Tugas Kecil 3 IF2211 Strategi Algoritma

Penyelesaian Persoalan 15-Puzzle dengan Algoritma *Branch & Bound*

Adelline Kania Setiyawan

13520084 / K-03

Program Studi Sarjana Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung

2022

A. Cara Kerja Program dengan Algoritma *Branch & Bound*

1. Pertama kali, program akan menerima input berupa pilihan 15 Puzzle yang diinginkan oleh *user*, yaitu berdasarkan file input atau secara random. Apabila *user* memilih file input, program akan meminta input file dalam format txt yang berisi 15 Puzzle yang akan diselesaikan, sedangkan apabila *user* memilih secara random, program akan men-*generate* 15 Puzzle secara random.
2. Setelah data untuk 15 Puzzle sudah tersedia, program akan mengecek terlebih dahulu apakah 15 Puzzle tersebut dapat diselesaikan atau tidak dengan memanggil fungsi findKurang() yang akan mengembalikan sebuah integer. Fungsi findKurang() akan menghitung banyaknya ubin bernomor j sedemikian sehingga $j < i$ dan Posisi$(j) >$ Posisi(i). Apabila nilainya berupa bilangan genap, maka 15 Puzzle tersebut dapat diselesaikan, sedangkan apabila nilai berupa bilangan ganjil, 15 Puzzle tersebut tidak dapat diselesaikan.
3. Apabila 15 Puzzle tidak dapat diselesaikan, program akan menampilkan output berupa pesan bahwa 15 Puzzle tidak bisa diselesaikan.
4. Apabila 15 Puzzle dapat diselesaikan, 15 Puzzle yang awalnya disimpan dalam struktur data array dua dimensi akan disimpan dalam suatu kelas Tree yang memiliki atribut berupa parent, child, data, countC, count, direction, isSolution. Data atau matriks dari 15 Puzzle akan disimpan juga pada sebuah *priority queue* yang terurut berdasarkan *cost* puzzle tersebut. Setelah itu, 15 Puzzle akan diselesaikan dengan memanggil prosedur solve15Puzzle() dengan *queue* sebagai parameternya.
5. Pada prosedur solve15Puzzle(), program akan men-*dequeue* elemen pertama pada queue untuk mendapatkan simpul dengan matriks atau data dengan cost yang minimum. Kemudian, data dari simpul tersebut akan dicek apakah data tersebut sudah pernah ditelusuri sebelumnya dengan melihat *dictionary* visitedData. Apabila puzzle tersebut sudah pernah ditelusuri sebelumnya, program akan terus mencari puzzle yang belum pernah ditelusuri untuk dijadikan minTree.
6. Setelah minTree ditemukan, akan dicek apakah minTree sudah merupakan solusi dengan melihat nilai $\hat{g}(P)$ bernilai 0. Jika tidak, akan dicari semua kemungkinan child dari minTree. Kemudian, akan ditentukan juga cost untuk setiap childnya dengan menggunakan rumus

   $$\hat{c}(P) = f(P) + \hat{g}(P)$$

   dengan

   $\hat{c}(P)$ = cost simpul p

   $f(P)$ = panjang lintasan dari simpul akar ke P

$\hat{g}(P)$ = taksiran panjang lintasan terpendek dari P ke simpul solusi pada upapohon yang akarnya P

7. Semua *child* dari minTree akan dimasukkan ke dalam *priority queue* yang secara otomatis akan mengurutkan berdasarkan *cost* yang terendah hingga tertinggi. Setelah itu, akan dilakukan pengulangan pada tahap ke-5 hingga ditemukan sebuah minTree dengan nilai $\hat{g}(P)$ adalah nol. Apabila sudah berhasil ditemukan, akan ditampilkan semua urutan puzzle dari posisi awal hingga akhir

B. Input dan Output Program

Input & Output 1

```
Jenis Input Data 15 Puzzle yang Diberikan:
1. File
2. Random
(Pilih 1 atau 2)
>>> 1

Masukkan path file...
(ex: ./tes1solved.txt)
>>> solved1.txt

15 Puzzle yang Dihasilkan:
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 16, 8]
[9, 10, 7, 11]
[13, 14, 15, 12]
Jumlah Nilai Kurang: 16

Pergeseran tile kosong: down
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 7, 8]
[9, 10, 16, 11]
[13, 14, 15, 12]
```

```
Pergeseran tile kosong: right
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 7, 8]
[9, 10, 11, 16]
[13, 14, 15, 12]


Pergeseran tile kosong: down
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 7, 8]
[9, 10, 11, 12]
[13, 14, 15, 16]
```

