LAPORAN PRAKTIKUM STRUKTUR
DATA DAN ALGORITMA

MODUL 9
"GRAPH DAN TREE"

DISUSUN OLEH :
BINTANG YUDHISTIRA
2311102052

DOSEN
WAHYU ANDI SAPUTRA, S.PD., M.PD.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO

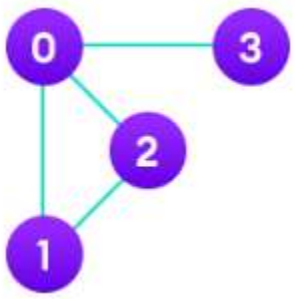
2024

A. DASAR TEORI

1. Pengertian Graph

Graph adalah jenis struktur data umum yang susunan datanya tidak berdekatan satu sama lain (non-linier). Graph terdiri dari kumpulan simpul berhingga untuk menyimpan data dan antara dua buah simpul terdapat hubungan saling keterkaitan. Simpul pada graph disebut dengan verteks (V), sedangkan sisi yang menghubungkan antar verteks disebut edge (E). Pasangan (x,y) disebut sebagai edge, yang menyatakan bahwa simpul x terhubung ke simpul y.

Sebagai contoh, terdapat graph seperti berikut:



Graph di atas terdiri atas 4 buah verteks dan 4 pasang sisi atau edge. Dengan verteks disimbolkan sebagai V, edge dilambangkan E, dan graph disimbolkan G, ilustrasi di atas dapat ditulis dalam notasi berikut:

V = {0, 1, 2, 3}

E = {(0,1), (0,2), (0,3), (1,2)}

G = {V, E}

Graph banyak dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan nyata, dimana masalah tersebut perlu direpresentasikan atau diimajinasikan seperti sebuah jaringan. Contohnya adalah jejaring sosial (seperti Facebook, Instagram, LinkedIn, dkk).

Graph dapat dibedakan berdasarkan arah jelajahnya dan ada tidaknya label bobot pada relasinya. Berdasarkan arah jelajahnya graph dibagi menjadi Undirected graph dan Directed graph.

Undirected Graph

Pada undirected graph, simpul-simpulnya terhubung dengan edge yang sifatnya dua arah. Misalnya kita punya simpul 1 dan 2 yang saling terhubung, kita bisa menjelajah dari simpul 1 ke simpul 2, begitu juga sebaliknya.

Directed Graph

Kebalikan dari undirected graph, pada graph jenis ini simpul-simpulnya terhubung oleh edge yang hanya bisa melakukan jelajah satu arah pada simpul yang ditunjuk. Sebagai contoh jika ada simpul A yang terhubung ke simpul B, namun arah panahnya menuju simpul B, maka kita hanya bisa melakukan jelajah (traversing) dari simpul A ke simpul B, dan tidak berlaku sebaliknya.

Selain arah jelajahnya, graph dapat dibagi menjadi 2 berdasarkan ada tidaknya label bobot pada koneksinya, yaitu weighted graph dan unweighted graph.

Weighted Graph

Weighted graph adalah jenis graph yang cabangnya diberi label bobot berupa bilangan numerik. Pemberian label bobot pada edge biasanya digunakan untuk memudahkan algoritma dalam menyelesaikan masalah.Contoh implementasinya misalkan kita ingin menyelesaikan masalah dalam mencari rute terpendek dari lokasi A ke lokasi D, namun kita juga dituntut untuk mempertimbangkan kepadatan lalu lintas, panjang jalan dll. Untuk masalah seperti ini, kita bisa mengasosiasikan sebuah edge e dengan bobot w(e) berupa bilangan ril.

Unweighted Graph

Berbeda dengan jenis sebelumnya, unweighted graph tidak memiliki properti bobot pada koneksinya. Graph ini hanya mempertimbangkan apakah dua node saling terhubung atau tidak.

2. Pengertian Tree

Tree adalah tipe struktur data yang sifatnya non-linier dan berbentuk hierarki.

