



IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

IKI 30320: Sistem Cerdas

Kuliah 14: Knowledge Representation

Ruli Manurung

Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Indonesia

12 November 2007



Outline

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- 1 Ontological engineering
- 2 Representasi obyek
- 3 Representasi tindakan
- 4 Mental events, mental objects
- 5 Ringkasan



Outline

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- 1 Ontological engineering
- 2 Representasi obyek
- 3 Representasi tindakan
- 4 Mental events, mental objects
- 5 Ringkasan



Ontological engineering

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

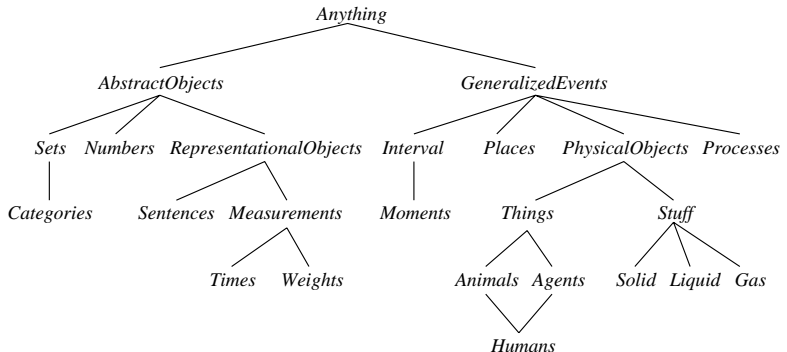
Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Me-*knowledge engineer*-kan seluruh dunia nyata!
- Representasi konsep spt. *physical objects*, *action*, *time*, *beliefs*
- Bayangkan sebuah ensiklopedi yang bisa dibaca agent
- **Upper ontology**: kerangka dasar → berlaku umum, bisa diperinci





Contoh ontology

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Cyc (www.cyc.com)
- OpenCyc (www.opencyc.org)
- SUMO (www.ontologyportal.org)
- Riset di bidang ini makin marak karena ...



Contoh ontology

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Cyc (www.cyc.com)
- OpenCyc (www.opencyc.org)
- SUMO (www.ontologyportal.org)
- Riset di bidang ini makin marak karena ...

Semantic Web

Lanjutan dari WWW di mana isinya bisa dimengerti
software agent. Visi Tim Berners-Lee



Outline

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- 1 Ontological engineering
- 2 Representasi obyek**
- 3 Representasi tindakan
- 4 Mental events, mental objects
- 5 Ringkasan



Category & object

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Organisasi *object* ke dalam *category* berdasarkan *property*
- Reasoning & inference terhadap category:
Percept \rightarrow object property \rightarrow infer category \rightarrow predict (hidden)
Contoh:
 - Percept *OBJ_183*: bulat lonjong, besar, hijau bercak
 - Infer *OBJ_183* termasuk category *Semangka*
 - Berdasarkan KB, *OBJ_183*: manis, enak dijus, dst.
- Category diorganisasi berdasarkan *inheritance* ke dalam sebuah *taxonomy*
 - *Semangka* adalah Buah adalah Makanan
 - Jika Makanan “bisa dimakan”, *Semangka* juga.



Representasi kategori & obyek dalam FOL

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Keanggotaan obyek dlm. kategori: $O_{183} \in Semangka$
 - Sbg. predikat: $Semangka(O_{183})$
 - Di-reify sebagai obyek: $Member(O_{183}, Semangka)$
- Taksonomi subkategori (“hirarki `is_a`”):
 - $Semangka \subset Buah$
 - $Subclass(Semangka, Buah)$
- Sifat obyek dlm. (sub)kategori:
 - $\forall x \ Member(x, Semangka) \Rightarrow Manis(x)$
 - $\forall x \ Member(x, Buah) \Rightarrow BisaDimakan(x)$
 - $\forall x, y \ Member(x, y) \wedge Subclass(y, Buah) \Rightarrow BisaDimakan(x)$
- Mengenali keanggotaan obyek:
 $Lonjong(x) \wedge Besar(x) \wedge HijauBercak(x) \Rightarrow Member(x, Semangka)$



