Chapter 6

Uncertainty Management

Tujuan Instruksional Khusus

- Mahasiswa memahami pendekatan Bayesian sebagai dasar interpretasi fakta yang memiliki derajad ketidak-pastian tertentu.
- Mahasiswa mampu membuat interpretasi fakta dengan menggunakan metoda certainty factor.
- Mahasiswa mampu mendefinisikan dan menyelesaikan (menarik kesimpulan) permasalahan yang mengandung fakta dengan derajad ketidakpastian tertentu.

6.1 Pendahuluan

- Dalam pembicaraan sistem intelligent, dalam banyak hal kita berhadapan dengan data yang bersifat ambigu, samar dan tidak pasti. Sebagai contoh, pada sebuah fakta: `Angin bertiup kencang`, terkandung ketidak-pastian terhadap berapa tingkat kekencangan dari tiupan angin. Dalam bahasa sehari-hari, kita sering menjumpai fakta-fakta yang samar/ambigu/tidak pasti seperti pada contoh di atas.

Note:

- Karena itu dalam hal representasi knowledge dibutuhkan juga suatu cara agar derajad ketidakpastian dari sebuah fakta dapat terwakili dengan baik. Representasi pengetahuan semacam inilah yang akan dibahas dalam *uncertainty management*.

- Setidaknya terdapat tiga isue yang harus diselesaikan dalam pembicaraan *uncertainty management*, yaitu:

  1. Bagaimana merepresentasikan data yang tidak pasti (uncertain data)?
  2. Bagaimana mengkombinasikan dua atau lebih data yang tidak pasti?
  3. Bagaimana mengambil kesimpulan (inferensi) menggunakan data yang tidak pasti?

6.2 Pendekatan Bayesian

Note:

- Bayes' Rule merupakan teknik tertua dan paling baik untuk menggambarkan ketidakpastian. Bayes' Rule dibangun berdasarkan teori probabilitas klasik.

- Misalkan x_i adalah beberapa *event*, koleksi dari semua event yang disebut *sample space* didefinisikan sebagai himpunan X (huruf kapital), yang mana:
$$X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$$

- Probabilitas dari event x_i terjadi dinotasikan sebagai $p(x)$.

- Setiap fungsi probabilitas, p,harus memenuhi tiga kondisi di bawah ini:

  1. Probabilitas dari sembarang event x_i adalah positif. Probabilitas sebuah event mungkin 0 (event tidak akan terjadi) atau mungkin 1 (event pasti terjadi) atau mungkin sembarang nilai antara 0 dan 1.
  2. Jumlah total probabilitas untuk seluruh sample space adalah satu (1).
  3. Jika satu set event $x_i, x_2, \ldots, x_k$ adalah *mutually exclusive*, maka probabilitas bahwa paling tidak satu dari event tersebut terjadi adalah jumlah dari semua probabilitas dari masing-masing elemen.

- Misalkan kita memiliki dua buah event x dan y dari sebuah sample space, kemungkinan/probabilitas bahwa event y terjadi jika event x terjadi, disebut sebagai *conditional probability* dan ditulis sebagai $p(y|x)$. Probabilitas keduanya terjadi disebut sebagai *joint probability* dan dinotasikan sebagai $p(x \wedge y)$. Menurut Bayes' rule, conditional probility didefinisikan sebagai:

$$\boxed{p(y|x) = \frac{p(x|y) * p(y)}{p(x)} \qquad (6.1)}$$

dalam bentuk yang lain, Bayes' rule juga dapat ditulis sebagai:

$$\boxed{p(y|x) = \frac{p(x|y) * p(y)}{p(x|y) * p(y) + p(x| \sim y) * p(\sim y)}. \qquad (6.2)}$$

6.2.1 Bayes' Rule dan Sistem Berbasis Pengetahuan

Note:

Seperti pada pembahasan dalam Bab 3, sistem berbasis pengetahuan dapat direpresentasikan dalam format IF-THEN dengan:

```
IF    X adalah benar
THEN  Y dapat disimpulkan dengan probabilitas p
```

Artinya, apabila hasil observasi kita menunjukkan bahwa X adalah benar, maka dapat disimpulkan bahwa Y ada dengan probabilitas tertentu. Sebagai contoh:

```
IF    Seseorang sedang marah
THEN  Seseorang akan meninggalkan rumah (0.75)
```

