

Bab 6

Sistem Pakar

POKOK BAHASAN:

- ✓ Konsep Dasar Sistem Pakar
- ✓ Pendekatan Inferensi dalam Sistem Pakar
- ✓ Inferensi berbasis Aturan
- ✓ Metode Pencarian
- ✓ Faktor Ketidakpastian

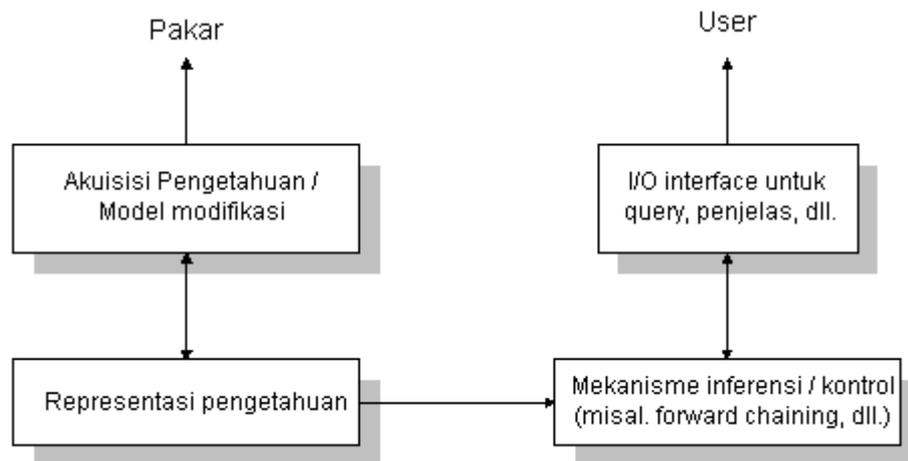
TUJUAN BELAJAR:

Setelah mempelajari materi dalam bab ini, mahasiswa diharapkan :

- ✓ Memahami Konsep Dasar Sistem Pakar
- ✓ Memahami Pendekatan Inferensi yang digunakan dalam Sistem Pakar
- ✓ Mengetahui Kaitan antara Sistem Pakar dengan Bidang Ilmu lain

6.1 PENDAHULUAN

Usaha untuk memahami dan meniru mekanisme kecerdasan manusia dengan memakai komputer agar memiliki pengetahuan seperti seorang pakar. Dengan perkembangan salah satu bidang dalam Kecerdasan Buatan yaitu Sistem Pakar.



Gambar 2.6.
Struktur Sistem Pakar

Pengetahuan Sistem Pakar diambil dari seorang manusia yang pakar dalam domain tersebut, dan Sistem Pakar berusaha menirukan metodologi dan kinerjanya.

6.2 PENGERTIAN SISTEM PAKAR

Sistem Pakar adalah bagian dari Kecerdasan Buatan yang berisi kombinasi pemahaman teoritis tentang suatu persoalan dan sekumpulan aturan pemecahan persoalan heuristik yang dikembangkan oleh manusia untuk dapat memecahkan problema pada suatu domain yang spesifik. Sekumpulan aturan/bentuk pengetahuan ini didapatkan dari seorang pakar. Bentuk pengetahuan adalah:

- Fakta, teori dan prosedur/aturan
- Strategi global untuk menyelesaikan masalah

Sistem Pakar merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memecahkan masalah yang biasanya diselesaikan oleh seorang pakar. Aturan-aturan atau basis pengetahuan yang sudah tersimpan ini dicocokkan dengan fakta-fakta yang ditemukan dilapangan, diproses dengan mesin inferensi untuk mendapatkan solusi. Dengan sistem pakar ini, orang awampun dapat menyelesaikan masalah yang cukup rumit yang

sebenarnya hanya dapat diselesaikan dengan bantuan para ahli. Bagi para ahli, sistem pakar juga akan membantu aktivitasnya sebagai asisten.

