LAPORAN PRAKTIKUM

Modul 10

“TREE”

Disusun Oleh:

Rifqi Mohamad Ramdani -2311104044

SE-07-02

Dosen :

Wahyu Andi Saputra, S.pd,M.Eng,

PROGRAM STUDI S1 SOFTWARE ENGINEERING

FAKULTAS INFORMATIKA

TELKOM UNIVERSITY

PURWOKERTO 2024

1. Tujuan

1. Memahami konsep penggunaan fungsi rekursif.
2. Mengimplementasikan bentuk-bentuk fungsi rekursif.
3. Mengaplikasikan struktur data tree dalam sebuah kasus pemrograman.
4. Mengimplementasikan struktur data tree, khususnya Binary Tree.

2. Landasan Teori

Rekursif

Rekursif adalah teknik pemrograman di mana sebuah fungsi memanggil dirinya sendiri untuk menyelesaikan masalah yang lebih kecil hingga mencapai kondisi dasar. Rekursif sering digunakan untuk masalah yang bersifat berulang, seperti faktorial, pencarian, dan traversal struktur data.

Tree

Tree adalah struktur data berbentuk hierarki yang terdiri dari simpul (node), di mana setiap node memiliki satu induk (kecuali root) dan dapat memiliki anak. Tree sering digunakan untuk menyimpan data terstruktur seperti sistem file atau representasi hierarki. Jenis-jenis tree meliputi Binary Tree, Binary Search Tree (BST), dan AVL Tree. Operasi dasar pada tree mencakup traversal (Pre-order, In-order, Post-order), penyisipan, dan penghapusan simpul.

3. Guided

Pengertian Rekursif

Secara harfiah, rekursif berarti suatu proses pengulangan sesuatu dengan cara kesamaan-diri atau suatu proses yang memanggil dirinya sendiri. Prosedur dan fungsi merupakan sub program yang sangat bermanfaat dalam pemrograman, terutama untuk program atau proyek yang besar. Manfaat penggunaan sub program antara lain adalah : 1. meningkatkan readibility, yaitu mempermudah pembacaan program 2. meningkatkan modularity, yaitu memecah sesuatu yang besar menjadi modul-modul atau bagian-bagian yang lebih kecil sesuai dengan fungsinya, sehingga mempermudah pengecekan, testing dan lokalisasi kesalahan. 3. meningkatkan reusability, yaitu suatu sub program dapat dipakai berulang kali dengan hanya memanggil sub program tersebut tanpa menuliskan perintah-perintah yang semestinya diulang-ulang. Sub Program Rekursif adalah sub program yang memanggil dirinya sendiri selama kondisi pemanggilan dipenuhi. Prinsip rekursif sangat berkaitan erat dengan bentuk induksi matematika. Berikut adalah contoh fungsi rekursif pada rumus pangkat 2: Kita ketahui bahwa secara umum perhitungan pangkat 2 dapat dituliskan sebagai berikut

$$2^0 = 1$$
$$2^n = 2 * 2^{n-1}$$

Secara matematis, rumus pangkat 2 dapat dituliskan sebagai

$$f(x) \begin{cases} 1 \mid x = 0 \\ 2 * f(x-1) \mid x > 0 \end{cases}$$

Berdasarkan rumus matematika tersebut, kita dapat bangun algoritma rekursif untuk menghitung hasil pangkat 2 sebagai berikut :

```
Fungsi pangkat_2 ( x : integer ) : integer
Kamus
Algoritma
        If( x = 0 ) then
                → 1
        Else
                → 2 * pangkat_2( x - 1 )
```

Jika kita jalankan algoritma di atas dengan x = 4, maka algoritma di atas akan menghasilkan

Pangkat_2 (4)
➔ 2 * pangkat_2 (3)
➔ 2 * (2 * pangkat_2 (2))
➔ 2 * (2 * (2 * pangkat_2 (1)))
➔ 2 * (2 * (2 * (2 * pangkat_2 (0))))
➔ 2 * (2 * (2 * (2 * 1)))
➔ 2 * (2 * (2 * 2))
➔ 2 * (2 * 4)
➔ 2 * 8 ➔ 16

Kriteria Rekursif

Dengan melihat sifat sub program rekursif di atas maka sub program rekursif harus memiliki :

1. Kondisi yang menyebabkan pemanggilan dirinya berhenti (disebut kondisi khusus atau special condition)

2. Pemanggilan diri sub program (yaitu bila kondisi khusus tidak dipenuhi)

Secara umum bentuk dari sub program rekursif memiliki statemen kondisional :

- if kondisi khusus tak dipenuhi
- then panggil diri-sendiri dengan parameter yang sesuai
- else lakukan instruksi yang akan dieksekusi bila kondisi khusus dipenuhi

Sub program rekursif umumnya dipakai untuk permasalahan yang memiliki langkah penyelesaian yang terpola atau langkah-langkah yang teratur. Bila kita memiliki suatu permasalahan dan kita mengetahui algoritma penyelesaiannya, kadang-kadang sub program rekursif menjadi pilihan kita bila memang memungkinkan untuk dipergunakan. Secara algoritmis (dari segi algoritma, yaitu bila kita mempertimbangkan penggunaan memori, waktu eksekusi sub program) sub program rekursif sering bersifat tidak efisien. Dengan demikian sub program rekursif umumnya memiliki efisiensi dalam penulisan perintah, tetapi kadang tidak efisien

secara algoritmis. Meskipun demikian banyak pula permasalahan-permasalahan yang lebih sesuai diselesaikan dengan cara rekursif (misalnya dalam pencarian / searching, yang akan dibahas pada pertemuan-pertemuan yang akan datang).