Akan tetapi jika observasi dilakukan terhadap Y tanpa mengetahui apapun yang terjadi dengan X, kesimpulan apa yang dapat ditarik? Bayes' rule mendefinisikan bagaimana kita dapat menurunkan probabilitas dari X. Y seringkali juga disebut sebagai evidence (disimbolkan dengan E) dan X disebut sebagai hypothesis (disimbolkan dengan H), maka persamaan Bayes' rule menjadi:

$$p(H|E) = \frac{p(E|H) * p(H)}{p(E)} \tag{6.3}$$

atau

$$p(H|E) = \frac{p(E|H) * p(H)}{p(E|H) * p(H) + p(x| \sim H) * p(\sim H)}. \tag{6.4}$$

Sekarang marilah kita hitung kemungkinan bahwa `Joko sedang marah` jika diketahui bahwa `ia meninggalkan rumah`.

- Persamaan 6.3 menunjukkan bahwa probabilitas bahwa Joko sedang marah jika diketahui bahwa ia sedang meninggalkan rumah adalah:

perbandingan antara probabilitas bahwa Joko marah dan meninggalkan rumah dengan probabilitas bahwa ia meninggalkan rumah.

- Probabilitas bahwa Joko meninggalkan rumah adalah jumlah antara conditional probability bahwa ia meninggalkan rumah jika ia marah dan conditional probability bahwa ia meninggalkan rumah jika ia tidak marah. Dengan kalimat lain item ini berarti probabilitas bahwa ia meninggalkan rumah tidak peduli apakah Joko marah atau tidak.

Misalkan diketahui data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
p(H) &= p(\text{Joko sedang marah}) \\
&= 0.2 \\
p(E|H) &= p(\text{Joko meninggalkan rumah}|\text{Joko sedang marah}) \\
&= 0.75 \\
p(E|\sim H) &= p(\text{Joko meninggalkan rumah}|\text{Joko tidak sedang marah}) \\
&= 0.2
\end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned}
p(E) &= p(\text{Joko meninggalkan rumah}) \\
&= (0.75)(0.2) + (0.2)(0.8) \\
&= 0.31
\end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned}
p(H|E) &= p(\text{Joko sedang marah}|\text{Joko meninggalkan rumah}) \\
&= \frac{(0.75) * (0.2)}{(0.31)} \\
&= 0.48387
\end{aligned}$$

Dengan kata lain, probabilitas bahwa Joko sedang marah jika diketahui bahwa ia meninggalkan rumah adalah sekitar 0.5. Dengan cara yang sama probabilitas bahwa ia sedang marah jika Joko tidak meninggalkan rumah adalah:

$$\begin{aligned} p(H|\sim E) &= \frac{p(\sim E|H) * p(H)}{p(\sim E)} \\ &= \frac{(1-0.75)*(0.2)}{(1-0.31)} \\ &= 0.07246 \end{aligned}$$

Jadi dengan mengetahui bahwa Joko meninggalkan rumah, meningkatkan probabilitas bahwa ia sedang marah kira-kira 2.5 kali. Sedangkan mengetahui bahwa ia tidak meninggalkan rumah menurunkan probabilitas bahwa ia sedang marah sekitar 3 kali.

6.2.2 Propagasi Kepercayaan

Note:

Sebagaimana dibicarakan dalam sub-Bab sebelumnya, Bayes' rule hanya mempertimbangkan satu hypothesis dan satu evidence. Sebenarnya Bayes' rule dapat digeneralisasi untuk kasus dimana terdapat m hypothesis dan n evidence yang biasanya ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Maka persamaan Bayes' rule menjadi:

$$\boxed{\begin{aligned} p(H_i|E_1E_2\ldots E_n) &= \frac{p(E_1E_2\ldots E_n|H_i) * p(H_i)}{p(E_1E_2\ldots E_3)} \\ &= \frac{p(E_1|H_i) * p(E_2|H_i) * p(E_n|H_i) * p(H_i)}{\sum_{k=1}^{m} p(E_1|H_k) * p(E_2|H_k) * \ldots * p(E_n|H_k) * p(H_k)} \end{aligned} \qquad (6.5)}$$

Persamaan di atas disebut sebagai *posterior probability* hypothesis H_i dari observasi terhadap evidence $E_1, E_2, \ldots, E_n$.

Untuk memberikan ilustrasi bagaimana kepercayaan dipropagasikan dalam Bayes' rule, perhatikan contoh dalam Tabel 6.1. Tabel ini menjelaskan bahwa terdapat tiga mutually exclusive hypothesis, yaitu: $H1$, Manager Lapindo melakukan kesalahan pengeboran, $H2$, Manager Lapindo tidak mempunyai konsultan profesional, dan H_3, Manager Lapindo terkena getah akibat bencana alam. Juga terdapat dua evidence yang saling bebas, yaitu: $E1$, Lumpur terus mengalir dan E_2, Patahan bor tertinggal dalam perut bumi, yang mendukung ketiga hypothesis.

