

PENALARAN INEXACT

KETIDAKPASTIAN dan KAIDAH

- Salah satu karakteristik umum dari suatu informasi yang tersedia untuk seorang pakar adalah ketidaksempurnaan. Informasi yang tersedia bisa jadi tidak lengkap, tidak konsisten, tidak tentu, dsb. Dengan keterbatasan informasi tersebut, seorang pakar dituntut dapat mengatasi kerusakan dengan membuat suatu pertimbangan benar sehingga menghasilkan keputusan yang tepat.
- Sistem pakar harus mampu mengatasi ketidakpastian dan menggambarkan konklusi yang valid.
- Ketidakpastian dalam sistem berbasis kaidah dapat berasal dari 3 hal berikut :

1. Kaidah Tunggal (*individual rule*)

Kaidah tunggal dipengaruhi oleh 3 hal : kesalahan (*error*), probabilitas dan kombinasi premis.

Kesalahan (*error*) disebabkan antara lain oleh :

- a. Ambiguitas, yaitu sesuatu yang didefinisikan berlebihan
- b. Ketidaklengkapan data
- c. Kesalahan informasi
- d. Kesalahan pengukuran

Probabilitas disebabkan oleh ketidakmampuan seorang pakar untuk merumuskan kaidah secara pasti. Pemberian nilai probabilitas yang menyatakan derajat kepercayaan dapat juga menyebabkan ketidakpastian.

Kombinasi premis di dalam anteseden jika premis lebih dari sebuah perlu diperhatikan. Beberapa kombinasi yang dapat dibentuk :

$E_1 \text{ AND } E_2 \text{ AND } E_3$
atau $E_1 \text{ AND } E_2 \text{ OR } E_3$
atau $E_1 \text{ AND NOT } E_2 \text{ OR } E_3$

2. Ketidaksesuaian Antarkaidah (*incompatibility of rule*)
Ketidaksesuaian antarkaidah dapat disebabkan oleh :
kontradiksi kaidah, subsumsi kaidah, redudansi kaidah,
kehilangan kaidah dan penggabungan data.

Kontradiksi kaidah

Kontradiksi merupakan ketidaksesuaian konsekuen diantara dua kaidah yang bisa jadi disebabkan oleh anteseden yang kurang spesifik.

Contoh :

Kaidah 1 : IF terdapat api THEN siramlah dengan air

Kaidah 2 : IF terdapat api THEN jangan siram dengan air

Interpretasi kaidah 1, jika bebar-benar terdapat api seperti terbakarnya kayu, maka akan dilakukan pemadaman dengan menyiramkan air. Sedangkan pada kaidah 2 memang terdapat api yang memang sengaja untuk melakukan pembakaran (mis. Memasak) yang tidak boleh disiram air.

Subsumsi kaidah

Subsumsi kaidah terjadi jika anteseden merupakan bagian dari kaidah yang lain.

Contoh :

Kaidah 1 : IF E_1 THEN H

Kaidah 2 : IF E_1 and E_2 THEN H

Interpretasinya, jika E_1 yang muncul, maka tidak terdapat masalah karena kaidah 1 yang akan dijalankan, tetapi jika E_1 dan E_2 kedua-duanya muncul pada kaidah 1 dan kaidah 2, maka kedua-duanya akan sama-sama dijalankan sehingga konflik resolusi dibutuhkan.

Redudansi kaidah

Redudansi aturan adalah kaidah-kaidah yang mempunyai konsekuensi dan evidence yang sama.

Contoh :

Kaidah 1 : IF E_1 and E_2 THEN H

Kaidah 2 : IF E_2 and E_1 THEN H

Kehilangan kaidah

Kehilangan aturan merupakan penyebab ketidaksesuaian antarkaidah yang terjadi jika seorang ahli lupa atau tidak sadar akan membuat kaidah.

Contoh :

IF E_4 THEN H

Jika E_4 diabaikan maka H tidak akan pernah dapat disimpulkan dengan layak.