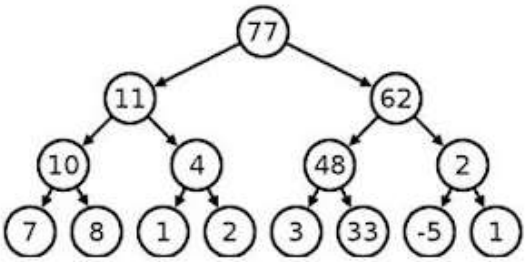
Mengapa tree disebut sebagai struktur data non-linier? Alasannya karena data pada

tree tidak disimpan secara berurutan. Sebaliknya, data diatur pada beberapa level yang disebut struktur hierarkis. Karena itu, tree dianggap sebagai struktur data non-linear.

Hierarki pada struktur tree dapat diibaratkan seperti sebuah pohon keluarga di mana terdapat hubungan antara orang tua dan anak. Titik yang lebih atas disebut simpul induk sedangkan simpul di bawahnya adalah simpul anak.

Tree atau pohon merupakan struktur data yang tidak linear yang digunakan untuk mempresentasikan data yang bersifat hirarki antara elemen-elemennya. Definisi tree yaitu kumpulan elemen yang salah satu elemennya disebut root (akar) dan elemen yang lain disebut simpul (node) yang terpecah menjadi sejumlah kumpulan yang tidak saling berhubungan satu sama lain yang disebut sub-tree atau cabang.

Ilustrasi dari Tree



Struktur data tree dapat diklasifikasikan ke dalam 4 jenis, yaitu: General tree, Binary tree, Balanced tree, dan Binary search tree.

1. General tree

Struktur data tree yang tidak memiliki batasan jumlah node pada hierarki tree disebut General tree. Setiap simpul atau node bebas memiliki berapapun child node. Tree jenis adalah superset dari semua jenis tree.

2. Binary tree

Binary tree adalah jenis tree yang simpulnya hanya dapat memiliki paling banyak 2 simpul anak (child node). Kedua simpul tersebut biasa disebut simpul kiri (left node) dan simpul kanan (right node). Tree tipe ini lebih populer daripada jenis lainnya.

3. Balanced tree

Apabila tinggi dari subtree sebelah kiri dan subtree sebelah kanan sama atau kalaupun berbeda hanya berbeda 1, maka disebut sebagai balanced tree.

4. Binary search tree

Sesuai dengan namanya, Binary search tree digunakan untuk berbagai algoritma pencarian dan pengurutan. Contohnya seperti AVL tree dan Red-black tree. Struktur data tree jenis ini memiliki nilai pada simpul sebelah kiri lebih kecil daripada induknya. Sedangkan nilai simpul sebelah kanan lebih besar dari induknya.

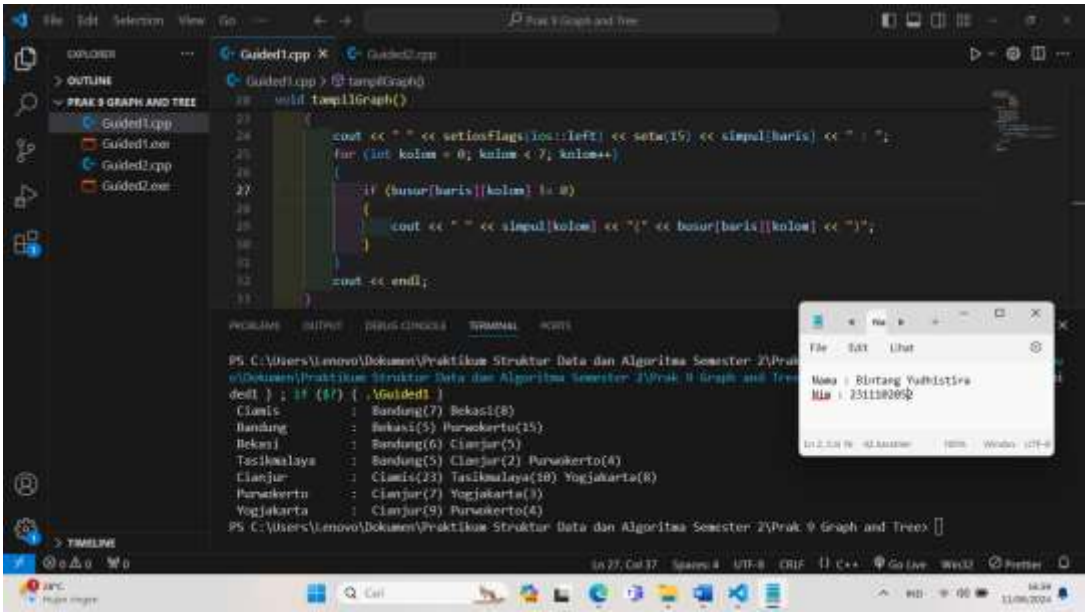
B. Guided

Guided 1.