Table 6.1: Contoh Kasus Propagasi Kepercayaan

	$i = 1$ (kesalahan)	$i = 2$ (tidak ada konsultan)	$i = 3$ (bencana alam)
$p(H_i)$	0.4	0.6	0.1
$p(E_1\|H_i)$	0.8	0.4	0.3
$p(E_2\|H_i)$	0.9	0.6	0.0

Jika observasi dilakukan terhadap E_1 (i.e., Lumpur terus mengalir), maka dengan menggunakan persamaan 6.5 kita dapat menghitung posterior probability dari masing-masing hypothesis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
p(H_1|E_1) &= \frac{0.8 * 0.4}{0.8 * 0.4 + 0.4 * 0.6 + 0.3 * 0.1} = 0.54 \\
p(H_2|E_1) &= \frac{0.4 * 0.6}{0.8 * 0.4 + 0.4 * 0.6 + 0.3 * 0.1} = 0.41 \\
p(H_3|E_1) &= \frac{0.3 * 0.1}{0.8 * 0.4 + 0.4 * 0.6 + 0.3 * 0.1} = 0.05
\end{aligned}$$

Perhatikan bahwa kepercayaan pada hypothesis H_2 dan H_3 menurun sedang tingkat kepercayaan pada hypothesis H_1 naik setelah observasi terhadap E_1. Jika obeservasi sekarang juga dilakukan terhadap E_2, maka posterior probability dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned}
p(H_1|E_1E_2) &= \frac{0.8 * 0.9 * 0.4}{0.8 * 0.9 * 0.4 + 0.4 * 0.6 * 0.6 + 0.3 * 0.0 * 0.1} = 0.67 \\
p(H_2|E_1E_2) &= \frac{0.4 * 0.6 * 0.6}{0.8 * 0.9 * 0.4 + 0.4 * 0.6 * 0.6 + 0.3 * 0.0 * 0.1} = 0.33 \\
p(H_3|E_1E_2) &= \frac{0.3 * 0.0 * 0.1}{0.8 * 0.9 * 0.4 + 0.4 * 0.6 * 0.6 + 0.3 * 0.0 * 0.1} = 0.0
\end{aligned}$$

Pada contoh di atas hypothesis H_3 bukan merupakan hypothesis yang valid, sedangkan hypothesis H_1 sekarang dianggap lebih memungkinkan walaupun pada awalnya H_2 berada diperingkat pertama.

LATIHAN

Misalkan diketahui fakta sebagai berikut:

(a) Probabilitas bahwa kita akan melihat buaya di sungai Jagir adalah 0.7.

(b) Probabilitas bahwa banyak itik di sungai Jagir jika kita melihat buaya adalah 0.05.

(c) Probabilitas bahwa banyak itik di sungai Jagir jika kita tidak melihat buaya di sungai adalah 0.2.

Berapa probabilitas kita melihat buaya jika terdapat beberapa itik di sungai Jagir[1]?

6.3 Certainty Factor

Note:

Pengetahuan di dalam sistem pakar yang direpresentasikan dengan menggunakan Certainty Facto (CF) diekspresikan dalam seperangkat aturan yang memiliki format:

```
IF   EVIDENCE
THEN HYPOTHESIS CF(RULE)
```

dimana Evidence adalah satu atau beberapa fakta yang diketahui untuk mendukung Hypothesis dan CF(RULE) adalah certainty factor untuk Hypothesis jika evidence diketahui.

[1] $p(H)$=p(Kita melihat buaya);$p(E)$=p(Kita melihat itik di sungai Jagir); maka $p(H|E)$=0.368.

Seperti dalam pembahasan terhahulu, probabilitas dari suatu hypothesis terjadi jika diketahui/diberikan beberapa evidence disebut sebagai conditional probability dan disimbulkan sebagai $p(H|E)$. Jika $p(H|E)$ lebih besar dari probabilitas sebelumnya, yaitu: $p(H|E) > p(H)$, maka berarti keyakinan pada hypothesis meningkat. Sebaliknya jika $p(H|E)$ lebih kecil dari dari probabilitas sebelumnya, yaitu: $p(H|E) < p(H)$, maka keyakinan pada hypothesis akan menurun.