6.3 SEJARAH SISTEM PAKAR

Ada beberapa definisi tentang sistem pakar antara lain,

- Menurut Durkin: Sistem pakar adalah suatu program komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan penyelesaian masalah yang dilakukan oleh seorang pakar.
- Menurut Ignizio: Sistem pakar adalah suatu model dan prosedur yang berkaitan, dalam suatu domain tertentu yang tingkat keahliannya dapat dibandingkan dengan keahlian seorang pakar.
- Menurut Giarratano dan Riley: Sistem pakar adalah suatu sistem komputer yang menyamai atau meniru kemampuan seorang pakar.

Sistem pakar pertama kali dikembangkan oleh komunitas AI pada pertengahan tahun 1960. Sistem pakar yang muncul pertama kali adalah General-purpose Problem Solver (GPS)

6.4 KARAKTERISTIK SISTEM PAKAR

Karakteristik umum yang membedakan Sistem Pakar dengan perangkat lunak biasa adalah :

1. Terdapat banyak kemungkinan jawaban

Akan memakan waktu lama untuk menguji dan mempelajari jawaban itu, karena ruang persoalan (problem space) berukuran besar dan tak pasti.

2. Data kabur

Sistem Pakar mencapai konklusi yang tidak pasti karena informasi yang dipakainya sering berupa data yang kabur. Walaupun demikian sistem pakar diharapkan dapat

memberi keputusan yang tergolong baik. Dalam arti tingkat kesalahannya tidak terlalu besar.

3. Heuristik

Bersifat heuristik dalam menggunakan pengetahuan untuk memperoleh suatu solusi.

4. Fasilitas informasi

Sistem pakar dapat memberikan kemudahan-kemudahan jawaban kepada user, sehingga user akan merasa puas dengan jawaban yang diberikan Sistem Pakar.

Sedangkan Sistem Pakar bisa disebut mempunyai sifat yang ideal bila mempunyai ciri-ciri :

1. Terbuka untuk diperiksa
2. Mudah dimodifikasi
3. Fasilitas penalaran/penjelasan

Sangatlah penting bagi sebuah Sistem Pakar mempunyai sifat terbuka terhadap pemeriksaan, karena alasan :

1. Untuk mempermudah penambahan sejumlah informasi atau aturan baru untuk memperbaharui basis pengetahuannya dalam rangka mengembangkan kinerjanya.
2. Memuaskan *user*, akan kebenaran jawaban yang diberikan oleh Sistem Pakar.
3. Setiap aspek dan keputusan yang diambil selama proses untuk mendapatkan solusi dapat dievaluasi dengan baik.

Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi agar sistem pakar dapat bekerja dengan baik

- Domain masalah tidak terlalu luas/spesifik seperti bidang keuangan, kedokteran, game dsb
- Kompleksitasnya menengah artinya jika masalah terlalu mudah, dapat diselesaikan beberapa detik saja atau masalah yang sangat kompleks seperti peramalan inflasi maka tidak perlu menggunakan sistem pakar.

- Tersedianya ahli.
- Menghasilkan saran saja
- Tidak melibatkan hal-hal yang bersifat common sense yaitu penalaran yang diperoleh dari pengalaman.

Sedangkan dengan adanya fasilitas penalaran, Sistem Pakar akan dapat memberikan informasi tentang kesimpulan yang diambil komputer dan memperlihatkan kaidah-kaidah yang dipergunakan serta urutan yang dilaksanakan.

6.5 KEUNTUNGAN DAN KELEMAHAN SISTEM PAKAR

Sistem Pakar yang dikembangkan oleh manusia mempunyai keuntungan dan kelemahan. Manfaat yang dapat diambil adalah:

- Memungkinkan orang awam bisa mengerjakan pekerjaan para ahli.
- Bisa melakukan proses secara berulang secara otomatis.
- Mampu mengambil dan melestarikan keahlian para pakar.
- Memiliki kemampuan untuk bekerja dengan informasi yang tidak lengkap dan mengandung ketidakpastian.
- Meningkatkan kapabilitas dalam penyelesaian masalah.
- Menghemat waktu dalam pengambilan keputusan.
- Mampu beroperasi dalam lingkungan yang tidak bersahabat.