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;
}
```

Screenshot Output:



Deskripsi Program:

Program diatas adalah program yang dibuat untuk menghitung jarak antar kota. Program ini menggunakan dua array: simpul, yang menyimpan nama-nama simpul atau node (kota), dan busur, yang merupakan matriks 7x7 yang menyimpan bobot atau jarak antar simpul. Jika ada nilai selain nol dalam matriks busur, ini menunjukkan adanya hubungan atau busur (edge) antara simpul pada baris dengan simpul pada kolom tertentu dengan bobot tertentu. Fungsi tampilGraph digunakan untuk menampilkan graf ini ke layar. Fungsi ini bekerja dengan mengiterasi setiap baris dalam matriks busur, lalu mencetak nama simpul yang sesuai dengan baris tersebut, diikuti oleh semua simpul yang terhubung dengan simpul tersebut bersama dengan bobot busur yang menghubungkannya. Setiap koneksi dicetak dalam format simpul(kolom)(bobot). Fungsi main hanya memanggil fungsi tampilGraph dan kemudian mengakhiri program. Dengan demikian, program ini membantu memvisualisasikan struktur dan bobot dari graf yang sudah didefinisikan, di mana setiap simpul mewakili sebuah kota dan setiap busur mewakili jarak atau hubungan antar kota.

Guided 2.

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; // true
    else
        return 0; // false
}
// 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 << "\n Node " << data << " berhasil dibuat menjadi
root."
             << endl;
    }
    else
    {
        cout << "\n Pohon sudah dibuat" << endl;
    }
}
// Tambah Kiri
Pohon *insertLeft(char data, Pohon *node)
{
    if (isEmpty() == 1)
    {
        cout << "\n Buat tree terlebih dahulu!" << endl;
```

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

```
        {
            // kalau tidak ada
            baru = new Pohon();
            baru->data = data;
            baru->left = NULL;
            baru->right = NULL;
            baru->parent = node;
            node->right = baru;
            cout << "\n Node " << data << " berhasil ditambahkan ke
child kanan" << baru->parent->data << endl;
                return baru;
        }
    }
}
// Ubah Data Tree
void update(char data, Pohon *node)
{
    if (isEmpty() == 1)
    {
        cout << "\n Buat tree terlebih dahulu!" << endl;
    }
    else
    {
        if (!node)
            cout << "\n Node 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;
```

```
        }
    }
}
// Cari Data Tree
void find(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;
            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 punya Child kanan)"
<< endl;
            else
                cout << " Child Kanan : " << node->right->data <<
endl;
        }
    }
}
```