Input & Output 2

```
Jenis Input Data 15 Puzzle yang Diberikan:
1. File
2. Random
(Pilih 1 atau 2)
>>> 1

Masukkan path file...
(ex: ./tes1solved.txt)
>>> notsolved1.txt

15 Puzzle yang Dihasilkan:
[13, 10, 3, 11]
[12, 7, 6, 5]
[4, 9, 2, 1]
[14, 15, 8, 16]
Jumlah Nilai Kurang: 59

15 Puzzle Tidak Bisa Diselesaikan....
```

Input & Output 3

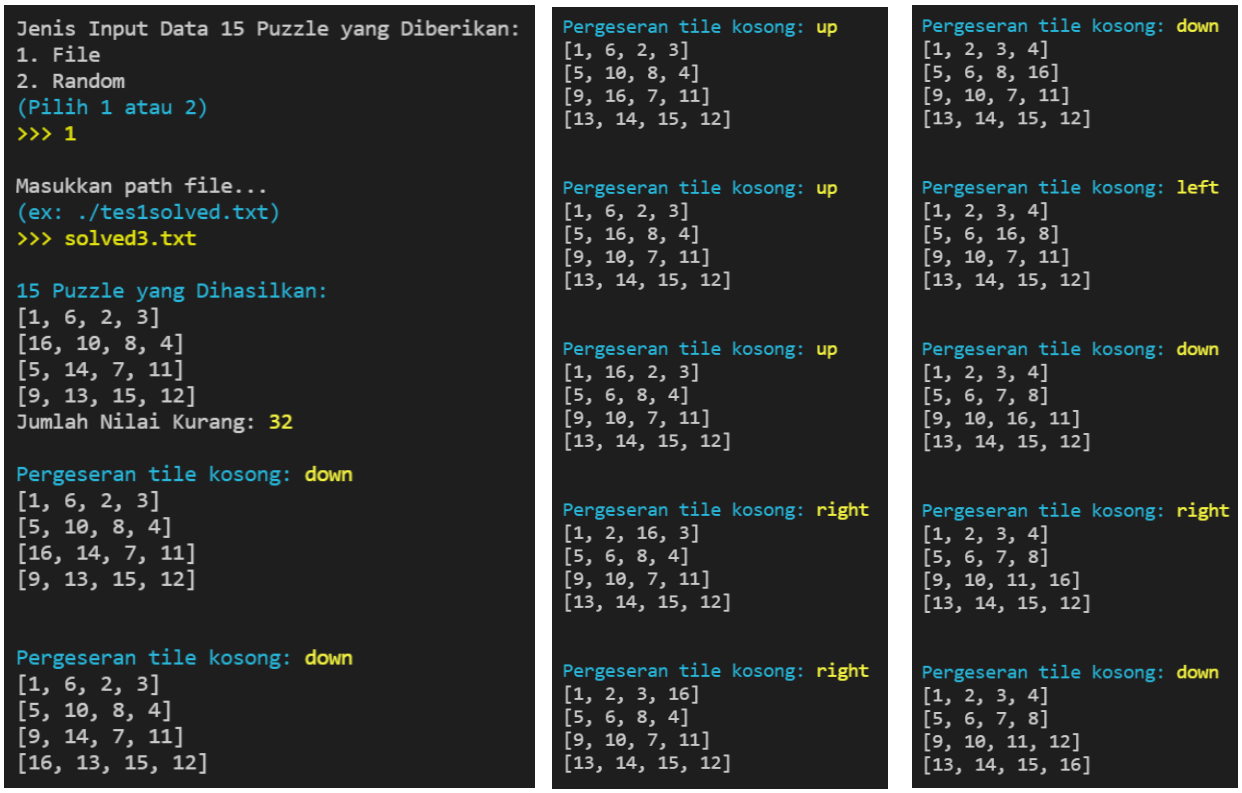
```
Jenis Input Data 15 Puzzle yang Diberikan:
1. File
2. Random
(Pilih 1 atau 2)
>>> 1

Masukkan path file...
(ex: ./tes1solved.txt)
>>> solved2.txt

15 Puzzle yang Dihasilkan:
[1, 6, 2, 3]
[5, 16, 8, 4]
[9, 10, 7, 11]
[13, 14, 15, 12]
Jumlah Nilai Kurang: 22

Pergeseran tile kosong: up
[1, 16, 2, 3]
[5, 6, 8, 4]
[9, 10, 7, 11]
[13, 14, 15, 12]


Pergeseran tile kosong: right
[1, 2, 16, 3]
[5, 6, 8, 4]
[9, 10, 7, 11]
[13, 14, 15, 12]


Pergeseran tile kosong: right
[1, 2, 3, 16]
[5, 6, 8, 4]
[9, 10, 7, 11]
[13, 14, 15, 12]
```

```
Pergeseran tile kosong: down
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 8, 16]
[9, 10, 7, 11]
[13, 14, 15, 12]


Pergeseran tile kosong: left
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 16, 8]
[9, 10, 7, 11]
[13, 14, 15, 12]


Pergeseran tile kosong: down
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 7, 8]
[9, 10, 16, 11]
[13, 14, 15, 12]


Pergeseran tile kosong: right
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 7, 8]
[9, 10, 11, 16]
[13, 14, 15, 12]


Pergeseran tile kosong: down
[1, 2, 3, 4]
[5, 6, 7, 8]
[9, 10, 11, 12]
[13, 14, 15, 16]
```

