

Prolog

(Rekurens, Cut, Fail)

IF2121 Computational Logic 2023/2024

Informatics Engineering Study Program
School of Electrical Engineering and Informatics ITB

Rekursens

- ▶ Kalkulasi sederhana dengan deklaratif → memanfaatkan analisis kasus
- ▶ Program menjumlahkan dua buah bilangan integer dalam domain yang dibatasi $[1 - 9]$ dengan hasil dalam domain yang sama
 - $\text{/*suksesorkecil}(X,Y)$ benar artinya Y adalah suksesor dari X , dengan $Y < 10$ dan $1 \leq X \leq 8$ */ → Fakta
 - $\text{/*jumlahkecil}(X,Y,Z)$ benar artinya Z adalah jumlah dari $X + Y$, dan Z lebih kecil dari 10 . */ → Aturan

Rekurens (2)

- ▶ Yang dimanipulasi bukanlah ‘integer murni’, tapi simbolik dari bilangan integer
- ▶ Aturan yang definisinya berdasarkan aturan itu sendiri → rekursif
- ▶ Analisis rekurens dalam pemrograman deklaratif:
 - ▶ Penalaran berdasarkan definisi predikat yang rekursif, atau
 - ▶ Berdasarkan tipe (simbolik) yang juga terdefinisi secara rekursif
- ▶ Analisis rekurens harus mendefinisikan:
 - ▶ aturan basis → jaminan bahwa pencocokan berhenti
 - ▶ aturan rekurens → harus menuju basis
- ▶ Fakta tidak mungkin rekursif → ‘instans’ dunia nyata
- ▶ Query tidak mungkin rekursif → pertanyaan pada program

Rekurens (3)

- ▶ Manipulasi dengan analisis rekurens dapat menjumlahkan bilangan integer positif tak terbatas

- ▶ Contoh penjumlahan dua buah bilangan integer positif

*/*plus(X,Y,Z) benar artinya X ditambah dengan Y hasilnya adalah Z*

jika $x+y = z$

maka $(x+1) + y = z + 1$

*Basis 0: bilangan ditambah 0 hasilnya adalah bilangan itu sendiri */*

plus(0,X,X).

*/*Rekurens: plus(X,Y,Z) menyatakan $x + y = z$*

plus((X+1),Y,(Z+1)) harus dilinearisasi

suksesor(X,X') benar jika X' adalah suksesor dari X/*

plus(X',Y,Z') :- suksesor(X,X'),

plus(X,Y,Z),

suksesor(Z,Z').

Cut

- ▶ Cut adalah salah satu predikat sistem yang disediakan Prolog.
- ▶ Cut digunakan untuk memberikan kontrol atas backtracking.
- ▶ Digunakan untuk merealisasikan analisa kasus pada Prolog.
- ▶ Kenapa program Prolog memanfaatkan Cut?
 - ▶ agar eksekusi program lebih efisien
 - ▶ tanpa cut dapat dibuat program Prolog yang dapat dieksekusi dengan benar.
- ▶ Kapan cut harus dipakai?
 - ▶ Jika dengan penggunaan cut proses pencarian solusi dapat dibatasi
 - ▶ Hal ini dimungkinkan dengan cara menghilangkan proses backtrack ke cabang tersebut.

Cara kerja Cut

Predicate H:

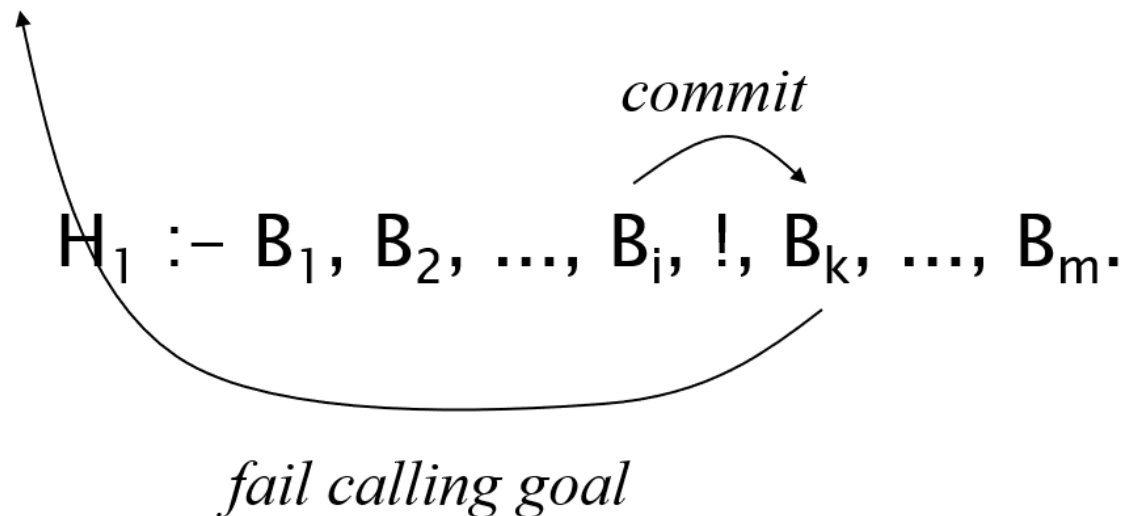
$H_1 :- B_1, B_2, \dots, B_i, !, B_k, \dots, B_m.$

$H_2 :- B_n, \dots B_p.$

- ▶ Jika H_1 cocok, $B_1 \dots B_i$ mungkin backtrack di antara mereka sendiri. Jika B_i gagal, H_2 akan dicoba. Tapi begitu 'cut' dilewati, Prolog akan memilih pilihan saat ini. Semua pilihan lain dibuang.
- ▶ B_k, \dots, B_m dapat saling backtrack satu sama lain, tetapi jika B_k gagal, maka predikatnya gagal (klausa berikutnya tidak cocok).

Cara mudah memahami Cut

- ▶ Pikirkan 'cut' sebagai 'pagar' yang, ketika dilintasi sebagai sukses, menegaskan sukses sebagai solusi saat ini.
- ▶ Namun, ketika sebuah kegagalan mencoba melewati pagar, seluruh predikat akan gagal.



Cut

- ▶ Terdapat 2 (dua) tujuan penggunaan cut yang menyebabkannya menjadi jenis yang berbeda:
 - ▶ Green Cut: cut digunakan untuk efisiensi eksekusi, karena jika cut dihilangkan arti program tidak berubah.
 - ▶ Red Cut: cut digunakan untuk kebenaran eksekusi, karena jika cut dihilangkan arti program berubah.