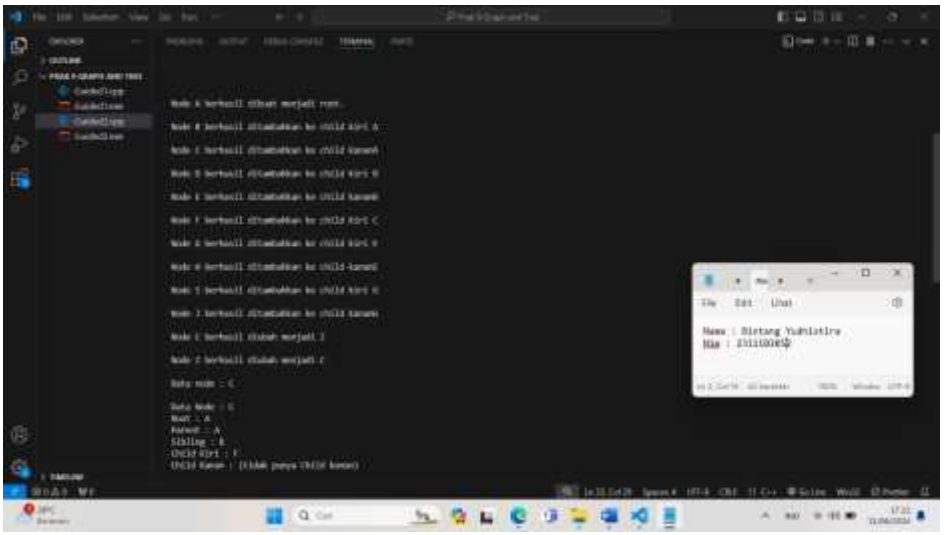
```
// Penelurusan (Traversal)
// preOrder
void preOrder(Pohon *node = root)
{
    if (!root)
        cout << "\n Buat tree terlebih dahulu!" << endl;
    else
    {
        if (node != NULL)
        {
            cout << " " << node->data << ", ";
            preOrder(node->left);
            preOrder(node->right);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

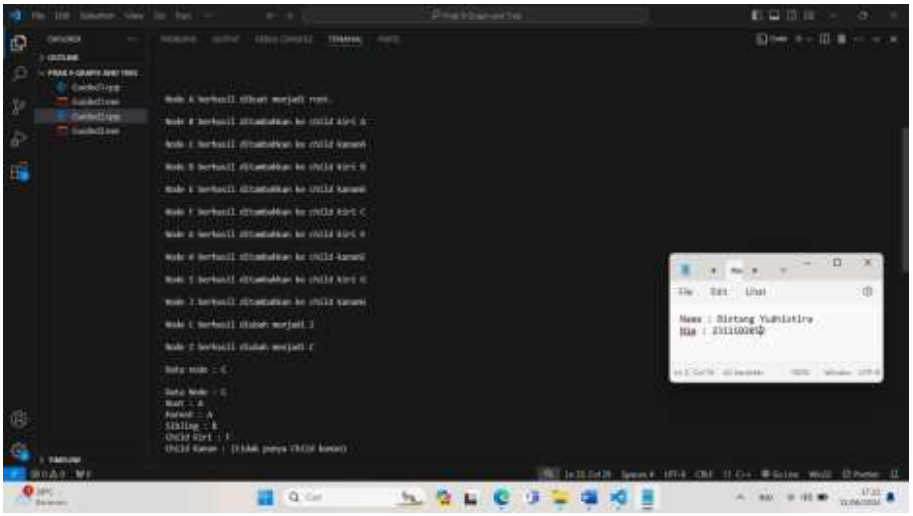
```
    if (!root)
        cout << "\n Buat tree terlebih dahulu!" << endl;
    else
    {
        if (node != NULL)
        {
            if (node != root)
            {
                node->parent->left = NULL;
                node->parent->right = NULL;
            }
            deleteTree(node->left);
            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 terlebih 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;
        return 0;
    }
    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);
    update('Z', nodeC);
    update('C', nodeC);
    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();
}
```

Screnshoot Output :





Deskripsi Program :

Program ini mendefinisikan struktur Pohon yang merepresentasikan node dalam pohon biner, dengan atribut data, pointer ke anak kiri (left), anak kanan (right), dan induk (parent). Fungsi init menginisialisasi pohon, sedangkan isEmpty memeriksa apakah pohon kosong. Fungsi buatNode membuat node baru sebagai root, dan fungsi insertLeft serta insertRight menambahkan node baru sebagai anak kiri atau kanan dari node tertentu. Fungsi update mengubah data node, sementara retrieve

dan find menampilkan data dan informasi lengkap tentang node. Program ini juga menyediakan penelusuran pohon dalam tiga cara: pre-order, in-order, dan post-order. Fungsi deleteTree, deleteSub, dan clear digunakan untuk menghapus node, subtree, atau seluruh pohon. Fungsi size dan height menghitung ukuran dan tinggi pohon. Fungsi charateristic menampilkan karakteristik pohon seperti ukuran, tinggi, dan rata-rata node. Pada fungsi main, berbagai operasi dilakukan untuk membangun dan memanipulasi pohon biner, termasuk penambahan node, perubahan data, penelusuran, dan penghapusan subtree.

C. UNGUIDED

Unguided 1:

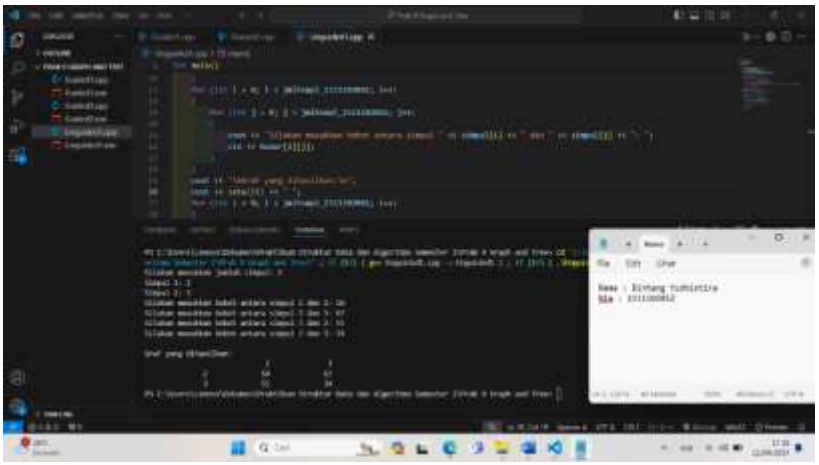
1. Buatlah program graph dengan menggunakan inputan user untuk menghitung jarak dari sebuah kota ke kota lainnya.

Source Code:

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

