

Kecerdasan Buatan

Pertemuan 4: Logical Agents

Pendahuluan dan Gambaran Umum Materi

- * Agent yang sudah dibahas sebelumnya termasuk ke dalam ***Problem-solving agents***
 - * Memiliki pengetahuan yang terbatas dan tidak fleksibel
- * Manusia berpikir dengan menggunakan logika dan penalaran
- * Penalaran logika:
 - * ***Knowledge-based agents***
- * Logika dan logika proposisional
- * Pola penalaran (*Reasoning pattern*)

Penalaran Logika (Logical Reasoning)

- * Ingat materi logika Matematika Diskrit!
- * Aturan inferensi:
 - * Semua siswa belajar dengan rajin
 - * Sita adalah seorang siswa
 - * Maka, Sita belajar dengan rajin

} Silogisme
- * **Penalaran (kt benda):** Proses mengambil fakta baru dari fakta yang sudah ada
- * **Logika (kt benda):** aturan untuk penalaran yang menghasilkan output valid dari premis yang benar (*Premis: apa yang dianggap benar sebagai landasan kesimpulan kemudian; dasar pemikiran; alasan*)

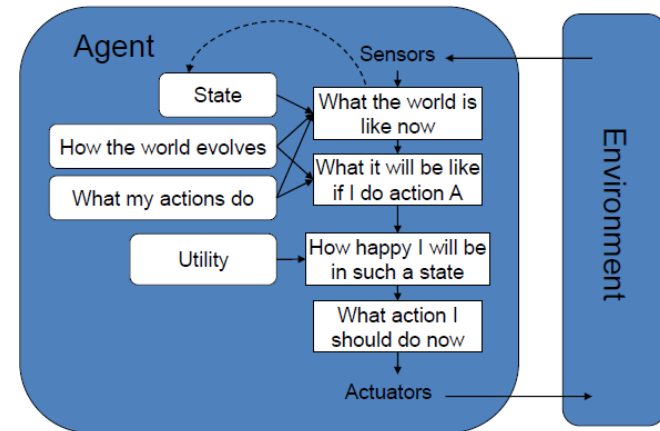


Penalaran Logika (2)

- * Agent mengetahui fakta tentang dunia sekitarnya dan menggunakan penalaran untuk memilih satu dari beberapa *action* yang tersedia
- * Agent menerima sebuah tugas baru melalui sebuah deskripsi detil tentang tujuan yang harus dicapai dan beradaptasi terhadap perubahan dengan meng-update pengetahuan mereka

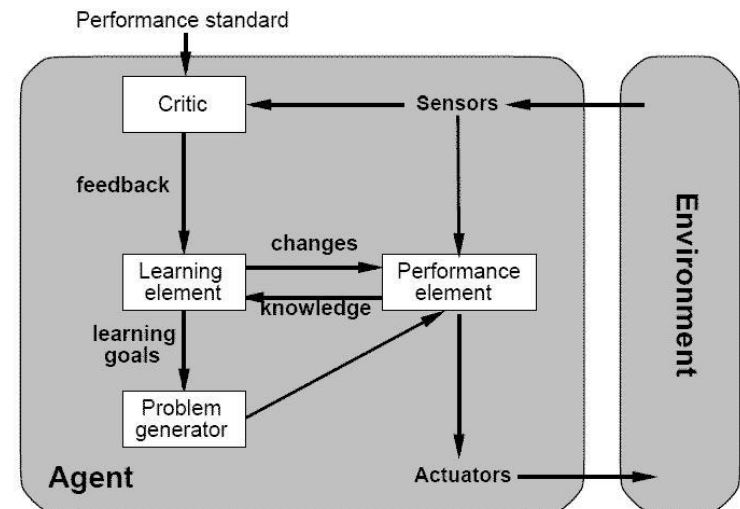
Penalaran Logika (3)

- * Beberapa hal yang harus diketahui oleh sebuah agent:
 - * (bagian yang relevan dari) keadaan dunia sekitarnya
 - * Bagaimana cara untuk mendapatkan pengetahuan yang implisit
 - * Bagaimana dunia sekitar berubah
 - * Apa yang agent inginkan
 - * Apa yang dihasilkan dari *action* mereka



Penalaran Logika: knowledge-based agent (1)

- * Agent harus dapat:
 - * Merepresentasikan keadaan, action, dll
 - * Memasukkan persepsi baru
 - * Meng-update state representasi internal dari dunia sekitar
 - * Mendeduksi sifat yang tersembunyi dari dunia sekitar
 - * Mendeduksi action yang tepat



