

LAPORAN TUGAS KECIL

# **Penyelesaian Persoalan 15-Puzzle dengan Algoritma *Branch and Bound***

Ditujukan untuk memenuhi salah satu tugas kecil mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma  
pada Semester II Tahun Akademik 2021/2022

Disusun oleh:

**Sarah Azka Arief (K2)**

**13520083**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG  
BANDUNG  
2022**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	1
1. CARA KERJA PROGRAM .....	1
2. HASIL PERCOBAAN.....	3
2.1 Tidak Dapat Diselesaikan .....	3
2.2 Tidak Dapat Diselesaikan .....	3
2.3 Dapat Diselesaikan.....	4
2.4 Dapat Diselesaikan.....	5
2.5 Dapat Diselesaikan.....	6
LAMPIRAN.....	7

## 1. CARA KERJA PROGRAM

Pada Tugas Kecil 3 IF2211 Strategi Algoritma, digunakan algoritma *branch and bound* untuk menyelesaikan persoalan 15-Puzzle dengan nilai *bound* tiap simpul berupa jumlah *cost* yang dibutuhkan untuk mencapai simpul tersebut dari akar serta taksiran *cost* berupa jumlah ubin tidak kosong yang tidak berada pada tempat sesuai susunan akhir alias *goal state*. *Goal state* sendiri dapat dilihat seperti pada gambar di bawah.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	

Gambar 1. Goal State 15-Puzzle

[https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Tugas-Kecil-3-\(2022\).pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Tugas-Kecil-3-(2022).pdf)

Pada program yang dibuat untuk memenuhi tugas kecil ini, algoritma *branch and bound* diterapkan dengan menggunakan bahasa *python*. Secara umum, program ini dibagi menjadi dua *file* berupa *main program* yang terdapat pada 'main.py' serta modul penyelesaian yang menerapkan *branch and bound* yang berada pada *file* 'solver.py'. *File* 'solve.py' terdiri atas beberapa fungsi:

1. matrixInput  
Menerima input *puzzle* secara manual dan mengembalikan 2D array, angka penanda ubin kosong, serta *lower bound* berupa jumlah ubin yang tidak di *goal state*
2. matrixFile  
Membaca *puzzle* pada *file* yang terletak di *folder* 'test' dan mengembalikan 2D array, angka penanda ubin kosong, serta *lower bound* berupa jumlah ubin yang tidak di *goal state*
3. getIdx  
Mengembalikan posisi (koordinat x dan y) dari suatu angka yang valid pada ubin *puzzle*
4. reachable  
Menggunakan fungsi KURANG(i) untuk mencari apakah *goal state reachable* dari *initial state*. Mengembalikan *bool* yang menandakan *reachability* dari *goal state*
5. swap  
Menukar ubin kosong dengan ubin yang berada di atas, bawah, kanan, atau kirinya
6. displayMatrix  
Menampilkan *puzzle*
7. search  
Mencari *goal state* dengan menerapkan *branch and bound*

Program ini diterapkan dengan terlebih dahulu menerima *input* matriks berupa *puzzle* yang akan dipecahkan. Ubin pada *puzzle* diisi dengan angka 1 hingga 15, sementara ubin kosong ditandai dengan angka lain selain angka 1 hingga 15. Kemudian, akan dilakukan pengecekan terhadap *reachability* dari *goal state* dengan menggunakan fungsi 'reachable' yang memanfaatkan KURANG(i) di bawah.

$$\sum_{i=1}^{16} Kurang(i) + X$$

Gambar 2. KURANG(i)

[https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Tugas-Kecil-3-\(2022\).pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Tugas-Kecil-3-(2022).pdf)

Program akan melakukan pengecekan terhadap posisi dari ubin kosong. Apabila ubin kosong berada pada koordinat x ganjil dan y genap atau x genap dan y ganjil maka X adalah 1, sedangkan untuk sebaliknya X adalah 0. Kemudian dilakukan iterasi untuk setiap ubin untuk menghitung kurang(i) dengan cara mencari jumlah angka yang lebih kecil dari angka pada ubin i yang posisinya ubinnya melebihi ubin i. Apabila didapat total dari seluruh kurang(i) adalah angka genap, maka *goal state reachable*. Di lain hal, apabila didapat angka ganjil, maka *goal state* tidak *reachable*.