Kekurangan Rekursif

Konsep penggunaan yang terlihat mudah karena fungsi rekursif dapat menyederhanakan solusi dari suatu permasalahan, sehingga sering kali menghasilkan bentuk algoritma dan program yang lebih singkat dan lebih mudah dimengerti. Kendati demikian, penggunaan rekursif memiliki beberapa kekurangan antara lain:

1. Memerlukan memori yang lebih banyak untuk menyimpan activation record dan variabel lokal. Activation record diperlukan waktu proses kembali kepada pemanggil
2. Memerlukan waktu yang lebih banyak untuk menangani activation record. Secara umum gunakan penyelesaian rekursif hanya jika:

• Penyelesaian sulit dilaksanakan secara iteratif.

• Efisiensi dengan cara rekursif sudah memadai.

• Efisiensi bukan masalah dibandingkan dengan kejelasan logika program.

Contoh Rekursif

Rekursif berarti suatu fungsi dapat memanggil fungsi yang merupakan dirinya sendiri. Berikut adalah contoh program untuk rekursif menghitung nilai pangkat sebuah bilangan

Algoritma

```
Program coba_rekursif


Kamus
    bil, bil_pkt : integer

    function pangkat (input:
        x,y: integer)

Algoritma
    input(bil, bil_pkt)
    output( pangkat(bil, bil_pkt) )

function pangkat (input:
        x,y: integer)
kamus
algoritma
    if (y = 1) then
        → x
    else
                → x * pangkat(x,y-1)
```

C++

```
#include <conio.h>
#include <iostream>
#include <stdlib.h>
using namespace std;
/* prototype fungsi rekursif */
int pangkat(int x, int y);
/* fungsi utama */
int main(){
    system("cls");
    int bil, bil_pkt;
    cout<<"menghitung x^y \n";
    cout<<"x="; cin>>bil;
    cout<<"y="; cin>>bil_pkt;
/* pemanggilan fungsi rekursif */
    cout<<"\n "<< bil<<"^"<<bil_pkt
        <<"="<<pangkat(bil,bil_pkt);
    getche();
    return 0;
}

/* badan fungsi rekursif */
int pangkat(int x, int y){
    if (y==1)
        return(x);
    else
        /* bentuk penulisan rekursif */
        return(x*pangkat(x,y-1));
}
```

Berikut adalah contoh program untuk rekursif menghitung nilai faktorial sebuah bilangan.

Algoritma

```
Program rekursif_factorial

Kamus
   faktor, n : integer

   function faktorial (input:
       a: integer)

Algoritma
   input(n)
   faktor =faktorial(n)
   output( faktor )

function faktorial (input:
       a: integer)
kamus
algoritma
   if (a == 1 || a == 0) then
       → 1
   else if ( a > 1 ) then
       → a* faktorial(a-1)
   else
       → 0
```

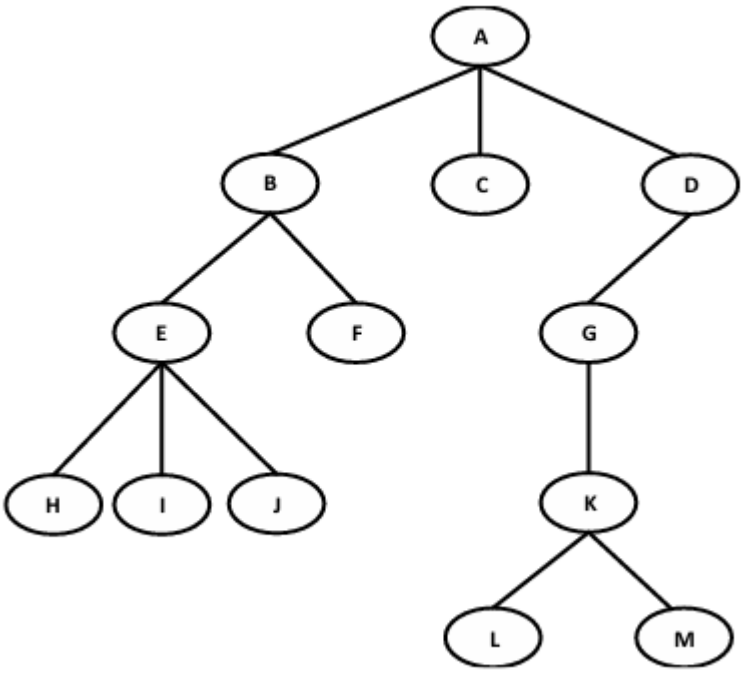
C++

```
#include <conio.h>
#include <iostream>

long int faktorial(long int a);

main(){
    long int faktor;
    long int n;
    cout<<"Masukkan nilai faktorial ";
    cin>>n;
    faktor =faktorial(n);
    cout<<n<<"!="<<faktor<<endl;
    getch();
}

long int faktorial(long int y){
    if (a==1 || a==0){
        return(1);
    }else if (a>1){
        return(a*faktorial(a-1));
    }else{
        return 0;
    }
}
```


Pengertian Tree

Kita telah mengenal dan mempelajari jenis-jenis strukur data yang linear, seperti : list, stack dan queue. Adapun jenis struktur data yang kita pelajari kali ini adalah struktur data yang non-liniar (non linear data structure) yang disebut tree. Tree digambarkan sebagai suatu graph tak berarah terhubung dan tidak terhubung dan tidak mengandung sirkuit. Karateristik dari suatu tree T adalah :

1. T kosong berarti empty tree
2. Hanya terdapat satu node tanpa pendahulu, disebut akar (root)
3. Semua node lainnya hanya mempunyai satu node pendahulu.



