



RESOLUTIONS - INTRODUCTION

Lecture 11-13

DR. Herlina Jayadianti., ST., MT

QUIZ

- Setiap mahasiswa yang kuliah di Informatika ia akan menyukai pemrograman atau berpikir bahwa lebih baik pindah Jurusan

Review

- Skema kalimat valid
- Quantifier tersarang
- Substitusi total aman
- Substitusi parsial aman
- Substitusi multi total aman
- Substitusi multi parsial aman

Materi

- Unifikasi
- Bentuk Normal Logika Predikat (CNF)
- Resolusi

Representasi Pengetahuan

Representasi masalah → state space

Pengetahuan dan kemampuan melakukan penalaran merupakan bagian terpenting dari sistem yang menggunakan AI.

Cara representasi pengetahuan:

- Logika
- Pohon
- Jaringan Semantik
- Frame
- Naskah (Script)
- Sistem Produksi

- **Logika**

- Paling tua
- Proses membentuk kesimpulan (inferensi) berdasarkan fakta
- Penalaran:
 - Deduktif: - dimulai dari prinsip umum untuk mendapat konklusi khusus
 - Induktif : - dimulai dari fakta-fakta khusus untuk mendapat konklusi umum

Sangat dimungkinkan adanya ketidakpastian



- **Contoh penalaran deduktif**

- Premis mayor : *Jika hujan turun saya tidak akan berangkat kuliah*
- Premis minor : *Hari ini hujan turun*
- Konklusi : *Hari ini saya tidak akan berangkat kuliah*

- **Contoh penalaran induktif**

- Premis-1 : *Aljabar adalah pelajaran yang sulit*
- Premis-2 : *Geometri adalah pelajaran yang sulit*
- Premis-3 : *Kalkulus adalah pelajaran yang sulit*
- Konklusi : *Matematika adalah pelajaran yang sulit*

Logika Proposisi

- Berupa simbol-simbol: P dan Q
- Pernyataan yang dapat bernilai True atau False
- **Operator logika:**
 - **konjungsi** \wedge (and)
 - implikasi \rightarrow (if then)
 - **disjungsi** \vee (or)
 - ekuivalensi \Leftrightarrow
 - **negasi** \neg (not)

Operator NOT

Operator AND

Operator OR

Implikasi \rightarrow Bernilai salah jika P benar Q salah

Ekuivalensi \rightarrow Benar jika kedua proposisi bernilai sama

BIIMPLIKASI

$A \rightarrow B$

- NOT A ATAU B

A BIIMPLIKASI B

A IMPLIES B ATAU B IMPLIES A

$A \rightarrow B$ ATAU $B \rightarrow A$

NOT A ATAU B ATAU NOT B ATAU A

- Untuk melakukan inferensi: resolusi
- Resolusi: aturan khusus untuk melakukan inferensi yang efisien dalam bentuk khusus → **CNF (Conjunctive Normal Form)**
- **Ciri CNF:**
 - Setiap klausa dalam bentuk disjungsi
 - Semua kalimat dalam bentuk konjungsi
- **Konversi Logika Proposisi → CNF**
 - Konvert operator kecuali OR tanpa merubah arti

Resolusi

- Resolusi predikat merupakan suatu teknik pembuktian yang lebih efisien sebab fakta-fakta yang akan dioperasikan terlebih dahulu dibawa ke bentuk standar yang sering disebut dengan nama klausa.
- Pembuktian suatu pernyataan menggunakan resolusi ini dilakukan dengan cara menegasikan pernyataan-pernyataan tersebut, kemudian dicari kontradiksinya dari pernyataan-pernyataan yang sudah ada.
- Digunakan untuk matakuliah *Kecerdasan Buatan*

Unifikasi

Dua ekspresi dikatakan menyatu (unify) jika ada instantiasi legal yang membuat ekspresi tersebut identik. Cara untuk menyatukan disebut unifikasi (unification).

Contoh

- Contoh misalkan $Q(a,y,z)$ dan $Q(y,b,c)$ merupakan ekspresi yang muncul pada baris yang berbeda. Kita dapat menunjukkan bahwa dua ekspresi tersebut menyatu.

- Jika x adalah ibu dari y dan jika z adalah saudara perempuan x maka z adalah bibi dari y.

Penyelesaian : Misalkan

$\text{ibu}(x,y)$: “x ibu dari y”

$\text{saudara}(z,x)$: “z saudara x”

$\text{bibi}(z,y)$: “z bibi dari y”

maka kita dapat menetapkan premis-premis sebagai berikut :

$\text{ibu}(x,y) \wedge \text{saudara}(z,x) \Rightarrow \text{bibi}(z,y)$

Contoh Unifikasi

Jika x adalah ibu dari y dan jika z adalah saudara perempuan x maka z adalah bibi dari y.

Misalkan ibu dari Ben adalah Jane dan Lisa adalah saudara perempuan Jane. Buktikan bahwa Lisa adalah bibi dari Ben.

Penyelesaian : Misalkan

$\text{ibu}(x,y) : \text{"x ibu dari y"}$

$\text{saudara}(z,x) : \text{"z saudara x"}$

$\text{bibi}(z,y) : \text{"z bibi dari y"}$

maka kita dapat menetapkan premis-premis sebagai berikut :

$\text{ibu}(x,y) \wedge \text{saudara}(z,x) \Rightarrow \text{bibi}(z,y)$

$\text{ibu}(\text{Jane}, \text{Ben})$

$\text{saudara}(\text{Lisa}, \text{Jane})$

Dengan mengkombinasikan 2 dan 3 kita akan mendapatkan :

$\text{ibu}(\text{Jane}, \text{Ben}) \wedge \text{saudara}(\text{Lisa}, \text{Jane})$

Ekspresi ini dapat disatukan dengan $\text{ibu}(x,y) \wedge \text{saudara}(z,x)$ dengan $x:=\text{Jane}$, $y:=\text{Ben}$ dan $z:=\text{Lisa}$.
Sehingga diperoleh

$\text{ibu}(\text{Jane}, \text{Ben}) \wedge \text{saudara}(\text{Lisa}, \text{Jane}) \Rightarrow \text{bibi}(\text{Lisa}, \text{Ben})$

Dengan menggunakan modus ponens diperoleh konklusi

$\text{bibi}(\text{Lisa}, \text{Ben})$

Bentuk Normal

- Berbentuk conjunctive normal form / CNF
- Bentuk CNF memiliki ciri-ciri :
 - Setiap kalimat merupakan disjungsi literal
... Or ... Or ...
 - Semua kalimat terkonjungsi secara implisit.

