

SISTEM PAKAR IDENTIFIKASI GANGGUAN ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN DAN DEFISIENSI HARA TANAMAN HIAS KRISAN

Expert System for the Identification of Pests Diseases and Chrysanthemum Nutrient Deficiency

Andy Pramurjadi¹, Idha W Arsanti², Dhani Gartina³, Kurniawan Budiarto¹

¹Balai Penelitian Tanaman Hias, Jl. Raya Ciherang Pacet Segunung, Cianjur 43253, Jawa Barat - Indonesia

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura,

³Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Telp (0263) 517056, 514138, Fax. (0263) 514138

E-mail : andprams@yahoo.com

(Makalah diterima 19 Mei 2017 - Disetujui 06 Desember 2017)

ABSTRAK

Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dan hara merupakan lingkungan pertumbuhan penting yang mempengaruhi kualitas krisan. Kerusakan fisik dan kualitas pertumbuhan tanaman menurunkan kuantitas dan kualitas bunga yang dihasilkan. Beragamnya OPT dan gangguan fisiologis tanaman akibat defisiensi hara memerlukan perangkat identifikasi yang akurat. Perangkat tersebut diperlukan untuk mengetahui penyebab utama gejala abnormalitas tanaman, sehingga dapat ditangani dan dikendalikan dengan tepat dan cepat. Sistem pakar yang memberikan informasi secara interaktif berbasis pengetahuan untuk identifikasi OPT dan defisiensi hara merupakan alat bantu alternatif yang dapat mendiagnosis gejala fisik tersebut. Hasil pengujian sistem pakar yang dibangun berbasis *rule based reasoning* menunjukkan tingkat keakuratan yang potensial. Elemen yang perlu mendapat perhatian untuk penyempurnaan sistem pakar ini adalah kelengkapan bahan uji visual, berupa gambar tanaman yang merepresentasikan gejala OPT dan defisiensi hara.

Kata kunci: krisan, organisme pengganggu tanaman, defisiensi hara, identifikasi, sistem pakar

ABSTRACT

Pests and nutrient are important growth environment that influence the quality of chrysanthemum flowers. Physical damages and poor plant growth qualities reduce the quantity and quality of the flower product. The variety of pests and physiological disturbance of plants due to nutrient deficiency requires an accurate identification device. Such device is needed determine the main cause of abnormality symptom in plant, so that it can be accurately and rapidly managed. Expert systems that provide knowledge-based interactive information for pest identification and nutrient deficiency are alternative tools that can diagnose such physical symptoms. The result of evaluation showed that the system gives certain level potential accuracy. Element that need attention to improve the expert system is the completeness of visual test materials, i.e., plant image that represent the pest attacks and nutritional deficiencies symptoms.

Key words: chrysanthemum, pest, disease, nutrient deficiency, identification, expert system

PENDAHULUAN

Krisan (*Dendranthema grandiflorum Tzelve*) termasuk bunga yang paling populer di Indonesia karena memiliki warna yang beragam, tahan lama, ukuran atau tipe bunga *spray* dan standar. AMARTA (2007) dalam Andri (2013) menyebutkan, krisan yang juga dikenal sebagai bunga seruni atau bunga emas (*gold flower*) merupakan salah satu jenis tanaman hias yang populer di masyarakat. Krisan termasuk jenis bunga eksotik dan bernilai tinggi di antara bunga potong lainnya seperti mawar, gerbera, lili, dan tulip (Mattjik, 2010). Sentra krisan di Indonesia tersebar pada beberapa propinsi, antara lain Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Bali, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Utara (Direktorat Pembinaan dan Sarana Produksi, 2008).

Agribisnis tanaman hias di Indonesia dewasa ini sudah jauh berkembang dibandingkan dengan kondisi 10 tahun yang lalu. Permintaan krisan, baik dalam bentuk bunga potong maupun bunga pot, cenderung meningkat dari tahun ke tahun (Nurmalinda dan Hayati, 2014). Tren peningkatan agribisnis krisan dimulai sejak tahun 2011 dengan total produksi 305,9 juta tangkai bunga. Pada tahun 2015, produksi krisan meningkat menjadi 442,7 juta tangkai laju pertumbuhan 3,62% dari tahun sebelumnya (Pusat Data dan Informasi Pertanian, 2016).

Harga jual bunga potong krisan dipengaruhi oleh kualitas fisik tanaman, yang mencerminkan potensi genetik tanaman dalam memanfaatkan lingkungan iklim mikro untuk meminimalisasi gangguan fisik dan fisiologis tanaman. Dengan kata lain, tanaman tidak mengalami kekurangan hara, air, dan faktor fisik lain selama pertumbuhannya. Selain itu, tanaman juga tidak mendapat tekanan OPT. Namun kenyataannya terjadi gangguan OPT dan fisiologis pada tanaman yang dibudidayakan.

Defisiensi hara seringkali menjadi faktor pembatas dalam memperoleh hasil bunga dengan kualitas fisik yang prima. Gejala serangan OPT sangat beragam, demikian pula defisiensi hara. Keterbatasan pengetahuan pelaku usaha agribisnis tanaman hias dalam mengenali gejala serangan OPT dan defisiensi hara pada tanaman di lapangan menghambat upaya pengendalian. Oleh karena itu perlu dikembangkan informasi interaktif berbasis sistem pakar untuk menyelesaikan masalah gangguan OPT dan defisiensi hara pada tanaman.

Sistem pakar adalah sistem komputer berbasis pengetahuan (*knowledge-based*) secara terpadu, sehingga memiliki kemampuan memecahkan berbagai masalah dalam bidang tertentu secara cepat dan akurat (Marimin, 2005). Menurut (Turban dan Aronson, 2000), sistem pakar merupakan sistem yang menggunakan pengetahuan manusia yang dimasukkan ke dalam sistem

komputer untuk memecahkan masalah yang biasanya diselesaikan oleh ahli di bidangnya.

Ada beberapa penelitian sistem pakar yang terkait dengan masalah pertanian. Dzulfarizi dan Rachmaniah (2011) menggunakan sistem pakar dalam menentukan varietas unggul nilam. Dalam hal ini digunakan metode *fuzzy Mamdani*. Data yang dianalisis adalah ciri-ciri morfologi stek batang tiga varietas unggul nilam yang diteliti.

Penelitian Aziza dan Kustiyo (2011) menggunakan metode mesin inferensia *fuzzy* guna menentukan efektivitas kultivasi *Cendawan Mikoriza Arbuskula* (CMA). Faktor yang mempengaruhi kultivasi yang dihitung meliputi empat faktor, yaitu kecocokan tanaman inang, pH tanah, suhu rata-rata, dan kandungan air tanah. Penelitian Putri dan Kustiyo (2011) pada tanaman hias *anthurium* menggunakan sistem pakar untuk mengidentifikasi ciri-ciri morfologi daun, spathe, dan spadix.

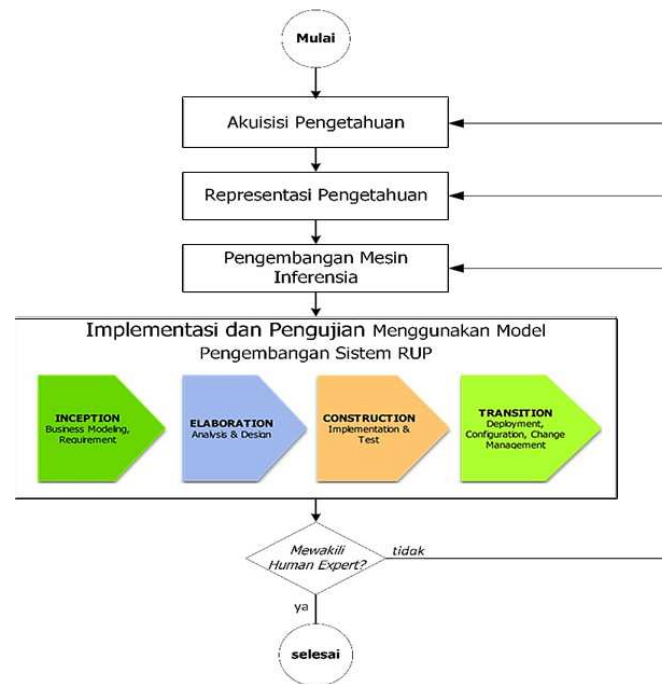
Sistem pakar juga telah digunakan oleh Vostrovsky dan Jablonska (2007) untuk membantu penumbuhan jamur tiram menggunakan kaidah produksi. Masih banyak lagi penelitian sistem pakar yang terkait dengan pemecahan masalah pertanian, terutama tanaman pangan. Namun belum banyak penelitian untuk mengidentifikasi OPT dan defisiensi hara tanaman hias, khususnya krisan.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pakar identifikasi OPT dan defisiensi hara pada tanaman krisan. Untuk memudahkan mengidentifikasi OPT dan defisiensi hara di lapangan, sistem pakar ini menggunakan *rule based reasoning* pada mesin inferensi, dengan penelusuran *backward chaining*. Artinya, penelusuran dilakukan berdasarkan dugaan serangan OPT dan defisiensi hara tertentu, seperti yang dilakukan penyuluh maupun petani tanaman hias. Pengembangan sistem pakar ini diharapkan dapat meminimalisasi kerugian akibat gangguan OPT dan defisiensi hara.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian mengacu pada tahapan pembentukan sistem pakar seperti yang dijelaskan Marimin (2005), mencakup akuisisi pengetahuan, representasi pengetahuan, mekanisme inferensi, dan interaksi manusia dengan mesin. Rancang bangun aplikasi sistem pakar menggunakan *System Development Life Cycle* (SDLC) berbasis objek. Model SDLC yang digunakan adalah *Rational Unified Process* (RUP) yang terdiri atas tahap *inception, elaboration, construction, dan transition* (Kroll dan Kruchten, 2003).

RUP menggunakan konsep *object oriented*, dengan aktivitas berbasis pengembangan model *Unified Model Language* (UML). UML merupakan himpunan dari



Gambar 1. Tahapan pengembangan sistem pakar OPT dan defisiensi hara

struktur, teknik, dan notasi pemodelan desain program berorientasi objek (OOP) dan aplikasi (Turban, 1995). Berdasarkan hal tersebut, metode penelitian yang digunakan adalah sintesis gabungan elemen atau komponen yang terpisah menjadi satu kesatuan yang koheren. Metodologi dan tahapan kegiatan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Akuisisi Pengetahuan

Tahapan ini adalah mengidentifikasi gejala OPT yang hampir mirip, antara gejala infeksi penyakit, serangan hama, dan defisiensi hara tanaman krisan. Kegiatan ini bertujuan untuk memudahkan petani mengidentifikasi gejala yang mirip antarvariabel tersebut.

