



PEMBANGUNAN BASIS PENGETAHUAN HAMA DAN PENYAKIT CABAI MERAH (*Capsicum annum L.*) TROPIKA

SKRIPSI

R.ARIEF FIRMANSYAH
F14080005



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DEVELOPMENT OF KNOWLEDGE BASE FOR TROPICAL PESTS AND DISEASES MANAGEMENT OF CHILLI PEPPER (*Capsicum annum* L.)

R. Arief Firmansyah, Kudang Boro Seminar and Widodo

Departemen of Mechanical and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Bogor Agricultural University, IPB Darmaga Campus, PO BOX 220, Bogor, West Java, Indonesia.

e-mail: firmansyah.rief@gmail.com

ABSTRACT

Chilli productivity in Indonesia has decreased up to 0.29% in 2010 compared with 2009 (BPS 2012). This decrease mostly was due to pests and diseases attack (BPS 2012). Moreover, improper pesticide usage could be dangerous to human and biological environment. This research aims to develop a knowledge base for tropical pests and diseases management of chilli peppers. This knowledge is very critical for supporting various application, such decision support systems, expert systems, consultation systems related to tropical pests and diseases management of chilli peppers. Knowledge base was developed in several stages including problem identification, knowledge acquisition, knowledge representation, knowledge codification, implementation prototype application and testing. Knowledge acquisition was acquired from books, journals, factsheets and human experts. In our system, knowledge is represented as decision trees/decision tables and semantic net. Result of the research is a knowledge base for tropical pests and diseases management of chilli peppers that has been implemented using PostgreSQL. The application prototype was built using PHP on a web platform basis. The knowledge base consists of pests and diseases identification, knowledge of pests and diseases handling. The developed knowledge base consists of 31 types of tropical pests and diseases (6 types of pests and 25 types of diseases)

Keywords: knowledge base, chilli pepper, pest, disease



R. Arief Firmansyah. F14080005. **Pembangunan Basis Pengetahuan Hama dan Penyakit Cabai Merah (*Capsicum annum L.*) Tropika**. Di bawah bimbingan Kudang Boro Seminar dan Widodo. 2013

RINGKASAN

Hampir semua jenis masakan di Indonesia menggunakan cabai merah sebagai bahan bumbu utamanya. Alasan tersebut yang membuat cabai merah menjadi salah satu produk hortikultura yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Belum lagi, produk olahan cabai merah yang semakin beragam antara lain: cabai giling, bubuk cabai dsb. Namun, tingginya permintaan terhadap cabai merah ataupun produk olahannya tidak diimbangi dengan produktivitas cabai merah itu sendiri. Salah satu penyebab penurunan produktivitas cabai merah adalah karena serangan hama dan penyakit (BPS 2012). Maka untuk menjaga produktivitas panen melimpah, tindakan pengendalian serangan OPT menjadi salah satu faktor penting dalam sebuah kegiatan budidaya.

Saat ini, pengendalian serangan OPT masih berorientasi pada penggunaan pestisida berbahan kimia sintetis yang tidak ramah lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan. Fakta tersebut yang membuat sebagian orang, lembaga penelitian, dan lembaga pendidikan tinggi mengembangkan bahan pestisida atau metode pengendalian serangan OPT yang ramah lingkungan dan baik untuk kesehatan, misalnya penggunaan daun sirih sebagai bahan utama pestisida nabati untuk pengendalian thrips pada cabai. Belum tersebarnya pengetahuan tersebut pada petani menjadi permasalahan utama hingga saat ini dan belum adanya bank pengetahuan yang berfungsi menghimpun pengetahuan yang terpisah. Untuk mengatasi masalah tersebut maka penelitian ini bertujuan membangun basis pengetahuan tentang pengendalian hama dan penyakit cabai merah yang seluruh pengetahuannya disimpan dalam sistem basisdata.

Basis pengetahuan merupakan inti dari sistem pakar sebab berisi relevansi kebutuhan pengetahuan pakar yang digunakan yang berupa pemahaman, perumusan dan penyelesaian masalah. Basis pengetahuan dikembangkan melalui lima tahapan, yaitu: identifikasi, akuisisi pengetahuan, representasi pengetahuan, implementasi dan validasi. Akuisisi pengetahuan adalah tahap paling penting dan krusial karena di tahap ini sumber pengetahuan bagi basis pengetahuan diperoleh. Pengetahuan tacit yang menjadi salah satu sumber pengetahuan didapatkan dari hasil wawancara tidak terstruktur dengan variasi *teach-through* dengan pakar hama dan penyakit cabai merah. Hasil proses tersebut diperoleh pengetahuan cara identifikasi, pengetahuan tentang serangan OPT dan pengetahuan tindakan pengendalian serangan OPT. Fakta dan aturan dari hasil akuisisi pengetahuan kemudian direpresentasikan agar cocok dijalankan dengan komputer. Metode pohon keputusan (*decision trees*) dan jaringan semantik (*semantic net*) digunakan untuk proses representasi ini. Hasil representasi pengetahuan menjadi acuan dalam mengkodifikasikan pengetahuan melalui pembangunan sistem basisdata yang berfungsi sebagai penyimpanan fakta dan aturan tersebut.

Simpulan dari penelitian ini, basis pengetahuan hama dan penyakit cabai merah di wilayah tropis telah dibangun yang dikodifikasi menggunakan *PostgreSQL* dan diimplementasikan dalam bentuk prototipe aplikasi pengetahuan berbasis web. Basis pengetahuan tersebut terdiri atas pengetahuan identifikasi serangan OPT, pengetahuan tentang serangan OPT, pengetahuan pengendalian serangan OPT dan pengetahuan secara visual gejala serangan OPT. Terdapat 31 jenis, pengetahuan dan pengendalian serangan OPT khusus wilayah tropis yang ada pada basis pengetahuan ini. Hasil verifikasi terhadap sistem manajemen basisdata pada pengujian basis pengetahuan tersebut didapatkan bahwa masih terdapat anomali di dalam basisdata basis pengetahuan tersebut. Namun, adanya anomali tersebut tidak mempengaruhi hasil proses validasi karena hasil keluaran basis pengetahuan sesuai dengan spesifikasi pengetahuan yang digunakan pada tahap akuisisi pengetahuan.

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PEMBANGUNAN BASIS PENGETAHUAN
HAMA DAN PENYAKIT
CABAI MERAH (*Capsicum annum L.*) TROPIKA

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

Oleh

R. ARIEF FIRMANSYAH
F14080005

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Judul Skripsi : Pembangunan Basis Pengetahuan Hama dan Penyakit Cabai Merah
(*Capsicum annuum* L.) Tropika
Nama : R. Arief Firmansyah
NIM : F14080005

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

(Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc)
NIP. 19591118 198503.1.004

(Dr. Ir. Widodo, MS)
NIP.19591115 198503.1.003

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,

(Dr. Ir. Desrial, M.Eng)
NIP. 19661201 199103.1.004

Mengetahui :
Dipanggal lulus :



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi dengan judul **Pembangunan Basis Pengetahuan Hama dan Penyakit Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Tropika** adalah hasil karya saya sendiri dengan arahan Dosen Pembimbing Akademik, dan belum diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Bogor, Februari 2013
Yang membuat pernyataan

R. Arief Firmansyah
F14080005

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik Institut Pertanian Bogor, tahun 2013
Hak cipta dilindungi

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari
Institut Pertanian Bogor, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak, fotokopi,
mikrofilm, dan sebagainya*



BIODATA PENULIS



R. Arief Firmansyah. Lahir di Pamekasan, 23 Maret 1990 dari ayah R. Harsono Hamid dan ibu R.A Sundari, sebagai putra pertama dari tiga bersaudara. Penulis menamatkan SMA pada tahun 2008 dari SMA Negeri 1 Pamekasan dan pada tahun yang sama diterima di IPB melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB. Penulis memilih Program Studi Teknik Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian. selama mengikuti perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kegiatan dan organisasi. Pada tahun 2008 – 2010 penulis aktif di Organisasi Mahasiswa Daerah Keluarga Mahasiswa Madura. Pada tahun 2009 penulis aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian sebagai Anggota Departemen Riset Strategis Nasional. Pada tahun 2010, penulis masih aktif berorganisasi di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian sebagai kepala departemen Agritech. Pada tahun 2009 penulis memperoleh beasiswa PPA. Penulis juga telah melakukan kegiatan praktik lapangan di PT. Satria Satria Dinasasri Wisatajaya, Batu, Jawa Timur. Sebagai salah satu syarat menjadi Sarjana Teknologi Pertanian, penulis melakukan penelitian dengan judul Pembangunan Basis Pengetahuan dan Penyakit Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Tropika Berbasis Pertanian Presisi.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



KATA PENGANTAR

Terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc. yang telah menawarkan penulis untuk melakukan penelitian yang berjudul Pembangunan Basis Pengetahuan Pengendalian Hama dan Penyakit Cabai Merah Berbasis Pertanian Presisi. Oleh karena penelitian tersebut, banyak ilmu yang telah diperoleh antara lain: perancangan basis data, pemograman web, dan berkesempatan untuk belajar banyak tentang pengendalian hama dan penyakit cabai merah dari pakarnya langsung Dr. Widodo MS. Terima kasih untuk Dr. Widodo MS. Yang telah mengajarkan banyak hal tentang hama dan penyakit khususnya cabai merah. Untuk kesediaannya mengoreksi dan memperbaiki draft skripsi, terimakasih Erien Pradyta. Untuk Arif dan Faiz yang telah menjadi lulusan pertama di Lab. Bioinformatika ini, terimakasih karena kelulusan kalian membuat perebutan tempat ketiga lulusan anak bimbing pak Kudang menjadi panas. Terimakasih untuk Riska yang selalu mau direpotin untuk pinjam beragam buku perpustakaan ini dan itu. Untuk Zaiful teman satu daerah, terimakasih untuk kultumnya dan insya Allah penelitianmu akan kami bantu. Teman satu kos, tetangga kamar, Dimas kholis, terimakasih telah menunjukkan jalan yang seharusnya dijalani, ilmu sedekahnya dan ilmu silaturahmi. Alumni pondok D'Qaka angkatan 2008, mas Wahyu, mas Chandra, mas Indra, mas Fakhru, mas Budi, mas Ayuy, mas Bayu, mas Yogi, mas Kindi, mas Puji, dan mas Sapto terimakasih atas barang warisannya karena sangat mendukung dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini. Untuk kawan GASISMA 45 yang dahulu bersama-sama masuk IPB dan kemudian lulus terpisah-pisah waktu, sebuah kebanggaan dan syukur bisa mengenal kalian dan saling menguatkan di setiap masalah yang dihadapi selama empat tahun lebih pertemanan kita. Terima kasih untuk teman seangkatan TEP 45, bersama kalian duka kuliah menjadi suka dan kebahagiaan kuliah menjadi momen yang tak terlupakan. Kawan TPB dan TEP, Aris adi. Terimakasih atas waktu dan buah tukar pemikirannya selama 2 tahun ini untuk kemajuan negeri ini yang lebih baik. Untuk keluarga saya, terutama ibu terimakasih atas doa dan kesabarannya menanti putra pertamanya lulus. Semoga bisa menjadi inspirasi kelulusan ini untuk kedua adik saya untuk meraih ketepatan waktu lulus kuliah. Tak lupa syukur alhamdulillah kepada Allah *azza wa jalla* karena atas izin-Nya, melalui penelitian ini banyak ilmu yang diperoleh. Karena izin-Nya penelitian dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Bogor, 9 januari 2013

Penulis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



KATA PENGANTAR

Terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc. yang telah menawarkan penulis untuk melakukan penelitian yang berjudul Pembangunan Basis Pengetahuan Pengendalian Hama dan Penyakit Cabai Merah Berbasis Pertanian Presisi. Oleh karena penelitian tersebut, banyak ilmu yang telah diperoleh antara lain: perancangan basis data, pemograman web, dan berkesempatan untuk belajar banyak tentang pengendalian hama dan penyakit cabai merah dari pakarnya langsung Dr. Widodo MS. Terima kasih untuk Dr. Widodo MS. Yang telah mengajarkan banyak hal tentang hama dan penyakit khususnya cabai merah. Untuk kesediaannya mengoreksi dan memperbaiki draft skripsi, terimakasih Erien Pradyta. Untuk Arif dan Faiz yang telah menjadi lulusan pertama di Lab. Bioinformatika ini, terimakasih karena kelulusan kalian membuat perebutan tempat ketiga lulusan anak bimbing pak Kudang menjadi panas. Terimakasih untuk Riska yang selalu mau direpotin untuk pinjam beragam buku perpustakaan ini dan itu. Untuk Zaiful teman satu daerah, terimakasih untuk kultumnya dan insya Allah penelitianmu akan kami bantu. Teman satu kos, tetangga kamar, Dimas kholis, terimakasih telah menunjukkan jalan yang seharusnya dijalani, ilmu sedekahnya dan ilmu silaturahmi. Alumni pondok D'Qaka angkatan 2008, mas Wahyu, mas Chandra, mas Indra, mas Fakhrol, mas Budi, mas Ayuy, mas Bayu, mas Yogi, mas Kindi, mas Puji, dan mas Sapto terimakasih atas barang warisannya karena sangat mendukung dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini. Untuk kawan GASISMA 45 yang dahulu bersama-sama masuk IPB dan kemudian lulus terpisah-pisah waktu, sebuah kebanggaan dan syukur bisa mengenal kalian dan saling menguatkan di setiap masalah yang dihadapi selama empat tahun lebih pertemanan kita. Terima kasih untuk teman seangkatan TEP 45, bersama kalian duka kuliah menjadi suka dan kebahagiaan kuliah menjadi momen yang tak terlupakan. Kawan TPB dan TEP, Aris adi. Terimakasih atas waktu dan buah tukar pemikirannya selama 2 tahun ini untuk kemajuan negeri ini yang lebih baik. Untuk keluarga saya, terutama ibu terimakasih atas doa dan kesabarannya menanti putra pertamanya lulus. Semoga bisa menjadi inspirasi kelulusan ini untuk kedua adik saya untuk meraih ketepatan waktu lulus kuliah. Tak lupa syukur alhamdulillah kepada Allah *azza wa jalla* karena atas izin-Nya, melalui penelitian ini banyak ilmu yang diperoleh. Karena izin-Nya penelitian dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Bogor, 9 januari 2013

Penulis

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Tujuan	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
1. Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i> L.)	4
1. Klasifikasi	4
2. Syarat Tumbuh	4
2. Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)	4
1. Hama tanaman cabai dan pengendaliannya	5
2. Penyakit-penyakit tanaman cabai dan pengendaliannya	9
3. Pertanian Presisi dalam Manajemen Hama dan Penyakit	16
4. Basis Pengetahuan dan Representasi Pengetahuan	17
5. Sistem Basis Data	19
6. Proses Pengembangan Basis Data	20
7. Penelitian Terdahulu	21
BAHAN DAN METODE	23
1. WAKTU DAN TEMPAT	23
2. BAHAN DAN ALAT	23
3. METODE	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	27
1. Pertanian Presisi dalam Pengendalian Hama Terpadu	27
2. Pengembangan Basis Pengetahuan	28
3. Kodifikasi Pengetahuan	35



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

4.	Implementasi Prototipe Aplikasi Berbasis Pengetahuan.....	39
5.	Pengujian Basis Pengetahuan	44
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	45
1.	Simpulan.....	45
2.	Saran	45
	FTAR PUSTAKA	46



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Form pengetahuan serangan.....	29
Tabel 2. Contoh hasil lengkap proses akuisisi pengetahuan form pengetahuan tentang serangan	30
Tabel 3. Form pengendalian serangan.....	30
Tabel 4. Contoh hasil lengkap proses akuisisi pengetahuan form pengetahuan pengendalian serangan	31
Tabel 5. Form identifikasi gejala serangan OPT.....	32
Tabel 6. Deskripsi gejala dengan ciri gejala berupa bercak pada daun	33



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Kutu daun persik (Piay 2010).....	5
Gambar 2. Serangan hama Thrips (Berke <i>et al</i> 2005).....	6
Gambar 3. Serangan hama Tungau (Berke <i>et al</i> 2005)	7
Gambar 4. Lalat Buah (Piay 2010)	8
Gambar 5. Ulat penggerek buah (Piay 2010)	9
Gambar 6. Cabai yang terserang penyakit Antraknose (Piay 2010).....	10
Gambar 7. Serangan Phytophthora; bibit yang sehat dan benih yang terserang phytophthora (Berke <i>et al</i> 2005).....	11
Gambar 8. Serangan jamur Fusarium (Piay 2010).....	12
Gambar 9. Serangan jamur Cercospora capsici (Berke <i>et al</i> 2005).....	13
Gambar 10. Tanaman sehat dan tanaman terserang layu bakteri; pembusukan pada jaringan pembuluh darah (Berke <i>et al</i> 2005).....	14
Gambar 11. Serangan oleh virus kuning (Piay 2010).....	14
Gambar 12. Daun sakit akibat serangan CMV dan daun sehat (Piay 2010).....	16
Gambar 13. Contoh jaringan semantik (Marimin 2005)	18
Gambar 14. Contoh tabel keputusan (Vanthienen dan Robben 1993)	19
Gambar 15. Contoh pohon keputusan (Mitchell 1993)	19
Gambar 16. Contoh diagram ER (notasi <i>Crow's foot</i>).....	21
Gambar 17. Tahapan penelitian.....	26
Gambar 18. Skema identifikasi serangan dengan metode pohon keputusan (<i>decision tree</i>).....	34
Gambar 19. Skema pengendalian serangan OPT dengan jaringan semantik.....	35
Gambar 20. ER-diagram basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit.....	36
Gambar 21. Relasi tabel basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit.....	36
Gambar 22. Hasil <i>query SQL</i> pembuatan <i>database</i> "HamaPenyakit_db"	37
Gambar 23. Query pembuatan tabel, atribut, <i>primary_key</i> dan <i>foreign_key</i>	38
Gambar 24. Hasil pengisian data untuk tabel gejala	39
Gambar 25. Halaman utama basis pengetahuan hama dan penyakit cabai merah	39
Gambar 26. Halaman identifikasi serangan (bagian tanaman)	40



Gambar 27. Halaman identifikasi serangan (ciri gejala)	41
Gambar 28. Halaman identifikasi serangan (deskripsi gejala).....	41
Gambar 29. Halaman pengetahuan tentang serangan (pemilihan jenis serangan)	42
Gambar 30. Halaman pengendalian serangan untuk busuk <i>Phytophthora</i>	43
Gambar 31. Halaman galeri foto (foto busuk <i>phytophthora</i>).....	43

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Tabel keputusan (<i>decision table</i>) untuk identifikasi serangan OPT cabai merah	50
Lampiran 2. Halaman web pengetahuan tentang serangan.....	55
Lampiran 3. Daftar pustaka yang digunakan sebagai isi basis pengetahuan	56
Lampiran 4. Hasil implementasi sistem pakar identifikasi penyakit cabai merah berbasis <i>web</i>	59

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Upaya pemberantasan hama dan penyakit tanaman adalah kegiatan penting dan kritis dalam kegiatan budidaya tanaman sebab berpengaruh terhadap produktivitas hasil panen yang diperoleh. Umumnya, upaya pemberantasan hama dan penyakit dilakukan dengan menggunakan zat kimia yang disebut pestisida. Pestisida adalah istilah umum yang dipakai untuk menyebut zat kimia pembasmi hama dan penyakit. Dalam praktiknya, pestisida memiliki beragam jenis yang penggolongannya disesuaikan dengan organisme yang hendak dibasmi, contoh rodentisida adalah jenis pestisida yang digunakan untuk membasmi organisme pengganggu berjenis rodensia semisal, tikus.

Penemuan adanya kandungan residu kimia pada produk pertanian (Harsojo dan Chairul 2011; Miskiyah dan Munarso 2009; Nugrohati dan Untung 1986) yang disebabkan penggunaan zat pembasmi hama dan penyakit, seringkali menimbulkan dilema bagi para petani. Dilema yang dihadapi dalam usaha budidaya tanaman saat ini adalah cara mengatasi masalah OPT dengan penggunaan pestisida kimia sintetis dapat menekan kehilangan hasil akibat OPT, tetapi menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Di sisi lain, tanpa pestisida kimia sintetis akan relatif lambat bahkan sulit menekan kehilangan hasil akibat OPT. Padahal tuntutan masyarakat dunia terhadap produk pertanian menjadi bertambah tinggi terutama masyarakat negara maju, tidak jarang hasil produk pertanian kita yang siap ekspor ditolak hanya karena tidak memenuhi syarat mutu maupun kandungan residu pestisida yang melebihi ambang toleransi (Setyono 2009 dalam Riyadi 2011). Maka untuk meniasati dilema tersebut, berkembang beragam pengetahuan dan metode baru pembasmian hama dan penyakit yang lebih berwawasan lingkungan. Salah satu contohnya adalah penggunaan pestisida alami yang komposisinya berasal dari bahan alami/biologis/organik seperti penggunaan daun sirsak sebagai bahan utama pestisida nabati pengendalian thrips pada cabai, pemanfaatan predator alami untuk menekan serangan hama dan pengetahuan dosis yang tepat untuk pemberantasan hama dan penyakit. Namun, pengetahuan dan metode pencegahan dan pemberantasan hama dan penyakit yang banyak dikembangkan belum sepenuhnya dimiliki secara utuh oleh para petani terutama bagi para petani di daerah terpencil yang terbatas akses informasinya. Sedangkan, pengetahuan dan metode umumnya dimiliki oleh lembaga penelitian pemerintah atau non-pemerintah serta institusi perguruan tinggi yang umumnya berada di pusat kota atau pusat pemerintahan. Selain itu, pengetahuan dan metode pencegahan dan pemberantasan tersebut masih terpisah dalam buku, jurnal, artikel atau dipikiran para pakar. Hal tersebut terjadi akibat belum adanya bank pengetahuan yang berfungsi menghimpun pengetahuan yang terpisah tersebut menjadi kesatuan pengetahuan yang utuh.

Kemajuan teknologi komputer banyak memberikan kemudahan bagi manusia, salah satu contohnya adalah kemudahan dalam mengakses informasi tidak terbatas oleh waktu. Pengguna tidak hanya dapat memperoleh informasi pada saat sekarang, bahkan dimungkinkan dapat mengakses informasi hari kemarin atau bahkan setahun yang lalu selama informasi yang diinginkan tersedia dalam sebuah sistem basis data (*database*). Adanya sistem basis data (*database*) memberikan kesempatan pengembangan sistem basis data (*database*) yang dapat menyimpan kumpulan informasi berupa pengetahuan serta metode dalam pemberantasan hama dan penyakit tanaman. Sistem basis data (*database*) tersebut dapat dikembangkan menjadi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

basis pengetahuan (*knowledge-base*) yang dapat diimplementasikan lebih luas penggunaannya, misalnya menjadi sistem pakar atau untuk penggunaan dan pengembangan robot.

Cabai merah (*Capsicum annum L.*) adalah salah satu komoditas Hortikultura yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Hal tersebut dapat diamati dari jenis masakan khas Indonesia yang umumnya menggunakan cabai merah sebagai bahan bumbu utamanya, belum lagi berkembangnya berbagai macam olahan cabai merah yang berupa cabai giling, cabai kering dan bubuk cabai semakin meningkatkan permintaan terhadap cabai merah itu sendiri sehingga apabila ketersediaan pasokan cabai merah turun akan menyebabkan terjadi kenaikan harga cabai merah yang melambung tinggi. Berdasarkan data produktivitas cabai merah nasional tahun 2009-2010, produktivitas cabai merah tahun 2010 mengalami penurunan sebesar 0.29 dibandingkan tahun 2009 yang mengakibatkan kenaikan inflasi pada tahun 2010 sebesar 0.32% (BPS 2012). Penurunan produktivitas cabai merah disebabkan oleh faktor berikut antara lain anomali iklim, serangan hama dan penyakit, bencana alam di wilayah sentra produksi cabai merah dan penurunan minat petani untuk menanam cabai (BPS 2012). Penurunan produksi cabai merah yang disebabkan oleh serangan hama dan penyakit merupakan faktor yang sebenarnya dapat dihindari apabila pengetahuan mengenai penanggulangan serangan hama dan penyakit diketahui dengan baik. Sebab, kerugian berupa kerusakan tanaman yang diakibatkan oleh serangan hama dan penyakit dapat mencapai nilai sebesar 80-100%, contoh serangan penyakit antraknose dapat menyebabkan kerugian 20-50% (Girsang 2008).