```cpp
int main()
{
    int jml_2311102052;
    cout << "Silakan masukkan jumlah simpul: ";
    cin >> jml_2311102052;
    string simpul[jml_2311102052];
    int busur[jml_2311102052][jml_2311102052];
    for (int i = 0; i < jml_2311102052; i++)
    {
        cout << "Simpul " << i + 1 << ": ";
        cin >> simpul[i];
    }
    for (int i = 0; i < jml_2311102052; i++)
    {
        for (int j = 0; j < jml_2311102052; j++)
        {
            cout << "Silakan masukkan bobot antara simpul " <<
simpul[i] << " dan " << simpul[j] << ": ";
            cin >> busur[i][j];
        }
    }
    cout << "\nGraf yang dihasilkan:\n";
    cout << setw(15) << " ";
    for (int i = 0; i < jml_2311102052; i++)
    {
        cout << setw(15) << simpul[i];
    }
    cout << endl;
    for (int i = 0; i < jml_2311102052; i++)
    {
        cout << setw(15) << simpul[i];
        for (int j = 0; j < jml_2311102052; j++)
        {
            cout << setw(15) << busur[i][j];
        }
        cout << endl;
    }
    return 0;
}
```

Screenshot Output:



Deskripsi Program:

Pertama, program meminta pengguna untuk memasukkan jumlah simpul dalam graf. Setelah itu, pengguna diminta untuk memberikan nama setiap simpul yang disimpan dalam array simpul. Kemudian, program meminta pengguna untuk memasukkan bobot antara setiap pasangan simpul, yang disimpan dalam matriks busur. Setelah semua data dimasukkan, program menampilkan matriks bobot graf dalam format tabel yang rapi menggunakan fungsi setw dari pustaka iomanip untuk penyelarasan kolom. Outputnya mencakup baris dan kolom yang diberi label dengan nama simpul, diikuti oleh nilai bobot antar simpul, sehingga memberikan representasi visual yang jelas dari graf berbobot tersebut.

Unguided 2:

2. 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 diinput kan!

Source Code:

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

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

// Pointer global
Pohon *root_2311102052;

// Inisialisasi
void init()
{
    root_2311102052 = NULL;
}

bool isEmpty()
{
    return root_2311102052 == NULL;
}

Pohon *newPohon(char data)
{
    Pohon *node = new Pohon();
    node->data = data;
    node->left = NULL;
    node->right = NULL;
    node->parent = NULL;
    return node;
}

void buatNode(char data)
{
    if (isEmpty())
    {
        root_2311102052 = newPohon(data);
        cout << "\nNode " << data << " berhasil dibuat menjadi
root." << endl;
    }
    else
    {
        cout << "\nPohon sudah dibuat" << endl;
    }
}
```

```
Pohon *insertLeft(char data, Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
        return NULL;
    }
    else
    {
        if (node->left != NULL)
        {
            cout << "\nNode " << node->data << " sudah memiliki
child kiri!" << endl;
            return NULL;
        }
        else
        {
            Pohon *baru = newPohon(data);
            baru->parent = node;
            node->left = baru;
            cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke
child kiri dari " << node->data << endl;
            return baru;
        }
    }
}

Pohon *insertRight(char data, Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
        return NULL;
    }
    else
    {
        if (node->right != NULL)
        {
            cout << "\nNode " << node->data << " sudah memiliki
child kanan!" << endl;
            return NULL;
        }
        else
        {
            Pohon *baru = newPohon(data);
            baru->parent = node;
            node->right = baru;
            cout << "\nNode " << data << " berhasil ditambahkan ke
child kanan dari " << node->data << endl;
```

```
            return baru;
        }
    }
}

void update(char data, Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
    {
        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;
        }
    }
}

void retrieve(Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
    {
        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 (isEmpty())
    {
        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_2311102052->data << endl;

            if (!node->parent)
                cout << "Parent : (tidak memiliki 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 memiliki sibling)" <<
endl;

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

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

// Penelusuran (Traversal)
// preOrder
void preOrder(Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
    else
    {
```