Kelemahan Sistem Pakar adalah

- Biaya yang diperlukan untuk membuat dan memeliharanya sangat mahal
- Sulit dikembangkan, karena ruang lingkup tidak boleh terlalu luas dan berkaitan dengan ketersediaan pakar dibidangnya.

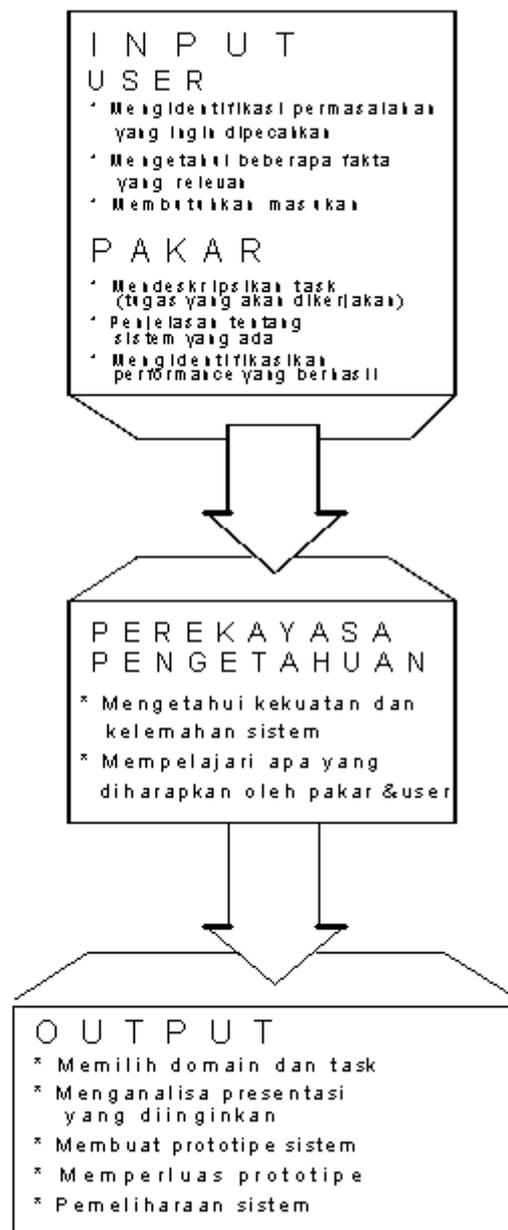
6.6 PENDEKATAN INFERENSI DALAM SISTEM PAKAR

Mekanisme Inferensi dalam Sistem Pakar menerapkan pengetahuan untuk solusi problema yang sebenarnya.

Mekanisme inferensi merupakan pusat dari kemampuan untuk belajar dari pengalaman (proses belajar) sebab memungkinkan untuk men-generate fakta baru. Dan juga dapat melakukan verifikasi terhadap data-data yang ada, dengan melakukan deteksi terjadinya kesalahan dalam alur berpikir dan menuntun user untuk memodifikasi aturan-aturan yang digunakan untuk mendapatkan *goal*.

Penyusunan suatu mekanisme inferensi dengan pendekatan tertentu, melibatkan konversi dari representasi pengetahuan yang ada ke dalam bentuk pendekatan mekanisme inferensi yang dipilih. Misal konversi pohon keputusan (*decision tree*) ke dalam bentuk aturan IF-THEN.

Ada beberapa pendekatan dalam menyusun struktur mekanisme inferensi.



Gambar 2.7.