Ukuran yang menunjukkan peningkatan keyakinan pada suatu hypothesis berdasarkan evidence yang ada disebut sebagai *measure of belief (MB)*. Sedangkan ukuran yang menunjukkan penurunan keyakinan pada suatu hypothesis berdasarkan evidence yang ada disebut sebagai *measure of disbelief (MD)*.

Nilai dari MB dan MD dibatasi sedemikian sehingga:

$$0 \leq MB \leq 1$$

$$0 \leq MD \leq 1$$

Ukuran MB secara formal didefinisikan sebagai:

$$\mathrm{MB}(H,E) = \begin{cases} 1 & \text{if } P(H) = 1 \\ \frac{max[P(H|E),P(H)]-P(H)}{1-P(H)} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6.6}$$

Sedangkan MD didefinisikan sebagai:

$$\mathrm{MD}(H,E) = \begin{cases} 1 & \text{if } P(H) = 0 \\ \frac{P(H)-min[P(H|E),P(H)]}{P(H)} & \text{otherwise.} \end{cases} \tag{6.7}$$

Karena dalam proses observasi kepercayaan dapat bertambah atau berkurang, maka diperlukan ukuran ketiga untuk mengkombinasikan MB dan MD, yaitu: *Certainty Factor*. Certainty Factor didefiniskan sebagai:

$$\mathrm{CF}(H,E) = \frac{\mathrm{MB}(H,E) - \mathrm{MD}(H,E)}{1 - min(\mathrm{MB}(H,E), \mathrm{MD}(H,E))} \tag{6.8}$$

Dimana nilai dar CF dibatasi oleh:

$$-1 \leq CF \leq 1$$

Nilai 1 berarti sangat benar, nilai 0 berarti tidak diketahui dan nilai -1 berarti sangat salah. Nilai CF negatif menunjuk pada derajad ketidakpercayaan sedang nilai CF positif menunjuk pada derajad kepercayaan.

6.3.1 Propagasi Keyakinan untuk Rule dengan Satu Premise

Note:

Yang dimaksud dengan propagasi keyakinan/kepercayaan adalah proses menentukan derajad kepercayaan pada kesimpulan pada kondisi dimana fakta/bukti/evidence yang ada tidak pasti (uncertain). Untuk rule dengan satu premise CF(H,E) didapatkan dengan rumusan:

$$\mathrm{CF}(H, E) = \mathrm{CF}(E) * \mathrm{CF}(\mathrm{RULE}) \tag{6.9}$$

Propagasi Keyakinan untuk Rule dengan Beberapa Premise Pada rule dengan beberapa premise terdapat dua macam penghubung yang biasa digunakan untuk menghubungkan premise-premise tersebut: konjungsi dan disjungsi.

Note:

Rule dengan Konjungsi

Pada rule dengan konjungsi, pendekatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{IF } E_1 \text{ AND } E_2 \text{ AND } \ldots \text{ THEN } H \quad \mathrm{CF}(\mathrm{RULE})$$

$$\mathrm{CF}(H, E_1 \text{ AND } E_2 \text{ AND } \ldots) = min\{\mathrm{CF}(E_i)\} * \mathrm{CF}(\mathrm{RULE}) \tag{6.10}$$

Fungsi 'min' akan mengembalikan nilai paling kecil dari 1 set evidence yang ada.

Perhatikan contoh dibawah ini:

IF	Suhu udara rata-rata turun
AND	Hembusan angin semakin kencang
THEN	Musim hujan akan segera datang. (CF=0.8)

Asumsikan bahwa derajad kepercayaan kita pada premise pertama adalah:

$$\text{CF(Suhu udara rata-rata turun)} = 1.0$$

dan derajad kepercayaan pada premise kedua:

$$\text{CF(Hembusan angin semakin kencang)} = 0.7$$

Maka derajad kepercayaan bahwa 'Musim hujan akan datang' dapat dihitung:

$$\begin{aligned}&\text{CF(Musim hujan akan datang } \textit{jika}\\ &\text{suhu udara rata-rata turun } AND\\ &\text{hembusan angin semakin kencang)} = min\{1.0, 0.7\} * 0.8 = 0.56\end{aligned}$$

Berarti bahwa: Musim hujan *mungkin* akan datang.