CONTOH KASUS 1

► Rule yang diberikan

$\text{grade}(\text{Mark}, a) :- \text{Mark} \geq 70.$

$\text{grade}(\text{Mark}, b) :- \text{Mark} < 70, \text{Mark} \geq 63.$

$\text{grade}(\text{Mark}, c) :- \text{Mark} < 63, \text{Mark} \geq 55.$

$\text{grade}(\text{Mark}, d) :- \text{Mark} < 55, \text{Mark} \geq 50.$

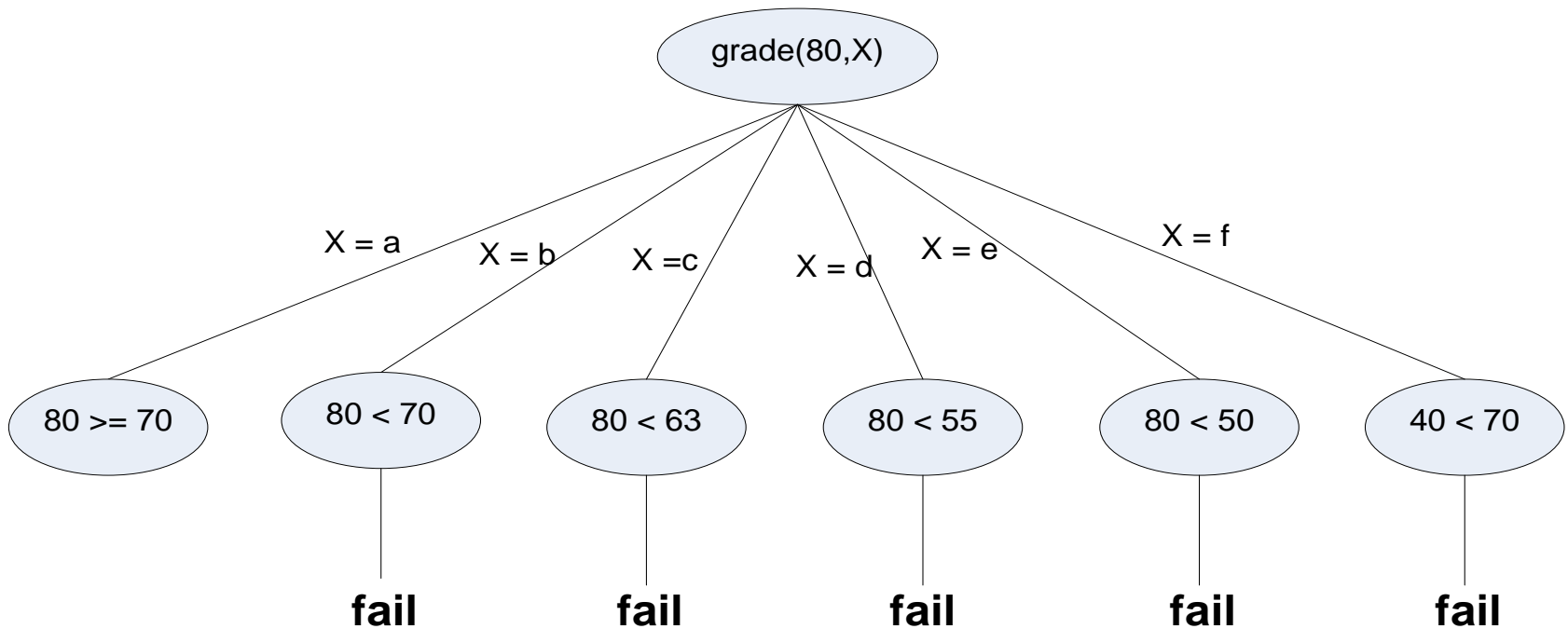
$\text{grade}(\text{Mark}, e) :- \text{Mark} < 50, \text{Mark} \geq 40.$

$\text{grade}(\text{Mark}, f) :- \text{Mark} < 40.$

► Query

$\text{grade}(80, X).$

Pohon Eksekusi (1)



Sehingga menghasilkan $X = a$

Karakter Cut (1)

- ▶ Rule pada kasus sebelumnya tidak efisien, karena Prolog akan kembali mencari apakah ada solusi lain.
- ▶ Penggunaan karakter Cut(!) dapat meningkatkan efisiensi pada kasus tersebut.

Karakter Cut (1)

grade(N, a) :- N >= 70, ! .

grade(N, b) :- N >= 63, ! .

grade(N, c) :- N >= 55, ! .

grade(N, d) :- N >= 50, ! .

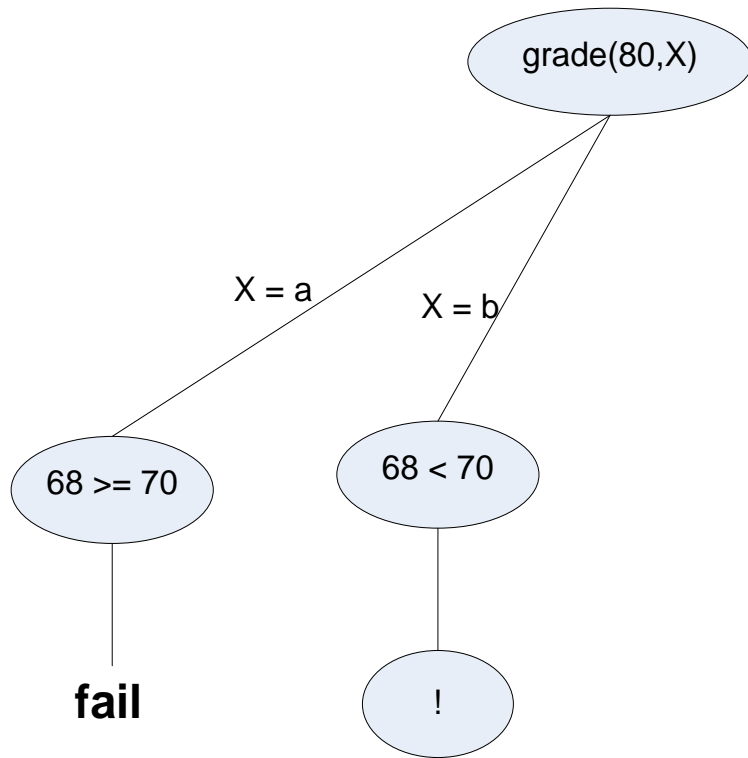
grade(N, e) :- N >= 40, ! .