Perekayasa Pengetahuan dengan Input-Output Sistem Pakar

6.4.1 TEKNIK HEURISTIK

Agar dapat memecahkan problema yang sangat sulit, seringkali harus dilakukan kompromi terhadap kecepatan dan sistematika serta membuat struktur pengendalian yang tidak menjamin didapatkannya jawaban yang terbaik namun optimal. Maka

dipakailah teknik heuristik yaitu sebuah teknik yang mengembangkan efisiensi, namun dengan kemungkinan mengorbankan kelengkapan. Peran seorang pakar disini sangat diperlukan dalam memberikan suatu saran tentang sifat heuristik yang dipakai dalam pemecahan suatu problema.

Heuristik menggunakan pengetahuan tentang sifat problema untuk mendapatkan solusi secara efisien. Heuristik serupa dengan pruning yang merupakan salah satu dari elemen dasar Kecerdasan Buatan.

6.4.2 INFERENSI BERBASIS ATURAN

Aturan diekspresikan dalam bentuk kondisi IF-THEN. IF adalah kondisi yang telah ada, THEN adalah aksi atau tanggapan lain yang akan timbul. Aturan IF-THEN lebih dekat dengan cara manusia memecahkan masalahnya sehari-hari, daripada program yang menyatakan pengetahuannya dalam kode komputer tingkat rendah (*low level*). Sebagai contoh aturan yang menggunakan bentuk IF-THEN:

- IF lampu lalu lintas merah THEN berhenti
- IF lampu lalu lintas hijau THEN jalan
- IF suhu pasien lebih besar dari 38° THEN diberikan obat penurun panas

Terdapat dua pendekatan dalam menyusun mekanisme inferensi berbasis aturan, yaitu Forward Chaining dan Backward Chaining.

6.4.2.1. FORWARD CHAINING

Digunakan untuk permasalahan yang telah diketahui keadaan awalnya (bentuk IF), dan ingin diketahui hal yang akan diakibatkan olehnya (bentuk THEN, atau konklusi).

Contoh Forward Chaining sesuai dengan gambar 2.16. :

Awal fakta : A,B,C,D,E

- Aturan : 1. JIKA A DAN B MAKA F
2. JIKA C DAN D MAKA G
3. JIKA F DAN G MAKA H
4. JIKA E DAN H MAKA I

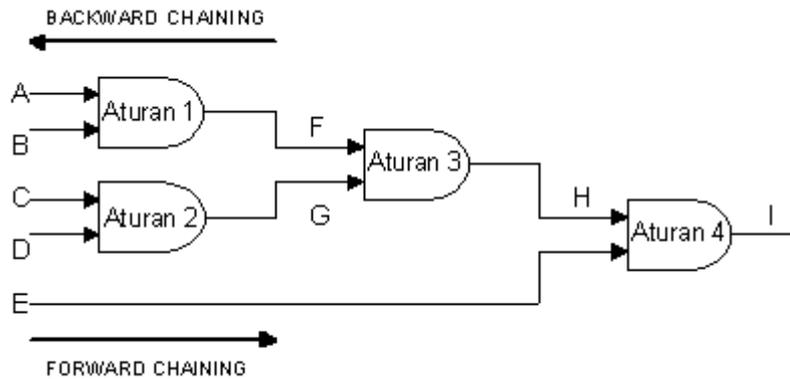
Keterangan :

Pertama-tama fakta A dan B diketahui, maka aturan 1 mengetahui F. Fakta C dan D diketahui, maka aturan 2 mengetahui fakta G. Dari F dan G yang sudah diketahui maka aturan 3 mengetahui H. Aturan 4 mengetahui I karena H dan E sudah diketahui.

6.4.2.2. BACKWARD CHAINING

Sebuah konklusi telah terjadi sebagai konsekuensi dari suatu problema, dan Backward Chaining berusaha untuk mencari penyebabnya, dan menemukan konklusi sebelumnya. Backward Chaining membantu dalam menangani permasalahan dimana konklusinya telah diketahui sebelumnya dan penyebab dari konklusi tersebut yang kemudian dicari.