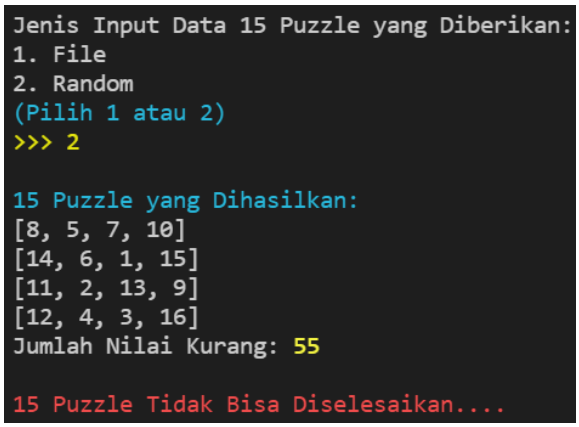
Input & Output 4

```
Jenis Input Data 15 Puzzle yang Diberikan:
1. File
2. Random
(Pilih 1 atau 2)
>>> 1

Masukkan path file...
(ex: ./tes1solved.txt)
>>> notsolved2.txt

15 Puzzle yang Dihasilkan:
[10, 13, 1, 15]
[3, 7, 9, 12]
[4, 11, 2, 5]
[14, 8, 6, 16]
Jumlah Nilai Kurang: 55

15 Puzzle Tidak Bisa Diselesaikan....
```

Input & Output 5



Input & Output 6



C. *Checklist Point*

Poin	Ya	Tidak
1. Program berhasil dikompilasi	V	
2. Program berhasil *running*	V	

3. Program dapat menerima input dan menuliskan output	V	
4. Luaran sudah benar untuk semua data uji	V	
5. Bonus dibuat		V

