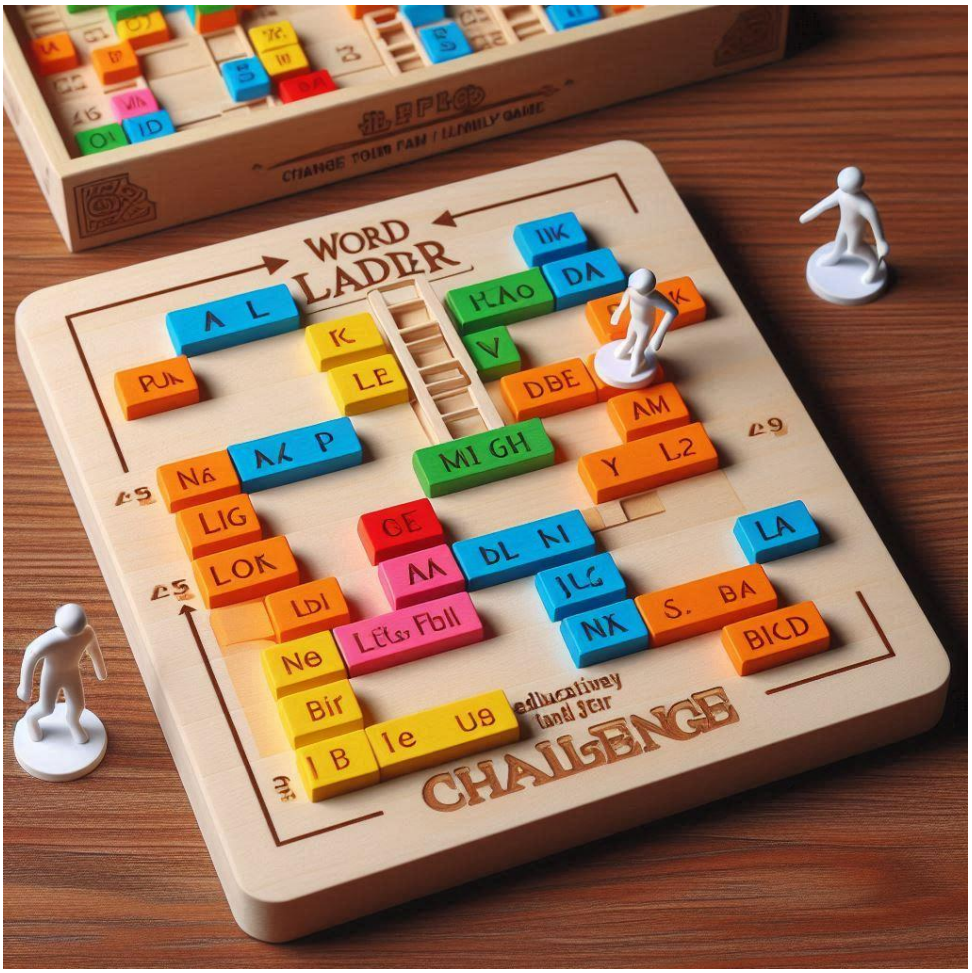
Laporan Tugas Kecil 3 IF2211 Strategi Algoritma

Semester II tahun 2023/2024

Penyelesaian Permainan Word Ladder Menggunakan Algoritma UCS, Algoritma Greedy Best First Search, dan Algoritma A*

Disusun oleh: Jimly Nur Arif (13522123)



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG 2023

Daftar Isi

Penjelasan Permainan

Word ladder (juga dikenal sebagai Doublets, word-links, change-the-word puzzles, paragrams, laddergrams, atau word golf) adalah salah satu permainan kata yang terkenal bagi seluruh kalangan. Word ladder ditemukan oleh Lewis Carroll, seorang penulis dan matematikawan, pada tahun 1877. Pada permainan ini, pemain diberikan dua kata yang disebut sebagai start word dan end word. Untuk memenangkan permainan, pemain harus menemukan rantai kata yang dapat menghubungkan antara start word dan end word. Banyaknya huruf pada start word dan end word selalu sama. Tiap kata yang berdekatan dalam rantai kata tersebut hanya boleh berbeda satu huruf saja. Pada permainan ini, diharapkan solusi optimal, yaitu solusi yang meminimalkan banyaknya kata yang dimasukkan pada rantai kata. Berikut adalah ilustrasi serta aturan permainan.