Intrepreter memeriksa aturan dari fakta yang dalam basis data, yaitu hipotesa. Kemudian menguji bagian THEN, yang maksudnya mencari yang sesuai. Jika ternyata cocok, maka basis data berfungsi sebagai pencatat kondisi yang diperbaharui mendukung kesimpulan yang sesuai. Proses berantai terus berlangsung sampai hipotesa terbukti kebenarannya. Lihat gambar 2.8.



Gambar 2.8.

Forward Chaining dan Backward Chaining

Keterangan :

Diberitahukan kepada sistem bahwa I ingin dibuktikan. Untuk mengetahui I, harus dibuktikan E dan H (aturan 4). Untuk membuktikan H, harus dibuktikan F dan G (aturan 3). Untuk membuktikan F, harus dibuktikan A dan B (aturan 1). Untuk membuktikan G, harus dibuktikan C dan D (aturan 2). Karena A,B,C,D,E telah dibuktikan, oleh karena itu I juga dapat dibuktikan.

6.5. PERMASALAHAN YANG DAPAT DISELESAIKAN DENGAN SISTEM PAKAR

Permasalahan yang dapat dibuat system pakar adalah :

- Interpretasi

Pengambilan keputusan dari hasil observasi diantaranya pengawasan, pengenalan ucapan, analisis citra, interpretasi sinyal, dan beberapa analisis kecerdasan.

- Prediksi

Termasuk diantaranya peramalan, prediksi demografis, peramalan ekonomi, prediksi lalu lintas, estimasi hasil, militer, pemasaran, atau peramalan keuangan.

- Diagnosis

Termasuk diantaranya: diagnose di bidang medis (penyakit dalam, pulmology, penyakit infeksi), diagnosa kerusakan di bidang elektronik, mekanik dan diagnosa perangkat lunak.

- Perancangan

Termasuk diantaranya: layout sirkuit dan perancangan bangunan.

- Perencanaan

Termasuk diantaranya: perencanaan keuangan, evaluasi pemberian kredit untuk individu atau perusahaan, komunikasi, militer, pengembangan produk, routing dan manajemen proyek.

- Monitoring, misal Computer-Aided Monitoring Systems.

- Debugging, memberikan resep obat terhadap suatu kegagalan.

- Perbaikan

- Instruksi. Melakukan instruksi untuk diagnosis, debugging dan perbaikan kinerja.

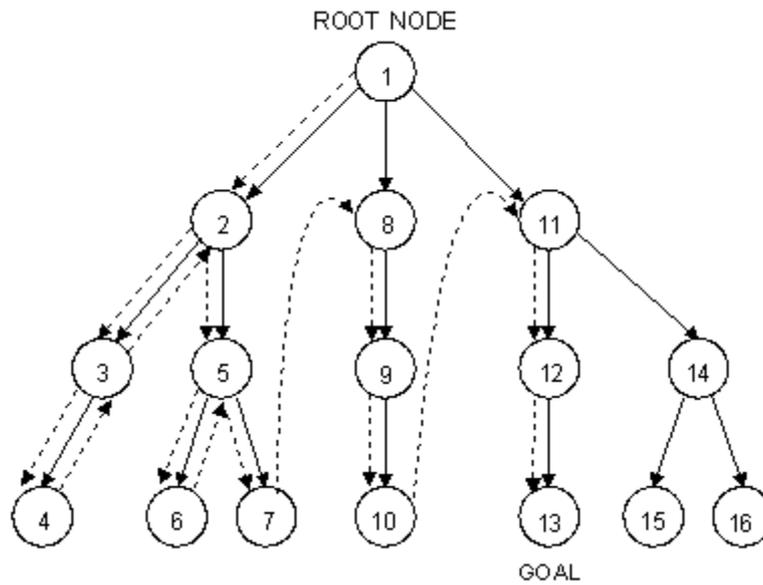
- Kontrol. Melakukan control terhadap interpretasi, prediksi, perbaikan dan monitoring kelakuan system.

