Angkasa. Jakarta.
- Widodo K. 2000. Pengaruh solarisasi tanah terhadap pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* Sacc dan patogenisitasnya pada kacang tanah. Buletin Hama dan Penyakit Tumbuhan 12 (2):53-59
- Wong CFJ, Niik WZ, Lim JK. 1983. Studies on *Colletotrichum dematium* f. sp. *truncatum* on soybean. Pertanika, 6: 33.
- World Intellectual Property Organization. 2008. Clove Oil as Plant Fungicides. <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=1996039846&IA=WO1996039846&DISPLAY=DESC>. Diakses: 8 August 2008.
- Yorinori JT, Paiva WM, Frederick RD, Costamilan LM, Bertagnolli PF, Hartman GE, Godoy CV, Nunes JJr. 2005. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. Plant Dis 89 (6):675-677.
- Yulia E, Suganda T, Widiyanti F, Prasetyo RI. 2015. Uji keefektifan anti jamur ekstrak air rimpang lengkuas (*Alpinia galanga* [L] Willd.) sebagai perlakuan pratanam untuk mengendalikan *Colletotrichum spp.* pada kedelai (*Glycine max* L.). Jurnal Agrikultura 26 (2): 104-110
- Yulianti H, Siswanto D, Purnomo J. 2010. Studi kerapatan stomata pada tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaeae* L.) varietas peka dan toleran terhadap penyakit karat daun (*Puccinia arachidis* Speg.). Conference Proceeding. National conference of Basic Science VII. Brawijaya University Malang. <http://www.researchgate.net/publication>. [25 April 2012].
- Yusnawan E, Hardaningsih S. 2006. Keefektifan *Ampelomyces quisqualis* yang ditumbuhkan pada berbagai media terhadap penyakit embun tepung. Hlm: 483 – 490. Dalam. Suharsono, A.K. Makarim, A. A. Rahmiana, M. M. Adi, A. Taufik, F. Rozi, I. K. Tastra, dan Didik Harnowo (Eds.) Peningkatan Produksi Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Zadoks Jan C, Richard D, Schein. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford Univ. Press. 426 pp.



SCIENCE . INNOVATION . NETWORKS

ISBN 978-602-5421-03-7 (EPUB)



9 786025 421037