Gambar 10-1 *Tree*

Berdasarkan gambar diatas dapat digambarkan beberapa terminologinya, yaitu

1. Anak (child atau children) dan Orangtua (parent). B, C, dan D adalah anak-anak simpul A, A adalah Orangtua dari a
2. nak-anak itu.

2. Lintasan (path). Lintasan dari A ke J adalah A, B, E, J. Panjang lintasan dari A ke J adalah 3.

3. Saudara kandung (sibling). F adalah saudara kandung E, tetapi G bukan saudara kandung E, karena orangtua mereka berbeda.

4. Derajat(degree). Derajat sebuah simpul adalah jumlah pohon (atau jumlah anak) pada simpul tersebut. Derajat A = 3, derajat D = 1 dan derajat C = 0. Derajat maksimum dari semua simpul merupakan derajat pohon itu sendiri. Pohon diatas berderajat 3.

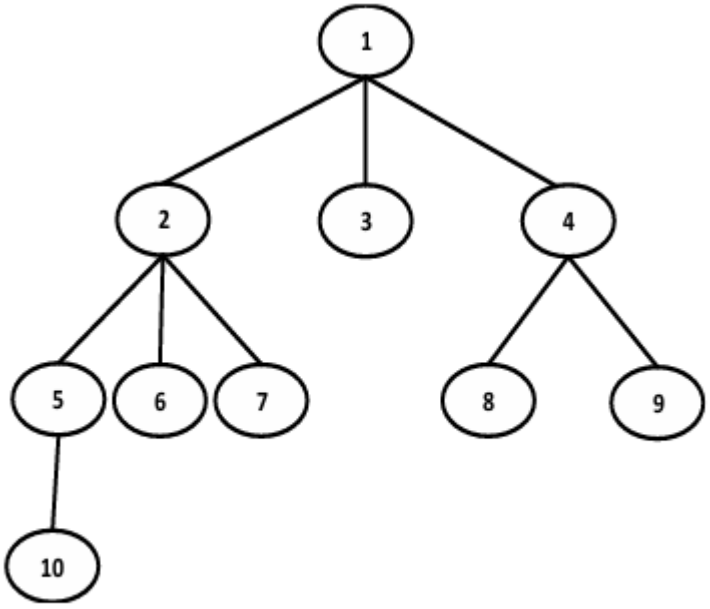
5. Daun (leaf). Simpul yang berderajat nol (atau tidak mempunyai anak) disebut daun. Simpul H, I, J, F, C, L, dan M adalah daun.

6. Simpul Dalam (internal nodes). Simpul yang mempunyai anak disebut simpul dalam. Simpul B, D, E, G, dan K adalah simpul dalam.

7. Tinggi (height) atau Kedalaman (depth). Jumlah maksimum node yang terdapat di cabang tree tersebut. Pohon diatas mempunyai tinggi 4.

Jenis-Jenis Tree

Ordered Tree Yaitu pohon yang urutan anak-anaknya penting.



Gambar 10-2 *Ordered Tree*

Binary Tree

Setiap node di Binary Tree hanya dapat mempunyai maksimum 2 children tanpa pengecualian. Level dari suatu tree dapat menunjukan berapa kemungkinan jumlah maximum nodes yang terdapat pada tree tersebut. Misalnya, level tree adalah r, maka node maksimum yang mungkin adalah 2r.

Complete Binary Tree Suatu binary tree dapat dikatakan lengkap (complete), jika pada setiap level yang mempunyai jumlah maksimum dari kemungkinan node yang dapat dipunyai, dengan pengecualian node terakhir. Complete tree Tn yang unik memiliki n nodes. Untuk menentukan jumlah left children dan right children tree Tn di node K dapat dilakukan dengan cara:

1. Menentukan left children: 2*K

2. Menentukan right children: 2 *(K + 1)

3. Menentukan parent: [K/2]

Extended Binary Tree Suatu binary tree yang terdiri atas tree T yang masing-masing node-nya terdiri dari tepat 0 atau 2 children disebut 2-tree atau extended binary tree. Jika setiap node N mempunyai 0 atau 2 children disebut internal nodes dan node dengan 0 children disebut external nodes.