6.6. PELACAKAN (SEARCHING)

Pelacakan (*searching*) adalah suatu strategi untuk melakukan pencarian dalam ruang problema secara selektif, yang memandu proses pencarian di sepanjang jalur yang memiliki kemungkinan sukses paling besar. Teknik ini dipakai pada situasi dimana hasil yang eksak akan terlalu mahal atau tidak mungkin dilakukan, sehingga pemecahan yang diperoleh lebih bersifat cukup (*sufficient*).

6.5.1 DEPTH FIRST SEARCH

Pelacakan depth first search bermula dari node akar dan bergerak ke bawah untuk memeriksa dahulu semua anak atau turunan dari suatu cabang sebelum beralih ke cabang lain. Lihat gambar 2.9.

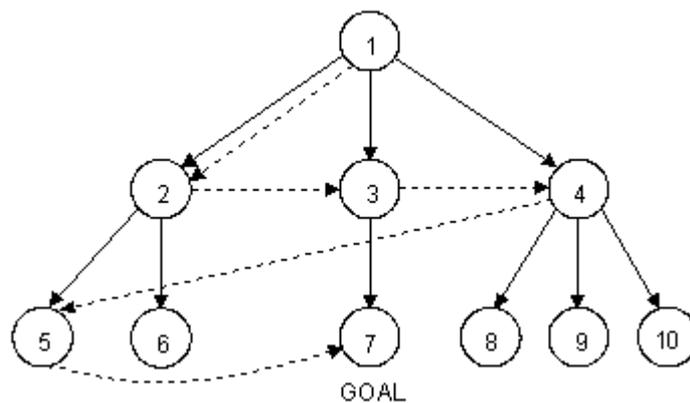


Gambar 2.9.
Pelacakan Depth First

Pelacakan dimulai dari 1, diteruskan ke 2,3,4, gagal. Pelacakan kembali ke atas ke node 3, tidak ada jalan alternatif sehingga terpaksa dilakukan runut balik lagi ke node 2, diteruskan ke 5,6, gagal, runut balik ke 5,7, gagal. Runut balik terus-menerus sampai tujuan tercapai.

6.5.2 BREADTH FIRST SEARCH

Pelacakan Breadth First Search dilakukan terhadap semua cabang, baru diteruskan ke level yang lebih dalam. Lihat gambar 2.10.



Gambar 2.10.

Pelacakan Breadth First

Pelacakan Breadth First dilakukan menurut urutan 1,2,3,4,5,6,7. Pelacakan berhenti pada node 7 karena node 7 merupakan tujuan. Pelacakan ini tidak memerlukan backtracking (runut balik).

6.6 FAKTOR KETIDAKPASTIAN (UNCERTAINTY FACTOR)

Dalam kehidupan nyata, banyak hal yang belum dapat dipastikan 100% kebenarannya. Karena kata-kata bukan cara yang mutlak mewakili makna. Untuk menghadapi hal semacam itu sekarang sudah ada metode untuk menentukan faktor kepastian (confidence factor).

6.6.1 PROBABILITAS BAYES (BAYESIAN PROBABILITY)

Pembahasan tentang Probabilitas Bayes dipusatkan pada "sistem pakar" untuk mengetahui kerusakan disk drive dari PC. Sebagai contoh, diasumsikan bahwa 2 kemungkinan yang didapat, yaitu : apakah disk drive tersebut cacat (perlu diperbaiki) atau baik keadaannya. Berdasarkan observasi didapat bahwa apabila sebuah disk drive berbunyi 8 kali dari 10 kali bunyi berarti disk drive tersebut cacat. Pada pokoknya apa yang disebut aturan berdasarkan asumsi untuk memperjelas aturan "confidence factor (cf)" untuk suatu aturan yang valid, maka :

Aturan 1 :