INGAT, CNF tdk boleh ada \rightarrow

$$a \rightarrow b$$

$$\neg a \vee b$$

$$a \leftrightarrow b$$

$$a \rightarrow b \text{ atau } b \rightarrow a$$

$$\neg a \vee b \vee \neg b \vee a$$

Konversi \rightarrow Klausa (diingat)

- Eliminir $a \rightarrow b$ menjadi $\neg a \vee b$
- Eliminir $a \leftrightarrow b$
- $a \rightarrow b$ atau $b \rightarrow a$
- $\neg a \vee b \vee \neg b \rightarrow a$
- Kurangi lingkup negasi
 - $\neg (\neg a \wedge b) \equiv a \vee \neg b$
 - $\neg (\neg a \vee b) \equiv a \wedge \neg b$
 - $\neg \forall x: P(x) \equiv \exists x: \neg P(x)$
 - $\neg \exists x: P(x) \equiv \forall x: \neg P(x)$
- Standarisasi variabel sehingga semua qualifier terletak pada 1 variabel unik
 $\forall x: P(x) \vee \forall x: Q(x)$ menjadi
 $\forall x: P(x) \vee \forall y: Q(y)$
- Pindahkan semua qualifier ke depan tanpa mengubah urutan relatifnya
- Eliminasi " \exists "
 $\forall x: \exists y: P(y, x)$ menjadi
 $\forall x: P(S(x), x)$

- *Setiap orang yang mengenal Hitler, maka ia akan menyukainya atau berpikir bahwa orang yang membunuh orang lain itu gila”*

- Jadikan kalkulus predikat

$$\forall x: [\text{orang}(x) \wedge \text{kenal}(x, \text{Hitler})] \rightarrow [\text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee (\forall y: \exists z: \text{bunuh}(y, z) \rightarrow \text{gila}(x, y))]$$

- Ubah menjadi CNF
- $[\text{orang}(x) \wedge \text{kenal}(x, \text{Hitler})] \rightarrow [\text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee \text{bunuh}(y, z) \rightarrow \text{gila}(x, y)]$

- Buang semua prefiks qualifier “ \forall ”
- Ubah ke “*conjunction of disjunction*”
 $(a \wedge b) \vee c \equiv (a \vee c) \wedge (b \vee c)$
- Bentuk klausa untuk tiap-tiap konjungsi
- Standarisasi variabel di setiap klausa
- Exp. “**Setiap orang yang mengenal Hitler, maka (\rightarrow) ia akan menyukainya atau (\vee) berpikir bahwa orang yang membunuh orang lain itu gila**”
- Bentuk **kalkulus predikat**
 $\forall x: [\text{orang}(x) \wedge \text{kenal}(x, \text{Hitler})] \rightarrow [\text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee (\forall y: \exists z: \text{bunuh}(y, z) \rightarrow \text{gila}(x, y))]$
- Konversi ke bentuk **klausa**
 1. $\forall x: \neg[\text{orang}(x) \wedge \text{kenal}(x, \text{Hitler})] \vee [\text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee (\forall y: \neg(\exists z: \text{bunuh}(y, z)) \vee \text{gila}(x, y))]$
 2. $\forall x: [\neg \text{orang}(x) \vee \neg \text{kenal}(x, \text{Hitler})] \vee [\text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee (\forall y: (\forall z: \neg \text{bunuh}(y, z)) \vee \text{gila}(x, y))]$

3. sesuai
4. $\forall x: \forall y: \forall z: [\neg \text{orang}(x) \vee \neg \text{kenal}(x, \text{Hitler})] \vee [\text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee \neg \text{bunuh}(y, z) \vee \text{gila}(x, y)]$
5. sesuai
6. $[\neg \text{orang}(x) \vee \neg \text{kenal}(x, \text{Hitler})] \vee [\text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee \neg \text{bunuh}(y, z) \vee \text{gila}(x, y)]$
7. $\neg \text{orang}(x) \vee \neg \text{kenal}(x, \text{Hitler}) \vee \text{suka}(x, \text{Hitler}) \vee \neg \text{bunuh}(y, z) \vee \text{gila}(x, y)$
8. sesuai
9. sesuai

Unifikasi Pada Logika Predikat

- Unifikasi \exists pencocokan
- Untuk menentukan kontradiksi perlu ada prosedur pencocokan
- Mis.
 - $P(x,x)$
 - $P(y,z)$
- Kedua instan P cocok
- Compare x dan y , substitusi y ke x : y/x .
 - Hasil: $P(y,y)$
 $P(y,z)$
- dan substitusi z ke y : z/y
 - Hasil: $P(z,z)$
 $P(z,z)$
- Proses unifikasi : $(z/y) (y/x)$
- Tidak boleh mensubstitusikan y dan z ke x karena substitusi menjadi tidak konsisten
- Cara lain ?

- Contoh:

suka(x,y)

suka(Andi,z)

Dapat dilakukan unifikasi melalui proses substitusi berikut:

(Andi/x,z/y) atau (Andi/x,y/z)

(Andi/x,SepakBola/y,SepakBola/z)

(Andi/x,Tenis/y,Tenis/z)

Step Konversi

- Konvert clausa
 - **implikasi** $x \rightarrow y$ menjadi $\neg x \vee y$
 - **ekuivalensi** $x \Leftrightarrow y$ menjadi $(\neg x \vee y) \wedge (\neg y \vee x)$
- Kurangi lingkup negasi
 - $\neg(\neg x)$ menjadi x
 - $\neg(x \vee y)$ menjadi $(\neg x \wedge \neg y)$
 - $\neg(x \wedge y)$ menjadi $(\neg x \vee \neg y)$
- **Use aturan asosiatif dan distributif \rightarrow conjunction of disjunction**
 - Asosiatif $(x \vee y) \vee z = x \vee (y \vee z)$
 - Distributif $(x \wedge y) \vee z = (x \vee z) \wedge (y \vee z)$
- Buat 1 kalimat terpisah untuk tiap konjungsi

- **Algoritma pembuktian proposisi P dengan resolusi**

1. Konvert ke CNF
2. Negasikan P
3. Kerjakan sampai terjadi kontradiksi
 - a. Pilih 2 klausa sebagai parent
 - b. Bandingkan (resolve) secara bersama-sama. Klausa hasil resolve disebut resolvent. Jika ada pasangan literal yang saling kontradiksi, eliminir dari resolvent
 - c. Jika resolvent berupa klausa kosong \rightarrow kontradiksi

Contoh: diketahui basis pengetahuan (fakta bernilai benar) sbb:

Buktikan bahwa R benar?

- P
- $(P \wedge Q) \rightarrow R$
- $(S \vee T) \rightarrow Q$
- T

Langkah pemecahan masalah

1. Ubah ke CNF

P

$\neg P \vee \neg Q \vee R$ (de morgan) diiliah yang pertama

$\neg S \vee Q$

$\neg T \vee Q$

T

2. Tambahkah $\neg R$
3. Lakukan resolusi

Contoh: diketahui basis pengetahuan (fakta bernilai benar) sbb:

Buktikan bahwa R benar?

- P
- $(P \wedge Q) \rightarrow R$
- $(S \vee T) \rightarrow Q$
- T

Langkah pemecahan masalah

1. Ubah ke CNF

P

$(P \wedge Q) \rightarrow R$

$\neg(P \wedge Q) \vee R$

$\neg P \vee \neg Q \vee R$ (de morgan) diiliah yang pertama

$\neg(S \vee T) \vee Q$

$\neg S \wedge \neg T \vee Q$

$\neg S \vee Q$

$\neg T \vee Q$

T (POHON)

2. Tambahkah $\neg R$
3. Lakukan resolusi

P (POHON)

1. $\neg P \vee \neg Q \vee R$ (de morgan) diilih yang pertama (POHON) SELESAI

$\neg S \vee Q$ (POHON)

$\neg T \vee Q$ (POHON)

T (POHON)

Tambahkah $\neg R$ KARENA R AKAN DIBUKTIKAN
(DARI SOAL)

SOAL

- P : Andi anak yang cerdas
- Q : Andi rajin belajar
- R : Andi akan menjadi juara kelas
- S : Andi makannya banyak
- T : Andi istirahatnya cukup

Buktikan bahwa **R benar?**

- **P**
- $(P \wedge Q) \rightarrow R$
- $(S \vee T) \rightarrow Q$
- **T**
- Paragrafnya : **Andi anak yang cerdas**. **Andi anak yang cerdas dan rajin belajar maka andi menjadi juara kelas**. **Andi makannya banyak atau istirahatnya cukup maka andi rajin belajar**. Andi istirahatnya cukup.
- Apakah andi juara kelas?

