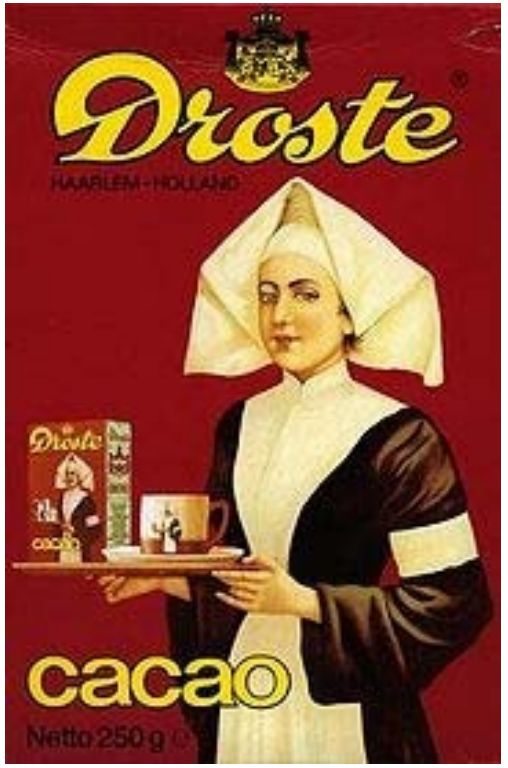
Studi List Rekursif dalam Konteks Prosedural

Tim Pengajar IF2030

Rekursifitas

- Suatu entitas disebut **rekursif** jika pada definisinya terkandung dirinya sendiri
- Program prosedural juga dapat bersifat rekursif
- Aspek-aspek pemrograman prosedural yang dapat bersifat rekursif: *prosedur, fungsi, struktur data*
  - Program utama tidak dapat bersifat rekursif karena tidak berparameter



Mengingat kembali: Analisis Rekurens

- Analisis rekurens: penalaran berdasarkan definisi rekursif
- Teks program rekursif terdiri dari dua bagian:
  - **Basis** (Basis-0 atau Basis-1): menyebabkan prosedur/fungsi berhenti
  - **Rekurens** : mengandung call terhadap prosedur/fungsi tersebut, dengan parameter bernilai mengecil (menuju basis)

Fungsi/Prosedur Rekursif

Studi Kasus: Faktorial

- Definisi – 1:

  0! = 1 { basis }

  N! = N * (N-1)! { rekurens }

- Definisi – 2:

  1! = 1 { basis }

  N! = N * (N-1)! { rekurens }

- Implementasi kasus faktorial ke dalam fungsi/prosedur rekursif dari sudut pandang:
  1. Terjemahan dari program fungsional rekursif
  2. Terjemahan sebuah loop (iteratif) menjadi rekursif (definisi faktorial ditransformasi menjadi perhitungan deret kali)

1. Terjemahan dari Program Fungsional Rekursif

- Mengingat kembali: Fungsi Factorial (Fungsional)

DEFINISI DAN SPESIFIKASI

factorial : integer $\geq 0 \rightarrow$ integer > 0

{ factorial(N) = N! sesuai dengan definisi rekursif factorial }

REALISASI (VERSI-1)

```
{ Realisasi dengan definisi factorial sebagai berikut jika
factorial(N) adalah N!:
                N = 0 : N! = 1
                N ≥ 1 : N! = N * (N-1)! }
factorial(N) : if N = 0 then { Basis 0 }
                      1
               else { Rekurens : definisi faktorial }
                      N * factorial(N-1)
```

Fungsi Factorial Rekursif (Translasi ke Program Prosedural)


```
function factorial (N : integer) → integer
{ Mengirim N! sesuai dengan definisi faktorial definisi
rekursif: }
{ 0!=1; 1!=1; N! = N* (N-1)! }
```

KAMUS LOKAL

ALGORITMA

```
   if (N = 0) then { Basis 0 }
        → 0
   else {Rekurens}
        → N * factorial(N-1)
```

