

**APLIKASI SISTEM PAKAR UNTUK SIMULASI DIAGNOSA
HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN BAWANG MERAH DAN
CABAI MENGGUNAKAN FORWARD CHAINING DAN
PENDEKATAN BERBASIS ATURAN**

Tesis

untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-2

Program Studi Magister Sistem Informasi



oleh :

Ginanjari Wiro Sasmito

J4F008008

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2010

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Konsultasi terhadap seseorang yang memiliki *expertise* dibidang tertentu dalam menyelesaikan suatu permasalahan merupakan pilihan tepat guna mendapatkan jawaban, saran, solusi, keputusan atau kesimpulan terbaik. Jawaban seorang *expert* atas sebuah konsultasi tentunya sangat dapat dipercaya atau dipertanggungjawabkan serta dapat berpengaruh terhadap mutu serta kualitas hasil dari suatu permasalahan, ini dikarenakan seorang *expert* selalu menguasai terhadap bidang yang ditekuninya berdasarkan keilmuan dan pengalamannya.

Demikian pula para petani tanaman bawang merah dan cabai yang mengalami berbagai permasalahan, mulai dari teknik budidaya hingga penanganan terhadap hama dan penyakit, sudah semestinya agar melakukan konsultasi terhadap seorang *expert* guna mendapatkan solusi terbaik dari permasalahan tersebut agar dapat menuai hasil panen yang memuaskan.

Di Indonesia bawang merah dan cabai banyak dibudidayakan terutama di dataran rendah. Bawang merah dan Cabai juga merupakan jenis tanaman hortikultura yang dijadikan kebutuhan pokok bagi masyarakat Indonesia, namun bila dilihat dari hasilnya masih belum memuaskan. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah teknik budidaya, kondisi lingkungan serta gangguan hama dan

penyakit. Dari ketiga faktor tersebut yang sampai sekarang menjadi masalah adalah gangguan hama dan penyakit (Wibowo, 1999). Betapa tidak, Indonesia yang beriklim tropis memang sangat cocok bagi perkembangbiakan hama dan penyakit sepanjang tahun. Serangan hama dan penyakit tentu dapat menurunkan produktivitas, bahkan menyebabkan gagal panen yang berpengaruh terhadap salah satu sumber devisa negara.

Pendiagnosaan terhadap hama dan penyakit pada tanaman bawang merah dan cabai memang harus dilakukan secepat dan seakurat mungkin, dikarenakan hama dan penyakit pada tanaman tersebut dapat dengan cepat menyebar serta menyerang keseluruhan lahan pertanian. Dalam hal ini peran seorang *expert* sangat diandalkan untuk mendiagnosa dan menentukan jenis hama dan penyakit serta memberikan contoh cara penanggulangan guna mendapatkan solusi terbaik. Demikian pula jika ditemukan adanya jenis hama dan penyakit baru pada tanaman tersebut, maka seorang *expert* harus melakukan penelitian guna mendapatkan keterangan-keterangan dari hama atau penyakit baru tersebut dan secepat mungkin memberikan sosialisasi kepada para petani atau kelompok tani mengenai jenis hama dan penyakit baru tersebut beserta cara penanganannya.

Namun demikian, keterbatasan yang dimiliki seorang *expert* terkadang menjadi kendala bagi para petani yang akan melakukan konsultasi guna menyelesaikan suatu permasalahan untuk mendapatkan solusi terbaik. Dalam hal ini sistem pakar dihadirkan sebagai alternatif kedua dalam memecahkan permasalahan setelah seorang *expert*.

Sistem pakar (*expert system*) merupakan suatu program komputer cerdas yang menggunakan *knowledge* (pengetahuan) dan prosedur inferensi untuk menyelesaikan masalah yang cukup sulit sehingga membutuhkan seorang ahli untuk menyelesaikannya (Feigenbaum & Buchanan, 1993). Suatu sistem pakar adalah suatu sistem komputer yang menyamai (*emulates*) kemampuan pengambilan keputusan dari seorang pakar. Istilah *emulates* berarti bahwa sistem pakar diharapkan dapat bekerja dalam semua hal seperti seorang pakar. Sistem pakar dibangun berdasarkan konsep-konsep yang dimiliki oleh seorang pakar. Dengan Sistem Pakar maka dapat membantu dalam memberikan solusi dari masalah yang ada setelah seorang pakar.

Dalam hal ini sebuah sistem pakar yang dibuat dapat dijadikan sebagai sarana untuk konsultasi, sarana pembelajaran di sebuah instansi Dinas Pertanian atau Laboratorium Pertanian serta dapat dijadikan sebagai alat bantu (*tool*) bagi seorang pakar dalam mendiagnosa dan mensosialisasikan jenis hama dan penyakit dua jenis tanaman hortikultura tersebut. Dengan sistem pakar ini pula sebuah Kelompok Tani dapat dengan mudah membantu para petani yang tengah mengalami permasalahan mengenai hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai beserta solusi terbaik yang harus ditempuh tanpa bergantung sepenuhnya terhadap seorang pakar serta dapat berbagi informasi atau pengetahuan antar sesama petani berdasarkan atas sistem tersebut.

Runut maju (*Forward Chaining*) digunakan sebagai salah satu teknik inferensi dalam sistem pakar ini, dikarenakan data dan fakta dalam melakukan proses penelitian telah didapatkan dan dari data atau fakta tersebut dapat dibuat sebuah

sistem yang akan memberikan sebuah konklusi atau solusi berdasarkan atas sekumpulan data dan fakta tersebut. Dengan menggunakan teknik inferensi ini pula peluang dalam mendapatkan suatu konklusi yang lebih spesifik dapat dengan mudah didapatkan (Baur & Pigford, 1990).

Metode pendekatan basis pengetahuan dalam sistem pakar ini menggunakan metode pendekatan berbasis aturan (*rule base reasoning*), sebuah metode pendekatan dengan menggunakan pola *if-then* tersebut dapat digunakan dalam proses pendiagnosaan terhadap hama dan penyakit tanaman hortikultura yang telah berisi sejumlah pengetahuan pakar dalam suatu permasalahan dan pakar dengan kinerjanya dapat menyelesaikan masalah tersebut secara berurutan. Dengan metode pendekatan tersebut rule-rule yang telah dihasilkan dapat dikaji ulang oleh pakar untuk dapat diperbaiki atau dimodifikasi guna mendapatkan hasil yang lebih baik. Disamping itu, metode ini juga digunakan apabila dibutuhkan penjelasan tentang jejak (langkah-langkah) dalam mendapatkan suatu pencapaian solusi (Ignizio, 1991) atau langkah-langkah mengenai pencapaian terhadap hasil suatu pendiagnosaan terhadap hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai.

Agar dapat memberikan solusi terhadap suatu permasalahan yang telah diuraikan tersebut maka dibutuhkan ***“Aplikasi Sistem Pakar untuk Simulasi Diagnosa Hama dan Penyakit Tanaman Bawang Merah dan Cabai Menggunakan Forward Chaining dan Pendekatan Berbasis Aturan ”***.

1.2. Perumusan Masalah

Dari uraian yang telah disampaikan pada latar belakang diatas, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah, diantaranya :

- a. Bagaimana membuat aplikasi sistem pakar simulasi diagnosa hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai dengan menggunakan teknik inferensi *forward chaining* dan pendekatan berbasis aturan.
- b. Bagaimana membuat sebuah aplikasi sistem pakar yang dapat dijadikan alternatif kedua setelah pakar dalam melakukan konsultasi.
- c. Membuat aplikasi sistem pakar yang *user friendly* sehingga dapat digunakan sebagai alat (*tool*) dalam melakukan pembelajaran atau sosialisasi hama dan penyakit pada dua jenis tanaman hortikultura tersebut terhadap para petani atau kelompok tani.

1.3. Batasan Masalah

Agar tidak terlepas dari maksud dan tujuan dalam penyusunan laporan tesis, maka peneliti membatasi pokok permasalahan pada :

- a. Menggunakan teknik inferensi runut maju (*forward chaining*) dan pendekatan berbasis aturan (*rule base reasoning*).
- b. Membuat aplikasi sistem pakar untuk mendiagnosa hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai yang kontennya mencakup simulasi gejala tanaman

yang terserang hama penyakit, jenis hama dan penyakit, keterangan hama dan penyakit beserta gambar, solusi terbaik yang harus dicapai, profil tanaman hortikultura, profil tanaman cabai, profil tanaman bawang merah, profil hama, profil penyakit, profil orang yang dijadikan *expert*, daftar istilah tentang hama, penyakit dan tanaman hortikultura serta petunjuk penggunaan aplikasi.

- c. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman Borland Delphi 7 dan database Paradox 7 (aplikasi dekstop).

1.4. Keaslian Penelitian

Sistem pakar pada dasarnya telah banyak dibahas oleh beberapa peneliti, diantaranya :

- a. ***An Expert System For Diagnosing Eye Diseases Using Clips.*** Karya Associate Prof., Samy S. Abu Naser dan Abu Zaiter A. Ola, Faculty of Engineering & Information Technology, Al-Azhar University, Gaza, Palestine. Jatit 2005 - 2008.

Penelitian tersebut dilakukan untuk merancang sebuah sistem pakar yang dapat mendiagnosa penyebab penyakit mata pada pasien dari berbagai latar belakang yang sesuai. Perancangan sebuah aplikasi sistem pakar tersebut menggunakan bahasa pemrograman CLIPS. CLIPS merupakan bahasa pemrograman yang digunakan seperti sebuah alat (*tool*) dalam pembuatan sistem pakar ini. CLIPS dapat digunakan dalam membangun basis pengetahuan dan

berfungsi sebagai *inference engine*. *Rule Based Reasoning* (pendekatan berbasis aturan) di terapkan untuk melakukan pendekatan dalam memperoleh suatu konklusi pada *knowledge base* dengan menggunakan metode *if-then*. Mesin inferensi *forward chaining* adalah mekanisme yang dipilih untuk diterapkan dalam sistem pakar ini. Hal ini didasarkan karena pada suatu algoritma, pencocokan pola tujuan utamanya adalah untuk menghubungkan fakta (data input) dengan peraturan yang berlaku dari peraturan dasar. Sebuah evaluasi dalam pembuatan sistem pakar ini telah mendapatkan respon yang positif dan telah diterima oleh pengguna.

- b. ***An Expert System For Diagnosis Of Disease In Rice Plant***. Karya Shikhar Kr. Sarma, Kh. Robindro Singh dan Abhijeet Singh, Departement Of Computer Science, Gauhati University, Guwahati, Assam, India. International Journal Of Artificial Intelligence, Volume 1, Issues 1.

Pada penelitian tersebut dijelaskan mengenai rancangan sebuah sistem pakar pada area pertanian serta menjelaskan rancangan dan pengembangan berbasis aturan pada sistem pakar menggunakan kerangka ESTA (*Expert System for Text Animation*). Rancangan sistem tersebut dibuat untuk mendiagnosa penyakit umum yang terdapat pada tanaman padi. Pembuatan sistem ini dimulai dengan mengumpulkan gejala penyakit pada tanaman padi yang terlihat tidak subur menurut ahli pertanian, ahli ilmu penyakit tanaman dan literatur serta pengetahuan yang diperoleh untuk pembuatan dan pengembangan sistem pakar

dengan menggunakan bahasa pemrograman Prolog yang berbasis sistem pakar shell ESTA.

Sistem mengintegrasikan sebuah struktur basis pengetahuan yang berisi pengetahuan tentang gejala dan obat pada penyakit tanaman padi yang nampak tidak subur. Gambaran database juga diintegrasikan dengan sistem dalam membuat pendukung keputusan agar lebih interaktif. Gambar direlasikan pada gejala penyakit yang disimpan pada *database* gambar, dan dengan menggunakan modul cepat sistem cerdas akan menghubungkan basis pengetahuan pada keputusan berbasis aturan dalam membuat algoritma. Sistem dicoba dengan domain pengaturan data, dan hasilnya diberikan oleh sistem yang telah divalidasi dengan domain pengetahuan pakar.

- c. ***Penerapan Sistem Pakar Forward Chaining Berbasis Aturan Pada Pengawasan Status Penerbangan.*** Karya Riska Dewi dan Antonius Hendrik. Universitas Katholik Parahyangan. Integral Volume 10 Nomor 3, November 2005.

Pada penelitian tersebut dijelaskan bahwa sistem pakar pengawas status penerbangan dibuat untuk membantu memberikan interpretasi dalam pengawasan status pesawat. Sistem tersebut akan memberikan peringatan dan rekomendasi berdasarkan prediksi sistem akan hasil *downlink* status pesawat. Dalam hal ini sebuah perangkat lunak simulasi dibuat untuk memberikan contoh penerapan sistem pakar dalam mengatasi masalah tentang bertambahnya kompleksitas

sistem pesawat modern berteknologi tinggi sehingga dapat membantu pilot pesawat untuk meningkatkan kemudahan penggunaan teknologi yang kompleks.

Pada penelitian pertama "*An Expert System For Diagnosing Eye Diseases Using Clips*", terdapat persamaan dalam penggunaan teknik inferensi dan teknik pendekatan pada basis pengetahuan dengan penelitian yang dikerjakan, namun perbedaannya terletak dalam penggunaan bahasa pemrograman, bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian tersebut menggunakan CLIPS (*C Language Integrated Production System*) yang didesain dalam pengembangan *software* untuk terapi medis. Objek yang diterapkan pada penelitian tersebutpun berbeda, pada penelitian tersebut sistem pakar digunakan di area medis.