EXAMPLE 2



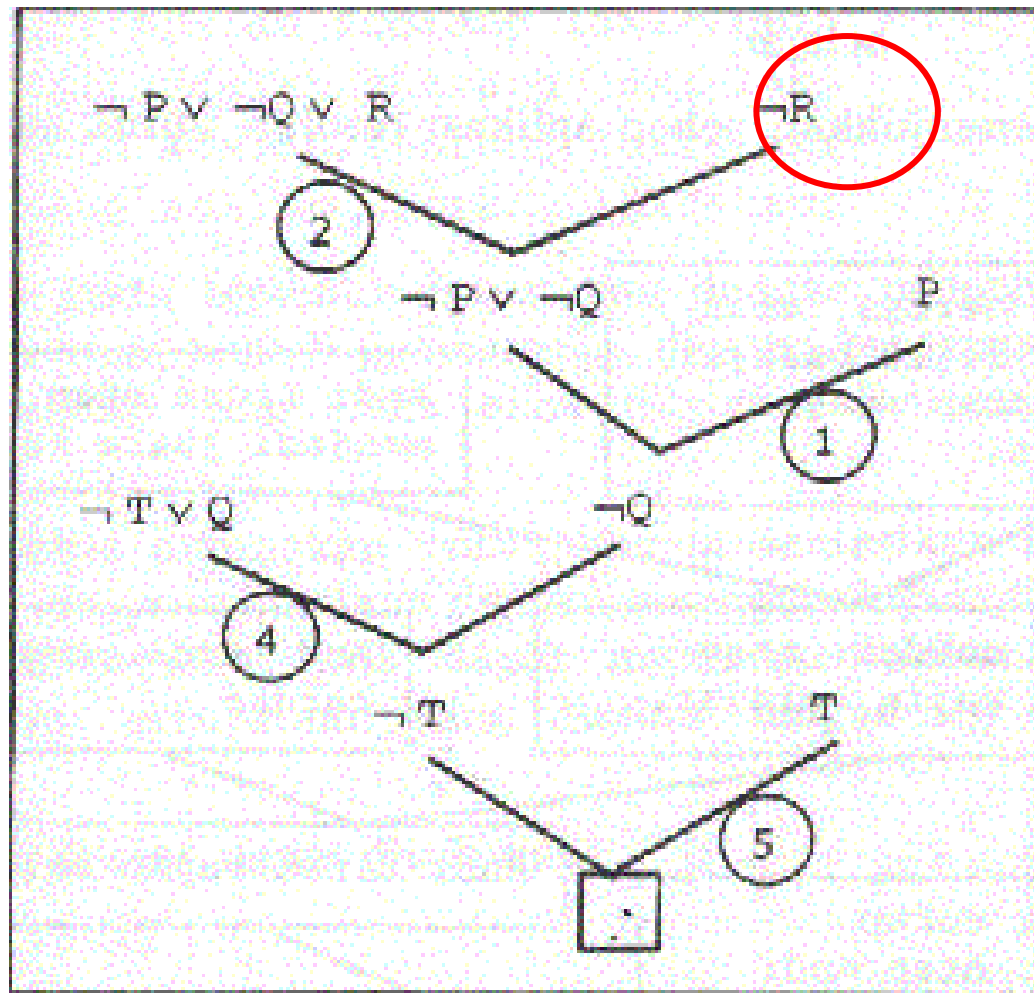
- **Contoh kalimat**

- P : Andi anak yang cerdas
- Q : Andi rajin belajar
- R : Andi akan menjadi juara kelas
- S : Andi makannya banyak
- T : Andi istirahatnya cukup

Kalimat yang terbentuk:

- Andi anak yang cerdas
- Jika Andi anak yang cerdas dan Andi rajin belajar, maka Andi akan menjadi juara kelas
- Jika Andi makannya banyak atau Andi istirahatnya cukup, maka Andi rajin belajar
- Andi istirahatnya cukup

- **Fakta keseluruhan (hasil konversi CNF + sudah ada)**
 - Andi anak yang cerdas
 - Andi tidak cerdas atau Andi tidak rajin belajar atau Andi akan menjadi juara kelas
 - Andi tidak makan banyak atau Andi rajin belajar
 - Andi tidak cukup istirahat atau Andi rajin belajar
 - Andi istirahatnya cukup
 - Andi tidak cerdas



Gambar 3.2. *Resolusi Pada Logika Proposisi*



EXAMPLE 2

Contoh 1

1. Andi adalah seorang mahasiswa
2. Andi masuk Jurusan Elektro
3. Setiap mahasiswa elektro pasti mahasiswa teknik
4. Kalkulus adalah matakuliah yang sulit
5. Setiap mahasiswa teknik pasti akan suka kalkulus atau akan membencinya
6. Setiap mahasiswa pasti akan suka terhadap suatu matakuliah
7. Mahasiswa yang tidak pernah hadir pada kuliah matakuliah sulit, maka mereka pasti tidak suka terhadap matakuliah tersebut.
8. Andi tidak pernah hadir kuliah matakuliah kalkulus.

Buktikan : **“Andi benci kalkulus”**

Dibawa ke logika predikat

- mahasiswa(Andi)
- Elektro(Andi)
- $\forall x: \text{Elektro}(x) \rightarrow \text{Teknik}(x)$
- sulit(Kalkulus)
- $\forall x: \text{Teknik}(x) \rightarrow \text{suka}(x, \text{Kalkulus}) \vee \text{benci}(x, \text{Kalkulus})$
- $\forall x: \exists y : \text{suka}(x, y)$
- $\forall x: \forall y: \text{mahasiswa}(x) \wedge \text{sulit}(y) \wedge \sim \text{hadir}(x, y) \rightarrow \sim \text{suka}(x, y)$
- $\sim \text{hadir}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$
- **benci(Andi, Kalkulus)**

Dibawa ke logika predikat

- mahasiswa(Andi)
- Elektro(Andi)
- $\sim \text{Elektro}(x) \vee \text{Teknik}(x)$
- sulit(Kalkulus)
- $\sim \text{Teknik}(x) \vee \text{suka}(x, \text{Kalkulus}) \vee \text{benci}(x, \text{Kalkulus})$
- $\text{suka}(x,y)$
- $\sim(\text{mahasiswa}(x) \wedge \text{sulit}(y) \wedge \sim \text{hadir}(x,y)) \vee \sim \text{suka}(x,y)$
- $\sim \text{mahasiswa}(x) \vee \sim \text{sulit}(y) \vee \text{hadir}(x,y) \vee \sim \text{suka}(x,y)$
- $\sim \text{hadir}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$

Akan dibuktikan apakah “Andi benci kalkulus” atau ditulis :

benci(Andi,Kalkulus)