Oleh karena itu, untuk penyebaran pengetahuan baru dan benar tentang penanggulangan hama dan penyakit kepada para petani, mencegah penurunan produktivitas panen cabai merah akibat serangan hama dan penyakit dan menghimpun pengetahuan yang terpisah tersebut menjadi kesatuan pengetahuan yang utuh maka diperlukan suatu sistem basis pengetahuan tentang hama dan penyakit cabai merah dan cara penanggulangannya.

Penelitian yang bertujuan untuk membangun sistem informasi mengenai tanaman cabai merah, baik berupa identifikasi serangan OPT hingga sistem agribisnisnya telah banyak dilakukan, antara lain oleh Faihah *et al* (1999) yang membangun sistem pakar identifikasi penyakit tanaman cabai besar merah, lalu Mulyawanto (2011) yang membangun sistem pakar fuzzy untuk diagnosis penyakit pada tanaman cabai merah. Tidak hanya di Indonesia saja penelitian tentang sistem pakar identifikasi penyakit dilakukan tetapi juga di negara lain, salah satunya adalah Gonzales-Diaz *et al* (2009) mengembangkan sistem pakar untuk perlindungan tanaman cabai (*Capsicum annum L.*) terintegrasi. Selain pembangunan dalam hal sistem pakar untuk diagnosis atau pengendalian, dikembangkan juga sistem konsultasi online agribisnis cabai merah yang dilakukan oleh Supriyanto (2011). Darmawan (2011) juga mengembangkan hal yang serupa yaitu sistem konsultasi online agribisnis cabai merah berbasis *mobile*. Di tahun 2012, Ikhsan (2012) melakukan penelitian tentang pengembangan sistem pakar agribisnis cabai merah berbasis android yang menggunakan basis pengetahuan yang sama dengan sistem konsultasi online yang dikembangkan oleh Supriyanto dan Darmawan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian diatas adalah mengkhususkan pada pembangunan basis pengetahuan yang merupakan bagian dari sistem pakar atau sistem konsultasi.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan membangun basis pengetahuan (*knowledge base*) untuk pengendalian hama dan penyakit cabai merah (*Capsicum annum L.*) khusus wilayah tropis yang menyediakan pengetahuan berupa pengidentifikasian serangan hama dan penyakit, pengetahuan mengenai serangan hama dan penyakit serta pengendalian terhadap serangan hama dan penyakit dan tersimpan dalam sistem basis data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Cabai Merah (*Capsicum annum* L.)

1. Klasifikasi

Cabai merupakan jenis tanaman Hortikultura yang bernilai ekonomis tinggi. Cabai berasal dari daratan Amerika Tengah hingga Amerika Selatan dan Peru. Terdapat dua jenis cabai, yaitu cabai besar dan cabai kecil atau cabai rawit. Berikut adalah klasifikasi dari cabai merah besar:

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledone
Ordo	: Tubiforae
Famili	: Solanaceae
Genus	: <i>Capsicum</i>
Spesies	: <i>Capsicum annum</i> L.

Indonesia memiliki beragam varietas cabai merah baik yang hibrida maupun non hibrida. Berdasarkan Piay (2010) terdapat 7 varietas cabai merah antara lain: cabai merah keriting varietas TM 999, Cabai merah teropong, Cabai merah biota, cabai merah varietas *hot beauty*, Cabai merah varietas premium, Cabai merah keriting varietas lembang-1, Cabai merah keriting varietas tanjung-2

2. Syarat Tumbuh

Cabai merah besar dapat tumbuh pada dataran rendah maupun dataran tinggi hingga mencapai ketinggian 1400 mdpl. Untuk pertumbuhan yang optimum, cabai merah besar lebih cocok dibudidayakan pada dataran rendah (Supriyanto 2011). Tanah yang baik untuk budidaya cabai merah besar adalah tanah bertekstur gembur/remah, mengandung bahan organik sekitar 2% dan tingkat keasaman tanah (pH) berkisar antara 5.5-6.8. Hujan relatif sepanjang tahun dengan curah hujan 2000-3000 mm/tahun. Suhu optimum untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif adalah sekitar 15°C-20°C (Aminah *et al* 2004).

2. Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

Berdasarkan peraturan menteri pertanian no 46/Permentan/OT.140/10/2009 yang dimaksud dengan organisme pengganggu tanaman adalah semua organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan atau menyebabkan kematian pada tanaman. Sedangkan menurut Samsudin (2009), Organisme pengganggu tanaman, terdiri atas hama, penyakit tanaman dan gulma. Kendala yang sering dihadapi dalam produksi tanaman cabai adalah gangguan hama dan penyakit (Herlinda *et al* 2007). Berdasarkan data dari Piay (2010), berikut ini dijelaskan jenis hama dan penyakit utama cabai merah besar dan cara pengendaliannya:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Hama tanaman cabai dan pengendaliannya

1. Kutu daun persik (*Myzus persicae* Sulz.)

Kutu daun persik dapat menyebabkan kerugian secara langsung, yaitu mengisap cairan tanaman. Tanaman yang terserang daunnya menjadi keriput dan terpuntir, dan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat (kerdil). Kerusakan pada daun muda yang menyebabkan bentuk daun keriput menghadap ke bawah adalah ciri spesifik gangguan kutu daun. Bagian daun bekas tempat isapan kutu daun berwarna kekuningan. Populasi kutu daun yang tinggi dapat menyebabkan klorosis dan daun gugur, juga ukuran buah menjadi lebih kecil. Kutu daun menghasilkan cairan embun madu yang dapat menjadi tempat untuk pertumbuhan cendawan embun jelaga pada permukaan daun dan buah. Selain itu, kutu daun persik dapat menyebabkan kerugian secara tidak langsung, karena perannya sebagai vektor penyakit virus. Penyakit virus yang dapat ditularkan oleh kutu daun persik pada tanaman cabai merah, antara lain penyakit virus menggulung daun kentang (PLRV) dan penyakit virus kentang Y (PVY). Pada kondisi ekosistem yang masih seimbang, beberapa musuh alami di lapangan sangat potensial dalam mengurangi populasi kutu daun. Musuh alami tersebut antara lain: parasitoid *Aphidius sp.*, kumbang macan *Menochilus sp.*, dan larva *Syrphidae*, *Ischiodon scutellaris*.



Gambar 1. Kutu daun persik (Piay 2010)

Cara pengendalian:

- Secara mekanik dilakukan dengan pembersihan semua gulma dan sisa tanaman inang kutu daun yang ada di sekitar areal pertanaman cabai.
- Penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat mengurangi masuknya kutu daun dari luar pertanaman cabai.
- Pengaturan pola tanam, misalnya tumpangsari dengan bawang daun, pola tumpang gilir dengan bawang merah, tanaman bawang dapat bersifat sebagai pengusir hama kutu daun.
- Secara biologis dilakukan dengan pemanfaatan musuh alami tersebut di atas.
- Pengendalian secara kimia dapat dilakukan pada tingkat kerusakan daun/tanaman contoh sekitar 15%, dengan insektisida yang berbahan aktif fipronil atau diafenthiuron.
- Penyemprotan sebaiknya dilakukan pada sore hari.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Thrips (*Thrips parvispinus* Karny).

Hama Thrips menyukai daun muda. Mula-mula daun yang terserang memperlihatkan gejala noda keperakan yang tidak beraturan, akibat adanya luka dari cara makan hama tersebut. Setelah beberapa waktu, noda keperakan tersebut berubah menjadi kecoklatan terutama pada bagian tepi tulang daun. Daun-daun mengeriting ke arah atas. Pada musim kemarau perkembangannya sangat cepat sehingga populasinya lebih tinggi. Penyebarannya sangat terbantu oleh angin, karena Thrips dewasa tidak bisa terbang dengan sempurna. Pada musim hujan populasinya relatif rendah karena banyak Thrips yang mati tercuci oleh curah hujan. Pada kondisi ekosistem yang masih seimbang, populasi hama Thrips di alam dikendalikan oleh musuh alami. Musuh alami hama Thrips yang potensial antara lain, kumbang *Coccinellidae*, kepik *Anthocoridae*, kumbang *Staphylinidae*, dan larva *Chrysopidae*.



Gambar 2. Serangan hama Thrips (Berke *et al* 2005)

Cara pengendalian :

- Secara mekanik dilakukan dengan pembersihan semua gulma dan sisa tanaman inang hama Thrips yang ada di sekitar areal pertanaman cabai.
- Penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat mencegah hama Thrips mencapai tanah untuk menjadi pupa sehingga daur hidup Thrips akan terputus.
- Pemasangan mulsa jerami di musim kemarau akan meningkatkan populasi predator di dalam tanah yang pada akhirnya akan memangsa hama Thrips yang akan berpupa di dalam tanah.
- Pengaturan pola tanam, misalnya pola tumpang gilir dengan bawang merah akan menekan serangan hama Thrips pada tanaman cabai muda.
- Secara biologis dilakukan dengan pemanfaatan musuh alami.
- Pengendalian secara kimia dapat dilakukan pada tingkat kerusakan daun/tanaman contoh sekitar 15%, dengan insektisida yang berbahan aktif fipronil atau diafenthiuron.
- Penyemprotan sebaiknya dilakukan pada sore hari.

3. Tungau (*Polyphagotarsonemus latus* Banks).

Gejala umum adalah tepi daun keriting menghadap ke bawah seperti bentuk sendok terbalik dan terjadi penyempitan daun. Daun yang terserang berwarna keperakan pada permukaan bawah daun. Daun menjadi menebal dan kaku, pertumbuhan pucuk tanaman terhambat. Gejala ini tampak dalam waktu yang relatif cepat, 8 - 10 hari setelah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

terinfeksi oleh beberapa ekor tungau, daun-daun akan menjadi cokelat. Pada 4 - 5 hari kemudian pucuk-pucuk tanaman seperti terbakar dan pada serangan yang berat pucuk tanaman akan mati, buah cabai menjadi kaku, permukaan kasar dan bentuk terganggu. Serangan berat terjadi pada musim kemarau.



Gambar 3. Serangan hama Tungau (Berke *et al* 2005)

Cara pengendalian:

- Secara mekanik dilakukan dengan pembersihan semua gulma dan sisa tanaman inang hama tungau. Diusahakan pertanaman cabai tidak berdekatan dengan pertanaman singkong yang merupakan inang potensial hama tungau.
- Tanaman yang terserang berat dicabut atau pucuk-pucuknya dipotong kemudian dikumpulkan dan dibakar.
- Pengendalian secara kimia dapat dilakukan pada tingkat kerusakan daun/tanaman contoh sekitar 15 %, dengan menggunakan akarisida, antara lain; yang berbahan aktif amitraz, abamektin, dikofol, atau propargit.

4. Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis* Hendel)

Gejala serangan lalat buah pada buah cabai ditandai dengan ditemukannya titik hitam pada pangkal buah. Jika buah dibelah, di dalamnya ditemukan larva lalat buah. Serangga betina dewasa meletakkan telur di dalam buah cabai, yaitu dengan cara menusukkan ovipositornya pada pangkal buah muda (masih hijau). Selanjutnya telur akan menetas menjadi larva di dalam buah cabai sehingga buah membusuk dan gugur. Serangan berat terjadi pada musim hujan. Hal ini disebabkan oleh bekas tusukan ovipositor terkontaminasi oleh cendawan sehingga buah yang terserang cepat membusuk dan gugur. Pada siang hari, serangga dewasa sering dijumpai pada daun atau bunga cabai. Lalat buah bersifat polifag, selain menyerang buah cabai juga menyerang buah lainnya seperti mangga, belimbing, pisang, apel, dan jeruk. Larva yang panjang sekitar 6 - 8 mm, mampu melenting dengan lincih menggunakan ujung tubuhnya yang lancip. Pada serangan lanjut, buah cabai akan gugur. Selanjutnya larva keluar dari buah dan membentuk pupa di dalam tanah.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 4. Lalat Buah (Piay 2010)

Cara pengendalian :

- Secara mekanik dilakukan dengan mengumpulkan semua buah cabai yang rontok kemudian dibakar, karena larva di dalam buah cabai akan berubah jadi pupa yang akhirnya menjadi lalat buah baru. Dengan cara ini, siklus hidup lalat buah akan terputus.
- Penggunaan atraktan yang berbahan aktif metyl eugenol, caranya diteteskan pada kapas dan dimasukkan ke dalam botol bekas air mineral. Penggunaan perangkap ini dimaksudkan untuk menekan serangan lalat buah.
- Pemasangan perangkap ini dilakukan sebulan setelah tanaman cabai ditanam. Jumlah perangkap yang diperlukan 40 buah/ha, dengan dosis 1 ml/perangkap. Dua minggu sekali, perlu ditambahkan lagi atraktan tersebut. Pemasangan atraktan ini dilakukan sampai akhir panen.
- Penggunaan insektisida secara berselang-seling. Insektisida yang dapat dipilih antara lain yang berbahan aktif alfasipmetrin, betasiflutrin, dan deltametrin. Penyemprotan dilakukan pada pagi hari ketika sayap lalat buah masih basah sehingga menyulitkan dirinya untuk terbang. Untuk meningkatkan efikasi insektisida dapat ditambah dengan bahan perekat perata.

5. Ulat Penggerek Buah (*Helicoverpa armigera* Hubner)

Buah cabai merah yang terserang ulat penggerek buah menunjukkan gejala berlubang dan tidak laku di pasaran. Jika buah dibelah, di dalamnya terdapat ulat. Hama ulat buah menyerang buah cabai dengan cara mengebor dinding buah cabai sambil memakannya. Umumnya instar pertama ulat penggerek buah menyerang buah yang masih hijau. Pada musim hujan, serangan ulat penggerek buah ini akan terkontaminasi oleh cendawan, sehingga buah yang terserang akan membusuk. Hama ulat penggerek buah bersifat polifag, inang selain cabai yaitu tomat dan kedelai. Hama ini tersebar luas di Indonesia dari dataran rendah sampai dataran tinggi. Pada stadia ulat dewasa akan turun ke dalam tanah dan berubah menjadi kepompong. Beberapa saat kemudian kepompong menjadi ngengat, ngengat betina dapat bertelur sampai 1000 butir selama hidupnya.

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 5. Ulat penggerek buah (Piay 2010)

Cara Pengendalian:

- Secara kultur teknik yaitu pengaturan pola tanam, dimana tidak menanam cabai pada lahan bekas tanaman tomat dan kedelai.
- Secara mekanik dilakukan dengan membersihkan buah-buah cabai yang terserang kemudian dibakar.
- Penggunaan musuh alami yang menyerang hama ulat buah, antara lain parasitoid telur *Trichogramma nana*, parasitoid larva *Diadegma argenteopilosa*, dan cendawan *Metharrhizium*.
- Penggunaan insektisida kimia. Insektisida yang dapat dipilih antara lain yang berbahan aktif emamektin benzoat 5% atau lamda sihalotrin 25 g/lt. Penyemprotan sebaiknya dilakukan pada malam hari dengan ditambah bahan perekat perata.

Penyakit-penyakit tanaman cabai dan pengendaliannya

1. Antraknose

Penyakit antraknose disebabkan oleh dua jenis jamur yaitu *Colletotrichum capsici* dan *Colletotrichum gloeosporioides*. Gejala pada biji berupa kegagalan berkecambah dan pada kecambah menyebabkan layu semai. Pada tanaman yang sudah dewasa menyebabkan mati pucuk, pada daun dan batang yang terserang menyebabkan busuk kering. Buah yang terserang *C. capsici* menjadi busuk dengan warna seperti terekspos sinar matahari (terbakar) yang diikuti busuk basah berwarna hitam, karena penuh dengan rambut hitam (setae), jamur ini pada umumnya menyerang buah cabai menjelang masak (buah berwarna kemerahan). Jamur *C. gloeosporioides* memiliki dua strain yaitu strain R dan G. Strain R hanya menyerang buah cabai masak yang berwarna merah, sedangkan strain G dapat menyerang semua bagian tanaman, termasuk buah cabai yang masih berwarna hijau maupun buah yang berwarna merah. Populasi *C. gloeosporioides* di alam jauh lebih banyak daripada *C. capsici*. Kedua jenis patogen tersebut dapat bertahan di biji dalam waktu yang cukup lama dengan membentuk *acervulus*, sehingga merupakan penyakit tular biji.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 6. Cabai yang terserang penyakit Antraknose (Piay 2010)

Cara pengendalian :

- Menanam benih yang sehat dan bebas patogen di lahan yang juga bebas dari patogen.
- Melakukan perawatan benih (biji) dengan merendam dalam air hangat (55°C) selama 30 menit, atau perawatan benih dengan fungisida efektif yang direkomendasikan.
- Melakukan sanitasi pada pertanaman dengan cara membakar bagian tanaman yang terserang untuk menekan populasi patogen sejak awal.
- Menanam varietas cabai yang toleran terhadap penyakit.
- Melakukan pergiliran tanaman dengan menanam tanaman yang bukan sebagai inang patogen;
- Melakukan sanitasi terhadap berbagai gulma yang menjadi inang alternatif patogen, seperti *Borreria* sp.
- Menanam varietas cabai berumur genjah dalam upaya memperpendek periode tanaman terekspos patogen.
- Menggunakan fungisida efektif yang direkomendasikan menekan perkembangan patogen secara bijaksana, terutama pada saat pematangan buah.
- Melakukan prosesing (pascapanen) dengan cara mengeringkan buah cabai dengan cepat atau disimpan pada suhu 0°C dapat membebaskan buah dari serangan patogen selama 30 hari.

2. Hawar Phytophthora

Penyakit tersebut disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici*. Patogen dapat menyerang pada seluruh bagian tanaman. Serangan pada tanamanyangmasihdi persemaian dapat menimbulkan gejala layu semai. Infeksi pada batang dimulai dari pangkal batang, yang menunjukkan gejala busuk basah, berwarna coklat kehitaman. Infeksi pada tanaman yang muda menyebabkan kematian tanaman. Infeksi pada tanaman yang telah dewasa menyebabkan batang tanaman mengeras dan akhirnya layu. Infeksi pada daun menyebabkan daun tampak seperti disiram air panas dan akhirnya daun mengering dan gugur. Infeksi pada buah menyebabkan buah berwarna hijau gelap dan busuk basah. Jamur dapat bertahan di dalam tanah maupun biji, mampu bertahan dari kondisi yang tidak menguntungkan dengan membentuk oospora.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 7. Serangan Phytophthora; bibit yang sehat dan benih yang terserang phytophthora (Berke *et al* 2005)

Cara pengendalian:

- Sanitasi lapangan dari gulma yang dapat menjadi inang alternatif dan tanaman sakit, untuk meminimalkan sumber inokulum awal.
- Merawat benih dengan fungisida efektif untuk jamur golongan oomycetes, misalnya yang berbahan aktif metalaksil.
- Melakukan pergiliran tanaman dengan tanaman yang bukan sebagai inang patogen.
- Tidak menanam varietas yang rentan, terutama di lokasi yang sudah banyak terdapat patogen.
- Menggunakan mulsa plastik untuk menghindari penyebaran patogen dari buah, daun, dan batang atas ke dalam tanah atau sebaliknya.
- Membuat tata air yang baik untuk menekan perkembangan jamur dalam bentuk oospora maupun zoospora.
- Menggunakan fungisida efektif yang bersifat sistemik yang direkomendasikan secara bijaksana, terutama untuk tanaman dewasa.

3. Layu Fusarium

Penyebab penyakit layu Fusarium adalah jamur *Fusarium oxysporum* var. *vasinfectum*. Infeksi pertama umumnya terjadi pada pangkal batang yang langsung berhubungan dengan tanah. Pangkal batang tersebut menjadi busuk dan berwarna coklat tua. Infeksi lanjut menjalar ke daerah perakaran dan menyebabkan kerusakan pada akar (busuk basah). Apabila kelembaban lingkungan cukup tinggi, bagian pangkal batang tersebut berubah warna menjadi keputih-putihan karena banyak terbentuk spora. Infeksi yang parah menyebabkan seluruh bagian tanaman menjadi layu karena transport air dan nutrisi ke bagian atas tanaman terganggu. Jamur membentuk makro konidia (dengan dua – enam septa) dan mikro konidia (sel tunggal) dan klamidospora (hifa berdinding sel tebal). Klamidospora dapat bertahan lama pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan untuk pertumbuhan jamur. Suhu untuk pertumbuhan optimal jamur berkisar antara 24°C-27°C, sehingga penyakit layu Fusarium tersebut banyak berkembang di daerah dataran rendah, terutama yang berdrainase kurang baik. Patogen dapat menyebar melalui hembusan angin dan aliran air.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 8. Serangan jamur Fusarium (Piay 2010)

Cara pengendalian :

- Membuat tata air yang baik untuk dapat mengatur lengas tanah dan kelembaban lingkungan, supaya perkembangan jamur Fusarium dapat dihambat.
 - Tidak menanam varietas cabai yang rentan penyakit terutama pada lokasi yang sudah terinfeksi patogen.
 - Pengolahan tanah yang baik dan ditutup dengan plastik putih selama 3 hari. Dengan cara tersebut suhu tanah dapat mencapai 70°C yang berakibat pada penekanan sumber inokulum awal.
 - Melakukan pergiliran tanaman dengan tanaman yang bukan sebagai inang patogen.
 - Menggunakan fungisida efektif yang direkomendasikan secara bijaksana.
4. Bercak Daun Cercospora

Penyakit bercak daun pada cabai disebabkan oleh jamur *Cercospora capsici*. Gejala pada daun berupa bercak sirkuler dengan bagian tengah berwarna abu-abu, dan bagian luarnya berwarna coklat tua. Pada kelembaban tinggi, bercak cepat melebar, kemudian mengering dan pecah dan akhirnya gugur. Daun yang terinfeksi berat berubah warna menjadi kuning dan gugur ke tanah. Jamur dapat bertahan lama dari musim ke musim pada sisa-sisa tanaman yang terinfeksi atau dapat terbawa biji. Serangan yang parah umumnya pada tanaman yang memasuki fase pembungaan. Penyebaran penyakit melalui spora yang ditiup angin, percikan air hujan, air siraman, dan alat pertanian pekerja kebun. Perkembangan penyakit sangat cepat apabila kondisi lingkungan sangat kondusif, yaitu kelembaban relatif udara lebih dari 90%, dengan suhu udara 28°C - 32°C. Penyakit lebih sering merugikan pada tanaman cabai yang ditanam di dataran tinggi daripada yang di dataran rendah.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 9. Serangan jamur *Cercospora capsici* (Berke *et al* 2005)

Cara pengendalian:

- Menanam benih yang sehat dan bebas patogen.
- Melakukan sanitasi lapangan terhadap gulma yang menjadi inang alternatif patogen serta tanaman yang terinfeksi dan dimusnahkan, untuk mengurangi sumber inokulum awal.
- Membuat tata air yang baik untuk menjaga kelengasan tanah dan kelembaban lingkungan yang dapat menghambat perkembangan patogen.
- Menggunakan fungisida efektif yang direkomendasikan secara bijaksana.

5. Layu Bakteri

Penyebab penyakit layu bakteri adalah bakteri *Ralstonia solanacearum*. Gejala layu secara tiba-tiba dapat terjadi pada tanaman muda maupun dewasa. Jaringan pembuluh batang bagian bawah rusak dan akar berwarna kecoklatan. Apabila jaringan batang atau akar dipotong melintang dan dicelup dengan air yang jernih, jaringan sakit akan mengeluarkan cairan keruh seperti susu yang merupakan koloni bakteri. Bakteri berbentuk batang dengan ukuran 0.5×1.5 m, tidak membentuk spora, bersifat aerob dan termasuk golongan gram negatif. Bakteri menginfeksi tanaman lewat luka pada bagian akar dan masuk ke dalam jaringan pembuluh untuk memperbanyak diri. Infeksi lebih lanjut menyebabkan jaringan pembuluh rusak dan tidak dapat berfungsi mengangkut air dan nutrisi ke bagian atas tanaman. Bakteri mampu bertahan hidup di dalam tanah dalam jangka waktu yang lama. Tanaman inang alternatif umumnya yang termasuk dalam Solanaceae seperti tomat, terung, tembakau dan kentang.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 10. Tanaman sehat dan tanaman terserang layu bakteri; pembusukan pada jaringan pembuluh dalam (Berke *et al* 2005)

Cara pengendalian:

- Melakukan pergiliran tanaman dengan menanam tanaman yang bukan sebagai inang patogen. Pergiliran dengan menanam padi sawah (diairi) sangat membantu menekan populasi patogen di dalam tanah;
- Membuat saluran drainase yang baik untuk mencegah genangan air;
- Menanam varietas cabai yang tahan penyakit.