Selanjutnya dilakukan pendokumentasian sumber pengetahuan yang diperoleh melalui *Focus Group Discussion* (FGD) dan wawancara dengan para pakar. Cara ini dilakukan untuk menggali lebih dalam informasi mengenai parameter yang terkait dengan pengidentifikasian gejala OPT, agar informasi yang diperoleh akurat. Sesuai dengan hasil akuisisi, selanjutnya direpresentasikan sebagai sumber dalam membuat *rule* pada sistem pakar.

Representasi Pengetahuan

Pada tahap representasi pengetahuan digunakan metode *certainty factor* untuk mengolah fakta yang diperoleh dari tahap akuisisi pengetahuan. Semua fakta dikumpulkan, kemudian diolah, dan direpresentasikan

ke dalam bahasa mesin agar mudah diproses oleh sistem komputer.

Pengembangan Mesin Inferensia

Data yang telah diperoleh berupa fakta, informasi, strategi penalaran dan penanganan dari tahap akuisisi pengetahuan diproses kembali. Fakta dan informasi selanjutnya dirumuskan dan direpresentasikan dengan teknik *backward chaining* yang telah dipilih pada tahap representasi pengetahuan yang nantinya akan menghasilkan strategi penalaran.

Implementasi dan Pengujian Pengembangan Aplikasi Sistem Pakar

Pada tahap implementasi dan pengujian diterjemahkan fakta yang diperoleh ke dalam komputer sesuai dengan perangkat pengembang yang digunakan. Rancang bangun sistem pakar menggunakan model SDLC berbasis objek, yaitu RUP dengan tahapan yang terdiri atas *inception*, *elaboration*, *construction*, dan *transition*. RUP digunakan oleh pengembang aplikasi agar model aplikasi yang akan dikembangkan dapat terus diperbarui dengan mengacu kepada dokumen setiap tahapan. Pengujian terhadap hasil identifikasi oleh sistem pakar difokuskan kepada keakuratan dalam mengidentifikasi OPT, kemudian hasil identifikasi menggunakan *backward chaining* pada mesin inferensia, dibandingkan dengan metode lain yaitu *Naive Bayes Classifier*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Akuisisi Pengetahuan

Pada tahapan ini telah dilakukan analisis terhadap data dan informasi tentang jenis OPT, gejala yang menyertai, dan tindakan preventif yang diperlukan. Selain itu juga dikumpulkan pengetahuan dan pengalaman dari pakar di Balai Penelitian Tanaman Hias.

Data yang telah terkumpul dari wawancara dengan para pakar mengenai parameter yang terkait dengan pengidentifikasian gejala OPT. Hasil akuisisi dikompilasi

dengan format yang ditentukan dan direpresentasikan sebagai sumber pembuatan *rule* pada sistem pakar. Data pada Tabel 1 adalah hasil akuisisi pengetahuan yang disajikan dalam bentuk entitas dan atribut.

Data telah dikompilasi pada entitas akuisisi pengetahuan dan sudah diproses merging dan standar format entitas. Data ini nantinya digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan dan menyusun mesin inferensia. Kompilasi data yang diperoleh dari pakar sebagai sumber utama dan dari Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Pertanian (BBP2TP) sebagai sumber referensi disajikan pada Tabel 2-7.

Tabel 1. Jenis dan gejala serangan hama dan penyakit, jenis dan difisiensi hara pada tanaman krisan

Entitas	Atribut
Gejala serangan hama	<ul style="list-style-type: none"> • Gejala • bagian (morfologi) yang terserang • nama_hama • faktor lain yang mempengaruhi terjadinya serangan • penanganan/pengendalian • gambar_gejala • keterangan (bahan aktif yang digunakan)
Gejala serangan penyakit	<ul style="list-style-type: none"> • Gejala • bagian (morfologi) yang terserang • nama_hama • faktor lain yang mempengaruhi terjadinya serangan • penanganan/pengendalian • gambar_gejala • keterangan (bahan aktif pestisida yang dapat digunakan)
Jenis penyakit	<ul style="list-style-type: none"> • nama_penyakit • nama_latin • nama_penyakit_umum • gambar_penyakit • Tindakan Preventif
Jenis hama	<ul style="list-style-type: none"> • nama_penyakit • nama_latin • nama_penyakit_umum • gambar_penyakit • Tindakan Preventif
Jenis unsur hara	<ul style="list-style-type: none"> • unsur_hara • golongan_hara
Gejala defisiensi unsur hara	<ul style="list-style-type: none"> • gejala • bagian (morfologi) yang menunjukkan gejala • unsur_hara dan penanganannya • gambar_gejala_defisiensi • keterangan
luas areal dan luas tambah serangan OPT	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis OPT, daerah endemik, luas areal

Tabel 2. Jenis hama tanaman krisan

No	Nama umum	Nama daerah	Nama latin
1	Black cutworm	Ulat tanah	<i>Agrotis ipsilon</i>
2	Leaf miner	Lalat pengorok daun	<i>Liriomyza sp.</i>
3	Ulat grayak	Ulat grayak	<i>Spodoptera sp.</i>
4	Whitefly	Kutukebul	<i>Bemisia tabaci</i>
5	Thrips	Trips	<i>Thrips parvispinus Karny</i>
6	Tungau Merah	Tungau Merah	<i>Tetranychus sp.</i>
7	Aphids	Kutu daun	<i>Aphids sp.</i>
8	Nematoda akar	Nematoda	<i>Meloidogyne sp.</i>

Tabel 3. Jenis penyakit tanaman krisan

No	Nama umum	Nama daerah	Nama latin
1	Lanas daun	Busuk daun	<i>Pseudomonas chicorii</i>
2	Japanese white rust	Karat Putih	<i>Puccinia horiana Henn</i>
3	Powdery mildew	Embun Tepung	<i>Oidium chrysanthemi Rab.</i>
4	Bercak daun	Bercak daun	<i>Septoria chrysanthemi Allesch, dan S. leucanthemi Sacc. et Speg.</i>
5	Busuk Pangkal Batang	Busuk Pangkal Batang	-
6	Layu Fusarium	Layu Fusarium	<i>Fusarium oxysporum Schlecht. ex. Fr. dan Verticillium albo-atrum Reinke et Bert.</i>
7	Kanker Batang	Kanker Batang	-
8	Busuk akar	Busuk akar	<i>Pythium spp.</i>
9	Krisanthemum Virus B (CVB)	Virus	<i>Viroid</i>
10	Cucumber Mozaic Virus (CMV)	Virus	<i>Viroid</i>
11	Chrysanthemum Stunt Viroid (CSVd)	Virus	<i>Viroid</i>

Tabel 4. Jenis hara tanaman krisan

No	Unsur hara	Aplikasi
1	Nitrogen (N)	Pupuk dasar
2	Fosfor (P)	Pupuk dasar
3	Kalium (K)	Pupuk dasar
4	Magnesium (Mg)	-
5	Kalsium (Ca)	-
6	Besi (Fe)	-
7	Tembaga (Cu)	-
8	Zn (Seng)	-

Tabel 5. Gejala serangan hama pada tanaman krisan

No	Gejala	Morfologi	Bagian tanaman
1	Tanaman terlihat putih	Keseluruhan	Keseluruhan
2	Tanaman rusak dan mati	Keseluruhan	Keseluruhan
3	Tanaman kerdil	Keseluruhan	Keseluruhan
4	Tanaman layu	Keseluruhan	Keseluruhan
5	Terbentuk bintil-bintil akar	Akar	Keseluruhan
6	Batang terkulai/layu	Batang	Bawah
7	Terdapat alur bekas korokan	Daun	Atas
8	Daun terlihat putih	Daun	Keseluruhan
9	Daun menguning	Daun	Keseluruhan
10	Daun kemerah-merahan	Daun	Keseluruhan
11	Daun layu sebelum waktunya	Daun	Keseluruhan
12	Terdapat bercak/bintik	Daun	Keseluruhan
13	Daun menjadi coklat	Daun	Keseluruhan
14	Daun mengeriting/keriput	Daun	Keseluruhan
15	Daun kering/mati	Daun	Keseluruhan
16	Daun rusak tidak beraturan	Daun	Keseluruhan
17	Terdapat lubang tidak beraturan	Daun	Atas
18	Bunga rusak tidak beraturan	Bunga	Atas

Tabel 6. Gejala infeksi penyakit pada tanaman krisan

No	Gejala	Morfologi	Bagian tanaman
1	Tanaman kerdil	Keseluruhan	Keseluruhan
2	Akar berwarna coklat	Akar	Keseluruhan
3	Akar mengkerut	Akar	Keseluruhan
4	Terdapat warna coklat melingkar	Batang	Keseluruhan
5	Pangkal batang busuk	Batang	Pangkal
6	Daun menguning	Daun	Keseluruhan
7	Daun kecokelatan	Daun	Keseluruhan
8	Daun layu	Daun	Keseluruhan
9	Terdapat bercak/bintik	Daun	Atas
10	Daun kering/mati	Daun	Keseluruhan
11	Bercak coklat kehitaman berair	Daun	Atas
12	Terdapat bintil putih	Daun	Atas
13	Terdapat lapisan putih bertepung	Daun	Atas
14	Daun berguguran	Daun	Keseluruhan
15	Daun mengecil dan membulat	Daun	Keseluruhan
16	Warna daun memudar	Daun	Keseluruhan
17	Perkembangan bunga terhambat	Bunga	Keseluruhan
18	Berbunga sebelum waktunya	Bunga	Keseluruhan
19	Warna bunga memudar	Bunga	Keseluruhan

Tabel 7. Gejala defisiensi unsur hara pada tanaman krisan

No	Gejala	Morfologi
1	Pertumbuhan tanaman terhambat (kerdil)	Keseluruhan
2	Perakaran lemah	Akar
3	Batang kecil dan lemah	Batang
4	Daun muda tumbuh kecil/tumbuh terhambat	Daun
5	Daun muda halus, tipis, dan lemas	Daun
6	Nekrosis pada daun tua	Daun
7	Nekrosis pada daun muda	Daun
8	Daun layu	Daun
9	Daun kering dan mati	Daun
10	Daun mengerut	Daun
11	Permukaan daun mengkilap	Daun
12	Terdapat bercak daun	Daun
13	Ujung daun rusak menjadi bergerigi	Daun
14	Perkembangan kuncup terhambat	Daun
15	Daun menguning dimulai dari daun tua ke daun muda	Daun
16	Daun menguning pada tulang daun tua	Daun
17	Daun menguning pada ujung/tepi daun	Daun
18	Warna daun memudar	Daun
19	Warna daun menjadi merah kecoklatan	Daun
20	Warna daun berubah menjadi gelap	Daun
21	Tangkai daun kecil dan lemah	Daun

Agar data hasil akuisisi pengetahuan dan rencana penyusunan tahapan representasi pengetahuan sesuai dengan representasi para pakar, telah diselenggarakan FGD untuk tujuan tersebut. Dalam hal ini telah diundang beberapa peneliti yang berkecimpung di bidang ekofisiologi, pemuliaan, dan proteksi tanaman yang terkait dengan substansi pengetahuan yang akan dikembangkan.