Penelitian kedua "*An Expert System For Diagnosis Of Disease In Rice Plant*" objek yang diterapkan hampir sama yakni masih dalam lingkup area pertanian, akan tetapi penelitian tersebut hanya mendiagnosa penyakit saja dan satu jenis tanaman yaitu padi. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian tersebut menggunakan Prolog yang berbasis ESTA (*Expert System Text Animation*). Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa teknik inferensi yang digunakan adalah *backward chaining* dengan aturan *if-do* dan *if-then* yang di gabungkan.

Sedangkan penelitian ketiga "*Penerapan Sistem Pakar Forward Chaining Berbasis Aturan Pada Pengawasan Status Penerbangan*" memiliki persamaan dalam menggunakan teknik inferensi dan teknik pendekatan pada basis pengetahuan dengan penelitian yang dikerjakan, akan tetapi penerapan sistem pakar pada penelitian tersebut berbeda, karena sistem pakar tersebut diterapkan untuk status

penerbangan pesawat dan hasil akhir pada penelitian tersebut hanyalah sebuah aplikasi simulasi.

Pada penelitian yang dikerjakan ini diterapkan sebuah sistem pakar yang dapat mendiagnosa hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai dengan menggunakan teknik inferensi *forward chaining* dan pendekatan berbasis aturan (*rule base reasoning*). Dengan menggunakan *forward chaining* data-data yang digunakan untuk mendapatkan suatu konklusi telah didapatkan dari *knowledge* seorang pakar dan literatur lain seperti jurnal, artikel dan buku, yakni dengan mencocokkan berbagai *rule* yang *premisnya* cocok, pencocokkan dilakukan berdasarkan berbagai gejala yang terjadi pada dua jenis tanaman hortikultura tersebut yang terdapat dalam *knowledge base*.

Teknik pendekatan berbasis aturan (*rule base reasoning*) dalam penelitian ini digunakan sebagai bentuk pendekatan terhadap pengklasifikasian data yang diperoleh dalam *knowledge base* guna mempermudah dalam proses transformasi terhadap *inference engine*. Dengan menggunakan pola *if-then* maka seorang pakar pun dapat dengan mudah melakukan modifikasi terhadap data yang terdapat dalam *knowledge base*.

Hasil akhir pada penelitian ini adalah sebuah aplikasi sistem pakar berbasis dekstop yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi untuk simulasi diagnosa hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai yang disertai dengan solusi dan keterangan hama atau penyakit. Aplikasi sistem pakar ini juga dibuat agar dapat digunakan sebagai *tool* dalam melakukan proses pembelajaran yang

dapat dilakukan oleh seorang *expert* kepada para petani maupun kelompok tani yang masih awam dalam hal pendiagnosaan hama dan penyakit. Pada penelitian ini aplikasi yang dihasilkan juga dapat dikembangkan lagi, yakni dengan menambah hama dan penyakit jenis tanaman hortikultura yang lain.

1.5. Manfaat Hasil Penelitian

- a. Membantu proses sosialisasi jenis hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai beserta keterangan dan solusi dalam mengatasinya terhadap para petani maupun kelompok tani.
- b. Memberikan pilihan kedua setelah seorang pakar, bagi petani dalam melakukan konsultasi mengenai hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai.
- c. Memberikan pengetahuan dan pemahaman kepada masyarakat pada umumnya dan petani pada khususnya tentang hama dan penyakit tanaman bawang merah dan cabai.

1.6. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat suatu aplikasi sistem pakar untuk simulasi diagnosa hama dan penyakit tanaman hortikultura yang mencakup bawang merah dan cabai dengan menggunakan teknik inferensi *forward Chaining* dan pendekatan berbasis aturan serta memberikan solusi terhadap kesimpulan dari suatu hama dan penyakit yang telah didiagnosa berdasarkan gejala-gejalanya dan dilengkapi keterangan tanaman yang terserang hama dan penyakit beserta gambar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Aygun Alasgarova dan Leyla Muradkhanli (Alasgarova & Leyla, 2008) menerapkan sistem pakar untuk memecahkan suatu permasalahan dan membuat keputusan dalam lingkup perekonomian. Penelitian ini menggunakan pola *if-then* berbasis aturan dalam melakukan metode pendekatan pada basis pengetahuan. Dalam penelitian ini telah dianalisa bagaimana aspek keuntungan dalam menggunakan sistem pakar untuk proses membuat keputusan. Pada penelitian ini pula telah ditemukan bahwa sistem cerdas memiliki kinerja untuk melakukan beberapa evaluasi yang paling cepat dalam mengambil sampai menghitung ketidakpastian pada keadaan sebenarnya dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.

Harutoshi Ogai dkk (Ogai dkk, 1990), telah menerapkan aplikasi sistem pakar untuk mendapatkan hasil pendagnosaan yang berkualitas terhadap lapisan kaca pada baja silikon. Dengan menggunakan pola *if-then* penelitian ini juga didukung oleh sebuah *workstation* dan *on-line quality control system*. Namun kualitas diagnosa pada kaca film juga dapat direpresentasikan pada sebuah tabel, sehingga *knowledge* dengan mudah dapat di modifikasi ataupun di verifikasi pada saat *off-line*. Hasil inferensi sebuah sistem pakar ditampilkan pada layar sentuh sensitif (*touch-sensitive*) berupa *interface* antara mesin dan pengguna dengan operasi yang sederhana.

Shikhar Kr. Sarma dkk (Kr. Sarma Shikhar dkk) telah meneliti dan menerapkan sistem pakar yang dapat digunakan pada area pertanian, yakni dengan membuat suatu aplikasi sistem pakar untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman padi, aplikasi sistem pakar di buat dengan menggunakan Prolog yang berbasis ESTA (*Expert System Text Animation*). Awalnya sistem ini dibuat dengan mengumpulkan gejala penyakit pada tanaman padi yang terlihat tidak subur menurut pakar pertanian, pakar ilmu penyakit tanaman dan literatur serta pengetahuan yang diperoleh untuk pembuatan dan pengembangan sistem pakar, kemudian sistem mengintegrasikan sebuah struktur basis pengetahuan yang berisi pengetahuan tentang gejala dan obat pada penyakit tanaman padi yang nampak tidak subur, setelah proses integrasi selesai, hasil sebuah keputusan di kaji ulang oleh pakar dengan melakukan validasi data.

Riska Dewi dan Antonius Hendrik (Hendrik & Riskadewi, 2005) telah menerapkan sebuah sistem pakar *forward chaining* berbasis aturan pada status penerbangan, sistem pakar pengawas status penerbangan dibuat untuk membantu memberikan interpretasi dalam pengawasan status pesawat. Sistem tersebut akan memberikan peringatan dan rekomendasi berdasarkan prediksi sistem terhadap hasil *downlink* status pesawat, maka dalam hal ini aplikasi simulasi dibuat untuk mengatasi masalah tentang bertambahnya kompleksitas sistem pesawat modern berteknologi tinggi sehingga dapat membantu pilot pesawat dalam meningkatkan kemudahan penggunaan teknologi yang komplek.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sistem Pakar

Secara umum, sistem pakar (*expert system*) adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Ada beberapa definisi tentang sistem pakar, diantaranya :

- a. Menurut Durkin : Sistem pakar adalah suatu program komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan penyelesaian masalah yang dilakukan seorang pakar.
- b. Menurut Ignizio : Sistem pakar adalah suatu model dan prosedur yang berkaitan, dalam suatu domain tertentu, yang mana tingkat keahliannya dapat dibandingkan dengan keahlian seorang pakar.
- c. Menurut Giarratano dan Riley : Sistem pakar adalah suatu sistem komputer yang bisa menyamai atau meniru kemampuan seorang pakar .
- d. Menurut Turban : Sistem pakar (*expert system*) adalah paket perangkat lunak pengambilan keputusan atau pemecahan masalah yang dapat mencapai tingkat performa yang setara atau bahkan lebih dengan pakar manusia di beberapa bidang khusus dan biasanya mempersempit area masalah.

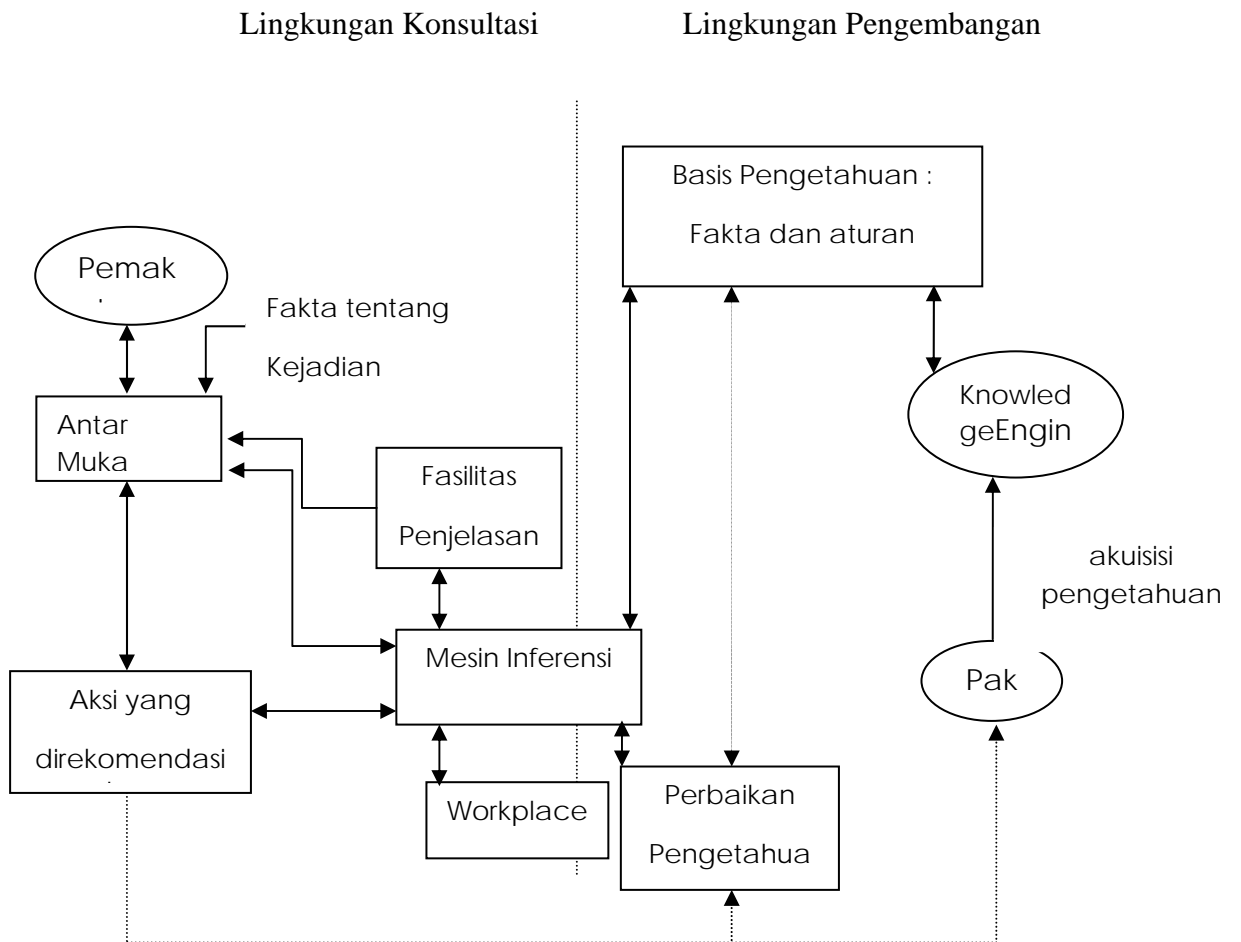
Ide dasar dari sistem pakar, teknologi kecerdasan buatan terapan adalah sederhana. Keahlian ditransfer dari pakar ke suatu komputer. *Knowledge* ini kemudian disimpan didalam komputer, dan pengguna menjalankan komputer untuk

nasihat spesifik yang diperlukan. Sistem pakar menanyakan fakta-fakta dan dapat membuat inferensi hingga sampai pada kesimpulan khusus. Kemudian layaknya konsultan manusia, sistem pakar akan memberi nasihat kepada *nonexpert* dan menjelaskan, jika perlu logika dibalik nasihat yang diberikan. *Knowledge* dalam sistem pakar mungkin saja seorang ahli, atau *knowledge* yang umumnya terdapat dalam buku, jurnal, website dan orang yang mempunyai pengetahuan tentang suatu bidang. Sistem pakar yang baik dirancang agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru kerja dari para ahli (Kusumadewi, 2003).

Sebuah sistem pakar harus memberikan suatu dialog dan setelah diberikan suatu jawaban, sistem pakar dapat memberikan nasehat atau solusi. Tujuan utama sistem pakar bukan untuk menggantikan kedudukan seorang ahli atau seorang pakar, tetapi untuk memasyarakatkan pengetahuan dan pengalaman pakar. Bagi para ahli atau pakar, sistem pakar ini juga dapat membantu aktivitasnya sebagai asisten yang sangat berpengalaman. Sistem pakar memungkinkan seseorang dapat meningkatkan produktifitas, memperbaiki kualitas keputusan dan bisa memecahkan masalah yang rumit, tanpa bergantung sepenuhnya pada seorang pakar.