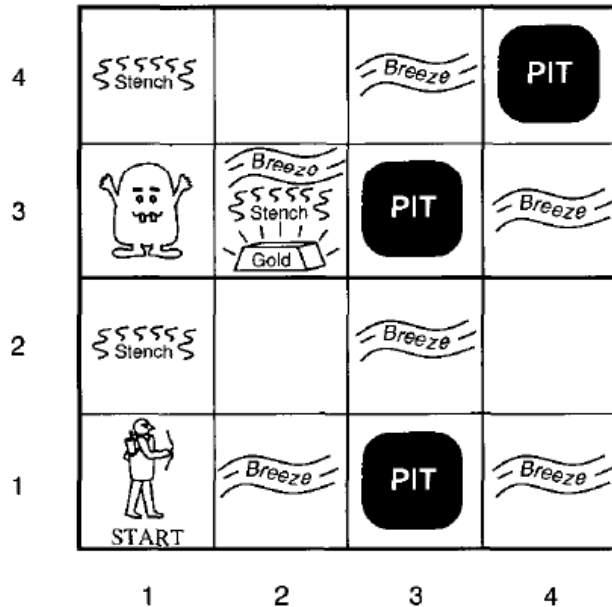
Knowledge-based Agent (2)

- * Komponen inti dari sebuah knowledge-based agent adalah **knowledge base (basis pengetahuan)**
- * Sebuah basis pengetahuan merupakan sekumpulan “**kalimat**”
- * Diperlukan sebuah cara untuk menambahkan “kalimat baru” ke dalam basis pengetahuan dan juga melakukan *query* terhadap “kalimat-kalimat” yang sudah ada

Knowledge-based agent (3)

- * Memiliki pengetahuan secara umum
- * Dapat melihat keadaan sekarang (current perception)
- * Dapat menarik kesimpulan tentang dunia sekitarnya
- * Memilih *action*
- * Dapat menghadapi lingkungan yang hanya teramati sebagian saja

Studi Kasus: Dunia Wumpus (Wumpus World)



Performance Measure: +1000 (emas), -1000 (pit/wumpus), -1 (setiap langkah), -10 (melepas anak panah)

Environment: Kotak 4x4, mulai dari [1,1], lokasi emas dan wumpus dibuat random

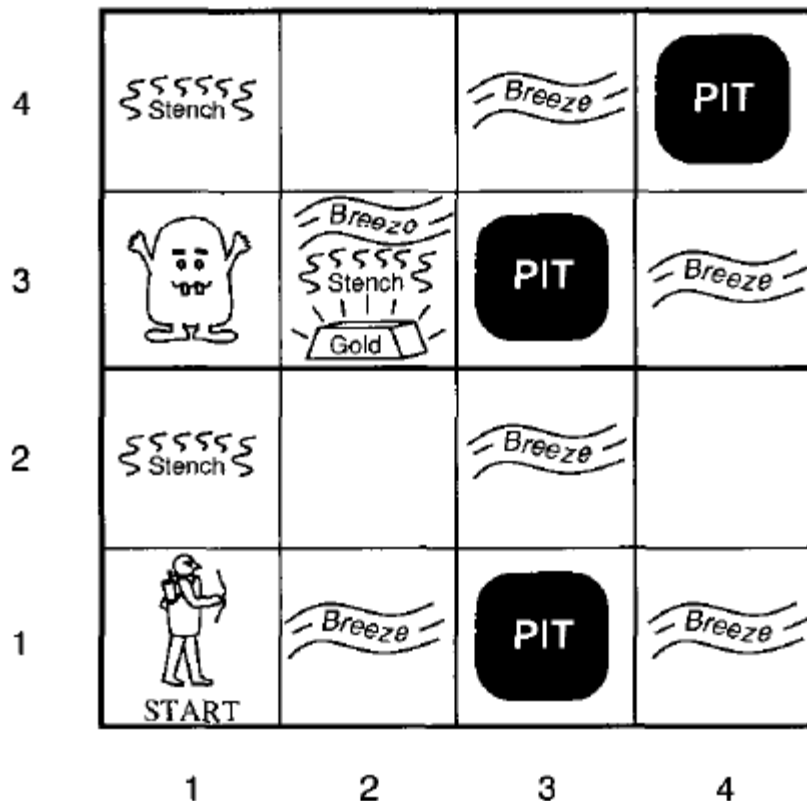
Actuators: Bergerak ke depan, putar kiri 90°, putar kanan 90°, Grab untuk ambil emas, Shoot untuk menembak, Climb untuk memanjat keluar (hanya dapat dilakukan jika sudah dapat emas)