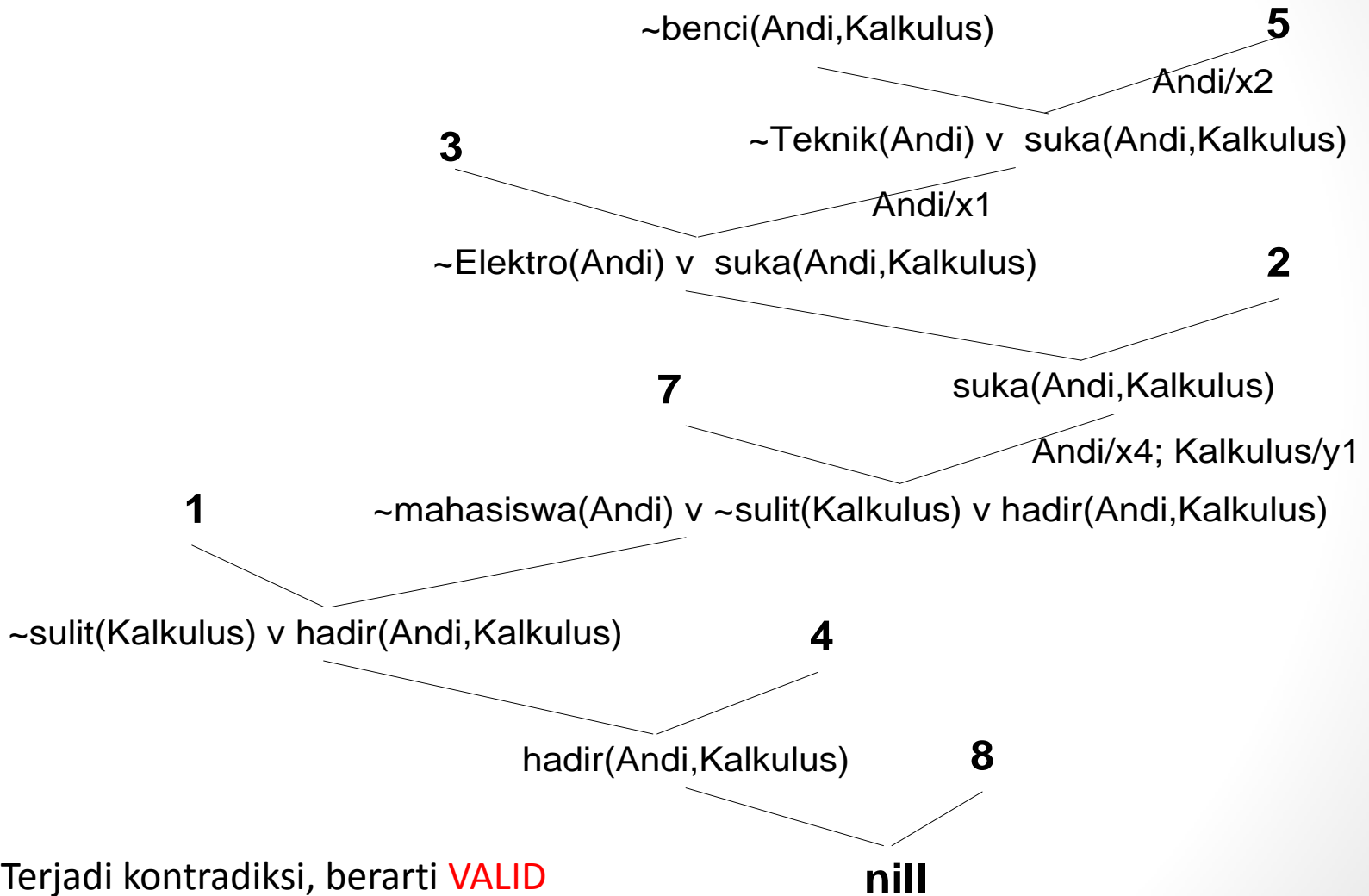
Dibentuk dalam klausa

1. mahasiswa(Andi)
2. Elektro(Andi)
3. $\sim \text{Elektro}(x1) \vee \text{Teknik}(x1)$
4. sulit(Kalkulus)
5. $\sim \text{Teknik}(x2) \vee \text{suka}(x2, \text{Kalkulus}) \vee \text{benci}(x2, \text{Kalkulus})$
6. $\text{suka}(x3, f1(x3))$
7. $\sim \text{mahasiswa}(x4) \vee \sim \text{sulit}(y1) \vee \text{hadir}(x4, y1) \vee \sim \text{suka}(x4, y1)$
8. $\sim \text{hadir}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$

Akan dibuktikan apakah “Andi benci kalkulus” atau ditulis :

benci(Andi,Kalkulus)

Pohon resolusinya ...



09/04/2017

ATAU.....

- Merubah pernyataan sebagai logika predikat (WFF)
 1. Andi adalah seorang mahasiswa
 2. Andi masuk jurusan elektro
 3. Setiap mahasiswa elektro pasti mahasiswa teknik
 4. Kalkulus adalah matakuliah yang sulit
 5. Setiap mahasiswa teknik pasti akan suka kalkulus atau akan membencinya
 6. Setiap mahasiswa pasti akan suka terhadap suatu matakuliah
 7. Mahasiswa yang tidak pernah hadir pada kuliah matakuliah sulit, maka mereka pasti tidak suka terhadap matakuliah tersebut
 8. Andi tidak pernah hadir kuliah matakuliah kalkulus

- Bentuk logika predikat

1. mahasiswa(Andi)

2. elektro(Andi)

3. $\forall x: \text{elektro}(x) \rightarrow \text{tehnik}(x)$

4. sulit(kalkulus)

5. $\forall x: \text{tehnik}(x) \rightarrow \text{suka}(x, \text{kalkulus}) \vee$
 $\text{benci}(x, \text{kalkulus})$

6. $\forall x: \exists y \text{ suka}(x, y)$

7. $\forall x: \exists y \text{ mahasiswa}(x) \wedge \text{sulit}(y) \wedge \neg \text{hadir}(x, y) \rightarrow$
 $\neg \text{suka}(x, y)$

8. $\neg \text{hadir}(\text{Andi}, \text{kalkulus})$

Cara melakukan inferensi

- Buktikan Andi tidak suka matakuliah kalkulus!
- Pakai pernyataan 7 dan lakukan penalaran backward

$\neg \text{suka}(\text{Andi}, \text{kalkulus})$

↑ (7, substitusi)

$\text{Mahasiswa}(x) \wedge \text{sulit}(y) \wedge \neg \text{hadir}(x, y)$

↑ (1)

$\text{Mahasiswa}(\text{andi})$

↑ (4)

$\text{sulit}(\text{kalkulus})$

↑ (8)

$\neg \text{hadir}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$

↑



Representasi Hubungan Instance & Isa

- Instance: predikat dengan arg1 sebagai objek dan arg2 sebagai klas dimana objek terdapat
 1. `instance(andi,mahasiswa)`
 2. `instance(andi,elektro)`
 3. $\forall x \text{ instance}(x,\text{elektro}) \rightarrow \text{instance}(x,\text{tehnik})$
 4. `instance(kalkulus,sulit)`
 5. $\forall x \text{ instance}(x,\text{tehnik}) \rightarrow \text{suka}(x,\text{kalkulus}) \vee \text{benci}(x,\text{kalkulus})$

- I-sa: predikat yang menunjukkan hubungan antar sub-klas
 1. instance(andi,mahasiswa)
 2. instance(andi,elektro)
 3. isa(elektro,tehnik)
 4. instance(kalkulus,sulit)
 5. $\forall x \text{ instance}(x,\text{tehnik}) \rightarrow \text{suka}(x,\text{kalkulus}) \vee \text{benci}(x,\text{kalkulus})$