6. Virus Kuning (*Pepper Yellow Leaf Curl Virus* – Bulai)

Penyakit virus kuning yang umum disebut penyakit bulai cabai disebabkan oleh virus Gemini. Patogen juga dapat menyerang tanaman tomat serta tanaman lain yang termasuk dalam *Solanaceae* dan *Cucurbitaceae*. Penyakit ditularkan melalui vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Kerusakan yang ditimbulkan sangat bervariasi, tergantung kondisi lokasi pertanaman dan stadium tanaman saat terinfeksi. Semakin awal tanaman terinfeksi virus, semakin besar kehilangan hasil yang disebabkan. Gejala yang timbul pada cabai besar berupa menguningnya daun tanaman, daun mengecil dan keriting, tanaman menjadi kerdil, bunga rontok yang berakibat tanaman tidak menghasilkan buah. Pada cabai rawit gejala yang timbul adalah menguningnya seluruh daun dan tanaman dapat menjadi kerdil bila infeksi terjadi sejak awal pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman bisa tidak menghasilkan (gagal panen).



Gambar 11. Serangan oleh virus kuning (Piay 2010)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Cara pengendalian:

- Menggunakan benih yang sehat dan bebas patogen.
- Pembuatan benih dapat dilakukan dengan menyungkup pesemaian dengan kain kasa berlubang halus untuk menghindari masuknya vektor *B. tabaci*, sehingga virus tidak dapat ditularkan.
- Melakukan sanitasi lapangan dari gulma yang menjadi inang alternatif maupun tanaman sakit sejak awal untuk menekan populasi inokulum awal.
- Menanam varietas cabai yang toleran. Cabai rawit dinyatakan lebih toleran dibandingkan cabai besar.
- Menggunakan pupuk organik cair yang mengandung unsur hara makro, mikro, dan zat pengatur tumbuh sehingga tanaman menjadi sehat yang dapat bereaksi lebih tahan terhadap serangan patogen.
- Membuat pagar keliling hidup dari tanaman jagung, yang ditanam rapat sebanyak enam baris secara zigzag, untuk menahan vektor *B. tabaci* masuk ke areal pertanaman dari tanaman disebelahnya yang terinfeksi. Penanaman pagar hidup sebaiknya pada saat 5 - 6 minggu sebelum tanam cabai.
- Menyusun pola tanam dan melakukan pergiliran tanaman dengan menanam tanaman yang bukan sebagai inang alternatif bagi patogen.
- Menekan populasi vektor *B. tabaci* dengan insektisida efektif yang direkomendasikan secara bijaksana, sehingga laju infeksi penyakit menjadi lebih kecil.

7. Penyakit Mosaik

Penyakit mosaik pada cabai disebabkan oleh *Cucumber Mosaic Virus* (CMV), atau gabungannya dengan beberapa virus lain seperti *Tobacco Mosaic Virus* (TMV), *Potato Virus Y* (PVY) dan *Chilli Veinal Mottle Virus* (CVMV). Tanaman yang terinfeksi menjadi kerdil, warna daun belang hijau muda dan hijau tua, ukuran daun lebih kecil daripada daun yang sehat. Pada tulang daun terdapat jaringan tanaman yang menguning atau hijau gelap dengan tulang daun yang tumbuh lebih menonjol, serta pinggiran daun bergelombang. Virus masuk ke dalam jaringan tanaman melalui luka, memperbanyak diri dan menyebar ke seluruh jaringan tanaman (sistemik). Penularan virus dapat secara mekanis (bersinggungan antara tanaman sakit dan sehat) serta dapat melalui vektor serangga kutu daun (*Myzus persicae*) dan *Aphis gossypii*. Khusus TMV tidak dapat ditularkan melalui vektor, tetapi dapat menular melalui biji.

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 12. Daun sakit akibat serangan CMV dan daun sehat (Piay 2010)

Cara pengendalian :

- Melakukan sanitasi lapangan terhadap gulma dan tanaman sakit, selanjutnya dimusnahkan untuk mengurangi sumber inokulum awal.
- Menghindari kontak dengan tanaman sakit pada saat bekerja.
- Mengurung perbenihan tanaman cabai dengan kain kasa halus untuk mencegah masuknya vektor mencapai benih tanaman.
- Untuk mencegah penularan TMV melalui biji, maka biji cabai direndam dalam larutan natrium fosfat 10% selama satu jam.
- Mengendalikan serangga vektor penyakit dengan insektisida efektif yang direkomendasikan secara bijaksana.

Pertanian Presisi dalam Manajemen Hama dan Penyakit

Perkembangan teknologi banyak memberikan keuntungan bagi manusia, antara lain kemudahan dalam berkomunikasi, transportasi dan kesehatan. Salah satu keuntungan kemajuan teknologi yang pesat telah mendorong munculnya paradigma baru dalam pertanian, yaitu pertanian presisi. Beragam definisi tentang pertanian presisi dikemukakan oleh para ahli antara lain: menurut Seminar (2011), Pertanian presisi adalah paradigma pertanian yang memberikan perlakuan presisi pada semua simpul agribisnis, mulai dari kegiatan *on-farm* yang meliputi pencarian lahan, pengolahan lahan, budidaya dan pemanenan hingga kegiatan *off-farm* yang meliputi pengolahan produk, distribusi, pemasaran hingga sampai ke konsumen akhir dengan aman dan sehat. Definisi lain menurut Sonka *et al* (1997), pertanian presisi adalah sebuah strategi manajemen yang menggunakan teknologi informasi untuk membawa data dari beragam sumber untuk menunjang keputusan yang dihubungkan dengan produksi panen. Perbedaan pertanian konvensional dan pertanian presisi terletak pada penggunaan teknologi informasi untuk menyediakan, memproses dan menganalisa beragam sumber data yang luas dan pemecahan sementara untuk pengambilan keputusan dan pengoperasian didalam manajemen produksi panen. Definisi lainnya menyatakan bahwa pertanian presisi dicirikan secara umum atas lima komponen berikut, yaitu: lingkup areanya kecil, keberagaman, efisiensi, teknologi, keuntungan dan keberlanjutan (Brase 2005).

Pengaplikasian pertanian presisi pada manajemen serangan OPT masih terbatas pada serangan OPT yang tidak bergerak, contohnya gulma. Penerapan pertanian presisi pada manajemen serangan OPT berupa hama atau organisme gerak aktif tidak dapat diterapkan pada area spesifik sebagaimana gulma sehingga dalam upaya manajemen serangan hama atau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

organisme gerak aktif adalah dengan tepat perlakuan berdasarkan kerusakan yang mencapai ambang batas, contoh laporan pengamatan yang terintegrasi terhadap hama, *remote sensing*, dan pemakaian sensor yang baik. Penerapan manajemen hama berbasis pertanian presisi dapat berkontribusi dalam perbaikan lingkungan (Sonka *et al* 1997).

Dewasa ini, telah dan terus dikembangkan teknologi untuk manajemen serangan OPT berupa hama dan penyakit. Tindakan manajemen serangan OPT berupa hama dan penyakit yang berbasis pertanian presisi berprinsip pada deteksi dini gejala serangan yang disebabkan oleh jenis OPT tersebut. UAV (*unnamed aerial vehicles*) merupakan salah satu contoh teknologi untuk deteksi dini yang prinsip kerjanya mengambil gambar lahan resolusi tinggi kemudian dianalisa untuk dibuat peta keruangan kondisi tanaman yang dikaitkan dengan populasi hama (Brewster 2003). Contoh teknologi yang dikembangkan untuk deteksi dini serangan penyakit, antara lain: DNA *bar-coding*, *microarray technologies* dan *lateral flow devices* (IITA 2010).

Basis Pengetahuan dan Representasi Pengetahuan

Artificial Intelligent (kecerdasan buatan) adalah cabang baru dari ilmu komputer yang menurut Rich dan Knight (1991) didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari bagaimana membuat komputer melakukan sesuatu yang saat ini manusia mampu melakukannya lebih baik. Kecerdasan buatan terbagi menjadi 7 bagian, yaitu *expert system*, *robotics*, *vision system*, *natural language processing and voice recognition*, *learning system*, *neural network* dan *genetic algorithm*. (Stair dan Reynold 2010).

Menurut Turban *et al* (2005), sistem pakar adalah sistem yang digunakan untuk mengumpulkan pengetahuan manusia ke dalam komputer untuk menyelesaikan masalah yang biasanya memerlukan keahlian pakar. Pada prinsipnya terdapat lima komponen dalam menyusun atau mengembangkan sistem pakar, yaitu akuisisi pengetahuan, basis pengetahuan, mesin inferensi, fasilitas penjelasan dan justifikasi serta *user interface*. Basis pengetahuan merupakan inti dari sistem pakar sebab basis pengetahuan berisi relevansi kebutuhan pengetahuan pakar yang digunakan yang berupa pemahaman, perumusan dan penyelesaian masalah (Marimin 2005).

Turban *et al* (2005) mendefinisikan representasi pengetahuan sebagai kegiatan pengorganisasian pengetahuan yang diperoleh dalam satu kegiatan/aktivitas. Definisi lain menyatakan, representasi pengetahuan merupakan proses merepresentasikan fakta dan aturan di dalam basis pengetahuan untuk menyediakan format yang cocok dengan komputer, membangun korespondensi yang sedekat mungkin antara format tadi dengan fakta aktual dan aturan serta membentuk sebuah representasi yang dapat dengan mudah ditunjukkan, digunakan, dimodifikasi dan diperbaharui (Ignizio 1991).

Beragam metode dapat digunakan dalam merepresentasikan pengetahuan, contohnya *production rule*, *frame*, *decisions trees*, objek dan logika. Menurut Marimin (2005), ada empat kriteria dalam memilih metode representasi pengetahuan, yaitu:

1. Kemampuan representasi, artinya metode harus mampu merepresentasikan semua jenis pengetahuan yang diperlukan oleh sistem pakar.
2. Kemudahan dalam penalaran, artinya metode harus mudah diproses untuk mencapai tahap kesimpulan.
3. Efisiensi proses akuisisi, artinya metode harus membantu translasi pengetahuan pakar ke dalam sistem komputer secara efisien.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

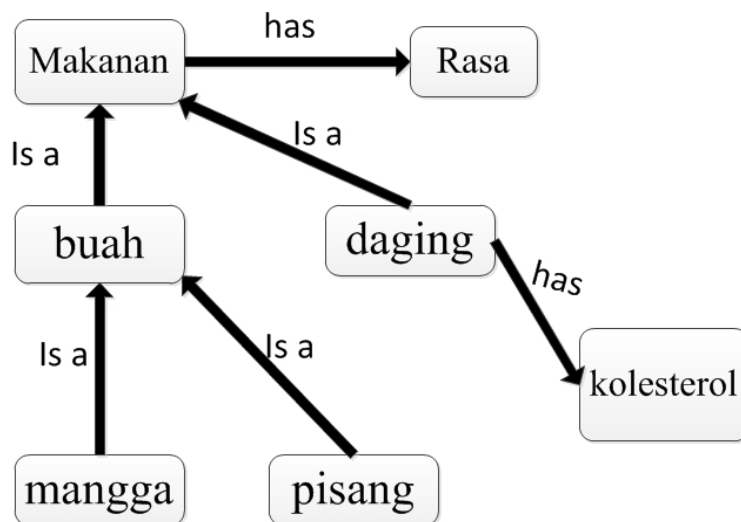
4. Efisiensi prose penalaran, artinya metode dapat diproses secara efisien untuk mencapai kesimpulan.

Berikut ini dijelaskan beberapa metode representasi pengetahuan untuk pembangunan basis pengetahuan:

1. Jaringan semantik

Jaringan semantik digunakan untuk menggambarkan pengetahuan yang berbentuk struktur jaringan. Jaringan semantik terdiri dari *node* (titik) yang merepresentasikan objek berupa hal fisik atau konsep atau penjelasan tentang objek tersebut. *Node* dihubungkan dengan *arc* atau *link* yang umumnya berupa *is-a* (adalah sesuatu) atau *has-a* (mempunyai/mengandung sesuatu).

Menurut Turban *et al* (2005), salah satu hal menarik dan berguna tentang metode jaringan semantik adalah kemampuan untuk menunjukkan pewarisan (*inheritance*) karena jaringan semantik pada dasarnya adalah sebuah hirarki, beragam karakteristik *node* sesungguhnya mewariskan karakter yang lainnya. Pada gambar 13 pusat gambar dari domain pengetahuan tersebut adalah makanan, sebuah *link* menunjukkan makanan memiliki rasa, sedangkan *link* lain menunjukkan mangga adalah buah, lalu lanjutan *link* menunjukkan buah adalah makanan. Karakteristik lainnya menunjukkan bahwa daging adalah makanan, lalu kelanjutan *link* menunjukkan daging memiliki kolesterol. Maka kemudian apakah pisang memiliki rasa? Karena metode ini memiliki kemampuan untuk menunjukkan warisan (*inheritance*) sehingga pertanyaan tersebut dapat dijawab pisang memiliki rasa bila makanan memiliki rasa, buah adalah makanan dan pisang adalah buah.



Gambar 13. Contoh jaringan semantik (Marimin 2005)

2. Tabel Keputusan (*Decision Table*)

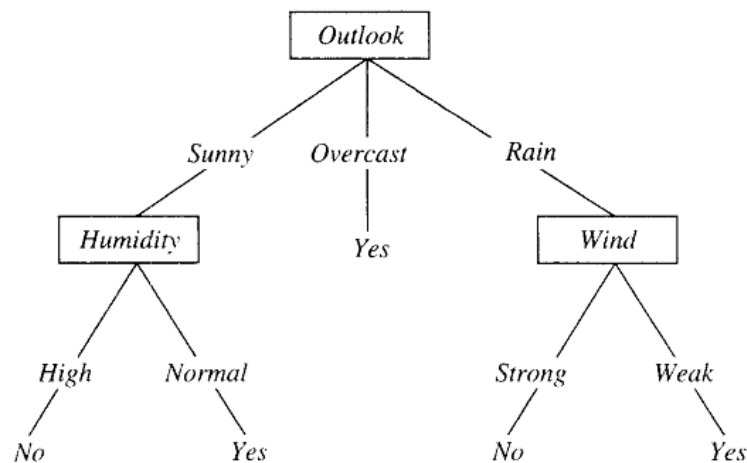
Pengetahuan yang direpresentasikan dengan menggunakan tabel keputusan diorganisir dalam format *spreadsheet* yang menggunakan kolom dan baris. Pada metode ini, tabel dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian kondisi dan aksi. Bagian kondisi terdiri atas kumpulan kondisi untuk setiap kondisi diberikan semua kemungkinan nilai. Bagian aksi merupakan kumpulan kesimpulan yang akhirnya perbedaan susunan kondisi tersebut berpasangan dengan setiap aksi (Turban *et al* 2005). Berikut adalah contoh dari representasi pengetahuan dengan tabel keputusan.

1. Married	Yes				No				
2. Separated	Yes				No	-			
3. Concubinage	Yes	No			-	Yes	No		
4. Child at charge	-	Yes	No		-	-	Yes	No	
5. Living alone	-	-	Yes	No	-	-	-	Yes	No
1. Category I	X	X	-	-	X	X	X	-	-
2. Category II	-	-	X	-	-	-	-	X	-
3. Category III	-	-	-	X	-	-	-	-	X

Gambar 14. Contoh tabel keputusan (Vanthienen dan Robben 1993)

3. Pohon Keputusan (*Decision Tree*)

Konsep pohon keputusan dalam representasi pengetahuan sama dengan pohon keputusan pada teori keputusan. Pohon keputusan tersusun atas node dan penghubung, Node berfungsi untuk merepresentasikan tujuan sedangkan penghubung merepresentasikan keputusan. Keuntungan dari penggunaan pohon keputusan adalah kemudahan dalam proses akuisisi pengetahuan dan dikonversi menjadi aturan-aturan (Turban *et al* 2005). Gambar 15 merupakan contoh representasi pengetahuan dengan pohon keputusan.



Gambar 15. Contoh pohon keputusan (Mitchell 1993)

5. Sistem Basis Data

Pada dasarnya sistem manajemen basis data merupakan sebuah komputerisasi sistem penyimpanan data. Definisi lengkapnya adalah sebuah sistem komputerisasi yang bertujuan untuk menyimpan data dan memungkinkan pemakai untuk mengambil atau mengakses data tersebut atau memperbaharui data yang ada (Date 2004). Sistem manajemen basis data terdiri atas empat komponen penting sebagai berikut:

1. Data

Data merupakan sekumpulan fakta, yang merupakan bentuk jamak dari datum. Data pada basis data bersifat tahan lama (*persistent*) sehingga berbeda secara intuitif dengan jenis data yang berlangsung lebih singkat, misalnya data input, data output, kunci kontrol dan data umum yang bersifat sementara. Maka menurut Date (2004) basis data adalah sebuah koleksi data yang tahan lama yang digunakan oleh sistem aplikasi dari organisasi tertentu. Istilah organisasi dapat berupa individu atau gabungan kelompok besar.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penggunaan basis data memberikan beberapa manfaat antara lain (Hoffer *et al* 2007) :

- *independency* data
- Peningkatan konsistensi data
- Meningkatkan *data sharing*
- Peningkatan kualitas data
- Peningkatan aksestabilitas data
- Mengurangi kegiatan pemeliharaan
- Peningkatan dalam pengambilan keputusan

2. Software

Sistem manajemen basis data (DBMS) merupakan software yang digunakan untuk mengakses basis data. Fasilitas yang tersedia dalam sistem manajemen basis data antara lain menambahkan dan menghapus berkas atau tabel, menemukan kembali dan memperbaharui data yang tersimpan dalam berkas atau tabel. Satu fungsi umum yang disediakan sistem manajemen basis data adalah menjadi pelindung pemakai basis data dari detil level perangkat keras (Date 2004).

3. Hardware

Dalam sistem basis data, perangkat keras terdiri atas media penyimpanan sekunder dan pengolah (*processor*). Media penyimpanan sekunder umumnya digunakan disk magnetik yang biasa menyimpan data sedangkan pengolah (*processor*) yang dipadukan dengan perangkat memori merupakan hal yang mendukung pelaksanaan perangkat lunak sistem basis data (Date 2004).

4. User

Menurut Date (2004), *user* dipertimbangkan menjadi tiga kelas utama, yaitu programmer aplikasi, pengguna akhir dan administrator basis data. Ketiga kelas pengguna tersebut memiliki fungsi dan perannya masing-masing. Programmer aplikasi bertanggung jawab untuk menulis program aplikasi basis data dalam bahasa program, pengguna akhir adalah pengguna yang berinteraksi dengan sistem dari tempat kerja atau terminal online. Dan administrator basis data bertanggung jawab terhadap keseluruhan kontrol sistem pada level teknis.

6. Proses Pengembangan Basis Data

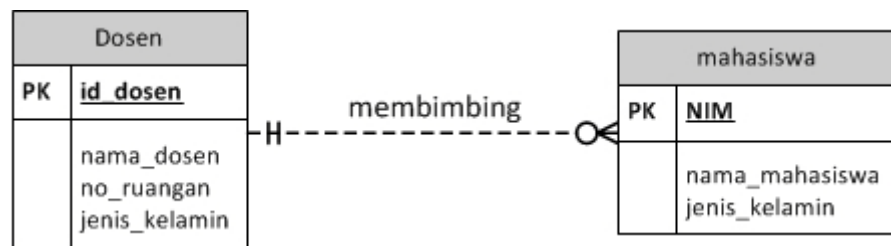
Tujuan dari proses pengembangan basis data adalah untuk menghasilkan basis data operasional bagi sistem informasi. Terdapat empat proses untuk menghasilkan sebuah basis data operasional, antara lain: permodelan konseptual data (*conceptual data modelling*), desain logik basis data (*logical database design*), desain distribusi basis data (*distributed database design*) dan desain fisik basis data (*physical database design*). Fase satu dan dua berhubungan dengan isi data dalam basis data sedangkan dua fase terakhir berhubungan dengan efisiensi pelaksanaan basis data (Mannino 2001). Berikut ini penjelasan fase pengembangan basis data yang hanya berhubungan dengan isi data, yaitu fase permodelan konseptual dan desain basis data logik.

1. Permodelan Koseptual Data

Fase ini merupakan fase awal dari proses pengembangan basis data yang menggunakan data yang telah dikumpulkan untuk kemudian dihasilkan diagram ER (*entity*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

relationship). Diagram ER terdiri atas tiga elemen, yaitu entitas, atribut dan hubungan (*relationship*). Entitas adalah kumpulan dari hal menarik di dalam sebuah aplikasi yang dapat merepresentasikan sebuah objek fisik seperti buku, orang dan tempat (Mannino 2001). Atribut adalah sifat sebuah tipe entitas atau relasi, setiap atribut memiliki tipe data yang mendefinisikan jenis nilai dan operasi yang dibolehkan pada atribut. Hubungan merupakan istilah untuk menyatakan keterkaitan antar entitas dan untuk setiap hubungan memiliki nama yang berfungsi untuk menjelaskan hubungan antar entitas tersebut. Setiap hubungan antar entitas memiliki jenis hubungan kardinalitas (*cardinality relationship*) yang dinyatakan dengan hubungan satu-satu (1:1), hubungan satu ke banyak (1:M) atau banyak ke satu (M:1) dan hubungan banyak ke banyak (M:N) (Kadir 2009).



Gambar 16. Contoh diagram ER (notasi *Crow's foot*)

Pada gambar di atas, dosen adalah entitas yang memiliki atribut berupa *id_dosen*, *nama_dosen*, *no_ruangan* dan *jenis_kelamin* yang dihubungkan dengan entitas mahasiswa berupa hubungan *membimbing*. Jenis hubungan entitas dosen dan entitas mahasiswa adalah hubungan satu ke banyak (1:M) artinya satu dosen dapat membimbing banyak mahasiswa atau satu dosen boleh tidak membimbing mahasiswa dan satu mahasiswa hanya boleh memiliki satu dosen pembimbing.

2. Desain Logik Basis data

Fase desain logik basis data bertujuan mengkonversi bentuk konsep model data ke bentuk format yang dipahami oleh DBMS (*database management system*). Fase ini tidak berkaitan dengan efisiensi implementasi dari basis data tetapi lebih berhubungan dengan proses perbaikan terhadap konsep model data tersebut. Menurut Mannino (2001), desain logik basis data memiliki dua jenis aktivitas perbaikan, yaitu: konversi dan normalisasi. Konversi berkaitan dengan proses perubahan bentuk konsep model data ke bentuk desain tabel yang terdiri atas tabel, kolom, *primary key*, *foreign key* dan karakteristik lainnya. Menurut Kadir (2009), Normalisasi merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan pengelompokan atribut dalam sebuah relasi sehingga diperoleh relasi yang berstruktur baik. Tujuan dari normalisasi adalah untuk meminimalkan terjadinya redundansi data yang pada akhirnya akan menyebabkan terjadinya anomali.

Penelitian Terdahulu

Penelitian di bidang sistem informasi terkait dengan identifikasi, pengetahuan dan pengendalian serangan OPT terutama untuk komoditas cabai merah telah banyak dilakukan, antara lain sistem pakar untuk identifikasi penyakit tanaman cabai besar merah yang dibangun oleh Faiyah *et al* (1999). Sistem pakar yang dibangun tersebut meliputi 12 jenis penyakit yang menggunakan kasidah produksi di dalam basis pengetahuannya sehingga terdiri atas 46 kaidah, 17 pengkualifikasian dan 24 pilihan. Hal serupa juga dikembangkan oleh Mulyawanto (2011),

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

namun sistem pakar yang dikembangkan melalui pendekatan fuzzy untuk mendiagnosis penyakit cabai merah. Sistem pakar tersebut mampu mendeteksi tujuh jenis penyakit yang proses diagnosisnya berdasarkan ada atau tidak adanya gejala kenampakan bercak. Gonzales-Diaz *et al* (2009) mengembangkan sistem pakar untuk perlindungan tanaman cabai merah yang meliputi 11 jenis gulma, 20 jenis serangan hama, 14 jenis serangan penyakit biotik dan tiga jenis serangan penyakit abiotik.