Berikut adalah aturan dasar untuk bermain Word Ladder:

Kata Awal dan Akhir: Kata awal dan akhir harus kata nyata.

Perubahan Satu Huruf: Setiap kata dalam tangga harus juga merupakan kata nyata. Anda hanya dapat mengubah satu huruf pada kata sebelumnya untuk membuat kata baru dalam tangga.

Tangga Kata: Anda harus mengubah kata secara bertahap hingga mencapai kata akhir dalam tangga.

Tujuan: Coba selesaikan tangga secepat mungkin dengan mengubah kata-kata dengan benar.

Skor: Skor dihitung berdasarkan waktu dan jumlah tebakan yang salah. Usahakan untuk mendapatkan skor sekecil mungkin.

Misalnya, jika kita ingin mengubah kata “CAT” menjadi “DOG,” kita bisa mengikuti tangga berikut:

CAT

COT

DOT

DOG

Penjelasan Algoritma

A* Algorithm

Algoritma A (A-Star)* adalah algoritma pencarian yang digunakan dalam pemrograman komputer dan kecerdasan buatan untuk mencari jalur terpendek atau solusi optimal antara dua titik dalam graf atau ruang pencarian. Algoritma ini memadukan teknik pencarian breadth-first (pencarian melebar) dan heuristic (pemilihan berdasarkan perkiraan) untuk mencapai keseimbangan antara kecepatan dan optimalitas

Proses A* adalah

Inisialisasi: Tentukan simpul awal dan simpul tujuan. Inisialisasi himpunan simpul terbuka (open set) yang berisi simpul yang akan diperiksa dan himpunan simpul tertutup (closed set) yang berisi simpul-simpul yang telah diperiksa.

Hitung biaya awal: Tentukan biaya awal untuk mencapai simpul awal (biasanya 0).

Evaluasi simpul awal: Hitung perkiraan biaya sisa (estimated-cost-to-go) dari simpul awal ke simpul tujuan menggunakan fungsi heuristik. Hitung perkiraan biaya total (estimated-total-cost) dari simpul awal ke simpul tujuan dengan menambahkan biaya sejauh ini dan perkiraan biaya sisa.

Langkah-langkah A* algorithm

Inisialisasi dua list tipe Node (misalnya openList dan closeList)

Tambahkan Node src di openList.

Hingga openList tidak kosong, lakukan hal berikut

Temukan node di openList dengan nilai f terkecil (katakanlah x)

Hapus x dari openList

Temukan dan tambahkan semua penerus x dan tambahkan ke openList.

Untuk setiap penerus (katakanlah y) lakukan hal berikut -

Jika y adalah tujuannya maka hentikan pencarian.

Jika tidak, hitung g dan h untuk y. y.g = x.g + jarak antara y dan x (dalam kasus word ladder adalah 1) y.h = jarak antara tujuan

Jika sebuah node dengan posisi yang sama dengan y dan f yang lebih rendah ada di openList, lewati penerus ini.

Lain Jika sebuah node dengan posisi yang sama dengan y ada di CloseList dengan f lebih kecil dari y.f lewati penerus ini.

Jika tidak, tambahkan node (y) ke openList.

Masukkan x ke closedList.

Greedy Best First Search

Algoritma Greedy Best First Search adalah algoritma pencarian yang menggunakan pendekatan greedy untuk mencari solusi. Tujuannya adalah untuk mencari solusi optimal dengan memilih simpul yang paling menjanjikan pada setiap langkah pencarian. Algoritma ini mirip dengan algoritma Best First Search, tetapi memperkuat prinsip greedy dengan hanya mempertimbangkan nilai heuristik dari simpul untuk memilih simpul berikutnya.

Langkah-langkah GBFS

Tentukan dua list kosong (openList dan closeList).

Masukkan src di openList.

Ulangi saat openList tidak kosong, dan lakukan hal berikut -

Temukan node dengan nilai h terkecil yang ada di openList (node).

Hapus node dari openList, dan masukkan ke closeList.

Periksa semua node yang berdekatan dari node tersebut, apakah ada di antara mereka yang sama dengan Destination Word. Jika ya, maka hentikan proses pencarian karena kita sudah sampai di tujuan.

Jika tidak, temukan semua node yang berdekatan yang tidak ada di openList atau closeList dan masukkan ke dalam openList.

Jika openList sudah kosong, berarti tidak ada kemungkinan jalur antara src dan dest.