Sensors: Bau, Angin Dingin, Kilauan Emas, Dinding, Teriakan Wumpus

* Dunia:

- * Kotak berukuran 4x4
- * Kita hanya dapat melihat apa yang ada dalam kotak kita
- * Terdapat seekor monster, Wumpus, di suatu sembarang kotak
- * Setiap kotak dapat berupa lubang (kecuali kotak[1,1])
- * Jika kita masuk ke kotak yang berupa lubang atau terdapat Wumpus, maka kita akan mati
- * Langkah dimulai dari kotak [1,1] yang merupakan kotak yang aman

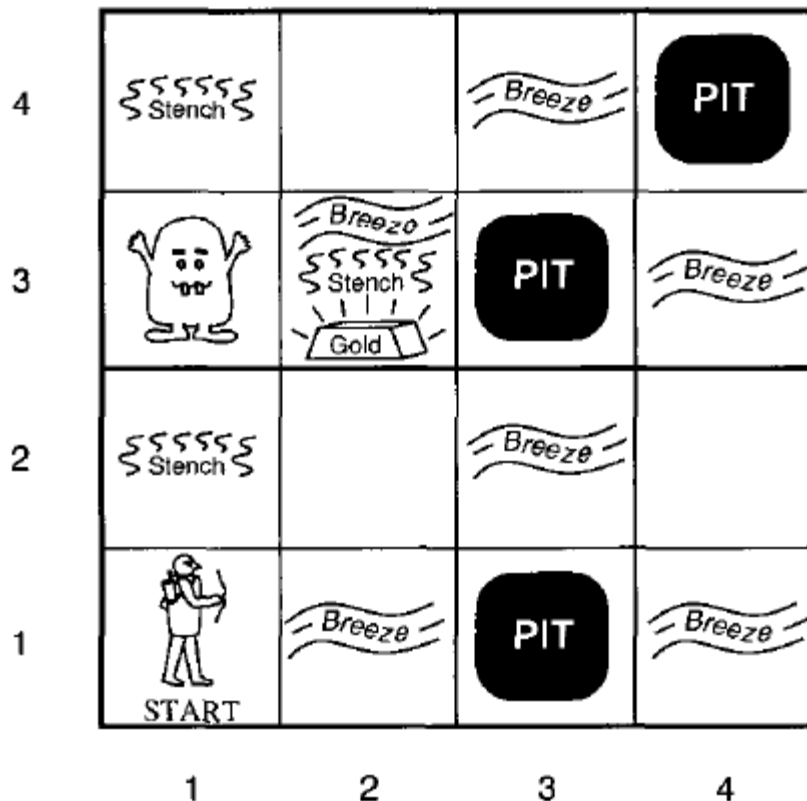
Studi Kasus: Dunia Wumpus (2)



* Persepsi:

- * Jika kita berada di kotak yang bersebelahan dengan kotak Wumpus, akan tercium bau busuk
- * Jika kita berada di kotak yang bersebelahan dengan kotak lubang, maka akan terasa hembusan angin
- * Emas akan terlihat bersinar jika kita berada dalam kotak emas
- * Menabrak dinding berarti mendapatkan persepsi tabrakan
- * Jika Wumpus mati, jeritannya akan menggema dan terdengar dimana-mana

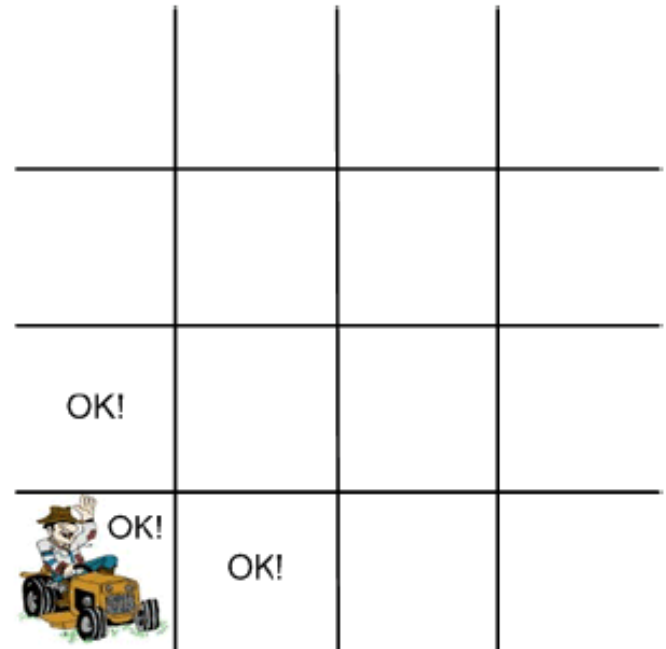
Studi Kasus: Dunia Wumpus (3)