2. Terjemahan dari loop (iteratif) menjadi program rekursif

- Dalam konteks prosedural kita memiliki “loop” sebagai mekanisme untuk mengulang
- Kita dapat mensimulasi mekanisme pengulangan secara rekursif:
  - Parameter hasil dan variabel temporary pada mekanisme pengulangan dipindahkan menjadi parameter prosedur
  - Hati-hati dalam meletakkan nilai inisialisasi untuk parameter input dan input/output

Fungsi Factorial (Iteratif) - 1


```
function factorial1 (N : integer) → integer
{ Mengirim N! sesuai dengan definisi faktorial:
1*1*2*3*4*...(N-1)*N }
{ Pada persoalan ini, definisi rekurens faktorial
ditransformasi menjadi perhitungan deret kali }
```

```
KAMUS LOKAL
        Count : integer
        F : integer
```

```
ALGORITMA
   F ← 1          { inisialisasi }
   Count ← 1      { first element }
   while (Count <= N) do
      F ← F * Count          { Proses }
      Count ← Count + 1      { Next element }
   { Count > N, semua sudah dihitung }
   → F { Terminasi }
```

Fungsi Factorial (Iteratif) - 2

- Versi “kurang baik”, tapi sesuai definisi factorial

```
function factorial2 (N : integer) → integer
{ Mengirim N! sesuai dengan definisi faktorial:
  N*N-1*N-2*...*3*2*1 }
{ Mengubah parameter input: "kurang baik” }
```

```
KAMUS LOKAL
        F : integer
```

```
ALGORITMA
   F ← 1 { inisialisasi }
        { first element }
   while (N > 0) do
      F ← F * N        { Proses }
      N ← N - 1        { Next element }
   { N = 0 semua sudah dihitung }
   → F { Terminasi }
```

Prosedur faktorial iteratif dikelola secara rekursif - 1


```
procedure FactIter1 (input N, Count : integer,
                     input/output Akumulator : integer,
                     output F: integer)
{ I.S. N > 0; Count : pencacah; Akumulator = Count! }
{ F.S. F = N! jika Count = N }
{ Proses : Mengirim N! sesuai dengan definisi faktorial: }
{ versi iteratif dengan mekanisme eksekusi rekursif }
```

KAMUS LOKAL

ALGORITMA

```
   if (N = Count) then
        F ← Akumulator * N
   else { Recurrence }
        FactIter1(N, Count+1, Akumulator * Count, F)
```

Bandingkan dengan fungsi factorial1

Prosedur faktorial iteratif dikelola secara rekursif - 1

```
procedure FactIter2 (input N : integer,
                     input/output Akumulator : integer,
                     output F : integer)
{ I.S. N > 0, Akumulator = 0 }
{ F.S. Menghasilkan F = N! }
{ Proses : Mengirim N! sesuai dengan definisi faktorial }
{ versi iteratif dengan mekanisme eksekusi rekursif }
```

KAMUS LOKAL

ALGORITMA

```
    if (N = 0) then
        F ← Akumulator
    else
        FactIter2(N-1, Akumulator * N, F)
```