Apabila *goal state reachable*, dilakukan pencarian dengan menggunakan fungsi 'search'. Fungsi 'search' menyimpan *dictionary* bernama 'dir' yang berisi arah koordinat x, arah koordinat y, serta string berupa nama arah dari setiap pergerakan ubin yang valid. Fungsi tersebut juga menginisialisasi *built-in priority queue* dari *python* yang diisi dengan *initial state* dari *puzzle* serta *node* yang dibangkitkan selama proses *search*. *Priority queue* ini akan diisi dengan *array* yang berisi informasi relevan dari setiap *node* yakni *cost*, *state* dari *puzzle*, jumlah ubin yang tidak berada pada posisi, kedalaman, serta *path* yang ditempuh untuk mencapai *node* tersebut. Perlu dicatat bahwa *path* disimpan dalam suatu *array* yang berisi *state of puzzle* serta string yang berupa arah pergerakan untuk mencapai *state* tersebut.

Pertama-tama, fungsi 'search' akan menginisialisasi *priority queue* dengan *initial state*. Setelahnya, fungsi akan memasuki *loop* yang baru akan berhenti apabila *goal state* telah dicapai. Di dalam *loop*, pertama-tama akan diambil *node* pada *priority queue* yang memiliki *cost* terkecil. Adapun *cost* dari suatu *node* dihitung dengan persamaan berikut, dengan  $f(P)$  berupa panjang lintasan dari simpul akar ke P serta  $g(P)$  berupa taksiran panjang lintasan terpendek dari P ke simpul solusi dengan akar P:

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

Gambar 3. Taksiran cost simpul P pada 15-Puzzle

[https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Tugas-Kecil-3-\(2022\).pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Tugas-Kecil-3-(2022).pdf)

Pada program ini, optimasi dilakukan dengan  $f(P)$  didapat dengan menghitung kedalaman dari *node* tersebut alias menambahkan 1 dari kedalaman *parent node*nya. Selain itu,  $g(P)$  diambil dengan memanfaatkan *lower bound*. Dalam setiap pergerakan ubin kosong, taksiran panjang lintasan terpendek dapat bertambah 1 apabila ubin yang akan ditukar dengan ubin kosong sudah berada pada *goal state*-nya, berkurang 1 apabila *goal state* dari ubin yang akan ditukar dengan ubin kosong terletak pada posisi ubin kosong, atau tidak bertambah maupun berkurang apabila ubin yang akan ditukar tetap tidak pada *goal state*-nya saat maupun sebelum ditukar dengan ubin kosong.

Setelah didapat *node* dengan *cost* terkecil, dilakukan pencarian terhadap pergerakan ubin kosong yang valid. Untuk setiap arah yang dicoba, apabila pergerakan tersebut valid maka *cost* dari *child node* tersebut akan diinisialisasi dengan *cost* dari *node* serta *path* dari *child node* akan berupa *path* dari *node* yang ditambahkan *child node* pada akhir *path*. Hal ini berlangsung hingga dicapai *goal state*.

## 2. HASIL PERCOBAAN

### 2.1 Tidak Dapat Diselesaikan

Nama File	unsolvable1.txt																		
Initial State Puzzle	<table><tr><td>15</td><td>2</td><td>1</td><td>12</td></tr><tr><td>8</td><td>5</td><td>6</td><td>11</td></tr><tr><td>4</td><td>9</td><td>10</td><td>7</td></tr><tr><td>3</td><td>14</td><td>13</td><td>16</td></tr></table>	15	2	1	12	8	5	6	11	4	9	10	7	3	14	13	16		
15	2	1	12																
8	5	6	11																
4	9	10	7																
3	14	13	16																
Hasil																			
<pre>PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\fifteen-puzzle-solver&gt; python main.py  15 PUZZLE SOLVER  -----  PILIHAN INPUT PUZZLE 1. Input Manual 2. Input File Pilih input puzzle: 2  -----  INPUT PUZZLE Enter nama file: unsolvable1.txt  -----  KURANG(01): 0 KURANG(02): 1 KURANG(03): 0 KURANG(04): 1 KURANG(05): 2 KURANG(06): 2 KURANG(07): 1 KURANG(08): 5 KURANG(09): 2 KURANG(10): 2 KURANG(11): 5 KURANG(12): 9 KURANG(13): 0 KURANG(14): 1 KURANG(15): 14 KURANG(16): 0 SUM KURANG(i) + X: 45  -----  GOAL STATE UNREACHABLE! PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\fifteen-puzzle-solver&gt;</pre>																			