Uniform Cost Search

Algoritma UCS (Uniform Cost Search) adalah algoritma pencarian graf yang digunakan untuk mencari jalur yang memiliki biaya terendah dari simpul awal ke simpul tujuan dalam sebuah graf dengan bobot pada setiap lintasan.

Time complexity nya adalah

$$O\left(b^{1+\left\lfloor \frac{C^*}{\varepsilon} \right\rfloor}\right)$$

Space Complexity nya adalah

$$O\left(b^{1+\left\lfloor \frac{C^*}{\varepsilon} \right\rfloor}\right)$$

Langkah-langkah UCS

Mulai dari simpul awal dengan **cost** 0.

Ambil simpul dengan biaya terendah dari **prioqueue**.

Periksa apakah itu simpul tujuan. Jika ya, selesai.

Perluas simpul dengan menambahkan tetangga-tetangganya ke antrian prioritas.

Jika simpul tetangga sudah dieksplorasi, perbarui **costnya** jika yang baru lebih rendah.

Ulangi langkah-langkah di atas sampai simpul tujuan ditemukan atau antrian prioritas kosong.

Jika simpul tujuan ditemukan, kembalikan jalur terpendek.

Jika tidak, tidak ada jalur yang memungkinkan dari simpul awal ke tujuan.

Source Code

Tugas ini dilaksanakan dengan menggunakan Bahasa pemrograman *Java* dengan library yang diperlukan untuk utility dan library untuk mengakses file word.txt

Modul WordLadderAStar

```
package src;
import java.util.*;

public class WordLadderAStar {
```

```
    static class Node {
        String word;
        int f;
        int g;
        Node parent;
        Node(String word, int g, int h, Node parent) {
            this.word = word;
            this.g = g;
            this.f = g + h;
            this.parent = parent;
        }
    }

    static List<String> findPath(String start, String end, Set<String>
wordList) {

        PriorityQueue<Node> openList = new
PriorityQueue<>(Comparator.comparingInt(node -> node.f));
        Set<String> closedList = new HashSet<>();
        Map<String, Node> parentMap = new HashMap<>();
        Node startNode = new Node(start, 0, hamming.hammingDistance(start,
end), null);
        openList.add(startNode);

        while (!openList.isEmpty()) {
            Node current = openList.poll();
            closedList.add(current.word);
            if (current.word.equals(end)) {
                List<String> path = new ArrayList<>();
                while (current != null) {
                    path.add(0, current.word);
                    current = current.parent;
                }
                return path;
            }

            for (String neighbor : wordList) {
                if (!closedList.contains(neighbor) &&
hamming.hammingDistance(current.word, neighbor) == 1) {
                    int g = current.g + 1;
                    int h = hamming.hammingDistance(neighbor, end);
                    Node newNode = new Node(neighbor, g, h, current);

                    if (!openList.contains(newNode) || g < newNode.g) {
                        openList.add(newNode);
                        parentMap.put(neighbor, current);
                    }
```

```
                }
            }
        }
        return null;
    }
}
```

Modul ini digunakan untuk logika Word Ladder dengan Algoritma A* Search

Modul WordLadderGBFS

```
package src;
import java.util.*;

public class WordLadderGBFS {

    static List<String> greedyBestFirstSearch(String start, String end,
Set<String> wordList) {
        List<String> ladder = new ArrayList<>();
        PriorityQueue<Node> queue = new
PriorityQueue<>(Comparator.comparingInt(a -> a.distance));
        Set<String> visited = new HashSet<>();

        queue.offer(new Node(start, 0));

        while (!queue.isEmpty()) {
            Node current = queue.poll();
            String currentWord = current.word;

            if (currentWord.equals(end)) {
                // ladder.add(end);
                while (current != null) {
                    ladder.add(0, current.word);
                    current = current.parent;
                }
                return ladder;
            }

            visited.add(currentWord);

            for (String word : wordList) {
                if (!visited.contains(word) && hamming.hammingDistance(word,
currentWord) == 1) {
                    queue.offer(new Node(word, hamming.hammingDistance(word,
end), current));
                }
            }
        }
```

```
        return ladder;
    }

    static class Node {
        String word;
        int distance;
        Node parent;

        Node(String word, int distance) {
            this.word = word;
            this.distance = distance;
        }

        Node(String word, int distance, Node parent) {
            this.word = word;
            this.distance = distance;
            this.parent = parent;
        }
    }
}
```

Modul ini digunakan untuk logika Word Ladder dengan Algoritma Greedy Best First Search