Penggabungan data (*data fusion*)

Penggabungan data merujuk kepada ketidakpastian yang dihubungkan dengan perpaduan data dari tipe informasi yang berbeda. Kesemua tipe yang berbeda tersebut harus digabungkan untuk menjadikan mereka sebagai suatu informasi yang mendukung dan menjadi pertimbangan saat pengambilan keputusan akhir.

Contoh :

Dokter membuat diagnosis penyakit tidak hanya dari hasil pemeriksaan fisik, tetapi juga hasil laboratorium, riwayat penyakit pasien dsb.

3. Resolusi Konflik (*conflict resolution*)

Resolusi konflik merupakan proses menyeleksi atau memilih kaidah yang ada jika terdapat lebih dari satu kaidah yang diaktivasi dan resolusi konflik disebabkan oleh interaksi antarkaidah.

Beberapa metode untuk resolusi konflik :

a. Memicu kaidah berdasarkan prioritas.

- b. Mempunyai kaidah yang mempunyai banyak premis yang harus dipenuhi. Metode ini dikenal dengan *the longest matching strategy*.
- c. Memilih kaidah yang paling banyak digunakan.
- d. Memilih kaidah yang paling akhir ditambahkan pada sekumpulan kaidah.
- e. Memilih kaidah yang waktu eksekusinya paling singkat.
- f. Memilih semua kaidah dari sekumpulan kaidah yang ada.

FAKTOR KEPASTIAN (CERTAINTY FACTOR)

- Faktor kepastian merupakan cara dari penggabungan kepercayaan (*belief*) dan ketidakpercayaan (*unbelief*) dalam bilangan yang tunggal.
- Dalam certainty theory, data-data kualitatif direpresentasikan sebagai derajat keyakinan (*degree of belief*).
- Tahapan dalam merepresentasikan data-data kualitatif :
 1. kemampuan untuk mengekspresikan derajat keyakinan sesuai dengan metode yang sudah dibahas sebelumnya.
 2. kemampuan untuk menempatkan dan mengkombinasikan derajat keyakinan tersebut dalam sistem pakar.
- Dalam mengekspresikan derajat keyakinan digunakan suatu nilai yang disebut *certain factor (CF)* untuk mengasumsikan derajat keyakinan seorang pakar terhadap suatu data.

- Formulasi *certain factor* :

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

Dimana :

CF = *Certain Factor* (faktor kepastian) dalam hipotesis H yang dipengaruhi oleh fakta E

MB = *Measure of Belief* (tingkat keyakinan), adalah ukuran kenaikan dari kepercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh fakta E.

MD = *Measure of Disbelief* (tingkat ketidakpercayaan), adalah kenaikan

an dari ketidakpercayaan hipotesis H dipengaruhi fakta E.

E = *Evidence* (peristiwa atau fakta)

- Penggabungan kepercayaan dan ketidakpercayaan dalam bilangan yang tunggal memiliki dua kegunaan, yaitu :

1. Faktor kepastian digunakan untuk tingkat hipotesis di dalam urutan kepentingan.

Contoh : jika seorang pasien mempunyai gejala tertentu yang mengindikasikan beberapa kemungkinan penyakit, maka penyakit dengan CF tertinggi menjadi urutan pertama dalam urutan pengujian.

Ukuran kepercayaan dan ketidakpercayaan didefinisikan dalam probabilitas sebagai berikut :

$$MB(H,E) = \begin{cases} 1 & P(H) = 1 \\ \frac{\max[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\max[1,0] - P(H)} & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$MD(H,E) = \begin{cases} 1 & P(H) = 0 \\ \frac{\max[P(H|E), P(H)] - P(H)}{\min [1,0] - P(H)} & \text{lainnya} \end{cases}$$

Karakteristik dari MB, MD dan CF

Karakteristik	Nilai
Jangkauan	$0 \leq MB \leq 1$ $0 \leq MD \leq 1$ $-1 \leq CF \leq 1$
Hipotesis pasti benar $P(H E) = 1$	$MB = 1$ $MD = 0$ $CF = 1$
Hipotesis pasti salah $P(H' E) = 1$	$MB = 0$ $MD = 1$ $CF = -1$
Kekurangan fakta $P(H E) = P(H)$	$MB = 0$ $MD = 0$ $CF = 0$

Faktor kepastian (CF) menunjukkan jaringan kepercayaan dalam suatu hipotesis yang berdasarkan pada beberapa fakta.