Binary Search Tree

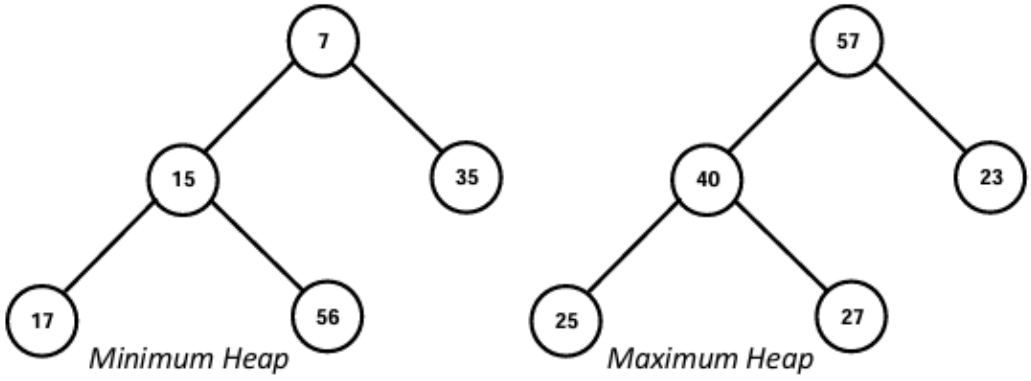
Binary search tree adalah Binary tree yang terurut dengan ketentuan:

1. Semua LEFTCHILD harus lebih kecil dari parent-nya.

2. Semua RIGHTCHILD harus lebih besar dari parentnya dan leftchild-nya.

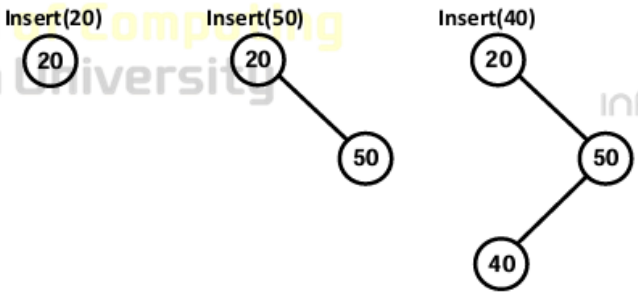
AVL Tree Adalah binary search tree yang mempunyai ketentuan bahwa maximum perbedaan height antara subtree kiri dan subtree kanan adalah

1. Heap Tree Adalah tree yang memenuhi persamaan berikut: R[i] < r[2i] and R[i] < r[2i+1]
   Heap juga disebut Complete Binary Tree, karena jika suatu node mempunyai child, maka jumlah child nya harus selalu dua. Minimum Heap: jika parent-nya selalu lebih kecil daripada kedua children-nya. Maximum Heap : jika parent-nya selalu lebih besar daripada kedua children-nya.



Gambar 10-3 *Heap Tree*

Operasi-Operasi dalam Binary Search Tree
Pada praktikum ini, difokuskan pada Pendalaman tentang Binary Search Tree. Insert 1. Jika node yang akan di-insert lebih kecil, maka di-insert pada Left Subtree 2. Jika lebih besar, maka di-insert pada Right Subtree.

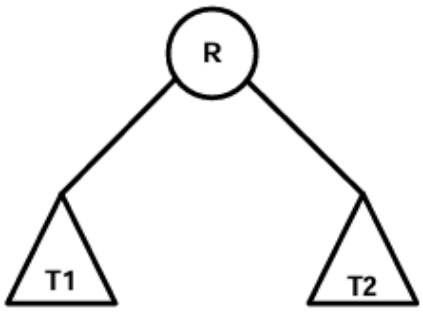


Gambar 10-4 *Binary Search Tree Insert*

```
1   struct node{
2       int key;
3       struct node *left, *right;
4   };
5
6   // sebuah fungsi utilitas untuk membuat sebuah node BST
7   struct node *newNode(int item){
8       struct node *temp = (struct node*)malloc(sizeof(struct node));
9       key(temp) = item;
10      left(item)= NULL;
11      right(item)= NULL;
12      return temp;
13  }
14  /* sebuah fungsi utilitas untuk memasukan sebuah node dengan kunci yang
15  diberikan kedalam BST */
16  struct node* insert(struct node* node, int key)
17  {
18      /* jika tree kosong, return node yang baru */
```

```
19      if (node == NULL){
20          return newNode(key); }
21      /* jika tidak, kembali ke tree */
22      if (key < key(node))
23          left(node) = insert(left(node,key));
24      else if (key > key(node))
25          right(node) = insert(right(node,key));
26      /* mengeluarkan pointer yang tidak berubah */
27      return node;
28  }
```

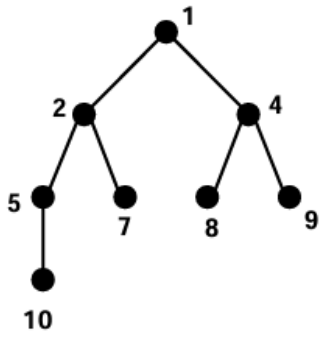
Traversal pada Binary Tree



Gambar 10-8 *Traversal* pada *Binary Tree* 1

1. *Pre-order* : R, T1, T2
   - kunjungi R
   - kunjungi T1 secara *pre-order*
   - kunjungi T2 secara *pre-order*
2. *In-order* : T1 , R, T2
   - kunjungiT1 secara *in-order*
   - kunjungi R
   - kunjungi T2 secara *in-order*
3. *Post-order* : T1, T2 , R
   - Kunjungi T1 secara *pre-order*
   - kunjungi T2 secara *pre-order*

- kunjungi R



Gambar 10-9 *Traversal* pada *Binary Tree* 2

Sebagai contoh apabila kita mempunyai *tree* dengan representasi seperti di atas ini maka proses *traversal* masing-masing akan menghasilkan ouput:

1. *Pre-order* : 1-2-5-10-7-4-8-9
2. *In-order*: 10-5-2-7-1-8-4-9
3. *Post-order* : 10-5-7-2-8-9-4-1