Modul WordLadderUCS

```
package src;
import java.util.*;

public class WordLadderUCS {

    static class Node {
        String word;
        int cost;
        Node parent;

        Node(String word, int cost, Node parent) {
            this.word = word;
            this.cost = cost;
            this.parent = parent;
        }
    }

    static List<String> findWordLadder(String startWord, String endWord,
Set<String> wordList) {
        Queue<Node> queue = new PriorityQueue<>(Comparator.comparingInt(node -
> node.cost));
        Set<String> visited = new HashSet<>();
```

```
        queue.offer(new Node(startWord, 0, null));
        visited.add(startWord);

        while (!queue.isEmpty()) {
            Node current = queue.poll();

            if (current.word.equals(endWord)) {
                return constructPath(current);
            }

            List<String> neighbors = getNeighbors(current.word, wordList);
            for (String neighbor : neighbors) {
                if (!visited.contains(neighbor)) {
                    int cost = current.cost + 1; // Assuming uniform cost
                    queue.offer(new Node(neighbor, cost, current));
                    visited.add(neighbor);
                }
            }
        }

        return null; // No ladder found
    }

    static List<String> getNeighbors(String word, Set<String> wordList) {
        List<String> neighbors = new ArrayList<>();
        char[] chars = word.toCharArray();

        for (int i = 0; i < chars.length; i++) {
            char originalChar = chars[i];
            for (char c = 'a'; c <= 'z'; c++) {
                if (c != originalChar) {
                    chars[i] = c;
                    String newWord = new String(chars);
                    if (wordList.contains(newWord)) {
                        neighbors.add(newWord);
                    }
                }
            }
            chars[i] = originalChar;
        }

        return neighbors;
    }

    static List<String> constructPath(Node endNode) {
        List<String> ladder = new ArrayList<>();
        Node current = endNode;
        while (current != null) {
```

```
            ladder.add(0, current.word);
            current = current.parent;
        }
        return ladder;
    }
}
```

Modul ini digunakan untuk logika Word Ladder dengan Algoritma Uniform Cost Search

Modul print

```
package src;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.util.HashSet;
import java.util.Set;

public class print {

    static Set<String> readWordListFromFile(String filePath, String start) {
        Set<String> wordList = new HashSet<>();
        int startLength = start.length();
        try (BufferedReader reader = new BufferedReader(new
FileReader(filePath))) {
            String line;
            while ((line = reader.readLine()) != null) {
                line = line.trim();
                if (line.length() == startLength) {
                    wordList.add(line);
                }
            }
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return wordList;
    }
}
```

Modul ini digunakan untuk mengambil kata-kata yang panjangnya sesuai dengan masukan Source Word dari dictionary yakni word.txt

Modul Hamming Distance

```
package src;
```

```java
public class hamming {
    static int hammingDistance(String word1, String word2) {
        int count = 0;
        for (int i = 0; i < word1.length(); i++) {
            if (word1.charAt(i) != word2.charAt(i)) {
                count++;
            }
        }
        return count;
    }
}
```

Modul Hamming Distance digunakan untuk penentu nilai pada pririty queue

Modul Main

```java
package src;
import java.util.*;

public class Main {
    public static void main(String[] args) {

        System.out.println("Welcome to Word Ladder!");
        System.out.println("Please Select Algorithm: ");
        System.out.println("1. A* Algorithm");
        System.out.println("2. Greedy Best First Search Algorithm");
        System.out.println("3. Uniform Cost Search Algorithm");
        Scanner scanner = new Scanner(System.in);
        int choice = scanner.nextInt();
        System.out.println("Masukkan Source Word: ");
        String start = scanner.next();

        String filePath = "word.txt";
        Set<String> wordList = print.readWordListFromFile(filePath, start);

        while (!wordList.contains(start)) {
            System.out.println("Start word not found in word.txt file");
            System.out.println("Masukkan Start Word: ");
            start = scanner.next();
        }

        System.out.println("Masukkan Destination Word: ");
        String end = scanner.next();

        while (!wordList.contains(end)) {
            System.out.println("Destination word not found in word.txt file");
```

```
            System.out.println("Masukkan Destination Word: ");
            end = scanner.next();
        }

        switch (choice) {
            case 1:
                runAStar(start, end, wordList);
                break;
            case 2:
                runGBFS(start, end, wordList);
                break;
            case 3:
                runUCS(start, end, wordList);
                break;
            default:
                System.out.println("Invalid choice.");
        }

        scanner.close();
    }

    public static void runAStar(String start, String end, Set<String>
wordList) {
        List<String> ladder = WordLadderAStar.findPath(start, end, wordList);
        if (ladder != null) {
            System.out.println("Shortest path from " + start + " to " + end +
": " + ladder);
        } else {
            System.out.println("No path found from " + start + " to " + end);
        }
    }

    public static void runGBFS(String start, String end, Set<String> wordList)
{
        List<String> ladder = WordLadderGBFS.greedyBestFirstSearch(start, end,
wordList);

        if (ladder != null) {
            System.out.println("Shortest path from " + start + " to " + end +
": " + ladder);
        } else {
            System.out.println("No path found from " + start + " to " + end);
        }
    }

    public static void runUCS(String start, String end, Set<String> wordList)
{
```

```
        List<String> ladder = WordLadderUCS.findWordLadder(start, end,
wordList);

        if (ladder != null) {
            System.out.println("Shortest path from " + start + " to " + end +
": " + ladder);
        } else {
            System.out.println("No path found from " + start + " to " + end);
        }
    }
}
```