Resolusi

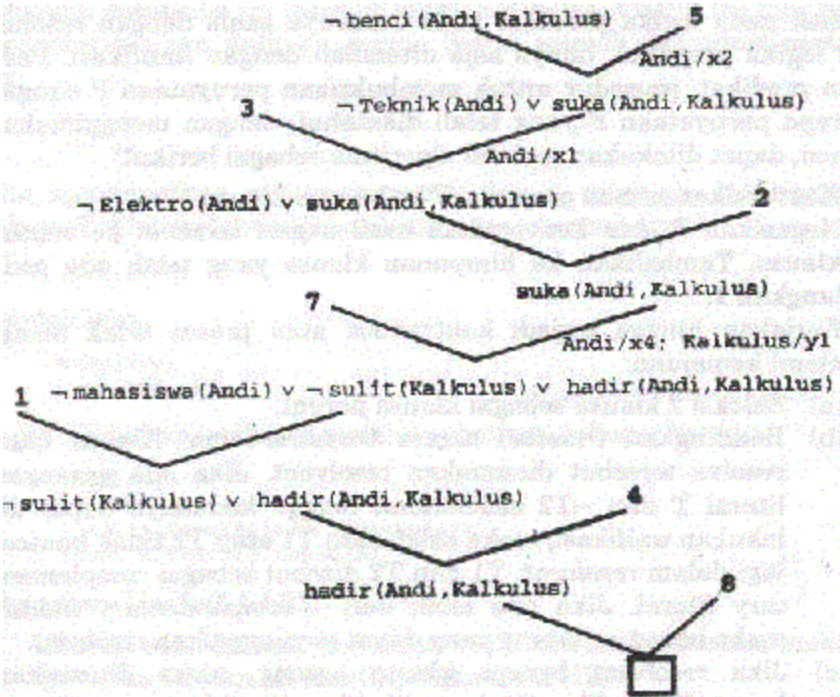
- Teknik pembuktian yang lebih efisien
- Fakta-fakta dirubah dulu ke bentuk klausa
- Pembuktian dilakukan dengan menegaskan pernyataan lalu cari kontradiksi

Resolusi Pada Logika Predikat

- Konversi semua proposisi F ke bentuk klausa
- Negasikan P dan konversi ke bentuk klausa, tambahkan ke himpunan klausa
- Kerjakan hingga terjadi kontradiksi atau proses tidak mengalami kemajuan
 - a) Seleksi 2 klausa sebagai klausa parent
 - b) Bandingkan, jika ada pasangan literal T dan $\neg T$ dan dapat dilakukan unifikasi, maka literal itu tidak muncul lagi dalam resolvent
 - c) Jika resolvent nil, terjadi kontradiksi, jika tidak tambahkan himp. klausa yang telah ada.

- Exp.

1. mahasiswa(Andi)
2. elektor(Andi)
3. \neg elektro(x1) v teknik(x1)
4. sulit(kalkulus)
5. \neg teknik(x2) v suka(x2,Kalkulus) v benci(x2,kalkulus)
6. \neg mahasiswa(x4) v \neg sulit(y1) v hadir(x4,y1) v \neg suka(x4,y1)
7. \neg hadir(Andi,kalkulus)



EXAMPLE 3

Semua orang yang tidak miskin dan pintar akan merasa senang.

Setiap orang yang membaca akan menjadi pintar.

John dapat membaca dan kaya.

Orang-orang yang senang akan memiliki kehidupan yang bahagia.

Apakah John bahagia ?

Logika predikat

- $\forall x (\neg \text{Miskin}(x) \wedge \text{Pintar}(x) \Rightarrow \text{Senang}(x))$
- $\forall y (\text{Membaca}(y) \Rightarrow \text{Pintar}(y))$
- $\text{Membaca}(\text{John}) \wedge \text{Kaya}(\text{John})$
- $\forall z (\text{Senang}(z) \Rightarrow \text{Bahagia}(z))$
- Goal: $\text{Bahagia}(\text{john})$

Logika predikat \rightarrow CNF

- $\forall x (\neg \text{Miskin}(x) \wedge \text{Pintar}(x) \Rightarrow \text{Senang}(x))$
- $\neg(\neg \text{Miskin}(x) \wedge \text{Pintar}(x) \vee \text{Senang}(x))$
- **$\text{Miskin}(x) \vee \neg \text{Pintar}(x) \vee \text{Senang}(x)$**

- $\forall x (\text{Membaca}(x) \Rightarrow \text{Pintar}(x))$
- **$\neg \text{Membaca}(x) \vee \text{Pintar}(x)$**

- **$\text{Membaca}(\text{John})$**
- **$\text{Kaya}(\text{John})$**

- **$\neg \text{Senang}(x) \vee \text{Bahagia}(x)$**

- **$\neg \text{Bahagia}(\text{john})$**

Transformasi Bentuk normal

1. $\text{Miskin}(x) \vee \neg \text{Pintar}(x) \vee \text{Senang}(x)$
2. $\neg \text{Membaca}(y) \vee \text{Pintar}(y)$
3. $\text{Membaca}(\text{John})$
4. $\neg \text{Miskin}(\text{John})$
5. $\neg \text{Senang}(z) \vee \text{Bahagia}(z)$
6. $\neg \text{Bahagia}(\text{jhon})$

Pohon resolusinya ...?

EXAMPLE 4

Siapapun yang lulus ujian sejarah dan memenangkan lotre merasa senang.

Siapa pun belajar atau beruntung dapat lulus ujian tersebut.

John tidak belajar tapi dia beruntung.

Siapa saja yang beruntung memenangkan lotere.

Apakah John senang?

Logika predikatnya

1. $\forall x (\text{Lulus}(x, \text{Sejarah}) \wedge \text{Menang}(x, \text{Lottery}) \Rightarrow \text{Senang}(x))$
2. $\forall x \forall y (\text{Belajar}(x) \vee \text{Beruntung}(x) \Rightarrow \text{Lulus}(x,y))$
3. $\neg \text{Belajar}(\text{John}) \wedge \text{Beruntung}(\text{John})$
4. $\forall x (\text{Beruntung}(x) \Rightarrow \text{Menang}(x, \text{Lottery}))$

Goal:

Senang(John)

Selanjutnya..... Bentuk normal... Pohon

1. $\sim \text{Lulus}(x, \text{Sejarah}) \vee \sim \text{Menang}(x, \text{Lottery}) \vee \text{Senang}(x)$

2. $\sim \text{Belajar}(x) \wedge \sim \text{Beruntung}(x) \vee \text{Lulus}(x,y)$

$\sim \text{Belajar}(x) \vee \text{Lulus}(x,y)$

$\sim \text{Beruntung}(x) \vee \text{Lulus}(x,y)$

3. $\neg \text{Belajar}(\text{John})$

$\text{Beruntung}(\text{John})$

4. $\sim \text{Beruntung}(x) \vee \text{Menang}(x, \text{Lottery})$

$\sim \text{Senang}(\text{John})$

LATIHAN

Latihan 1

1. Ita suka semua jenis makanan
2. Pisang adalah makanan
3. Pecel adalah makanan
4. Segala sesuatu yang dimakan oleh manusia dan manusia tidak mati karenanya dinamakan makanan
5. Hendra adalah seorang laki-laki
6. Hendra makan jeruk dan ia masih hidup
7. Rini makan apa saja yang dimakan Hendra

“Apakah Ita suka jeruk ?”

JAWABAN LATIHAN 1

- Bentuk logika predikat

1. $\forall x \text{ makanan}(x) \rightarrow \text{suka}(\text{Ita}, x)$
2. $\text{Makanan}(\text{pisang})$
3. $\text{Makanan}(\text{pecel})$
4. $\forall x: \forall y \text{ manusia}(x) \wedge \text{makan}(x, y) \wedge \neg \text{mati}(x) \rightarrow \text{makanan}(y)$
5. $\text{Laki2}(\text{hendra})$
6. a. $\text{Makan}(\text{hendra}, \text{jeruk})$
b. $\text{hidup}(\text{hendra})$
7. $\forall x: \text{makan}(\text{hendra}, x) \rightarrow \text{makan}(\text{rini}, x)$

- “Apakah Ita suka jeruk ?”
- Pakai pernyataan 1 dan lakukan penalaran backward

suka(ita, jeruk)

↑ (1 substitusi)

makanan(jeruk)

↑ (4)

manusia(x) \wedge makan(x,y) \wedge \neg mati(x)

↑ (6a)