Ketidakanggotaan obyek dlm. kategori

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Disjoint

Himpunan kategori di mana tidak ada anggota yang sama:

$$\text{Disjoint}(s) \Leftrightarrow (\forall c_1, c_2 \ c_1 \in s \wedge c_2 \in s \wedge c_1 \neq c_2 \Rightarrow \text{Irisan}(c_1, c_2) = \{\})$$

Mis.: $\text{Disjoint}(\{\text{Hewan}, \text{Sayuran}\})$



Ketidakanggotaan obyek dlm. kategori

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Disjoint

Himpunan kategori di mana tidak ada anggota yang sama:

$$\text{Disjoint}(s) \Leftrightarrow (\forall c_1, c_2 \ c_1 \in s \wedge c_2 \in s \wedge c_1 \neq c_2 \Rightarrow \text{Irisan}(c_1, c_2) = \{\})$$

Mis.: $\text{Disjoint}(\{\text{Hewan}, \text{Sayuran}\})$

Exhaustive decomposition

Himpunan subkategori dari c di mana *union*-nya adalah c :

$$\text{ExhaustiveDecomposition}(s, c) \Leftrightarrow (\forall i \ i \in c \Leftrightarrow \exists c_1 \ c_1 \in s \wedge i \in c_2)$$

Mis.: $\text{ExhaustiveDecomposition}(\{\text{Mhs}, \text{Dosen}, \text{Staf}\}, \text{SivitasAkademika})$



Ketidakanggotaan obyek dlm. kategori

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Disjoint

Himpunan kategori di mana tidak ada anggota yang sama:

$$\text{Disjoint}(s) \Leftrightarrow (\forall c_1, c_2 \ c_1 \in s \wedge c_2 \in s \wedge c_1 \neq c_2 \Rightarrow \text{Irisan}(c_1, c_2) = \{\})$$

Mis.: $\text{Disjoint}(\{\text{Hewan}, \text{Sayuran}\})$

Exhaustive decomposition

Himpunan subkategori dari c di mana *union*-nya adalah c :

$$\text{ExhaustiveDecomposition}(s, c) \Leftrightarrow (\forall i \ i \in c \Leftrightarrow \exists c_1 \ c_1 \in s \wedge i \in c_2)$$

Mis.: $\text{ExhaustiveDecomposition}(\{\text{Mhs}, \text{Dosen}, \text{Staf}\}, \text{SivitasAkademika})$

Partition

Disjoint exhaustive decomposition:

$$\text{Partition}(s, c) \Leftrightarrow \text{Disjoint}(s) \wedge \text{ExhaustDecomp}(s, c)$$

Mis.: $\text{Partition}(\{\text{Jantan}, \text{Betina}\}, \text{Hewan})$



Komposisi obyek

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Sebuah obyek bisa menjadi bagian (fisik) obyek lain:
 $PartOf(Bucharest, Rumania)$
 $PartOf(Rumania, Eropa)$
 $PartOf(Eropa, Dunia)$
- $PartOf$ bersifat transitif & refleksif
 $\rightarrow PartOf(Bucharest, Earth).$
- Definisi kategori **composite object** scr. struktural:
 $Biped(a) \Rightarrow \exists l_1, l_2, b \text{ } Leg(l_1) \wedge Leg(l_2) \wedge Body(b) \wedge$
 $PartOf(l_1, a) \wedge PartOf(l_2, a) \wedge PartOf(b, a) \dots$
- Membentuk taksonomi struktural obyek fisik (“hirarki has_a”)



Outline

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- 1 Ontological engineering
- 2 Representasi obyek
- 3 Representasi tindakan**
- 4 Mental events, mental objects
- 5 Ringkasan



Melakukan reasoning thd. konsekuensi tindakan

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- *LogicalAntoTM* dpt bertindak, mis: *Ke(Anto, [1, 2])*, *Ambil(Anto, Emas)*, dst.
- **Kapan** kalimat berikut bernilai *true*?
AdaDi(Anto, [1, 1])
AdaDi(Anto, [1, 2])
Memegang(Anto, Emas)