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

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

// postOrder
void postOrder(Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
        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 (isEmpty())
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
    else
    {
        if (node != NULL)
```

```
        {
            if (node != root_2311102052)
            {
                if (node->parent->left == node)
                    node->parent->left = NULL;
                else if (node->parent->right == node)
                    node->parent->right = NULL;
            }
            deleteTree(node->left);
            deleteTree(node->right);

            if (node == root_2311102052)
            {
                delete root_2311102052;
                root_2311102052 = NULL;
            }
            else
            {
                delete node;
            }
        }
    }
}

// Hapus SubTree
void deleteSub(Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
        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 (isEmpty())
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
    else
    {
        deleteTree(root_2311102052);
        cout << "\nPohon berhasil dihapus." << endl;
    }
}
```

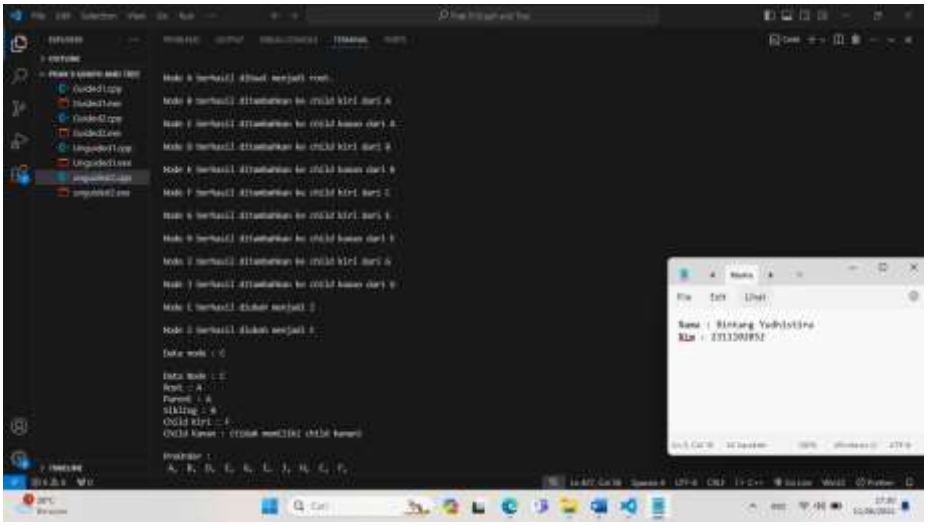
```
// Cek Size Tree
int size(Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
        return 0;
    }
    else
    {
        if (!node)
        {
            return 0;
        }
        else
        {
            return 1 + size(node->left) + size(node->right);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