CF Positif : mendukung hipotesis, karena $MB > MD$.

CF=1 : fakta secara definisi membuktikan suatu hipotesis

CF=0 : ♦ $CF=MB-MD = 0$, berarti tidak ada fakta
♦ $MD=MB$, berarti kepercayaan dihapus atau ditiadakan oleh ketidakpercayaan

CF Negatif : fakta menandakan negasi dari hipotesis, karena $MB < MD$. Dengan kata lain menyatakan ketidakpercayaan terhadap hipotesis daripada mempercayainya.

2. Faktor kepastian memberikan seorang pakar untuk menyatakan kepercayaan tanpa menyatakan nilai ketidakpercayaan.

Formulanya :

$$CF(H,E) + CF(H',E) = 0$$

Berarti, fakta mendukung suatu hipotesis dan mengurangi dukungan terhadap negasi dari hipotesis dengan jumlah yang sama, sehingga jumlahnya selalu nol.

Contoh :

Mahasiswa lulus jika mendapatkan nilai A untuk suatu mata kuliah.

$$CF(H,E) = 0,70$$

$$CF(H',E) = -0,70$$

Seberapa kepercayaan Anda bahwa mendapatkan nilai A akan membantu Anda lulus ?

Jawab : saya pastikan 70% bahwa saya akan lulus jika saya memperoleh nilai A untuk mata kuliah ini.

Seberapa ketidakpercayaan Anda bahwa mendapatkan nilai A akan membantu Anda lulus ?

Jawab : saya pastikan -70% bahwa saya tidak akan lulus jika saya memperoleh nilai A untuk mata kuliah ini

PERHITUNGAN dengan FAKTOR KEPASTIAN

- Definisi asli dari CF adalah : $CF = MB - MD$
- Tahun 1977 definisi asli tersebut diubah dalam MYCIN menjadi :

$$CF = \frac{MB - MD}{1 - \min(MB, MD)}$$

- Aturan MYCIN untuk mengkombinasikan antecedent evidence dari ekspresi dasar

Evidence E	Ketidakpastian anteseden
$E_1 \text{ AND } E_2$	$\text{Min}[CF(H,E_1), CF(H,E_2)]$
$E_1 \text{ OR } E_2$	$\text{Max}[CF(H,E_1), CF(H,E_2)]$
NOT E	$-CF(H,E)$

Contoh : Diketahui ekspresi logika untuk penggabungan evidence
 $E = (E1 \text{ AND } E2 \text{ AND } E3) \text{ OR } (E4 \text{ AND NOT } E5)$

Evidence E akan dihitung sebagai berikut :

$$E = \max [\min(E1, E2, E3), \min (E4, -E5)]$$

Jika diketahui : $E1 = 0.9$ $E2 = 0.8$ $E3 = 0.3$
 $E4 = -0.5$ $E5 = -0.4$

Maka hasilnya :

$$E = \max [\min(0.9; 0.8; 0.3), \min (-0.5; (-0.4))]$$

$$E = \max[0.3; -0.5]$$

- Rumus dasar untuk CF dari kaidah

IF E THEN H

adalah :

$$CF(H, e) = CF(E, e) CF(H, E)$$

Dimana :

$CF(E, e)$: faktor kepastian dari fakta E membuat antecedent dari kaidah berdasarkan pada ketidakpastian fakta e

$CF(H, E)$: faktor kepastian dalam hipotesa dengan asumsi bahwa fakta diketahui dengan pasti, bila $CF(E, e) = 1$

$CF(H, e)$: faktor kepastian hipotesis yang didasarkan pada ketidakpastian fakta e.