Melakukan reasoning thd. konsekuensi tindakan

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

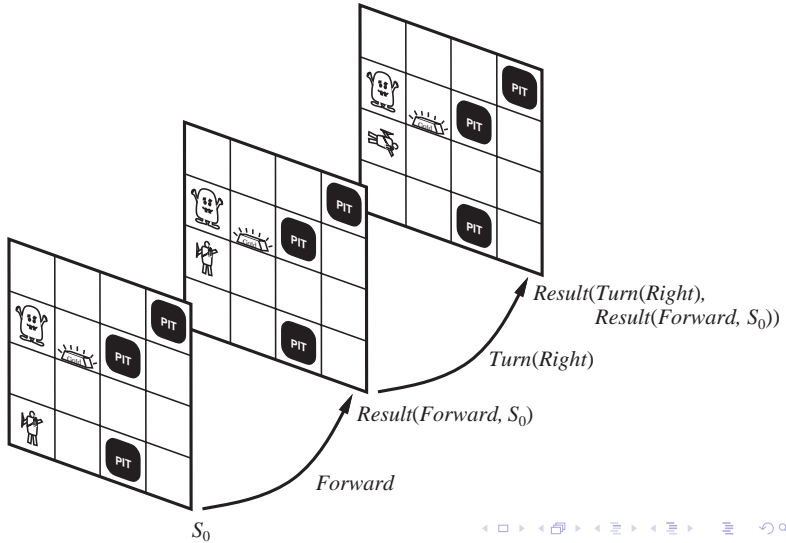
Ringkasan

- *LogicalAntoTM* dpt bertindak, mis: *Ke(Anto, [1, 2])*, *Ambil(Anto, Emas)*, dst.
- **Kapan** kalimat berikut bernilai *true*?
AdaDi(Anto, [1, 1])
AdaDi(Anto, [1, 2])
Memegang(Anto, Emas)
- Kita bisa menambahkan argumen waktu *t*
AdaDi(Anto, [1, 1], 1)
AdaDi(Anto, [1, 2], 2)
Memegang(Anto, Emas, 3)
- Apakah **satuan** *t*? detik? menit?



Situation: Abstraksi waktu

Abstraksi waktu: unit diskrit; konsekuensi tindakan





Situation calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Situation**: *logical term* yang merepresentasikan keadaan environment *sesudah mengambil tindakan*.
 - Initial situation (S_0)
 - Konsekuensi tindakan a : $Result(a, s)$



Situation calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Situation**: *logical term* yang merepresentasikan keadaan environment *sesudah mengambil tindakan*.
 - Initial situation (S_0)
 - Konsekuensi tindakan a : $Result(a, s)$
- **Fluent**: *function* dan *predicate* yang nilainya dapat berubah antara situation. Mis.: $\neg Holding(G_1, S_0)$, $Age(Wumpus, S_4)$



Situation calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Situation**: *logical term* yang merepresentasikan keadaan environment *sesudah mengambil tindakan*.
 - Initial situation (S_0)
 - Konsekuensi tindakan a : $Result(a, s)$
- **Fluent**: *function* dan *predicate* yang nilainya dapat berubah antara situation. Mis.: $\neg Holding(G_1, S_0)$, $Age(Wumpus, S_4)$
- **Eternal**: *function* dan *predicate* yang nilainya tidak berubah. Mis.: $Gold(G_1)$, $LeftLegOf(Wumpus)$



Situation calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Situation**: *logical term* yang merepresentasikan keadaan environment *sesudah mengambil tindakan*.
 - Initial situation (S_0)
 - Konsekuensi tindakan a : $Result(a, s)$
- **Fluent**: *function* dan *predicate* yang nilainya dapat berubah antara situation. Mis.: $\neg Holding(G_1, S_0)$, $Age(Wumpus, S_4)$
- **Eternal**: *function* dan *predicate* yang nilainya tidak berubah. Mis.: $Gold(G_1)$, $LeftLegOf(Wumpus)$
- Reasoning thd. **action sequence**:
 $Result([], s) = s$
 $Result([a|seq], s) = Result(seq, Result(a, s)) = s'$
- **Projection**: jika seq diketahui, simpulkan s'
- **Planning**: jika s' diketahui, cari seq