Selain pengembangan sistem pakar untuk diagnosis penyakit, berkembang juga sistem konsultasi agribisnis cabai merah yang tidak hanya menyediakan pengetahuan dan pengendalian tentang serangan hama dan penyakit tetapi juga menyediakan pengetahuan teknologi budidaya hingga analisis usaha tani. Sistem konsultasi yang dikembangkan oleh Supriyanto (2011), Darmawan (2011) dan Ikhsan (2012) menggunakan basis pengetahuan yang sama tetapi pengembangan aplikasinya berbeda, yaitu sistem konsultasi online berbasis web, *mobile* dan android. Pada basis pengetahuan untuk sistem konsultasi tersebut, hanya tersedia pengetahuan serangan dan pengendalian untuk empat jenis serangan hama cabai merah sedangkan pengetahuan dan pengendalian serangan berupa penyakit tersedia 19 jenis yang meliputi jenis penyakit biotik maupun abiotik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

III. BAHAN DAN METODE

1. WAKTU DAN TEMPAT

Penelitian dilaksanakan di Institut Pertanian Bogor pada Laboratorium Bioinformatika, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian dan pada Laboratorium Klinik Tanaman, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian. Lama masa penelitian adalah empat bulan dimulai pada bulan maret hingga bulan oktober 2012.

BAHAN DAN ALAT

1. Peralatan yang digunakan

- a. Notebook dengan spesifikasi
 - Intel core 2 duo *processor* T6500
 - *Memory* 4GB
 - *Graphic card* NVIDIA GeForce
- b. *Software* untuk pembangunan basis pengetahuan
 - *postgresql* 9.1
 - *phpPgAdmin*
- c. *Software* untuk pembangunan prototipe aplikasi berbasis pengetahuan
 - *Adobe Dreamwaver CS3*
 - *postgresql-PHP Generator*
 - *bitnami-wappstack 5.3*
 - *notepad ++*
 - *Ms.Word 2010*
 - *Ms.Visio 2010*
 - *Mozilla Firefox*
- d. Alat tulis

2. Sumber pengetahuan

Sumber pengetahuan yang digunakan antara lain buku ilmiah populer, jurnal ilmiah dan pengetahuan serta pengalaman lapang dari pakar

3. METODE

Metode pembangunan basis pengetahuan yang digunakan dalam penelitian ini, mengacu pada tahapan pengembangan sistem pakar. Tahapan tersebut antara lain:

1. Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah merupakan kegiatan mendefinisikan dan menganalisa permasalahan yang dihadapi. Dalam penelitian ini permasalahan yang dihadapi mengenai pengendalian hama dan penyakit cabai merah. Harapan dari hasil tahap ini adalah diperoleh pengetahuan terkait manajemen pengendalian hama dan penyakit cabai merah yang berbasis pertanian presisi.

2. Pencarian Sumber Pengetahuan

Pencarian sumber pengetahuan dilakukan berdasarkan dua jenis pengetahuan, yaitu pengetahuan tacit dan eksplisit. Pengetahuan eksplisit diperoleh melalui studi literatur

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

yang bersumber dari buku, jurnal dan artikel yang berkaitan dengan pengetahuan seputar hama dan penyakit cabai merah. Sedangkan, jenis pengetahuan tacit diperoleh melalui konsultasi langsung dengan pakar hama dan penyakit cabai merah dari Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB, yaitu Dr. Widodo, MS.

3. Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan merupakan tahap pengumpulan pengetahuan dari sumber pengetahuan yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Proses akuisisi pengetahuan dari pakar menggunakan metode manual wawancara. Jenis wawancara yang digunakan berupa wawancara terstruktur dan tidak terstruktur. Penggunaan dua jenis wawancara dipersiapkan untuk menghindari tidak tersampainya pengetahuan dari pakar ke *knowledge engineer*. Proses akuisisi pengetahuan yang dilakukan merujuk pada tahap proses akuisisi pengetahuan yang dikemukakan oleh Turban (1988) dalam Marimin (2005) bahwa tahapan akuisisi pengetahuan terdiri atas lima tahap, yaitu tahap identifikasi, tahap konseptualisasi, tahap formalisasi, tahap implementasi dan tahap uji coba. Namun, untuk proses akuisisi pengetahuan tahap identifikasi, tahap konseptualisasi, dan tahap formulasi yang digunakan. Tahap implementasi dan tahap uji coba digunakan pada tahap kodifikasi pengetahuan dan tahap pengujian pada tahapan metode penelitian ini.

4. Representasi Pengetahuan

Metode representasi pengetahuan yang digunakan adalah metode jaringan semantik, pohon keputusan dan tabel keputusan. Metode pohon keputusan dipilih dengan alasan kemudahan dalam merepresentasikan pengetahuan, terutama dalam proses identifikasi serangan hama dan penyakit. Metode jaringan semantik digunakan untuk merepresentasikan hubungan pengetahuan identifikasi serangan OPT, pengetahuan tentang serangan OPT dan pengetahuan pengendalian serangan OPT.

5. Kodifikasi Pengetahuan

Salah satu kegiatan penting dalam proses kodifikasi pengetahuan adalah proses mendesain skema untuk menyimpan pengetahuan sehingga mudah digunakan kembali (Gallupe 2000). Untuk mendukung proses penyimpanan pengetahuan tersebut digunakan perlengkapan (*tools*) seperti sistem manajemen basis data (DBMS). Pengetahuan yang terdapat dalam basis pengetahuan hama dan penyakit cabai merah disimpan pada sistem manajemen basis data (DBMS) *PostgreSQL*. Tahap penyimpanan pengetahuan mengikuti tahap pengembangan basis data yang diawali dari identifikasi masalah hingga tahap desain logik basis data.

6. Implementasi Prototipe Aplikasi Basis Pengetahuan

Implementasi adalah tahap konversi akhir spesifikasi fisik sistem, kedalam bentuk software yang dapat dijalankan. Pada tahap implementasi terdapat aktivitas pengkodean (*coding*) yang berfungsi merubah spesifikasi desain fisik ke bentuk kode komputer. Implementasi prototipe aplikasi basis pengetahuan dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP (*Hypertext Preprocessor*) yang berbasis *web*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

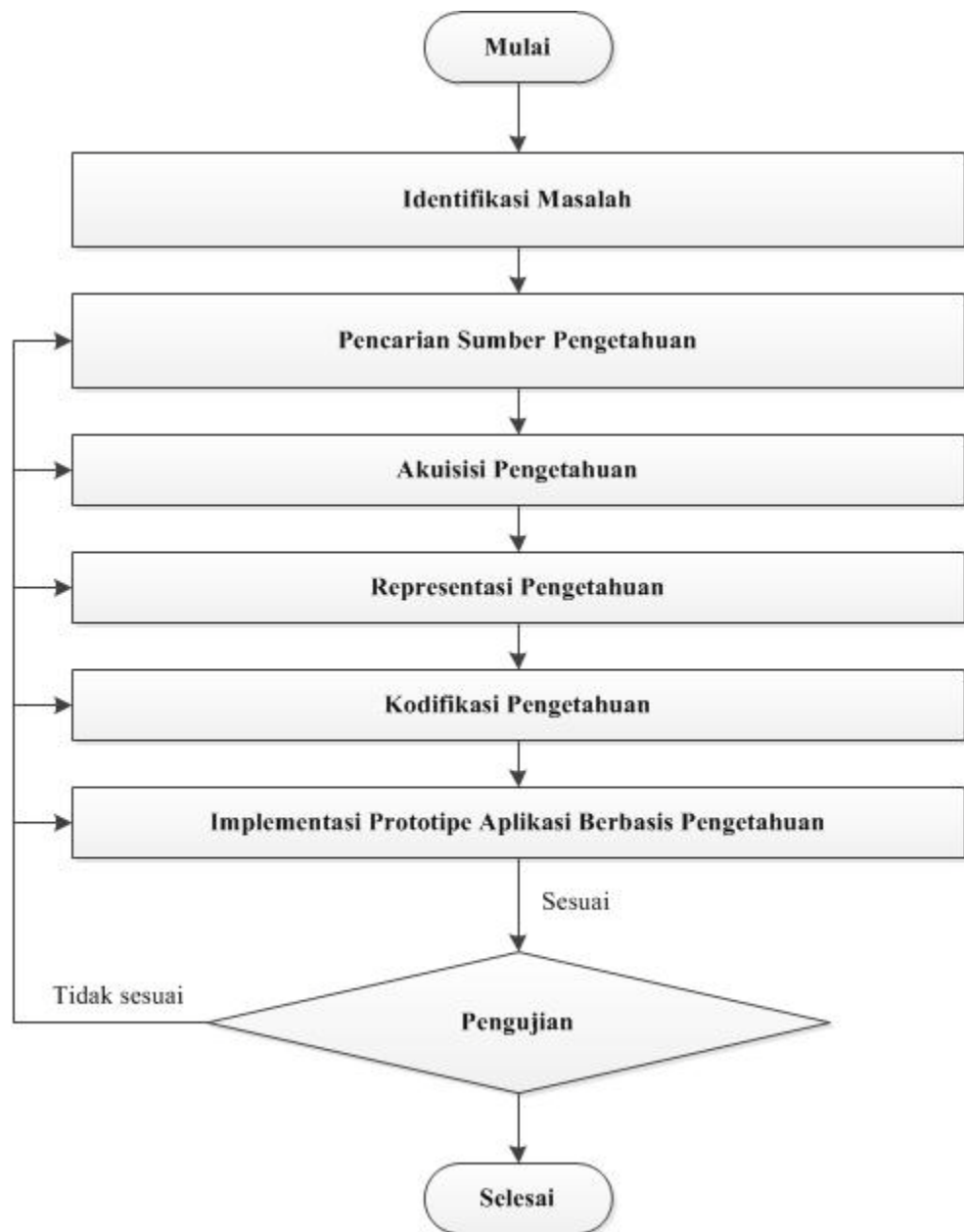
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

7. Pengujian

Basis pengetahuan yang dibangun agar memperoleh hasil yang benar dan dapat menyelesaikan permasalahan, maka perlu dilakukan pengujian terhadap basis pengetahuan tersebut yang terdiri atas verifikasi dan validasi. Verifikasi adalah proses yang bertujuan untuk menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan (Meseguer dan Preece 1995). Verifikasi yang dilakukan terhadap basis pengetahuan mengacu pada Walker dan Sinclair (1995) dalam Russel *et al* (1999) berupa pemeriksaan terhadap konsistensi istilah yang digunakan, pengulangan, dan kontradiksi diantara pernyataan serta kelengkapan keseluruhan isi basis pengetahuan. Validasi adalah proses memastikan apakah keluaran sistem benar dan hasil pengembangan sistem adalah yang pengguna inginkan dan perlukan. Validasi juga memastikan isi pengetahuan direpresentasikan dan disimulasikan dengan benar (El Korany *et al* 2000). Validasi basis pengetahuan dilakukan melalui uji kasus, hasil uji kasus tersebut dibandingkan dengan hasil keluaran yang diharapkan pakar.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 17. Tahapan penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pertanian Presisi dalam Pengendalian Hama Terpadu

Menurut Allen dan Rajotte (1990) dalam Mahaman *et al* (2003), Pengendalian hama terpadu adalah pendekatan sistemik perlindungan tanaman yang menggunakan kekayaan informasi dan kemajuan paradigma pengambilan keputusan untuk mengurangi biaya input dan meningkatkan keuntungan, sosial dan kondisi lingkungan lahan dan sosial kemasyarakatan. Dalam pengertian pertanian presisi yang dikemukakan oleh Seminar (2011) bahwa pertanian presisi adalah perlakuan presisi pada setiap simpul agribisnis maka tindakan pengendalian organisme pengganggu (OPT) terpadu harus mengandung perlakuan presisi dalam manajemen serangan OPT tersebut. Perlakuan presisi dalam tindakan pengendalian hama terpadu tidak hanya penyediaan informasi ciri gejala dan cara penanggulangan tetapi harus ditambahkan informasi dasar tentang penyebab serangan, bioekologi organisme pengganggu, dan faktor pemicu. Sedangkan cara penanggulangan serangan OPT, menerapkan strategi penanggulangan serangan organisme pengganggu berdasarkan waktu, yaitu secara responsif, pre-emptif, dan preventif. Penanggulangan secara pre-emptif adalah pengendalian yang disusun atas pemahaman informasi agroekosistem pada musim sebelumnya contohnya penentuan pola tanam dan penentuan varietas. Penanggulangan secara preventif bersifat pencegahan terhadap timbulnya gejala penyakit atau serangan hama, contohnya pemberian aplikasi fungisida pada tanaman secara rutin. Penanggulangan responsif merupakan pengendalian yang disusun atas informasi agroekosistem pada musim berjalan berdasarkan pengamatan contohnya pengaplikasian pestisida hingga tindakan eradikasi. Penambahan informasi dasar tersebut dalam pengendalian hama terpadu memberikan informasi secara menyeluruh sehingga dengan informasi tersebut penanggulangan serangan dapat dipilih yang paling minimal dampak terhadap lingkungan dan maksimal terhadap pemberantasan hama dan penyakit.

Salah satu implementasi dari tindakan presisi dalam pengendalian hama terpadu adalah pengukuran keberagaman spasial dari hama serangga di dalam lahan melalui penarikan contoh dan salah satu cara penarikan contoh yang berbiaya murah adalah menghubungkan faktor lingkungan dengan bioekologi dari organisme pengganggu (Park *et al* 2007). Sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Park *et al* tersebut maka informasi dasar berupa bioekologi dan faktor pemicu yang terdapat dalam basis pengetahuan yang dibangun dapat membantu dalam pengambilan contoh untuk pembangunan peta distribusi hama. Menurut Coll (2004), Peta penyebaran hama tersebut dapat digunakan untuk mengenali pola penyebaran hama yang dapat membantu penerapan strategi pengendalian pre-emptif. Informasi yang diberikan di dalam basis pengetahuan melalui penyediaan pengetahuan tentang serangan OPT berupa bioekologi dan faktor pemicu, serta pengetahuan pengendalian serangan OPT berupa strategi pengendalian pre-emptif menunjukkan bahwa basis pengetahuan yang dibangun terdiri atas informasi yang telah mengarah pada penerapan pengendalian hama terpadu yang presisi (tepat).

Pengidentifikasian serangan adalah salah satu faktor utama di dalam pengendalian OPT terpadu berbasis pertanian presisi, disamping ketersediaan informasi pendukung berupa penyebab serangan, bioekologi organisme pengganggu dan faktor pemicu. Proses identifikasi serangan berpengaruh terhadap informasi tentang penyebab serangan, bioekologi organisme

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pengganggu dan faktor pemicu. Selanjutnya hasil identifikasi tersebut berpengaruh terhadap jenis tindakan pengendalian serangan. Kesalahan pada proses identifikasi berakibat pada kesalahan dalam tindakan pengendalian serangan tersebut. Pada pengendalian hama terpadu berbasis pertanian presisi, data gejala serangan OPT harus dapat mewakili gejala spesifik jenis serangan penyakit atau hama sehingga diperoleh informasi yang tepat penyebab serangan.

Proses identifikasi serangan, selain dapat direpresentasikan lewat deskripsi gejala, dapat juga semakin presisi (akurat) melalui penggunaan gambar gejala serangan pada tanaman yang sakit. Penggunaan gambar serangan tersebut dapat mempermudah pengguna mengidentifikasi serangan, membuat keputusan yang tepat dan memberikan perlakuan yang tepat (LAI *et al* 2010).

2. Pengembangan Basis Pengetahuan

Peran basis pengetahuan yang penting dan krusial tidak hanya pada pembangunan sistem pakar saja tapi dari basis pengetahuan tersebut dapat dikembangkan beragam sistem informasi lainnya, contoh sistem konsultasi dan sistem pendukung keputusan (*decision support system*). Melalui pembangunan basis pengetahuan, aktivitas penambahan dan perbaikan basis data pengetahuan dapat dilakukan dengan mudah tanpa mempengaruhi sistem yang sedang atau telah terbangun dan memungkinkan untuk dikembangkan sistem informasi lainnya dengan hanya menggunakan satu basis pengetahuan yang sama.

Basis pengetahuan ini dikembangkan mengikuti tahapan yang terdapat dalam pengembangan sistem pakar namun terbatas hingga tahap representasi pengetahuan. Tahap pengembangan basis pengetahuan dimulai dari identifikasi masalah, akuisisi pengetahuan dan representasi pengetahuan.

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil dari identifikasi masalah dalam pengendalian hama dan penyakit terpadu maka dalam pembangunan basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit perlu diberikan tiga macam pengetahuan, yaitu sebagai berikut:

1. Pengetahuan identifikasi gejala serangan yang timbul pada tanaman cabai merah.
2. Pengetahuan tentang jenis serangan hama atau penyakit yang menyerang tanaman cabai merah. Pengetahuan tersebut terdiri atas gejala-gejala yang timbul, faktor penyebab tanaman sakit, bioekologi dari organisme penyebab tanaman tersebut sakit, faktor pemicu yang meningkatkan potensi kemunculan dan perkembangan gejala serangan dari hama atau penyakit dan terakhir adalah gambar salah satu ciri gejala dari setiap serangan hama atau penyakit.
3. Pengetahuan tentang pengendalian serangan hama atau penyakit dengan metode pre-emptif, preventif dan responsif. Pada hampir setiap ketiga metode tersebut tercakup cara pengendalian hama dan penyakit secara fisik, kimia, biologi maupun budidaya.

2. Akuisisi Pengetahuan

Proses akuisisi pengetahuan dimulai dari tahap identifikasi. Tahap identifikasi merupakan proses pendefinisian dan pengumpulan kemungkinan sumber daya dan kegiatan mempertajam tujuan perancangan basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit cabai merah. Sumber daya dalam proses akuisisi pengetahuan adalah pakar hama dan penyakit cabai merah dan dokumen tertulis. Terselenggaranya pengendalian hama dan penyakit cabai merah yang presisi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

melalui pengembangan basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit cabai merah merupakan tujuan perancangan.

Tahap selanjutnya dalam proses akuisisi pengetahuan adalah tahap konseptualisasi. Proses pada tahap ini adalah menentukan jenis pengetahuan yang akan disimpan dalam sistem basis pengetahuan. Jenis pengetahuan tersebut harus dapat mendukung dalam kegiatan pengambilan keputusan pengendalian hama dan penyakit cabai merah. Jenis pengetahuan yang cocok untuk mendukung proses tersebut hanya dapat diperoleh dari pengalaman para pakar. Proses akuisisi pengetahuan tersebut menggunakan metode wawancara tidak terstruktur dengan tambahan variasi *teach-through*. *Teach-through* merupakan salah satu bentuk dari variasi dalam wawancara tidak terstruktur yang dalam prosesnya pakar menjadi seorang instruktur dan *knowledge engineer* sebagai murid (Turban *et al* 2005).

Melalui proses akuisisi pengetahuan tersebut maka diperoleh jenis pengetahuan yang tepat sebagai referensi untuk membantu dalam pengendalian hama dan penyakit cabai merah. Dari proses wawancara tersebut yang merupakan bagian tahap formalisasi, dihasilkan dua desain form pengendalian serangan OPT, yaitu form pengetahuan tentang serangan OPT dan form pengendalian serangan OPT. Jenis pengetahuan dan pengertiannya pada form pengetahuan tentang serangan tersaji pada tabel berikut:

Tabel 1. Form pengetahuan serangan

Informasi	Pengertian
Nama jenis serangan	Istilah yang diberikan pada tanaman yang terserang OPT.
Gejala	Tanda yang muncul pada tanaman dan menunjukkan bahwa tanaman sakit
Penyebab serangan	Faktor yang menyebabkan tanaman sakit, dapat disebabkan oleh organisme atau defisiensi unsur hara
Bioekologi	Daur hidup organisme penyebab serangan, mekanisme penyebaran serangan
Faktor pemicu	Kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan peningkatan serangan

Pengetahuan yang terdapat pada form pengetahuan menjadi dasar dalam penentuan metode/cara pengendalian hama dan penyakit cabai merah. Oleh karena itu, pada tahap selanjutnya yang merupakan tahap input informasi ke subbagian pengetahuan tentang serangan, pemilihan sumber pengetahuan menjadi sangat krusial. Pada tahap input informasi, studi literatur dipilih untuk proses akuisisi pengetahuannya. Sumber pengetahuan yang digunakan dalam studi literatur adalah buku, jurnal, artikel, dan *factsheet* hasil penelitian dari lembaga penelitian dan/atau lembaga pendidikan tinggi. Total terdapat 31 jenis serangan OPT (6 jenis serangan hama dan 25 jenis serangan penyakit) cabai merah khusus daerah tropis yang diperoleh dari hasil akuisisi pengetahuan ini. Salah satu hasil lengkap dari proses akuisisi pengetahuan form pengetahuan tentang serangan tersaji pada tabel 2.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 2. Contoh hasil lengkap proses akuisisi pengetahuan form pengetahuan tentang serangan

Sub pengetahuan	Informasi
Nama jenis serangan	<i>Potato Virus Y</i>
Gejala	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman menjadi kerdil • Mosaik pada daun atau berloreng • Kumpulan jaringan daun berwarna hijau gelap • Nekrosis pada jaringan pembuluh dan tangkai sering terjadi. Diikuti oleh nekrosis pada batang dan kerontokan, kematian pada pucuk atas dan kematian tanaman • Buah yang terinfeksi berukuran lebih kecil, cacat dan terdapat pola mosaic • Gejala <i>potato virus y</i> kadang tersamarkan oleh gejala virus lainnya
Penyebab serangan	<i>Potyvirus</i> yang disebarkan oleh vektor serangga <i>aphid</i>
Bioekologi	Virus memiliki partikel mirip benang yang <i>flexious</i> dengan panjang 730 nm dan dengan diameter 11 nm. Memiliki inang yang banyak, termasuk tanaman monokotil dan dikotil. Bukan merupakan patogen tular benih. PVY (<i>potato virus Y</i>) disebarkan oleh akar umbi kentang, serangga (<i>aphid</i>) dan gulma.
Faktor pemicu	Ledakan hama <i>aphid</i> terjadi pada musim kemarau dan meningkatkan potensi penyebaran <i>potato virus Y</i>

Form pengendalian serangan OPT terdiri atas tiga jenis pengetahuan yaitu strategi pengendalian berdasarkan waktu yang terdiri atas metode pre-emptif, preventif, dan responsif. Pengendalian pre-emptif adalah tindakan pengendalian yang bersifat menghindari kemungkinan munculnya serangan OPT contohnya pengolahan tanah yang baik dan penggunaan varietas unggul. Pengendalian preventif bersifat upaya pencegahan serangan OPT contohnya pengaplikasian rutin pestisida sebelum terjadinya serangan OPT. Pengendalian responsif berupa tindakan pengendalian saat serangan OPT muncul contohnya pengaplikasian pestisida, memotong bagian tanaman sakit, dan membuang tanaman sakit dari lahan. Pengertian dan tujuan yang mirip antara pengendalian pre-emptif dan preventif, maka dalam basis pengetahuan ini kedua strategi pengendalian tersebut digabung menjadi satu strategi pengendalian. Secara lengkap tersaji dalam tabel 3 berikut

Tabel 3. Form pengendalian serangan

Informasi	Pengertian
Pre-emptif-Preventif	Tindakan penghindaran dan pencegahan terhadap serangan OPT
Responsif	Tindakan pembasmian OPT yang telah menyerang tanaman secara kimia, biologi, dan mekanik

Input informasi pada setiap pengetahuan berasal dari sumber pengetahuan berupa buku, jurnal, artikel dan *factsheet* hasil penelitian dari lembaga penelitian dan/atau lembaga

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pendidikan tinggi. Karena setiap serangan OPT cabai merah memiliki pengendalian yang berbeda antara satu serangan OPT dengan lainnya, maka jumlah pengetahuan pengendalian serangan OPT sama dengan jumlah jenis serangan OPT, yaitu 31 jenis (6 jenis pengendalian serangan hama dan 25 jenis pengendalian serangan penyakit). Pada tabel 4 tersaji contoh hasil lengkap proses akuisisi pengetahuan form pengendalian serangan.