- * Action yang mungkin:
 - * Maju
 - * Belok kiri atau kanan
 - * Mengambil objek
 - * Menembakkan satu anak panah
 - * Naik ke level berikutnya
- * Tujuan:
 - * Mendapatkan emas dan keluar dengan selamat


Dunia Wumpus (4)

- * Tidak melihat/merasakan apa-apa, sehingga aman untuk melangkah ke utara (atas) dan timur (kanan).
- * Misal: melangkah ke utara





Dunia Wumpus (5)

- * Tercium bau menyengat, maka terdapat Wumpus di salah satu kotak tetangga
- * Kembali ke kotak semula

W?			
 OK!	W?		
OK!	OK!		



Dunia Wumpus (6)

- * Sekarang melangkah ke timur

W?			
 OK!	W?		
 OK!	OK!		




Dunia Wumpus (7)

- * Terasa angin berhembus. Maka pasti terdapat lubang di salah satu kotak tetangga. Hembusan angin tidak terasa ketika kita berada di $[1,2]$, maka lubang pasti berada di $[3,1]$.
- * Tidak tercium bau busuk, maka tidak ada Wumpus di $[2,2]$ dan pasti ada Wumpus di $[1,3]$.
- * Lanjut melangkah ke utara

W!			
 OK!	OK!		
OK!	 OK!	P!	




Dunia Wumpus (8)

- * Tidak ada persepsi apa-apa.
- * Lanjut melangkah ke timur.

W!	OK!		
 OK!	 OK!	OK!	
OK!	OK! 	P!	





Dunia Wumpus (9)

- * Terasa hembusan angin. Maka, terdapat lubang di salah satu kotak [4,2] atau [3,3]
- * Melangkah kembali ke barat

W!	OK!	P?	
 OK!	OK!		P?
OK!	OK! 	P!	





Dunia Wumpus (10)

- * Tidak terdeteksi apa-apa.
- * Lanjut ke utara.

W!	OK!	P?	
 OK!	 OK!	 OK!	P?
OK!	 OK!	P!	

Dunia Wumpus (11)





- * Terlihat kilauan emas, maka terdapat emas di kotak tersebut
- * Ambil emasnya dan lanjut ke level berikutnya.

W!	 OK!	P?	
 OK!	OK!	OK! 	P?
OK!	OK! 	P!	

Dunia Wumpus (12)

- * Yang diperlukan:

- * Sebuah bahasa yang dapat mengekspresikan: terdapat Wumpus di salah satu $[1,3]$ atau $[2,2]$ dan tidak mungkin terdapat lubang di $[2,2]$
- * Mekanisme pengambilan kesimpulan yang dapat mengkombinasikan pengetahuan yang didapat pada waktu dan tempat yang berbeda
- * Sebuah tempat untuk mengakumulasi semua pengetahuan ini

W!	 OK!	P?	
 OK!	OK!	 OK!	P?
OK!	OK! 	P!	

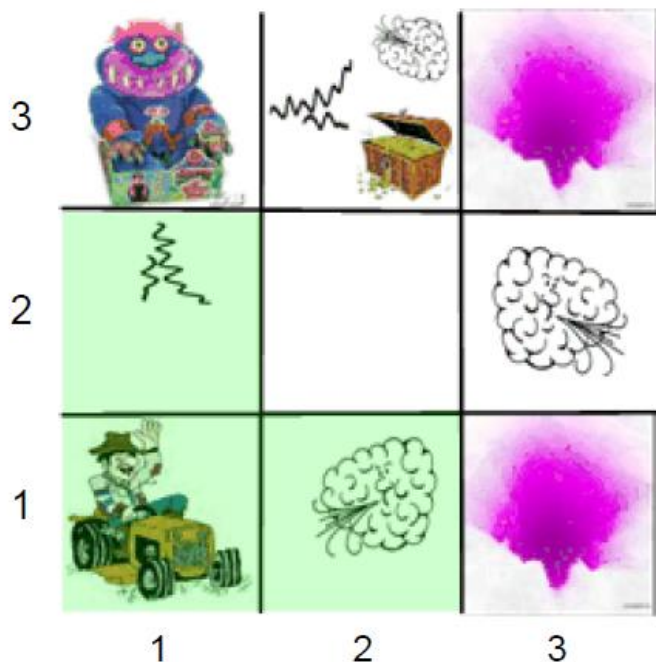
Proposisi dan Logika Proposisional

- * **Proposisi:** Kalimat yang bisa bernilai benar atau salah
- * **Logika Proposisional:** Kalimat yang tersusun atas simbol proposisi dan penghubung logika. Disebut juga **Logika Boolean**
- * Contoh Proposisi:
 - * P, Q, atau R adalah simbol proposisi
- * Untuk kasus Dunia Wumpus:
 - * $S[x,y]$ = Ada bau menyengat tercium di kotak x,y
 - * $W[x,y]$ = Terdapat Wumpus di kotak x,y