Repr. action dlm. situation calculus

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Poss(a, s): tindakan *a* dapat (**possible**) diambil pd. *s*



Repr. action dlm. situation calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

$Poss(a, s)$: tindakan a dapat (**possible**) diambil pd. s

Possibility axiom:

Menyatakan kapan tindakan bisa diambil

$syarat\ tindakan \Rightarrow Poss(a, s)$

$At(Agent, x, s) \wedge Adjacent(x, y)$	\rightarrow	$Poss(Go(x, y), s)$
$Gold(g) \wedge At(Agent, x, s) \wedge At(g, x, s)$	\rightarrow	$Poss(Grab(g), s)$
$Holding(g, s)$	\rightarrow	$Poss(Release(g), s)$



Repr. action dlm. situation calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

$Poss(a, s)$: tindakan a dapat (**possible**) diambil pd. s

Possibility axiom:

Menyatakan kapan tindakan bisa diambil

$syarat\ tindakan \Rightarrow Poss(a, s)$

$At(Agent, x, s) \wedge Adjacent(x, y)$	\rightarrow	$Poss(Go(x, y), s)$
$Gold(g) \wedge At(Agent, x, s) \wedge At(g, x, s)$	\rightarrow	$Poss(Grab(g), s)$
$Holding(g, s)$	\rightarrow	$Poss(Release(g), s)$

Effect axiom:

Menyatakan akibat tindakan diambil

$Poss(a, s) \Rightarrow konsekuensi\ tindakan$

$Poss(Go(x, y), s)$	\rightarrow	$At(Agent, y, Result(Go(x, y), s))$
$Poss(Grab(g), s)$	\rightarrow	$Holding(g, Result(Grab(g), s))$
$Poss(Release(g), s)$	\rightarrow	$\neg Holding(g, Result(Grab(g), s))$



Frame problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Misalkan *KB* berisi:

$$At(o, x, S_0) \Leftrightarrow ((o = Agent \wedge x = [1, 1]) \vee (o = G_1 \wedge x = [1, 2]))$$

“Pada S_0 , *Agent* ada di $[1,1]$ dan G_1 ada di $[1,2]$ ”



Frame problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Misalkan *KB* berisi:

$At(o, x, S_0) \Leftrightarrow ((o = Agent \wedge x = [1, 1]) \vee (o = G_1 \wedge x = [1, 2]))$
“Pada S_0 , *Agent* ada di $[1,1]$ dan G_1 ada di $[1,2]$ ”

- Andaikan *Agent* bertindak $a = Go([1, 1], [1, 2])$



Frame problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Misalkan *KB* berisi:
 $At(o, x, S_0) \Leftrightarrow ((o = Agent \wedge x = [1, 1]) \vee (o = G_1 \wedge x = [1, 2]))$
“Pada S_0 , *Agent* ada di $[1, 1]$ dan G_1 ada di $[1, 2]$ ”
- Andaikan *Agent* bertindak $a = Go([1, 1], [1, 2])$
- **Frame problem**: pada *situation* $Result(a, S_0)$, *KB* tidak tahu apakah G_1 masih di $[1, 2]$!



Frame problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Misalkan *KB* berisi:
 $At(o, x, S_0) \Leftrightarrow ((o = Agent \wedge x = [1, 1]) \vee (o = G_1 \wedge x = [1, 2]))$
“Pada S_0 , *Agent* ada di $[1, 1]$ dan G_1 ada di $[1, 2]$ ”
- Andaikan *Agent* bertindak $a = Go([1, 1], [1, 2])$
- **Frame problem**: pada *situation* $Result(a, S_0)$, *KB* tidak tahu apakah G_1 masih di $[1, 2]$!
- Masalahnya, effect axiom hanya menyatakan apa yang berubah (bukan apa yang TIDAK berubah).