Tabel 4. Contoh hasil lengkap proses akuisisi pengetahuan form pengetahuan pengendalian serangan

Sub pengetahuan	Informasi
Nama penyakit	<i>Sunscald</i>
Pre-emptif-Preventif	<ul style="list-style-type: none"> • Memberikan nitrogen yang cukup untuk pertumbuhan tanaman yang sehat. • Menjaga kesehatan tajuk dengan mengontrol penyakit dan serangga dengan cara penyemprotan fungisida. • Menghindarkan tanaman dari stress kekeringan • Memberikan sokongan pada tanaman dengan menggunakan ajir atau menggunakan tali disepanjang baris atau kawat yang membujur horizontal sepanjang bedengan. • Menggunakan metode jeruji yang dapat melindungi buah dari sinar matahari
Responsif	Pengaplikasian fungisida akan melindungi tajuk tanaman dari infeksi penyakit.

Kegiatan pengendalian serangan OPT tidak lepas dari proses identifikasi terhadap serangan OPT. Proses akuisisi pengetahuan untuk identifikasi serangan OPT menggunakan cara studi literatur yang bersumber dari form pengetahuan tentang serangan OPT sub pengetahuan gejala serangan. Dari pengetahuan gejala serangan diekstrak informasi yang dikelompokkan berdasarkan kondisi diagnosa serangan OPT sehingga memudahkan dalam proses identifikasi serangan. Pengelompokkan kondisi diagnosa serangan didasarkan atas dua hal, yaitu bagian tanaman yang terserang dan ciri gejala yang muncul. Tabel 5 menunjukkan form identifikasi gejala yang digunakan sebagai panduan untuk mengelompokkan gejala serangan OPT yang didasarkan atas dua kondisi di atas. Proses pengelompokkan gejala serangan dimulai dari bagian tanaman mana gejala itu muncul dan bagaimana kenampakan ciri gejala tersebut

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 5. Form identifikasi gejala serangan OPT

Bagian tanaman yang terserang
1. Daun
2. Batang
3. Buah
4. Keseluruhan tanaman
Ciri gejala yang muncul
1. Tanaman kerdil
2. Tanaman layu
3. Terdapat bercak
4. Terdapat luka
5. Terjadi perubahan warna
6. Terjadi perubahan bentuk
7. Terdapat kerusakan fisik
8. Terjadi kebusukan

Bagian tanaman berupa akar tidak dimasukkan pada form identifikasi karena tujuan dari proses identifikasi pada pengembangan basis pengetahuan terbatas hanya pada bagian tanaman yang terletak di atas permukaan tanah. Walaupun bagian akar tidak tersedia dalam form identifikasi tidak berarti penyakit akar seperti *root-knot Nematode* tidak masuk dalam pengetahuan serangan OPT. Jenis serangan pada bagian akar tetap ada tetapi pada form identifikasi dipilih hanya gejala serangan yang nampak pada bagian tanaman yang terletak di atas permukaan tanah. Contohnya, gejala serangan penyakit *root-knot Nematode* yang digunakan dalam proses identifikasi adalah gejala serangan berupa tanaman yang mengkerdil. Secara umum, gejala serangan pada bagian akar proses identifikasi yang digunakan adalah efek diserangnya akar yang tampak di atas permukaan tanah misalnya tanaman layu atau tanaman kerdil.

Proses selanjutnya setelah gejala serangan selesai dikelompokkan sebagaimana pada form identifikasi adalah mengakuisisi pengetahuan gejala serangan yang berupa informasi deskripsi gejala yang khusus mengarah pada jenis serangan OPT tertentu. Deskripsi gejala disini berisi informasi gejala serangan yang membedakan satu ciri gejala serangan dengan ciri gejala lainnya yang berada dalam satu kelompok ciri gejala yang sama. Deskripsi gejala berbeda dengan ciri gejala, informasi pada deskripsi gejala lebih bersifat menyeluruh dan spesifik terhadap gejala serangan OPT tertentu sedangkan ciri gejala berisi informasi yang bersifat umum tentang serangan OPT tersebut. Umumnya, informasi ciri gejala merupakan gejala serangan yang mudah terlihat. Berikut contoh dari deskripsi gejala serangan yang berada dalam satu kelompok ciri gejala yang sama:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 6. Deskripsi gejala dengan ciri gejala berupa bercak pada daun

Deskripsi gejala	Nama serangan
Terdapat noda keperakan	Thrips
Timbul bercak-bercak putih yang menerawang	Ulat grayak
Terdapat bercak kecil tidak beraturan; berwarna coklat keabuan; dan coklat gelap pada tepinya	Antraknose
Terdapat bercak sirkuler yang bagian tengah berwarna abu-abu dan bagian luar berwarna merah kecoklatan; berukuran mencapai 1cm	Bercak <i>Cercospora</i>
Terdapat bercak coklat terang atau abu-abu yang berbentuk tak beraturan.	Kapang kelabu
Terdapat luka berbentuk cekung di bagian atas dan menipis di bagian bawahnya; berwarna coklat; berbentuk bulat hingga tak beraturan; busuk basah; berdiameter 3mm	Bercak bakteri

Hasil akuisisi pengetahuan pada tahap implementasi tersaji pada tabel 2, tabel 4 dan tabel 6. Tahap implementasi merupakan kegiatan memformulasikan pengetahuan ke bentuk *runnable* program. Ketiga tabel tersebut merupakan salah satu hasil akhir dari proses akuisisi pengetahuan, baik yang bersumber dari pakar dan/atau dari dokumen tertulis berupa buku, jurnal, artikel dan *factsheet*. Hasil proses akuisisi pengetahuan tersebut menjadi lebih mudah untuk diimplementasikan ke dalam komputer melalui fasilitas penyimpanan data, yaitu basis data

3.Representasi Pengetahuan

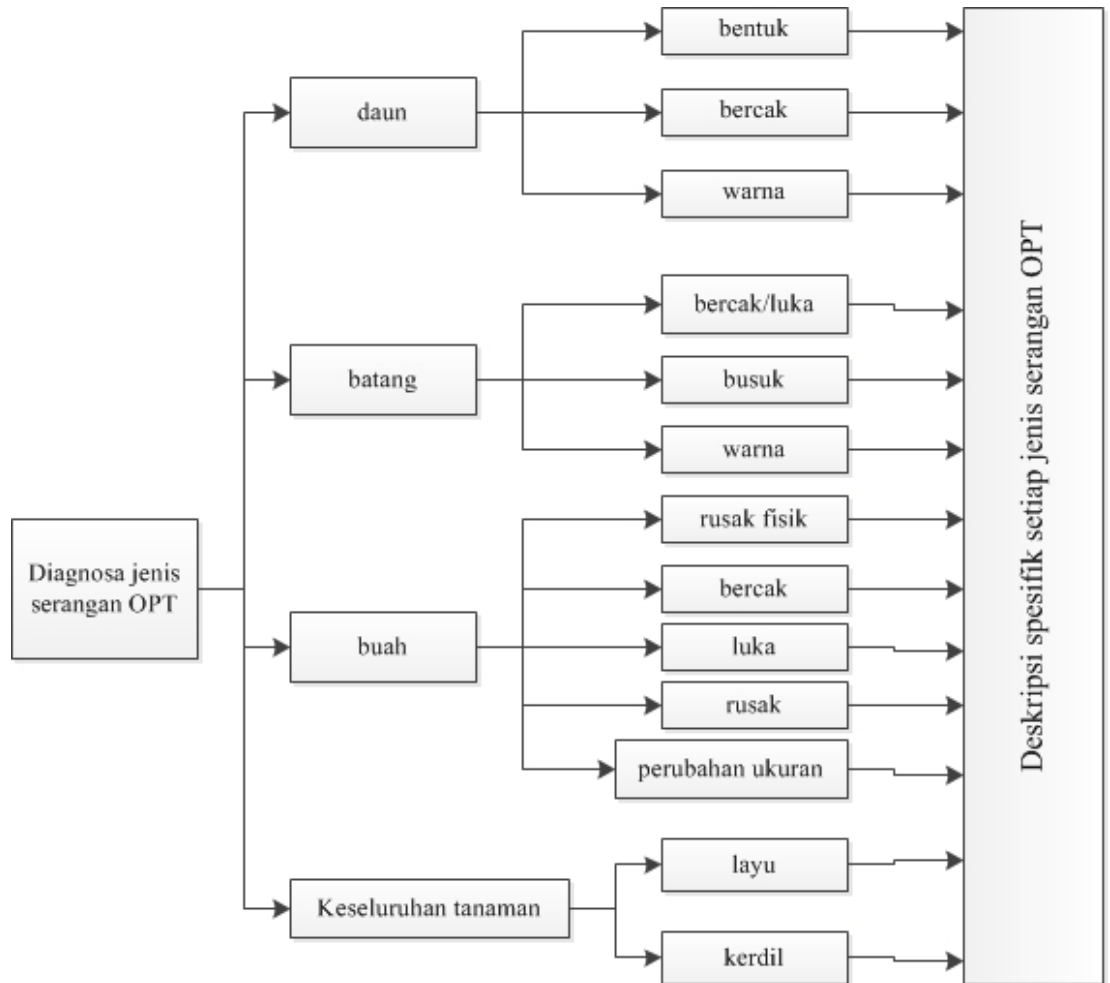
Skema representasi pengetahuan tidak hanya dituntut kompatibel dengan komputer tetapi harus mudah dibaca dan dimengerti oleh manusia. Dalam basis pengetahuan ini, representasi pengetahuan mencakup ketiga form pengetahuan, yaitu form pengetahuan tentang serangan OPT, form pengendalian serangan OPT dan form identifikasi serangan OPT. Melalui proses representasi pengetahuan ini ketiga form tersebut dibentuk pemetaan pengetahuan yang saling berkaitan dan dapat dijalankan di program komputer. Metode yang digunakan dalam proses representasikan pengetahuan adalah pohon keputusan (*decision tree*). Metode tersebut lebih mudah untuk dipahami dan diaplikasikan pada proses pemetaan keseluruhan pengetahuan terutama dalam memetakan (*mapping*) pengetahuan tentang identifikasi serangan OPT. Namun, metode tersebut tidak dapat dijalankan langsung ke program komputer (*database*) sebab di dalam basis data (*database*) hanya dapat mengeksekusi data berupa tabel. Oleh karena itu, representasi pengetahuan yang berbentuk pohon keputusan (*decision tree*) harus dibentuk menjadi tabel keputusan (*decision table*) (Fromont dan Blockeel 2006). Hasil lengkap representasi pengetahuan identifikasi serangan OPT yang telah dikonversi dari bentuk pohon keputusan (*decision tree*) ke tabel keputusan (*decision table*) dapat dilihat pada lampiran 1.

Skema representasi pengetahuan proses identifikasi serangan OPT tersaji pada gambar 18. Proses representasi pengetahuan mengikuti proses diagnosis yang dimulai dari bagian tanaman dimana gejala serangan tersebut muncul, pada daun, batang, buah dan keseluruhan tanaman. Dari bagian tanaman tersebut proses diagnosis mengerucut pada kenampakan ciri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

gejala serangan yang pada setiap bagian tanaman memiliki ciri gejala berbeda. Dari ciri gejala tersebut, identifikasi serangan OPT mulai mengarah pada spesifik gejala serangan OPT tertentu yang berupa deskripsi gejala.

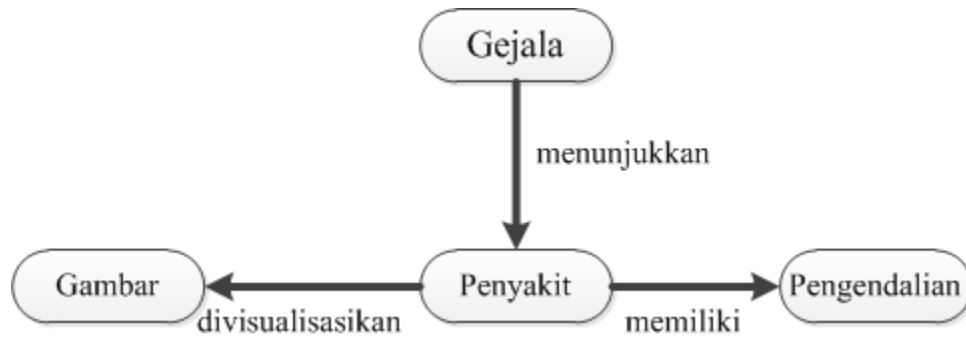


Gambar 18. Skema identifikasi serangan dengan metode pohon keputusan (*decision tree*)

Hasil dari proses identifikasi adalah diketahui jenis serangan OPT yang menyerang tanaman, serangan hama atau penyakit. Selain informasi jenis serangan OPT yang menyerang, diberikan juga pengetahuan pendukung yang berkaitan dengan serangan hama atau penyakit tersebut, seperti pada contoh di tabel 2. Hasil dari proses identifikasi tersebut dapat diketahui cara pengendalian serangan OPT dan juga foto gejala serangan OPT tersebut. Metode representasi yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan pengetahuan tentang serangan OPT, pengetahuan pengendalian, foto gejala serangan dan identifikasi serangan OPT adalah metode jaringan semantik. Jaringan semantik untuk merepresentasikan hubungan keempat pengetahuan tersebut tersaji pada gambar berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 19. Skema pengendalian serangan OPT dengan jaringan semantik

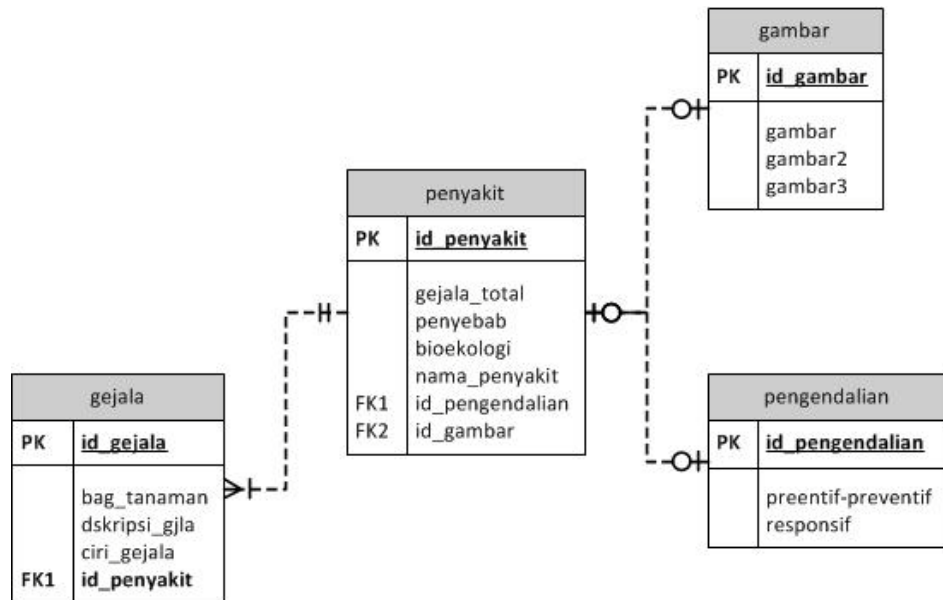
Seperti yang dikemukakan oleh Turban *et al* (2005), Kelebihan representasi pengetahuan menggunakan metode jaringan sematik adalah kemampuan untuk menunjukkan warisan (*inheritance*). Dengan menggunakan metode tersebut, empat jenis pengetahuan yaitu pengetahuan identifikasi serangan, pengetahuan tentang serangan OPT, pengetahuan pengendalian serangan OPT dan pengetahuan visualisasi gejala serangan OPT dapat saling terkait satu dengan lainnya. Supaya dapat dijalankan dalam program komputer maka representasi pengetahuan dengan jaringan semantik ini dikodekan (*coding*) dengan cara menjadikan setiap node tersebut entitas basis data (*database*).

3. Kodifikasi Pengetahuan

Hasil dari proses akuisisi dan representasi pengetahuan tersebut, agar dapat digunakan dan diaplikasikan secara luas di bidang sistem informasi maka seluruh pengetahuan tersebut perlu disimpan dalam sistem penyimpanan berupa basis data (*database*) dan untuk sistem manajemen basis data (DBMS) yang digunakan adalah *PostgreSQL*.

Pembangunan sistem basis data untuk pengembangan basis pengetahuan mengikuti tahap pengembangan basis data menurut Mannino (2001) yang terdiri atas permodelan konseptual data dan desain logik basis data. Basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit memiliki empat entitas antara lain entitas penyakit, entitas pengendalian, entitas gejala dan entitas gambar yang entitas tersebut merupakan hasil konversi dari representasi pengetahuan dengan jaringan semantik. Hubungan (*relationship*) antar entitas dan atribut pada setiap entitas tersaji pada gambar 20 berikut:

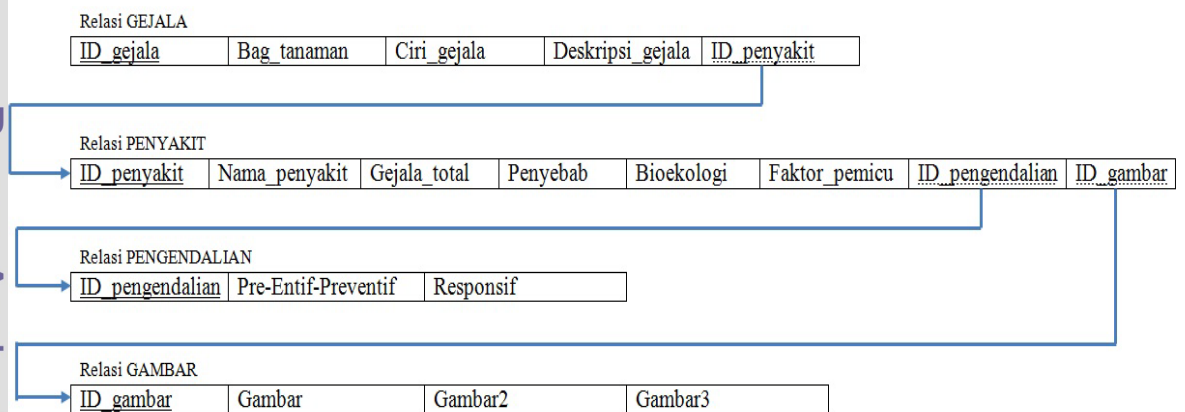
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 20. ER-diagram basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit

Hubungan kardinalitas antara entitas penyakit dan gejala bersifat kardinalitas mandatori, yang berarti bahwa satu penyakit dapat memiliki satu atau lebih gejala penyakit dan minimal satu atau lebih gejala penyakit dimiliki oleh satu jenis penyakit. Relasi kardinalitas antara entitas penyakit, gambar dan pengendalian bersifat kardinalitas opsional, yang berarti bahwa pada setiap penyakit hanya memiliki satu pengendalian dan satu gambar begitu juga dengan entitas pengendalian, setiap satu pengendalian tepat berpasangan dengan satu jenis penyakit serta satu gambar hanya dimiliki oleh satu jenis penyakit saja.

Pada tahap desain logik basis data, model data konseptual yang berupa ER-diagram ditransformasikan menjadi bentuk yang dapat dimengerti oleh DBMS komersil. Menurut Mannino (2001), tahap desain logik basis data menfokuskan pada perbaikan (*refinement*) model data konseptual. Perbaikan (*refinement*) tersebut dilakukan untuk menjaga konten informasi dari model data konseptual sehingga dapat digunakan pada DBMS komersial. Proses perbaikan yang pertama adalah konversi bentuk ER-diagram ke bentuk tabel (relasi). Gambar 21 memberikan hasil proses konversi dari ER-diagram ke bentuk desain tabel.



Gambar 21. Relasi tabel basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Untuk menghindari terjadinya redudansi data di dalam basis data yang dikembangkan maka hasil proses konversi ER-diagram ke desain tabel harus dinormalisasi yang merupakan proses perbaikan kedua dalam tahap desain logik basisdara. Akibat yang ditimbulkan dari redundansi data adalah munculnya efek samping yang tidak diharapkan dari operasi *insert*, *update* dan *delete*, efek samping tersebut dikenal dengan nama anomali modifikasi (*modification anomalies*).

Pada jenis DBMS sekarang, dalam hal ini jenis DBMS yang digunakan adalah *PostgreSQL*, tabel tidak perlu dikonversi ke bentuk normal pertama (1NF), sebab *PostgreSQL* telah menyertakan bentuk normal pertama pada tabelnya. Bentuk normal pertama melarang pada sebuah tabel terdapat *record* yang bersarang sehingga *record* yang bersarang tersebut harus dibuat baris baru.

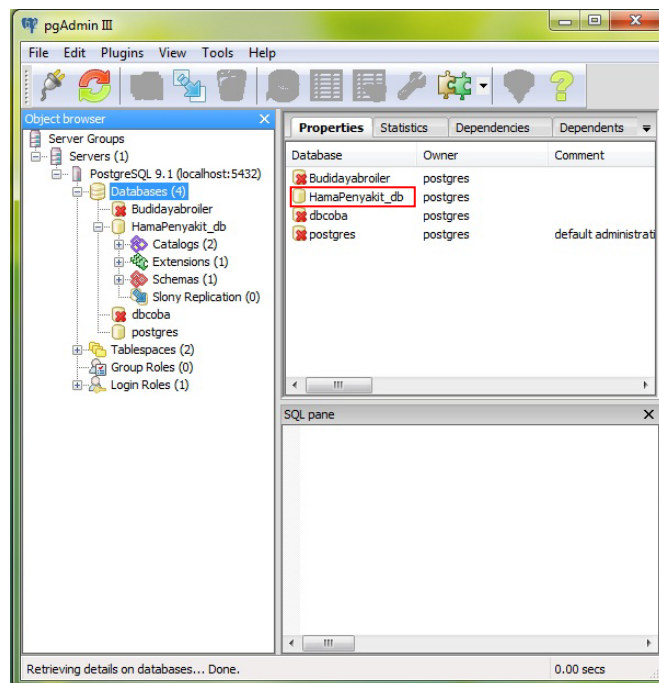
Tahap selanjutnya setelah tahap desain logik basis data adalah proses penyimpanan pengetahuan yang diperoleh dari tahap akuisisi dan representasi pengetahuan. Tahap ini mengfokuskan pada kegiatan teknis penyimpanan pengetahuan tersebut pada software sistem manajemen basis data, *PostgreSQL*. Berikut adalah tahapan teknis penyimpanan pengetahuan:

1. Pembuatan *database* "HamaPenyakit_db"

Fase awal penyimpanan pengetahuan adalah membuat *database* yang berfungsi sebagai wadah penyimpanan pengetahuan yang dinyatakan dalam tabel/relasi. Pembuatan *database* "HamaPenyakit_db" menggunakan *query SQL* sebagai berikut:

Create database HamaPenyakit_db;

Selanjutnya, hasil eksekusi *query SQL* tersebut adalah sebuah *database* dengan nama HamaPenyakit_db, seperti yang pada gambar di bawah ini.



