LAPORAN PRAKTIKUM

MODUL 9
GRAPH DAN TREE

Disusun Oleh:
Riyon Aryono **: 2211102241**

Dosen

Muhamad Azrino Gustalika

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM
PURWOKERTO

2023

BAB I
TUJUAN PRAKTIKUM

A. Tujuan Praktikum

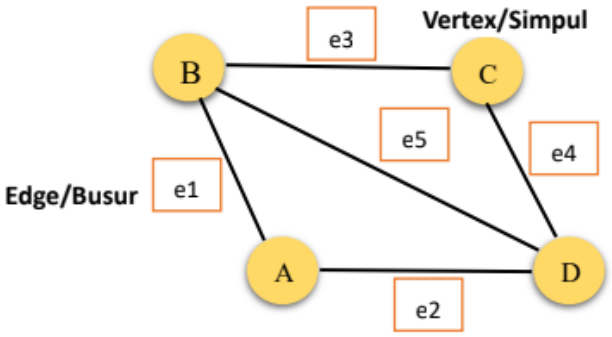
1. Mahasiswa mampu menjelaskan definisi dan konsep dari Graph dan Tree
2. Mahasiswa mampu menerapkan Graph dan Tree kedalam pemograman

BAB II
DASAR TEORI

Graf atau graph adalah struktur data yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan antara objek dalam bentuk node atau vertex dan sambungan antara node tersebut dalam bentuk edge atau edge. Graf terdiri dari simpul dan busur yang secara matematis dinyatakan sebagai:

$$G = (V,E)$$

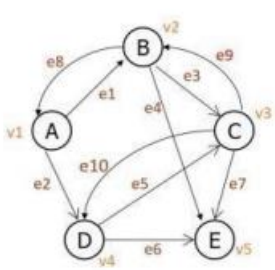
Dimana G adalah Graph, V adalah simpul atau vertex dan node sebagai titik atau egde. Dapat digambarkan:



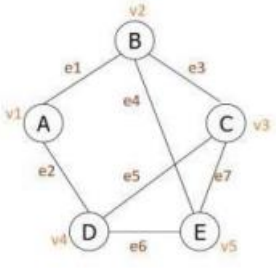
Gambar 1 Contoh Graph

Graph dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti jaringan sosial, pemetaan jalan,dan pemodelan data.

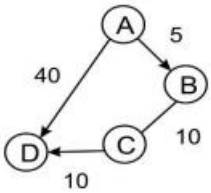
Jenis-jenis Graph



Directed Graph



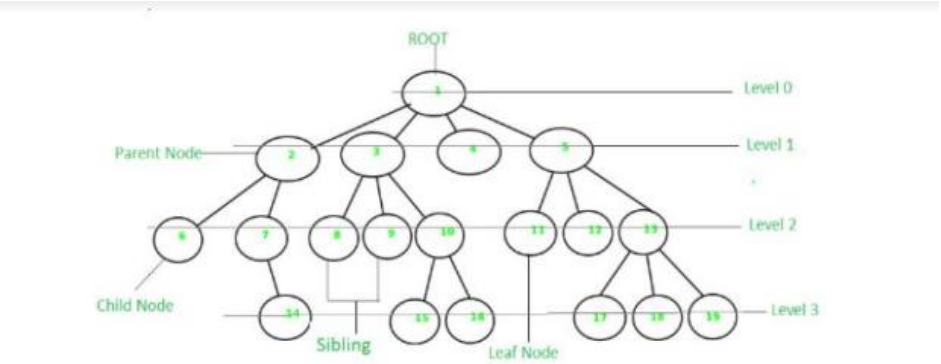
Undirected Graph



Weight Graph

a. Graph berarah (directed graph): Urutan simpul mempunyai arti. Misal busur AB adalah e1 sedangkan busur BA adalah e8.
b. Graph tak berarah (undirected graph): Urutan simpul dalam sebuah busur tidak diperhatikan. Misal busur e1 dapat disebut busur AB atau BA.
c. Weigth Graph : Graph yang mempunyai nilai pada tiap edgenya.