// Cek Height Level Tree
int height(Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
        return 0;
    }
    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;
            }
```

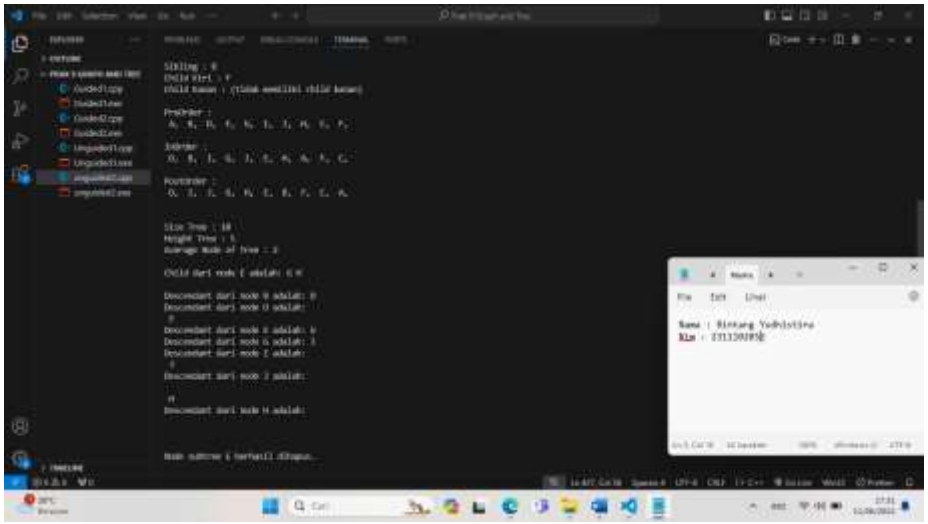
```
        }
    }
}

// Karakteristik Tree
void characteristic()
{
    int s = size(root_2311102052);
    int h = height(root_2311102052);
    cout << "\nSize Tree : " << s << endl;
    cout << "Height Tree : " << h << endl;
    if (h != 0)
        cout << "Average Node of Tree : " << s / h << endl;
    else
        cout << "Average Node of Tree : 0" << endl;
}

// Menampilkan Child dari Sebuah Node
void displayChild(Pohon *node)
{
    if (isEmpty())
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
    }
    else
    {
        if (!node)
        {
            cout << "\nNode yang ditunjuk tidak ada!" << endl;
        }
        else
        {
            cout << "\nChild dari node " << node->data << "
adalah:";
            if (node->left)
            {
                cout << " " << node->left->data;
            }
            if (node->right)
            {
                cout << " " << node->right->data;
            }
            cout << endl;
        }
    }
}

// Menampilkan Descendant dari Sebuah Node
void displayDescendant(Pohon *node)
```

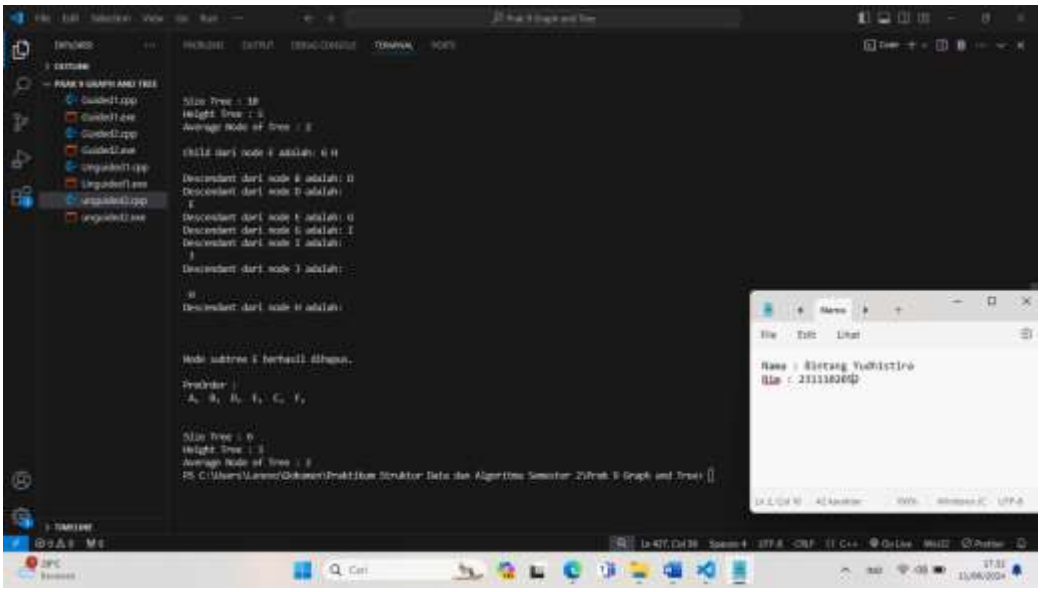
```
{
    if (isEmpty())
    {
        cout << "\nBuat tree terlebih dahulu!" << endl;
    }
    else
    {
        if (!node)
        {
            cout << "\nNode yang ditunjuk tidak ada!" << endl;
        }
        else
        {
            cout << "\nDescendant dari node " << node->data << "
adalah:";
            // Gunakan rekursi untuk mencetak descendant
            if (node->left)
            {
                cout << " " << node->left->data;
                displayDescendant(node->left);
            }
            if (node->right)
            {
                cout << " " << node->right->data;
                displayDescendant(node->right);
            }
            cout << endl;
        }
    }
}