Frame problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Misalkan *KB* berisi:

$At(o, x, S_0) \Leftrightarrow ((o = Agent \wedge x = [1, 1]) \vee (o = G_1 \wedge x = [1, 2]))$
“Pada S_0 , *Agent* ada di $[1, 1]$ dan G_1 ada di $[1, 2]$ ”

- Andaikan *Agent* bertindak $a = Go([1, 1], [1, 2])$
- **Frame problem**: pada *situation* $Result(a, S_0)$, *KB* tidak tahu apakah G_1 masih di $[1, 2]$!
- Masalahnya, effect axiom hanya menyatakan apa yang berubah (bukan apa yang TIDAK berubah).
- Lengkapi dengan **frame axiom**: informasi apa yang tidak diubah sebuah action.

Contoh: untuk fluent *At* dan action *Go*

$At(o, x, s) \wedge o \neq Agent \wedge \neg Holding(o, s) \Rightarrow At(o, x, Result(Go(y, z), s))$



Representational Frame Problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Untuk F fluent dan A action, perlu $O(AF)$ frame axiom.

Successor-state axiom:

$$\begin{array}{lll} Poss(a,s) & \Rightarrow & \\ F \text{ true dlm. } Result(a,s) & \Leftrightarrow & \text{Effect } a \text{ membuat } F \text{ true} \\ & \vee & F \text{ sudah true dlm. } s \\ & & \text{dan } a \text{ tidak mengubahnya} \end{array}$$

- Setiap axiom “mengenal” **fluent**, bukan **action**.
- Mengatasi referential frame problem: ada $O(AE)$ literal, $E \ll F$
- Ada F axiom, dgn. ukuran $\approx AE/F$.



Contoh successor state axiom

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Contoh untuk fluent *At*:

$$\begin{array}{lll} \text{Poss}(a,s) & \Rightarrow & \\ (At(Agent,y,Result(a,s))) & \Leftrightarrow & a=Go(x,y) \\ & \vee & (At(Agent,y,s) \wedge a \neq Go(y,z)) \end{array}$$



Contoh successor state axiom

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Contoh untuk fluent *At*:

$$\begin{array}{lll} \text{Poss}(a,s) & \Rightarrow & \\ (At(Agent,y,Result(a,s))) & \Leftrightarrow & a=Go(x,y) \\ & \vee & (At(Agent,y,s) \wedge a \neq Go(y,z)) \end{array}$$

Ramification problem: efek implisit, mis: jika *Holding(o, s)*, *o* ikut pindah!



Contoh successor state axiom

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

Contoh untuk fluent *At*:

$$\begin{array}{lll} \text{Poss}(a,s) & \Rightarrow & \\ (\text{At}(\text{Agent}, y, \text{Result}(a,s))) & \Leftrightarrow & a = \text{Go}(x,y) \\ & \vee & (\text{At}(\text{Agent}, y, s) \wedge a \neq \text{Go}(y,z)) \end{array}$$

Ramification problem: efek implisit, mis: jika *Holding(o, s)*, *o* ikut pindah!

Revisi successor-state axiom untuk *At*:

$$\begin{array}{lll} \text{Poss}(a,s) & \Rightarrow & \\ (\text{At}(o,y,\text{Result}(a,s))) & \Leftrightarrow & (a = \text{Go}(x,y) \wedge (o = \text{Agent} \vee \text{Holding}(o,s))) \\ & \vee & (\text{At}(o,y,s) \wedge \neg(\exists z \ y \neq z \wedge a = \text{Go}(y,z) \wedge \\ & & (o = \text{Agent} \vee \text{Holding}(o,s)))) \end{array}$$



Inferential frame problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Menyimpulkan projection $S_t = Result(p, S_0)$
- Setiap fluent F pada setiap waktu $t \rightarrow O(AEt)$
- Boros waktu “meng-copy” fluent yang tidak berubah dari t_1, t_2, \dots



Inferential frame problem

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Menyimpulkan projection $S_t = Result(p, S_0)$
- Setiap fluent F pada setiap waktu $t \rightarrow O(AEt)$
- Boros waktu “meng-copy” fluent yang tidak berubah dari t_1, t_2, \dots
- Solusi “teoritis”: ganti representasi *situation calculus* dengan *fluent calculus*
- Solusi “hacker”: implementasi mekanisme *inference* dengan indexing $t \rightarrow O(Et)$



Event calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Situation calculus cukup jika: single agent, instant, discrete action.
- Bagaimana jika action memakan waktu dan bisa overlap?