Dalam ilmu komputer, pohon adalah struktur data yang sangat umum dan kuat yang menyerupai nyata pohon. Ini terdiri dari satu set node tertaut yang terurut dalam grafik yang terhubung, di mana setiap node memiliki paling banyak satu simpul induk, dan nol atau lebih simpul anak dengan urutan tertentu. Struktur data tree digunakan untuk menyimpan data-data hierarki seperti pohon keluarga, skema pertandingan, struktur organisasi. Istilah dalam struktur data tree dapat dirangkum sebagai berikut :



Predecessor	Node yang berada di atas node tertentu
Successor	Node yang berada di bawah node tertentu
Ancestor	Seluruh node yang terletak sebelum node tertentu dan terletak pada jalur yang sama
Descendent	Seluruh node yang terletak setelah node tertentu dan terletak pada jalur yang sama
Parent	Predecessor satu level di atas suatu node
Child	Successor satu level di bawah suatu node
Sibling	Node-node yang memiliki parent yang sama
Subtree	Suatu node beserta descendent-nya
Size	Banyaknya node dalam suatu tree
Height	Banyaknya tingkatan/level dalam suatu tree
Roof	Node khusus yang tidak memiliki predecessor
Leaf	Node-node dalam tree yang tidak memiliki successor
Degree	Banyaknya child dalam suatu node

BAB III
LATIHAN & TUGAS

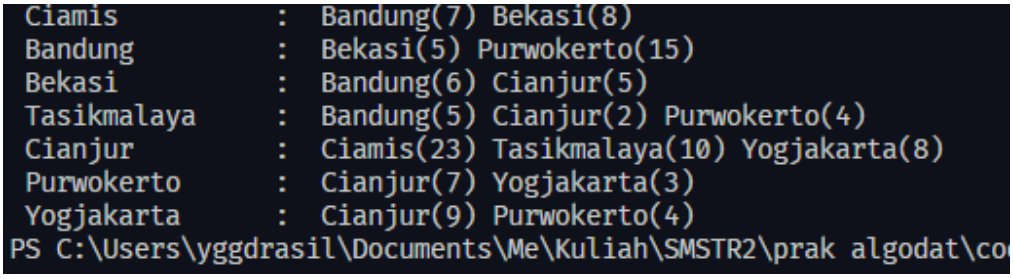
1. Guided

- Demo Graph

  Source Code

```
#include <iostream>
#include <iomanip>

using namespace std;


string simpul[7] = {"Ciamis", "Bandung", "Bekasi","Tasikmalaya",
  "Cianjur", "Purwokerto", "Yogjakarta"};

int busur[7][7] = {{0, 7, 8, 0, 0, 0, 0}, {0, 0, 5, 0, 0, 15, 0}, {0, 6, 0, 0, 5, 0,
  0}, {0, 5, 0, 0, 2, 4, 0},{23, 0, 0, 10, 0, 0, 8}, {0, 0, 0, 0, 7, 0, 3},{0, 0, 0,
  0, 9, 4, 0}};


void tampilGraph()
{
   for (int baris = 0; baris < 7; baris++)
   {
      cout << " " << setiosflags(ios::left) << setw(15)
          << simpul[baris] << " : ";
      for (int kolom = 0; kolom < 7; kolom++)
      {
         if (busur[baris][kolom] != 0)
         {
            cout << " " << simpul[kolom] << "("
                << busur[baris][kolom] << ")";
         }
      }
      cout << endl;
   }
}

int main(){
   tampilGraph();
   return 0;
}
```

Output



Penjelesan

Kode di atas adalah contoh implementasi graf dalam bentuk adjacency matrix menggunakan bahasa pemrograman C++. Terdapat array simpul yang berisi simpul-simpul graf, serta array dua dimensi busur yang merepresentasikan matriks ketetanggaan (adjacency matrix). Fungsi tampilGraph() digunakan untuk menampilkan graf ke layar. Dalam fungsi main(), fungsi tampilGraph() dipanggil untuk menampilkan graf tersebut.