Rule dengan disjungsi

Pada rule dengan disjungsi, pendekatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{IF } E_1 \text{ OR } E_2 \text{ OR } \ldots \text{ THEN } H \quad \text{CF(RULE)}$$

$$\text{CF}(H, E_1 \text{ OR } E_2 \text{ OR } \ldots) = max\{\text{CF}(E_i)\} * \text{CF(RULE)} \qquad (6.11)$$

Fungsi 'max' akan mengembalikan nilai paling besar dari 1 set evidence yang ada.

Contoh:

IF	Suhu udara rata-rata turun
OR	Hembusan angin semakin kencang
THEN	Musim hujan akan datang. (CF=0.9)

Maka derajad kepercayaan bahwa 'Musim hujan akan datang' adalah:

CF(Musim hujan akan datang *jika*

suhu udara rata-rata turun *OR*

hembusan angin semakin kencang) $= max\{1.0, 0.7\} * 0.9 = 0.9$

Berarti bahwa: Musim hujan *hampir pasti* akan datang.

LATIHAN

Bagaimana bentuk certainty factor dari hypothesis untuk rule seperti ditunjukkan di bawah ini:

IF	E_1
AND	E_2
OR	E_3
AND	E_4
THEN	H CF(RULE).

6.3.2 Rule dengan konklusi yang sama

Dalam proses eksekusi rule, mungkin sekali terjadi bahwa beberapa rule dapat menghasilkan hypothesis atau kesimpulan yang sama. Karena itu harus ada mekanisme untuk mengkombinasikan beberapa hypothesis tersebut untuk menjadi satu buah hypothesis saja. Persamaan untuk menggabungkan dua buah CF adalah sebagai berikut:

$$\mathrm{CF}_{\mathrm{kombinasi}}(\mathrm{CF}_{\mathrm{lama}}, \mathrm{CF}_{\mathrm{baru}}) = \begin{cases} \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}} + \mathrm{CF}_{\mathrm{baru}}(1 - \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}}) & \text{both } > 0 \\ \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}} + \mathrm{CF}_{\mathrm{baru}}(1 + \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}}) & \text{both } < 0 \\ \frac{\mathrm{CF}_{\mathrm{lama}} + \mathrm{CF}_{\mathrm{baru}}}{1 - min(|\mathrm{CF}_{\mathrm{lama}}|, |\mathrm{CF}_{\mathrm{baru}}|)} & \text{one } < 0 \end{cases} \tag{6.12}$$

Untuk menjelaskan bagaimana keyakinan dipropagasikan dalam Certainty Factor, maka dalam bagian ini akan diberikan dua contoh kasus yang diselesaikan dengan model Certainty Factor.

<u>Contoh 1:</u>

Contoh pertama adalah berkaitan dengan proses keputusan di dalam sebuah pengadilan dimana seseorang telah dituduh terlibat dalam pembunuhan tingkat pertama (hypothesis). Contoh ini diambil dari Gonzales (1993). Berdasarkan fakta-fakta yang ada (evidence) hakim harus memutuskan apakah orang tersebut bersalah. Pada awal proses peradilan, hakim harus menjunjung tinggi asas praduga tak bersalah, karena itu pada certainty factor dari 'bersalah' bernilai 0 (CF=0). Perhatikan rule-rule dibawah ini:

R1	IF	Sidik jari tertuduh ada pada senjata pembunuh,
	THEN	Tertuduh bersalah. (CF = 0.75)
R2	IF	Tertuduh memiliki motif,
	THEN	Tertuduh bersalah melakukan kejahatan. (CF = 0.6)
R3	IF	Tertuduh memiliki alibi,
	THEN	Tertuduh tidak bersalah. (CF = -0.8)

Dalam proses peradilan diketahui fakta-fakta sebagai berikut:

- Sidik jari tertuduh ada pada senjata pembunuh (CF = 0.9).
- Tertuduh memiliki motif (CF=0.5).
- Tertuduh memiliki alibi (CF=0.95).

Penyelesaian untuk kasus di atas adalah sebagai berikut:

STEP 0

Dengan menjunjung asas praduga tak bersalah, pada tahap awal hakim akan mengasumsikan bahwa "tertuduh bersalah" memiliki CF=0, seperti ditunjukkan dalam Gambar 6.1.