Sistem pakar disusun oleh dua bagian utama, yaitu lingkungan pengembangan (*development environment*) dan lingkungan konsultasi (*consultation environment*) (Turban, 2001). Lingkungan pengembangan sistem pakar digunakan untuk memasukkan pengetahuan pakar ke dalam lingkungan sistem pakar, sedangkan lingkungan konsultasi digunakan oleh pengguna yang bukan pakar guna memperoleh

pengetahuan pakar. Komponen-komponen sistem pakar dalam dua bagian tersebut ada pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1. Arsitektur Sistem Pakar (Turban, 2001)

Penjelasan pada gambar 2.1 adalah sebagai berikut :

1. Antarmuka Pengguna (*User Interface*)

Merupakan mekanisme yang digunakan oleh pengguna sistem pakar untuk berkomunikasi. Menurut McLeod (1995), pada bagian ini terjadi dialog antara program dan pemakai, yang memungkinkan sistem pakar menerima instruksi dan

informasi (*input*) dari pemakai, juga memberikan informasi (*output*) kepada pemakai.

2. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)

Basis pengetahuan adalah basis atau pangkalan pengetahuan yang berisi fakta, pemikiran, teori, prosedur, dan hubungannya satu dengan yang lain atau informasi yang terorganisasi dan teranalisa (pengetahuan didalam pendidikan atau pengalaman dari seorang pakar) yang diinputkan kedalam komputer.

Ada 2 bentuk pendekatan basis pengetahuan yang sangat umum digunakan, yaitu:

a. Pendekatan berbasis aturan (*Rule-Based Reasoning*)

Pengetahuan direpresentasikan dalam suatu bentuk fakta (*facts*) dan aturan (*rules*). bentuk representasi ini terdiri atas premis dan kesimpulan. Pada pendekatan berbasis aturan, pengetahuan dipresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk : *if-then*.

b. Pendekatan berbasis kasus (*Case-Based Reasoning*)

Pada pendekatan berbasis kasus, basis pengetahuan, akan berisi solusi-solusi yang telah dicapai sebelumnya, kemudian akan diturunkan suatu solusi untuk keadaan yang terjadi sekarang (fakta yang ada).

3. Akuisisi Pengetahuan (*Knowledge acquisition*)

Akuisisi pengetahuan adalah akumulasi, transfer dan transformasi keahlian dalam menyelesaikan masalah dari sumber pengetahuan ke dalam program komputer. Dalam tahap ini *knowledge engineer* berusaha menyerap pengetahuan untuk selanjutnya ditransfer ke dalam basis pengetahuan. Terdapat tiga metode utama dalam akuisisi pengetahuan, yaitu : wawancara, analisis protokol dan observasi pada pekerjaan pakar.

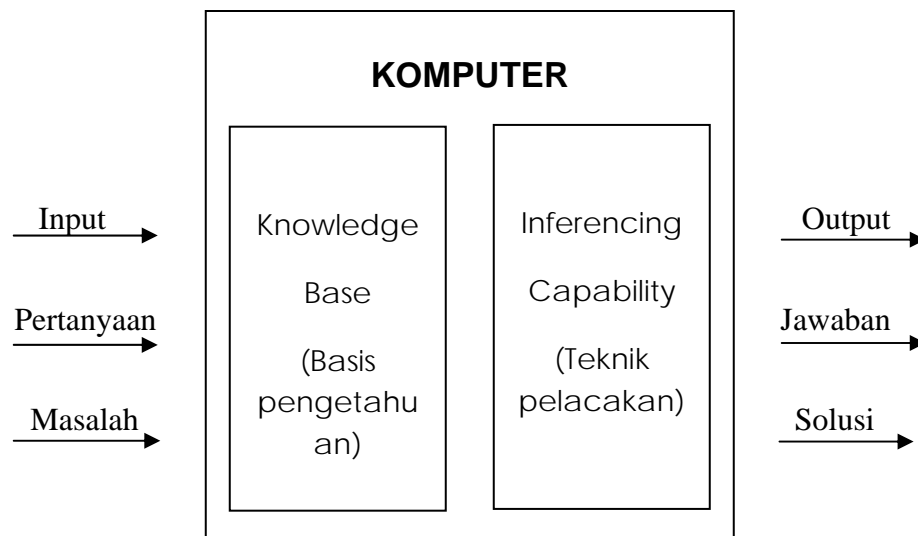
4. Mesin Inferensi (*Inference Engine*)

Mesin inferensi merupakan program komputer yang memberikan metodologi untuk penalaran tentang informasi yang ada dalam basis pengetahuan dan dalam workplace, dan untuk memformulasikan kesimpulan.

Mesin inferensi berperan sebagai otak dari sistem pakar. Mesin inferensi berfungsi untuk memandu proses penalaran terhadap suatu kondisi berdasarkan pada basis pengetahuan yang tersedia. Di dalam mesin inferensi terjadi proses untuk memanipulasi dan mengarahkan kaidah, model, dan fakta yang disimpan dalam basis pengetahuan untuk mencapai solusi atau kesimpulan. Dalam prosesnya, mesin inferensi menggunakan strategi penalaran dan strategi pengendalian. Strategi penalaran terdiri dari strategi penalaran pasti (*Exact Reasoning*) dan strategi penalaran tak pasti (*Inexact Reasoning*). *Exact reasoning* akan dilakukan jika semua data yang dibutuhkan untuk menarik suatu kesimpulan

tersedia, sedangkan *inexact reasoning* dilakukan pada keadaan sebaliknya. Dan untuk strategi pengendalian ini berfungsi sebagai panduan arah dalam melakukan proses penalaran.

Dalam penelitian ini, agar dapat menerapkan aplikasi sistem pakar untuk mendiagnosa hama dan penyakit tanaman hortikultura digunakan strategi penalaran pasti (*Exact Reasoning*) karena data yang digunakan untuk menarik suatu kesimpulan atau untuk membuat suatu solusi dalam mendiagnosa hama dan penyakit tersebut telah tersedia.



Gambar 2.2. Mesin inferensi : Durkin, 1994

Berdasarkan gambar 2.2 dapat dijelaskan bahwa komputer terisi pengetahuan - pengetahuan dari pakar yang telah tersusun dalam knowledge base, dalam hal ini komputer juga harus mendapatkan inputan-inputan dan setelah mendapatkan inputan maka akan dicocokkan dengan fakta-fakta yang ada di *knowledge base* oleh

inference engine, selanjutnya diolah berdasarkan pengalaman dan prosedur yang ada pada *inference engine* yang nantinya akan menghasilkan suatu keputusan.

Terdapat dua teknik pelacakan dalam mesin inferensi yaitu pelacakan ke depan atau runut maju (*forward chaining*) yaitu pendekatan yang dimotori pada (*data driven*), dalam pendekatan ini pelacakan dimulai dari informasi masukan yang selanjutnya menggambarkan suatu kesimpulan. Dan pelacakan ke belakang atau runut belakang (*backward chaining*) merupakan pendekatan yang dimotori tujuan (*goal driven*), dalam pendekatan ini pelacakan dimulai dari tujuan yang selanjutnya dicari aturan yang memiliki tujuan tersebut membuat suatu kesimpulan.

5. Workplace

Merupakan memori kerja (*working memory*) yang digunakan untuk menyimpan kondisi/keadaan yang dialami oleh pengguna dan juga hipotesa serta keputusan sementara.

6. Fasilitas Penjelasan

Proses menentukan keputusan yang dilakukan oleh mesin inferensi selama sesi konsultasi mencerminkan proses penalaran seorang pakar. Karena pemakai terkadang bukanlah seorang ahli dalam bidang tersebut, maka dibuatlah fasilitas penjelasan. Fasilitas penjelasan inilah yang dapat memberikan informasi kepada pemakai mengenai jalannya penalaran sehingga dihasilkan suatu keputusan.

Bentuk penjelasannya dapat berupa keterangan yang diberikan setelah suatu pertanyaan diajukan, yaitu penjelasan atas pertanyaan mengapa, atau penjelasan atas pertanyaan bagaimana sistem mencapai konklusi.

7. Perbaiki Pengetahuan

Pakar memiliki kemampuan untuk menganalisis dan meningkatkan kinerjanya serta kemampuan untuk belajar dari kinerjanya. Kemampuan tersebut tidak bisa diremehkan dalam pembelajaran terkomputerisasi, sehingga program akan mampu menganalisis penyebab kesuksesan dan kegagalan yang terjadi.

Ada beberapa masalah yang menjadi area luas aplikasi sistem pakar, antara lain :

1. Interpretasi. Pengambilan keputusan dari hasil observasi, termasuk diantaranya : pengawasan, pengenalan ucapan, analisis citra, interpretasi sinyal dan beberapa analisis kecerdasan.
2. Prediksi. Termasuk diantaranya : peramalan, prediksi demografis, peramalan ekonomi, prediksi lalu lintas, estimasi hasil, militer, pemasaran, atau peramalan keuangan.
3. Diagnosis. Termasuk diantaranya : medis, hama, elektronis, mekanis dan diagnosis perangkat lunak.
4. Perancangan. Termasuk diantaranya : layout sirkuit dan perancangan bangunan.

5. Perencanaan. Termasuk diantaranya : perencanaan keuangan, komunikasi, militer, pengembangan produk, routing dan manajemen proyek.
6. Monitoring. Misalnya : *Computer-Aided Monitoring Systems*.
7. Debugging, memberikan resep obat terhadap suatu kegagalan.
8. Perbaikan.
9. Instruksi. Melakukan instruksi untuk diagnosis, debugging dan perbaikan kinerja.
10. Kontrol. Melakukan kontrol terhadap interpretasi-interpretasi, prediksi, perbaikan dan monitoring kelakuan sistem.

2.2.2. Forward Chaining (Runut Maju)

Forward Chaining merupakan suatu penalaran yang dimulai dari fakta untuk mendapatkan kesimpulan (*conclusion*) dari fakta tersebut (Giarratano and Riley, 2005). *Forward chaining* bisa dikatakan sebagai strategi *inference* yang bermula dari sejumlah fakta yang diketahui. Pencarian dilakukan dengan menggunakan *rules* yang premisnya cocok dengan fakta yang diketahui tersebut untuk memperoleh fakta baru dan melanjutkan proses hingga *goal* dicapai atau hingga sudah tidak ada *rules* lagi yang premisnya cocok dengan fakta yang diketahui maupun fakta yang diperoleh.

Forward chaining bisa disebut juga runut maju atau pencarian yang dimotori data (*data driven search*). Jadi pencarian dimulai dari premis-premis atau informasi masukan (*if*) dahulu kemudian menuju konklusi atau *derived information* (*then*).

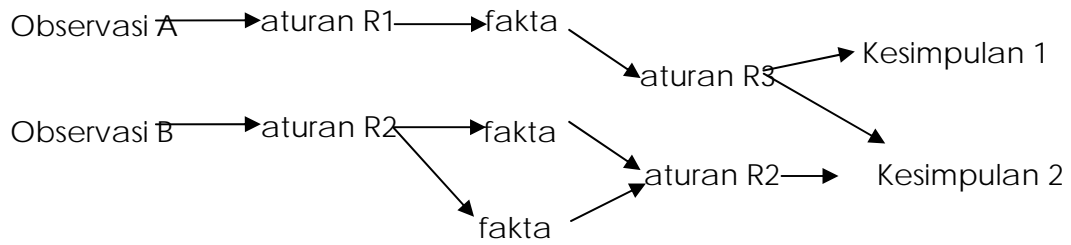
Forward Chaining berarti menggunakan himpunan aturan kondisi-aksi. Dalam metode ini, data digunakan untuk menentukan aturan mana yang akan dijalankan atau dengan menambahkan data ke memori kerja untuk diproses agar ditemukan suatu hasil.

Forward Chaining digunakan jika :

- a. Banyak aturan berbeda yang dapat memberikan kesimpulan yang sama.
- b. Banyak cara untuk mendapatkan sedikit konklusi.
- c. Benar-benar sudah mendapatkan pelbagai fakta, dan ingin mendapatkan konklusi dari fakta-fakta tersebut.

Adapun tipe sistem yang dapat menggunakan teknik pelacakan *forward chaining*, yakni :

- a. Sistem yang direpresentasikan dengan satu atau beberapa kondisi.
- b. Untuk setiap kondisi, sistem mencari *rule-rule* dalam *knowledge base* untuk *rule-rule* yang berkorespondensi dengan kondisi dalam bagian *if*.
- c. Setiap *rule* dapat menghasilkan kondisi baru dari konklusi yang diminta pada bagian *then*. Kondisi baru ini dapat ditambahkan ke kondisi lain yang sudah ada.
- d. Setiap kondisi yang ditambahkan ke sistem akan diproses. Jika ditemui suatu kondisi, sistem akan kembali ke langkah 2 dan mencari *rule-rule* dalam *knowledge base* kembali. Jika tidak ada konklusi baru, sesi ini berakhir (Subakti, 2002).



Gambar 2.3. Diagram Pelacakan Kedepan (*Forward Chaining*)

Jika klausa premis sesuai dengan situasi (bernilai *true*), maka proses akan meng-assert konklusi. *Forward chaining* juga digunakan jika suatu aplikasi menghasilkan *tree* yang lebar dan tidak dalam.