Logika Proposisional

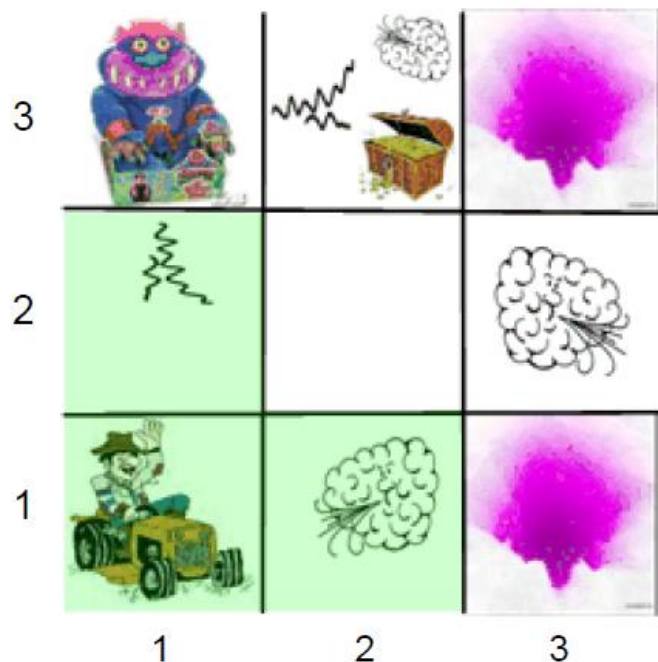
- * Operator logika:
 - * NOT (\neg) / Negasi
 - * AND (\wedge) / Konjugasi
 - * OR (\vee) / Disjungsi
 - * IMPLIKASI (\rightarrow) / Jika
 - * BIIMPLIKASI (\leftrightarrow) / Jika dan hanya jika

Logika Proposisional untuk Dunia Wumpus (1)



- * Misal semua persepsi di area abu-abu sudah ditetapkan:
 - * Tidak ada bau menyengat di $[1,1]$, $[2,1]$
 - * Ada bau menyengat di $[1,2]$
 - * Tidak ada hembusan angin di $[1,1]$, $[1,2]$
 - * Ada hembusan angin di $[2,1]$

Logika Proposisional untuk Dunia Wumpus (2)



* Bentuk logika proposisionalnya:

* $\neg S[1,1]$

* $\neg S[2,1]$

* $S[1,2]$

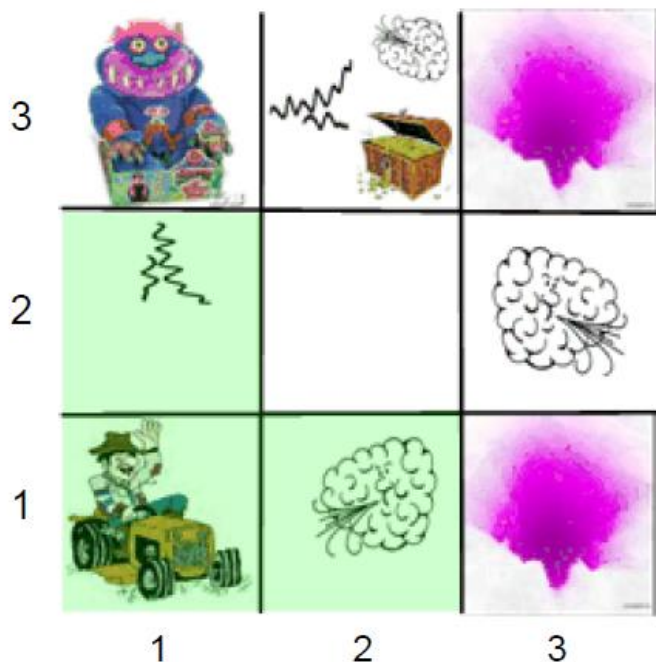
* $\neg B[1,1]$

* $\neg B[1,2]$

* $B[2,1]$

Logika Proposisional untuk Dunia Wumpus (3)

- * Beberapa aturan fakta yang diketahui:



Rule 1: $\neg S[1,1] \Rightarrow \neg W[1,1] \wedge \neg W[1,2] \wedge \neg W[2,1]$