- Demo Tree

  Source Code

```
#include <iostream>

using namespace std;

// Program Binary Tree

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

Pohon *root, *baru;

// Inisialisasi
void init(){
   root = NULL;
}

// Cek Node
int isEmpty(){
```

```
    if(root == NULL){
        return 1;
    }else{
        return 0;
    }
}

// Buat Node Baru
void buatNode(char data){
    if(isEmpty() == 1){
        root = new Pohon();
        root->data = data;
        root->left = NULL;
        root->right = NULL;
        root->parent = NULL;
        cout << "\nNode " << data << " berhasil dibuat menjadi root."<<endl;
    }else{
        cout << "\nPohon sudah dibuat" << endl;
    }
}

// Tambah Kiri
Pohon *insertLeft(char data, Pohon *node){
    if(isEmpty() == 1){
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
        return NULL;
    }else{
        // cek apakah child kiri ada atau tidak
        if(node->left != NULL ){
            //kalau ada
            cout << "\nNode " << node->data << " sudah ada di child kiri!" <<
   endl;
        }else{
            // Kalau tidak ada
            baru = new Pohon();
            baru->data = data;
            baru->left = NULL;
            baru->right = NULL;
            baru->parent = node;
            node->left = baru;
            cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke child kiri "
   << baru->parent->data << endl;
            return baru;
        }
    }
}
```

```
// Tambah kanan
Pohon *insertRight(char data, Pohon *node){
   if(root == NULL){
      cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
      return NULL;
   }else{
      // cek apakah child kanan ada atau tidak
      if(node->right != NULL ){
         //kalau ada
         cout << "\nNode " << node->data << " sudah ada di child kanan!"
  << endl;
      }else{
         // Kalau tidak ada
         baru = new Pohon();
         baru->data = data;
         baru->left = NULL;
         baru->right = NULL;
         baru->parent = node;
         node->right = baru;
         cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke child
  kanan " << baru->parent->data << endl;
         return baru;
      }
   }
}


// Update Data
void update(char data, Pohon *node){
   if(isEmpty() == 1){
   cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
   }else{
      if( !node ){
         cout << "\nNode yang ingin diganti tidak ada!!" << endl;
      }else{
         char temp = node->data;
         node->data = data;
         cout << "\n Node " << temp << " berhasil diubah menjadi " << data
  << endl;
      }
   }
}

// Lihat Isi Data Tree
```

```
void retrieve(Pohon *node){
   if (!root) {
      cout << "\n Buat tree terlebih dahulu!" << endl;
   }else{
      if (!node){
         cout << "\n Node yang ditunjuk tidak ada!" << endl;
      }else{
         cout << "\n Data node : " << node->data << endl;
      }
   }
}

void find(Pohon *node){
   if(!root){
      cout << "\n Buat tree terlebih dahulu" << endl;
   }else{
      if(!node){
         cout << "\n Node yang ditunujuk tidak ada!" << endl;
      }else{
         cout << "\n Data node: " << node->data << endl;
         cout << "Root: " << root->data << endl;

         if(!node->parent){
            cout << "Parent : {tidak punya parent} " << endl;
         }else{
            cout << "Parent : " << node->parent->data << endl;
         }

         if(node->parent != NULL && node->parent->left != node &&
  node->parent->right == node){
            cout << " Sibling : " << node->parent->left->data << endl;
         }else if(node->parent != NULL && node->parent->right != node
  && node->parent->left == node){
            cout << " Sibling : " << node->parent->right->data <<endl;
         }else{
            cout << " Sibling : {tidak punya sibling}" << endl;
         }

         if(!node->left){
            cout << " Child kiri : {tidak punya child kiri }" << endl;
         }else{
            cout << " Child kiri : " << node->left->data <<endl;
         }

         if(!node->right){
            cout << " Child kanan : {tidak pynya child kanan}" << endl;
```