Pada metode *forward chaining*, ada 2 cara yang dapat dilakukan untuk melakukan pencarian, yaitu :

- a. Dengan memasukkan semua data yang tersedia ke dalam sistem pakar pada satu kesempatan dalam sesi konsultasi. Cara ini banyak berguna pada sistem pakar yang termasuk dalam proses terautomatisasi dan menerima data langsung dari komputer yang menyimpan *database*, atau dari satu set sensor.
- b. Dengan hanya memberikan elemen spesifik dari data yang diperoleh selama sesi konsultasi kepada sistem pakar. Cara ini mengurangi jumlah data yang diminta, sehingga data yang diminta hanyalah data-data yang benar-benar dibutuhkan oleh sistem pakar dalam mengambil kesimpulan.

Contoh pelacakan *forward chaining* :

Rule - rule yang diberikan :

1. R1 : Jika A dan C, maka E

2. R2 : Jika D dan C maka F
3. R3 : Jika B dan E maka F
4. R4 : Jika B maka C
5. R5 : Jika F maka G

Fakta yang ada : A benar dan B benar

1. Dalam *Forward Chaining* pencarian dimulai dengan fakta yang diketahui dan mengambil fakta baru menggunakan aturan yang telah diketahui pada sisi Jika.
2. Karena diketahui A dan B benar, sistem pakar mulai dengan mengambil fakta baru menggunakan aturan yang memiliki A dan B pada sisi Jika. Dengan menggunakan R4, sistem pakar mengambil fakta baru C dan menambahkannya ke dalam *assertion base* sebagai benar.
3. Sekarang R1 *fire*(karena A dan C benar) dan nyatakan E sebagai benar dalam *assertion base* sebagai benar.
4. Karena B dan E keduanya benar (berada dalam *assertion base*), R3 *fire* dan menetapkan F sebagai benar dalam *assertion base*.
5. Sekarang R5 *fire* (karena F berada dalam sisi Jika), yang menetapkan G sebagai benar, jadi hasilnya adalah G.

2.2.3. Pendekatan Berbasis Aturan (*Rule Based Reasoning*)

Bentuk ini digunakan karena memiliki sejumlah pengetahuan pakar pada suatu permasalahan tertentu dan pakar dapat menyelesaikan masalah tersebut secara sistematis dan berurutan. Representasi berbasis aturan yang mempunyai pola *if*

kondisi/premis *then* aksi/konklusi pada suatu tabel pakar akan memberikan keuntungan pada berbagai aspek, diantaranya mudah dalam memodifikasi, baik perubahan data, penambahan data atau penghapusan data. Dalam hal ini *if* bisa direpresentasikan sebagai gejala-gejala yang menyerang pada tanaman hortikultura dan *then* berupa solusi-solusi yang dicapai. Disamping itu, bentuk ini juga digunakan apabila dibutuhkan penjelasan tentang jejak (langkah-langkah) pencapaian solusi.

Untuk suatu kondisi tertentu dimana *if* premis *then* konklusi, dan premisnya lebih dari satu maka dapat dihubungkan dengan operator *and* atau *or*. Sedangkan pada bagian konklusi dapat berupa kalimat tunggal, beberapa kalimat yang dihubungkan dengan *and*, dimungkinkan untuk dikembangkan dengan *else*.

Contoh : aturan identifikasi hewan :

Rule 1: IF hewan berambut AND menyusui THEN hewan mamalia

Rule 2 : IF hewan mempunyai sayap AND bertelur THEN hewan jenis burung

Rule 3: IF hewan mamalia AND memakan daging THEN hewan karnivora.

Ada beberapa keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan pendekatan berbasis aturan, diantaranya :

- a. Ekspresi yang dihasilkan dari sebuah sistem lebih natural.
- b. Bagian pengendali terpisah dengan pengetahuan.
- c. Mudah dalam melakukan ekspansi sistem.
- d. *Knowledge* yang didapatkan lebih relevan.
- e. Dapat menggunakan pengetahuan yang bersifat heuristik.

2.2.4. Akuisisi Pengetahuan (*Knowledge Acquisition*)

Akuisisi pengetahuan adalah akumulasi, transfer dan transformasi keahlian dalam menyelesaikan masalah dari sumber pengetahuan ke dalam program komputer. Dalam tahap ini *knowledge engineer* berusaha menyerap pengetahuan untuk selanjutnya ditransfer ke dalam basis pengetahuan. Pengetahuan diperoleh dari pakar dan literatur seperti buku, artikel, jurnal, tesis dan lain-lain.

Mengingat pengetahuan manusia kadang bersifat tidak terstruktur dan sulit diekspresikan secara jelas, maka kegiatan akuisisi pengetahuan dari seorang pakar biasanya memerlukan tenaga ahli yang biasa disebut sebagai *knowledge engineer* yaitu seorang pakar sistem komputer yang ahli dibidang sistem pakar ([Bultman, Kuipers & van Harmelen, 2000](#)).

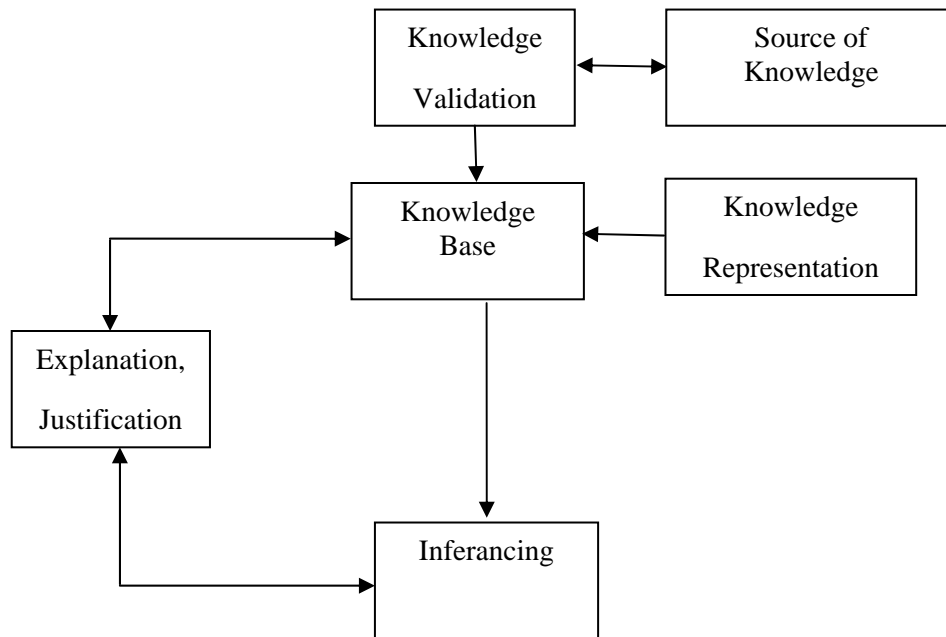
Knowledge engineer menerjemahkan informasi dan menyampaikan kepada programmer yang mengkodekan informasi kedalam basis data sistem agar bisa diakses pengguna. *Knowledge engineer* digunakan terutama pada susunan proses di sebuah sistem komputer, oleh karena beberapa syarat yang harus dimiliki oleh seorang *knowledge engineer*, diantaranya :

1. Dapat secara cepat menangkap maksud dari apa yang dikemukakan oleh pakar.
2. Mampu menjelaskan kata-kata/bahasa yang sulit diungkap secara verbal oleh pakar dan mengerjakannya bila diperlukan, oleh karena itu perlu penguasaan bahasa yang baik.

3. Mampu meyakinkan sang pakar bahwa apa yang diungkap tidak membahayakan dirinya.
4. Memiliki ketrampilan analisis yang baik, untuk menstrukturisasi informasi-informasi yang diberikan oleh pakar.

Tugas utama *knowledge engineer* adalah (Turban, 1992):

1. *Knowledge Acquisition*, yaitu proses pengumpulan pengetahuan dari seorang pakar, buku, dokumen atau file pada komputer. Pada tahap ini pengetahuan yang dikumpulkan dapat bersifat spesifik dan general.
2. *Knowledge Representation*, proses pengorganisasian terhadap pengetahuan yang telah didapat, untuk kemudian dijadikan dasar dalam pembentukan *Knowledge Base*.
3. *Knowledge Validation*, pengetahuan pada "*knowledge base*" divalidasi dan diverifikasi, (biasanya menggunakan studi kasus), agar "*knowledge base*" yang dibangun benar-benar berkualitas dan *acceptable*.
4. *Inference* yaitu melakukan desain *software* yang dapat memungkinkan untuk membuat satu kesimpulan berdasarkan *knowledge*.
5. *Explanation and justification*, kegiatan ini termasuk pada tahap (fase tahap implementasi) pada siklus hidup pengembangan sistem pakar.



Gambar 2.4. Tugas utama *Knowledge Engineer* (Turban, 1992)

Dalam proses akuisisi pengetahuan ada tiga cara yang biasa dilakukan, yaitu (Turban, 1992) :

1. Wawancara

Merupakan metode akuisisi yang paling banyak digunakan. Metode ini melibatkan pembicaraan dengan pakar secara langsung dalam suatu wawancara.

2. Analisis

Pakar diminta untuk melakukan suatu pekerjaan dan mengungkapkan proses pemikirannya dengan menggunakan kata-kata. Pekerjaan tersebut direkam, dituliskan dan dianalisis.

3. Observasi

Pekerjaan dalam bidang tertentu yang dilakukan pakar direkam dan diobservasi.

Setelah pengetahuan berhasil diakuisisi, maka harus diorganisasi dan diatur dalam suatu konfigurasi dengan format/representasi tertentu.

2.2.5. Representasi Pengetahuan

Representasi pengetahuan merupakan metode yang digunakan untuk mengatur kebutuhan informasi sistem pakar yang siap diakses dalam membuat keputusan, melakukan perencanaan, mengatur objek dan keadaan, menganalisa dan menggambarkan kesimpulan (Awad, 1996).

Adapun karakteristik dari metode representasi pengetahuan adalah :

1. Harus bisa diprogram dengan bahasa pemrograman atau dengan *shells* dan hasilnya disimpan dalam memori.
2. Dirancang sedemikian rupa sehingga isinya dapat digunakan untuk proses penalaran.
3. Model representasi pengetahuan merupakan sebuah struktur data yang dapat dimanipulasi oleh mesin inferensi dan pencarian untuk aktivitas pencocokan pola.

Beberapa model representasi pengetahuan antara lain (Awad, 1996) :

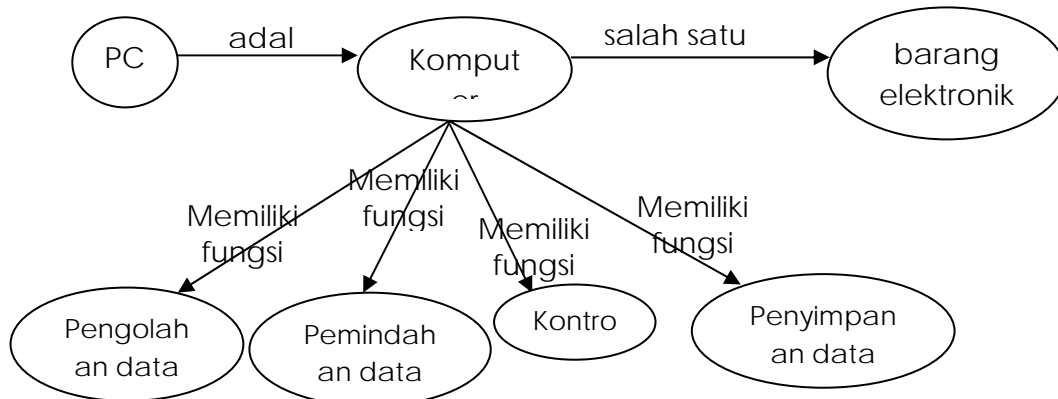
1. Jaringan semantik (*Semantic nets*)

Jaringan semantik merupakan teknik representasi AI yang digunakan untuk informasi yang proposional, sedangkan yang dimaksud dengan informasi proposional adalah pernyataan yang mempunyai nilai benar atau salah. Informasi proposional juga merupakan bahasa deklaratif karena menyatakan fakta.

Representasi jaringan semantik merupakan penggambaran grafis dari pengetahuan yang memperlihatkan hubungan hirarkis dari objek-objek. Komponen dasar untuk merepresentasikan pengetahuan dalam bentuk jaringan semantik adalah simpul (*node*) dan penghubung (*link*). Objek direpresentasikan oleh simpul. Hubungan antar objek-objek dinyatakan oleh penghubung yang diberi label untuk menyatakan hubungan yang direpresentasikan.

Contoh jaringan semantik sebagai berikut :

Terdapat deskripsi : PC (*Personal Computer*) merupakan salah satu barang elektronik. Semua PC memiliki fungsi pengolahan data, kontrol dan penyimpanan data, tetapi tidak semua barang elektronik memiliki fungsi-fungsi tersebut, penyajian dalam bentuk jaringan semantiknya ada pada gambar 2.5.