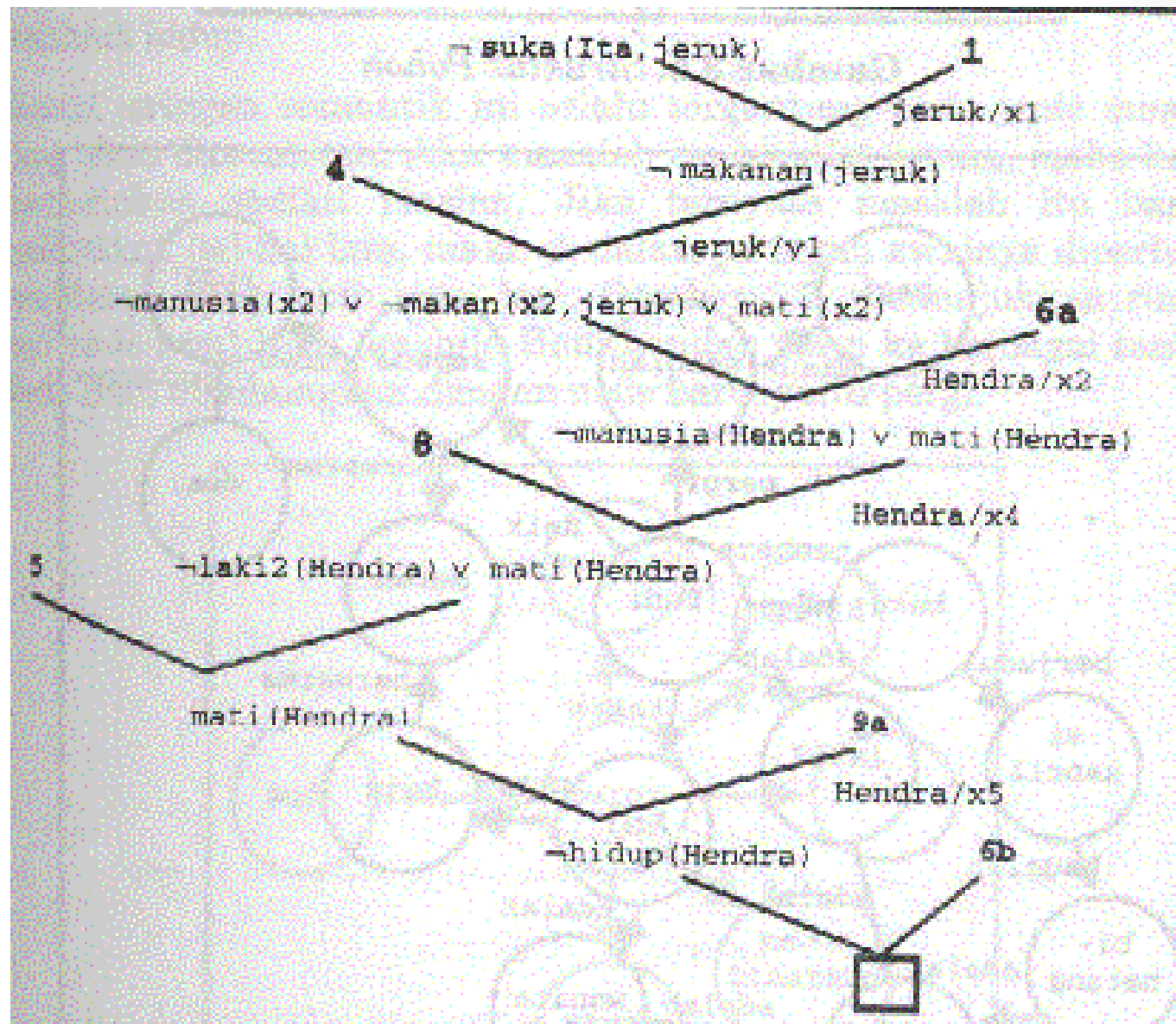
makan(Hendra, jeruk)

↑ (?)

manusia(Hendra) \wedge \neg mati(hendra)

- Exp.

1. $\neg \text{makanan}(x1) \vee \text{suka}(\text{Ita}, x1)$
2. $\text{makanan}(\text{pisang})$
3. $\text{makanan}(\text{pecel})$
4. $\neg \text{manusia}(x2) \vee \neg \text{makan}(x2, y1) \vee \text{mati}(x2) \vee \text{makanan}(y1)$
5. $\text{Laki2}(\text{Hendra})$
6. a. $\text{makan}(\text{Hendra}, \text{jeruk})$
b. $\text{hidup}(\text{Hendra})$
7. $\neg \text{makan}(\text{Hendra}, x3) \vee \text{makan}(\text{Rini}, x3)$
8. $\neg \text{laki2}(x4) \vee \text{manusia}(x4)$
9. a. $\neg \text{hidup}(x5) \vee \neg \text{mati}(x4)$
b. $\text{mati}(x5) \vee \text{hidup}(x5)$



LATIHAN 2

SOAL

1. Karjo adalah seorang laki-laki
2. Karjo adalah orang Jawa
3. Karjo lahir pada tahun 1840
4. Setiap laki-laki pasti akan mati
5. Semua orang Jawa mati pada saat Krakatau meletus tahun 1883
6. Setiap orang akan mati setelah hidup lebih dari 150 tahun
7. Sekarang tahun 2014
8. Mati berarti tidak hidup
9. Jika seseorang mati, maka beberapa waktu kemudian ia pasti dinyatakan telah mati

JAWABAN LATIHAN 2

Bentuk logika predikat:

1. Laki2(Karjo)
2. Jawa(Karjo)
3. lahir(Karjo,1840)
4. $\forall x: \text{laki2}(x) \rightarrow \text{pastimati}(x)$
5. $\text{meletus}(\text{Krakatau}, 1883) \wedge \forall x: [\text{Jawa}(x) \rightarrow \text{mati}(x, 1883)]$
Dipecah menjadi:
5a. $\text{meletus}(\text{Krakatau}, 1883)$
5b. $\forall x: [\text{Jawa}(x) \rightarrow \text{mati}(x, 1883)]$
6. $\forall x: \forall t1: \forall t2: \text{pastimati}(x) \wedge \text{lahir}(x, t1) \wedge \text{lb}(t2 - t1, 150) \rightarrow \text{mati}(x, t2)$
7. Sekarang(2014)
8. $\forall x: \forall t: [\text{mati}(x, t) \rightarrow \neg \text{hidup}(x, t)] \wedge [\neg \text{hidup}(x, t) \rightarrow \text{mati}(x, t)]$
9. $\forall x: \forall t1: \forall t2: \text{mati}(x, t1) \wedge \text{lb}(t2, t1) \rightarrow \text{mati}(x, t2)$

“Apakah Karjo masih hidup sekarang ?”

- Buktikan $\neg \text{hidup}(\text{Karjo}, \text{sekarang})$

$\neg \text{hidup}(\text{Karjo}, \text{sekarang})$

↑ (8, substitusi)

$\text{mati}(\text{Karjo}, \text{sekarang})$

↑ (9, substitusi)

$\text{mati}(\text{Karjo}, t1) \wedge \text{lb}(\text{sekarang}, t1)$

↑ (5b, substitusi)

$\text{Jawa}(\text{Karjo}) \wedge (\text{lb}(\text{sekarang}, 1883))$

↑ (2)

$\text{lb}(\text{sekarang}, 1883)$

↑ (7, substitusi)

$\text{lb}(2003, 1883)$

↑ (menghitung lb)

nil

Cara lain

$\neg \text{hidup}(\text{Karjo}, \text{sekarang})$

$\uparrow (8, \text{substitusi})$

$\text{mati}(\text{Karjo}, \text{sekarang})$

$\uparrow (6, \text{substitusi})$

$\text{pastimati}(\text{Karjo}) \wedge \text{lahir}(\text{Karjo}, t1) \wedge \text{lb}(\text{sekarang}-t1, 150)$

$\uparrow (4, \text{substitusi})$

$\text{laki2}(\text{Karjo}) \wedge \text{lahir}(\text{Karjo}, t1) \wedge \text{lb}(\text{sekarang}-t1, 150)$

$\uparrow (1)$

$\text{lahir}(\text{Karjo}, t1) \wedge \text{lb}(\text{sekarang}-t1, 150)$

$\uparrow (3, \text{substitusi})$

$\text{lb}(\text{sekarang}-1840, 150)$

$\uparrow (7, \text{substitusi})$

$\text{lb}(2014-1840, 150)$

$\uparrow (\text{menghitung minus})$

$\text{lb}(163, 150)$

\uparrow

(menghitung lb)

nil

LATIHAN 3

How to prove Hendra is man and Hendra not yet death ?