Bandingkan dengan fungsi factorial2

Pemanggilan Prosedur Rekursif

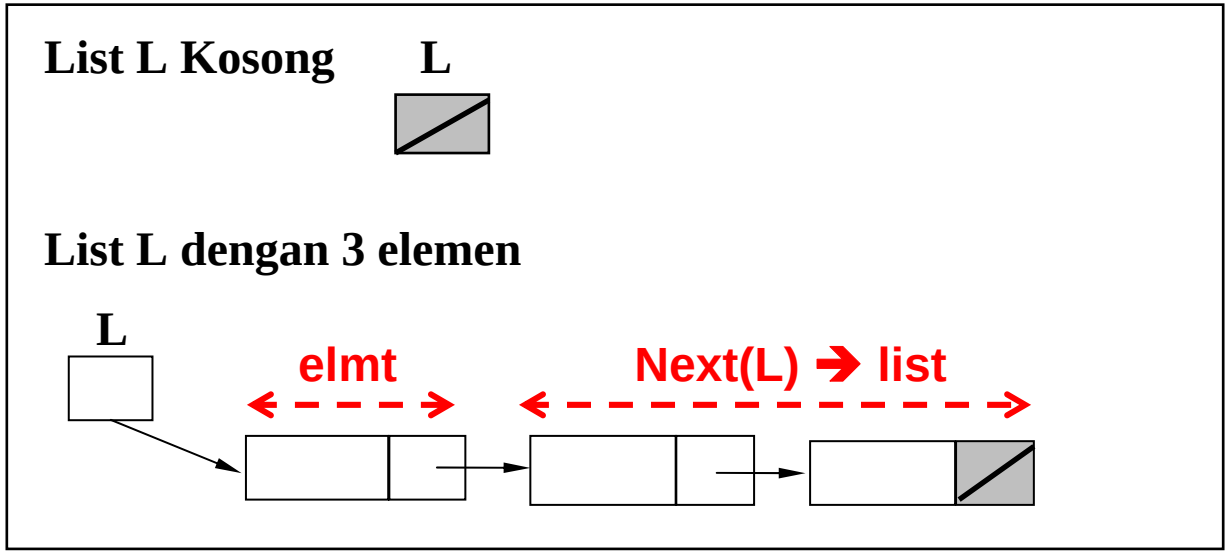
```
procedure factorial (input N : integer, output F : integer)
{ I.S. N > 0 }
{ F.S. F = N! }
{ Proses : menghasilkan N! dengan memanggil prosedur iterasi yang sesuai }
KAMUS LOKAL

ALGORITMA - 1
        FactIter1 (N,1,1,F)

ALGORITMA - 2
        FactIter2 (N,1,F)
```

Hati-hati:
Kesalahan melakukan inisialisasi parameter input atau input/output dapat berakibat fatal !

Pemrosesan List Linier secara Prosedural - Rekursif

List sebagai Struktur Data Rekursif

- Definisi rekursif list linier:
  - **Basis**: list kosong adalah list
  - **Rekurens**: list tidak kosong terdiri atas sebuah elemen dan sisanya adalah list



Struktur Data List untuk Pemrosesan secara Rekursif (Notasi Algoritmik)


```
KAMUS
{ List direpresentasi dg pointer }
      type infotype : ... { terdefinisi }
      type address  : ... { terdefinisi }
      type ElmtList : < info : InfoType,
                        next : address >

      type List : address

{ Deklarasi  nama untuk variabel  kerja }
      L : List
      P : address  { address untuk traversal }
{ Maka penulisan First(L) menjadi L
  Next(P), Info(P) tergantung representasi fisik yang
  digunakan }
```

Struktur Data List untuk Pemrosesan secara Rekursif (Bahasa C, pointer)

```
#define Nil NULL

/* Selektor */
#define Info(P) (P)->info
#define Next(P) (P)->next

typedef int infotype;
typedef struct tElmtlist *address;
typedef struct tElmtlist {
       infotype info;
       address next;
} ElmtList;
/* Definisi list : */
/* List kosong : First(L) = Nil */

typedef address List;
```

Primitif Dasar: Pemeriksaan List Kosong

- Notasi Algoritmik (rep. berkait)

```
function  IsEmpty (L : List) → boolean
{ Tes apakah sebuah list L kosong.
  Mengirimkan true jika list kosong, false jika tidak kosong }
KAMUS LOKAL
ALGORITMA
    → (L = Nil)
```

- Bahasa C (rep. berkait dgn. pointer)

```
boolean IsEmpty (List L)
/* Tes apakah sebuah list L kosong.
Mengirimkan true jika list kosong, false jika tidak kosong */
{       /* Kamus Lokal */

        /* Algoritma */
        return (L == Nil);
}
```

Studi Kasus-1: PrintList

- Notasi Algoritmik

```
procedure Printlist (input L : List)
{ I.S. L terdefinisi }
{ F.S. Setiap elemen list diprint }

KAMUS LOKAL

ALGORITMA
   if (IsEmpty(L)) then { Basis 0 }
       { tidak melakukan apa-apa }
   else { Rekurens }
       output (info(L))
       PrintList(Next(L))
```

Studi Kasus-2a: NbElmtList (1)

- Versi fungsi

```
function NBElmtlist (L : List) → integer
{ Mengirimkan banyaknya elemen list L, Nol jika L kosong }

KAMUS LOKAL

ALGORITMA
   if (IsEmpty(L)) then { Basis 0 }
                → 0
   else { Rekurens }
                → 1 + NBElmtList(Next(L))
```