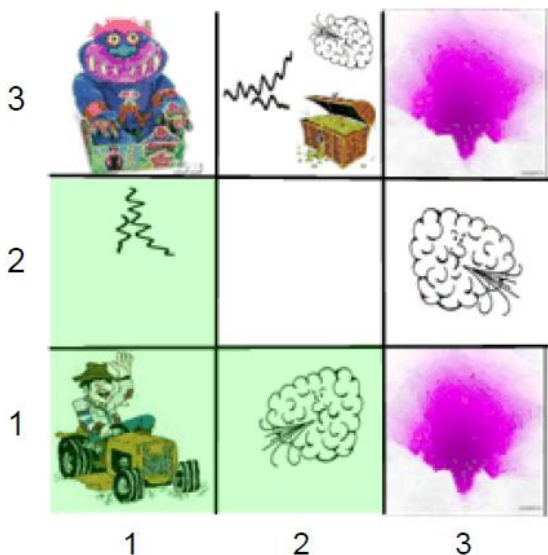
Rule 2: $\neg S[2,1] \Rightarrow \neg W[1,1] \wedge \neg W[2,1] \wedge \neg W[2,2] \wedge \neg W[3,1]$

Rule 3: $\neg S[1,2] \Rightarrow \neg W[1,1] \wedge \neg W[1,2] \wedge \neg W[2,2] \wedge \neg W[1,3]$

Rule 4: $S[1,2] \Rightarrow W[1,3] \vee W[1,2] \vee W[2,2] \vee W[1,1]$

...

Logika Proposisional untuk Dunia Wumpus (4)



Rule 1: $\neg S[1,1] \Rightarrow \neg W[1,1] \wedge \neg W[1,2] \wedge \neg W[2,1]$

Rule 2: $\neg S[2,1] \Rightarrow \neg W[1,1] \wedge \neg W[2,1] \wedge \neg W[2,2] \wedge \neg W[3,1]$

Rule 3: $\neg S[1,2] \Rightarrow \neg W[1,1] \wedge \neg W[1,2] \wedge \neg W[2,2] \wedge \neg W[1,3]$

Rule 4: $S[1,2] \Rightarrow W[1,3] \vee W[1,2] \vee W[2,2] \vee W[1,1]$

* Kesimpulan apa yg dapat ditarik?

- Rule 1 $\wedge \neg S[1,1]$ (modus ponens)
 $\neg W[1,1] \wedge \neg W[1,2] \wedge \neg W[2,1]$
- Rule 2 $\wedge \neg S[2,1]$ (modus ponens)
 $\neg W[1,1] \wedge \neg W[2,1] \wedge \neg W[2,2] \wedge \neg W[3,1]$
- Rule 4 $\wedge S[1,2]$ (modus ponens)
 $W[1,3] \vee W[1,2] \vee W[2,2] \vee W[1,1]$
- $\neg W[1,1] \wedge$ previous (unit resolution)
 $W[1,3] \vee W[1,2] \vee W[2,2]$
- $\neg W[2,2] \wedge$ previous (unit resolution)
 $W[1,3] \vee W[1,2]$
- $\neg W[1,2] \wedge$ previous (unit resolution)
 $W[1,3]$ (the Wumpus is in square [1,3])

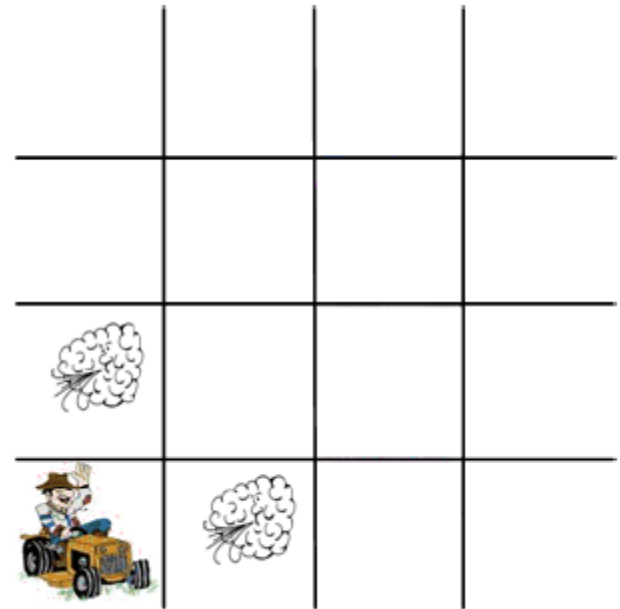
Tetapi... selalu ada unsur ketidakpastian