Beberapa hal penting yang diperoleh dari hasil FGD antara lain formulasi utama pengembangan sistem pakar, yaitu *knowledge base* dan *inference engine*. Tahapan yang paling sulit dari pengembangan sistem pakar adalah akuisisi pengetahuan karena merupakan perumusan pengetahuan yang dapat diorganisasikan ke dalam komputer. Rangkuman hasil FGD adalah sebagai berikut:

1. Komunikasi merupakan salah satu masalah dalam transfer pengalaman/pengetahuan ke dalam program teknologi informasi. Beberapa indikator pengetahuan perlu ditambah, misalnya indikator pelepasan atau pendaftaran varietas unggul baru lengkap dengan data deskripsi varietas. Kemudian indikator kualitatif diubah ke dalam data kuantitatif menggunakan skala *likert*.
2. Untuk karakter warna tanaman (daun, buah, dan bunga) menggunakan pendekatan *colour chat*. Gejala hama dan penyakit tanaman ditampilkan dalam bentuk gambar.
3. Penggunaan pestisida untuk pengendalian OPT mengacu kepada komisi pestisida, yang telah menetapkan jenis bahan aktif yang akan digunakan petani mengendalikan hama dan penyakit tanaman, sehingga tidak terjadi keberpihakan dalam penggunaan jenis pestisida tertentu. Petani tinggal memilih jenis bahan aktif pestisida yang ditawarkan.

Selain itu dipertimbangkan jenis hama dan penyakit yang menyerang tanaman krisan berdasarkan ketinggian tempat, karena ada perbedaan antara di dataran rendah dan dataran tinggi.

4. Gejala serangan hama dan penyakit antara lain tanaman tidak vigor dan perakaran lemah, agak sulit diidentifikasi karena datanya masih bersifat kualitatif, sebaiknya dikuantifikasi dan perlu justifikasi yang lebih akurat.
5. Ke depan perlu dikembangkan sistem pakar untuk komoditas buah, terutama jeruk dengan ragam data OPT dan hara sudah banyak dan lengkap. Perlu pula disajikan data perbedaan gejala OPT dan defisiensi hara.
6. Pengendalian OPT selain menggunakan pestisida kimia dan pestisida nabati, sebaiknya dicantumkan pengendalian menggunakan musuh alami dengan mencantumkan gambar-gambar yang dapat membedakan antara hama dengan musuh alami.

Representasi Pengetahuan

Setelah proses akuisisi pengetahuan selesai, hasilnya direpresentasikan sebagai basis pengetahuan dan aturan yang selanjutnya dikumpulkan, dikode, diorganisasi, dan digambar dalam bentuk rancangan lain yang sistematis. Pada tahapan ini telah dilakukan representasi pengetahuan ke dalam bentuk atribut, aturan, logika, dan kode. Semua bentuk representasi data tersebut bertujuan untuk menyederhanakan data sehingga mudah dimengerti dan mengefektifkan proses pengembangan mesin inferensia.

Dalam representasi pengetahuan dibuat tabel keputusan yang menggambarkan atribut dari setiap entitas yang telah dikodifikasi (Tabel 8 dan 9). Tabel ini menjadi dasar aturan yang akan dikembangkan pada mesin inferensia. Telah dibuat basis pengetahuan berupa hubungan atau keterkaitan yang ada antara OPT dengan gejalanya.

Tabel 8. Basis pengetahuan hama tanaman krisan

Kode gejala (G)	Kode OPT - hama (H)							
	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
G0040	0	1	0	0	0	0	0	0
G0041	0	0	0	0	1	0	0	0
G0042	0	0	0	0	1	0	0	0
G0043	0	0	0	0	0	0	0	0
G0044	0	0	0	0	0	0	0	0
G0045	1	0	0	0	0	0	0	0
G0046	0	1	0	0	0	0	0	0
G0047	0	1	0	0	1	0	0	0
G0048	0	1	0	0	0	1	0	1
G0049	0	0	0	0	0	1	0	0
G0050	0	1	0	0	0	1	0	0
G0051	0	0	0	0	1	1	0	0
G0052	0	0	0	0	1	0	0	0
G0053	0	0	0	0	1	0	0	0
G0054	0	0	0	0	1	0	0	0
G0055	0	0	1	0	0	0	0	0
G0056	0	0	1	0	0	0	0	0
G0057	0	0	1	0	0	1	0	0

Tabel 9. Basis pengetahuan penyakit tanaman krisan

Kode gejala (G)	Kode OPT - penyakit (P)								
	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
G0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0023	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0024	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0026	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0027	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0028	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0029	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0030	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0031	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0032	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0033	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0034	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0035	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0036	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0037	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0038	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0039	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G0058	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G0059	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G0060	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G0061	0	0	0	0	0	1	0	0	0
G0062	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G0063	0	0	0	0	0	1	0	1	0
G0064	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0065	0	0	0	0	0	1	0	1	0
G0066	1	0	0	1	0	0	0	0	0
G0067	1	0	1	0	0	1	0	0	0
G0068	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G0069	0	1	0	0	0	0	0	0	0
G0070	0	0	1	0	0	0	0	0	0
G0071	0	0	0	0	1	0	0	0	0
G0072	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G0073	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G0074	0	1	0	0	0	0	0	0	1
G0075	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G0076	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Pengembangan Mesin Inferensi

Untuk menghasilkan sistem pakar diperlukan pembuatan basis pengetahuan dan aturan yang lengkap dan baik agar proses inferensi berjalan dengan baik. Basis pengetahuan berupa hubungan gejala OPT. Basis pengetahuan dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9, kemudian

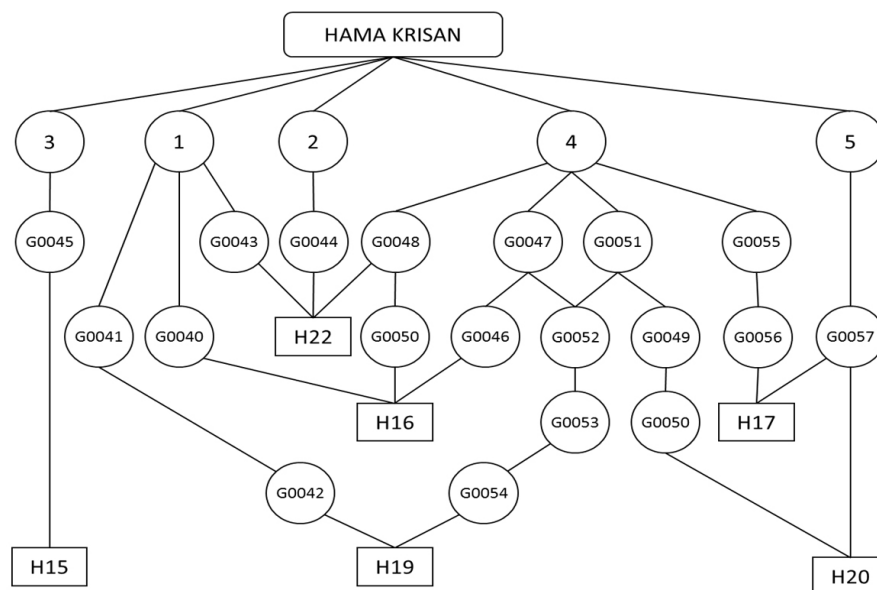
disusun aturan (*rule*) sebagaimana disajikan pada Tabel 10.

Dari Tabel 10 dapat dibentuk *decision tree* atau pohon keputusan, yang terdiri atas gejala, OPT, dan busur yang menunjukkan hubungan antarobjek. Pohon keputusan dibuat untuk mengidentifikasi OPT. Proses identifikasi dimulai melalui penelusuran gejala yang terlihat pada

Tabel 10. Aturan (rule) identifikasi gejala OPT tanaman krisan

Aturan (rule)	Kaidah produksi (AND)	
	IF	THEN
R15	G0045	H15
R16	G0040; G0046; G0047; G0048; G0050	H16
R17	G0055; G0056; G0057	H17
R18	G0041; G0042; G0047; G0051; G0052; G0053; G0054	H19
R19	G0048; G0049; G0050; G0051; G0057	H20
R20	G0043; G0044; G0048	H22
R31	G0023; G0030; G0031	P11
R32	G0069; G0074	P12
R33	G0067; G0070	P13
R34	G0066	P14
R35	G0071	P15
R36	G0061; G0063; G0065; G0067	P16
R38	G0059; G0060; G0061; G0062; G0065	P18
R39	G0058; G0072; G0073; G0074; G0075; G0076	P19

Keterangan: AND = (dan), IF = (jika), THEN = (maka), cara membacanya: Rule R33 →Jika (IF) G0067 dan (AND) G0070 maka (THEN) P13



Gambar 2. Pohon keputusan serangan hama pada tanaman krisan
Keterangan: 1 = keseluruhan tanaman; 2 = akar; 3 = batang; 4 = daun; 5 = bunga

bagian atau morfologi tanaman krisan. Morfologi tersebut merupakan *root* (bulatan paling atas) dari pohon keputusan, dilambangkan dengan angka 1 (keseluruhan tanaman); angka 2 (akar); angka 3 (batang); angka 4 (daun); angka 5 (bunga); dan angka 6 (buah).

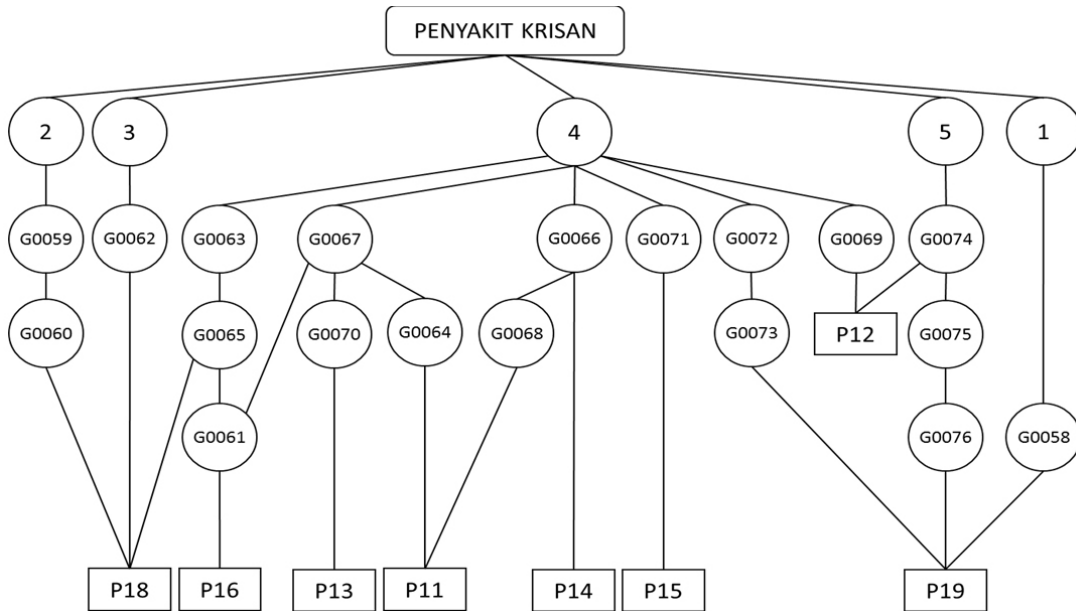
Gejala serangan hama tertentu pada tanaman krisan diidentifikasi secara visual. Jika (IF) terdapat gejala hama *black cutworm* (H15) pada bagian batang (3), maka (THEN) tanaman krisan terserang hama *black cutworm*.