Gambar 22. Hasil *query SQL* pembuatan *database* "HamaPenyakit_db"

2. Pembuatan tabel di dalam *database* "HamaPenyakit_db"

Tabel yang dibuat berjumlah empat yang terdiri atas tabel gejala, tabel penyakit, tabel pengendalian dan tabel gambar, sesuai dengan hasil pada tahap perancangan desain logik basis data (gambar 21). Selain tabel dan atributnya, pada proses ini dibuat

primary_key dan *foreign_key* yang menyatakan hubungan antar entitas pada basis data tersebut. berikut ini adalah query SQL untuk pembuatan tabel, atribut, *primary_key* dan *foreign_key*.

```
CREATE TABLE gambar
(id_gambar character varying NOT NULL,
gambar character varying(255),
gambar2 character varying(255),
gambar3 character varying(255),
CONSTRAINT gambar_pkey PRIMARY KEY
(id_gambar ))
```

```
CREATE TABLE pengendalian
(id_pengendalian character varying NOT NULL,
preentif_preventif text,
responsif text,
CONSTRAINT pengendalian_pkey PRIMARY
KEY (id_pengendalian ))
```

```
CREATE TABLE gejala
(id_gejala character varying NOT NULL,
bag_tanaman text,
dskrpsi_gjala text,
id_penyakit character varying NOT NULL,
ciri_gejala text,
CONSTRAINT gejala_pkey PRIMARY KEY
(id_gejala ),
CONSTRAINT gejala_id_penyakit_fk FOREIGN
KEY (id_penyakit)
REFERENCES penyakit (id_penyakit) MATCH
SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO
ACTION)
```

```
CREATE TABLE penyakit
(id_penyakit character varying NOT NULL,
gejala_total text,
penyebab text,
bioekologi text,
faktor_pemicu text,
id_pengendalian character varying NOT NULL,
id_gambar character varying NOT NULL,
nama_penyakit text,
CONSTRAINT penyakit_pkey PRIMARY KEY
(id_penyakit ),
CONSTRAINT penyakit_id_pengendalian_fk
FOREIGN KEY (id_pengendalian)
REFERENCES pengendalian (id_pengendalian)
MATCH SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO
ACTION)
```

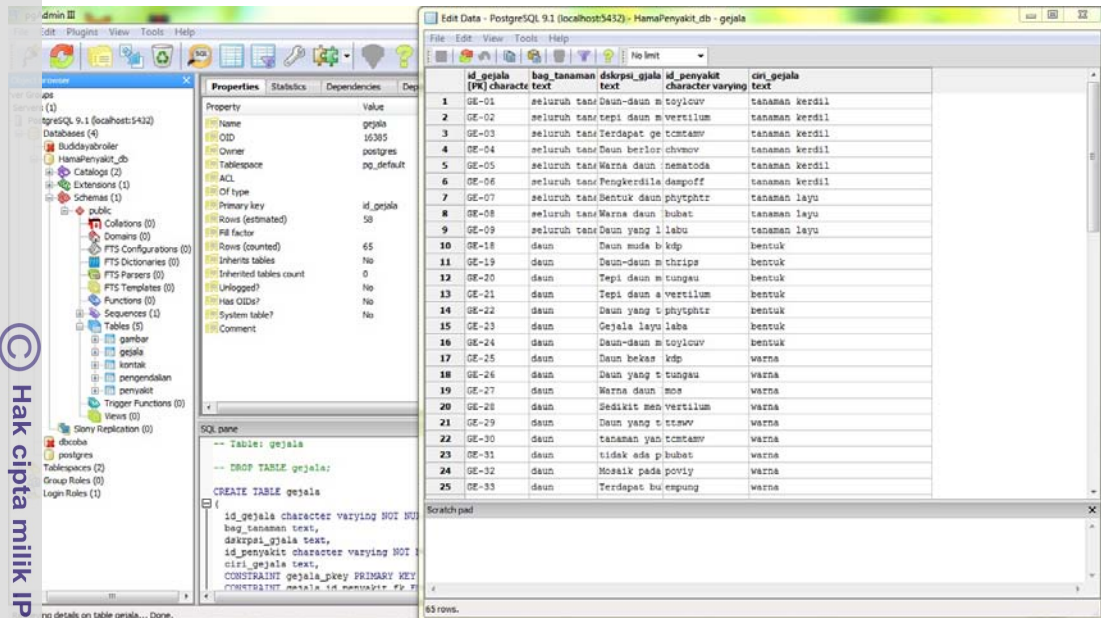
Gambar 23. Query pembuatan tabel, atribut, *primary_key* dan *foreign_key*

3. Pengisian (*insert*) pengetahuan dalam *database* “HamaPenyakit_db”

Pengetahuan yang diperoleh dari proses akuisisi dan representasi pengetahuan selanjutnya diisikan ke dalam atribut yang terdapat dalam tabel yang telah dibuat pada proses sebelumnya. Proses pengisian data tidak dapat dilakukan sekaligus terhadap empat tabel tersebut. Proses pengisian data harus dilakukan berurutan yang diawali pengisian data pada tabel penyakit, lalu tabel gejala, kemudian tabel pengendalian dan terakhir tabel gambar. Proses pengisian data yang berurutan berkaitan dengan hubungan antar entitis yaitu *primary_key* dan *foreign_key*. Contohnya, proses pengisian data tidak dapat diawali dari tabel gejala, sebab pada tabel gejala terdapat atribut *id_penyakit* yang merupakan *foreign_key* dari tabel penyakit sedangkan tabel penyakit belum diisikan data apapun. Oleh karena itu, akan terjadi kegagalan dalam proses pengisian data. Berikut adalah hasil pengisian data ke dalam tabel.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 24. Hasil pengisian data untuk tabel gejala

4. Implementasi Prototipe Aplikasi Berbasis Pengetahuan

Untuk mendemonstrasikan pendayagunaan pengetahuan yang telah dibangun maka dibuat prototipe aplikasi yang memanfaatkan pengetahuan tentang pengendalian hama dan penyakit cabai merah. Prototipe aplikasi tersebut diimplementasikan dalam bentuk *web* dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP. Berikut adalah gambar halaman utama dari basis pengetahuan tersebut.



Gambar 25. Halaman utama basis pengetahuan hama dan penyakit cabai merah

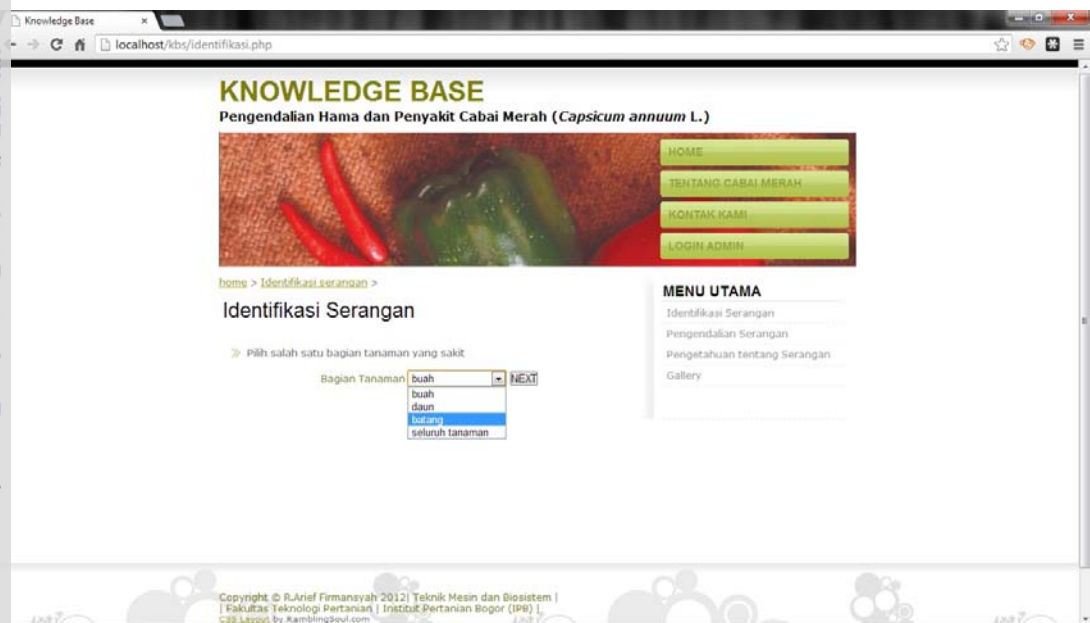
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Untuk dapat mengakses pengetahuan yang terdapat pada basis pengetahuan tersedia *sidebar* menu utama yang menyediakan informasi seputar pengendalian hama dan penyakit cabai merah, antara lain: identifikasi serangan, pengetahuan tentang serangan, pengendalian serangan dan galeri foto. Berikut ini penjelasan implementasi basis pengetahuan berdasarkan pengetahuan yang tersedia pada menu utama halaman web:

1. Halaman Identifikasi Serangan

Sebuah prosedur identifikasi serangan OPT merupakan bentuk implementasi yang terdapat pada halaman identifikasi serangan. Proses identifikasi serangan OPT diawali dengan pemilihan bagian tanaman yang sakit. Dalam proses ini disediakan empat pilihan bagian tanaman, yaitu daun, batang, buah dan keseluruhan tanaman seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 26. Halaman identifikasi serangan (bagian tanaman)

Setelah ditentukan bagian tanaman yang sakit, kemudian proses identifikasi berlanjut pada halaman kedua yang berisikan pilihan tentang ciri gejala yang tampak pada bagian tanaman yang sakit tersebut. Pada proses ini, pilihan ciri gejala sangat bergantung pada bagian tanaman yang dipilih saat proses identifikasi sebelumnya. Daftar pilihan ciri gejala pada setiap bagian tanaman yang sakit dapat dilihat pada gambar 21. Pada gambar berikut, contoh kasus bagian tanaman yang sakit adalah buah sehingga ciri gejala yang muncul seperti yang terlihat di gambar.

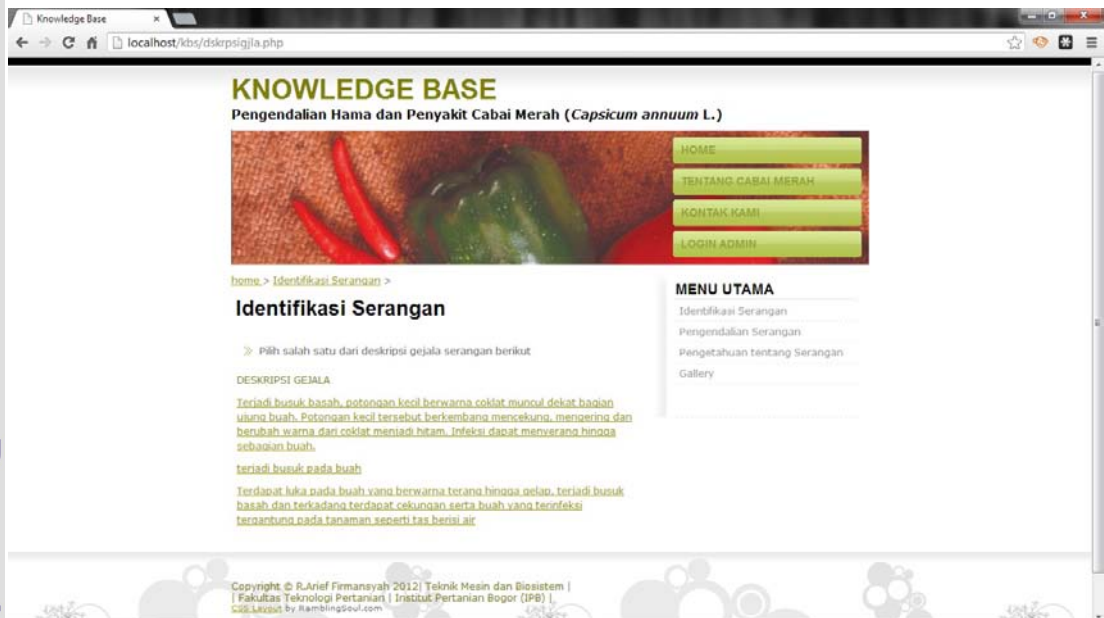
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Gambar 27. Halaman identifikasi serangan (ciri gejala)

Proses identifikasi kemudian dilanjutkan pada deskripsi gejala. Gejala serangan yang terdapat pada deskripsi gejala merupakan pengetahuan gejala spesifik yang mewakili gejala keseluruhan dari jenis serangan OPT tertentu. Berikut ini adalah halaman web identifikasi serangan pada bagian deskripsi gejala dengan contoh kasus bagian tanaman yang sakit adalah buah dan ciri gejala



Gambar 28. Halaman identifikasi serangan (deskripsi gejala)

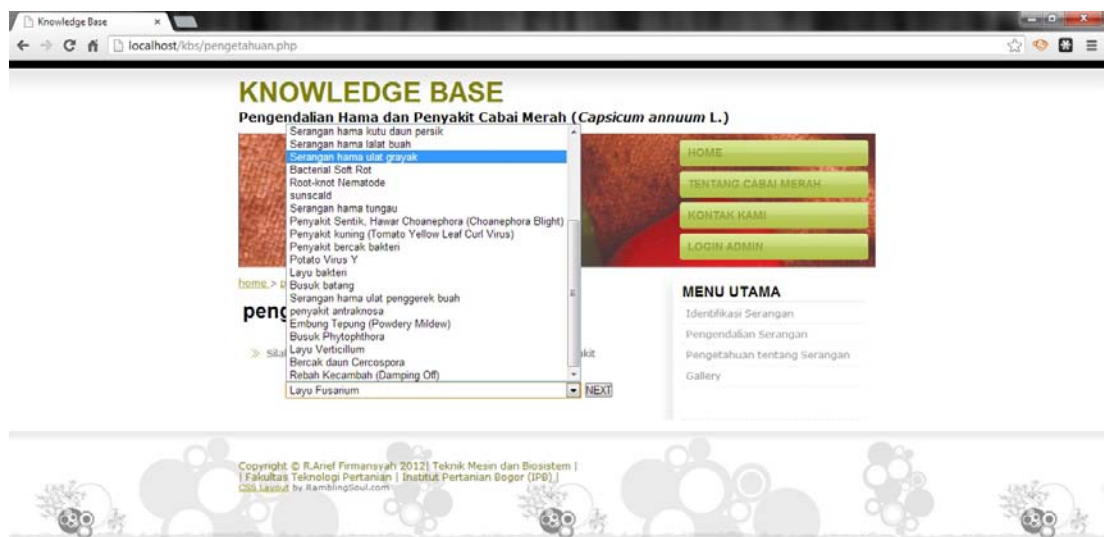
Implementasi halaman identifikasi serangan pada bagian deskripsi gejala menggambarkan gejala suatu serangan secara lengkap dan spesifik. Pemilihan salah satu deskripsi gejala yang sesuai dengan kenampakan gejala di lapang akan menghasilkan keluaran berupa jenis serangan OPT yang sedang menyerang tanaman cabai merah. Dengan menggunakan contoh kasus yang sama dengan proses identifikasi sebelumnya, dan kemudian deskripsi gejala yang dipilih adalah *terdapat luka yang muncul membesar pada area busuk*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

basak yang kemudian melayu dan menghitam akan diperoleh hasil identifikasi serangan berupa jenis serangan busuk *Phytophthora*. Hasil keluaran halaman web identifikasi serangan tersebut dapat dilihat pada lampiran 2.

2. Halaman Pengetahuan tentang Serangan

Implementasi halaman pengetahuan tentang serangan diawali dengan pemilihan jenis serangan OPT. Penyediaan pilihan jenis serangan OPT pada halaman web ini ditujukan untuk pengguna yang ingin mengetahui seputar pengetahuan tentang serangan OPT tetapi hanya mengetahui nama jenis serangan OPT tersebut. Terdapat 31 pilihan jenis serangan OPT cabai merah yang tersedia. Berikut adalah halaman pengetahuan tentang serangan untuk pemilihan jenis serangan.



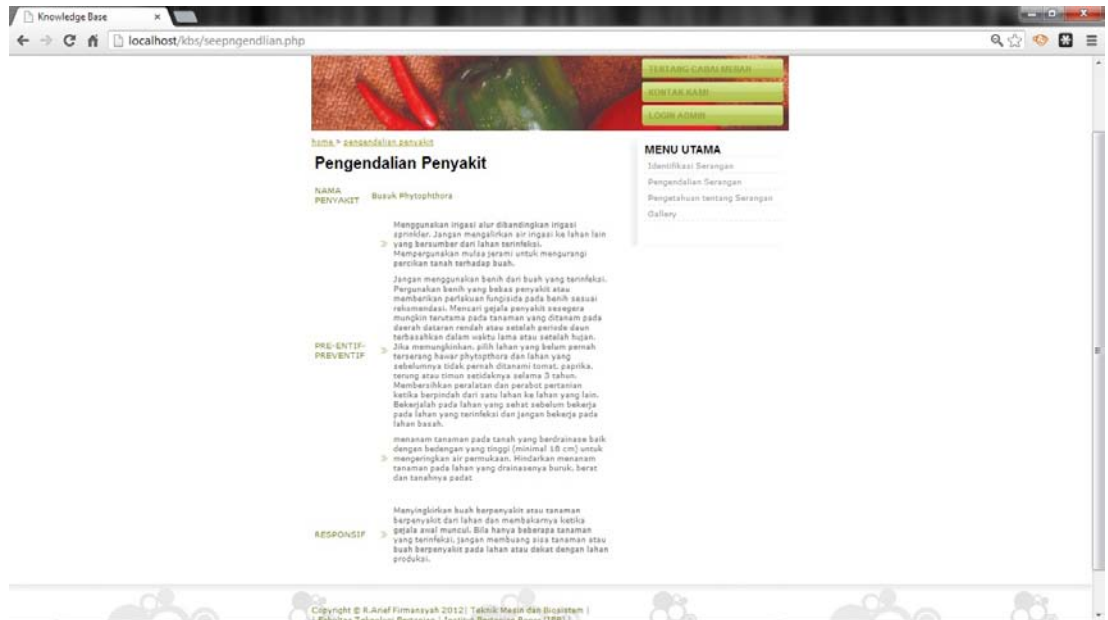
Gambar 29. Halaman pengetahuan tentang serangan (pemilihan jenis serangan)

Selanjutnya setelah dipilih jenis serangan OPT maka akan diberikan penjelasan seputar pengetahuan tentang serangan OPT yang dipilih tersebut, antara lain: nama jenis serangan, penyebab, bioekologi dan faktor pemicu. Pada contoh kasus berikut, jenis pengetahuan serangan yang dipilih adalah busuk *phytophthora*. Halaman web pengetahuan tentang serangan busuk *phytophthora* dapat dilihat pada lampiran 2.

3. Halaman Pengendalian Serangan

Implementasi halaman pengendalian serangan sama dengan halaman pengetahuan tentang serangan, yaitu diawali dengan pemilihan jenis serangan. Penyediaan pilihan jenis serangan bertujuan untuk pengguna yang telah mengetahui jenis serangan OPT yang menyerang cabai merahnya dan memerlukan pengetahuan pengendalian secara langsung. Berikut ini adalah gambar halaman pengendalian serangan OPT dengan jenis serangan OPT berupa busuk *phytophthora*.

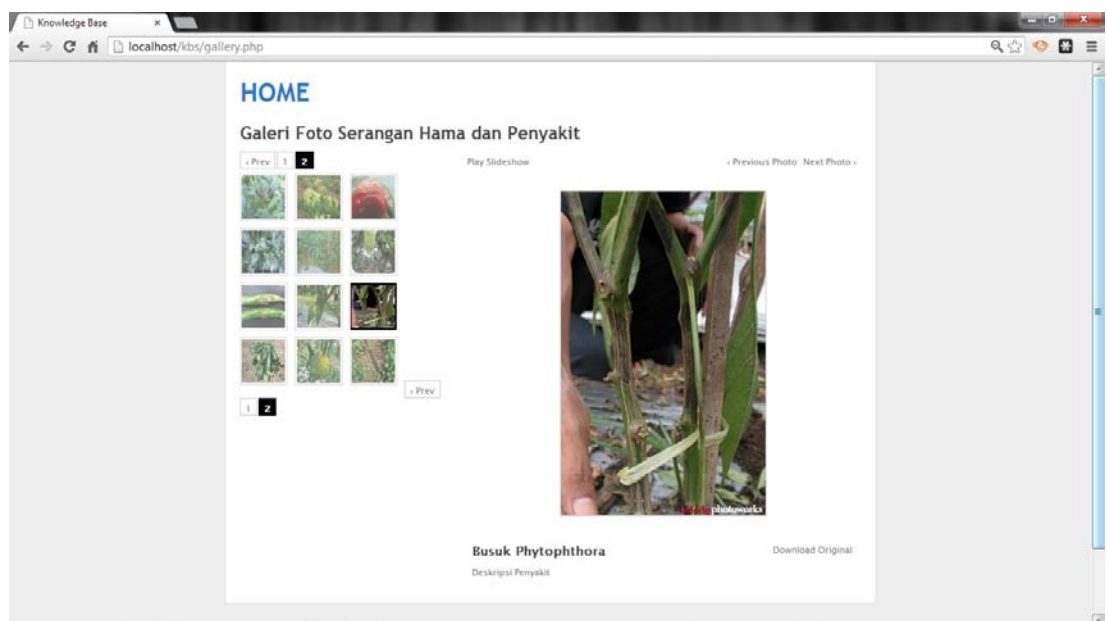
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 30. Halaman pengendalian serangan untuk busuk *Phytophthora*

4. Halaman Galeri Foto

Halaman ini diimplementasikan dalam bentuk kumpulan foto gejala serangan OPT cabai merah. Halaman galeri tersebut juga dapat dimanfaatkan sebagai tindakan identifikasi serangan OPT. Sebab, foto gejala serangan OPT dilengkapi dengan nama jenis serangan dan deskripsi tentang serangan tersebut. Deskripsi tentang serangan tersebut akan tersambung dengan halaman pengetahuan tentang serangan OPT. Pada gambar halaman galeri foto di bawah ini, diberikan contoh kasus berupa foto gejala cabai merah yang terserang busuk *Phytophthora*. Apabila deskripsi serangan diklik maka akan tersambung dengan halaman pengetahuan tentang serangan, hasil dari deskripsi serangan dapat dilihat pada lampiran 2, yaitu pengetahuan tentang serangan busuk *Phytophthora*.



Gambar 31. Halaman galeri foto (foto busuk *phytophthora*)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit cabai merah ini telah dikembangkan penggunaannya dalam bentuk sistem pakar identifikasi penyakit cabai merah berbasis web yang dilakukan oleh Sudrajat dan Sampurno (2013). Selain menyediakan informasi seperti yang tersedia dalam basis pengetahuan tersebut, ditambahkan juga informasi mengenai berita yang berkaitan dengan agribisnis atau budidaya cabai merah. Hasil implementasi sistem pakar tersebut dapat dilihat pada lampiran 4.

5. Pengujian Basis Pengetahuan

Verifikasi basis pengetahuan dibagi menjadi dua, yaitu verifikasi terhadap isi pengetahuan dan verifikasi terhadap sistem penyimpanan basis data. Verifikasi yang dilakukan berdasarkan kategori pemeriksaan seperti yang terdapat pada bagian metode subbagian pengujian, yaitu konsistensi istilah yang digunakan, pengulangan dan kontradiksi diantara pernyataan serta kelengkapan dari keseluruhan isi basis pengetahuan. Dari proses verifikasi tersebut diperoleh bahwa tidak terdapat isi pengetahuan yang bertentangan dengan kategori tersebut.

Verifikasi terhadap sistem manajemen basis data dilakukan dengan memeriksa hasil tahap desain logik basis data yang berupa konversi diagram-ER ke bentuk relasi tabel dan proses normalisasi relasi tabel tersebut. Hasil verifikasi tersebut didapatkan bahwa terdapat anomali di dalam sistem basis data basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit cabai merah. Anomali mengandung pengertian sebuah efek samping yang dialami data dari hasil beberapa operasi relasional (Mata-toledo dan Cushman 2007). Anomali terdiri atas tiga jenis antara lain: anomali penyisipan (*insert*), anomali penghapusan (*delete*), dan anomali pembaruan (*update*). Anomali terjadi pada relasi antara entitas GEJALA dan PENYAKIT, sebab pada entitas GEJALA terdapat atribut *deskripsi_gejala* yang isi dari *record* tersebut bersumber dari atribut *gejala_total* yang ada pada entitas PENYAKIT. Oleh karena itu, bila *record* pada entitas GEJALA dihapus atau diperbaharui maka data deskripsi yang terdapat pada atribut *gejala_total* masih tersedia atau masih dalam isi *record* yang lama. Selain itu, bila *record* baru ditambahkan pada entitas PENYAKIT maka pada atribut *deskripsi_gejala* tidak secara otomatis *record* baru tersebut terinput. Walaupun pada tahap desain logik basis data telah dilakukan proses normalisasi, anomali ini terjadi karena kesalahan pada tahap awal desain logik basis data dalam menentukan entitas di dalam basis pengetahuan tersebut.