- * Dunia nyata terlalu kompleks untuk dapat direpresentasikan secara utuh
- * Data mengandung *noise* dan ketidakkonsistenan
 - * 32% responden berpendapat angka “7”, 68% berpendapat angka “1”
- * Seorang pakar dalam mendeskripsikan pengetahuannya sering bersifat samar-samar
- * Beberapa hal memang benar-benar bersifat acak

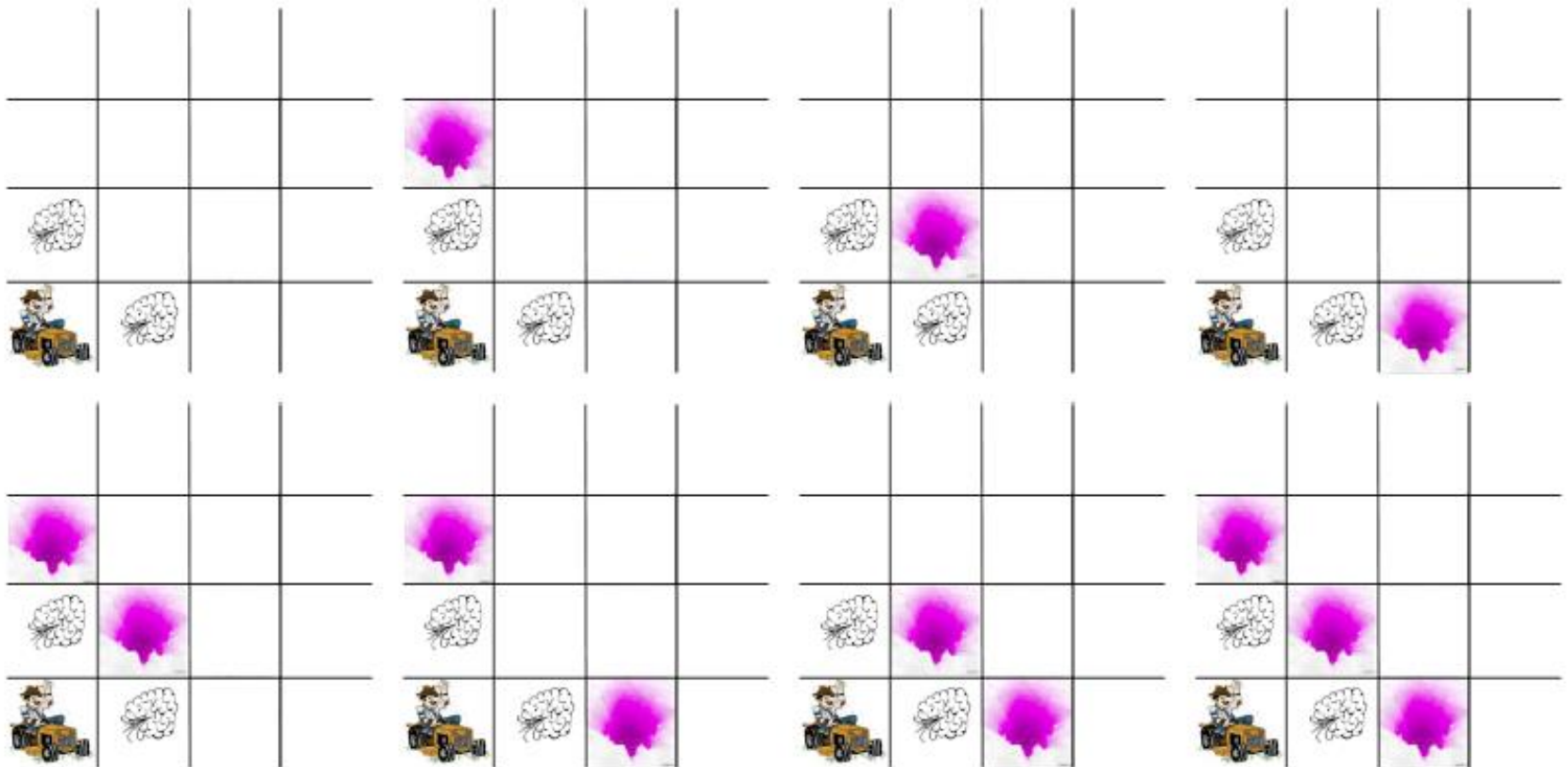


Ketidakpastian dalam Dunia Wumpus

- * Beberapa permasalahan yang terlalu kompleks akan sulit dipecahkan dengan logika
- * Contoh state di samping, dimanakah letak lubangnya?
- * Kita harus bertaruh dan mencoba pindah ke salah satu kotak untuk mengetahuinya