Figure 6.1: Tertuduh bersalah, CF=0

STEP 1

Diketahui bahwa premise dari R1 memiliki evidence dengan nilai CF=0.9. Maka hasil propagasi keyakinan yang memberi pengaruh pada bagian hypothesis adalah:

$$\begin{aligned} \mathrm{CF}_{\mathrm{kombinasi1}} &= \mathrm{CF}_{\mathrm{R1}} * \mathrm{CF}_{\mathrm{evid1}} \\ &= 0.75 * 0.9 \\ &= 0.675 \end{aligned} \tag{6.13}$$

Karena pada saat awal kita asumsikan bahwa nilai 'bersalah' adalah 0, maka $\mathrm{CF}_{\mathrm{revisi}}$ dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned} \mathrm{CF}_{\mathrm{revisi}} &= \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}} + \mathrm{CF}_{\mathrm{baru}} * (1 - \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}}) \\ &= 0.0 + 0.675 * (1 - 0) \\ &= 0.675 \end{aligned} \tag{6.14}$$

Hasil propagasi kepercayaan R1 menyebabkan nilai CF sekarang berubah menjadi 0.675. Ditunjukkan dalam Gambar 6.2. Yang berarti: dengan adanya R1 meningkatkan kepercayaan bahwa tertuduh bersalah. Tetapi hakim tidak akan langsung mengetokkan palu tanda bersalah sebelum bukti-bukti yang lain diuji.

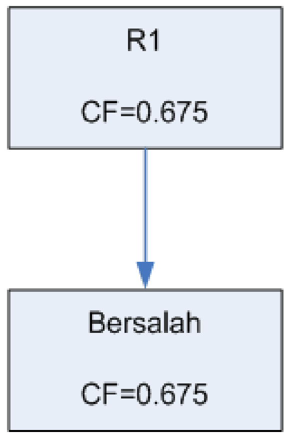

Figure 6.2: Tertuduh bersalah, CF=0.675

STEP 2

Diketahui bahwa premise dari R2 memiliki evidence dengan nilai CF=0.5. Maka hasil propagasi keyakinan yang memberi pengaruh pada bagian hypothesis dari R2 adalah:

$$\begin{aligned} \mathrm{CF}_{\mathrm{kombinasi2}} &= \mathrm{CF}_{\mathrm{R2}} * \mathrm{CF}_{\mathrm{evid2}} \\ &= 0.6 * 0.5 \\ &= 0.30 \end{aligned} \tag{6.15}$$

Pada step 1 kita dapatkan dengan CF=0.675, maka selanjutnya tingkat keyakinan dipropagasikan dengan adanya evidence kedua menjadi:

$$\begin{aligned} \mathrm{CF}_{\mathrm{revisi}} &= \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}} + \mathrm{CF}_{\mathrm{baru}} * (1 - \mathrm{CF}_{\mathrm{lama}}) \\ &= 0.675 + 0.3 * (1 - 0.675) \\ &= 0.7725 \end{aligned} \tag{6.16}$$

Hasil kombinasi antara R1 dan R2 ternyata semakin meningkatkan kepercayaan bahwa tertuduh memang bersalah. Perhatikan Gambar 6.3.

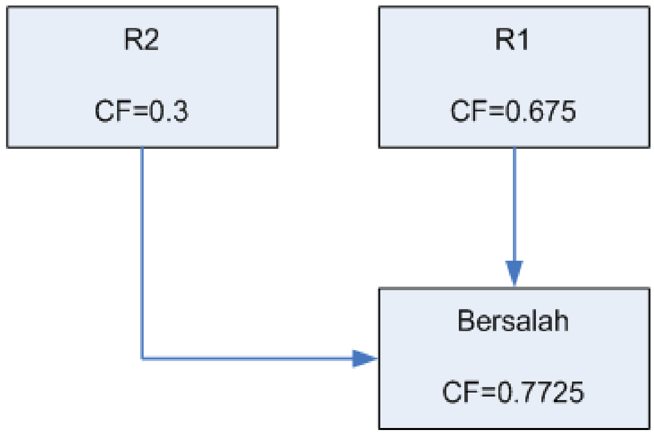

Figure 6.3: Tertuduh bersalah, CF=0.7725

STEP 3

Diketahui bahwa premise dari R3 memiliki evidence dengan nilai CF=0.95. Maka hasil propagasi keyakinan yang memberi pengaruh pada bagian hypothesis dari R3 adalah:

$$\begin{aligned} \mathrm{CF}_{\mathrm{kombinasi3}} &= \mathrm{CF}_{\mathrm{R3}} * \mathrm{CF}_{\mathrm{evid3}} \\ &= 0.95 * (-0.80) \\ &= -0.76 \end{aligned} \tag{6.17}$$

Hasil kombinasi terakhir memberikan nilai:

$$\begin{aligned} \mathrm{CF}_{\mathrm{revisi}} &= \frac{\mathrm{CF}_{\mathrm{lama}} + \mathrm{CF}_{\mathrm{baru}}}{1 - min(|\mathrm{CF}_{\mathrm{lama}}|, |\mathrm{CF}_{\mathrm{baru}}|)} \\ &= \frac{0.7725 - 0.76}{1 - 0.76} \\ &= 0.052 \end{aligned} \tag{6.18}$$

Karena itu hasil akhir dari proses peradilan: hakim tidak dapat memutuskan bahwa tertuduh bersalah. Bukti lain dibutuhkan untuk menentukan tertuduh bersalah atau tidak. Perhatikan Gambar 6.4.