Hal yang sama juga dapat diduga gejala serangan hama trips. Jika (IF) keseluruhan tanaman (1) terlihat rusak atau mati (G0041) dan (AND) pertumbuhan kerdil (G0042), maka (THEN) tanaman terserang hama *trips* (Gambar 2).

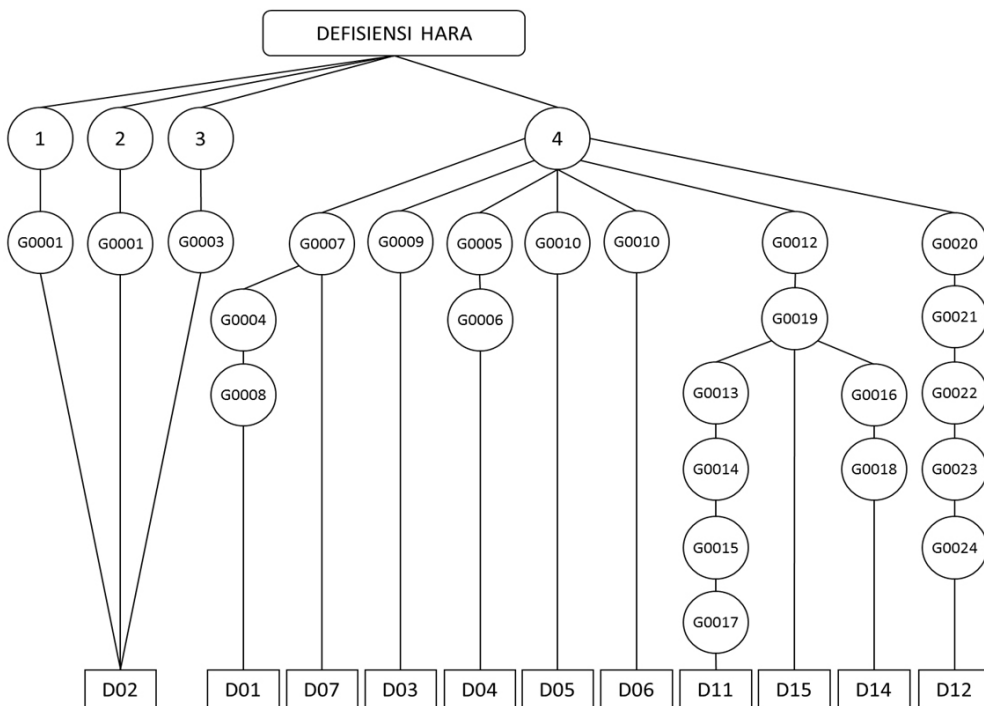
Demikian juga halnya dalam menelusuri pohon keputusan pada Gambar 3 dan 4, dimulai dari dugaan gejala penyakit atau defisiensi hara tertentu. Selanjutnya melihat gejala yang nampak pada bagian tanaman, kemudian mesin inferensia akan memberikan keputusan

apakah dugaan tersebut benar atau tidak. Dari pohon keputusan dapat dibuat simulasi penalaran sistem pakar dengan teknik *Backward Chaining* dengan penelusuran *depth-first search*. *Backward chaining* adalah suatu rantai yang dilintasi oleh hipotesis kembali ke fakta yang mendukung (Arhami, 2005). Artinya, penalaran yang dimulai dari level tertinggi membangun suatu hipotesis, turun ke fakta level paling bawah yang dapat mendukung

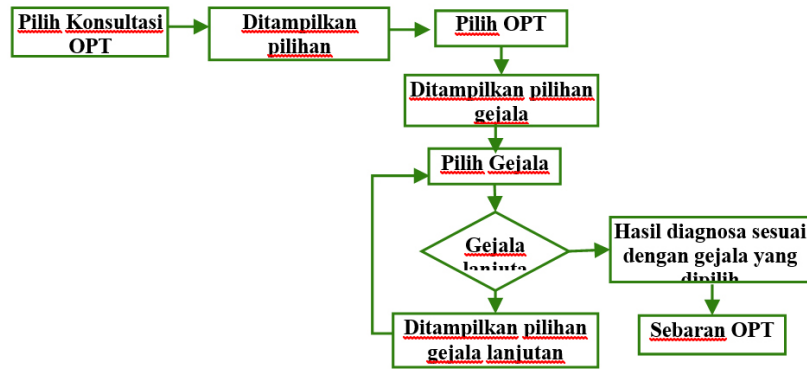
hipotesis yang dinamakan penalaran dari atas ke bawah. *Backward chaining* juga disebut sebagai *object-driven* atau *goal-driven*, yaitu memulai penalaran dari kesimpulan (*goal*), kemudian menuju fakta-fakta yang mendukung hipotesis. Pada Gambar 5 disajikan alur penalaran inferensia dengan teknik *backward chaining* pada sistem pakar identifikasi OPT dan defisiensi hara tanaman krisan.



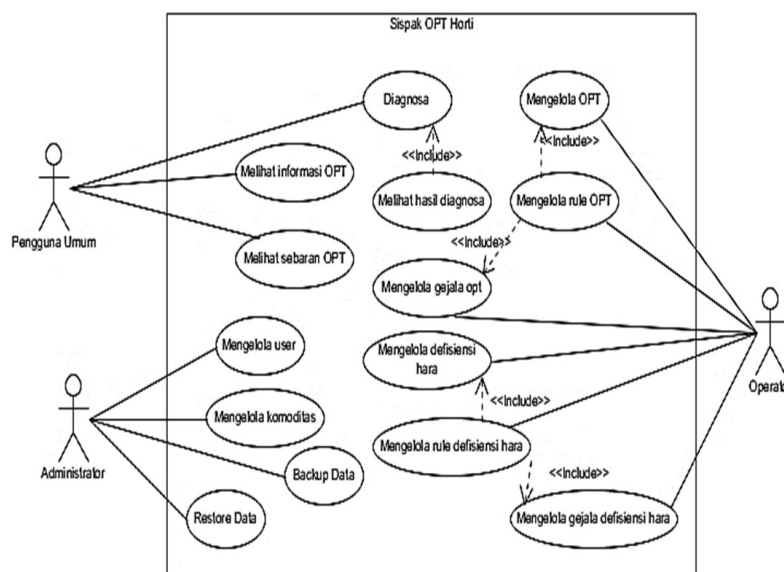
Gambar 3. Pohon keputusan gejala penyakit pada tanaman krisan
 Keterangan: 1 = keseluruhan tanaman; 2 = akar; 3 = batang; 4 = daun; 5 = bunga



Gambar 4. Pohon keputusan defisiensi hara pada tanaman krisan



Gambar 5. Alur penalaran *backward chaining*



Gambar 6. *Use case diagram*

Data gejala dikelompokkan berdasarkan kesamaan jenis gejala, kemudian beberapa gejala dipecah menjadi beberapa turunan (misalnya gejala ‘bercak daun’ memiliki turunan ‘bercak basah’, ‘bercak kekeringan’, dsb) sehingga diperoleh 76 gejala yang telah terindeks. Data yang diperoleh dikelompokkan berdasarkan: (a) jenis OPT, yaitu hama dan penyakit tertentu; (b) bagian atau morfologi tanaman yang terserang (keseluruhan tanaman, akar, batang, daun, bunga, dan buah); dan (c) keseluruhan bagian tanaman, yaitu atas, tengah, dan bawah.

Implementasi dan Pengujian Pengembangan Aplikasi Sistem Pakar

(1) Tahap inepsi

Tahap ini merupakan fase awal pengembangan sistem dan dilakukan analisis kebutuhan pengguna (aktor), dinotasikan dalam diagram *use case*. Pemahaman akan kebutuhan pengguna diperlukan dalam membangun sistem. Selain itu juga diperlukan untuk mengetahui

kedalaman dan luas arsitektur sistem yang akan dibangun dan proses pengembangan ke depan. Pada pengkajian ini, tahapan inepsi lebih diutamakan kepada penentuan pengguna sebagai aktor dan diagram *use case*.

Aktor. Pengguna sistem dalam *use case* disebut aktor yang menjelaskan seseorang atau suatu perangkat atau sistem lain yang berinteraksi dengan sistem. Aktor hanya berinteraksi dengan *use case*, tetapi tidak memiliki kontrol atas *use case*. Pada tahapan ini telah ditentukan aktor-aktor yang akses ke sistem pakar, yaitu (a) pengguna umum, melakukan konsultasi OPT dan defisiensi hara; (b) operator login yang mengelola data OPT dan hara; dan (c) administrator login yang mengelola *user*, data komoditas, dan melakukan *backup* data. Interaksi aktor-aktor tersebut dengan *use case* digambarkan dalam sebuah diagram *use case*.

Diagram use case. Diagram menggambarkan model fungsional sebuah sistem yang menggunakan aktor dan layanan (*services*), serta fungsi-fungsi yang disediakan sistem. Diagram *use case* yang dibuat (Gambar 6)

menggambarkan fungsionalitas hak akses dan prosedur yang disediakan sistem. Penjabaran dari masing-masing

use case setiap aktor dijelaskan pada Tabel 11 dalam bentuk *use case scenario*.