### 2.2 Tidak Dapat Diselesaikan

Nama File	Unsolvable2.txt		
Initial State Puzzle	1 3 4 15		
	2 16 5 12		
	7 6 11 14		
	8 9 10 13		
Hasil			
<pre>GOAL STATE UNREACHABLE! PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\fifteen-puzzle-solver&gt; python main.py  15 PUZZLE SOLVER  -----  PILIHAN INPUT PUZZLE 1. Input Manual 2. Input File Pilih input puzzle: 2  -----  INPUT PUZZLE Enter nama file: unsolvable2.txt  -----  KURANG(01): 0 KURANG(02): 0 KURANG(03): 1 KURANG(04): 1 KURANG(05): 0 KURANG(06): 0 KURANG(07): 1 KURANG(08): 0 KURANG(09): 0 KURANG(10): 0 KURANG(11): 3 KURANG(12): 6 KURANG(13): 0 KURANG(14): 4 KURANG(15): 11 KURANG(16): 10 SUM KURANG(i) + X: 37  -----  GOAL STATE UNREACHABLE! PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\fifteen-puzzle-solver&gt;</pre>			

2.3 Dapat Diselesaikan

Nama File	solvable1.txt		
Initial State Puzzle	<div>1 2 3 4 6 10 7 8 5 13 15 11 9 0 14 12</div>		
Hasil			
<div>PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\fifteen-puzzle-solver&gt;</div> <div>15 PUZZLE SOLVER</div> <div>PILIHAN INPUT PUZZLE 1. Input Manual 2. Input File Pilih input puzzle: 2</div> <div>INPUT PUZZLE Enter nama file: solvable1.txt</div> <div>KURANG(01): 0 KURANG(02): 0 KURANG(03): 0 KURANG(04): 0 KURANG(05): 0 KURANG(06): 1 KURANG(07): 1 KURANG(08): 1 KURANG(09): 0 KURANG(10): 4 KURANG(11): 1 KURANG(12): 0 KURANG(13): 3 KURANG(14): 1 KURANG(15): 4 KURANG(16): 2 SUM KURANG(i) + X: 18</div>		<div>INITIAL STATE DIRECTION: -</div> <div><div>01020304 06100708 05131511 091412</div></div> <div>MOVES TAKEN DIRECTION: UP</div> <div><div>01020304 06100708 051511 09131412</div></div> <div>DIRECTION: UP</div> <div><div>01020304 060708 05101511 09131412</div></div> <div>DIRECTION: LEFT</div> <div><div>01020304 060708 05101511 09131412</div></div>	
<div>DIRECTION: DOWN</div> <div><div>01020304 05060708 101511 09131412</div></div> <div>DIRECTION: DOWN</div> <div><div>01020304 05060708 09101511 131412</div></div> <div>DIRECTION: RIGHT</div> <div><div>01020304 05060708 09101511 131412</div></div> <div>DIRECTION: RIGHT</div> <div><div>01020304 05060708 09101511 131412</div></div>		<div>DIRECTION: UP</div> <div><div>01020304 05060708 09101112 13141512</div></div> <div>DIRECTION: RIGHT</div> <div><div>01020304 05060708 09101112 13141512</div></div> <div>FINAL STATE DIRECTION: DOWN</div> <div><div>01020304 05060708 09101112 13141512</div></div>	
<div>Elapsed time: 0.008054018020629883 Total step: 10 Visited nodes: 19 Generated nodes: 42 PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\fifteen</div>			