Validasi basis pengetahuan dilakukan dengan cara meminta pengguna dalam hal ini pakar hama dan penyakit cabai merah untuk mencoba menggunakan prototipe aplikasi pengetahuan tentang pengendalian hama dan penyakit cabai merah yang berbasis *web*. Hasil validasi tersebut menyatakan bahwa pengetahuan yang diberikan berupa pengetahuan serangan OPT, pengetahuan pengendalian serangan OPT dan gambar gejala serangan OPT adalah benar dan hasil keluaran dari proses identifikasi telah sesuai dengan pengetahuan yang diperoleh dari proses akuisisi pengetahuan di awal tahap pembangunan basis pengetahuan. Dari hasil validasi tersebut juga ditambahkan koreksi mengenai bahasa tulisan yang kurang lugas dan mengandung ambiguitas pada bagian deskripsi gejala yang terdapat pada proses identifikasi serangan OPT serta beberapa istilah terkait pengendalian hama dan penyakit yang kurang sesuai dengan istilah yang biasa digunakan pakar.

V. SIMPULAN DAN SARAN

1. Simpulan

Simpulan hasil dari penelitian ini antara lain:

1. Basis pengetahuan hama dan penyakit cabai merah di wilayah tropika telah dibangun yang dikodifikasikan menggunakan *PostgreSQL* dan juga telah dibangun prototipe aplikasi berbasis pengetahuan yang menggunakan basis pengetahuan tersebut dalam bentuk *web* dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP.
2. Basis pengetahuan yang telah dibangun terdiri atas pengetahuan identifikasi serangan OPT, pengetahuan tentang serangan OPT, pengetahuan pengendalian serangan OPT dan pengetahuan secara visual gejala serangan OPT cabai merah yang diimplementasikan dalam galeri foto.
3. Basis pengetahuan yang telah dibangun berhasil mengumpulkan dan menyimpan jenis, pengetahuan dan pengendalian serangan OPT di wilayah tropis sebanyak 31 jenis serangan, yang terdiri atas 6 jenis serangan hama dan 25 jenis serangan penyakit.
4. Basis pengetahuan yang telah dibangun tersebut telah diuji melalui proses verifikasi dan validasi.

Saran

Berikut adalah saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya,

1. Perlu adanya penambahan jenis serangan OPT cabai merah khususnya di daerah tropis secara berkala baik berupa serangan hama atau penyakit untuk memperkaya basis pengetahuan pengendalian hama dan penyakit cabai merah.
2. Perlu dikembangkan basis pengetahuan serangan OPT cabai merah di daerah tropis yang tidak hanya terbatas pada pengetahuan dan pengendalian serangan hama atau penyakit tapi juga menyediakan pengetahuan dan pengendalian gulma.
3. Basis pengetahuan hama dan penyakit yang telah dibangun perlu diintegrasikan dengan basis pengetahuan manajemen nutrisi cabai merah di wilayah tropika berbasis pertanian presisi yang dikembangkan oleh Rahayu (2013) atau basis pengetahuan lain mengenai cabai merah sebagai upaya dalam pembangunan sebuah sistem yang lengkap tentang budidaya cabai merah.



DAFTAR PUSTAKA

- Aminah S, Kuntjoro D, Prihatin A.A, Rochani A, Maharany R, Ernawati HR, Payung D, Irmawati J, Magdalena E. 2004. Cabai, Buletin Teknopro Hortikultura. Jakarta: Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil Hortikultura.
- [BPS]. Badan Pusat Statistik. 2012. Data Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Cabai Tahun 2009-2010.
- [BPS]. Badan Pusat Statistik. 2012. Laporan Bulanan Data Sosial Ekonomi edisi 9, Februari 2011.
- Brase T. 2005. *Precision Agriculture*. New York: Thompson Delmar Learning.
- Berke T, Black L.L., Talekar N.S., Wang J.F., Gniffke P., Green S.K., Wang T.C., Morris R. 2005. *Suggested Cultural Principles for Chili Pepper*. Taiwan: AVRDC – The World Vegetable Center.
- Brewster C, Lewis E, Dimock B, Herbert A. 2003. *Precision Farming Tools: Geospatial Insect Management*. http://bse214.bse.vt.edu/Grisso/Ext/PF_Spatial_Tool_Insects.doc. [18 Oktober 2012].
- Coll M. 2004. Precision agriculture approaches in support of ecological engineering for pest management p 135-142. In *Ecological Engineering for Pest management: advances in Habitat Manipulation for Anthropods*. Australia:CSIRO Publishing.
- Date. CJ. 2004. *Pengenalan Sistem Basis Data* jilid I. alih bahasa Charli Tanya ; penyunting bahasa Aris Tjahyono. Jakarta: Index.
- Darmawan E. 2011. *Sistem Konsultasi Online Agribisnis Cabai (Capsicum annum L.) Berbasis mobile* [Tesis] Bogor: Institut Pertanian Bogor
- El-korany A, Rafea A, Baraka H, Eid S. 2000. *A Structured Testing Methodology for Knowledge-Based Systems*. Proceeding on 11th International Conference DEXA, September 4-8, 2000, London, UK.
- Fathansyah. 2004. *BASIS DATA*. Bandung; Informatika.
- Faiha SE, Seminar KB, Wiyono S. 1999. *Sistem Pakar untuk Identifikasi Penyakit Tanaman Cabai Besar Merah (Capsicum annum L.)*. Buletin Keteknikan Pertanian Vol 13, No 3, Desember.
- Fromont E, Blockeel H. 2006. *Integrating decision tree learning into inductive databases*. In *ECML/PKDD-2006 International Workshop on Knowledge Discovery in Inductive Databases (KDID)*, pages 59-70.
- Girsang Erik Melpin. 2008. *Uji Ketahanan Beberapa Varietas Tanaman Cabai (Capsicum annum L.) Terhadap Serangan Penyakit Antraknose dengan Pemakaian Mulsa Plastik* [Skripsi] Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Gonzalez-Diaz L, Martinez-Jimenez P, Bastida F, Gonzalez-Andujar JL. 2009. Expert system for integrated plant protection in pepper (*Capsiscu, annuun L*), [Online]. Expert System with Applications Vol 36(5). Abstrack from ScienceDirect. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417408008361> [7 Jauari 2013].



- Gallupe RB. 2000. *Knowledge Management System: Surveying the Landscape*. Kingston: Queen's Management Research Centre for Knowledge-Based Enterprise.
- Hoffer JA, Prescott MB, McFadden FR. 2007. *Modern Database Management 8th ed.* New York: Prentice Hall.
- Herlinda S, Mayasari R, Adam T, Pujiastuti Y. 2007. Populasi dan Serangan Lalat Buah *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) serta Potensi Parasitoidnya pada Pertanaman Cabai (*Capsicum annum L.*). Makalah pada Seminar Nasional dan Kongres Ilmu Pengetahuan Wilayah Barat, 3-5 Juni 2007, Palembang.
- Harsojo, Chairul SM. 2011. Kandungan Mikroba Patogen, Residu Insektisida Organofosfat dan Logam Berat dalam Sayuran. *Jurnal Ecolab* Vol. 5 No. 2 Juli 2011: 89-96.
- Ignizio James P. 1991. *Introduction to Expert System: The Development and Implementation of Rule-Based Expert System*. New York: McGraw-Hill Inc.
- IITA [International Institute of Tropical Agriculture]. 2010. *Integrated Pest Management and Crop Health – bringing together sustainable agroecosystems and people's health*. Ibadan.
- Khsan SHA. 2012. Pengembangan Sistem Pakar Agribisnis Cabai Merah (*Capsicum annum L.*) Berbasis Android. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Seminar KB. 2011. Paradigma Pendayagunaan Teknologi Informasi untuk Pertanian. Makalah pada Seminar Nasional Informatika Pertanian Indonesia, 20-21 Oktober 2011, Bandung.
- Kadir A. 2009. dasar perancangan & implementasi Database Relasional. Yogyakarta: ANDI
- LAI J.C, MING B, LI S.K, WANG K.R, XIE R.Z, GAO S.J. An Image-Based Diagnostic Expert System for Corn Disease. *Agric Sciences in China* 9(8) (2010): 1221-1229.
- Marimin. 2005. Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial. Bogor: IPB Press.
- Mahaman B.D, Passam H.C, Sideridis A.B, Yialouris C.P. 2003. DIARES-IPM: a diagnostic advisory rules-based expert system for integrated pest management in Solanaceous crop systems. *Agric System* 76(2003) : 1119-1135.
- Mannino Micahel V. 2001. *DATABASE application development and design*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Mata-Toledo RA, Cushman PK. 1999. *Schaum's Outlines Fundamental of RELATIONAL DATABASE*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Mitchell T. 1993. *Machine Learning*. Chapter 3 *Decision trees learning*. <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spr07/cos424/papers/mitchell-dectrees.pdf> [5 Januari 2013].
- Meseguer P, Preece AD. 1995. *Verification and Validation of Knowledge-Based System with Formal Specifications*. <http://citeseerx.ist.psu.edu> [12 Desember 2012].
- Mulyawanto M. 2011. Sistem Pakar *Fuzzy* untuk Diagnosis Penyakit pada Tanaman Cabai Merah [Skripsi] Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Miskiyah, Munarso SJ. 2009. Kontaminasi Residu pada Cabai Merah, Selada, dan Bawang Merah (Studi Kasus di Bandung dan Brebes Jawa Tengah serta Cianjur Jawa Barat). *J. Hort* 19(1): 101-111.



- Nugrohati S, Untung K. 1986. Pesticida dalam Sayuran. Makalah pada Seminar Keamanan Pangan dalam Pengolahan dan Penyajian, PAU Pangan dan Gizi, UGM 1-3 September 1986.
- Piay SS. 2010. Budidaya dan Pascapanen Cabai Merah (*Capsicum annuum L.*). Ungaran: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Park Y.L. Krell RK. Carroll M. 2007. Theory, Technology, and Practice of Site-Specific Insect Pest Management. J. Asia-Pacific Entomol. 10(2); 89-101.
- Rich E, Knight K. 1991. *Artificial Intelligence 2nd ed.* New York: McGraw-Hill, Inc.
- Russel G, Muetzelfeldt RI, Taylor K, Terres JM. 1999. Development of crop knowledge base for Europe. Europe Journal of Agronomy 11(1999) 187-206.
- Riyadi S. 2011. PENGENDALIAN OPT RAMAH LINGKUNGAN DALAM BUDIDAYA HORTIKULTURA. Diperta.jabarprov.go.id [15 Desember 2012].
- Rahayu RM. 2013. Pengembangan Basis Pengetahuan Manajemen Nutrisi Cabai Merah (*Capsicum annuum L.*) di Wilayah Tropika Berbasis Pertanian Teliti (*Precision Farming*) [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sonka ST. 1997. *Precision Agriculture in The 21st Century: geospatial and information technologies in crop management.* Washington D.C: National Academy Press.
- Stair R, Reynolds G. 2010. *Principles of Information Systems: A Managerial Approach.* Boston: Course Technology, Cengage Learning.
- Supriyanto D. 2011. Sistem Konsultasi Online Agribisnis Cabai (*Capsicum annum L.*) [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Samsudin. 2009. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Ramah Lingkungan. <http://www.pertaniansehat.or.id/?pilih=news&mod=yes&aksi=lihat&id=134>. [10 Februari 2012].
- Sudrajat A, Sampurno RM. 2013. Development of web-based expert system for identification red pepper disease (*Capsicum annuum L.*). Makalah tugas akhir pada *Decision Support System for Natural Resources Management*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Turban E, Aronson JE, Lung T.P. 2005. *Decision Support Systems and Intelligent Systems 7th ed.* New Jersey: Pearson Education International.
- Vanthienen J, Robben F. 1993. *Developing Legal Knowledge Based Systems Using Decision Tables.* Proceedings of the 4th International Conference on Artificial Intelligence and Law pp 282-291.



LAMPIRAN

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1a. Tabel keputusan (*decision table*) untuk identifikasi serangan OPT cabai merah (bagian tanaman terserang: **DAUN**)

Ciri gejala	Gejala	Nama_penyakit
Bentuk	Daun muda berkeriput, terpuntir dan menghadap ke bawah	Kutu daun persik
	Daun mengeriting ke atas	thrips
	Tepi daun mengeriting, menghadap ke bawah seperti bentuk sendok terbalik dan terjadi penyempitan daun	tungau
	Tepi daun menggulung ke dalam dengan beberapa daun layu	vertisilium
	Daun membulat atau tidak beraturan, berwarna hijau gelap, terdapat luka busuk basah, kering dan berwarna coklat terang	Hawar Phytophthora
	Gejala layu dimulai pada daun muda, kemudian terjadi layu permanen. Daun yang layu tetap berwarna hijau dan tidak gugur selama fase perkembangan penyakit	Layu bakteri
	Daun mengecil dan mengkerut. Daun mengeriting ke atas, terpuntir, dan berwarna kuning yang mencolok di tepi dan atau daerah pembuluh daun	Penyakit kuning
Warna	Daun bekas tempat isapan kutu berwarna kuning	Kutu daun persik
	Daun berwarna keperakan pada permukaan bawah daun	Tungau
	Warna daun belang hijau tua dan hijau muda	Mosaik
	Sedikit menguning pada bagian daun yang tua, dan bagian daun bawah	Vertisilium
	Daun terdapat pola garis klorotik atau mosaik dengan bercak nekrotik.	<i>Tomato spotted wilt virus</i>
	tanaman yang terserang memiliki gejala klorotik mosaik dengan distorsi daun muda	<i>Tobacco mosaic and tomato mosaic virus</i>
	tidak ada perubahan warna pada daun tetapi kemudian daun berubah menguning	Busuk batang
	Mosaik pada daun atau berloreng	<i>Potato virus y</i>
	Terdapat tepung berwarna putih. Bagian atas daun terdapat bercak kuning mencolok.	Embun tepung
	daun berbintik dan mosaik kuning/hijau	<i>Pepper mild mottle virus</i>
	Daun berloreng dan berkas hijau gelap pada pembuluh. Daun pada beberapa kultivar menjadi lebih kecil dan terdistorsi.	<i>Chilli veinal mottle virus</i>
	jaringan pembuluh berwarna gelap yang diikuti oleh klorosis dan nekrosis pada daun	<i>Bacterial soft rot</i>
	Dedaunan berwarna kuning terang hingga putih mosaik, terdapat area jaringan urat daun yang memucat	<i>Alfa mosaic virus</i>
	daun berloreng dan melipat, daun dan buah berbentuk aneh	<i>Pepper mottle virus</i>
	Daun membulat atau tidak beraturan, berwarna hijau gelap, terdapat luka busuk basah, kering dan berwarna coklat terang	Hawar Phytophthora
Bercak	Gejala layu. Daun yang layu tetap berwarna hijau dan tidak gugur selama perkembangan penyakit	Layu bakteri
	noda keperakan yang tidak beraturan pada daun	Thrips



	Timbul bercak putih yang transparan	Ulat grayak
	Terdapat bercak kecil tidak beraturan berwarna coklat keabuan dengan coklat gelap pada tepinya	Antraknosa
	terdapat bercak sirkuler dengan bagian tengah berwarna abu-abu, dan bagian luarnya berwarna merah kecoklatan yang tumbuh hingga diameternya 1 cm	Cercospora
	Daun, jika terinfeksi terdapat bercak coklat terang atau abu-abu yang berbentuk tak beraturan.	Kapang kelabu
	terdapat luka berbentuk cekung. Luka berwarna coklat berbentuk bulat hingga tak beraturan, busuk basah, biasanya luka berdiameter 3mm (kadang lebih besar pada kondisi panas dan lembab).	Bercak bakteri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang menguntnkan dan memperbanyda sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang menguntkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1b. Tabel keputusan (*decision table*) untuk identifikasi serangan OPT cabai merah (bagian tanaman terserang; **BUAH**)

Ciri gejala	Deskripsi gejala	Nama penyakit
Rusak fisik	Buah berlubang	Ulat penggerek buah
	Timbulnya lubang yang tidak beraturan pada permukaan buah	Ulat grayak
	Daerah yang terserang berwarna kekuning-kuningan atau putih, lunak, cekung dan mengkerut	Sunscald
Luka	terdapat bulatan cekung menurun berdiameter hingga 30mm. Pusat luka berwarna coklat sedangkan jaringan di bawah luka berwarna lebih terang	Antraknose
	Terdapat luka yang muncul membesar pada area busuk basah yang kemudian melayu dan menghitam	Hawar Phytophthora
	Terdapat luka pada buah yang berwarna terang hingga gelap, terjadi busuk basah dan terkadang terdapat cekungan	<i>Bacterial soft rot</i>
	Pada buah muda terapat luka kecil, berbentuk sirkuler, berwarna hijau berdiameter 2-3 mm. kemudian luka tersebut menjadi coklat, retak-retak kasar menyerupai kutil pada permukaannya.	Bercak bakteri
Bercak	Terdapat titik hitam pada pangkal buah	Lalat buah
	Buah menyerupai bantalan dengan banyak titik kecil berwarna hitam.	sentik
	Terdapat bercak busuk basah yang dengan cepat meluas berwarna kuning kehijauan atau coklat keabuan, luka tidak beraturan yang lunak dan teksturnya mirip spon.	Kapang kelabu
Busuk	Terjadi busuk basah, potongan kecil berwarna coklat muncul dekat bagian ujung buah. Potongan kecil tersebut berkembang mencekung, mengering dan berubah warna dari coklat menjadi hitam. Infeksi dapat menyerang hingga sebagian buah.	<i>Blossom end rot</i>
	Busuk buah	sentik
	Terdapat luka pada buah yang berwarna terang hingga gelap, terjadi busuk basah dan terkadang terdapat cekungan serta buah yang terinfeksi tergantung pada tanaman seperti tas berisi air	<i>Bacterial soft rot</i>
Perubahan Ukuran	Buah yang terserang menjadi kecil dan ternoda oleh daerah klorotik dan nekrotik	<i>Tobacco mosaic and tomato mosaic virus</i>
	Buah yang terinfeksi berukuran lebih kecil, cacat dan terdapat pola mosaik	<i>Potato virus y</i>

Lampiran 1c. Tabel keputusan (*decision table*) untuk identifikasi serangan OPT cabai merah (bagian tanaman terserang: **BATANG**)

Ciri gejala	Deskripsi gejala	Nama_penyakit
Bercak luka	gejala berupa bercak kecil tidak beraturan berwarna coklat keabuan dengan coklat gelap pada tepinya	antraknose
	Bercak juga berkembang pada batang tetapi lebih banyak membujur daripada melingkar	Bercak cercosprora
	Pada batang dan tangkai daun, terjadi kanker berbentuk kasar dan berwarna kecoklatan	Bercak bakteri
Busuk	Busuk basah dan terdapat luka berwarna coklat gelap pada bagian bawah batang biasanya meluas keatas sekitar 2.5cm atau lebih diatas permukaan tanah dan meluas hingga bagian batang yang menyempit	Hawar Phytophthora
	Bagian pangkal batang menjadi busuk dan berwarna coklat tua	Layu Fusarium
	layu busuk basah pada batang atau dekat permukaan tanah atau kotiledon	Kapang Kelabu
	timbul kebusukan pada batang berwarna coklat gelap hingga hitam, sering menimbulkan kerusakan pada percabangan	<i>Bacterial Soft Rott</i>
Warna	Terjadi perubahan warna coklat gelap yang timbul pada bagian vaskuler batang dan meluas dari batang dekat permukaan tanah hingga bagian bawah percabangan tanaman	vertisilium
	Nekrosis pada jaringan pembuluh dan tangkai sering terjadi. Diikuti oleh nekrosis pada batang dan kerontokan, kematian pada pucuk atas dan kematian tanaman	<i>Potato Virus y</i>
	Terdapat lapisan hijau gelap pada batang dan percabangannya	<i>Chilli veinal mottle virus</i>
	batang bawah berwarna coklat pada bagian penyaluran air (sistem vaskuler) tanaman.	Layu Bakteri
	Pada batang dan tanah sekitar batang tumbuh cendawan berwarna putih kusam	Penyakit Sentik

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1d. Tabel keputusan (*decision table*) untuk identifikasi serangan OPT cabai merah (bagian tanaman terserang: **KESELURUHAN TANAMAN**)

Ciri gejala	Deskripsi gejala	Nama_sserangan
Tanaman terdil	Daun-daun mengecil dan mengerut. Daun mengeriting ke atas, terpuntir, dan warna kuning yang mencolok disepanjang tepi dan atau daerah pembuluh daun	<i>Tomato yellow leaf curl virus</i>
	tepi daun akan menggulung ke dalam dengan beberapa daun layu.	vertisilium
	tanaman yang terserang memiliki gejala klorotik mosaik dengan distorsi daun muda	<i>Tobacco mottle- Tomato mottle virus</i>
	Dedaunan berwarna kuning terang hingga putih mosaik yang kadang menyebabkan meluasnya area jaringan urat daun yang memucat	<i>Alfafa mosaic virus</i>
	Daun berloreng dan berkas hijau gelap pada pembuluh. Daun pada beberapa kultivar menjadi lebih kecil dan terdistorsi.	<i>Chilli veinal mottle virus</i>
	daun menjadi kuning dan penampakan umum tanaman yang tidak sehat berupa layu dan kematian saat cuaca panas dan kering.	<i>Root-knot Nematoda</i>
	Pengkerdilan tanaman terjadi pada fase persemaian	<i>Damping-off</i>
Tanaman layu	Daun yang terinfeksi dapat dengan cepat membulat atau tidak beraturan, berwarna hijau gelap, luka busuk basah, mengering dan terlihat coklat terang	Hawar phytophthora
	Warna daun berubah kuning	Busuk bakteri
	Daun yang layu tetap berwarna hijau dan tidak gugur selama perkembangan penyakit dan pada akar bagian bawah batang berubah warna menjadi coklat pada bagian sistem vaskuler tanaman	Layu bakteri

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3. Daftar pustaka yang digunakan sebagai isi basis pengetahuan.

Adegbite AA, Adesiyun SO. 2005. Root Extracts of Plants to Control Root-Knot Nematode on Edible Soybean. *World Journal of Agricultural Sciences* 1(1): 18-21.

Blazquez C.H. 1986. CHOANEPHORA WET ROT OF PEPPER. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 99: 321-325.

British Columbia Ministry of Agriculture and Lands. Management of Powdery Mildew, *Leveillula taurica*, in Greenhouse Peppers. 2004. Crop Protection Fact Sheet.

Cerkauskas R(a). 2004. Bacterial Soft Rot. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-571.

Cerkauskas R(b). 2004. Bacterial Spot. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-572.

Cerkauskas R(c). 2004. Bacterial Wilt. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-573.

Cerkauskas R(d). 2004. Antracnose. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-574.

Cerkauskas R(e). 2004. Cercospora Leaf Spot. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-575.

Cerkauskas R(f). 2004. Choanephora Blight. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-576.

Cerkauskas R(g). 2004. Gray Mold. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-578.

Cerkauskas R(h). 2004. Phytophthora Blight. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-579.

Cerkauskas R(i). 2004. Powdery Mildew. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-580.

Cerkauskas R(j). 2004. Verticillium Wilt. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-581.

Cerkauskas R(k). 2004. Blossom End Rot. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-582.

Cerkauskas R(l). 2004. Sunscald. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-583.

Cerkauskas R(m). 2004. Root-Knot Nematode. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-584.

Cerkauskas R(n). 2004. Damping Off. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-585.

Cerkauskas R(o). 2004. Stem Rot. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-586.

Cerkauskas R(p). 2004. Potato Virus Y. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-587.

Cerkauskas R(q). 2004. Chilli Veinal Mottle Virus. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-589.

Cerkauskas R(r). 2004. Alfalfa Mosaic Virus. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-590.

Cerkauskas R(s). 2004. Pepper Mottle Virus. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-591.

Cerkauskas R(t). 2004. Tobacco Mosaic Virus and Tomato Mosaic Virus. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-594.

Cerkauskas R(u). 2004. Pepper Mild Mottle Virus. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-596.

Cerkauskas R(v). 2004. Tomato Spotted Wilt Virus. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-596.

Cerkauskas R(w). 2004. Root-Knot Nematode. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-603.

Cerkauskas R(x). 2004. Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV). Fact Sheet. AVRDC Publication 04-610.