Tabel 11. *Use case scenario* sistem pakar opt dan defisiensi unsur hara tanaman krisan

1. Nama use case	Konsultasi berdasarkan OPT
Deskripsi	Proses ini mendiagnosis jenis OPT yang diduga, selanjutnya memilih gejala yang ada, dan menampilkan hasil diagnosis sesuai dengan gejala yang dipilih
Aktor	Pengguna umum
Trigger	Pengguna memilih menu konsultasi berdasarkan OPT
Precondition	Halaman konsultasi berdasarkan OPT
Action	Memilih OPT, bagian tanaman, gejala, dan submit
Postcondition	Ditampilkan hasil diagnosis sesuai dengan gejala OPT yang dipilih
2. Nama use case	Konsultasi defisiensi hara
Deskripsi	Proses ini mendiagnosa jenis OPT dengan memilih gejala yang terlihat dan menampilkan diagnosa sesuai komoditas, morfologi dan gejala yang dipilih
Aktor	Pengguna umum
Trigger	Pengguna memilih menu konsultasi berdasarkan defisiensi hara
Precondition	Halaman konsultasi defisiensi unsur hara
Action	Memilih Komoditas; Memilih Bagian Tanaman; dan Memilih Gejala
Postcondition	Ditampilkan hasil diagnosa berdasarkan gejala yang dipilih berikut informasi hara dan penanggulangannya
3. Nama use case	Melihat informasi OPT
Deskripsi	Proses ini menyajikan informasi detail OPT yang dapat dipilih berdasarkan komoditas dan jenisnya
Aktor	Pengguna umum
Trigger	Pengguna memilih menu Informasi OPT
Precondition	Daftar OPT
Action	Memilih komoditas dan jenis OPT
Postcondition	Ditampilkan informasi detail OPT yang dipilih pengguna
4. Nama use case	Login
Deskripsi	Proses ini dilakukan untuk masuk ke pengaturan sistem sesuai hak akses yang dimilikinya
Aktor	Administrator dan operator
Trigger	Mengelola data
Precondition	Form isian username dan password
Action	Isi <i>username</i> dan <i>password</i> ; dan Klik Login
Postcondition	Masuk ke ke sistem dengan ditampilkan halaman depan bagi operator
5. Nama use case	Menambah jenis OPT
Deskripsi	Proses ini dilakukan untuk menambahkan jenis OPT untuk diagnosa
Aktor	Operator
Trigger	Telah teridentifikasi adanya OPT baru
Precondition	OPT baru belum terdaftar
Action	Pilih menu OPT, menu tambah, menu isi data OPT, dan simpan
Postcondition	OPT baru tersimpan dalam <i>database</i>

Tabel 11. *Use case scenario* sistem pakar opt dan defisiensi unsur hara tanaman krisan

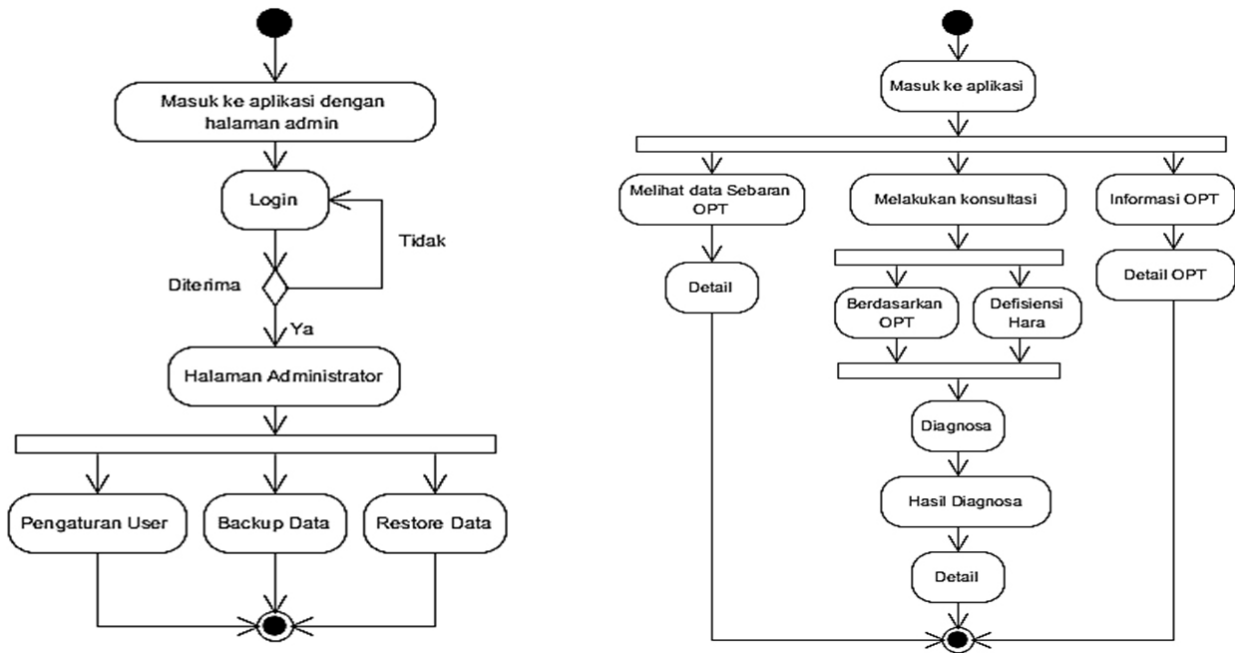
(lanjutan)

6. Nama use case	Menambah gejala OPT
Deskripsi	Menambahkan gejala OPT untuk kebutuhan diagnosa
Aktor	Operator
Trigger	Telah teridentifikasi adanya gejala baru
Precondition	Gejala belum tersedia di database
Action	Pilih Gejala OPT; Pihl tambah; Isi data gejala; dan Simpan
Postcondition	Gejala baru tersimpan dalam <i>database</i>
7. Nama use case	Merelasikan OPT dengan gejala
Deskripsi	Merelasikan OPT dengan gejala yang dimilikinya
Aktor	Operator
Trigger	Telah tersimpan OPT dan gejala baru atau ada perubahan data
Precondition	OPT belum memiliki gejala
Action	Pilih OPT; Pilih relasikan dengan gejala
Postcondition	OPT sudah memiliki gejala untuk kebutuhan diagnosa
8. Nama Use Case	Menambah Unsur Hara
Deskripsi	Proses ini untuk menambahkan data jenis unsur hara
Aktor	Operator
Precondition	Jenis hara belum ada di database
Action	Pilih Unsur Hara; Pilih tambah; Isi form tambah unsur hara; dan Simpan
Postcondition	Jenis unsur hara baru tersimpan di database
9. Nama use case	Mengelola gejala defisiensi hara
Deskripsi	Proses ini untuk menambahkan data gejala unsur hara
Aktor	Operator
Precondition	Gejala hara belum ada di database
Action	Pilih Gejala Defisiensi Unsur Hara; Pilih tambah; Isi form tambah gejala
Postcondition	Gejala unsur hara baru tersimpan di <i>database</i>
10. Nama use case	Merefleksikan hara dengan gejala
Deskripsi	Merelasikan OPT dengan gejala yang dimilikinya
Aktor	Operator
Trigger	Telah tersimpan OPT dan gejala baru atau ada perubahan data
Precondition	OPT belum memiliki gejala
Action	Pilih jenis unsur hara; Pilih relasikan dengan gejala; Pilih gejala; Simpan
Postcondition	OPT sudah memiliki gejala untuk kebutuhan diagnosa
11. Nama use case	Menambah user
Deskripsi	Proses ini untuk menambahkan user baru sebagai operator
Aktor	Administrator
Trigger	Permintaan pengguna untuk menjadi operator
Precondition	User belum terdapat di database
Action	Pilih Pengaturan User; Pilih tambah; Isi form tambah user; Simpan
Postcondition	User tersimpan di database
12. Nama use case	Mengelola data pupuk
Deskripsi	Proses ini pengelolaan data perhitungan pupuk
Aktor	Administrator
Precondition	Halamaan pengaturan pupuk
Action	Pilih komoditas; Isi form kebutuhan pupuk; Simpan
Postcondition	Data kebutuhan pupuk telah diperbarui
13. Nama use case	Backup data
Deskripsi	Proses ini dilakukan untuk menyimpan semua data yang terdapat di database
Aktor	Administrator
Precondition	Halamaan backup data
Action	Pilih backup data; Pilih lokasi penyimpanan; Simpan file backup
Postcondition	File backup tersimpan

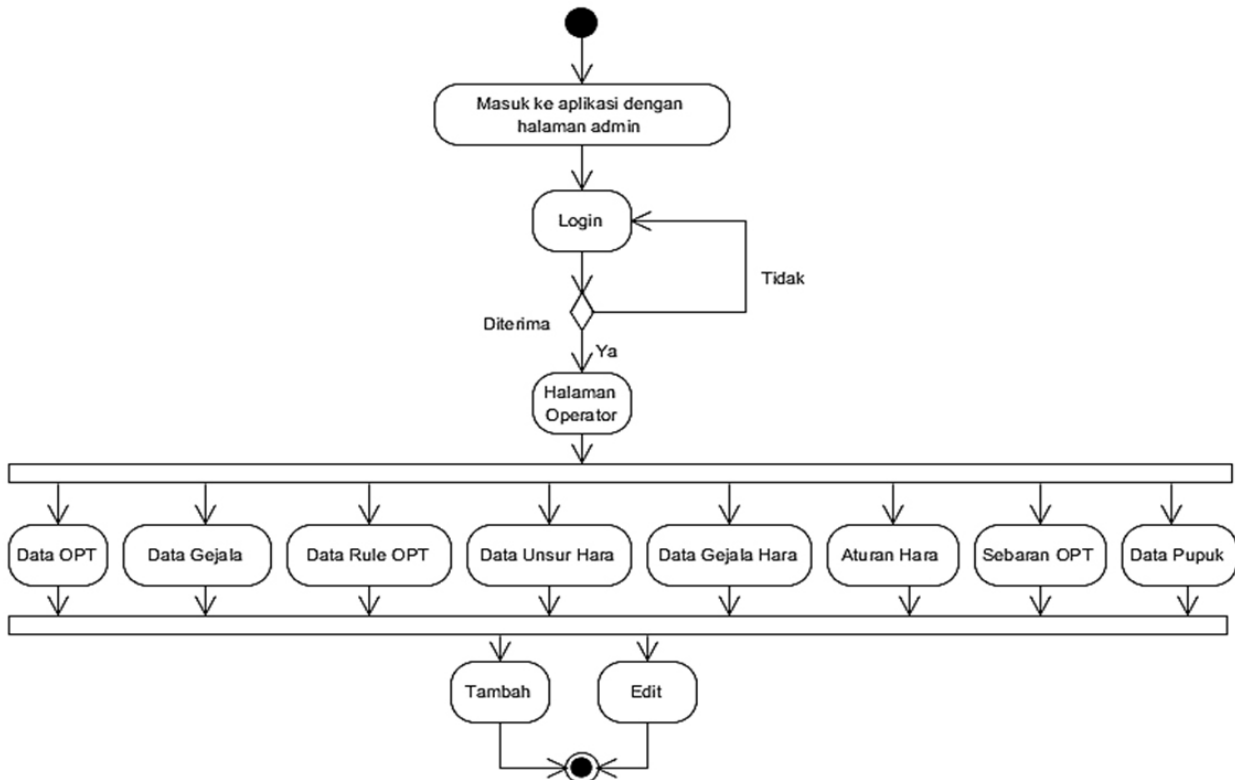
(2) Tahap elaborasi

Diagram activity, menggambarkan aliran aktivitas

dalam aplikasi yang dibangun, keputusan yang mungkin terjadi, dan bagaimana akhirnya (Gambar 7 dan 8).