grade(N, f) :- N < 40.

► Query :

grade(68,X).

Pohon Eksekusi (2)



- ▶ Program menghasilkan nilai $X = b$.
- ▶ Setelah bertemu karakter `cut(!)`, program tidak akan melakukan backtrack. Sehingga tidak perlu diperiksa untuk nilai $X = d, e, f$.

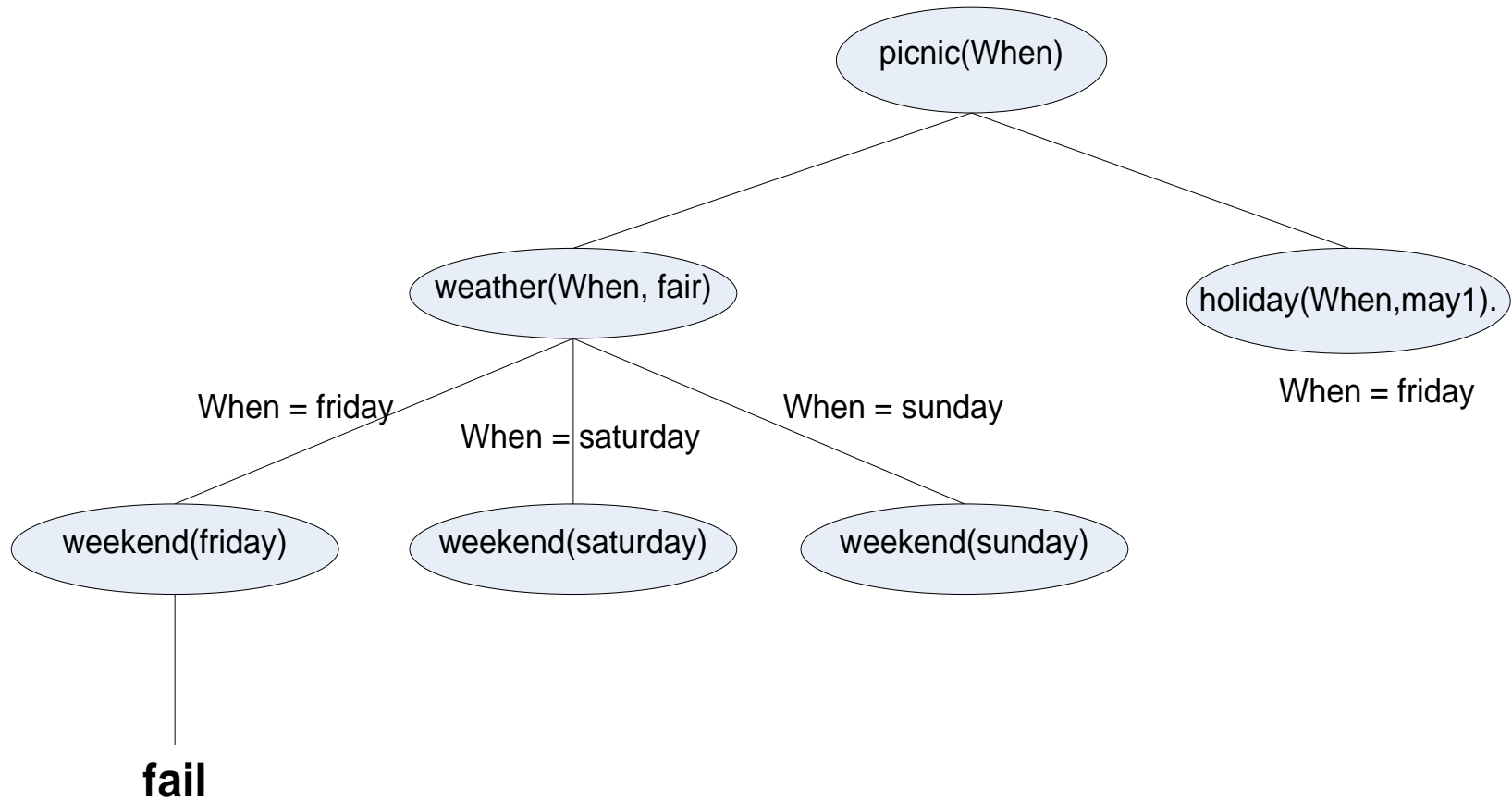
CONTOH KASUS 2

- ▶ Fakta yang diberikan :
 - ▶ holiday(friday, may 1).
 - ▶ weather(friday, fair).
 - ▶ weather(saturday, fair).
 - ▶ weather(sunday, fair).
 - ▶ weekend(saturday).
 - ▶ weekend(sunday).

- ▶ Mary akan pergi piknik pada weekend dengan weather fair, atau hari libur tanggal 1 Mei. Maka rule yang diperlukan :