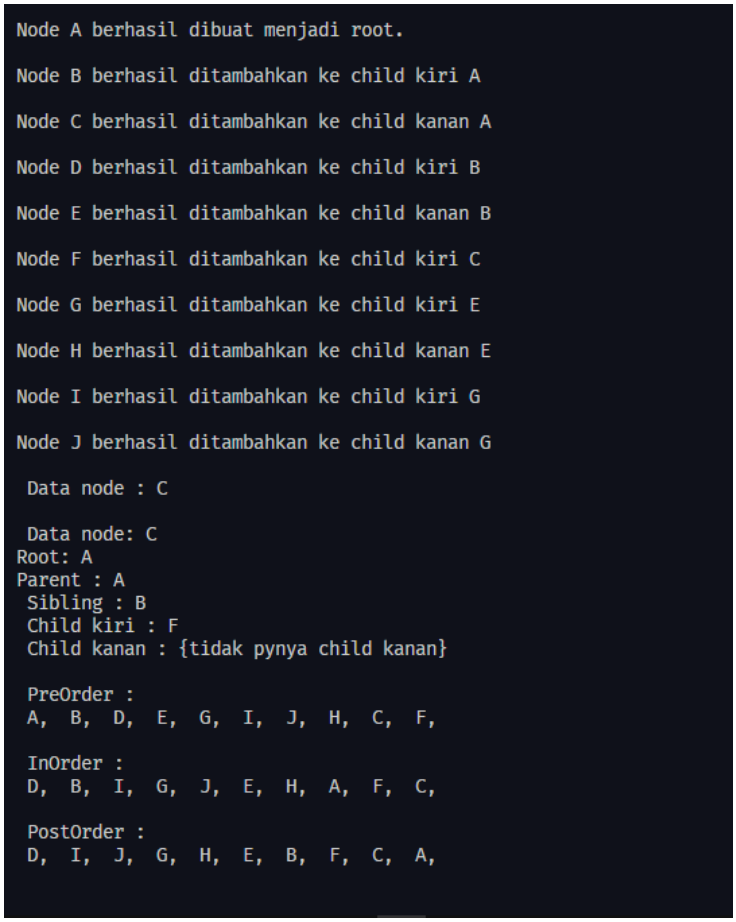
```
            }else{
                cout << "Child kanan : " << node->right->data << endl;
            }
        }
    }
}

// Penelusuran (Traversal)
// PreOrder
void preOrder(Pohon *node = root){
    if(!root){
        cout << "\n Buat tree terlebih dahulu"<<endl;
    }else{
        if(node != NULL){
            cout << " " << node->data << ", ";
            preOrder(node->left);
            preOrder(node->right);
        }
    }
}

//in Order
void inOrder(Pohon *node = root){
    if(!root){
        cout << "\n Buat tree terlebih dahulu"<<endl;
    }else{
        if(node != NULL){
            inOrder(node->left);
            cout << " " << node->data << ", ";
            inOrder(node->right);
        }
    }
}

// Post Order
void postOrder(Pohon *node = root){
    if(!root){
        cout << "\n Buat tree terlebih dahulu"<<endl;
    }else{
        if(node != NULL){
            postOrder(node->left);
            postOrder(node->right);
            cout << " " << node->data << ", ";
        }
    }
}
```

```
// Hapus Node Tree
 void deleteTree(Pohon *node){
   if(!root){
      cout << "\n Buat tree terlebih dahulu" << endl;
   }else{
      if(node != NULL){
         if(node != root){
            node->parent->left = NULL;
            node->parent->right = NULL;
         }

         deleteTree(node->left);
         deleteTree(node->right);

         if(node == root){
            delete root;
            root = NULL;
         }else{
            delete node;
         }
      }
   }
 }

 // Hapus SubTree
void deleteSub(Pohon *node){
   if(!root){
      cout << "\n Buat tree terlebih dahulu" << endl;
   }else{
      deleteTree(node->left);
      deleteTree(node->right);
      cout << "\n Node subtree" << node->data << " berhasil dihapus." <<
  endl;
   }
}

// Hapus Tree
void clear(){
   if(!root){
      cout << "\n Buat tree terebih dahulu!!"<<endl;
   }else{
     deleteTree(root);
     cout << "\n Pohon berhasil dihapus."<<endl;
   }
}
```

```
// Cek Size Tree
int size(Pohon *node = root){
   if(!root){
      cout << "\n Buat tree terlebih dahulu!!"<<endl;
      return 0;
   }else{
      if(!node){
         return 0;
      }else{
         return 1 + size(node->left) + size(node->right);
      }
   }
}

// Cek Height Level Tree
int height(Pohon *node = root){
   if(!root){
      cout << "\n Buat tree terlebih dahulu!"<<endl;
   }else{
      if(!node){
         return 0;
      }else{
         int heightKiri = height(node->left);
         int heightKanan = height(node->right);

         if(heightKiri >= heightKanan){
            return heightKiri + 1;
         }else{
            return heightKanan + 1;
         }
      }
   }
}

// Karakteristik Tree
void charateristic(){
   cout << "\n Size Tree : " << size() << endl;
   cout << " Height Tree : " << height() << endl;
   cout << " Average Node of Tree : " << size() / height() << endl;
}

int main(){
   buatNode('A');

   Pohon *nodeB, *nodeC, *nodeD, *nodeE, *nodeF, *nodeG, *nodeH,
```

```
    *nodeI, *nodeJ;

    nodeB = insertLeft('B',root);
    nodeC = insertRight('C',root);
    nodeD = insertLeft('D',nodeB);
    nodeE = insertRight('E',nodeB);
    nodeF = insertLeft('F',nodeC);
    nodeG = insertLeft('G', nodeE);
    nodeH = insertRight('H',nodeE);
    nodeI = insertLeft('I',nodeG);
    nodeJ = insertRight('J',nodeG);

    retrieve(nodeC);
    find(nodeC);
    cout << "\n PreOrder :" << endl;
    preOrder(root);
    cout << "\n" << endl;
    cout << " InOrder :" << endl;
    inOrder(root);
    cout << "\n"<< endl;
    cout << " PostOrder :" << endl;
    postOrder(root);
    cout << "\n" << endl;

    charateristic();
    deleteSub(nodeE);
    cout << "\n PreOrder :" << endl;
    preOrder();
    cout << "\n" << endl;
    charateristic();
}
```