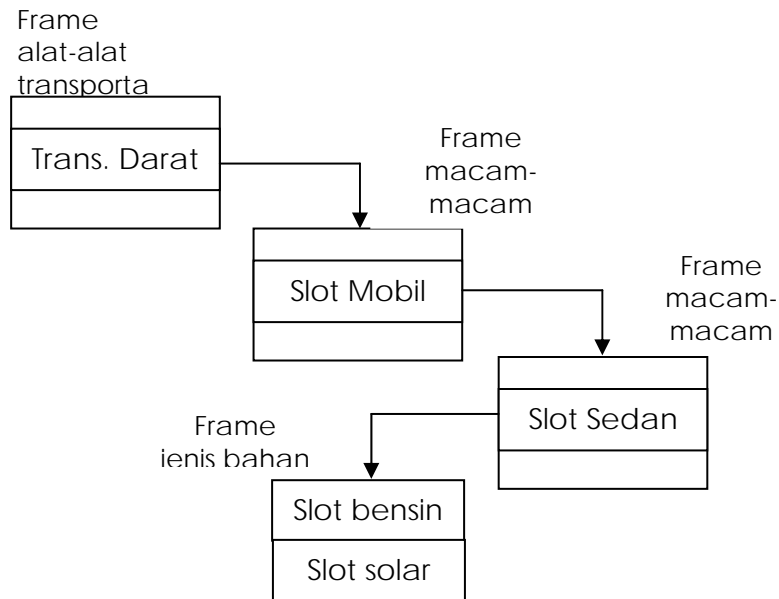


Gambar 2.5. Contoh jaringan semantik

2. Bingkai (*Frame*)

Bingkai merupakan kumpulan pengetahuan tentang suatu obyek tertentu, peristiwa, lokasi, situasi dan lain-lain. Bingkai (*frame*) memiliki *slot* yang menggambarkan rincian (atribut) dan karakteristik obyek. Bingkai biasanya digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan *stereotype* atau pengetahuan yang didasarkan pada karakteristik yang sudah dikenal yang merupakan pengalaman-pengalaman. Dengan menggunakan bingkai, sangatlah mudah untuk membuat inferensi tentang obyek, peristiwa atau situasi baru, karena bingkai menyediakan basis pengetahuan yang ditarik dari pengalaman.

Contoh representasi pengetahuan menggunakan bingkai (gambar 2.6) :



Gambar 2.6. Contoh Bingkai (*frame*)

3. Kaidah produksi (*Production rule*)

Kaidah menyediakan cara formal untuk merepresentasikan rekomendasi, arahan atau strategi. Kaidah produksi dituliskan dalam bentuk jika-maka (*if-then*). Kaidah *if-then* menghubungkan antesenden (*antecedent*) dengan konsekuensi yang diakibatkannya. Berbagai struktur kaidah *if-then* yang menghubungkan objek atau atribut sebagai berikut (Badiru, 1992) :

if premis *then* konklusi

if masukan *then* keluaran

if kondisi *then* tindakan

if antesenden *then* konsekuen

if data then hasil

if tindakan then tujuan

if aksi then reaksi

if sebab then akibat

if gejala then diagnosa

Terdapat langkah-langkah yang harus ditempuh dari pengetahuan yang didapatkan dalam domain tertentu. Langkah-langkah tersebut adalah dengan menyajikan pengetahuan yang berhasil didapatkan dalam bentuk tabel keputusan (*decision table*) kemudian dari tabel keputusan dibuat pohon keputusan (*decision tree*).

3.1. Tabel Keputusan dan Pohon Keputusan

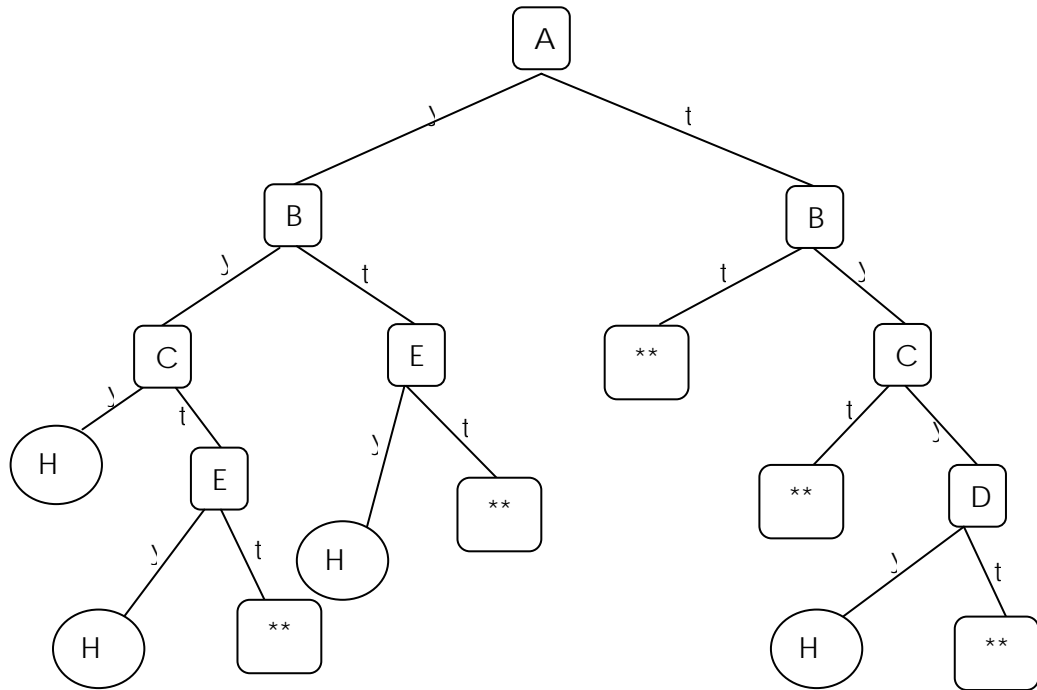
Tabel keputusan merupakan suatu cara untuk mendokumentasikan pengetahuan. Tabel keputusan juga merupakan matrik kondisi yang dipertimbangkan dalam pendeskripsian kaidah. Walaupun kaidah secara langsung dapat dihasilkan dari tabel keputusan tetapi untuk menghasilkan kaidah yang efisien terdapat suatu langkah yang harus ditempuh yaitu membuat pohon keputusan terlebih dahulu.

Dari pohon keputusan dapat diketahui atribut (kondisi) yang dapat direduksi sehingga menghasilkan kaidah yang efisien dan optimal. Contoh tabel keputusan dan pohon keputusan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Contoh Tabel Keputusan

Hipotesa Eviden	Hipotesa 1	Hipotesa 2	Hipotesa 3	Hipotesa 4
Evidence A	ya	ya	ya	tidak
Evidence B	ya	tidak	ya	ya
Evidence C	ya	tidak	tidak	ya
Evidence D	tidak	tidak	tidak	ya
Evidence E	tidak	ya	ya	tidak

Mengacu pada tabel 2.1, dapat dibuat pohon keputusan sebagai berikut :



Gambar 2.7. Contoh Pohon keputusan

Keterangan :

A = evidence A, H1 = hipotesa 1, y = ya

B = evidence B, H2 = hipotesa 2, t = tidak

C = evidence C, H3 = hipotesa 3, ** = tidak menghasilkan hipotesa tertentu.

D = evidence D, H4 = hipotesa 4,

3.2. Konversi menjadi kaidah produksi

Pohon keputusan yang dihasilkan digunakan sebagai acuan dalam menyusun kaidah. Atribut di dalam tabel keputusan menjadi premis di dalam kaidah yang di representasikan secara kaidah produksi. Kaidah-kaidah yang dihasilkan dari pohon keputusan secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

Kaidah 1 : IF A AND B AND C THEN H1

Kaidah 2 : IF E THEN H2

Kaidah 3 : IF E THEN H3

Kaidah 4 : IF B AND C AND D THEN H4.

4. Logika predikat (*Predicate logic*)

Bentuk paling sederhana dari logika predikat adalah logika derajat pertama (*first order logic*). Logika derajat pertama tersebut terbentuk dengan menambahkan fungsi atau analisis lain pada kalkulus predikat. Fungsi merupakan logika yang menghasilkan nilai (*value*).

Logika predikat berdasarkan pada kebenaran dan kaidah inferensi yakni untuk merepresentasikan simbol-simbol dan hubungannya satu dengan yang lain. Selain untuk menentukan kebenaran (*truthfulness*) atau kesalahan (*falsity*), sebuah pernyataan, logika predikat juga dapat digunakan untuk merepresentasikan

pernyataan tentang objek tertentu. Logika predikat dapat memberikan representasi fakta-fakta sebagai suatu pernyataan yang mapan (*well-form*).

Beberapa contoh kalimat yang direpresentasikan dalam logika predikat :

- Jika tidak turun hujan pada hari minggu, Ahmad akan pergi ke gunung.

$(\sim \text{cuaca}(\text{hujan}, \text{minggu}) \rightarrow \text{pergi}(\text{ahmad}, \text{gunung}))$

- Beberapa orang menyukai matematika

$\exists X(\text{orang}(X) \wedge \text{menyukai}(X, \text{matematika}))$

2.2.6. Pengembangan Sistem Pakar

Pendekatan pengembangan sistem pakar secara praktis berdasarkan prinsip-prinsip yang digunakan didalam pengembangan suatu perangkat lunak.

2.2.6.1. Rekayasa Perangkat Lunak

Menurut Presman definisi perangkat lunak adalah :

- a. Sekumpulan instruksi (program komputer) yang bisa dijalankan dan memberikan unjuk kerja yang diinginkan.
- b. Struktur data yang memungkinkan program untuk memanipulasi informasi secara mencukupi.

- c. Dokumentasi-dokumentasi yang menjelaskan penggunaan program mulai dari instalasi sampai dengan perawatan (*maintance*).

Sedangkan yang dimaksud dengan rekayasa perangkat lunak adalah penetapan dan penggunaan prinsip-prinsip rekayasa dalam rangka mendapatkan perangkat lunak yang ekonomis, yaitu perangkat lunak yang handal (terpercaya) dan bekerja dengan efisien (Pressman,1997). Rekayasa perangkat lunak memiliki tiga elemen pokok yaitu :

- a. Metode

Elemen ini menyediakan cara-cara teknik membangun perangkat lunak yang terdiri dari perencanaan proyek dan analisa kebutuhan sistem dan perangkat lunak, perancangan struktur data, arsitektur program, *algoritma procedure*, pengujian dan perawatan perangkat lunak.

- b. Alat bantu

Elemen ini menyediakan dukungan yang bersifat otomatis atau semi otomatis bagi setiap metode.

- c. Prosedur

Elemen ini mempunyai fungsi sebagai berikut :

- Menghubungkan metode dan alat bantu dalam pengembangan perangkat lunak.

- Mendefinisikan keluaran yang dibutuhkan.
- Mendefinisikan kontrol yang dibutuhkan.

Meningkatnya visibilitas perangkat lunak sebagai suatu elemen sistem dan “biaya” yang muncul akibat kegagalan perangkat lunak, memotivasi dilakukannya perencanaan yang baik melalui pengujian yang teliti. Pengujian perangkat lunak merupakan elemen kritis dari jaminan kualitas perangkat lunak dan merepresentasikan kajian pokok dari spesifikasi, desain dan pengkodean.

Terdapat beberapa aturan yang berfungsi sebagai sasaran pengujian :

- a. Pengujian adalah proses eksekusi suatu program dengan maksud menemukan kesalahan.
- b. *Test case* yang baik adalah *test case* yang memiliki probabilitas tinggi untuk menemukan kesalahan yang belum ditemukan sebelumnya.
- c. Pengujian yang sukses adalah pengujian yang mengungkap semua kesalahan yang belum pernah ditemukan sebelumnya.

Beberapa metode dalam melakukan pengujian terhadap perangkat lunak :

1. Pengujian White Box

Pengujian white-box yang juga disebut pengujian *glass-box* merupakan metode desain *test case* yang menggunakan struktur kontrol desain prosedural untuk

memperoleh *test case*. Dengan menggunakan metode pengujian white-box, perancang sistem dapat melakukan *test case* yang :

- a. Memberikan jaminan bahwa semua jalur independen pada suatu modul telah digunakan paling tidak satu kali.
- b. Menggunakan semua keputusan logis pada sisi *true* dan *false*.
- c. Mengeksekusi semua *loop* pada batasan mereka dan pada batas operasional mereka.
- d. Menggunakan struktur data internal untuk menjamin validitasnya.

2. Pengujian Basis Path

Metode basis path ini memungkinkan desainer *test case* mengukur kompleksitas logis dari desain prosedural dan menggunakannya sebagai pedoman untuk menetapkan *basis set* dari jalur eksekusi.

3. Pengujian Struktur Kontrol

Terdapat beberapa metode dalam pengujian struktur kontrol, diantaranya :

- a. Pengujian kondisi

Merupakan sebuah metode desain *test case* yang menggunakan kondisi logis yang ada pada suatu program.

b. Pengujian aliran data

Merupakan metode yang digunakan dalam memilih jalur pengujian dari suatu program sesuai dengan lokasi definisi dan menggunakan variable-variabel pada program.

c. Pengujian loop

Merupakan teknik pengujian white-box yang secara eksklusif berfokus pada validitas konstruksi loop.

4. Pengujian Black Box

Pengujian black-box berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. Dengan demikian pengujian black-box memungkinkan perekayasa perangkat lunak mendapatkan serangkaian kondisi input yang sepenuhnya menggunakan semua persyaratan fungsional untuk suatu program. Pengujian black-box bukan merupakan alternatif dari teknik white box, tetapi merupakan pendekatan komplementer yang kemungkinan besar mampu mengungkap kelas kesalahan dari pada metode white-box.

Pengujian black-box berusaha menemukan kesalahan dalam kategori sebagai berikut :

- a. Fungsi-fungsi yang tidak benar atau hilang.
- b. Kesalahan *interface*.

- c. Kesalahan dalam struktur data atau akses *database* eksternal.
- d. Kesalahan kinerja.
- e. Inisialisasi dan kesalahan terminasi.