Studi Kasus-2b: NbElmtList (2)

- Versi prosedur, dengan hasil diletakkan pada parameter output

```
procedure  NBElmtlist1 (input L : List, output N : integer)
{ I.S. L terdefinisi }
{ F.S. N berisi banyaknya elemen list }
```

```
KAMUS LOKAL
   N1 : integer
```

```
ALGORITMA
   if (IsEmpty(L)) then { Basis 0 }
        N ← 0
   else { Rekurens }
        NBElmtList1(Next(L),N1)
        N ← 1 + N1
```

Studi Kasus-2c: NbElmtList (3) - 1

- Versi prosedur, dengan akumulator

```
procedure  NBElmtlistAcc (input L : List,
                          input/output Acc : integer,
                          output N : integer)
{ I.S. L terdefinisi }
{ F.S. N berisi banyaknya elemen list }
```

KAMUS LOKAL

```
ALGORITMA
   if (IsEmpty(L)) then { Basis: kondisi berhenti }
        N ← Acc
   else { Rekurens: Next element, Proses }
        Acc ← Acc + 1
        NBElmtListAcc(Next(L),Acc,N)
```

Studi Kasus-2c: NbElmtList (3) - 2

- Pemanggilan NbElmtlistAc

```
procedure NBElmtlist (input L : List, output N : integer)
{ I.S. L terdefinisi }
{ F.S. N berisi banyaknya elemen list L }
{ Proses : Memanfaatkan NBElmtlistAcc }

KAMUS LOKAL

ALGORITMA
        NBElmtlistAcc (L, 0, N)
```

Studi Kasus-3: Search


```
function Search (L : List, X : infotype) → boolean
{ Mengirim true jika X adalah anggota list, false jika tidak }

KAMUS LOKAL

ALGORITMA
   if (IsEmpty(L)) then { Basis 0 }
               → false
   else { Rekurens }
               if (Info(L) = X)  then
                       → true
               else
                       → Search(Next(L), X)
```

Pemrosesan List Linier secara Rekursif

(Mengacu pada Diktat
“Pemrograman Fungsional”)

Struktur Data List

- type List: [ ] atau [e o List]

- Primitif dasar:
  - Selektor: FirstElmt, Tail
  - Konstruktor: Konso, Kons•
  - Primitif-primitif lain: Copy, Concat, dll.

Selektor

function FirstElmt (L : List) → infotype

{ Mengirimkan elemen pertama sebuah list L yang tidak kosong }

KAMUS LOKAL

ALGORITMA

→ Info(L)

function Tail (L : List) → List

{ Mengirimkan list L tanpa elemen pertamanya, mungkin yang dikirimkan adalah sebuah list kosong }

KAMUS LOKAL

ALGORITMA

→ Next(L)

Konstruktor - Konso

```
function Konso (L : List, e : infotype) → List
{ Mengirimkan list L dengan tambahan e sebagai elemen pertamanya }
{ Jika alokasi gagal, mengirimkan L }
```

```
KAMUS LOKAL
    P : address
```

```
ALGORITMA
    P ← Alokasi(e)
    if (P = Nil) then
       → L
    else
       { Insert First }
       Next(P) ← L
       → P
```

Konstruktor - Kons•


```
function Kons• (L : List, e : infotype) → List
{ Mengirimkan list L dengan tambahan e sebagai elemen terakhir }
{ Jika alokasi gagal, mengirimkan L }
```

```
KAMUS LOKAL
    P : address
    Last : address
```

```
ALGORITMA
    P ← Alokasi(e)
    if (P = Nil) then
        → L
    else
       { Insert Last }
       if IsEmpty(L) then { insert ke list kosong }
           → L
       else
           Last ← L
           while (Next(Last) ≠ Nil) do
                Last ← Next(Last)
           { Next(Last)=Nil; Last adl. alamat elemen terakhir }
           Next(Last) ← P
           → L
```