Jika selalu berbunyi = ya

maka status disk drive = tidak sempurna (cf=0.8)

Jadi suatu aturan mempunyai dua implikasi penting. Pertama menyatakan user mampu membedakan antara "normal" dan "suara aneh". Kedua bila confidence factor dinyatakan sebagai suatu probabilitas status disk drive tidak sempurna maka didapat harga : $= 1 - 0.8 = 0.2 = 20 \%$. Bila ini terjadi, maka didapat :

Aturan 2 :

Jika suara aneh = ya, maka status disk drive = baik (cf=0.2)

Kemudian Bayes menggunakan suatu kepastian dan tidak berdasarkan teori kemungkinan, dengan teorinya yang disebut *Bayesian Probabilities*.

Formula dari Bayesian Probabilities¹ adalah :

$$p(C|f) = [p(f|C) * p(C)] / p(f) \quad (7.1)$$

$$\text{dimana : } p(f) = p(f|C) * p(C) + p(f|\sim C) * p(\sim C)$$

$p(C|f)$ = kemungkinan dari kesimpulan (C) yang menghasilkan fakta (f).

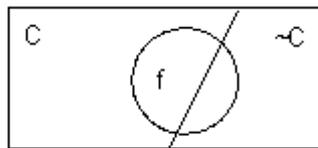
$p(f|C)$ = kemungkinan dari fakta (f) yang menghasilkan kesimpulan (C).

$p(f)$ = kemungkinan dari fakta (f).

$p(C)$ = kemungkinan dari kesimpulan (C).

$p(\sim C)$ = kemungkinan dari bukan hasil kesimpulan (C).

$p(f|\sim C)$ = kemungkinan dari fakta (f) yang menghasilkan bukan kesimpulan(C).



Gambar 2.11.

Diagram Venn memperlihatkan fakta dan kesimpulan (f, C,~C)

Contoh soal :

kesimpulan (C) = disk drive rusak.

fakta (f) = suara aneh

$p(C|f)$ = kemungkinan disk drive rusak akibat suara aneh.

$p(f)$ = kemungkinan dari semua disk drive mengeluarkan suara.

$p(C)$ = kemungkinan dari semua disk drive yang rusak.

¹Ignizio, James P., "Introduction to Expert Systems : The Development of Rule-Based Expert System", University of Houston, McGraw-Hill, 1991, Hal. 199

$p(\sim C)$ = kemungkinan dari semua disk drive yang bagus.

$p(f|\sim C)$ = kemungkinan suara aneh dari disk drive yang bagus.

Apabila sebuah PC terdapat disk drive yang rusak maka kemungkinan suara aneh terjadi adalah 90%. Jadi $p(f|C)=0.90$. Lalu diasumsikan bahwa disk drive yang rusak adalah 2 % dari semua komputer. $p(C)=0.02$ maka $p(\sim C)=0.98$. Kemudian asumsi akan suara- suara yang keluar dari disk drive yang baik kira-kira 8 %. $p(f|\sim C)=0.08$.

Maka :

$$p(f) = 0.90 * 0.02 + 0.08 * 0.98 = 0.0964$$

substitusi $p(f)$ pada persamaan (7.1), didapat :

$$p(C|f) = [0.90 * 0.02] / 0.0964 = 0.187$$

Dari contoh diatas maka dipertimbangkan kemungkinan PC bersuara menandakan disk drive cacat adalah 18.7 %. Hasil tersebut berbeda jauh dengan perhitungan dengan cara sebelumnya. Jadi hasil yang diperoleh dengan menggunakan Bayesian Probability lebih aktual dibandingkan dengan menggunakan hasil asumsi.

6.6.2 LOGIKA KABUR (FUZZY LOGIC)

Logika kabur adalah salah satu cara menangani keadaan tertentu. Konsep kabur ini dikembangkan oleh Lotfi Zadeh.