D. Kode Program

branchBoundPuzzle.py

```
from colorama import Fore
import time

# Kelas yang menyimpan simpul-simpul yang merupakan solusi dalam bentuk
# struktur data pohon
class TreeSolution:
    def __init__(self, data, parent, child, direction):
        self.data = data
        self.parent = parent
        self.child = child
        self.direction = direction

# Fungsi untuk menentukan nilai Kurang dari suatu 15 puzzle untuk
# menentukan apakah 15 puzzle tersebut dapat diselesaikan atau tidak
def findKurang(data):
    sumKurang = 0
    for i in range(0, 4):
        for j in range(0, 4):
            for k in range(i, 4):
                for l in range(0, 4):
                    if((k == i and l > j) or k > i):
                        if(data[k][l] < data[i][j]):
                            sumKurang += 1
            if((i + j) % 2 == 1 and data[i][j] == 16):
                sumKurang += 1
    return sumKurang

# Menentukan nilai fungsi g dari suatu matrix 15 puzzle
def findGFunction(data):
    count = 1
    g = 0
    for i in range(0,4):
        for j in range(0,4):
            if (count != data[i][j]):
                g += 1
```

```
            count += 1
    return g

# Membuat pohon solusi dari node simpul yang merupakan solusi
def createTreeSolution(tree, treeSolution):
    if tree.parent != None:
        parentTree = tree.parent
        parentTreeSolution = TreeSolution(parentTree.data, None, treeSolution,
parentTree.direction)
        createTreeSolution(parentTree, parentTreeSolution)
    else:
        printTreeSolution(treeSolution)

# Menampilkan data dari sebuah tree
def printTreeSolution(tree):
    if (tree != None and tree.child != None):
        tree = tree.child
        print(f"{Fore.LIGHTCYAN_EX}Pergeseran tile kosong:
{Fore.LIGHTYELLOW_EX}{tree.direction}{Fore.WHITE}")
        printTreeData(tree.data)
        print("\n")
        printTreeSolution(tree)

# Menampilkan data
def printTreeData(data):
    for x in data:
        print(x)


# Fungsi untuk menentukan solusi dari 15 Puzzle
def solve15Puzzle(queueTree):
    # Variabel untuk menghitung urutan matriks
    # dan menandakan pencarian solusi ditemukan
    count = 0
    isSolved = False

    # Dictionary untuk menyimpan matriks/data yang sudah pernah dicoba
    # agar tidak dicoba lagi
    visitedData = dict()

    while not isSolved and not queueTree.empty():
        isUnique = False

        # Mencari simpul dengan cost minimum dari queue
        while not isUnique and not queueTree.empty():
            minTree = queueTree.get()[2]
```

```
            # Apabila ternyata matriks/data simpul sudah pernah ditelusuri,
            # akan mencari lagi matriks yang belum ditelusuri
            if visitedData.get(str(minTree.data)) == None:
                visitedData[str(minTree.data)] = 1
                isUnique = True

        # Apabila queueTree kosong, dan tidak ditemukan minTree
        if not isUnique:
            print("Solusi tidak bisa ditemukan")
            return

        # Apabila simpul merupakan solusi
        if(minTree.countC - minTree.count == 0):
            isSolved = True
            treeSolution = TreeSolution(minTree.data, None, None, minTree.direction)
            createTreeSolution(minTree, treeSolution)
            print("Jumlah Node yang Dibangkitkan: " + str(count))
            return

        # Jika simpul bukan merupakan solusi, akan mencari semua kemungkinan
        # anak dari simpul tersebut dan memasukkanya ke dalam queue
        minTree.getChild(minTree.count + 1)

        for child in minTree.child:
            count += 1
            queueTree.put((child.countC, count, child))

    if not isSolved:
        print("Solusi tidak bisa ditemukan")
        return
```

treePuzzle.py (Kelas dengan struktur data pohon)

```
from branchBoundPuzzle import findGFunction
from copy import deepcopy

# Struktur data untuk menyimpan puzzle tree yang terbentuk
class Tree:
    def __init__(self, data, parent, count, direction):
        self.parent = parent
        self.child = []
        self.data = data
        self.countC = findGFunction(data) + count
        self.count = count
        self.direction = direction
```

```
        self.isSolution = False

        # Menentukan posisi tile bernomor 16
        for i in range(0,4):
            for j in range(0,4):
                if self.data[i][j] == 16:
                    self.i = i
                    self.j = j
                    return

    # Method untuk mendapatkan semua kemungkinan child berdasarkan parentnya
    def getChild(self, count):
        # Apabila tree merupakan root
        if (self.parent == None):
            if (self.i > 0):
                moveUpData = deepcopy(self.data)
                moveUpData[self.i][self.j] = moveUpData[self.i - 1][self.j]
                moveUpData[self.i - 1][self.j] = 16
                self.child.append(Tree(moveUpData, self, count, "up"))
            if (self.i < 3):
                moveDownData = deepcopy(self.data)
                moveDownData[self.i][self.j] = moveDownData[self.i + 1][self.j]
                moveDownData[self.i + 1][self.j] = 16
                self.child.append(Tree(moveDownData, self, count, "down"))
            if (self.j > 0):
                moveLeftData = deepcopy(self.data)
                moveLeftData[self.i][self.j] = moveLeftData[self.i][self.j - 1]
                moveLeftData[self.i][self.j - 1] = 16
                self.child.append(Tree(moveLeftData, self, count, "left"))
            if (self.j < 3):
                moveRightData = deepcopy(self.data)
                moveRightData[self.i][self.j] = moveRightData[self.i][self.j + 1]
                moveRightData[self.i][self.j + 1] = 16
                self.child.append(Tree(moveRightData, self, count, "right"))

        # Apabila tree bukan root, maka pergerakan childnya tidak boleh tepat
berlawanan dengan
        # arah pergerakan parent karena dapat menyebabkan posisi puzzle tidak berubah
kemana-mana
        else :
            if (self.i > 0 and self.direction != "down"):
                moveUpData = deepcopy(self.data)
                moveUpData[self.i][self.j] = moveUpData[self.i - 1][self.j]
                moveUpData[self.i - 1][self.j] = 16
                self.child.append(Tree(moveUpData, self, count, "up"))
            if (self.i < 3 and self.direction != "up"):
                moveDownData = deepcopy(self.data)
```

```
                moveDownData[self.i][self.j] = moveDownData[self.i + 1][self.j]
                moveDownData[self.i + 1][self.j] = 16
                self.child.append(Tree(moveDownData, self, count, "down"))
            if (self.j > 0 and self.direction != "right"):
                moveLeftData = deepcopy(self.data)
                moveLeftData[self.i][self.j] = moveLeftData[self.i][self.j - 1]
                moveLeftData[self.i][self.j - 1] = 16
                self.child.append(Tree(moveLeftData, self, count, "left"))
            if (self.j < 3 and self.direction != "left"):
                moveRightData = deepcopy(self.data)
                moveRightData[self.i][self.j] = moveRightData[self.i][self.j + 1]
                moveRightData[self.i][self.j + 1] = 16
                self.child.append(Tree(moveRightData, self, count, "right"))
```