Output



Penjelasan

Kode di atas adalah contoh implementasi pohon biner menggunakan bahasa pemrograman C++. Program ini memungkinkan pembuatan, pemrosesan, dan penghapusan pohon biner. Fungsi-fungsi yang disediakan termasuk pembuatan simpul, penambahan simpul anak, pemutakhiran data, penelusuran pohon, penghapusan pohon, dan perhitungan karakteristik pohon seperti ukuran dan tinggi. Pada main(), pohon dibuat dan beberapa simpul ditambahkan. Informasi dan hasil penelusuran pohon ditampilkan, serta dilakukan penghapusan subtree. Karakteristik pohon dicetak sebelum dan setelah penghapusan.

2. **Unguided**

- Buatlah program graph dengan menggunakan inputan user untuk menghitung jarak dari sebuah kota ke kota lainnya.

Source Code

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <map>
#include <iomanip>

using namespace std;

void inputSimpul(vector<string> &namaSimpul)
{
   int jumlahSimpul;

   cout << "Silahkan masukkan jumlah simpul: ";
   cin >> jumlahSimpul;

   namaSimpul.resize(jumlahSimpul);

   cout << "Silahkan masukkan nama simpul:\n";
   for (int i = 0; i < jumlahSimpul; i++)
   {
      cout << "Simpul " << i + 1 << ": ";
      cin >> namaSimpul[i];
   }
}

void inputBobotAntarSimpul(vector<string> &namaSimpul,
  map<pair<string, string>, int> &bobotAntarSimpul)
{
   cout << "Silahkan masukkan bobot antar simpul:\n";
   for (int i = 0; i < namaSimpul.size(); i++)
   {
      for (int j = 0; j < namaSimpul.size(); j++)
      {
         string simpul1 = namaSimpul[i];
         string simpul2 = namaSimpul[j];
         int bobot;

         cout << simpul1 << " --> " << simpul2 << " = ";
         cin >> bobot;

         bobotAntarSimpul[make_pair(simpul1, simpul2)] = bobot;
      }
   }
}
```

```
void cetakGrafik(vector<string> &namaSimpul, map<pair<string, string>,
  int> &bobotAntarSimpul)
{
   cout << "\n\t";
   for (int i = 0; i < namaSimpul.size(); i++)
   {
      cout << setw(10) << namaSimpul[i] << "\t";
   }
   cout << endl;

   for (int i = 0; i < namaSimpul.size(); i++)
   {
      cout << namaSimpul[i] << "\t";
      for (int j = 0; j < namaSimpul.size(); j++)
      {
         string simpul1 = namaSimpul[i];
         string simpul2 = namaSimpul[j];
         int bobot = bobotAntarSimpul[make_pair(simpul1, simpul2)];

         cout << setw(10) << bobot << "\t";
      }
      cout << endl;
   }
}

int main()
{
   vector<string> namaSimpul;
   map<pair<string, string>, int> bobotAntarSimpul;

   inputSimpul(namaSimpul);
   inputBobotAntarSimpul(namaSimpul, bobotAntarSimpul);
   cetakGrafik(namaSimpul, bobotAntarSimpul);

   return 0;
}
```

Output

```
PS C:\Users\yggdrasil\Documents\Me\Kuliah\SMSTR2\prak algodat\
e\Kuliah\SMSTR2\prak algodat\code\pertemuan-9\unguided\" ; if
Silahkan masukkan jumlah simpul: 2
Silahkan masukkan nama simpul:
Simpul 1: Bandung
Simpul 2: Jakarta
Silahkan masukkan bobot antar simpul:
Bandung --> Bandung = 0
Bandung --> Jakarta = 2
Jakarta --> Bandung = 2
Jakarta --> Jakarta = 0