 - ▶ picnic(Day) :- weather(Day,fair), weekend(Day).
 - ▶ picnic(Day) :- holiday(Day,may 1).

- ▶ Query :
 - ▶ picnic(When).

Pohon Eksekusi (3)

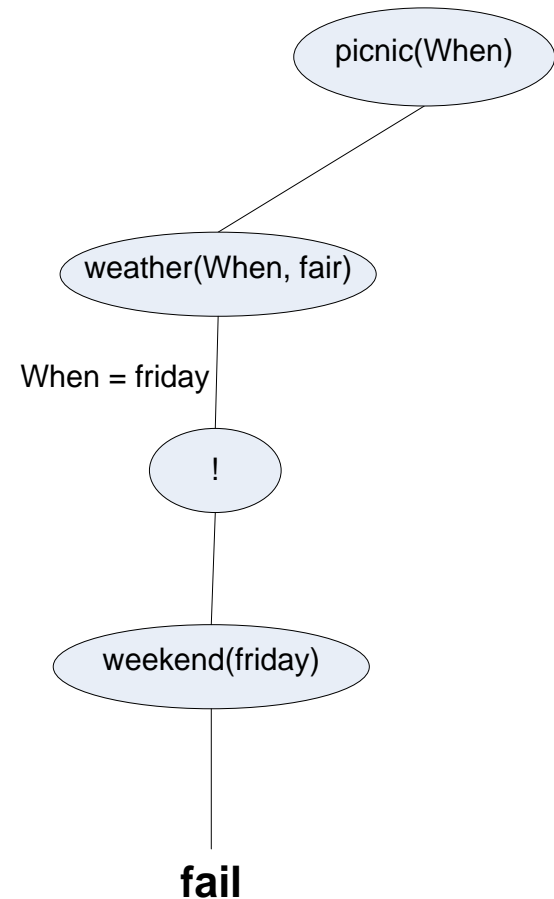


Karakter Cut (2)

- ▶ Untuk contoh kasus 2, Program akan menghasilkan nilai `When = friday, saturday, sunday`. Program melakukan backtrack untuk memeriksa semua kemungkinan.
- ▶ Perhatikan rule berikut :
 - ▶ `picnic(Day) :- weather(Day,fair), !, weekend(Day).`
 - ▶ `picnic(Day) :- holiday(Day,may1).`

Pohon Eksekusi (4)