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

    Pohon *nodeB, *nodeC, *nodeD, *nodeE, *nodeF, *nodeG, *nodeH,
*nodeI, *nodeJ;

    nodeB = insertLeft('B', root_2311102052);
    nodeC = insertRight('C', root_2311102052);
    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);
```

```
    update('Z', nodeC);
    update('C', nodeC);
    retrieve(nodeC);
    find(nodeC);
    cout << "\nPreOrder :" << endl;
    preOrder(root_2311102052);
    cout << "\n"
         << endl;
    cout << "InOrder :" << endl;
    inOrder(root_2311102052);
    cout << "\n"
         << endl;
    cout << "PostOrder :" << endl;
    postOrder(root_2311102052);
    cout << "\n"
         << endl;
    characteristic();
    displayChild(nodeE);
    displayDescendant(nodeB);
    deleteSub(nodeE);
    cout << "\nPreOrder :" << endl;
    preOrder(root_2311102052);
    cout << "\n"
         << endl;
    characteristic();
}
```

Screenshot Output:







Deskripsi Program:

untuk manipulasi pohon biner, meliputi pembuatan, penambahan node kiri dan kanan, pengubahan data node, penghapusan pohon atau subtree, serta penelusuran dalam tiga cara: pre-order, in-order, dan post-order. Program dimulai dengan mendefinisikan struktur pohon dengan elemen data dan pointer ke anak kiri, kanan, serta parent. Sebuah fungsi inisialisasi mengatur root ke NULL dan fungsi isEmpty mengecek apakah pohon kosong. Untuk membuat node baru, newPohon mengalokasikan memori dan menginisialisasi node. Fungsi buatNode menetapkan node baru sebagai root jika pohon kosong, sementara insertLeft dan insertRight menambah node sebagai anak kiri atau kanan dari node tertentu jika belum ada anak. Fungsi update mengubah data node, retrieve menampilkan data node, dan find menampilkan detail node termasuk parent dan sibling. Fungsi deleteTree dan deleteSub menghapus pohon atau subtree. Fungsi size menghitung jumlah node, height menghitung tinggi pohon, dan characteristic menampilkan ukuran, tinggi, dan rata-rata node per level. Fungsi displayChild dan displayDescendant menampilkan anak dan keturunan dari node tertentu. Pada bagian main, berbagai fungsi tersebut digunakan untuk membentuk pohon biner, memperbarui, menampilkan, dan menghapus node, serta menampilkan karakteristik pohon setelah berbagai operasi.

D. Kesimpulan

Graph dan tree merupakan dua struktur data mendasar dalam C++ yang sangat penting untuk menyelesaikan masalah komputasi yang rumit. Graph sangat berguna untuk memodelkan hubungan dan koneksi antara berbagai entitas, sedangkan tree lebih sesuai untuk merepresentasikan data dengan struktur hierarkis. Pemahaman dan implementasi yang baik dari kedua struktur data ini memungkinkan pengembangan solusi yang efisien dan efektif untuk berbagai jenis masalah.

E. Referensi

[1] Asisten Pratikum “Modul 9 Graph dan Tree”, diakses dari :

Learning Management System, 2024.

[2] Trivusi. (2022, September 16). Struktur Data Graph: Pengertian, Jenis, dan Kegunaannya. Diakses pada 10 Juni 2024 dari :

Struktur Data Graph: Pengertian, Jenis, dan Kegunaannya - Trivusi

[3] Trivusi. (2022b, September 16). Struktur Data Tree: Pengertian, Jenis, dan Kegunaannya. Trivusi. Diakses pada 10 Juni 2024 dari :

Struktur Data Tree: Pengertian, Jenis, dan Kegunaannya - Trivusi