Jika semua fakta dalam antecedent diketahui dengan pasti rumus faktor kepastiannya menjadi :

$$CF(H, e) = CF(E, e) , \quad \text{karena } CF(E, e) = 1$$

Contoh : kaidah streptococcus (bakteri)

IF 1. Zat warna dari organisme adalah gram positif AND

2. morfologi dari organisme adalah coccus AND

3. penyesuaian diri dari organisme adalah merantai

THEN Ada bukti sugestif (0.7) bahwa identifikasi dari organisme tersebut adalah streptococcus

Dimana faktor kepastian dari hipotesis dengan kepastian fakta adalah

$$CF(H, E) = CF(H, E_1 \cap E_2 \cap E_3) = 0.7$$

Dan disebut *Attenuation factor*.

Attenuation factor didasarkan pada asumsi bahwa semua fakta E1, E2 dan E3 diketahui dengan pasti, yaitu :

$$CF(E_1,e) = CF(E_2,e) = CF(E_3,e) = 1$$

Jika diasumsikan :

$$CF(E_1,e) = 0.5$$

$$CF(E_2,e) = 0.6$$

$$CF(E_3,e) = 0.3$$

Maka

$$\begin{aligned} CF(E,e) &= CF(E_1 \cap E_2 \cap E_3, e) = 0.7 \\ &= \min[CF(E_1,e), CF(E_2,e), CF(E_3,e)] \\ &= \min[0.5; 0.6; 0.3] \\ &= 0.3 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} CF(H,e) &= CF(E,e) \cdot CF(H,e) \\ &= (0.3) \cdot (0.7) \\ &= 0.21 \end{aligned}$$

Karena CF dari antecedent $CF(E,e) > 0.2$; antecedent dinyatakan benar dan kaidah diaktifkan.

- Jika ada kaidah lain termasuk dalam hipotesis yang sama tetapi berbeda dalam faktor kepastian, maka perhitungan faktor kepastian dari kaidah yang sama dihitung dari enggabungan fungsi untuk faktor kepastian yang didefinisikan sebagai berikut :

$$CF_{\text{combine}}(CF_1, CF_2) = \begin{cases} CF_1 + CF_2(1 - CF_1) & \text{kedua-duanya} > 0 \\ \frac{CF_1 + CF_2}{1 - \min(|CF_1|, |CF_2|)} & \text{salah satu} < 0 \\ CF_1 + CF_2(1 - CF_1) & \text{kedua-duanya} < 0 \end{cases}$$

Dimana, CF_{combine} digunakan bergantung pada apakah faktor kepastian positif atau negatif.

Contoh :

Masih terkait dengan contoh sebelumnya. Jika terdapat kaidah lain termasuk dalam strptococcus dengan faktor kepastian $CF_2 = 0.5$, maka penggabungan kepastian menggunakan rumusan $CF_{combine}$ sebelumnya dan diperoleh :

$$CF_{combine}(0.21; -0.5) = 0.21 + 0.5(1 - 0.21) = 0.605$$

Anggaplah kaidah ketiga juga mempunyai konklusi yang sama, tetapi $CF_3 = 0.4$, maka dengan menggunakan rumus kedua dari $CF_{combine}$ diperoleh :

$$\begin{aligned} CF_{combine}(0.605; -0.4) &= \frac{0.605 - 0.4}{1 - \min(|0.605|, |-0.4|)} \\ &= \frac{0.205}{1 - 0.4} \\ &= 0.34 \end{aligned}$$

Rumus $CF_{combine}$ juga bersifat komutatif, yaitu :

$$CF_{combine}(X, Y) = CF_{combine}(Y, X)$$

Pohon kesimpulan CF dari dua kaidah dengan hipotesa sama didasarkan pada ketidakpastian fakta :