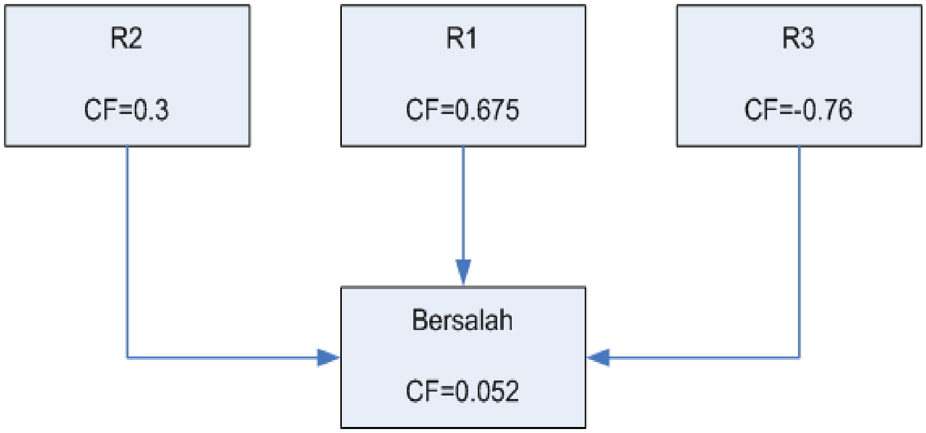

Figure 6.4: Tertuduh bersalah, CF=0.052

Contoh 2:

Problem berikutnya adalah menentukan apakah saya seharusnya pergi bermain bola atau tidak. Kita asumsikan bahwa hypothesis adalah: "Saya seharusnya tidak pergi bermain bola" dan penyelesaian dilakukan dengan metoda backward reasoning. Rule-rule yang digunakan adalah sebagai berikut:

R1	IF	Cuaca kelihatan mendung,	E1
	OR	Saya dalam suasana hati tidak enak,	E2
	THEN	Saya seharusnya tidak pergi bermain bola. (CF = 0.9)	H1
R2	IF	Saya percaya akan hujan,	E3
	THEN	Cuaca kelihatan mendung. (CF = 0.8)	E1
R3	IF	Saya percaya akan hujan,	E3
	AND	Ramalan cuaca mengatakan akan hujan,	E4
	THEN	Saya dalam suasana hati tidak enak. (CF = 0.9)	E2
R4	IF	Ramalan cuaca mengatakan akan hujan,	E4
	THEN	Cuaca kelihatan mendung. (CF = 0.7)	E1
R5	IF	Cuaca kelihatan mendung,	E1
	THEN	Saya dalam suasana hati tidak enak. (CF = 0.95)	E2

Dan diketahui fakta-fakta sebagai berikut:

- Saya percaya akan hujan (CF=0.95).
- Ramalan cuaca mengatakan akan hujan (CF=0.85).

Penyelesaian untuk kasus di atas adalah sebagai berikut:

STEP 1

Perhatikan bahwa premise pertama pada R1 (yang disimbolkan dengan E1) merupakan konklusi dari R2 dan R4. Sistem akan mengerjakan R2 terlebih dahulu karena R2 memiliki nilai CF lebih besar daripada R4. Maka:

$$\begin{aligned} \text{CF(E1,E3)} &= \text{CF}_{\text{R2}} * \text{CF}_{\text{E3}} \\ &= 0.8 * 0.95 \\ &= 0.76 \end{aligned} \tag{6.19}$$

Setelah itu kita kerjakan R4 sehingga:

$$\begin{aligned} \text{CF(E1,E4)} &= \text{CF}_{\text{R4}} * \text{CF}_{\text{E4}} \\ &= 0.7 * 0.85 \\ &= 0.60 \end{aligned} \tag{6.20}$$