Berikut ini ADT untuk *tree* dengan menggunakan representasi *list* linier:

```
#ifndef tree_H
#define tree_H
#define Nil NULL
#define info(P) (P)->info
#define right(P) (P)->right
#define left(P) (P)->left

typedef int infotype;
typedef struct Node *address;
struct Node{
    infotype info;
    address right;
    address left;
};
typedef address BinTree;
// fungsi primitif pohon biner
/******** pengecekan apakah tree kosong ********/
boolean EmptyTree(Tree T);
/* mengembalikan nilai true jika tree kosong */

/******** pembuatan tree kosong ********/
void CreateTree(Tree &T);
/*  I.S sembarang
    F.S. terbentuk Tree kosong */

/******** manajemen memori ********/
address alokasi(infotype X);
/*  mengirimkan address dari alokasi sebuah elemen
    jika alokasi berhasil maka nilai address tidak Nil dan jika gagal nilai
address Nil*/

void Dealokasi(address P);
/*  I.S P terdefinisi
    F.S. memori yang digunakan P dikembalikan ke sistem */

/* Konstruktor */
address createElemen(infotype X, address L, address R)

```

```
/*  menghasilkan sebuah elemen tree dengan info X dan elemen kiri L dan
elemen kanan R
    mencari elemen tree tertentu */

address findElmBinTree(Tree T, infotype X);
/* mencari apakah ada elemen tree dengan info(P) = X
    jika ada mengembalikan address element tsb, dan Nil jika sebalikanya */

address findLeftBinTree(Tree T, infotype X);
/* mencari apakah ada elemen sebelah kiri dengan info(P) = X
    jika ada mengembalikan address element tsb, dan Nil jika sebalikanya */

address findRigthBinTree(Tree T, infotype X);
/* mencari apakah ada elemen sebelah kanan dengan info(P) = X
    jika ada mengembalikan address element tsb, dan Nil jika sebalikanya */

/*insert elemen tree */
void InsertBinTree(Tree T, address P);
/*  I.S P Tree bisa saja kosong
    F.S. memasukka p ke dalam tree terurut sesuai konsep binary tree
         menghapus elemen tree tertentu*/
void DelBinTree(Tree &T, address P);
/*  I.S P Tree tidak kosong
    F.S. menghapus p dari Tree selector */

infotype akar(Tree T);
/* mengembalikan nilai dari akar */

void PreOrder(Tree &T);
/*  I.S P Tree tidak kosong
    F.S. menampilkan Tree secara PreOrder */

void InOrder(Tree &T);
/*  I.S P Tree tidak kosong
    F.S. menampilkan Tree secara IOrder */

void PostOrder(Tree &T);
/*  I.S P Tree tidak kosong
    F.S. menampilkan Tree secara PostOrder */

#endif
```


Guided Latihan dikelas

```
#include <iostream>
using namespace std;

/// PROGRAM BINARY TREE

// Struktur data pohon biner untuk menyimpan data dan pointer ke anak kiri,
kanan, dan induk
struct Pohon {
   char data;              // Data yang disimpan di node (tipe char)
   Pohon *left, *right;    // Pointer ke anak kiri dan anak kanan
   Pohon *parent;          // Pointer ke node induk
};

// Variabel global untuk menyimpan root (akar) pohon dan node baru
Pohon *root, *baru;
```