- 8. $\forall x: laki2(x) \rightarrow manusia(x)$
- 9. $\forall x: (hidup(x) \rightarrow \neg mati(x)) \wedge (\neg mati(x) \rightarrow hidup(x))$

manusia(Hendra) \wedge

\neg mati(Hendra)

\uparrow (8 substitusi)

laki2(x) \wedge

\neg mati(Hendra)

\uparrow (5)

\neg mati(Hendra)

\uparrow (9a)

hidup(x)

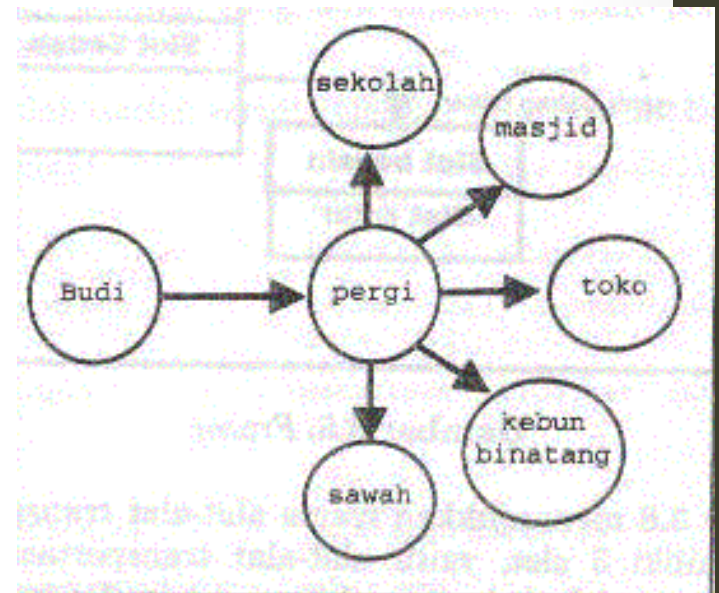
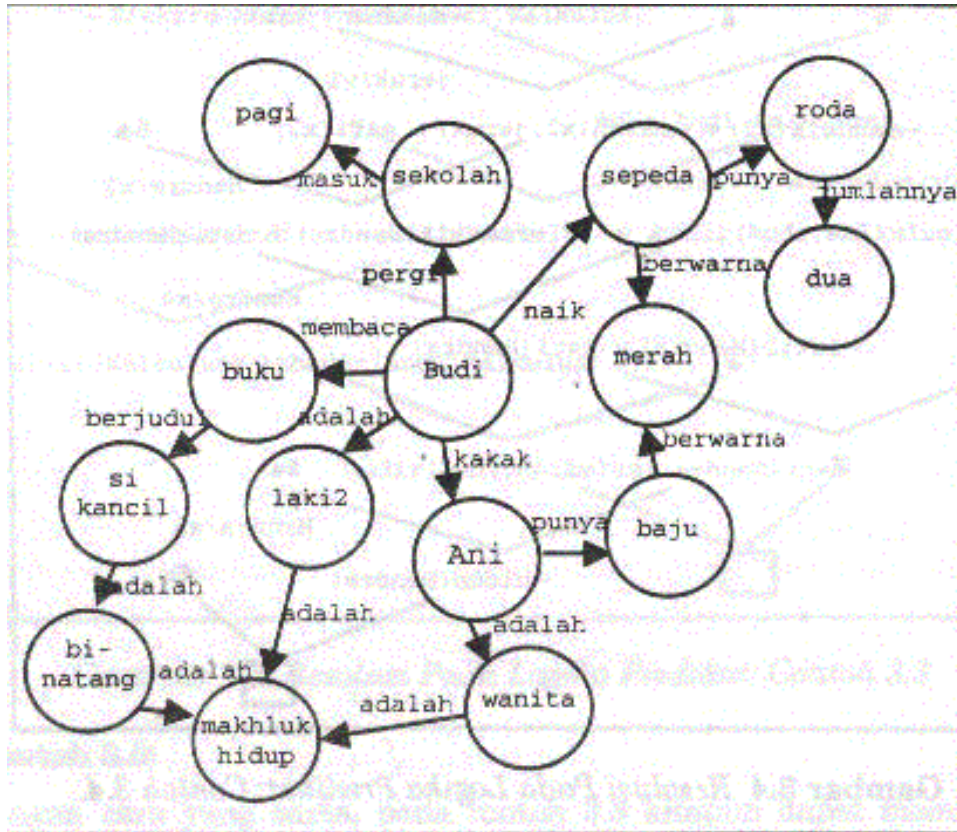
\uparrow (6b)

...