Sekarang kita memiliki 2 buah fakta baru yang memberikan konfirmasi tentang E1 (Cuaca kelihatan mendung), kombinasi dari kedua buah fakta tersebut adalah:

$$\begin{aligned} \text{CF(E1)} &= \text{CF(E1,E3)} + \text{CF(E1,E4)} * (1 - \text{CF(E1,E3)}) \\ &= 0.76 + 0.6 * (1 - 0.76) \\ &= 0.9 \end{aligned} \tag{6.21}$$

STEP 2

Perhatikan bahwa premise kedua pada R1 (yang disimbolkan dengan E2) merupakan konklusi dari R3 dan R5. Sistem akan mengerjakan R5 terlebih dahulu karena R5 memiliki nilai CF lebih besar daripada R3. Maka:

$$\begin{aligned} \text{CF(E2,E1)} &= \text{CF}_{\text{R5}} * \text{CF}_{\text{E1}} \\ &= 0.95 * 0.9 \\ &= 0.86 \end{aligned} \tag{6.22}$$

Selanjutnya sistem akan mengerjakan R3 sehingga:

$$\begin{aligned} \text{CF(E1,E3 AND E4)} &= min\{\text{CF}_{\text{E3}}, \text{CF}_{\text{E4}}\} * \text{CF}_{\text{R3}} \\ &= min\{0.85, 0.85\} * 0.9 \\ &= 0.77 \end{aligned} \tag{6.23}$$

Sekarang kita memiliki 2 buah fakta baru yang memberikan konfirmasi tentang E2 (Saya dalam suasana hati tidak enak), kombinasi dari kedua buah fakta tersebut adalah:

$$\begin{aligned} \text{CF(E2)} &= \text{CF(E2,E1)} + \text{CF(E2,E3 AND E4)} * (1 - \text{CF(E2,E1)}) \\ &= 0.86 + 0.77 * (1 - 0.86) \\ &= 0.97 \end{aligned} \tag{6.24}$$

<u>STEP 3</u>

Kembali ke R1, maka nilai CF untuk H1 jika diberikan E1 OR E2 adalah:

$$\begin{aligned} \text{CF(H1,E1 OR E2)} &= max\{\text{CF}_{\text{E1}}, \text{CF}_{\text{E2}}\} * \text{CF}_{\text{R1}} \\ &= max\{0.9, 0.97\} * 0.9 \\ &= 0.87 \end{aligned} \tag{6.25}$$

Yang berarti bahwa: Saya seharusnya tidak pergi bermain bola.

6.4 SOAL LATIHAN:

Dengan menggunakan seperangkat rule dan fakta dibawah ini, hitunglah kemungkinan pencuri mobil dari Tim. Mike atau John yang layak dituduh sebagai pencuri?

Diketahui fakta-fakta sebagai berikut:

- Mobil dari Mike mogok (berarti dia membutuhkan transportasi) (CF=1.0).
- Mobil dari John tidak mogok (berarti dia tidak membutuhkan transportasi) (CF=1.0).
- Sidik jari dari Mike ada pada mobil (CF=1.0).
- Sidik jari dari John tidak ada pada mobil (CF=1.0).
- Sidik jari dari Mike tidak ada pada kunci (CF=1.0).
- Sidik jari dari John ada pada kunci (CF=1.0).
- Kunci mobil dari Tim tertinggal dalam mobil (CF=1.0).
- Mike tidak menyukai Tim (CF=0.6).
- John menyukai Tim (CF=0.8).
- Mike sedang melihat televisi ketika pencurian terjadi (berarti dia memiliki alibi) (CF=0.85).
- John sedang tidur ketika pencurian terjadi (berarti dia memiliki alibi) (CF=0.2)

R1	IF	Tertuduh memiliki motif,
	AND	Tertuduh memiliki kesempatan
	THEN	Tertuduh bersalah karena melakukan kejahatan. (CF = 0.6)
R2	IF	Tertuduh memiliki alibi,
	THEN	Tertuduh bersalah. (CF = -0.8)
R3	IF	Sidik jari dari tertuduh ditemukan pada mobil,
	THEN	Tertuduh bersalah. (CF = 0.4)
R4	IF	Kunci tertinggal di dalam mobil,
	THEN	Tertuduh memiliki kesempatan. (CF = 0.9)
R5	IF	Tertuduh tidak menyukai Tim,
	THEN	Tertuduh memiliki motif. (CF = 0.5)
R6	IF	Tertuduh membutuhkan transportasi,
	THEN	Tertuduh memiliki motif. (CF = 0.9)
R7	IF	Sidik jari dari tertuduh ditemukan pada kunci,
	THEN	Tertuduh bersalah. (CF = 0.7)