Gambar 7. Activity diagram pengguna umum dan administrator

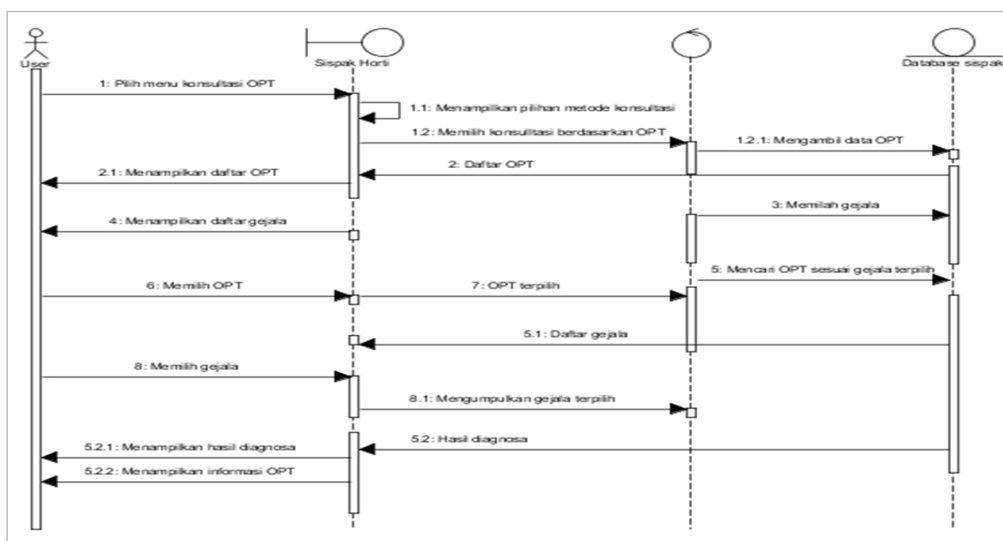


Gambar 8. Activity diagram pengguna sebagai operator

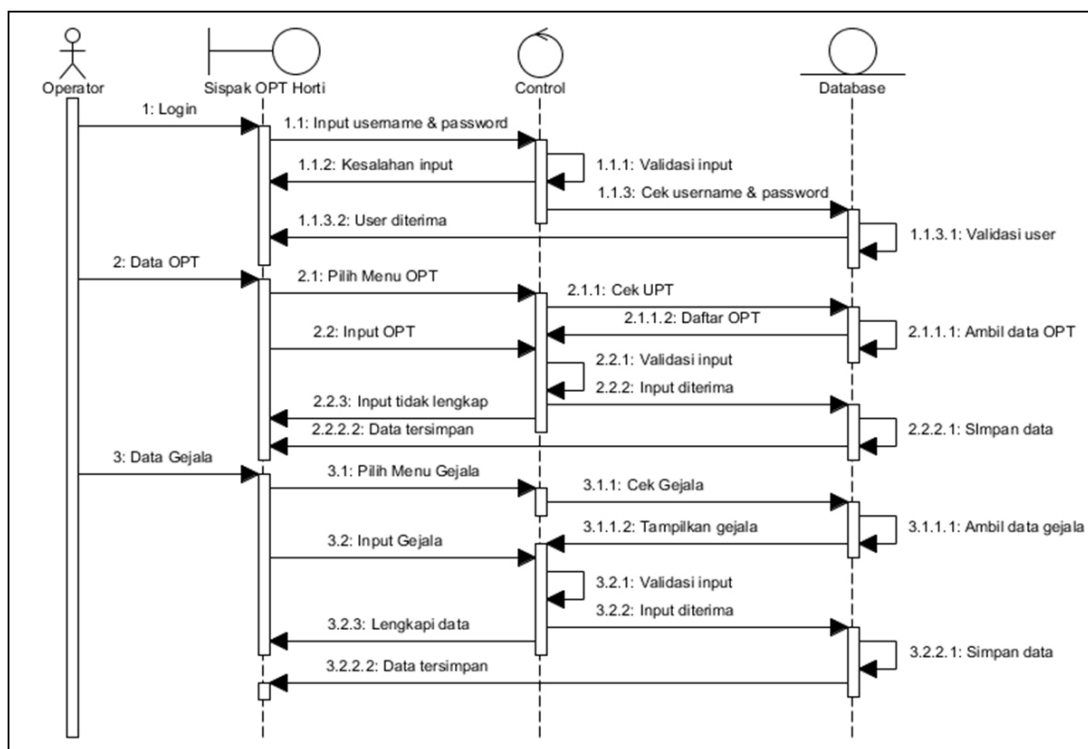
Diagram sequence telah dibuat (Gambar 9 dan 10) dan digunakan untuk menggambarkan urutan-urutan proses pada sistem pakar OPT krisan berikut ini.

- Konsultasi berdasarkan gejala. konsultasi ini menggunakan metode penalaran *backward chaining*, di mana pengguna menentukan terlebih dahulu perkiraan OPT yang menyerang tanaman.
- Prosesnya juga mengidentifikasi gejala-gejala yang terlihat pada tanaman. Sistem akan memproses perkiraan pengguna tersebut, apakah cocok dengan gejala-gejala yang ada pada *ruled based*.

- Jika cocok maka akan dimunculkan nama OPT yang sesuai dengan pilihan pengguna. Jika tidak cocok maka sistem akan menampilkan hasil diagnosis OPT lain yang sesuai dengan gejala yang dipilih pengguna.
- Aktor yang diperlukan untuk mengelola data OPT adalah operator yang diberi hak akses dengan terlebih dahulu melakukan *login* ke dalam *backend* sistem pakar OPT krisan. Data yang dikelola meliputi data jenis OPT, gejala OPT, dan hara, menghubungkan antara gejala dengan OPT di dalam *rule based*.



Gambar 9. Diagram sequence konsultasi berdasarkan OPT

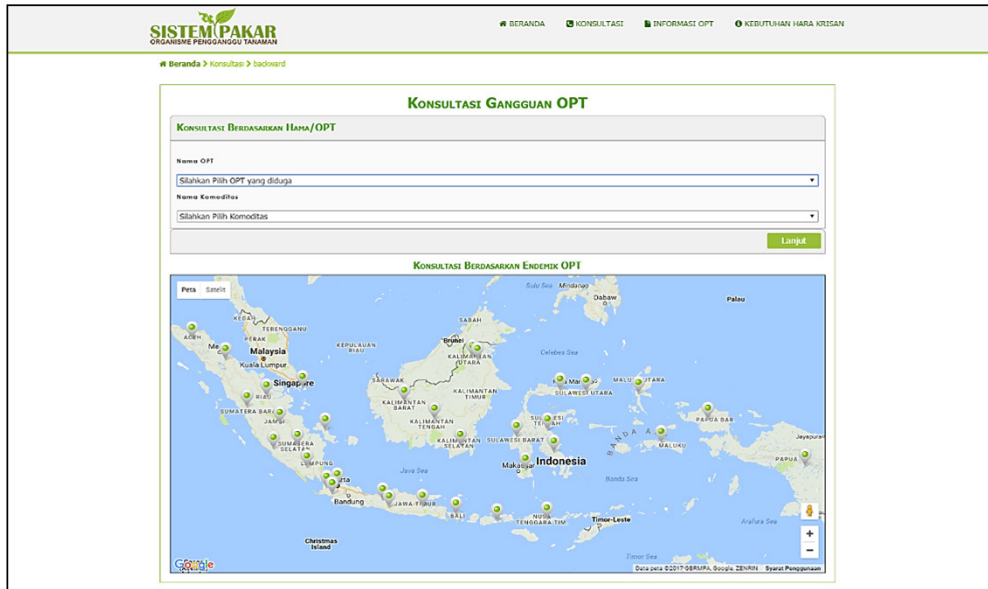


Gambar 10. Diagram sequence pengelolaan OPT

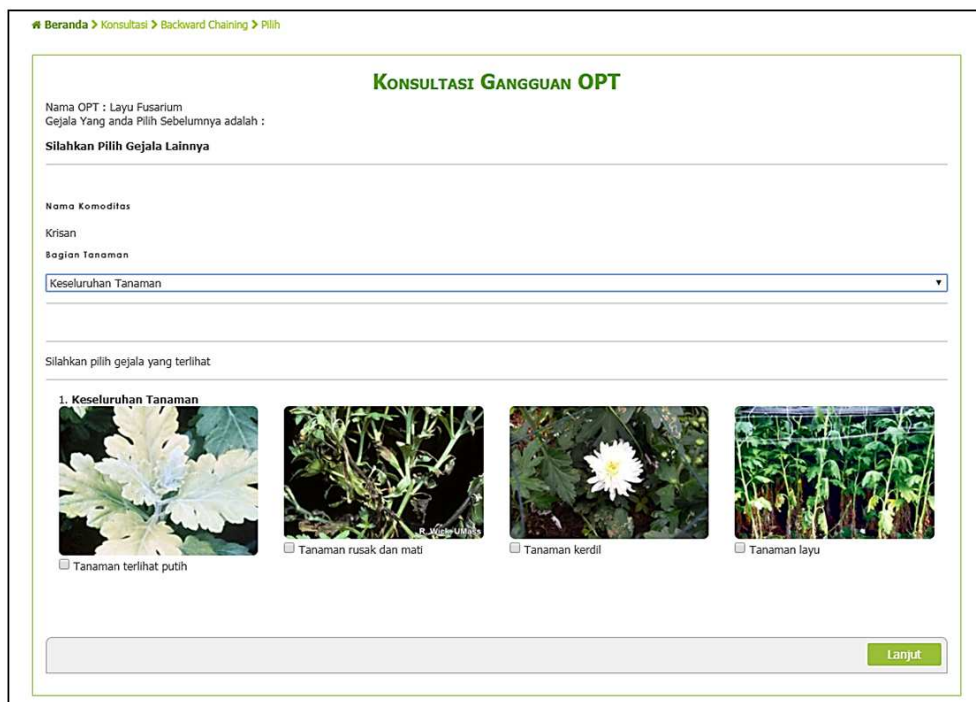
(3) Tahap konstruksi

Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah XAMPP versi 8.3 yang di dalamnya terdiri atas bahasa pemrograman PHP 5.3 dan *database* MySQL 5.4. Untuk tampilan antarmuka menggunakan framework Bootstrap versi 3.1.0 dan JQuery versi 2.1.