Modul ini merupakan modul utama yang menjalankan seluruh file

Test Case

```
You have selected A* Algorithm.
The shortest path from earn to make is:
[earn, darn, dare, mare, make]
Number of visited nodes: 13
Time taken: 112ms

You have selected GBFS Algorithm.
The shortest path from earn to make is:
[earn, ears, mars, mare, make]
Number of visited nodes: 5
Time taken: 109ms

You have selected UCS Algorithm.
The shortest path from earn to make is:
[earn, carn, care, cake, make]
Number of visited nodes: 1277
Time taken: 119ms
```

Fig. 1 Test case earn-make

```
You have selected A* Algorithm.
The shortest path from belt to loop is:
[belt, bolt, boot, loot, loop]
Number of visited nodes: 5
Time taken: 171ms

You have selected GBFS Algorithm.
The shortest path from belt to loop is:
[belt, bolt, boot, loot, loop]
Number of visited nodes: 5
Time taken: 141ms

You have selected UCS Algorithm.
The shortest path from belt to loop is:
[belt, bolt, boot, loot, loop]
Number of visited nodes: 1850
Time taken: 120ms
```

Fig. 2 Test Case belt-loop

```
You have selected A* Algorithm.
The shortest path from frown to smile is:
[frown, frows, flows, flops, flips, slips, slipe, stipe, stile, smile]
Number of visited nodes: 646
Time taken: 366ms

You have selected GBFS Algorithm.
The shortest path from frown to smile is:
[frown, drown, drawn, drawl, draws, drams, drama, grama, grams, grabs, drabs, dr
smile]
Number of visited nodes: 62
Time taken: 127ms

You have selected UCS Algorithm.
The shortest path from frown to smile is:
[frown, frows, flows, slows, slots, spots, spits, spite, smite, smile]
Number of visited nodes: 4347
Time taken: 139ms
```

Fig. 3 Test Case frown-smile

```
You have selected A* Algorithm.
The shortest path from door to jamb is:
[door, dorr, dors, doms, dams, jams, jamb]
Number of visited nodes: 47
Time taken: 244ms

You have selected GBFS Algorithm.
The shortest path from door to jamb is:
[door, moor, moos, moms, roms, rams, jams, jamb]
Number of visited nodes: 10
Time taken: 184ms

You have selected UCS Algorithm.
The shortest path from door to jamb is:
[door, doer, does, doms, dams, jams, jamb]
Number of visited nodes: 3325
Time taken: 176ms
```

Fig. 4 Test Case door-jamb

```
You have selected A* Algorithm.
The shortest path from team to crew is:
[team, tram, cram, craw, crew]
Number of visited nodes: 6
Time taken: 122ms


You have selected GBFS Algorithm.
The shortest path from team to crew is:
[team, tram, cram, craw, crew]
Number of visited nodes: 6
Time taken: 168ms

You have selected UCS Algorithm.
The shortest path from team to crew is:
[team, tram, cram, craw, crew]
Number of visited nodes: 495
Time taken: 163ms
```