5. Pengujian Untuk Aplikasi dan Lingkungan Khusus

a. Pengujian GUI

Graphical User Interfaces (GUIs) menyajikan tantangan yang menarik bagi para perancang. Karena komponen *reusable* berfungsi sebagai bagian dari lingkungan pengembangan GUI, pembuatan *interface* pemakai telah menjadi hemat waktu dan lebih teliti. Pada saat yang sama, kompleksitas GUI telah berkembang, menimbulkan kesulitan yang lebih besar didalam desain dan eksekusi *test case*. Beberapa pengujian GUI dilakukan untuk *windows*, menu *pull-down*, operasi mouse dan entri data.

b. Pengujian arsitektur Client/Server

Sifat terdistribusi dari client/server, masalah kinerja yang berhubungan dengan pemrosesan transaksi, kehadiran potensial dari sejumlah platform perangkat keras yang berbeda, kompleksitas komunikasi jaringan, kebutuhan akan layanan client multiple dari suatu database terpusat dan persyaratan koordinasi yang dibebankan pada server, semua secara bersama-sama membuat pengujian

terhadap arsitektur client/server dan perangkat lunak yang ada didalamnya menjadi lebih sulit dari pada pengujian aplikasi yang berdiri sendiri.

c. Pengujian Dokumentasi dan Fasilitas Help

Kesalahan dalam dokumentasi dapat menghancurkan penerimaan program seperti halnya kesalahan pada data atau kode sumber. Karena itulah pengujian dokumentasi harus menjadi suatu bagian yang berarti dari setiap rencana pengujian perangkat lunak.

d. Pengujian Sistem Real-Time

Pada banyak situasi, data pengujian yang diberikan pada saat sebuah sistem *real-time* ada dalam satu keadaan akan menghasilkan pemrosesan yang baik, sementara data yang sama yang diberikan pada saat sistem berada dalam keadaan yang berbeda dapat menyebabkan kesalahan.

2.2.6.2. Kesalahan Dalam Tahapan Pengembangan Sistem Pakar

Beberapa kesalahan yang mungkin terjadi pada pengembangan sistem pakar (Arhami,2005) :

a. Kesalahan *knowledge* pakar (*Expert's knowledge error*).

Pakar merupakan sumber *knowledge*, jika *knowledge* yang berasal dari pakar mengandung kesalahan maka kesalahan berlanjut pada keseluruhan proses pengembangan sistem. Untuk proyek yang melibatkan resiko hidup manusia dan

properti, perlu dibuat suatu prosedur formal untuk menilai *knowledge* dari pakar. Misalkan dengan membentuk sebuah panel yang beranggotakan user, pakar independen dari bidang yang sama, pengembang sistem dan manajer yang akan melakukan review serta analisis terhadap pemecahan solusi dan teknik yang digunakan untuk membangun sistem.

Keuntungan dari panel ini adalah *knowledge* dari pakar akan di evaluasi validitas dan akurasi sejak awal pengembangan. Semakin banyak kesalahan yang ditemukan akan semakin besar biaya yang dibutuhkan untuk memperbaiki. Jika *knowledge* diverifikasi di tahap awal, maka pengujian utama dilakukan pada tahap validasi final sistem yang memeriksa apakah sistem memenuhi semua kebutuhan terutama dari segi ketepatan dan kelengkapan solusi. Kerugian dari pembentukan panel ini adalah dalam hal munculnya biaya tambahan.

b. Kesalahan semantik (*Semantic error*)

Kesalahan semantik terjadi jika arti dari *knowledge* tidak dikomunikasikan secara tepat. Hal ini dapat disebabkan karena *knowledge engineer* salah menginterpretasikan jawaban / *knowledge* yang diberikan oleh pakar atau pakar salah menangkap pertanyaan yang diberikan oleh *knowledge engineer* ataupun keduanya.

c. Kesalahan sintaks (*Syntax error*)

Kesalahan ini terjadi jika bentuk aturan atau fakta yang tidak tepat dimasukkan ke dalam sistem. *Tool* sistem pakar harus memberi tanda (*flag*) pada kesalahan ini dan memberikan pesan yang sesuai. Kesalahan lain yang terjadi pada tahap pengembangan *knowledge-base* disebabkan pada kesalahan sumber *knowledge* yang tidak dideteksi pada tahap awal.

d. Kesalahan mesin inferensi (*Inference engine error*)

Sama seperti software lainnya, mesin inferensi juga dapat mengandung *bug/error*. Pada saat sistem pakar akan diimplementasikan, semua *bugs* harus diperbaiki terlebih dahulu. Namun, kadang terdapat *bugs* yang muncul pada kondisi yang khusus/langka. Secara umum *bugs* mesin inferensi dapat muncul pada saat operasi pencocokan pola (*pattern matching*), konflik dan eksekusi. *Bugs* akan sulit dideteksi jika dalam keadaan yang tidak konsisten.

Metode sederhana yang dapat digunakan untuk memeriksa *error* adalah dengan bertanya pada user lain atau vendor. Vendor harus menyediakan daftar pelanggan, *bugs report* dan cara perbaikan *bugs*. Kelompok user juga merupakan sumber informasi yang baik untuk menangani *bugs* ini.

e. Kesalahan rantai proses inferensi (*Inference chain error*)

Kesalahan ini dapat disebabkan oleh kesalahan *knowledge*, kesalahan semantik, *bug inference engine*, spesifikasi prioritas aturan (*rule*) yang tidak tepat dan interaksi antar *rule* yang tidak diperhitungkan. Kesalahan rantai proses inferensi yang lebih kompleks disebabkan karena ketidakpastian *rule* dan fakta, dan akibat lanjutan dari ketidakpastian tersebut dalam rantai proses inferensi dan *nonmonotonicity*.

f. Batas toleransi terhadap kekurangan (*Limits of ignorance error*)

Salah satu masalah umum yang dihadapi semua tahap pengembangan adalah menentukan batas toleransi terhadap kekurangan sistem. Pakar mengetahui batas pengetahuan yang mereka miliki dan kemampuannya berkurang pada batas tersebut. Pakar harus jujur mengakui bahwa solusi mereka tidak optimal dan mengandung ketidakpastian. Pada sistem pakar, kecuali sistem dirancang khusus untuk mengakui ketidakpastian, sistem akan tetap memberikan solusi walaupun proses inferensi yang dilakukan dan fakta yang dimiliki sangat sedikit dan lemah.

2.2.7. Hama dan Penyakit Tanaman Bawang Merah

2.2.7.1. Hama Tanaman Bawang Merah

1. *Ulat Bawang* (*Onion caterpillar*, *Beet armyworm*)

a. Gejala - gejala :

Ujung daun tampak berlubang atau terpotong, daun terlihat tembus cahaya, bercak daun berwarna putih, daun terkulai/layu.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Telur dan ulat dikumpulkan lalu dimusnahkan, sanitasi terhadap lingkungan.

2. Fisik Mekanis

Pasang perangkap ngengat (*feromonoid seks*) ulat bawang 40 buah/ha.

3. Hayati

Pemanfaatan predator atau musuh alami ulat bawang, yaitu : *Areneus inustus*, *Argiope sp.*, *Lycosa pseudoannulata*, *Oxyopus javanus*, *Spodoptera exigua Nuclear Polyhidrosis Virus (SeNPV)*.

4. Kimiawi

Jika intensitas kerusakan daun lebih besar atau sama dengan 5 % per rumpun atau telah ditemukan 1 paket telur/10 tanaman, dilakukan penyemprotan dengan insektisida efektif yang telah resmi terdaftar pada

Dinas Pertanian, misalnya : Ammate 150 SC, Bison 200 EC, Dursban 20 EC, Fenom 30 EC, Kilat 50 SC, Matador 25 EC, Pegasus 500 EC, Samba 100 EC, Tetrin 30 EC, Yasithrin 30 EC dan lain-lain.

2. Hama Putih atau Trips (*Thrips*)

a. Gejala - gejala :

Daun bernoda putih mengkilat seperti perak, seluruh daun berwarna putih jika sudah parah, umbi berukuran kecil.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Penyiraman dilakukan pada siang hari untuk menghilangkan nimfa trips yang menempel pada daun dan menurunkan suhu disekitar tanaman.

2. Hayati

Pemanfaatan predator hama, yaitu : *Micraspis crocea* dan *Menochilus sexmaculatus*.

3. Kimiawi

Apabila populasi dan serangan terus meningkat (belum ada ambang pengendaliannya) dilakukan pengendalian dengan insektisida efektif yang telah resmi terdaftar oleh Menteri Pertanian, seperti : Padan 50 SP.

3. *Ulat Tanah (Cut Worm)*

a. Gejala - gejala :

Pangkal batang menunjukkan bekas gigitan ulat, pangkal batang terpotong – potong, batang rebah, batang rusak dan berceceran.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Sanitasi gulma karena dapat menarik serangga betina untuk meletakkan telur, pengumpulan larva kemudian memusnahkannya, pengolahan lahan untuk membongkar persembunyian ulat.

2. Hayati

Memanfaatkan predator ulat tanah, yaitu burung.

4. *Lalat Pengorok Daun (Liriomyza chinensis)*

a. Gejala-gejala :

Terdapat bintik-bintik putih pada daun, daun penuh dengan korokan, daun menjadi kering dan warna daun seperti terbakar.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

a. Penanaman varietas toleran; seperti varietas Philipine dan Pergiliran tanaman dengan menanam tanaman selain bawang merah.

- b. Budidaya tanaman sehat; upayakan tanaman tumbuh subur melalui pengairan yang cukup, pemupukan berimbang, dan penyiangan gulma.
- c. Penanaman tanaman perangkap; misalnya menanam tanaman kacang merah yang ditanam lebih awal (± 2 minggu sebelum tanam bawang merah) di sekitar pinggiran tanaman bawang merah, setiap daun kacang merah yang terserang pengorok daun dipetik/diambil dan dimusnahkan.

2. Fisik mekanis

- a. Penggunaan mulsa plastik; mulsa plastik berwarna perak dipasang sebelum tanam, lalu diberi lubang disetiap titik jarak tanam dengan garis tengah lubang yang cukup untuk berkembangnya tanaman bawang merah sampai panen akan mematikan larva yang jatuh dari daun.
- b. Pengambilan daun yang menunjukkan gejala korokan dipotong dan dibutir lalu dimusnahkan atau dengan pemasangan kain kelambu.
- c. Pemasangan likat perangkap; lalat pengorok daun tertarik pada warna kuning. Pasanglah likat perangkap kuning (dari kertas atau plastik) berperekat, dengan ukuran 16 cm x 16 cm yang dipasang pada triplek/seng berukuran sama, dengan ketinggian $\pm 0,5$ m dari permukaan tanah. Jumlah perangkap 80 – 100 buah/ha, disebar merata di pertanaman.
- d. Perangkap lampu neon (TL 10 watt) dengan waktu nyala mulai pukul 18.00 – 24.00 paling efisien dan efektif untuk menangkap imago.

3. Hayati

Pengendalian Biologis dengan menggunakan parasitoid *Hemiptarsenus varicornis*, *Opius* sp, *Neochrysocharis* sp., *Asecodes* sp., *Chrysocharis* sp., *Chrysonotomya* sp., *Gronotoma* sp., *Quadrasticus* sp., *Digyphus isaea*, dan predator *Coenosia humilis*.

4. Kimiawi

Apabila populasi dan serangan terus meningkat (belum ada ambang pengendaliannya) dilakukan pengendalian dengan insektisida efektif yang telah resmi terdaftar oleh Menteri Pertanian, seperti : Cyrrotex 75 SP, Midic 10 WP, Trigard 75 WP dan Prodigy 100 SC.

2.2.7.2. Penyakit Tanaman Bawang Merah

1. Penyakit Trotol, Bercak Ungu (*Purple blotch*)

a. Gejala - gejala :

Daun terdapat bercak melekok, bercak daun berwarna putih atau kelabu, bercak daun memebentuk zona berwarna ungu jika sudah parah, ujung daun kering, umbi membusuk, jaringan umbi mengering.

b. Pengendalian :

1. Kultur Teknis

- a. Waktu tanam yang tepat ; penanaman sebaiknya dilakukan pada musim kemarau, menggunakan varietas tahan ; misalnya varietas Bauji,

pergiliran tanaman dengan tanaman bukan dari genus *Allium* dan melakukan sanitasi lapangan secara cermat

- b. Bila tanaman terkena hujan atau embun, segera disiram dengan air bersih untuk mencuci sisa-sisa air hujan dan percikan tanah yang menempel pada daun.

2. Fisik Mekanis

Pencelupan bibit umbi maksimal 3 menit dalam larutan agens hayati *Pseudomonas fluorescens* (Pf) dosis 1 ml/l air dengan kepadatan populasi $\pm 10^9$.

3. Kimiawi

Jika ambang pengendalian bercak ungu telah mencapai (AP penyakit bercak ungu adalah jika kerusakan daun sebesar 10 % pertanaman contoh) lakukan penyemprotan dengan fungisida efektif yang terdaftar dan diizinkan oleh Menteri Pertanian, seperti : Agrokol 70 WP, Alterna 90 WP, Bazoka 450 SC, Daconil 500 F, Fitozeb 80 WP, Nustar 400 EC, Oktanil 75 WP, Promidon 50 WP, Solid 60 WP, Tonikur 250 EC, Tropicol 82 WP, Ziflo 76 WG dan lain-lain. Adapun waktu penyemprotan paling baik sore hari.