Event calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Situation calculus cukup jika: single agent, instant, discrete action.
- Bagaimana jika action memakan waktu dan bisa overlap?
- Dasar **event calculus**: momen dalam waktu, reasoning terhadap **interval** waktu
- *Result*(a, s) digantikan *Initiates* dan *Terminates*:
Initiates(e, f, t): event e pd. waktu t membuat f bernilai *true*
Terminates(e, f, t): event e pd. waktu t membuat f bernilai *false*



Event calculus

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Situation calculus cukup jika: single agent, instant, discrete action.
- Bagaimana jika action memakan waktu dan bisa overlap?
- Dasar **event calculus**: momen dalam waktu, reasoning terhadap **interval** waktu
- $Result(a, s)$ digantikan $Initiates$ dan $Terminates$:
 $Initiates(e, f, t)$: event e pd. waktu t membuat f bernilai *true*
 $Terminates(e, f, t)$: event e pd. waktu t membuat f bernilai *false*
- Event calculus bisa merepresentasikan efek tidak langsung, nondeterministik, event dengan durasi, event bersamaan, hubungan kausal, dst.



Generalized event

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

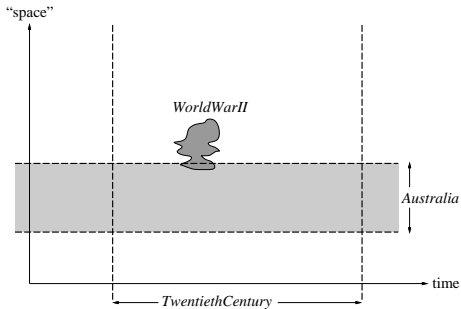
Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Dunia (nyata, Wumpus) memiliki dimensi **spasial** dan **temporal**
- **Generalized event** = “space-time chunk”
- Abstraksi ini adalah generalisasi semua konsep: action, location, time, fluent, physical objects, ...





Contoh representasi

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Bagi ke dalam sub-event:
 $SubEvent(PerangAsiaTimurRaya, WorldWarII)$
 $SubEvent(WorldWarII, TwentiethCentury)$
- Interval waktu:
 $Duration(Period(WorldWarII)) > Years(5)$
- Action agent lain:
 $\exists e \ e \in$
 $Fly(Anto, Jakarta, Denpasar) \wedge SubEvent(e, Kemarin)$



Outline

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- 1 Ontological engineering
- 2 Representasi obyek
- 3 Representasi tindakan
- 4 Mental events, mental objects**
- 5 Ringkasan



Knowledge tentang knowledge

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Epistemic logic**: reasoning tentang apa yang diketahui agent, orang, dst. (meta-reasoning)
- Jika *tahu* bahwa *tidak tahu* geografi Rumania



Knowledge tentang knowledge

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Epistemic logic**: reasoning tentang apa yang diketahui agent, orang, dst. (meta-reasoning)
- Jika *tahu* bahwa *tidak tahu* geografi Rumania → beli peta!



Knowledge tentang knowledge

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Epistemic logic**: reasoning tentang apa yang diketahui agent, orang, dst. (meta-reasoning)
- Jika *tahu* bahwa *tidak tahu* geografi Rumania → beli peta!
- Memodelkan puzzle detektif: “I know that you know that I know...”