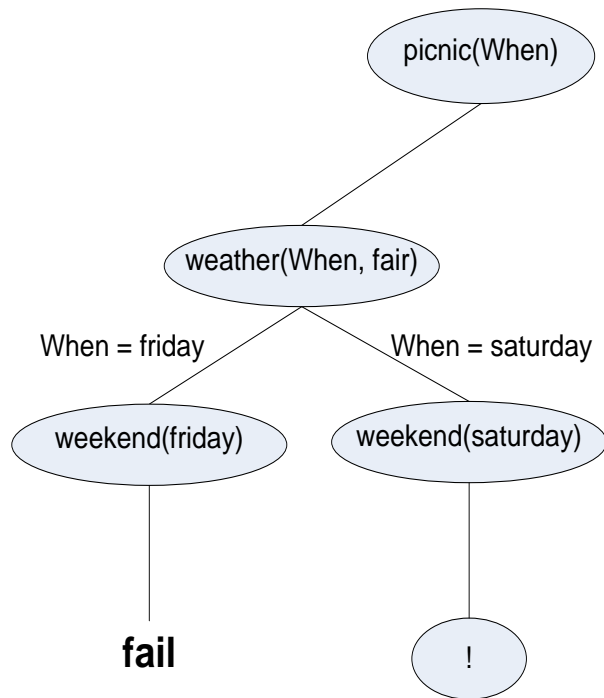
- ▶ Setelah melewati karakter cut(!) program tidak akan melakukan backtrack.
- ▶ Program tidak kembali pada `weather(When, fair)` untuk mencari kemungkinan lain dari nilai `When`.



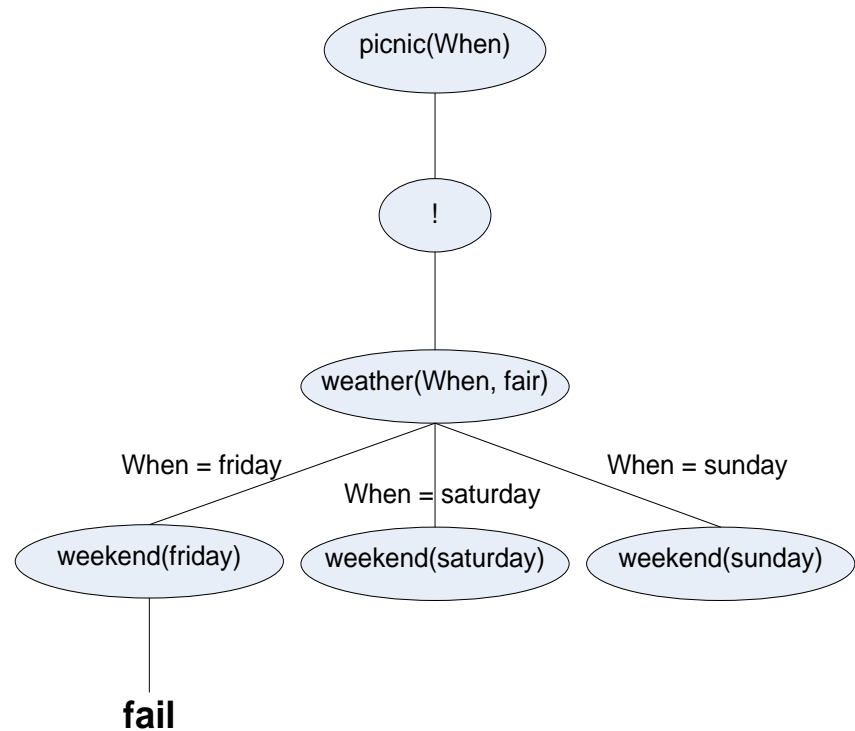
Karakter Cut (3)

- ▶ Apa yang terjadi jika karakter cut (!) pada contoh kasus di atas diubah-ubah letaknya?
 - ▶ Contoh 1 :
 - ▶ picnic(Day) :- weather(Day,fair), weekend(Day), !.
 - ▶ picnic(Day) :- holiday(Day,may1).
 - ▶ Contoh 2 :
 - ▶ picnic(Day) :- !, weather(Day,fair), weekend(Day).
 - ▶ picnic(Day) :- holiday(Day,may1).

Pohon Eksekusi (4)



Contoh 1 : When = Saturday



**Contoh 2 :
When = Saturday, Sunday**

Contoh Program 2

```
buy_car(Model,Color):-  
    car(Model,Color,Price),colors(Color,sexy),!,Price < 25000.  
car(maserati,green,25000).  
car(corvette,black,24000).  
car(corvette,red,26000).  
car(corvette,red,23000).  
car(porsche,red,24000).  
colors(red,sexy).  
colors(black,mean).  
colors(green,preppy).
```

Query : buy_car(corvette,Color) .

