

Penerapan Teknik Heuristik dan Algoritma Runut Balik untuk Menyelesaikan Einstein's Riddle

Muhammad Fahmi Irfan - 13520152
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail : 13520152@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Di zaman sekarang, permainan teka-teki memiliki banyak variasi. Salah satunya ialah *Einstein's Riddle*. Konon, teka-teki ini amat sulit dipecahkan. Akan tetapi, teka-teki ini dapat dipecahkan dengan Algoritma Runut Balik, yaitu algoritma yang memanfaatkan rekursif, dikombinasikan dengan Teknik heuristik.

Keywords—*Einstein's riddle, backtracking*

I. INTRODUCTION

Permainan teka-teki merupakan media hiburan yang telah muncul dari zaman dahulu. Sejarah mencatat permainan teka-teki taktik pertama muncul pada tahun 2550-2250 SM. Bahkan sebelum itu, labirin sudah populer pada tahun 2300 SM.

Di masa kini, permainan teka-teki memiliki banyak variasi. Mulai dari teka-teki angka, teka-teki visual, teka-teki verbal, dan bahkan di zaman modern ini tersedia juga teka-teki elektronik yang biasa berbentuk sebuah aplikasi permainan. Di antara banyaknya teka-teki yang ada di dunia ini, terdapat teka-teki yang sudah cukup melegenda. Teka-teki tersebut ialah *Einstein's Riddle*. *Einstein's Riddle* merupakan suatu teka-teki yang disebut-disebut dibuat oleh Albert Einstein. Rumor beredar bahwa hanya 2% manusia yang dapat menyelesaikan teka-teki ini.

Di zaman sekarang, sudah banyak orang yang dapat menyelesaikan teka-teki *Einstein's Riddle*, baik dengan kemampuan sendiri ataupun dengan bantuan komputer, yang di zaman modern ini sudah sangat canggih untuk menyelesaikan teka-teki ini. Salah satu algoritma yang dapat digunakan komputer untuk menyelesaikan teka-teki ini ialah algoritma runut balik. Algoritma ini menggunakan prinsip rekursif dalam implementasinya, dan dapat mencari semua kemungkinan solusi dari suatu persoalan.

Penggunaan algoritma runut balik secara langsung akan memakan banyak waktu. Oleh karena itu, diperlukan teknik lain untuk mempersingkat waktu penyelesaian teka-teki ini. Teknik heuristik dapat melakukan memangkas waktu penyelesaian karena akan membuang kemungkinan-kemungkinan yang sudah jelas tidak mungkin menjadi solusi dari permasalahan tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Algoritma Runut Balik

Algoritma Runut Balik merupakan sebuah metode penyelesaian masalah yang mangkus yang memanfaatkan sifat rekursif.

Algoritma runut balik memiliki beberapa properti, antara lain:

1. Solusi persoalan

Solusi persoalan pada umumnya dinyatakan sebagai vektor dengan n -tuple.

2. Fungsi pembangkit

Fungsi pembangkit biasanya ditanyakan sebagai predikat $T()$, dengan $T(x[1],x[2],\dots,x[k-1])$ membangkitkan nilai untuk $x[k]$ yang merupakan komponen vektor solusi.

3. Fungsi pembatas

Fungsi pembatas biasanya dinyatakan sebagai predikat $B(x[1],x[2],\dots,x[k])$. B bernilai *true* jika $(x[1],x[2],\dots,x[k])$ tidak melanggar kendala. Jika fungsi pembatas bernilai *true*, pembangkitan nilai untuk $x[k+1]$ tetap dilanjutkan, dan jika *false* maka $(x[1],x[2],\dots,x[k])$ dibuang.

B. Teknik Heuristik

Teknik heuristik merupakan teknik yang digunakan untuk membuang kemungkinan-kemungkinan yang tidak mungkin dalam suatu permasalahan.

C. Einstein's Riddle

Einstein's Riddle merupakan suatu teka-teki yang pembuatnya masih menjadi misteri. Beredar rumor bahwa teka-teki ini dibuat oleh Einstein karena teka-teki ini membutuhkan kecerdasan yang luar biasa dalam menyusun dan/atau menyelesaikan teka-teki ini. Bahkan, disebutkan bahwa hanya 2% yang dapat menyelesaikan teka-teki ini.

Bunyi dari teka-teki tersebut ialah seperti berikut.

Terdapat lima rumah dengan lima warna berbeda pada suatu baris. Pada tiap rumah, tinggal seseorang dengan kebangsaan yang berbeda-beda. Lima orang tersebut memiliki hewan peliharaan yang berbeda-beda, merokok dengan rokok yang berbeda-beda, dan minum dengan minuman yang berbeda-beda. Terdapat beberapa petunjuk berikut.