Fig. 4 Test Case team-crew

```
You have selected A* Algorithm.
The shortest path from take to away is:
[take, tare, mare, mire, miry, airy, awry, away]
Number of visited nodes: 1643
Time taken: 305ms

You have selected GBFS Algorithm.
The shortest path from take to away is:
[take, cake, caky, laky, lady, wady, wary, vary, very, aery, awry, away]
Number of visited nodes: 34
Time taken: 121ms

You have selected UCS Algorithm.
The shortest path from take to away is:
[take, tare, ware, wary, wiry, airy, awry, away]
Number of visited nodes: 3395
Time taken: 171ms
```

Fig. 5 Test Case take-away

```
You have selected A* Algorithm.
The shortest path from grass to roots is:
[grass, gross, grots, trots, toots, roots]
Number of visited nodes: 16
Time taken: 205ms

You have selected GBFS Algorithm.
The shortest path from grass to roots is:
[grass, gross, grots, trots, toots, roots]
Number of visited nodes: 6
Time taken: 242ms

You have selected UCS Algorithm.
The shortest path from grass to roots is:
[grass, grads, goads, roads, roods, roots]
Number of visited nodes: 604
Time taken: 132ms
```

Fig. 6 Test Case grass-roots

Uji Coba

```
Welcome to Word Ladder!

1. A* Algorithm
2. Greedy Best First Search Algorithm
3. Uniform Cost Search Algorithm
Choose the algorithm NUMBER you want to use: 1
Input Source Word: earn
Input Destination Word: make

You have selected A* Algorithm.

The shortest path from earn to make is:
[earn, darn, dare, mare, make]

Number of visited nodes: 13
Time taken: 194ms
```

Fig. 2a Screenshoot CLI u/ input normal

```
Welcome to Word Ladder!

1. A* Algorithm
2. Greedy Best First Search Algorithm
3. Uniform Cost Search Algorithm
Choose the algorithm NUMBER you want to use: 1
Input Source Word: fbrerbferlk
Source word not found in word.txt file
Input Source Word:
```

Fig. 2b masukan tidak ada di kamus

```
Input Source Word: frown
Input Destination Word: classic
Destination word must have the same length as the source word
Destination word not found in word.txt file
Input Destination Word:
```

Fig. 2c Panjang Destination word tidak sama dengan Source Word

Analisis

Berdasarkan data pengujian Test Case dapat disimpulkan:

1. GBFS cenderung lebih cepat dan mengreturn path yang lebih panjang (tidak optimal)
2. A* cenderung lebih efisien dalam menjelajahi node dan mereturn path yang optimal
3. UCS optimal karena menggunakan cost actual (non heuristic), namun cenderung lebih lama
4. F(n) adalah nilai total dari cost actual ditambah nilai heuristic dengan kata lain f(n) = g(n) + h(n).
5. G(n) adalah biaya actual untuk menuju node n dari simpul awal.
6. Heuristik yang saya gunakan Admissible. Heuristik admissible adalah heuristik yang tidak melebih biaya sebenarnya (biaya sejati) dari simpul tertentu ke tujuan. Jika heuristik tidak admissible, tidak ada jaminan bahwa A* akan menemukan solusi optimal. meskipun A* mungkin menemukan solusi, solusi tersebut tidak dijamin menjadi yang terbaik atau optimal.
7. Karena cost antar simpul bertetangga sama, maka dalam kode word ladder saya, UCS dan BFS sama saja.
8. Dalam hal return path, A* dan UCS sama saja efisiennya
9. Dalam hal memori dan waktu, A* selalu sama atau lebih optimal dari UCS. Karena A* menggunakan heuristic admissible.
10. Secara teoritis, greedy best first search tidak menjamin Solusi optimal, karena hanya mempertimbangkan optimum local.
11. Memori yang dibutuhkan dapat diinterpretasikan dari banyak node yang dikunjungi pada CLI

Lampiran

Tabel Checklist

Poin	Ya	Tidak
1. Program berhasil dijalankan.	V	
2. Program dapat menemukan rangkaian kata dari start word ke end word sesuai aturan permainan dengan algoritma UCS	V	
3. Solusi yang diberikan pada algoritma UCS optimal	V	
4. Program dapat menemukan rangkaian kata dari start word ke end word sesuai aturan permainan dengan algoritma Greedy Best First Search	V	
5. Program dapat menemukan rangkaian kata dari start word ke end word sesuai aturan permainan dengan algoritma A*	V	
6. Solusi yang diberikan pada algoritma A* optimal	V	
7. [Bonus]: Program memiliki tampilan GUI		V

Pranala repository GitHub:

github.com/jimlynurarif/Tucil3_13522123