ABI. 1997. Datas Sheets Quarantine Pests *Colletotrichum acutatum*. http://www.eppo.int/QUARANTINE/fungi/Colletotrichum_acutatum/COLLAC_ds.pdf [17 April 2012].



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- CABI. 1997. *Xanthomonas vesicatoria*. Datas Sheets Quarantine Pests. http://www.eppo.int/QUARANTINE/bacteria/Xanthomonas_vesicatoria/XANTVE_ds.pdf [19 April 2012].
- Crump A. 2009. Anthracnose. University of California Agriculture and Natural Resources. Pest Note Publication 7420.
- Davis RM, Gubler WD, Koike ST. 2008. Powdery Mildew on Vegetables. University of California Agriculture and Natural Resources. Pest Note Publication 7406.
- Geistadt SH, Phillips PA, O'Donnell CA. 2007. Thrips. University of California Agriculture and Natural Resources. Pest Note Publication 7429.
- Grant ML. 2000. Aphids. University of California Agriculture and Natural Resources. Pest Note Publication 7404.
- Gomez-Alpizar L. 2001. *Verticillium dahliae*. NC State University. PP-728. <http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Verticillium/Vertifin.htm>. [19 April 2012].
- Hartbertson RL, Rojas M, Natwick E. tahun. Tomato Yellow Leaf Curl. A New Disease in California Tomatoes. University of California Agriculture and natural Resources Statewide IPM Program. <http://ucanr.org/sites/ipm/pdf/pmg/TomBrochure03.pdf> [13 Juli 2012]
- Harshbarger T, Simone G. 1999. Wet Rot of Vegetable Crops. Plant Pathology Fact Sheet University of Florida. PP-11.
- Hart T, Reiter S, Doughty H. 2009. Green Peach Aphid on Vegetables. Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. 2902-1081.
- Hudwig SW, Bogran C. 2007. Chilli Thrips, A New Pest in the Home Landscape. Texas Cooperative Extension. The Texas A&M University System. EEE-00041.
- Melzer MJ, Ogata DY, Fukuda SK, Shimabuku R, Borth WB, Sether DM, Hu JS. 2009. Tomato Yellow Leaf Curl. College of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawai'i at Manoa. PD-70.
- Momol T, Olson S, Funderburk J, Sprengel R. 2001. Management of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) in Tomato in North Florida. University of Florida Extension. Fact Sheet PP-184.
- Melanie L, Ivey L, Miller SA. 2004. Anthracnose Fruit Rot of Pepper. Extension Fact Sheet Ohio State University. HYG-3307-04.
- Prerwoto, Suharsono. 2008. Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricus) pada Tanaman Kedelai. Jurnal Litbang Pertanian 27(4).
- Rosen MW. 2000. Root-Knot Nematode. Arizona Cooperative Extension. University Of Arizona. AZ1187.
- Seemeeerathan K, Mikunthan G, Tharshani N. 2009. Eco-Friendly Management of Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita* (kofid and White) Chitwood Using Different Green Leaf manures on Tomato under Field Conditions. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 6(5): 494-497.
- Shanman L. 2003. Root Knot Disease and Its Control. AGFACTS 3rd ed. Dubbo: New South Wales Agriculture.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

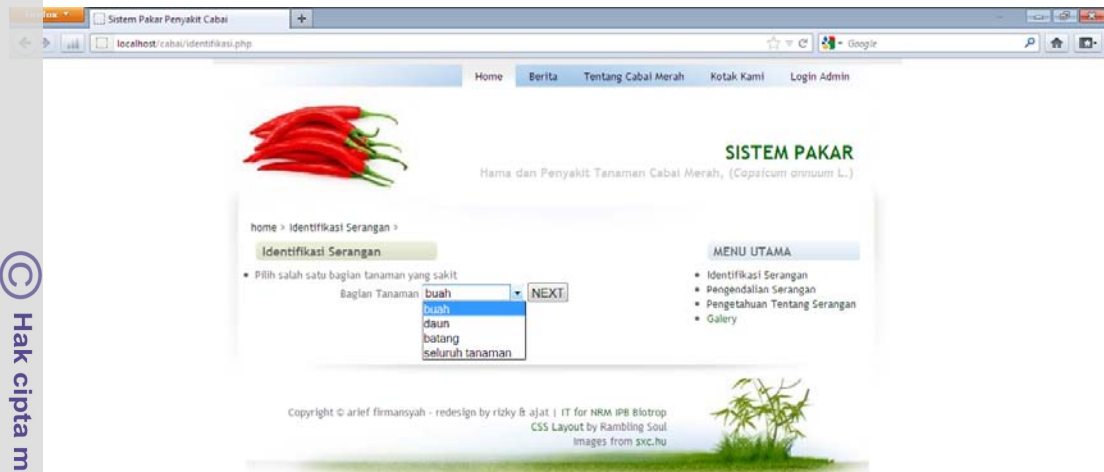
- Radwan MA, Farrag SAA, Abu-Elamayem MM, Ahmed NS. 2012. Biological control of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato using bioproducts of microbial origin. *Applied Soil Ecology* 56 (2012) 58-62.
- Sikora EJ. 2004. Plant Disease Notes Choanephora Wet Rot. Alabama Cooperative Extension System. Alabama A&M and Auburn University ANR-874.
- Sahebani N, Hadavi N. 2008. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biology and Biochemistry* 40(2008) 2016-2020.
- Widi SS, Hidayat P, Suputa. 2006. Taksonomi dan Bioekologi Lalat Buah Penting di Indonesia (Diptera: Tephritidae). Bogor: BB Biogen.
- Pravanapriya B, Sivakumar M. 2005. Management of root-knot nematode *Meloidogyn incognita* on tomato with botanicals. *NPR Vol.4(3)* [May-June 2005] page 158-161.
- Valentine EW. 1998. Tomato Fruitworm Life Cycle. HortFACT. <http://www.hortnet.co.nz/publications/hortfacts/hf401009.htm> [8 Mei 2012].
- Williamson B, Tudzynski B, Tudzynski P, Van Kan J.A.L. 2007. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology* 8(5), 561-580.
- Wong T.C. 2004. Sunscald. Fact Sheet. AVRDC Publication 04-607.
- Yeems HV, Heppner JB, Nation JL, Fasulo TR. 2012. Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Insecta: Diptera: Tephritidae). IFAS Extension University of Florida. EENY-083.



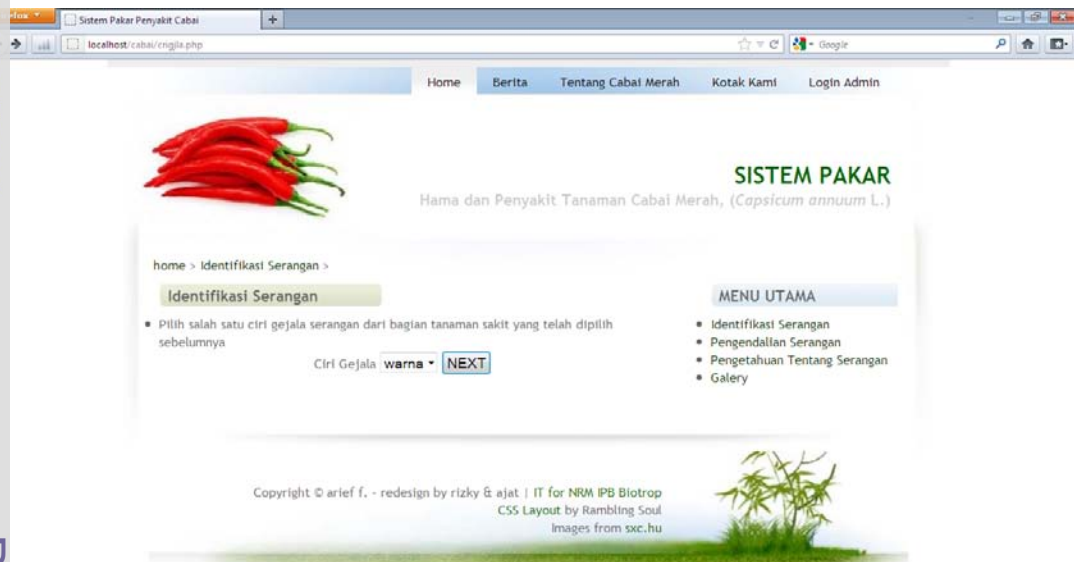
Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4. Hasil implementasi sistem pakar identifikasi penyakit cabai merah berbasis web



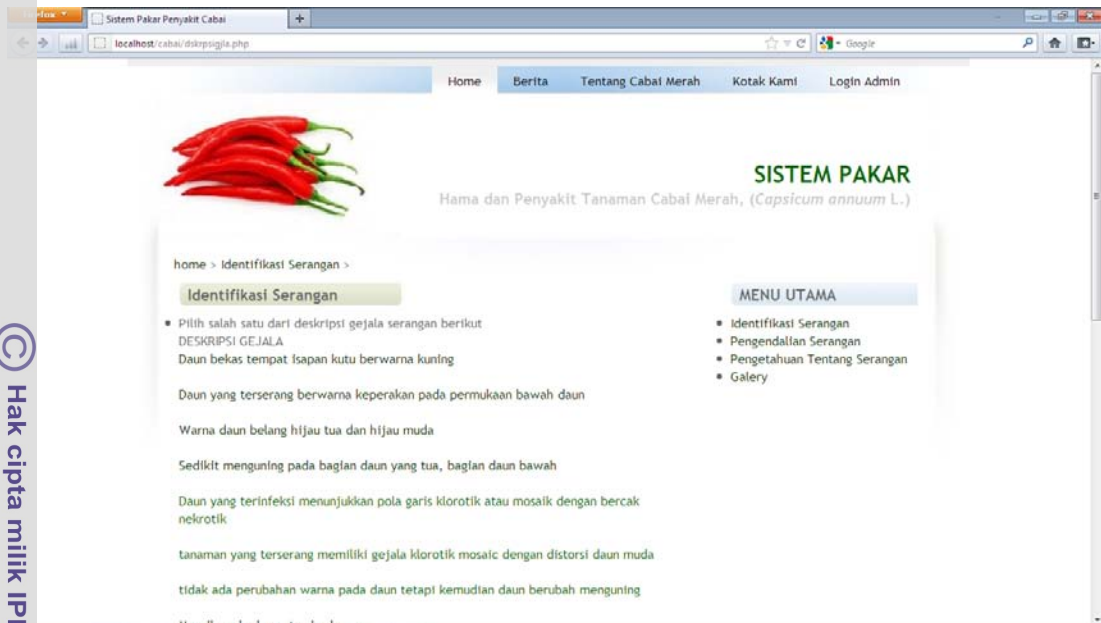
Gambar 1. Halaman pemilihan bagian tanaman yang terserang



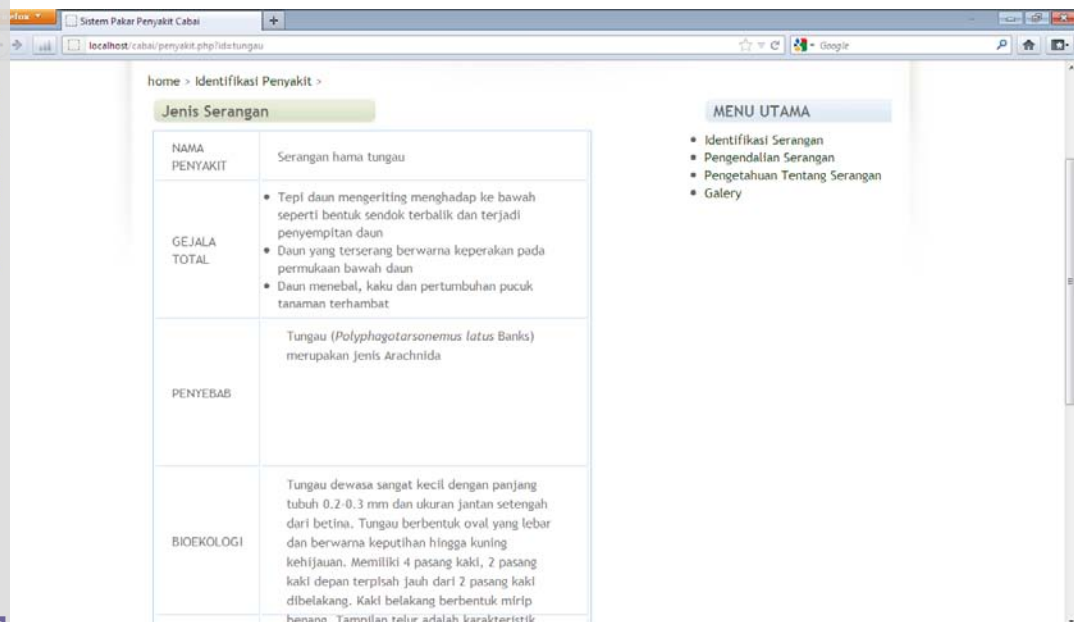
Gambar 2. Halaman pemilihan ciri gejala pada bagian tanaman yang terserang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 3. Halaman deskripsi gejala dari bagian tanaman yang dipilih

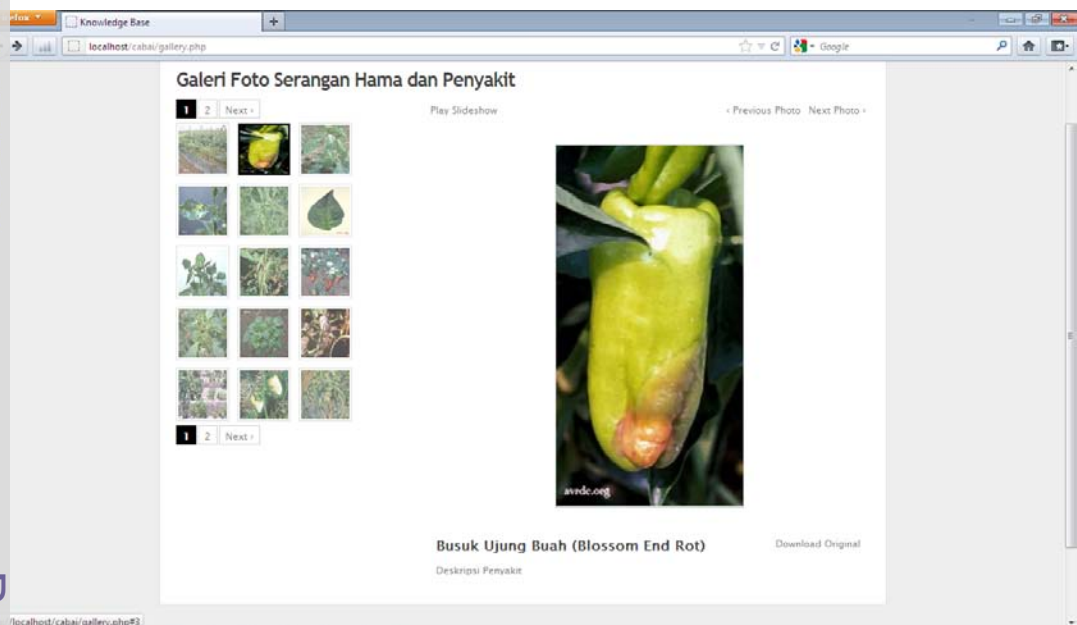


Gambar 4. Halaman deskripsi penyakit hasil identifikasi

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



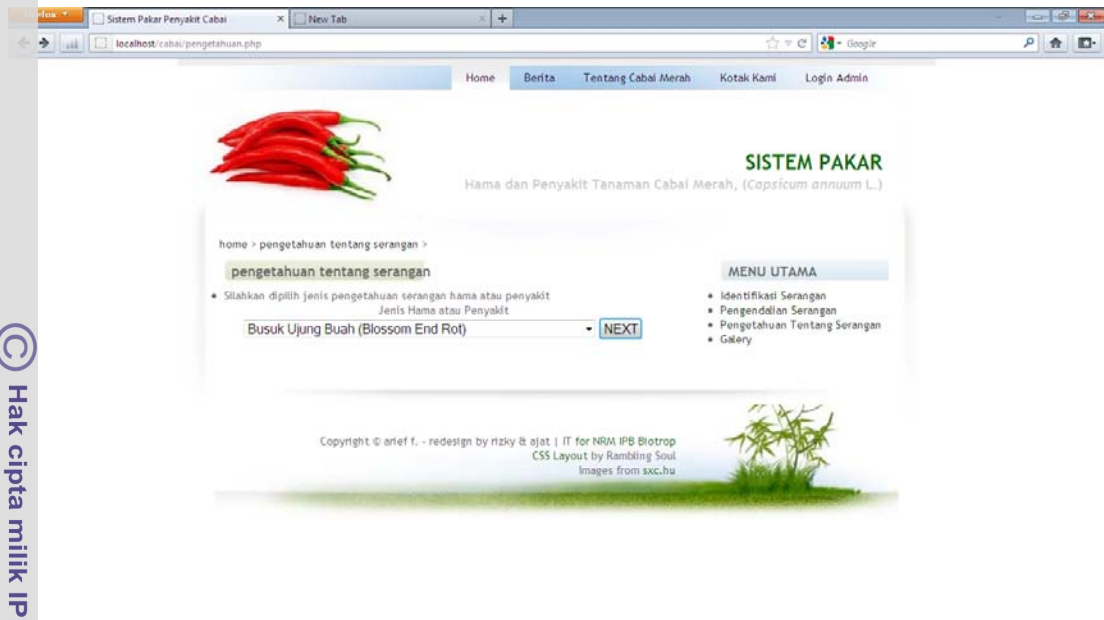
Gambar 5. Halaman pengendalian penyakit hasil identifikasi



Gambar 6. Halaman galeri penyakit

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



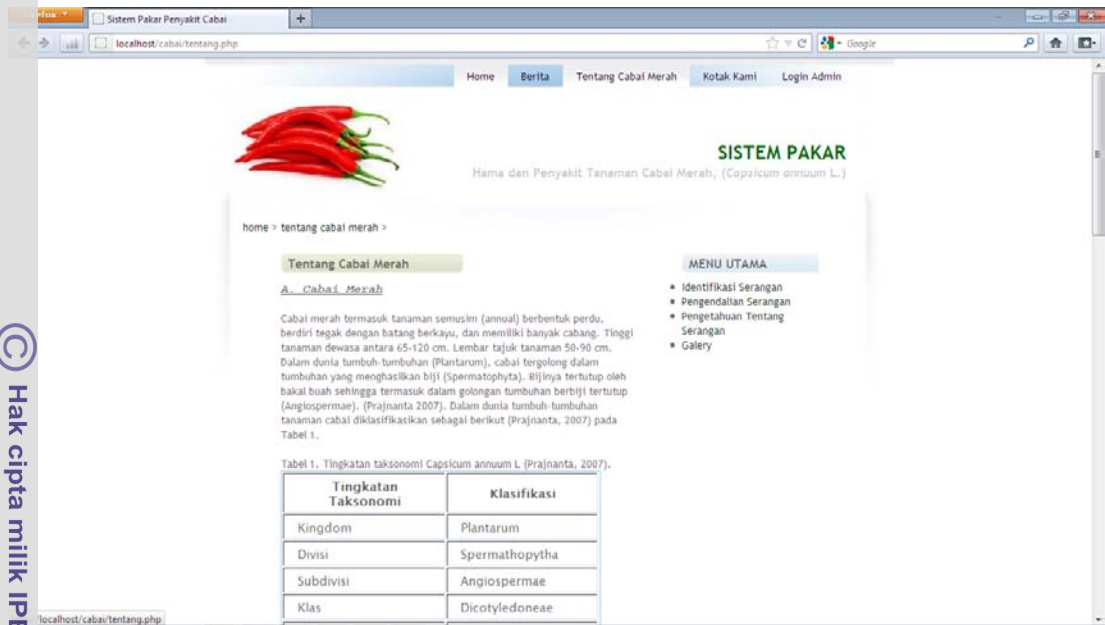
Gambar 7. Halaman pemilihan jenis pengetahuan penyakit



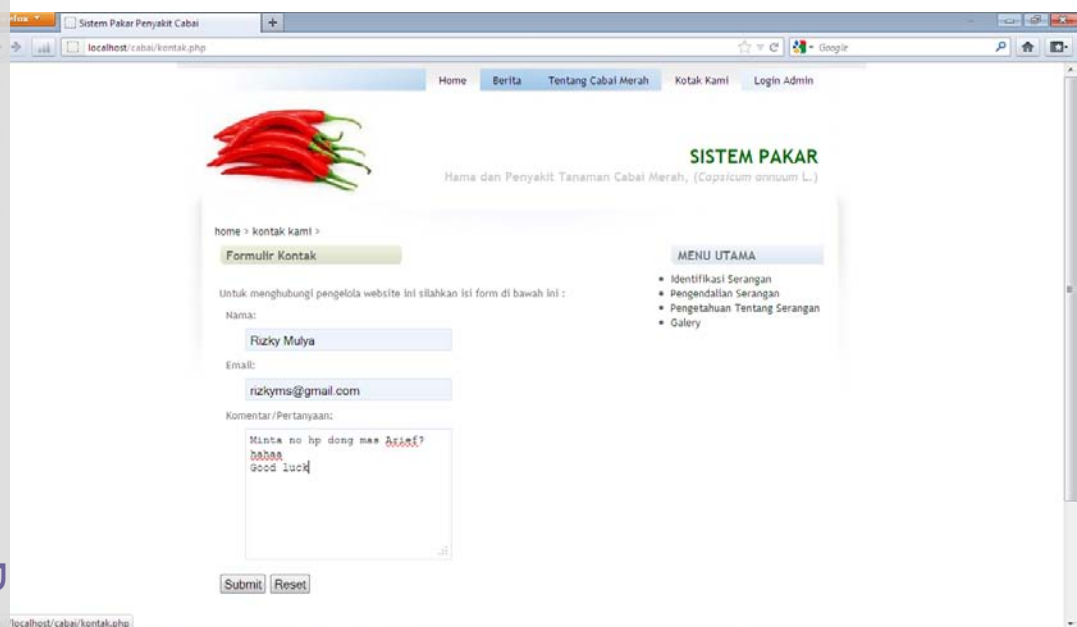
Gambar 8. Halaman menu berita agribisnis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 9. Halaman menu tentang cabai merah



Gambar 10. Halaman menu kontak



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

R. ARIEF FIRMANSYAH

+6285731351663 • firmansyah.rief@gmail.com



DATA PRIBADI

Nama R. Arief Firmansyah
Tempat, tanggal lahir Pamekasan, 23 Maret 1990
Alamat domisili Pondok D'qaka, Jln Babakan Lio 28 RT 04/RW 11
Kelurahan Balumbang Jaya
Bogor-16680
Alamat rumah Jln Let. Yahdi Adikara 10
Pamekasan-16693
Alamat kantor Jln Let. Yahdi Adikara 10
Pamekasan-16693

PENDIDIKAN

MA NEGERI 1 PAMEKASAN, Kab. Pamekasan 2005-2008
Dept. Teknik Mesin dan Biosistem, 2008-
Program studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

WORKSHOP/TRAINING

Pelatihan CATIA, Engineering Desain Club-IPB 2012
Pelatihan Andorid, Lab.Bio-Informatika-IPB 2012

KESTASI

Seleksi paper dalam International Conference on Asia 2012
Agriculture and Animal, APCBEES, Singapura
Penerima Beasiswa PPA 2009

KEAHLIAN

Software 1. Microsof Office (Word, Power point, Excell, Visio, Access)
2. AutoCAD, Catia
3. PostgreSQL
4. Adobe Dreamwaver
Bahasa Inggris (aktif dan pasif)

PENGALAMAN ORGANISASI

Ketua Keluarga Mahasiswa Madura-Bogor (GASISMA) 2008-2010
Ketua Kajian Strategis Wilayah, Daerah dan Nasional, BEM 2009-2010
Fakultas Teknologi Pertanian
Ketua Pengawas Pemilihan Raya Mahasiswa IPB 2010
Ketua Agrotek, BEM Fakultas Teknologi Pertanian 2010-2011
Ketua Pengawas Himpunan Teknik Pertanian – IPB 2012
Ketua Pemilihan Raya Himpunan Mahasiswa Teknik Pertanian- 2012

PENGALAMAN KERJA

Praktik Lapang di PT.KUSUMA SATRIA DINASASRI 2011
SATAJAYA, BATU JAWA TIMUR