          Bandung         Jakarta
Bandung         0               2
Jakarta         2               0
```

Penjelasan

Kode di atas adalah program yang mengimplementasikan representasi grafik menggunakan struktur data map dan vector. Program ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan jumlah simpul dan bobot antar simpul dalam grafik. Setelah memasukkan informasi tersebut, program akan mencetak grafik berisi bobot antar simpul. Program menggunakan struktur data map untuk menyimpan bobot antar simpul berdasarkan pasangan simpul yang terhubung.

- Modifikasi unguided tree diatas dengan program menu menggunakan input data tree dari user!

  Source Code

```
#include <iostream>

using namespace std;

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

Pohon *root, *baru;

void init()
```

```
{
   root = NULL;
}

int isEmpty()
{
   if (root == NULL)
   {
      return 1;
   }
   else
   {
      return 0;
   }
}

void buatNode(char data)
{
   if (isEmpty() == 1)
   {
      root = new Pohon();
      root->data = data;
      root->left = NULL;
      root->right = NULL;
      root->parent = NULL;
      cout << "\nNode " << data << " berhasil dibuat menjadi root." <<
  endl;
   }
   else
   {
      cout << "\nPohon sudah dibuat" << endl;
   }
}

Pohon *insertLeft(char data, Pohon *node)
{
   if (isEmpty() == 1)
   {
      cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
      return NULL;
   }
   else
   {
      // cek apakah child kiri ada atau tidak
      if (node->left != NULL)
      {
```

```
            // kalau ada
            cout << "\nNode " << node->data << " sudah ada di child kiri!" <<
   endl;
        }
        else
        {
            // Kalau tidak ada
            baru = new Pohon();
            baru->data = data;
            baru->left = NULL;
            baru->right = NULL;
            baru->parent = node;
            node->left = baru;
            cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke child kiri "
   << baru->parent->data << endl;
            return baru;
        }
    }
}

// Tambah kanan
Pohon *insertRight(char data, Pohon *node)
{
    if (root == NULL)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
        return NULL;
    }
    else
    {
        // cek apakah child kanan ada atau tidak
        if (node->right != NULL)
        {
            // kalau ada
            cout << "\nNode " << node->data << " sudah ada di child kanan!"
   << endl;
        }
        else
        {
            // Kalau tidak ada
            baru = new Pohon();
            baru->data = data;
            baru->left = NULL;
            baru->right = NULL;
            baru->parent = node;
            node->right = baru;
```

```
            cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke child
   kanan " << baru->parent->data << endl;
            return baru;
        }
    }
}

// Update Data
void update(char data, Pohon *node)
{
    if (isEmpty() == 1)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
    }
    else
    {
        if (!node)
        {
            cout << "\nNode yang ingin diganti tidak ada!!" << endl;
        }
        else
        {
            char temp = node->data;
            node->data = data;
            cout << "\nNode " << temp << " berhasil diubah menjadi " << data
    << endl;
        }
    }
}

// Lihat Isi Data Tree
void retrieve(Pohon *node)
{
    if (!root)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
    }
    else
    {
        if (!node)
        {
            cout << "\nNode yang ditunjuk tidak ada!" << endl;
        }
        else
        {
            cout << "\nData node : " << node->data << endl;
```