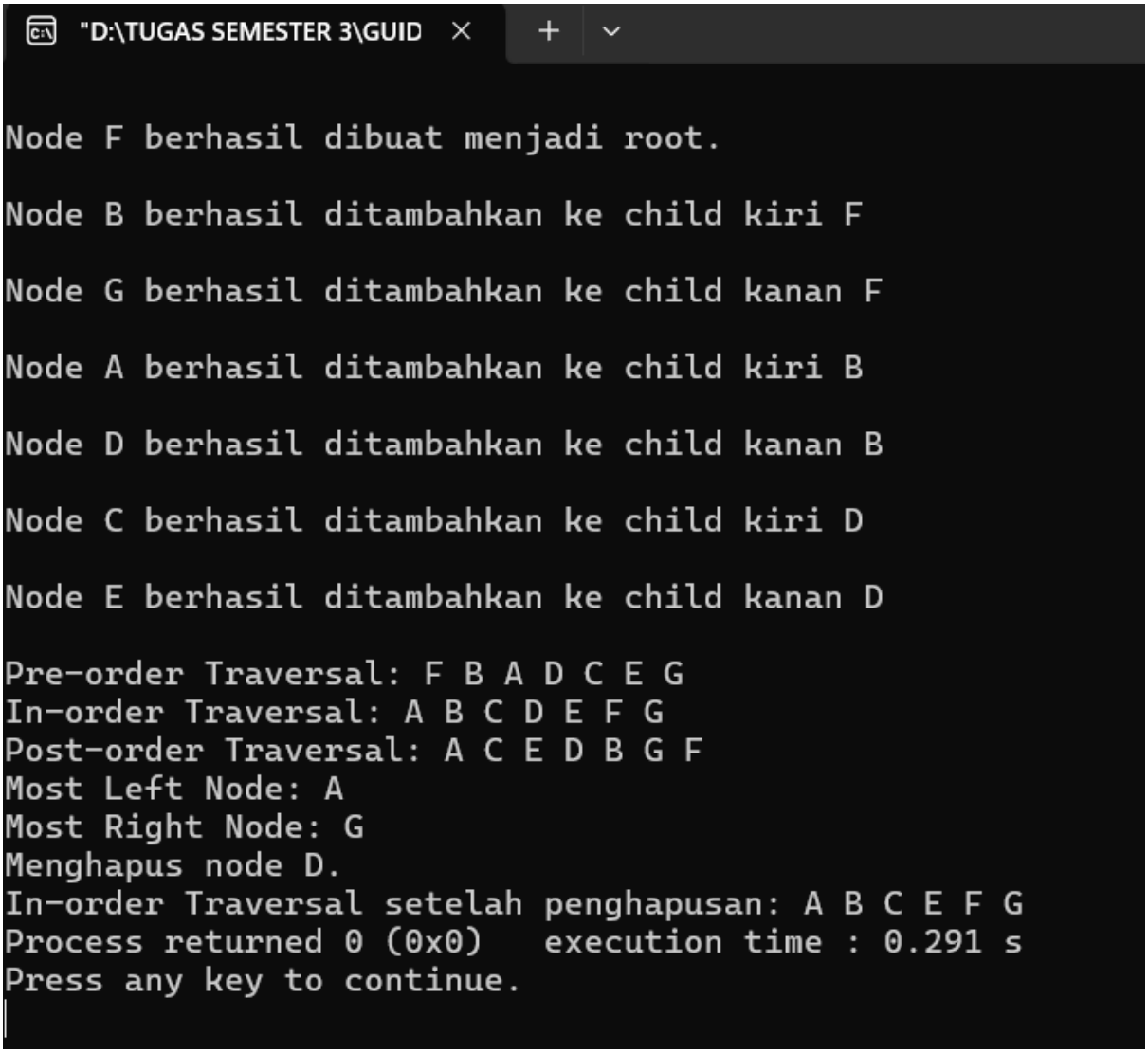
```
// Inisialisasi pohon agar kosong
void init() {
   root = NULL; // Mengatur root sebagai NULL (pohon kosong)
}

// Mengecek apakah pohon kosong
bool isEmpty() {
   return root == NULL; // Mengembalikan true jika root adalah NULL
}

// Membuat node baru sebagai root pohon
void buatNode(char data) {
   if (isEmpty()) { // Jika pohon kosong
      root = new Pohon{data, NULL, NULL, NULL}; // Membuat node baru
sebagai root
      cout << "\nNode " << data << " berhasil dibuat menjadi root." << endl;
   } else {
      cout << "\nPohon sudah dibuat." << endl; // Root sudah ada, tidak membuat
node baru
   }
}

// Menambahkan node baru sebagai anak kiri dari node tertentu
Pohon* insertLeft(char data, Pohon *node) {
   if (node->left != NULL) { // Jika anak kiri sudah ada
      cout << "\nNode " << node->data << " sudah ada child kiri!" << endl;
      return NULL; // Tidak menambahkan node baru
   }
   // Membuat node baru dan menghubungkannya ke node sebagai anak kiri
   baru = new Pohon{data, NULL, NULL, node};
   node->left = baru;
   cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke child kiri " << node-
>data << endl;
   return baru; // Mengembalikan pointer ke node baru
}

// Menambahkan node baru sebagai anak kanan dari node tertentu
Pohon* insertRight(char data, Pohon *node) {
   if (node->right != NULL) { // Jika anak kanan sudah ada
      cout << "\nNode " << node->data << " sudah ada child kanan!" << endl;
      return NULL; // Tidak menambahkan node baru
   }
   // Membuat node baru dan menghubungkannya ke node sebagai anak kanan
   baru = new Pohon{data, NULL, NULL, node};
   node->right = baru;
   cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke child kanan " << node-
>data << endl;
   return baru; // Mengembalikan pointer ke node baru
}
```

```
// Mengubah data di dalam sebuah node
void update(char data, Pohon *node) {
   if (!node) { // Jika node tidak ditemukan
      cout << "\nNode yang ingin diubah tidak ditemukan!" << endl;
      return;
   }
   char temp = node->data; // Menyimpan data lama
   node->data = data;      // Mengubah data dengan nilai baru
   cout << "\nNode " << temp << " berhasil diubah menjadi " << data << endl;
}

// Mencari node dengan data tertentu
void find(char data, Pohon *node) {
   if (!node) return; // Jika node tidak ada, hentikan pencarian

   if (node->data == data) { // Jika data ditemukan
      cout << "\nNode ditemukan: " << data << endl;
      return;
   }
   // Melakukan pencarian secara rekursif ke anak kiri dan kanan
   find(data, node->left);
   find(data, node->right);
}

// Traversal Pre-order (Node -> Kiri -> Kanan)
void preOrder(Pohon *node) {
   if (!node) return; // Jika node kosong, hentikan traversal
   cout << node->data << " "; // Cetak data node saat ini
   preOrder(node->left);      // Traversal ke anak kiri
   preOrder(node->right);     // Traversal ke anak kanan
}

// Traversal In-order (Kiri -> Node -> Kanan)
void inOrder(Pohon *node) {
   if (!node) return; // Jika node kosong, hentikan traversal
   inOrder(node->left);  // Traversal ke anak kiri
   cout << node->data << " "; // Cetak data node saat ini
   inOrder(node->right); // Traversal ke anak kanan
}

// Traversal Post-order (Kiri -> Kanan -> Node)
void postOrder(Pohon *node) {
   if (!node) return; // Jika node kosong, hentikan traversal
   postOrder(node->left);  // Traversal ke anak kiri
   postOrder(node->right); // Traversal ke anak kanan
   cout << node->data << " "; // Cetak data node saat ini
}

// Menghapus node dengan data tertentu
```

```
Pohon* deleteNode(Pohon *node, char data) {
   if (!node) return NULL; // Jika node kosong, hentikan

   // Rekursif mencari node yang akan dihapus
   if (data < node->data) {
      node->left = deleteNode(node->left, data); // Cari di anak kiri
   } else if (data > node->data) {
      node->right = deleteNode(node->right, data); // Cari di anak kanan
   } else {
      // Jika node ditemukan
      if (!node->left) { // Jika tidak ada anak kiri
         Pohon *temp = node->right; // Anak kanan menggantikan posisi node
         delete node;
         return temp;
      } else if (!node->right) { // Jika tidak ada anak kanan
         Pohon *temp = node->left; // Anak kiri menggantikan posisi node
         delete node;
         return temp;
      }

      // Jika node memiliki dua anak, cari node pengganti (successor)
      Pohon *successor = node->right;
      while (successor->left) successor = successor->left; // Cari node terkecil di
anak kanan
      node->data = successor->data; // Gantikan data dengan successor
      node->right = deleteNode(node->right, successor->data); // Hapus successor
   }
   return node;
}

// Menemukan node paling kiri
Pohon* mostLeft(Pohon *node) {
   if (!node) return NULL; // Jika node kosong, hentikan
   while (node->left) node = node->left; // Iterasi ke anak kiri hingga mentok
   return node;
}

// Menemukan node paling kanan
Pohon* mostRight(Pohon *node) {
   if (!node) return NULL; // Jika node kosong, hentikan
   while (node->right) node = node->right; // Iterasi ke anak kanan hingga mentok
   return node;
}

// Fungsi utama
int main() {
   init(); // Inisialisasi pohon
   buatNode('F'); // Membuat root dengan data 'F'
   insertLeft('B', root); // Menambahkan 'B' ke anak kiri root
   insertRight('G', root); // Menambahkan 'G' ke anak kanan root
```

```
    insertLeft('A', root->left); // Menambahkan 'A' ke anak kiri dari 'B'
    insertRight('D', root->left); // Menambahkan 'D' ke anak kanan dari 'B'
    insertLeft('C', root->left->right); // Menambahkan 'C' ke anak kiri dari 'D'
    insertRight('E', root->left->right); // Menambahkan 'E' ke anak kanan dari 'D'

    // Traversal pohon
    cout << "\nPre-order Traversal: ";
    preOrder(root);
    cout << "\nIn-order Traversal: ";
    inOrder(root);
    cout << "\nPost-order Traversal: ";
    postOrder(root);

    // Menampilkan node paling kiri dan kanan
    cout << "\nMost Left Node: " << mostLeft(root)->data;
    cout << "\nMost Right Node: " << mostRight(root)->data;

    // Menghapus node
    cout << "\nMenghapus node D.";
    root = deleteNode(root, 'D');
    cout << "\nIn-order Traversal setelah penghapusan: ";
    inOrder(root);

    return 0;
}
```