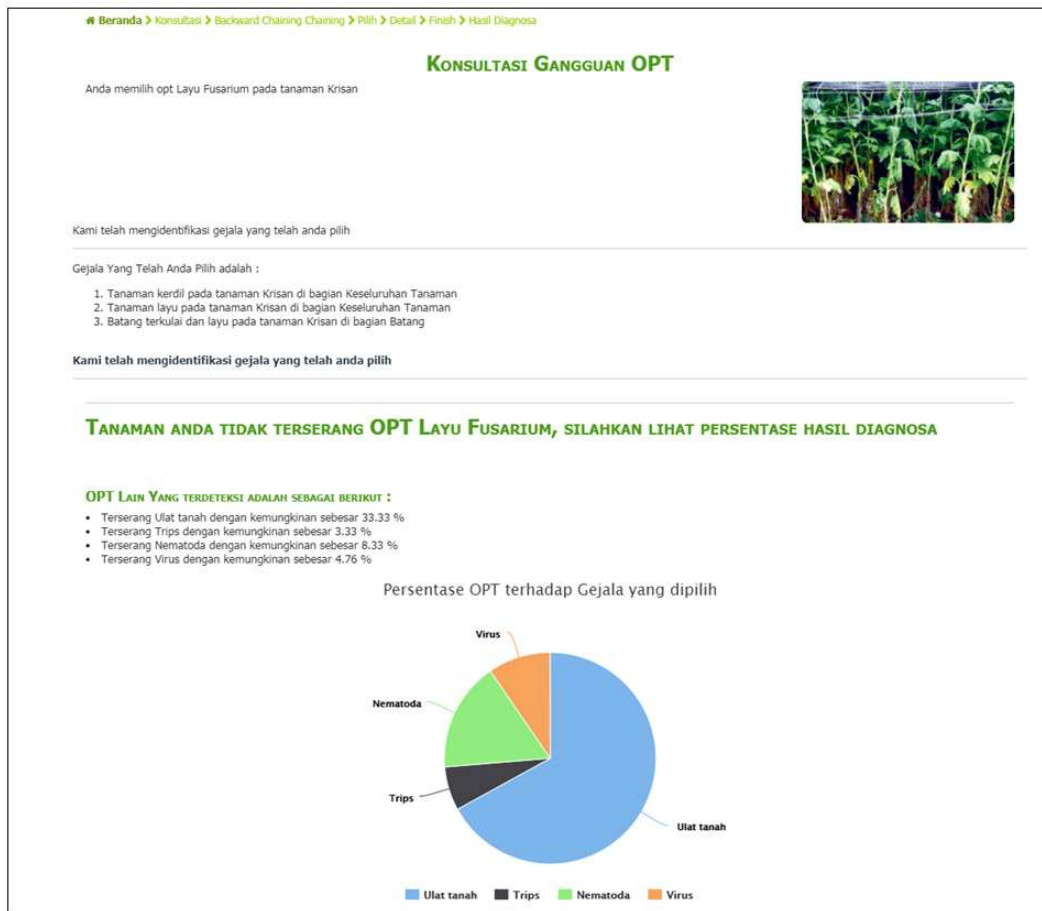
Pada Gambar 11 dapat dilihat hasil keseluruhan implementasi *coding* dan Gambar 12 menyajikan gejala OPT berdasarkan morfologi tanaman krisan yang dipilih. Konsultasi hara dimulai dengan memilih OPT dan komoditas, kemudian dilanjutkan dengan memilih gejala yang mungkin terjadi (Gambar 13, 14, dan 15).



Gambar 11. Antarmuka sistem pakar OPT dan defisiensi hara tanaman krisan



Gambar 12. Gejala ditampilkan sesuai morfologi yang dipilih



Gambar 13. Hasil diagnosis sistem pakar OPT tanaman krisan

SISTEM PAKAR
ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN

BERANDA KONSULTASI INFORMASI OPT KEBUTUHAN PUPUK

Ulang/Refresh Konsultasi

Konsultasi Defisiensi Unsur Hara

Konsultasi Berdasarkan Gejala Unsur Hara

Gejala Yang anda Pilih Sebelumnya adalah :

1. Daun Menguning pada tanaman Krisan di bagian Daun

Silahkan Pilih Gejala Lainnya

Nama Komoditas

Krisan

Bagian Tanaman

Silahkan Pilih Morfologi Tanaman

Silahkan Pilih Morfologi Tanaman

Keseluruhan Tanaman

Akar

Batang

Daun

Gambar 14. Antarmuka konsultasi defisiensi unsur hara



Gambar 15. Antarmuka detail OPT

(4) Tahap transisi

Fase ini meliputi “beta testing” untuk memvalidasi sistem dengan perkiraan *user*. *Milestone* yang dicapai pada akhir tahapan ini adalah *product release* yang telah melalui validasi dan evaluasi sistem oleh pengembang maupun calon pengguna. Validasi dilakukan dengan menguji keakuratan sistem pakar guna mengetahui performanya dalam memberikan rekomendasi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil diagnosis secara manual menggunakan metode lain, yaitu *Naive Bayes Classifier*. Selanjutnya hasil pengujian dibandingkan dengan hasil diagnosis sistem pakar menggunakan *rule-based reasoning* dengan teknik *backward chaining*.

Pengujian sistem pakar *backward chaining* menggunakan perhitungan pembobotan dan probabilitas gejala yang muncul dengan persamaan berikut:

$$(H|P) = \frac{\sum_i (g|n)}{n} * \frac{\sum_i (g|n)}{\sum_i (P|g)} \quad (1)$$

- n = jumlah gejala yang dipilih pengguna
- H|P = penyakit yang teridentifikasi
- g|n = gejala yang dipilih pengguna dari hama dan penyakit tertentu
- P|g = jumlah gejala dari hama dan penyakit tertentu

Pengujian data secara manual menggunakan MS Excel dengan metode *Naive Bayes Classifier* (NBC). Metode ini dipilih karena merupakan pengklasifikasian probabilitas sederhana berdasarkan teorema *Bayes*. Teorema *Bayes* dikombinasikan dengan “*Naive*” yang berarti setiap variabel bersifat bebas (*independent*). NBC merupakan model penyederhanaan teorema *Bayes* (Han

et al., 2011). Algoritma *Naive Bayes* berasumsi bahwa efek suatu nilai variabel di sebuah kelas yang ditentukan tidak terkait dengan nilai-nilai variabel lain (Hand *et al.*, 2001). Perhitungan *Naive Bayes Classifier* menggunakan persamaan:

$$P(a_i|V_j) = \frac{n_c + mp}{n + m} \quad (1)$$

- N_c = jumlah record pada data learning $v = v_j$ dan $a = a_i$
- p = 1/jumlah jenis class atau OPT
- m = jumlah parameter atau gejala
- n = jumlah record pada data learning $v = v_j$ atau tiap class

Dari persamaan (1) dapat diselesaikan melalui perhitungan Zhang (2005) sebagai berikut:

- 1) Menentukan nilai n_c untuk setiap class
 - 2) Menghitung nilai $P(a_i|v_j)$ dan nilai $P(v_j)$
- $$V_{MAP} = \operatorname{argmax}_{v \in V} P(v_j) \prod_i P(a_i|V_j) \quad (3)$$

di mana:

$$P(a_i|V_j) = \frac{n_c + mp}{n + m}$$

- 3) Menghitung $P(a_i|v_j) * P(v_j)$ untuk tiap V
- 4) Menentukan hasil klasifikasi, yaitu V yang memiliki hasil perkalian terbesar.

Hasil pengujian lainnya adalah identifikasi defisiensi unsur hara, dengan membandingkan hasil pengujian sistem pakar menggunakan *rule based reasoning* dan hasil diagnosis dari pakar ekofisiologi dan pemuliaan tanaman hias krisan. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan. Sebagai sampel adalah OPT penyakit Layu Fusarium yang sering menginfeksi tanaman cabai

dan krisan. Sampel defisiensi hara adalah nitrogen (N).

Pengujian Sistem Pakar Menggunakan Rule Based Reasoning

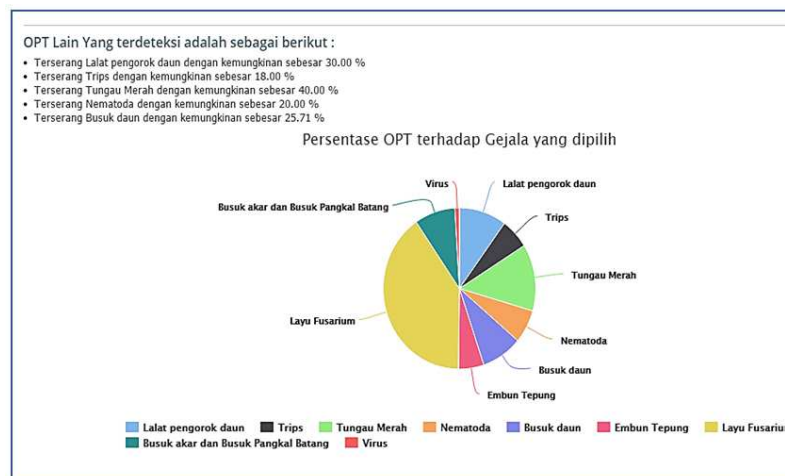
Gejala-gejala yang diinput pengguna yaitu terdapat warna cokelat melingkar (48), daun berubah warna (51), daun menguning (53), daun layu (57), daun rusak (63), dan daun kering/mati (65). Tampilan hasil diagnosis

sistem pakar OPT tanaman krisan dapat dilihat pada Gambar 16.

Hasil uji identifikasi penyakit layu fusarium pada lembar pengujian. Berdasarkan hasil diagnosis sistem pakar dengan parameter gejala-gejala yang diinput pengguna dapat dilihat hasil uji identifikasi penyakit layu Fusarium pada Tabel 12.



Gambar 16. Hasil diagnosis sistem pakar OPT tanaman krisan



Gambar 17. Hasil diagnosis sistem pakar terhadap penyakit layu Fusarium pada tanaman krisan

Tabel 12. Form hasil uji identifikasi penyakit layu Fusarium pada tanaman krisan

No	Morfologi dipilih	Gejala dipilih	OPT yang diharapkan	Hasil identifikasi gejala		Tampilan gambar gejala	
				Sesuai	Tidak sesuai	Sesuai	Tidak sesuai
12	Batang	Terdapat warna cokelat melingkar	Penyakit layu Fusarium	23,43% dari sembilan OPT yang teridentifikasi	-	Ya	-
	Daun	Daun berubah warna		Ya	-		
		Daun menguning		Ya	-		
		Daun layu		Ya	-		
		Daun rusak		Ya	-		
		Daun kering/mati		Ya	-		

Hasil uji identifikasi penyakit layu fusarium dengan metode NBC. Hasil diagnosis sistem dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan metode lain agar diperoleh keyakinan sistem yang dibangun sudah sesuai dan akurat. Pada Tabel 13 dapat dilihat penggunaan *Naive Bayes* untuk mengidentifikasi OPT pada tanaman krisan berdasarkan gejala-gejala yang diinput pengguna.

Langkah pertama adalah menyusun daftar OPT berikut dengan gejala-gejala yang muncul pada tanaman krisan. Setelah menentukan gejala-gejala (*evidents*) setiap OPT tanaman krisan, hasil dari perhitungan NBC disajikan pada Tabel 14. Hasil perhitungan probabilitas (*likelihood*) dan perhitungan menggunakan *naive bayes classifier* setiap OPT tanaman krisan dapat dilihat pada Tabel 15 dan 16.