2. Penyakit Embun Buluk/Tepung Palsu (*Downy mildew*)

a. Gejala - gejala :

Ujung daun terdapat bercak hijau pucat, terdapat miselium dan spora pada bercak daun, tanaman kerdil, umbi berkerut, umbi berwarna kecoklatan, bagian umbi dalam tampak kering dan pucat, umbi membusuk.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

- a. Mencegah menanam bawang merah di sekitar area serangan atau bekas tanah/area terserang, penggunaan bibit umbi dari tanaman yang sehat, mengadakan pergiliran tanaman pada areal serangan selama 3 tahun.
- b. Penggunaan pupuk yang berimbang, karena penggunaan pupuk N yang berlebih dapat mengakibatkan tanaman menjadi sekulen karena bertambahnya ukuran sel yang tipis, sehingga mudah terserang penyakit.
- c. Menghindari kelembaban tinggi dengan perbaikan drainase tanah dan sanitasi/membakar sisa tanaman sesudah panen.

2. Fisik mekanis

Perendaman bibit umbi maksimal 3 menit dalam larutan agens hayati *Pseudomonas fluorescens* (Pf) dosis 1 ml/l air dengan kepadatan populasi $\pm 10^9$.

3. Kimiawi

Penggunaan agens hayati (semprotkan 10 cc Pf/1 air 1-2 kali/minggu dengan kepadatan populasi $\pm 10^9$ dan volume semprot 500 l/ha) atau fungisida yang terdaftar dan diizinkan oleh Menteri Pertanian pada awal munculnya gejala, seperti : Daconil 75 WP atau Folirfos 400 AS.

3. Penyakit Bercak daun *Cercospora* (*Cercospora leaf Spot*)

a. Gejala - gejala :

Bercak daun bulat dan memanjang, bercak daun berwarna coklat dengan tepi menguning, jumlah bercak terbanyak pada ujung daun, jaringan pada bercak daun mati.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Menggunakan bibit umbi dari tanaman yang sehat, melakukan sanitasi lapangan secara cermat dan mengurangi suhu pada kelembaban kebun.

2. Fisik mekanis

Memotong daun yang terserang dan memusnahkannya.

3. Kimiawi

Menggunakan fungisida efektif yang terdaftar dan diizinkan oleh Menteri Pertanian, seperti : Benhasil 50 WP dan Colanta 70 WP.

4. Penyakit otomatis, Antraknose (*Antrachnose*)

a. Gejala - gejala :

Bercak daun berwarna putih, bercak daun melebar dan menjadi putih kehijauan, tanaman mati mendadak, daun bawah rebah, pangkal daun mengecil.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

a. Waktu tanam yang tepat yaitu penanaman pada musim kemarau, menanam varietas yang tahan seperti varietas Sumenep dan penggunaan bibit umbi yang berasal dari tanaman sehat.

b. Penggunaan pupuk yang berimbang, misalnya penggunaan pupuk N yang berlebih dapat mengakibatkan tanaman menjadi sekulen karena bertambahnya ukuran sel yang tipis, sehingga mudah terserang penyakit.

c. Segera mencabut dan memusnahkan tanaman yang terserang.

2. Fisik Mekanis

Perendaman bibit umbi maksimal 3 menit dalam larutan agens hayati *Pseudomonas fluorescens* (Pf) dosis 1 ml/l air dengan kepadatan populasi $\pm 10^9$.

3. Hayati

Penggunaan pestisida nabati seperti daun dan biji nimbi.

4. Kimiawi

Jika ambang pengendalian penyakit antraknosa telah tercapai (AP penyakit antraknosa adalah jika kerusakan daun sebesar 10 % pertanaman contoh) lakukan penyemprotan fungisida efektif dan dianjurkan, seperti : Derosal 60 WP. Penyemprotan sebaiknya dilakukan pada sore hari.

5. *Penyakit Moler atau Layu Fusarium (Fusarium Basal Plate Rot)*

a. Gejala - gejala :

Daun terpelintir, daun menguning, daun terkulai/layu, akar membusuk, dasar umbi terdapat cendawan keputih-putihan, pangkal umbi berair, daun mati.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Menanam varietas tahan, seperti varietas Philipina dan Sumenep, rotasi tanaman dalam waktu yang lama, menambah pupuk organik di lahan 5 – 10 ton/ha, menanam bibit umbi yang sehat, menghindari pelukaan umbi baik pada saat tanam atau panen, segera mencabut dan memusnahkan tanaman yang telah terserang dan perlakuan bibit dengan fungisida anjuran (100 kg bibit + 100 gr fungisida).

2. Fisik Mekanis

Melakukan perendaman bibit umbi bawang merah sebelum ditanam dengan cara aplikasi agens hayati *Trichoderma* spp, atau *Gliocladium* spp

atau fusarium non patogen, atau dengan pencelupan bibit umbi maksimal 3 menit dalam larutan Pf dosis 1 ml/l air dengan kepadatan populasi $\pm 10^9$.

3. Kimiawi

Pencelupan dan perlakuan tanah dengan fungisida efektif yang terdaftar dan dilegalkan oleh Menteri Pertanian, seperti : Anaconda 50 WP dan Saco P.

6. *Mati pucuk*

a. Gejala-gejala :

Ujung daun busuk kebasah-basahan, ujung daun berwarna coklat, ujung daun mati.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Menanam varietas bibit umbi yang tahan dan sehat, mengurangi kerapatan tanaman dengan mengatur jarak tanam, sanitasi rumput-rumputan, perbaikan drainase, menghindari pelukaan umbi baik pada saat tanam ataupun panen, rotasi tanaman dalam waktu yang lama, mencabut dan memusnahkan tanaman yang terserang.

2. Fisik Mekanis

Melakukan perendaman bibit umbi bawang merah sebelum ditanam dengan cara aplikasi agens hayati *Trichoderma* spp, atau *Gliocladium* spp

atau fusarium non patogen, atau dengan pencelupan bibit umbi maksimal 3 menit dalam larutan Pf dosis 1 ml/l air dengan kepadatan populasi $\pm 10^9$.

7. Penyakit Buluk *Penicillium* (Blue Mold)

a. Gejala - gejala :

Lapisan umbi terdapat bercak merah keunguan, lapisan umbi tampak basah, lapisan umbi terpisah-pisah, umbi membusuk, umbi berair, tanaman menimbulkan bau busuk yang menyengat.

b. Pengendalian:

1. Kultur teknis

Pergiliran tanaman dengan jenis tanaman lain (bukan dari jenis bawang – bawang atau *Allium*) serta menjaga drainase agar tanah tidak terlalu becek.

2. Fisik mekanis

Pemberian lampu dan kipas angin agar tidak mudah lembab pada saat melakukan penyimpanan.

8. Virus Kerdil Kuning, Virus Mosaik (*Onion Yellow Dwarf Virus*)

a. Gejala - gejala :

Bentuk daun lebih kecil, warna daun belang hijau pucat sampai kekuningan, daun berpilin, umbi berukuran kecil.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Penanaman umbi yang bebas virus dan ditanam didaerah bebas virus yang letaknya jauh dari sumber penyakit, pergiliran tanaman selain jenis *Allium* dan mencabut tanaman yang terserang.

2. Fisik mekanis

Eradikasi tanaman yang menunjukkan gejala serangan.

9. Penyakit Nematoda Buncak Akar (*Root Knot Nematode*)

a. Gejala - gejala :

Terdapat puru berbentuk bulat pada akar, akar lebih pendek, akar lebih sedikit, rambut akar sedikit, tanaman lebih kaku, tanaman lebih kerdil, tanaman menguning.

b. Pengendalian :

Kultur teknis :

Sterilisasi lahan sebelum proses penanaman, pengaturan sistem pengairan / drainase dan kondisi kelembaban dipertahankan dengan baik.

2.2.8. Hama dan Penyakit Tanaman Cabai

2.2.8.1. Hama Tanaman Cabai

1. *Tungau Kuning* (*Polyphagotarsonemus latus* Banks)

a. Gejala :

Daun menebal, warna daun berubah menjadi warna tembaga/kecoklatan, daun terpuntir, daun menyusut, daun mengeriting, tunas dan bunga gugur.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Sanitasi terhadap lingkungan.

2. Fisik mekanis

Mengeradikasi bagian tanaman terserang dan memusnahkannya.

3. Hayati

Pemanfaatan musuh alami yaitu predator *Amblyseius cucumeris*.

4. Kimiawi

Apabila berdasarkan hasil pengamatan tanaman contoh, serangan mencapai lebih atau sama dengan 15 % per tanaman contoh, maka dapat digunakan pestisida efektif yang terdaftar dan berdasarkan izin dari Menteri Pertanian untuk menekan populasi, seperti : Apollo 500 SC, Mesurol 50 WP, Mitisun 570 WP, Pegasus 500 EC, Terminator 135 EC dan Tokuthion 500 EC.

2. *Trips* (*Thrips parvispinus* Karny)

a. Gejala :

Permukaan bawah daun berwarna keperak-perakan, bercak daun berwarna putih, daun mengering, daun mengeriting, daun keriput, daun timbul benjolan seperti tumor, pucuk tanaman mati.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Membakar sisa jerami/mulsa yang dipakai selama pertanaman, serta melakukan sanitasi dan pemusnahan bagian tanaman yang terserang.

2. Fisik Mekanis

a. Penggunaan mulsa plastik yang dikombinasikan dengan tanaman perangkap caisin dapat menunda serangan yang biasanya terjadi pada umur 14 hari setelah tanam.

b. Penggunaan perangkap likat warna biru, putih atau kuning sebanyak 40 buah per hektar atau 2 buah per 500 m² dipasang ditengah pertanaman sejak tanaman berumur 2 minggu. Setiap minggu perangkap diolesi dengan oli atau perekat. Perangkap likat dipasang dengan ketinggian sedikit diatas tajuk tanaman.

3. Hayati

Pemanfaatan musuh alami predator *Coccinella repanda*, *Amblysius cucumeris*, *Orius minutes*, *Arachnidea* dan patogen *Entomophtora* SP.

4. Kimiawi

Apabila berdasarkan hasil pengamatan tanaman contoh, serangan mencapai lebih atau sama dengan 15 % per tanaman contoh, maka dapat digunakan pestisida efektif yang terdaftar dan berdasarkan izin dari Menteri Pertanian untuk menekan populasi, seperti : Abuki 50 SL, Agrimec 18 EC, Amirid 200 SL, Anwavin 500 EC, Delouse 200 SL, Demolish 18 EC, Lavista 200 EC, Regent 50 SC dan Sidamec 20 EC dan lain-lain.

3. *Kutu Daun Persik* (*Myzus persicae* Sulz.)

a. Gejala :

Tanaman menjadi keriput, tanaman kerdil, warna daun kekuningan, daun layu.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Sanitasi dan pemusnahan gulma dan bagian tanaman yang terserang dengan cara dibakar.

2. Fisik mekanis

a. Menggunakan kain kassa / kelambu baik di bedengan pesemaian maupun di lapangan.

b. Penggunaan perangkap air berwarna kuning sebanyak 40 buah per hektar atau 2 buah per 500 m² dipasang ditengah pertanaman sejak tanaman berumur 2 minggu.

3. Hayati

Pemanfaatan musuh alami parasitoid *Aphidius* sp., predator kumbang *Coccinella transversalis*, *Menochillus sexmaculata*, *Chrysopa* sp., larva *Syrphidae*, *Harmonia octomaculata*, *Microphis lineate*, *Veranius* sp. Dan patogen *Entomophthora* sp., *Verticillium* sp.

4. Kimiawi

Apabila berdasarkan hasil tanaman contoh, jumlah kutu daun lebih dari 7 ekor per 10 daun contoh atau serangan mencapai lebih atau sama dengan 15 % pertanaman contoh, maka dapat menggunakan insektisida yang efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Marshal 200 EC, Padan 50 SP, Tetrin 30 EC dan Voltage 560 EC.

4. *Kutu Kebul* (*Bemisia tabaci*)

a. Gejala :

Sel-sel dan jaringan daun rusak, daun keriput, daun mati, bercak nekrotik pada daun.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

- a. Menanam pinggiran lahan dengan tanaman jagung atau bunga matahari sebagai barier dan memperbanyak populasi agens hayati.
- b. Pergiliran (rotasi) tanaman dengan tanaman bukan inang virus (terutama bukan famili Solanaceae seperti tomat, cabai, kentang dan *Cucurbitaceae* seperti mentimun).

- c. Sanitasi lingkungan, terutama mengendalikan gulma daun lebar babadotan dan ciplukan yang dapat menjadi tanaman inang virus.
- d. Tumpang sari antara tanaman sayuran, cabai dengan tagetes untuk mengurangi resiko serangan.

2. Fisik / mekanis

Pemasangan perangkap likat berwarna kuning (40 buah per ha), pemasangan kelambu di pembibitan sampai di pertanaman terutama saat populasi tinggi / musim kemarau dan sisa tanaman terserang dikumpulkan dan dibakar.

3. Hayati

- a. Kumbang predator *Menochilus sexmaculatus* (Coccinellidae), mampu memangsa 200 – 400 ekor nimfa kutu kebul.
- b. Tabuhan parasitoid nimfa *Encarcia formosa* serangga betinanya mampu menghasilkan telur sebanyak 100 – 200 butir, untuk tanaman cabai 1 ekor *E. formosa* setiap 4 tanaman/minggu dilakukan selama 8 – 10 minggu.
- c. Untuk meningkatkan musuh alami dilapangan diperlukan pelepasan parasitoid dan predator secara berkala.

4. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan populasi hama, maka dapat menggunakan insektisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Actara 25 WG dan Pegasus 500 SC.

5. Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.)

a. Gejala :

Daun transparan, timbul lubang yang tidak beraturan pada buah, daun rusak, tanaman gundul.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Sanitasi lahan dari gulma dan melakukan pengolahan lahan yang intensif.

2. Fisik Mekanis

a. Pembutiran, mengumpulkan larva atau pupa dan bagian tanaman yang terserang kemudian memusnahkannya.

b. Penggunaan perangkap feromonoid seks untuk ngengat sebanyak 40 buah per hektar atau 2 buah per 500 m² dipasang ditengah pertanaman sejak tanaman berumur 2 minggu.

3. Hayati

Pemanfaatan musuh alami pathogen SI-NPV (*Spodoptera litura* – *Nuclear Polyhedrosis Virus*), predator *Sycanus* sp., *Andrallus spinideus*, *Selonepnis geminada*, parasitoid *Apanteles* sp., *Telenomus spodopterae*, *Microplitis similis*, *Peribeae* sp.

4. Kimiawi

Apabila berdasarkan hasil pengamatan tanaman contoh, serangan mencapai lebih atau sama dengan 12,5 % per tanaman contoh, maka dapat menggunakan insektisida efektif yang telah terdaftar dan mendapat izin dari

Menteri Pertanian untuk menekan populasi hama, seperti : Actan 400 SL, Amonite 25 EC, Barrier 20 SP, Cucak Rowo 25 EC, Daitona 400 EC, Gladiator 25 EC, Matador 25 EC, Prozinon 600 EC, Trajet 25 EC, Veto 650 EC dan lain-lain.

6. Ulat Buah (*Helicoverpa armigera* Hubner)

a. Gejala-gejala :

Buah berlubang, buah membusuk.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Sanitasi lahan dari gulma serta sanitasi terhadap buah yang terserang/berlubang untuk dikumpulkan dan dimusnahkan.

2. Hayati

Memfaatkan musuh alami yang dapat menyerang ulat buah, antara lain : parasitoid telur *Trichogramma nana*, parasitoid larva *Diadegma argenteopilosa*, cendawan *Metharrhizium* dan nematode parasit serangga (“*Entomophagous nematodes*”).

3. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan populasi hama, maka dapat menggunakan insektisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Bima 10 WP dan Proaxis 15 SC.

7. *Lalat Buah* (*Bactrocera* sp)

a. Gejala :

Terdapat titik coklat kehitaman pada pangkal buah, pangkal buah berlubang, buah membusuk, buah jatuh ke tanah.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

a. Pencacahan (pembongkaran) tanah sekitar tanaman agar kepompong yang berada di dalam tanah terkena sinar matahari, terganggu hidupnya dan akhirnya mati.

b. Sanitasi buah yang terserang baik yang gugur maupun yang masih berada dipohon, dikumpulkan dan dimusnahkan dengan cara dibakar atau dibenamkan dalam tanah.

2. Fisik mekanis

Penggunaan perangkap dengan atraktan Metil Eugenol (ME) atau minyak *Melaleuca brachateata* (MMB) dengan dosis 1 ml / perangkap sebanyak 40 buah per hektar atau 2 buah per 500 m² yang dipasang ditengah partanaman sejak tanaman berumur 2 minggu. Setiap 2 minggu atraktan ditambah. Perangkap dipasang dengan ketinggian \pm 50 cm (sedikit diatas tajuk tanaman).

3. Hayati

Pemanfaatan musuh alami parasitoid famili *Braconidae* (*Biosteres* sp., *Opius* sp.), predator famili *Formicidae* (semut), *Arachnidae* (laba-laba), *Staphylinidae* (kumbang), *Dermaptera* (cecopet).

4. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan populasi hama, maka dapat menggunakan insektisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Bima 10 WP dan Bestox 50 EC.

2.2.8.2. Penyakit Tanaman Cabai

1. Penyakit Layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Melongenae* Schlecht)

a. Gejala-gejala :

Daun menguning, warna jaringan akar coklat, warna jaringan batang coklat, akar membusuk, buah kecil, buah gugur.

b. Pengendalian :

1. Kultur Teknis

Penggunaan benih sehat, penggiliran tanaman, perbaikan drainase dan sanitasi terhadap lingkungan.

2. Fisik mekanis

Mengeradikasi tanaman terserang dengan cara dicabut dan dimusnahkan.

3. Hayati

Pemanfaatan agens antagonis *Trichoderma* spp. Dan *Gliocladium* spp. yang diaplikasikan pada kantong pesemaian sebanyak 5 gram per kantong, 3 hari sebelum penanaman benih atau bersamaan dengan penanaman benih.

4. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan serangan penyakit, maka dapat menggunakan fungisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Saco P dan Anaconda 50 WP.

2. **Layu Bakteri** (*Ralstonia* (*Pseudomonas solanacearum* E.F.Sm)

a. Gejala-gejala :

Daun layu, jaringanvaskuler bawah batang kecoklatan, akar menjadi kecoklatan, warna buah kekuningan, buah membusuk.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

Pergiliran tanaman, perbaikan aerasi tanah dengan pembuatan guludan setinggi 40 – 50 cm, penurunan pH tanah dengan memberi belerang, penggunaan benih sehat serta sanitasi dengan mengeradikasi tanaman terserang dan sisa tanaman sakit dengan cara dicabut dan dimusnahkan.

2. Hayati

a. Pemanfaatan agens antagonis *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* spp. yang diaplikasikan pada kantong pesemaian sebanyak 5 gram per

kantong, 3 hari sebelum penanaman benih atau bersamaan dengan penanaman benih.

b. Pemanfaatan mikroba antagonis *Pseudomonas fluorescens*.

3. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan serangan penyakit, maka dapat menggunakan bakterisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Bactocyn 150 L dan Stamycin 20 WP.

3. **Bercak Daun *Cercospora* (*Cercospora capsici* Heald et Wolf)**

a. Gejala-gejala :

Terdapat bercak bulat dan kering pada daun, bercak pada daun berwarna pucat sampai putih, bercak pada daun menyerupai mata kodok (*frogeyes*), daun menguning, terdapat bercak pada batang.

b. Pengendalian :

1. Kutur teknis :

a. Pemilihan bibit yang bebas patogen, perbaikan drainase, dan sanitasi terhadap lingkungan.

b. Pola tanam : - menanam pada musim kemarau

- pergiliran tanaman dengan tanaman non *Solanaceae*.

2. Fisik mekanis

Mengeradikasi tanaman terserang dengan cara dicabut dan dimusnahkan.

3. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan serangan penyakit, maka dapat menggunakan fungisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Acrobat 50 WP, Broconil 75 WP, Daconil 500 F, Fitozeb 80 WP, Greenville 80 WP, Haticol 70 WP, Scorpio 250 EC, Velimex 80 WP dan lain-lain.

4. *Antraknosa/Penyakit Patek* (*Colletotrichum capsici* (Syd.) Bult. Et. Bisby)

a. Gejala-gejala :

Bercak kecil coklat kehitaman pada buah, buah membusuk, buah keriput, warna kulit buah seperti jerami padi.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

a. Penggunaan benih sehat, perendaman benih dalam air panas $\pm 55^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit.

b. Pola tanam : - menanam pada musim kemarau

- pergiliran tanaman dengan tanaman non *solanaceae*.

c. Perbaiki drainase serta sanitasi dan pemusnahan gulma dan buah cabai yang terserang penyakit.

2. Hayati

a. Pemanfaatan agens antagonis *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* spp. yang diaplikasikan pada kantong pesemaian sebanyak 5 gram per

kantong, 3 hari sebelum penanaman benih atau bersamaan dengan penanaman benih.

- b. Pemanfaatan mikroba antagonis *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* yang diaplikasikan mulai fase pembuangan hingga 2 minggu setelah pembuangan dengan selang waktu 1 minggu.

3. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan serangan penyakit dan gejala serangan semakin meluas, maka dapat menggunakan fungisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Agronil 75 WP, Belvo 80 WDG, Conasol 50 SC, Daconil 500 F, Judo 70 WP, Promaneb 80 WP, Topsin M 500 F, Velimex 80 WP dan lain-lain.

5. *Busuk Buah (Fruit rot)*

- a. Gejala-gejala :

Terdapat bercak kecil kebasah-basahan pada buah, buah mengering, biji yang terserang menjadi coklat, biji yang terserang menjadi keriput.

- b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

- a. Menanam varietas yang tahan (*Hot beauty* agak toleran terhadap serangan penyakit busuk buah).
- b. Mengurangi kerapatan tanaman dengan mengatur jarak tanam, perbaikan drainase dan sanitasi rumput-rumputan.

2. Fisik mekanis

- a. Pemetikan buah sakit dan dimusnahkan.
- b. Perendaman benih selama 6 – 12 jam dalam larutan agens hayati Pf dengan dosis 20 ml/l air (kepadatan populasi $\pm 10^9$), atau penggunaan *Trichoderma* spp, serta *Gliocladium* spp dicampur dengan pupuk kandang saat pengolahan tanah atau dosis 5 gr/tanaman.

3. Kimiawi

Apabila tetap tidak dapat menekan serangan penyakit dan gejala serangan semakin meluas, maka dapat menggunakan fungisida efektif yang telah terdaftar dan mendapatkan izin dari Menteri Pertanian, seperti : Alternan 90 WP, Cozeb 80 WP, Gita 80 WP dan Previcur-N.

6. *Virus Kerupuk*

a. Gejala-gejala :

Daun melengkung ke bawah, daun berwarna hijau pekat, permukaan daun tidak rata, daun terkesan regas seperti kerupuk, daun mati, bunga dan bakal buah berguguran.

b. Pengendalian :

1. Kultur teknis

- a. Menggunakan bibit tanaman yang sehat (tidak mengandung virus) atau bukan dari daerah terserang.

- b. Melakukan rotasi / pergiliran tanaman dengan tanaman bukan inang virus (terutama bukan famili *Solanaceae*, seperti : tomat, cabai, kentang tembakau dan famili *Cucurbitaceae* seperti : mentimun).
- c. Melakukan sanitasi lingkungan, terutama mengendalikan tanaman pengganggu/gulma.

2. Fisik Mekanis

- a. Penggunaan mulsa plastik perak di dataran tinggi dan jerami didataran rendah mengurangi infestasi serangga afid yang berperan sebagai vektor virus.
- b. Eradikasi tanaman sakit, yaitu tanaman yang menunjukkan gejala segera dicabut dan dimusnahkan.

7. *Virus Mosaik*

a. Gejala-gejala :

Warna daun belang, daun cekung, daun mengeriting, daun memanjang, bentuk daun menyempit, pertumbuhan tanaman terhambat.

b. Pengendalian :

1. Kultur Teknis

- a. Menggunakan bibit tanaman yang sehat (tidak mengandung virus) atau bukan berasal dari daerah terserang.
- b. Pemupukan yang berimbang, yaitu 150 – 200 kg Urea, 450 – 500 kg Za, 100 – 150 kg TSP, 100 – 150 kg KCL, 20 – 30 tonpupuk organik per hektar.

- c. Imunisasi tanaman cabai dengan virus CMV yang dilemahkan dengan satelit virus CARNA-5 dapat menahan serangan CMV yang lebih ganas
- d. Sanitasi terhadap lingkungan, terutama mengendalikan gulma yang dapat menjadi tanaman inang virus.

2. Fisik Mekanis

- a. Penggunaan mulsa plastik perak di dataran tinggi dan jerami didataran rendah mengurangi infestasi serangga afid yang berperan sebagai vektor virus.
- b. Pemusnahan terhadap tanaman muda yang terinfeksi virus.

8. *Virus Kuning*

a. Gejala-gejala :

Helai daun mengalami “*vein clearing*”, pucuk daun berwarna kuning jelas, tulang daun menebal, daun menggulung keatas, daun menyusut, tanaman kerdil.

b. Pengendalian :

Usaha pengendalian penyakit virus kuning (khususnya dengan pestisida) terutama ditujukan kepada serangga vektornya, karena sampai saat ini tidak ada pestisida yang terdaftar dan diizinkan oleh Menteri Pertanian yang dapat mematikan virus. Langkah-langkah pencegahan dan pengendalian penyakit virus kuning pada tanaman cabai antara lain :

1. Kultur teknis

- a. Menggunakan bibit tanaman yang sehat (tidak mengandung virus) atau bukan berasal dari daerah terserang.
- b. Melakukan rotasi tanaman dengan tanaman bukan inang virus (terutama bukan dari famili *Solanaceae* seperti tomat, cabai, kentang, tembakau dan famili *Cucurbitaceae* seperti mentimun).
- c. Melakukan sanitasi lingkungan, terutama mengendalikan tumbuhan pengganggu/gulma berdaun lebar dari jenis babadotan, gulma bunga kancing dan ciplukan yang dapat menjadi tanaman inang virus.

2. Fisik Mekanis

- a. Penggunaan mulsa perak di dataran tinggi dan jerami didatarn rendah mengurangi infestasi serangga pengisap daun.
- b. Eradikasi tanaman sakit, yaitu tanaman yang menunjukkan gejala segera dicabut dan dimusnahkan supaya tidak menjadi sumber penularan ke tanaman lain yang sehat.