Maka Akan Menghasilkan Outpurnya



4. Unguided

1. Modifikasi guided tree diatas dengan program menu menggunakan input data tree dari user dan berikan fungsi tambahan untuk menampilkan node child dan descendant dari node yang diinputkan!

2. Buatlah fungsi rekursif is_valid_bst(node, min_val, max_val) untuk memeriksa apakah suatu pohon memenuhi properti Binary Search Tree. Uji fungsi ini pada berbagai pohon, baik yang valid maupun tidak valid sebagai BST.

3. Buatlah fungsi rekursif cari_simpul_daun(node) untuk menghitung jumlah simpul daun dalam Binary Tree. Simpul daun adalah node yang tidak memiliki anak kiri maupun kanan.

Jawaban

Kode Program:

main.cpp *main.cpp

```cpp
#include <iostream>
#include <climits>
using namespace std;

struct Pohon {
    char data;
    Pohon *left, *right, *parent;
};

Pohon *root = nullptr;

void init() {
    root = nullptr;
}

bool isEmpty() {
    return root == nullptr;
}

Pohon* buatNode(char data, Pohon* parent = nullptr) {
    Pohon* baru = new Pohon;
    baru->data = data;
    baru->left = baru->right = nullptr;
    baru->parent = parent;
    return baru;
}

void insertLeft(char data, Pohon* node) {
    if (node->left != nullptr) {
        cout << "Node " << node->data << " sudah memiliki child kiri!" << endl;
    } else {
        node->left = buatNode(data, node);
        cout << "Node " << data << " berhasil ditambahkan ke child kiri " << node->data << endl;
    }
}

void insertRight(char data, Pohon* node) {
```