Ketidakpastian dalam Dunia Wumpus



Kemungkinan posisi lubang

First-Order Logic/Logika Predikat

- * Ada 4 komponen:
 - * **Objects:** sesuatu dengan identitas individual (*people, houses, colors, ...*)
 - * **Properties:** sifat yang membedakannya dari object yang lain (*red, round, ...*)
 - * **Relations:** hubungan antar-object (*brother of, bigger than, part of, ...*)
 - * **Functions:** relation yang hanya memiliki 1 nilai (*father of, best friend, ...*)

Logika Predikat: Representasi Fakta Sederhana

- * Misal diketahui fakta sebagai berikut:
 - * Anda adalah seorang laki-laki : A
 - * Ali adalah seorang laki-laki : B
 - * Amir adalah seorang laki-laki : C
 - * Anto adalah seorang laki-laki : D
 - * Agus adalah seorang laki-laki : E
- * Jika setiap fakta dinyatakan dengan proposisi, terjadi pemborosan.
- * Contoh di atas dapat ditulis ulang: $\text{Laki-laki}(x)$, dimana x adalah variabel yang dapat disubstitusikan dengan Andi, Ali, Amir, Anto, Agus, dan laki-laki yang lain

Logika Predikat

- * Contoh:

- * Andi adalah seorang mahasiswa
- * Andi masuk Jurusan Elektro
- * Setiap mahasiswa Elektro pasti mahasiswa teknik
- * Kalkulus adalah mata kuliah yang sulit
- * Setiap mahasiswa teknik pasti akan suka kalkulus atau akan membencinya
- * Setiap mahasiswa pasti akan suka terhadap suatu mata kuliah
- * Mahasiswa yang tidak pernah hadir pada kuliah mata kuliah sulit, maka mereka pasti tidak suka terhadap mata kuliah tersebut
- * Andi tidak pernah hadir kuliah mata kuliah Kalkulus

Logika Predikat

- * Jika pernyataan di atas ditulis dalam logika predikat:
 - * $mahasiswa(Andi)$
 - * $Elektro(Andi)$
 - * $\forall x: Elektro(x) \rightarrow Teknik(x)$
 - * $sulit(Kalkulus)$
 - * $\forall x: Teknik(x) \rightarrow suka(x, Kalkulus) \vee \neg suka(x, Kalkulus)$
 - * $\forall x: \exists y: suka(x, y)$
 - * $\forall x: \forall y: mahasiswa(x) \wedge sulit(y) \wedge \neg hadir(x, y) \rightarrow \neg suka(x, y)$
 - * $\neg hadir(Andi, Kalkulus)$
- * Pertanyaannya: **Apakah Andi suka mata kuliah Kalkulus?**

Logika Predikat

- * Apakah Andi suka mata kuliah Kalkulus?
- * Langkah penyelesaian:
 - * $\neg \text{suka}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$ (**q**)
 - * Berdasarkan pernyataan ke-7, dilakukan penalaran backward:
 - * Substitusi x dengan Andi dan y dengan Kalkulus:
 $\text{mahasiswa}(\text{Andi}) \wedge \text{sulit}(\text{Kalkulus}) \wedge \neg \text{hadir}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$ (**p**)
 - * Kalimat di atas jika bernilai True semua,
maka kesimpulannya adalah q
 - * Pernyataan 1, 4, dan 8 terbukti True
 - * $T \wedge T \wedge T \equiv T$
 - * Maka kesimpulan $\neg \text{suka}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$ **benar**

Modus Ponens

$$p \rightarrow q$$

$$\frac{p}{\therefore q}$$

Representasi Pengetahuan Dunia Wumpus dengan Logika Predikat

- * Jika agent melihat kilauan emas (*glitter*), maka dia akan melakukan aksi *grab* untuk mengambil *gold*. Aturannya sbb:

- * $\forall s, b, u, c, t \text{ Percept}([s, b, \textit{Glitter}, u, c], t) \rightarrow \textit{Action}(\textit{Grab}, t)$

s=Stench
b=Breeze
u=bUmp
c=sCream
t=time

Latihan Soal

- * Misal terdapat pernyataan-pernyataan berikut:
 - * Ita suka semua jenis makanan
 - * Pisang adalah makanan
 - * Pecel adalah makanan
 - * Segala sesuatu yang dimakan oleh manusia, dan manusia tidak mati karenanya, dinamakan makanan
 - * Hendra adalah seorang laki-laki
 - * Hendra makan jeruk, dan dia masih hidup
 - * Rini makan apa saja yang dimakan oleh Hendra
- * **Pertanyaan: Apakah Ita suka jeruk?**