Primitif Lain : Copy – 1
(versi fungsi)


```
function Copy (L : List) → List
{ Mengirimkan salinan list L }
{ Jika alokasi gagal, mengirimkan L }

KAMUS LOKAL

ALGORITMA
   if (IsEmpty(L)) then { Basis 0 }
        → L
   else { Rekurens }
        → Konso(FirstElmt(L),Copy(Tail(L))
```

Primitif Lain : Copy – 2
(versi procedure)


```
procedure MengCopy (input Lin : List, output Lout : List)
{ I.S. Lin terdefinisi }
{ F.S. Lout berisi salinan dari Lin }
{ Proses : menyalin Lin ke Lout }
{ Jika alokasi gagal, Lout adalah ??? }
```

```
KAMUS LOKAL
   LTemp : List
```

```
ALGORITMA
   if (IsEmpty(L)) then { Basis – 0 }
       Lout ← Lin
   else { Rekurens }
       MengCopy(Tail(L),LTemp)
       Lout ← Konso(FirstElmt(Lin),LTemp)
```

Primitif Lain : Concat – 1
(versi fungsi)

```
function Concat (L1, L2 : List) → List
{ Mengirimkan salinan hasil konkatenasi list L1 dan L2 }
```

```
KAMUS LOKAL
```

```
ALGORITMA
   if (IsEmpty(L1) then { Basis }
      → Copy(L2)
   else { Rekurens }
      → Konso(FirstElmt(L1),Concat(Tail(L1),L2))
```

Primitif Lain : Concat – 2
(versi procedure)

```
procedure MengConcat (input L1, L2 : List, output LHsl : List)
{ I.S. L1, L2 terdefinisi }
{ F.S. LHsl adalah hasil melakukan konkatenasi L1 dan L2 dengan
cara “disalin” }
{ Proses : Menghasilkan salinan hasil konkatenasi list L1 dan L2 }
```

```
KAMUS LOKAL
   LTemp : List
```

```
ALGORITMA
   if (IsEmpty(L2)) then  { Basis – 0 }
      LHsl ← Copy(L1)
   else { Rekurens }
      MengConcat(Tail(L1), L2, LTemp)
      LHsl ← Konso(FirstElmt(L1), LTemp)
```

PR

- Ambillah ADT list of integer yang pernah dikerjakan sebagai tugas pra-praktikum pada pemrograman fungsional
- Translasikan menjadi program prosedural dalam bahasa C

Potongan header file (1)


```
#ifndef listrek_H
#define listrek_H

#include "boolean.h"
#include <stdio.h>

# define Nil NULL

typedef int infotype;
typedef struct tElmtlist *address;
typedef struct tElmtlist {
   infotype info;
   address next;
} ElmtList;

typedef address List;

/* Selektor */
#define Info(P) (P)->info
#define Next(P) (P)->next
```

Potongan header file (2)


```
/* Manajemen Memori */

address Alokasi (infotype X);
/* Mengirimkan address hasil alokasi sebuah elemen */
/* Jika alokasi berhasil, maka address tidak nil, dan misalnya */
/* menghasilkan P, maka info(P)=X, Next(P)=Nil */
/* Jika alokasi gagal, mengirimkan Nil */

void Dealokasi (address P);
/* I.S. P terdefinisi */
/* F.S. P dikembalikan ke sistem */
/* Melakukan dealokasi/pengembalian address P */
```

Potongan header file (3)


```
/* Pemeriksaan Kondisi List */
int IsEmpty (List L);
/* Mengirimkan 1 jika L kosong dan 0 jika L tidak kosong */
int IsOneElmt (List L);
/* Mengirimkan 1 jika L berisi 1 elemen dan 0 jika > 1 elemen atau kosong */

/* Primitif-Primitif Pemrosesan List */
infotype FirstElmt (List L);
/* Mengirimkan elemen pertama sebuah list L yang tidak kosong */
List Tail (List L);
/* Mengirimkan list L tanpa elemen pertamanya, mungkin menjadi list kosong */
List Konso (List L, infotype e);
/* Mengirimkan list L dengan tambahan e sebagai elemen pertamanya. e dialokasi
   terlebih dahulu. Jika alokasi gagal, mengirimkan L */

/* Fungsi dan Prosedur Lain */
...

#endif
```