1. Orang Britania tinggal di rumah merah.
2. Orang Swedia memelihara anjing.
3. Orang Denmark minum teh.
4. Rumah hijau berada tepat di kiri rumah putih.
5. Pemilik rumah hijau minum kopi.
6. Orang yang merokok dengan rokok Pall Mall memelihara burung.
7. Pemilik rumah kuning merokok dengan rokok Dunhill.
8. Orang yang tinggal di rumah tengah minum susu.
9. Orang Norwegia tinggal di rumah pertama.
10. Orang yang merokok dengan Rokok Blend tinggal di sebelah rumah orang yang memelihara kucing.
11. Orang yang memelihara kuda tinggal di sebelah rumah orang yang merokok dengan Rokok Dunhill.
12. Orang yang merokok dengan Rokok Bluemaster minum bir.
13. Orang Jerman merokok dengan Rokok Prince.
14. Orang Norwegia tinggal di sebelah rumah biru.
15. Orang yang merokok dengan Rokok Blend memiliki tetangga yang minum air mineral.

Pertanyaannya ialah siapa yang memelihara ikan?

Bentuk umum dari *Einstein's Riddle* ialah seperti berikut.

Terdapat N objek yang memiliki M atribut. Masing-masing atribut berbeda untuk tiap objek berbeda. Diberikan beberapa petunjuk, tentukan objek yang memiliki atribut dengan nilai tertentu.

III. IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Pada permasalahan ini, terdapat lima rumah yang dianggap menjadi suatu objek yang memiliki beberapa atribut, yaitu warna, kebangsaan, peliharaan, minuman, dan rokok. Oleh karena itu, permasalahan ini dapat digambarkan sebagai matriks 5x5, dengan tiap kolom merepresentasikan suatu rumah berdasarkan urutannya (kolom pertama menyatakan rumah paling kiri dan kolom terakhir menyatakan rumah paling kanan), dan tiap baris merepresentasikan atribut dari rumah tersebut.

| | Rumah #1 | Rumah #2 | Rumah #3 | Rumah #4 | Rumah #5 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Warna | | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|--|--|--|--|
| Kebangsaan | | | | | |
| Minuman | | | | | |
| Rokok | | | | | |
| Peliharaan | | | | | |

Tabel 1. Kondisi matriks awal

Petunjuk-petunjuk yang diberikan oleh teka-teki ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori, antara lain:

1. Petunjuk yang memberi informasi suatu atribut dari suatu objek. Petunjuk ini langsung memberi informasi nilai dari suatu matriks yang telah dibuat sebelumnya, sehingga petunjuk ini akan dicari terlebih dahulu di awal untuk menentukan nilai dari suatu sel pada matriks yang tidak perlu dilakukan algoritma runut balik. Selanjutnya, petunjuk seperti ini akan disebut sebagai **petunjuk kategori 1**. Contoh dari petunjuk kategori 1 ialah petunjuk nomor 9 (Orang Norwegia tinggal di rumah pertama).
2. Petunjuk yang memberi informasi suatu atribut dari suatu objek yang memiliki atribut lain dengan nilai tertentu. Selanjutnya, petunjuk seperti ini akan disebut sebagai **petunjuk kategori 2**. Contoh dari petunjuk kategori 2 ialah petunjuk nomor 1, yang menyatakan bahwa rumah yang memiliki atribut kebangsaan bernilai "Britania" dan rumah yang memiliki atribut warna bernilai "merah" merupakan rumah yang sama.
3. Petunjuk yang memberi informasi suatu atribut dari suatu objek yang memiliki hubungan dengan objek lain yang memiliki suatu atribut dengan nilai tertentu. Dua objek yang berhubungan biasanya merupakan dua objek yang saling bersebelahan. Selanjutnya, petunjuk seperti ini akan disebut sebagai **petunjuk kategori 3**. Contoh dari petunjuk kategori 3 ialah petunjuk nomor 4, yang menyatakan bahwa rumah beratribut warna bernilai "hijau" berada tepat di kiri rumah beratribut warna bernilai "putih".

Penyelesaian masalah dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap heuristik dan tahap runut balik.

A. Tahap Heuristik

Pada tahap ini, semua petunjuk kategori 1 akan dicari pada larik petunjuk kategori 1. Hal ini dikarenakan setiap petunjuk kategori 1 memberi informasi yang sangat jelas tentang nilai dari suatu atribut dari suatu objek, sehingga nilai tersebut sudah pasti dan tidak perlu dilakukan tahap runut balik untuk mencari nilai tersebut.

B. Tahap Runut Balik

Setelah melakukan tahap heuristik, algoritma runut balik dapat digunakan untuk mencari solusi dari permasalahan ini. Properti-properti algoritma runut balik pada persoalan ini ialah sebagai berikut.

1. Solusi Persoalan

Solusi persoalan ini ialah matriks 5x5 yang sebelumnya telah dibuat. Secara umum, solusi persoalan ini dengan N objek dan M atribut ialah matriks berukuran MxN.

2. Fungsi pembangkit

Fungsi pembangkit pada persoalan ini akan menerima nilai-nilai pada matriks yang telah terisi sebagai argumen, dan akan membangkitkan nilai dari indeks terkecil pada matriks yang mungkin. Nilai yang mungkin ialah nilai yang belum muncul pada baris tersebut.