main.py

```
# Meminta input dari pengguna berupa data puzzle dari file atau random
inputType = input(f"{Fore.WHITE}Jenis Input Data 15 Puzzle yang Diberikan:\n1.
File\n2. Random{Fore.LIGHTCYAN_EX}\n(Pilih 1 atau 2){Fore.YELLOW}\n>>> ")

if int(inputType) == 1 :
    filepath = input(f"\n{Fore.WHITE}Masukkan path file...\n{Fore.LIGHTCYAN_EX}(ex:
./tes/solved1.txt)\n{Fore.YELLOW}>>> ")
    data = read15PuzzleFromFile(filepath)
else:
    data = createRandomPuzzle()


# Menampilkan 15 Puzzle yang dihasilkan beserta nilai kurangnya
print(f"{Fore.LIGHTCYAN_EX}\n15 Puzzle yang Dihasilkan:{Fore.WHITE}")
printTreeData(data)
print(f"{Fore.WHITE}Jumlah Nilai Kurang: {Fore.LIGHTYELLOW_EX}{findKurang(data)}\n")


# Apabila nilai kurang berjumlah genap, maka akan dicarikan solusi dari 15 Puzzle
if (findKurang(data) % 2 == 0):
    # Menginisiasi sebuah kelas Tree untuk menampung semua kemungkinan Tree yang
terbentuk
    rootTree = Tree(data, None, 0, None)

    # Membuat suatu priority queue untuk menampun semua kemungkinan solusi matriks
    # yang terurut berdasarkan nilai cost suatu matriks
    queueTree = PriorityQueue()
    queueTree.put((rootTree.countC, 0, rootTree))

    # Memanggil prosedur solve15Puzzle untuk menyelesaikan 15 Puzzle
```

```
    startTime = time.time()
    solve15Puzzle(queueTree)
    finishTime = time.time()
    print("Total Waktu Eksekusi: {:.5f} sekon".format(finishTime - startTime))
    print()

# Apabila nilai kurang berjumlah ganjil, maka akan ditampilkan pesan bahwa 15 Puzzle
tidak bisa diselesaikan
else:
    print(f"{Fore.LIGHTRED_EX}15 Puzzle Tidak Bisa Diselesaikan....{Fore.WHITE}")
```

E. Test Case

solved1.txt	*solved2.txt*	*solved3.txt*
solved1.txt 1 1 2 3 4 2 5 6 16 8 3 9 10 7 11 4 13 14 15 12	solved2.txt 1 1 6 2 3 2 5 16 8 4 3 9 10 7 11 4 13 14 15 12	solved3.txt 1 1 6 2 3 2 16 10 8 4 3 5 14 7 11 4 9 13 15 12

notsolved1.txt	*notsolved2.txt*
notsolved1.txt 1 13 10 3 11 2 12 7 6 5 3 4 9 2 1 4 14 15 8 16	notsolved2.txt 1 10 13 1 15 2 3 7 9 12 3 4 11 2 5 4 14 8 6 16

F. Alamat *Source Code*

https://github.com/adellinekania/Tucil3-15Puzzle