2.4 Dapat Diselesaikan

Nama File	solvable2.txt																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Initial State Puzzle	<table><tr><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>1</td><td>6</td><td>15</td><td>0</td></tr><tr><td>9</td><td>10</td><td>8</td><td>7</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table>	2	5	3	4	1	6	15	0	9	10	8	7	13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																			
2	5	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	6	15	0																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9	10	8	7																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hasil																																																																																																																																																																																																																																																																																				
<div>PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\fifteen-puzzle&gt;</div> <div>15 PUZZLE SOLVER</div> <div>PILIHAN INPUT PUZZLE 1. Input Manual 2. Input File Pilih input puzzle: 2</div> <div>INPUT PUZZLE Enter nama file: solvable2.txt</div> <div>KURANG(01): 0 KURANG(02): 1 KURANG(03): 1 KURANG(04): 1 KURANG(05): 3 KURANG(06): 0 KURANG(07): 0 KURANG(08): 1 KURANG(09): 2 KURANG(10): 2 KURANG(11): 0 KURANG(12): 1 KURANG(13): 2 KURANG(14): 2 KURANG(15): 8 KURANG(16): 8 SUM KURANG(i) + X: 32</div> <div>INITIAL STATE DIRECTION: -<table><tr><td>02</td><td>05</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>01</td><td>06</td><td>15</td><td></td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>08</td><td>07</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div>	02	05	03	04	01	06	15		09	10	08	07	13	14	12	11	<div>MOVES TAKEN DIRECTION: DOWN<table><tr><td>02</td><td>05</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>01</td><td>06</td><td>15</td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>08</td><td></td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: LEFT<table><tr><td>02</td><td>05</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>01</td><td>06</td><td>15</td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td></td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: UP<table><tr><td>02</td><td>05</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>01</td><td>06</td><td></td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: LEFT<table><tr><td>02</td><td>05</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>01</td><td></td><td>06</td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div>	02	05	03	04	01	06	15	07	09	10	08		13	14	12	11	02	05	03	04	01	06	15	07	09	10		08	13	14	12	11	02	05	03	04	01	06		07	09	10	15	08	13	14	12	11	02	05	03	04	01		06	07	09	10	15	08	13	14	12	11	<div>DIRECTION: UP<table><tr><td>02</td><td></td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>01</td><td>05</td><td>06</td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: LEFT<table><tr><td></td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>01</td><td>05</td><td>06</td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: DOWN<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td></td><td>05</td><td>06</td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: RIGHT<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td></td><td></td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div>	02		03	04	01	05	06	07	09	10	15	08	13	14	12	11		02	03	04	01	05	06	07	09	10	15	08	13	14	12	11	01	02	03	04		05	06	07	09	10	15	08	13	14	12	11	01	02	03	04	05			07	09	10	15	08	13	14	12	11	<div>DIRECTION: RIGHT<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td></td><td>07</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: RIGHT<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td></td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>08</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: DOWN<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td></td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: DOWN<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>11</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td></td></tr></table></div>	01	02	03	04	05	06		07	09	10	15	08	13	14	12	11	01	02	03	04	05	06	07		09	10	15	08	13	14	12	11	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	15		13	14	12	11	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	15	11	13	14	12		<div>DIRECTION: LEFT<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>15</td><td>11</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td></td><td>12</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: UP<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>11</td><td></td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>12</td></tr></table></div> <div>DIRECTION: RIGHT<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td></tr></table></div> <div>FINAL STATE DIRECTION: DOWN<table><tr><td>01</td><td>02</td><td>03</td><td>04</td></tr><tr><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td></tr><tr><td>09</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td></tr></table></div> <div>Elapsed time: 0.03206753730773926 Total step: 16 Visited nodes: 237 Generated nodes: 490 PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents</div>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	15	11	13	14		12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11		13	14	15	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
02	05	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	06	15																																																																																																																																																																																																																																																																																		
09	10	08	07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
02	05	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	06	15	07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	08																																																																																																																																																																																																																																																																																		
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
02	05	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	06	15	07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10		08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
02	05	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	06		07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
02	05	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01		06	07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
02		03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	05	06	07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	05	06	07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	05	06	07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05			07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06		07																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06	07																																																																																																																																																																																																																																																																																		
09	10	15	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06	07	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15																																																																																																																																																																																																																																																																																		
13	14	12	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06	07	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	12																																																																																																																																																																																																																																																																																		
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06	07	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	15	11																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14		12																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06	07	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	11																																																																																																																																																																																																																																																																																		
13	14	15	12																																																																																																																																																																																																																																																																																	
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06	07	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	11	12																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	15																																																																																																																																																																																																																																																																																		
01	02	03	04																																																																																																																																																																																																																																																																																	
05	06	07	08																																																																																																																																																																																																																																																																																	
09	10	11	12																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	14	15																																																																																																																																																																																																																																																																																		