Tabel 13. OPT tanaman krisan dan gejala-gejalanya

Kode	OPT	Gejala
H15	Ulat tanah	47
H16	Lalat pengorok daun	40, 50, 51, 52, 57
H17	Ulat grayak	63, 67, 68, 70
H19	Trips	41, 42, 51, 52, 55, 58, 59, 63, 64, 65
H20	Tungau merah	51, 53, 54, 57, 58, 59, 63, 70
H22	Nematoda	43, 44, 51, 53
P11	Busuk daun	51, 55, 58, 59, 61, 63, 65
P12	Karat putih	58, 60, 71
P13	Embun tepung	8, 59, 62, 63, 65
P14	Bercak daun	58, 59
P15	Busuk pangkal batang	63, 66
P16	Penyakit layu Fusarium	48, 51, 53, 57, 63, 65
P18	Busuk akar	45, 46, 9, 51, 53, 57
P19	Virus	42, 52, 56, 59, 71, 72, 73

Tabel 14. Hasil penentuan nilai n_c setiap PT krisan berdasarkan gejala

OPT	Gejala	$N_c 1$	$N_c 2$	$N_c 3$	$N_c 4$	$N_c 5$	$N_c 6$
Ulat tanah	47	0	0	0	0	0	0
Lalat pengorok daun	40, 50, 51, 52, 57	0	1	0	1	0	0
Ulat grayak	63, 67, 68, 70	0	0	0	0	0	0
Trips	41, 42, 51, 52, 55, 58, 59, 63, 64, 65	0	1	0	0	1	1
Tungau merah	51, 53, 54, 57, 58, 59, 63, 70	0	1	1	0	1	0
Nematoda	43, 44, 51, 53	0	1	1	0	0	0
Busuk daun	51, 55, 58, 59, 61, 63, 65	0	1	1	0	1	1
Karat putih	58, 60, 71	0	0	0	0	0	0
Embun tepung	8, 59, 62, 63, 65	0	0	0	0	1	1
Bercak daun	58, 59	0	0	0	0	0	1
Busuk pangkal batang	63, 66	0	0	0	0	1	0
Layu Fusarium	48, 51, 53, 57, 63, 65	1	1	1	1	1	1
Busuk akar	45, 46, 9, 51, 53, 57	0	1	1	1	0	0
Virus	42, 52, 56, 59, 71, 72, 73	0	0	0	0	0	0

Tabel 15. Hasil perhitungan probabilitas/likelihood setiap OPT tanaman krisan

OPT	P(1 Vj)	P(2 Vj)	P(3 Vj)	P(4 Vj)	P(5 Vj)	P(6 Vj)
Ulat tanah	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02
Lalat pengorok daun	6,96429E-02	7,14286E-02	6,96429E-02	7,14286E-02	6,96429E-02	6,96429E-02
Ulat grayak	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02
Trips	6,96429E-02	7,14286E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	7,14286E-02	7,14286E-02
Tungau Merah	6,96429E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	6,96429E-02	7,14286E-02	6,96429E-02
Nematoda	6,96429E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02
Busuk daun	6,96429E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	6,96429E-02	7,14286E-02	7,14286E-02
Karat Putih	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02
Embun Tepung	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	7,14286E-02	7,14286E-02
Bercak daun	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	7,14286E-02
Busuk Pangkal Batang	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	7,14286E-02	6,96429E-02
Layu Fusarium	7,14286E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	7,14286E-02
Busuk akar	6,96429E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	7,14286E-02	6,96429E-02	6,96429E-02
VIRUS	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02	6,96429E-02

Tabel 16. Hasil perhitungan menggunakan naive bayes classifier setiap OPT tanaman krisan

Kode	OPT	Gejala	P(Vj)	P(ai Vj) * P(Vj)
H15	Ulat tanah	47	0,071429	8,149509014E-09
H16	Lalat pengorok daun	40,50,51,52,52,57	0,071429	8,572790547E-09
H17	Ulat grayak	63,67,68,70	0,071429	8,149509014E-09
H19	Trips	41,42,51,52,55,58,59,63,64,65	0,071429	8,792605689E-09
H20	Tungau Merah	51,53,54,57,58,59,63,70	0,071429	8,792605689E-09
H22	Nematoda	43,44,51,53	0,071429	8,572790547E-09
P11	Busuk daun	51,55,58,59,61,63,65	0,071429	9,018057117E-09
P12	Karat Putih	58,60,71	0,071429	8,149509014E-09
P13	Embun Tepung	8,59,62,63,65	0,071429	8,572790547E-09
P14	Bercak daun	58,59	0,071429	8,358470783E-09
P15	Busuk Pangkal Batang	63,66	0,071429	8,358470783E-09
P16	Layu Fusarium	48,51,53,57,63,65	0,071429	9,486450616E-09
P18	Busuk akar	45,46,9,51,53,57	0,071429	8,792605689E-09
P19	Virus	42,52,56,59,71,72,73	0,071429	8,149509014E-09

Dari hasil uji di atas teridentifikasi bahwa penyakit layu Fusarium memiliki nilai 15% dari total 14 OPT tanaman krisan (Tabel 17). Hasil pengujian tersebut berdasarkan pilihan gejala-gejala yang sama pada pengujian sistem menggunakan metode *rule-based reasoning*. Atas dasar tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem maupun penghitungan dengan NBC sama-sama mampu mengidentifikasi penyakit layu Fusarium dengan

benar. Hasil diagnosis pada sistem lebih baik dan efektif mengidentifikasi dibandingkan dengan penghitungan NBC. Hal tersebut terlihat dari jumlah OPT yang teridentifikasi berdasarkan gejala-gejala yang dipilih. NBC melakukan penelusuran pada semua jenis OPT (14 jenis), sedangkan *rule-based reasoning* hanya menelusuri pada sembilan jenis OPT yang teridentifikasi.

Tabel 17. Hasil uji identifikasi opt tanaman krisan menggunakan *naive bayes classifier*

No	OPT	P(ai vj) * P(vj)	Hasil identifikasi OPT (%)
1	Layu Fusarium	9,48645E-09	15
2	Busuk daun	9,01806E-09	14
3	Trips	8,79261E-09	11
4	Tungau Merah	8,79261E-09	11
5	Busuk akar	8,79261E-09	11
6	Embun Tepung	8,57279E-09	9
7	Lalat pengorok daun	8,57279E-09	7
8	Nematoda	8,57279E-09	7
9	Busuk Pangkal Batang	8,35847E-09	6
10	Bercak daun	8,35847E-09	5
11	Ulat tanah	8,14951E-09	1
12	Ulat grayak	8,14951E-09	1
13	Karat Putih	8,14951E-09	1
14	Virus	8,14951E-09	1

KESIMPULAN

Sistem pakar OPT dan defisiensi unsur hara tanaman krisan dikembangkan untuk mengidentifikasi OPT dan defisiensi hara tertentu. Mesin inferensia yang digunakan berbasis *rule-based reasoning* dengan teknik *backward chaining*. Proses identifikasi oleh pengguna dimulai dari pendugaan OPT atau defisiensi hara tertentu. Selanjutnya memilih bagian tanaman dan gejala-gejala yang nampak. Kemudian sistem pakar akan mendiagnosis dan memberikan hasilnya berdasarkan dugaan tersebut, bahwa tanaman krisan memang terkena atau tidak terkena serangan OPT maupun mengalami defisiensi hara.

Dalam sistem pakar, *knowledge based* selain untuk mengidentifikasi juga dapat memberikan informasi jenis OPT pada tanaman krisan dan cara penganggulannya. Berdasarkan hasil pengujian diketahui aplikasi sistem pakar berjalan dengan baik dan memberikan hasil identifikasi dengan benar. Beberapa kekurangan sistem pakar ini di antaranya gambar gejala-gejala yang diperoleh tidak lengkap karena membutuhkan waktu cukup lama mencari gambar yang valid. Oleh karena itu, sistem pakar ini perlu disempurnakan agar hasil identifikasi menjadi lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan kepada Prof. I Djatnika, Dedi Hutapea, Msi., dan Arlan Hernawan yang telah membantu mengembangkan *knowledge based* dan *rule based reasoning* dalam sistem pakar ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [AMARTA] Agribusiness Market and Activity. 2007. Penilaian Rantai Nilai Sektor Florikultur Tropis Di Indonesia. United States Agency for International Development (USAID)
- Andri, K. B. 2013. Analisis Rantai Pasok dan Rantai Nilai Bunga Krisan di Daerah Sentra Pengembangan Jawa Timur. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis* 10 (1) :1-10.
- Arhami, M. 2005. *Konsep Dasar Sistem Pakar*. Yogyakarta: Andi. 206 halaman
- Aziza, N dan A. Kustiyo. 2011. Perancangan Sistem Pakar Fuzzy Untuk Penentuan Efektivitas Kultivasi Cendawan Mikoriza Arbuskula Sebagai Pupuk Hayati. *Jurnal Tekn. Ind. Pert.* 20 (3) : 166 - 177.
- Dzulfarizi, I dan M. Rachmaniah. 2011. Pemanfaatan Sistem Pakar untuk Menentukan Varietas Unggul Tanaman Nilam. Bogor. Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA. IPB. 29 halaman
- Han, J., J. Pei, and M. Kamber. 2011. *Data mining: concepts and techniques*. Waltham, Massachusetts: Elsevier. 744 pages
- Hand, D. J., H. Mannila, and P. Smyth. 2001. *Principles of data mining*. Cambridge, Massachusetts: MIT press. 546 pages
- Kroll, P. and P. Kruchten. 2003. *The rational unified process made easy: a practitioner's guide to the RUP*. Boston: Addison-Wesley Professional. 464 pages
- Marimin. 2005. *Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial*. Bogor: IPB Press. 282 halaman

- Mattjik, N. A. 2010. *Budidaya Bunga Potong dan Tanaman Hias*. Bogor. IPB.453 halaman
- Nurmalinda, N. dan N. Q Hayati. 2014. Preferensi Konsumen Terhadap Krisan Bunga Potong dan Pot. *Jurnal Hortikultura* 24 (4) : 363–372.
- Direktorat Pembenihan dan Sarana Produksi. 2008. *Prosedur Operasional Standar (POS) Produksi Benih Krisan (Dendrathema grandiflora Tzvelev Syn.)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Holtikultura. 27 halaman
- Pusat Data dan Informasi Pertanian. 2016. *Statistik Pertanian*. Jakarta: Kementerian Pertanian. 358 halaman
- Putri, A. dan A. Kustiyo. 2011. *Sistem Pakar Identifikasi Varietas Anthurium berdasarkan Spadix, Spathe dan Daun*. Bogor. Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA. IPB. 56 halaman
- Turban, E. and J. E Aronson. 2000. *Decision Support Systems and Intelligent Systems (6th ed.)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR. 921 pages
- Turban, E. 1993. *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems (3rd ed.)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc. 960 pages
- Vostrovsky, V. and E. Jablonska. 2007. Mushroom Growing With Information Support as Opportunity for the Developing Countries. *Agricultura Tropica et Subtropica* 40 : 120.
- Zhang, H. 2005. Exploring conditions for the optimality of naive Bayes. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence* 19 (2) : 183–198.