```
        }
    }
}

void find(Pohon *node)
{
    if (!root)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu" << endl;
    }
    else
    {
        if (!node)
        {
            cout << "\nNode yang ditunjuk tidak ada!" << endl;
        }
        else
        {
            cout << "\nData node: " << node->data << endl;
            cout << "Root: " << root->data << endl;

            if (!node->parent)
            {
                cout << "Parent : {tidak punya parent} " << endl;
            }
            else
            {
                cout << "Parent : " << node->parent->data << endl;
            }

            if (node->parent != NULL && node->parent->left != node &&
  node->parent->right == node)
            {
                cout << "Sibling : " << node->parent->left->data << endl;
            }
            else if (node->parent != NULL && node->parent->right != node
  && node->parent->left == node)
            {
                cout << "Sibling : " << node->parent->right->data << endl;
            }
            else
            {
                cout << "Sibling : {tidak punya sibling}" << endl;
            }

            if (!node->left)
```

```
            {
                cout << "Child kiri : {tidak punya child kiri }" << endl;
            }
            else
            {
                cout << "Child kiri : " << node->left->data << endl;
            }

            if (!node->right)
            {
                cout << "Child kanan : {tidak pynya child kanan}" << endl;
            }
            else
            {
                cout << "Child kanan : " << node->right->data << endl;
            }
        }
    }
}

// Penelusuran (Traversal)
// PreOrder
void preOrder(Pohon *node = root)
{
    if (!root)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu" << endl;
    }
    else
    {
        if (node != NULL)
        {
            cout << " " << node->data << ", ";
            preOrder(node->left);
            preOrder(node->right);
        }
    }
}

// in Order
void inOrder(Pohon *node = root)
{
    if (!root)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu" << endl;
    }
```

```
    else
    {
        if (node != NULL)
        {
            inOrder(node->left);
            cout << " " << node->data << ", ";
            inOrder(node->right);
        }
    }
}

// Post Order
void postOrder(Pohon *node = root)
{
    if (!root)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu" << endl;
    }
    else
    {
        if (node != NULL)
        {
            postOrder(node->left);
            postOrder(node->right);
            cout << " " << node->data << ", ";
        }
    }
}

// Hapus Node Tree
void deleteTree(Pohon *node)
{
    if (!root)
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu" << endl;
    }
    else
    {
        if (node != NULL)
        {
            if (node != root)
            {
                node->parent->left = NULL;
                node->parent->right = NULL;
            }
```

```
            deleteTree(node->left);
            deleteTree(node->right);

            if (node == root)
            {
               delete root;
               root = NULL;
            }
            else
            {
               delete node;
            }
         }
      }
}

// Hapus SubTree
void deleteSub(Pohon *node)
{
   if (!root)
   {
      cout << "\nBuat tree terlebih dahulu" << endl;
   }
   else
   {
      deleteTree(node->left);
      deleteTree(node->right);
      cout << "\nNode subtree" << node->data << " berhasil dihapus." <<
  endl;
   }
}

// Hapus Tree
void clear()
{
   if (!root)
   {
      cout << "\nBuat tree terebih dahulu!!" << endl;
   }
   else
   {
      deleteTree(root);
      cout << "\nPohon berhasil dihapus." << endl;
   }
}
```

```
// Cek Size Tree
int size(Pohon *node = root)
{
   if (!root)
   {
      cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!!" << endl;
      return 0;
   }
   else
   {
      if (!node)
      {
         return 0;
      }
      else
      {
         return 1 + size(node->left) + size(node->right);
      }
   }
}

// Cek Height Level Tree
int height(Pohon *node = root)
{
   if (!root)
   {
      cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
   }
   else
   {
      if (!node)
      {
         return 0;
      }
      else
      {
         int heightKiri = height(node->left);
         int heightKanan = height(node->right);

         if (heightKiri >= heightKanan)
         {
            return heightKiri + 1;
         }
         else
         {
            return heightKanan + 1;
```

```
            }
        }
    }
}

// Karakteristik Tree
void characteristic()
{
    cout << "\nSize Tree : " << size() << endl;
    cout << "Height Tree : " << height() << endl;
    cout << "Average Node of Tree : " << size() / height() << endl;
}

int main()
{
    init();

    int riyon_221102241;
    char data;
    Pohon *currentNode = NULL;

    while (true)
    {
        cout << "\nMenu:" << endl;
        cout << "1. Buat Node Baru" << endl;
        cout << "2. Tambah Node Kiri" << endl;
        cout << "3. Tambah Node Kanan" << endl;
        cout << "4. Update Data Node" << endl;
        cout << "5. Lihat Isi Data Node" << endl;
        cout << "6. Cari Node" << endl;
        cout << "7. PreOrder Traversal" << endl;
        cout << "8. InOrder Traversal" << endl;
        cout << "9. PostOrder Traversal" << endl;
        cout << "10. Hapus SubTree" << endl;
        cout << "11. Clear Tree" << endl;
        cout << "12. Karakteristik Tree" << endl;
        cout << "13. Exit" << endl;
        cout << "Pilih menu: ";
        cin >> riyon_221102241;

        switch (riyon_221102241)
        {
        case 1:
            if (isEmpty() == 1)
            {
                cout << "\nMasukkan data node baru: ";
```