Knowledge tentang knowledge

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Epistemic logic**: reasoning tentang apa yang diketahui agent, orang, dst. (meta-reasoning)
- Jika *tahu* bahwa *tidak tahu* geografi Rumania → beli peta!
- Memodelkan puzzle detektif: “I know that you know that I know...”
- Agent *Believes, Wants, Knows* → **propositional attitude**



Knowledge tentang knowledge

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Epistemic logic**: reasoning tentang apa yang diketahui agent, orang, dst. (meta-reasoning)
- Jika *tahu* bahwa *tidak tahu* geografi Rumania → beli peta!
- Memodelkan puzzle detektif: “I know that you know that I know...”
- Agent *Believes, Wants, Knows* → **propositional attitude**
- Kalimat: *Flies(Superman)*



Knowledge tentang knowledge

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Epistemic logic**: reasoning tentang apa yang diketahui agent, orang, dst. (meta-reasoning)
- Jika *tahu* bahwa *tidak tahu* geografi Rumania → beli peta!
- Memodelkan puzzle detektif: “I know that you know that I know...”
- Agent *Believes, Wants, Knows* → **propositional attitude**
- Kalimat: *Flies(Superman)*
- Kalimat? *Believes(LoisLane, Flies(Superman))* → bukan FOL



Knowledge tentang knowledge

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Epistemic logic**: reasoning tentang apa yang diketahui agent, orang, dst. (meta-reasoning)
- Jika *tahu* bahwa *tidak tahu* geografi Rumania → beli peta!
- Memodelkan puzzle detektif: "I know that you know that I know..."
- Agent *Believes, Wants, Knows* → **propositional attitude**
- Kalimat: *Flies(Superman)*
- Kalimat? *Believes(LoisLane, Flies(Superman))* → bukan FOL
- **Reification**: mengubah proposition (kalimat) menjadi obyek
Function $Flies(Superman) = FS \rightarrow Believes(LoisLane, FS)$



Referential transparency vs. opacity

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Referential transparency**: substitusi dua term yang *referent*-nya sama.
$$(Superman = ClarkKent) \models$$
$$(Believes(LoisLane, Flies(Superman))) \Leftrightarrow$$
$$Believes(LoisLane, Flies(Superman)))$$
- Harusnya, argument propositional attitude bersifat **opaque**: substitusi mengubah arti!



Referential transparency vs. opacity

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Referential transparency**: substitusi dua term yang *referent*-nya sama.
$$(Superman = ClarkKent) \models$$
$$(Believes(LoisLane, Flies(Superman))) \Leftrightarrow$$
$$Believes(LoisLane, Flies(Superman)))$$
- Harusnya, argument propositional attitude bersifat **opaque**: substitusi mengubah arti!
- Solusinya:
 - ganti representasi dengan **modal logic**
 - **Syntactic theory** of mental objects



Referential transparency vs. opacity

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- **Referential transparency**: substitusi dua term yang *referent*-nya sama.

$$(Superman = ClarkKent) \models$$
$$(Believes(LoisLane, Flies(Superman))) \Leftrightarrow$$
$$Believes(LoisLane, Flies(Superman)))$$

- Harusnya, argument propositional attitude bersifat **opaque**: substitusi mengubah arti!

- Solusinya:

- ganti representasi dengan **modal logic**
- **Syntactic theory** of mental objects

- Mental object yang diketahui/dipercayai adalah representasi sintaks

- $Believes(LoisLane, "Flies(Superman)")$

- $Denote("Superman") = Denote("ClarkKent") = mhs1205123456$

- $Name(mhs1205123456) = "ManOfSteel"$



Outline

IKI30320
Kuliah 14
12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- 1 Ontological engineering
- 2 Representasi obyek
- 3 Representasi tindakan
- 4 Mental events, mental objects
- 5 Ringkasan



Ringkasan

IKI30320

Kuliah 14

12 Nov 2007

Ruli Manurung

Ontological
engineering

Representasi
obyek

Representasi
tindakan

Mental events,
mental objects

Ringkasan

- Ontological engineering = representasi dunia
- Objects, categories, taxonomies (hirarki “is a”)
- *PartOf*, composite object, (hirarki “has a”)
- **Situation calculus**: situation, fluent
- Referential & inferential **frame problem**
- **Generalized event**: abstraksi dimensi ruang & waktu
- Propositional attitude: representasi knowledge tentang knowledge