Jika premis dipenuhi maka harus diinputkan nilai kabur (f_v). Besarnya nilai kabur (f_v) yaitu: $0 < f_v < 1$. Jika premis dipenuhi maka nilai kabur ($f_v = 0$).

Beberapa aturan untuk memakai himpunan kabur (fuzzy sets)² adalah 1. Jika premis dihubungkan dengan logical AND maka digunakan nilai minimum dari nilai kabur (f_v).

2. Jika premis dihubungkan dengan logical OR maka digunakan nilai maksimum dari nilai kabur (f_v).

3. Jika premis mengandung pernyataan NOT maka nilai kabur adalah : $f_v(i)' = 1 - f_v(i)$

²Ibid, Ignizio, James P., 1991, Hal. 203

Contoh :

Aturan 1 :

IF disk drive berisik = yes (fv = 0.8)

AND format disket menimbulkan kerusakan = yes (fv = 0.3)

THEN status disk drive rusak (cf = 0.9)

Dengan memakai kalkulus kabur, yang dipilih adalah nilai minimum dari 0.8 dan 0.3.

Jadi confidence factor untuk aturan 1 adalah $0.3 * 0.9 = 0.27$

Aturan 2 :

IF disk drive berisik ketika disket dimasukkan = yes (fv = 0.9)

OR disk drive berbunyi ketika disket dikeluarkan = yes (fv = 0.2)

THEN status disk drive rusak (cf = 0.7)

Dengan memakai kalkulus kabur, maka yang dipilih nilai maksimum dari 0.9 dan 0.2.

Jadi confidence factor untuk aturan 2 adalah $0.9 * 0.7 = 0.63$

6.6.3 CONFIDENCE FACTOR UNION METHODS

Confidence factor union methods adalah suatu alternatif pendekatan untuk menentukan confidence factor dari beberapa aturan.

$$C(cf) = cf1 + cf2 - cf1 * cf2$$

dimana : $C(cf)$ = Hasil akhir dari faktor kepastian (cf)

$cf1$ = Nilai faktor kepastian (cf) dari aturan 1

$cf2$ = Nilai faktor kepastian (cf) dari aturan 2

Contoh :

$$cf1 = 0.2 \quad cf2 = 0.5$$

$$C(cf) = 0.2 + 0.5 - 0.2 * 0.5 = 0.6$$

Bila ada aturan ke 3 dengan $cf3 = 0.5$ maka :

$$C(cf) = 0.6 + 0.5 - 0.6 * 0.5 = 0.8$$

6.7 RINGKASAN

- ✓ Sistem Pakar merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memecahkan masalah yang biasanya diselesaikan oleh seorang pakar.
- ✓ Mekanisme Inferensi dalam Sistem Pakar menerapkan pengetahuan untuk solusi problema yang sebenarnya.
- ✓ Ada dua macam cara pada mekanisme inferensi yaitu dengan menggunakan heuristik atau inferensi berbasis aturan.
- ✓ Pelacakan (*searching*) adalah suatu strategi untuk melakukan pencarian dalam ruang problema secara selektif, yang memandu proses pencarian di sepanjang jalur yang memiliki kemungkinan sukses paling besar.

6.8 LATIHAN

- 1) Apa yang dimaksud dengan Sistem Pakar ?
- 2) Sebutkan karakteristik dari sebuah Sistem Pakar !
- 3) Sebutkan kelebihan dan kekurangan dari penggunaan Sistem Pakar dibanding dengan Pakar manusia di bidangnya !
- 4) Sebutkan pendekatan inferensi yang digunakan dalam Sistem Pakar dan jelaskan secara singkat !
- 5) Pada keadaan yang bagaimana metode pencarian merupakan solusi yang tepat untuk digunakan sebagai solusi ?
- 6) Apa yang dimaksud dengan faktor ketidakpastian ? Metode apa saja yang termasuk dalam *Uncertainty Factor* (Faktor ketidakpastian) dan jelaskan secara singkat !