main.cpp *main.cpp

```cpp
void insertRight(char data, Pohon* node) {
    if (node->right != nullptr) {
        cout << "Node " << node->data << " sudah memiliki child kanan!" << endl;
    } else {
        node->right = buatNode(data, node);
        cout << "Node " << data << " berhasil ditambahkan ke child kanan " << node->data << endl;
    }
}

void displayChild(Pohon* node) {
    if (node == nullptr) {
        cout << "Node tidak ditemukan." << endl;
        return;
    }
    cout << "Node: " << node->data << endl;
    cout << "Left Child: " << (node->left ? node->left->data : '-') << endl;
    cout << "Right Child: " << (node->right ? node->right->data : '-') << endl;
}

void displayDescendants(Pohon* node) {
    if (node == nullptr) return;
    cout << node->data << " ";
    displayDescendants(node->left);
    displayDescendants(node->right);
}

bool is_valid_bst(Pohon* node, char min_val, char max_val) {
    if (node == nullptr) return true;
    if (node->data <= min_val || node->data >= max_val) return false;
    return is_valid_bst(node->left, min_val, node->data) &&
           is_valid_bst(node->right, node->data, max_val);
}

int cari_simpul_daun(Pohon* node) {
    if (node == nullptr) return 0;
    if (node->left == nullptr && node->right == nullptr) return 1;
    return cari_simpul_daun(node->left) + cari_simpul_daun(node->right);
```

main.cpp *main.cpp

```cpp
    return cari_simpul_daun(node->left) + cari_simpul_daun(node->right);
}

void inOrder(Pohon* node) {
    if (node == nullptr) return;
    inOrder(node->left);
    cout << node->data << " ";
    inOrder(node->right);
}

void menu() {
    int choice;
    char data, parentData;
    Pohon* parentNode;

    do {
        cout << "\n--- MENU BINARY TREE ---\n";
        cout << "1. Buat Root\n";
        cout << "2. Tambah Anak Kiri\n";
        cout << "3. Tambah Anak Kanan\n";
        cout << "4. Tampilkan Child\n";
        cout << "5. Tampilkan Descendants\n";
        cout << "6. Periksa Valid BST\n";
        cout << "7. Hitung Simpul Daun\n";
        cout << "8. Traversal In-order\n";
        cout << "0. Keluar\n";
        cout << "Pilih: ";
        cin >> choice;

        switch (choice) {
            case 1:
                if (!isEmpty()) {
                    cout << "Root sudah dibuat!" << endl;
                } else {
                    cout << "Masukkan data root: ";
                    cin >> data;
                    root = buatNode(data);
```

main.cpp *main.cpp

```cpp
                    root = buatNode(data);
                    cout << "Root " << data << " berhasil dibuat." << endl;
                }
                break;

            case 2:
                if (isEmpty()) {
                    cout << "Pohon belum dibuat. Buat root terlebih dahulu!" << endl;
                } else {
                    cout << "Masukkan parent: ";
                    cin >> parentData;
                    cout << "Masukkan data anak kiri: ";
                    cin >> data;
                    parentNode = root;
                    insertLeft(data, parentNode); // Asumsi parent selalu root untuk simplifikasi
                }
                break;

            case 3:
                if (isEmpty()) {
                    cout << "Pohon belum dibuat. Buat root terlebih dahulu!" << endl;
                } else {
                    cout << "Masukkan parent: ";
                    cin >> parentData;
                    cout << "Masukkan data anak kanan: ";
                    cin >> data;
                    parentNode = root;
                    insertRight(data, parentNode); // Asumsi parent selalu root untuk simplifikasi
                }
                break;

            case 4:
                if (isEmpty()) {
                    cout << "Pohon kosong." << endl;
                } else {
                    cout << "Masukkan node untuk melihat child: ";
                    cin >> data;
```

main.cpp *main.cpp

```
                    cin >> data;
                    displayChild(root); // Modifikasi pencarian child sesuai struktur
                }
                break;

            case 5:
                if (isEmpty()) {
                    cout << "Pohon kosong." << endl;
                } else {
                    cout << "Masukkan node untuk melihat descendants: ";
                    cin >> data;
                    displayDescendants(root); // Modifikasi pencarian descendants sesuai struktur
                    cout << endl;
                }
                break;

            case 6:
                cout << (is_valid_bst(root, CHAR_MIN, CHAR_MAX) ? "Pohon adalah BST" : "Pohon bukan BST") << endl;
                break;

            case 7:
                cout << "Jumlah simpul daun: " << cari_simpul_daun(root) << endl;
                break;

            case 8:
                cout << "Traversal In-order: ";
                inOrder(root);
                cout << endl;
                break;

            case 0:
                cout << "Keluar dari program." << endl;
                break;

            default:
                cout << "Pilihan tidak valid!" << endl;
        }
```

```
                cout << "Pilihan tidak valid!" << endl;
            }
        } while (choice != 0);
}

int main() {
    init();
    menu();
    return 0;
}
```

Maka Akan Menghasilkan Outputnya

5. Kesimpulan

Rekursif adalah pendekatan yang efisien untuk masalah berulang, tetapi harus digunakan dengan memperhatikan efisiensi memori dan waktu eksekusi.

Tree adalah struktur data yang penting untuk pengelolaan data hierarki, dengan Binary Search Tree (BST) sebagai jenis yang populer karena efisiensinya dalam operasi pencarian, penyisipan, dan penghapusan data.

Traversal tree (Pre-order, In-order, Post-order) adalah metode dasar untuk mengakses elemen-elemen tree dalam urutan tertentu.

Praktikum ini memberikan pemahaman mendalam tentang cara mengimplementasikan rekursif dan manipulasi tree dalam pemrograman.