Backtrack

- ▶ Prolog akan mengatur redo point untuk mencari seluruh solusi yang mungkin
- ▶ Karakter cut (!) untuk meminta prolog tidak melakukan backtrack

Backtrack

- Untuk query `buy_car(corvette, Color)` proses eksekusinya sebagai berikut :
 - `car(corvette, _1, _2)`
 - `car(corvette, black, 24000)`
 - `colors(black, sexy)` (fail)
 - `car(corvette, red, 26000)` (hasil backtrack)
 - `colors(red, sexy)`
 - ! (bahwa jika telah selesai, tidak perlu melakukan backtrack)
 - `26000 < 25000` (fail)
- Maka pemrosesan query berhenti di sini dengan tidak ada fakta yang memenuhi
- Bahwa ada fakta `car(corvette, red, 23000)` tidak diperhatikan karena adanya !.

Contoh

► Program 1:

$\text{max2}(X, Y, X) \text{ :- } X \geq Y, !.$

$\text{max2}(X, Y, Y) \text{ :- } X < Y.$

► Program 2:

$\text{max2}(X, Y, X) \text{ :- } X \geq Y, !.$

$\text{max2}(X, Y, Y).$

Fail

- ▶ Predikat FAIL juga salah satu predikat sistem yang disediakan Prolog.
- ▶ Secara konsep, FAIL digunakan untuk memanipulasi program sehingga suatu proses tertentu harus dilakukan. Tetapi, jika dikombinasikan cut dan fail, secara konsep, digunakan untuk merealisasikan **STOP Statement** pada Prolog, artinya untuk memaksa program Prolog berhenti pada satu kasus tertentu.

Fail

- ▶ Umumnya digunakan untuk merealisasikan *Error Message*.
- ▶ Dengan FAIL, Prolog justru memaksa proses backtrack ke suatu cabang tertentu.

▶ Contoh:

0. Z :- A.

1. A :- B, fail.

2. A :- C.

Jika predikat Z dieksekusi, maka selanjutnya akan memproses predikat A.

Pada saat A dieksekusi dengan menelusuri kalimat (1), jika B bernilai true maka (1) akan digagalkan (bernilai false).

Selanjutnya Prolog akan menelusuri kalimat (2), dan hasilnya tergantung pada C.

Cut dan Fail

- ▶ Dengan kombinasi CUT yang dilanjutkan dengan FAIL, Prolog dapat memaksa proses backtrack ke suatu cabang tertentu untuk selanjutnya berhenti di cabang tersebut (tidak melanjutkan proses backtrack ke cabang lain).
- ▶ Contoh:
 0. Z :- A.
 1. A :- B, !, ErrorMsg, fail.
 2. A :- C.
 3. ErrorMsg :- write('Error Message').
- ▶ Jika predikat Z dieksekusi, maka selanjutnya akan memproses predikat A. Pada saat A dieksekusi dengan menelusuri kalimat (1), jika B bernilai true maka (1) akan digagalkan (bernilai false). Selanjutnya Prolog akan menelusuri (3), tetapi tanpa menelusuri kalimat (2).

Contoh

/*Fact*/

bird(sparrow).

bird(eagle).

bird(duck).

bird(crow).

bird(ostrich).

bird(puffin).

bird(swan).

bird(albatross).

bird(starling).

bird(owl).

bird(kingfisher).

bird(thrush).

/*Rule*/

can_fly(X):-bird(X).

Ostrich can't fly

Without cut:

?- can_fly(duck).

yes

?- can_fly(ostrich).

yes

With failure exception:

```
/*Rule*/
```

```
can_fly(ostrich):-fail.
```

```
can_fly(X):-bird(X).
```

```
?- can_fly(duck).
```

```
yes
```

```
?- can_fly(ostrich).
```

```
yes
```

With cut and failure exception

```
/*Rule*/
```

```
can_fly(ostrich):-!,fail.
```

```
can_fly(X):-bird(X).
```

```
?- can_fly(duck).
```

yes

```
?- can_fly(ostrich).
```

no



THANK YOU