SEMANTIK

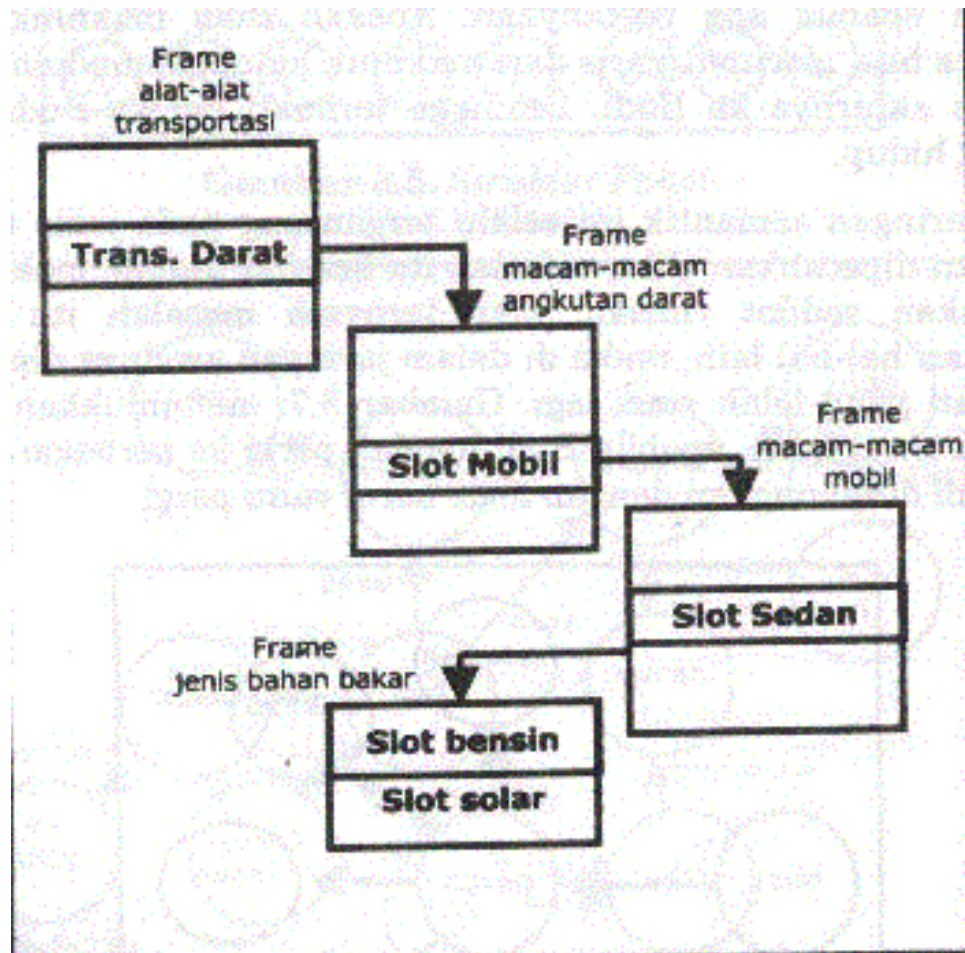
Jaringan Semantik

- Defenisi: representasi pengetahuan grafis yang menunjukkan hubungan antar berbagai objek
- Terdiri dari:
 - lingkaran (objek → benda atau peristiwa dan informasi)
 - arc → hubungan antar objek
- Kelebihan jaringan semantik: 'bisa mewariskan'
- 'Apakah Budi mahluk hidup ?'
- Sistem jaringan semantik selalu tergantung jenis dan cakupan permasalahan



Frame

- Kumpulan pengetahuan tentang suatu objek, peristiwa, lokasi, situasi
- Memiliki slot: menggambarkan rincian (atribut) dan karakteristik objek
- Ada slot bernilai tetap dan ada yang tidak tetap (prosedural)
- Merepresentasikan pengetahuan berdasarkan karakteristik yang sudah dikenal, berupa pengalaman-pengalaman.



Naskah (Script)

- Sama dengan Frame, beda → frame menggambarkan objek, script menggambarkan urutan peristiwa
- Elemen-elemen script
 - Kondisi Input: kondisi yang harus dipenuhi sebelum terjadi peristiwa dalam script
 - Track: variasi yang mungkin terjadi dalam script
 - Prop: berisi objek pendukung selama peristiwa terjadi
 - Role: peran yang dimainkan seseorang dalam peristiwa
 - Scene: adegan yang menjadi bagian dari suatu peristiwa
 - Hasil: kondisi yang ada setelah urutan peristiwa dalam script terjadi

Jalur (track) : Ujian tertulis matakuliah Kecerdasan Buatan

Role (peran) : Mahasiswa, Pengawas

Prop (pendukung) : lembar soal, lembar jawab, presensi, pena, dll.

Kondisi Input : Mahasiswa terdaftar untuk mengikuti ujian.

Adegan (Scene)-1 : Persiapan pengawas.

- Pengawas menyiapkan lembar soal.
- Pengawas menyiapkan lembar jawab.
- Pengawas menyiapkan lembar presensi.

Adegan-2 : Mahasiswa masuk ruangan.

- Pengawas mempersilahkan mahasiswa masuk.
- Pengawas membagikan lembar soal.
- Pengawas membagikan lembar jawab.
- Pengawas memimpin doa.

Adegan-3 : Mahasiswa mengerjakan soal ujian

- Mahasiswa menulis identitas di lembar jawab.
- Mahasiswa menandatangani lembar jawab.
- Mahasiswa mengerjakan soal
- Mahasiswa mengecek jawaban

Adegan-4 : Mahasiswa telah selesai ujian.

- Pengawas mempersilahkan mahasiswa keluar ruangan.
- Mahasiswa mengumpulkan kembali lembar jawab.
- Mahasiswa keluar ruangan.

Adegan-5 : Pengawas mengemasi lembar jawab.

- Pengawas mengurutkan lembar jawab.
- Pengawas mengecek lembar jawab dan presensi.
- Pengawas meninggalkan ruangan.

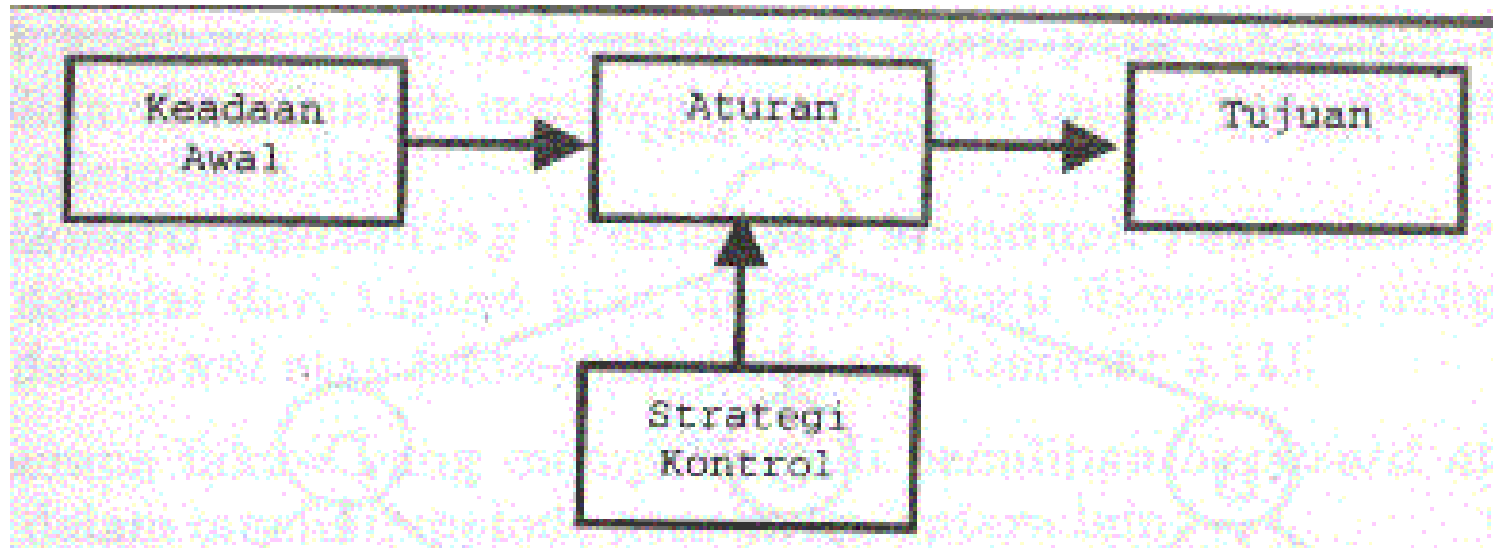
Hasil:

- Mahasiswa merasa senang dan lega.
- Mahasiswa merasa kecewa.
- Mahasiswa pusing.
- Mahasiswa memaki-maki.
- Mahasiswa sangat bersyukur.

Sistem Produksi

- **Komponen:**
 - Ruang keadaan: awal, tujuan dan rule untuk mencapai tujuan
 - Strategi Kontrol: mengarahkan bagaimana proses pencarian berlangsung dan mengendalikan arah eksplorasi
- **Representasi pengetahuan berupa aplikasi rule:**
 - Antecedent: mengekspresikan situasi (premis) berawalan IF
 - Konsekwen: konklusi yang diharapkan jika premis benar

Contoh : IF lalulintas_pagi_ini_padat
 THEN saya_naik_sepedamotor_saja



- Metoda penalaran untuk representasi pengetahuan dengan aturan:
 - Forward Reasoning (Penalaran maju) → pelacakan dimulai dari keadaan awal (informasi / fakta yang ada) dan kemudian dicoba untuk mencocokkan dengan tujuan yang diharapkan
 - Backward Reasoning (Penalaran mundur) → pelacakan dimulai dari tujuan lalu dicocokkan dengan keadaan awal atau fakta-fakta

Terimakasih