```
            cin >> data;
            buatNode(data);
            currentNode = root;
        }
        else
        {
            cout << "\nTree sudah dibuat!" << endl;
        }
        break;
    case 2:
        if (currentNode != NULL)
        {
            cout << "\nMasukkan data node kiri: ";
            cin >> data;
            currentNode = insertLeft(data, currentNode);
        }
        else
        {
            cout << "\nPilih node terlebih dahulu!" << endl;
        }
        break;
    case 3:
        if (currentNode != NULL)
        {
            cout << "\nMasukkan data node kanan: ";
            cin >> data;
            currentNode = insertRight(data, currentNode);
        }
        else
        {
            cout << "\nPilih node terlebih dahulu!" << endl;
        }
        break;
    case 4:
        if (currentNode != NULL)
        {
            cout << "\nMasukkan data node baru: ";
            cin >> data;
            update(data, currentNode);
        }
        else
        {
            cout << "\nPilih node terlebih dahulu!" << endl;
        }
        break;
    case 5:
```

```
            if (currentNode != NULL)
            {
               retrieve(currentNode);
            }
            else
            {
               cout << "\nPilih node terlebih dahulu!" << endl;
            }
            break;
         case 6:
            if (currentNode != NULL)
            {
               find(currentNode);
            }
            else
            {
               cout << "\nPilih node terlebih dahulu!" << endl;
            }
            break;
         case 7:
            preOrder();
            break;
         case 8:
            inOrder();
            break;
         case 9:
            postOrder();
            break;
         case 10:
            if (currentNode != NULL)
            {
               deleteSub(currentNode);
               currentNode = root;
            }
            else
            {
               cout << "\nPilih node terlebih dahulu!" << endl;
            }
            break;
         case 11:
            clear();
            currentNode = NULL;
            break;
         case 12:
            characteristic();
            break;
```

```
        case 13:
            cout << "\nTerima kasih!" << endl;
            exit(0);
        default:
            cout << "\nPilih menu yang valid!" << endl;
        }
    }

    return 0;
}
```

Output

```
Menu:
1. Buat Node Baru
2. Tambah Node Kiri
3. Tambah Node Kanan
4. Update Data Node
5. Lihat Isi Data Node
6. Cari Node
7. PreOrder Traversal
8. InOrder Traversal
9. PostOrder Traversal
10. Hapus SubTree
11. Clear Tree
12. Karakteristik Tree
13. Exit
Pilih menu: 1

Masukkan data node baru: A

Node A berhasil dibuat menjadi root.
```

```
Pilih menu: 2

Masukkan data node kiri: B

Node B berhasil ditambahkan ke child kiri A
```

```
Masukkan data node kanan: C

Node C berhasil ditambahkan ke child kanan B
```

```
Pilih menu: 7
 A,  B,  C,
```

```
 Pilih menu: 8
  B,  C,  A,
```

Penjelasan

Program di atas adalah implementasi sederhana dari struktur data pohon biner menggunakan bahasa pemrograman C++. Pada program ini, Anda dapat membuat node baru, menambahkan node kiri atau kanan, mengubah data node, melihat isi data node, mencari node, melakukan penelusuran preOrder, inOrder, dan postOrder, menghapus subtree, menghapus seluruh pohon, dan melihat karakteristik pohon seperti ukuran (jumlah node), tinggi, dan rata-rata node per level.

BAB IV
KESIMPULAN

Pemahaman tentang tree dan graph di C++ sangat penting dalam pengembangan aplikasi yang melibatkan struktur data kompleks, seperti algoritma pencarian, optimasi jaringan, analisis data, dan banyak lagi. Dengan pemahaman yang baik tentang konsep ini, kita dapat membuat program yang efisien dan efektif dalam memanipulasi dan memproses data terkait struktur tree dan graph.