2.5 Dapat Diselesaikan

Nama File		solvable3.txt																	
Initial State Puzzle		<table><tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>11</td></tr><tr><td>1</td><td>5</td><td>10</td><td>8</td></tr><tr><td>9</td><td>6</td><td>12</td><td>15</td></tr><tr><td>13</td><td>14</td><td>16</td><td>7</td></tr></table>		2	3	4	11	1	5	10	8	9	6	12	15	13	14	16	7
2	3	4	11																
1	5	10	8																
9	6	12	15																
13	14	16	7																

PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents\if\sem-4\tubes\ifts

IS PUZZLE SOLVER

PILIHAN INPUT PUZZLE  
1. Input Manual  
2. Input File  
Pilih input puzzle: 2

INPUT PUZZLE  
Enter nama file: solvable3.txt

KURANG(01): 0  
KURANG(02): 1  
KURANG(03): 1  
KURANG(04): 1  
KURANG(05): 0  
KURANG(06): 0  
KURANG(07): 0  
KURANG(08): 2  
KURANG(09): 2  
KURANG(10): 4  
KURANG(11): 7  
KURANG(12): 1  
KURANG(13): 1  
KURANG(14): 1  
KURANG(15): 3  
KURANG(16): 1  
SUM KURANG(i) + X: 26

INITIAL STATE  
DIRECTION: -

02	03	04	11
01	05	10	08
09	06	12	15
13	14		07

DIRECTION: UP

01	02	03	04
05	06	08	
09	10	07	11
13	14	15	12

DIRECTION: LEFT

01	02	03	04
05	06		08
09	10	07	11
13	14	15	12

DIRECTION: DOWN

01	02	03	04
05	06	07	08
09	10		11
13	14	15	12

DIRECTION: RIGHT

01	02	03	04
05	06	07	08
09	10	11	
13	14	15	12

MOVES TAKEN  
DIRECTION: RIGHT

02	03	04	11
01	05	10	08
09	06	12	15
13	14	07	

DIRECTION: RIGHT

02	03	04	11
01	05	08	
09	06	10	12
13	14	07	15

DIRECTION: LEFT

	02	03	04
01	05	08	11
09	06	10	12
13	14	07	15

DIRECTION: RIGHT

01	02	03	04
05	06	08	11
09	10		12
13	14	07	15

DIRECTION: UP

02	03	04	11
01	05	10	08
09	06	12	
13	14	07	15

DIRECTION: UP

02	03	04	
01	05	08	11
09	06	10	12
13	14	07	15

DIRECTION: DOWN

01	02	03	04
	05	08	11
09	06	10	12
13	14	07	15

DIRECTION: DOWN

01	02	03	04
05	06	08	11
09	10	07	12
13	14		15

DIRECTION: LEFT

02	03	04	11
01	05	10	08
09	06		12
13	14	07	15

DIRECTION: LEFT

02	03		04
01	05	08	11
09	06	10	12
13	14	07	15

DIRECTION: RIGHT

01	02	03	04
05		08	11
09	06	10	12
13	14	07	15

DIRECTION: RIGHT

01	02	03	04
05	06	08	11
09	10	07	12
13	14	15	

FINAL STATE  
DIRECTION: DOWN

01	02	03	04
05	06	07	08
09	10	11	12
13	14	15	

Elapsed time: 0.6633410453796387  
Total step: 21  
Visited nodes: 2823  
Generated nodes: 5948  
PS C:\Users\Sarah Azka A\Documents



## LAMPIRAN

Link Github: [https://github.com/azkazkazka/Tucil3\\_13520083](https://github.com/azkazkazka/Tucil3_13520083)

Poin	Ya	Tidak
1. Program berhasil dikompilasi	✓	
2. Program berhasil <i>running</i>	✓	
3. Program dapat menerima input dan menuliskan output	✓	
4. Luaran sudah benar untuk semua data uji	✓	
5. Bonus dibuat		✓

### Solvable1.txt

1 2 3 4  
6 10 7 8  
5 13 15 11  
9 0 14 12

### Solvable2.txt

2 5 3 4  
1 6 15 0  
9 10 8 7  
13 14 12 11

### Solvable3.txt

2 3 4 11  
1 5 10 8  
9 6 12 15  
13 14 16 7

### Unsolvable1.txt

15 2 1 12  
8 5 6 11  
4 9 10 7  
3 14 13 16

### Unsolvable2.txt

1 3 4 15  
2 16 5 12  
7 6 11 14  
8 9 10 13