3. Fungsi Pembatas

Fungsi pembatas pada persoalan ini ialah fungsi yang mengecek kesesuaian nilai-nilai yang telah terisi pada matriks dengan petunjuk-petunjuk yang ada, khususnya petunjuk kategori 2 dan petunjuk kategori 3, karena informasi dari petunjuk kategori 1 sudah digunakan sepenuhnya pada tahap heuristik.

IV. HASIL EKSPERIMEN

Berikut merupakan pseudocode yang digunakan untuk melakukan pencarian solusi dalam permasalahan ini.

```
void solve ()
  if (heuristic()) then
    backtrack(0);
  else
    print("gagal solve");
```

Fungsi heuristic() akan mengembalikan suatu nilai Boolean yang akan menentukan apakah persoalan ini dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu tahap runut balik, atau ternyata pencarian solusi sudah gagal di tahap heuristik. Kegagalan pada tahap heuristik terjadi jika ada dua petunjuk kategori 1 yang konflik. Sedangkan prosedur backtrack(int) memiliki pseudocode seperti berikut.

```
void backtrack(int k) {
  if(RiddleMatrix[k/col][k%col] = 0) then
    Integer[] t = T(RiddleMatrix, k);
    for(Integer i: t) do
      RiddleMatrix[k/col][k%col] = i;
      if(B(RiddleMatrix)) then
        if(isSolved(RiddleMatrix)) then
          printSolution();

      if(k<row*col-1) then
        backtrack(k+1);

      RiddleMatrix[(k)/col][(k)%col] = 0;
  else
    backtrack(k+1);
}
```

Untuk program yang dapat dijalankan dapat diakses di tautan [berikut](#).

[DeeGeeDow/EinsteinRiddleSolver \(github.com\)](https://github.com/DeeGeeDow/EinsteinRiddleSolver)

Pada program di atas, untuk memudahkan, tiap atribut akan dinyatakan dalam integer. Berikut merupakan representasi integer dari nilai-nilai pada atribut-atribut tersebut.

(Row = 0) Warna

1 = biru

2 = hijau

3 = merah

4 = putih

5 = kuning

(Row = 1) Kebangsaan

1 = Britania

2 = Denmark

3 = Jerman

4 = Norwegia

5 = Swedia

(Row = 2) Minuman

1 = bir

2 = kopi

3 = susu

4 = teh

5 = air mineral

(Row = 3) Rokok

1 = Blends

2 = Blue Master

3 = Dunhill

4 = Pall Mall

5 = Prince

(Row = 4) Peliharaan

1 = Birds

2 = Cats

3 = Dogs

4 = Horses

5 = Fishes

Sedangkan pada kumpulan petunjuk, dapat dilihat hanya dua petunjuk kategori 1, yaitu petunjuk nomor 8 dan petunjuk nomor 9.

Setelah melakukan tahap heuristik, maka akan diperoleh matriks seperti berikut.

| | Rumah #1 | Rumah #2 | Rumah #3 | Rumah #4 | Rumah #5 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Warna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kebangsaan | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Minuman | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Rokok | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peliharaan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 2. Kondisi matriks setelah dilakukan tahap heuristik

Selanjutnya, tahap runut balik akan dilakukan dari nilai yang paling atas kiri. Akan tetapi, akan sangat banyak proses yang akan terjadi untuk melakukan algoritma runut balik dalam persoalan ini, sehingga hanya akan dituliskan hasil penelusuran algoritma runut balik dalam keadaan tertentu saja.

| | Rumah #1 | Rumah #2 | Rumah #3 | Rumah #4 | Rumah #5 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Warna | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kebangsaan | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Minuman | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Rokok | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peliharaan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 3. Kondisi matriks pertama kali dilakukan tahap runut balik

Pada kasus pertama, matriks langsung tidak memenuhi keadaan. Hal ini dikarenakan rumah dengan warna biru tidak boleh memiliki kebangsaan Norwegia.

| | Rumah #1 | Rumah #2 | Rumah #3 | Rumah #4 | Rumah #5 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Warna | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 |
| Kebangsaan | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Minuman | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Rokok | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peliharaan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 4. Kondisi matriks setelah melakukan tahap runut balik untuk beberapa kali

Pada suatu tahapan runut balik, ditemukan kondisi berikut. Hal ini ditemui setelah menemui kondisi *bound* setelah berkali-kali. Dalam kondisi ini, matriks lagi-lagi tidak memenuhi keadaan karena rumah hijau tidak berada di sebelah kiri rumah putih.

Setelah melakukan langkah yang banyak, program akan menemui tahap seperti berikut.

| | Rumah #1 | Rumah #2 | Rumah #3 | Rumah #4 | Rumah #5 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Warna | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| Kebangsaan | 4 | 2 | 1 | 3 | 5 |
| Minuman | 1 | 4 | 3 | 2 | 5 |
| Rokok | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Peliharaan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel 5. Kondisi matriks setelah melakukan tahap runut balik untuk beberapa kali

Tahap ini masih sesuai dengan fungsi pembatas, namun tidak akan ada nilai yang sesuai untuk elemen berikutnya, yaitu atribut rokok untuk rumah pertama. Sehingga, pada akhirnya, akan menemui *bound* juga.

Setelah melakukan penelusuran yang panjang, didapat solusi dari persoalan ini. Hasil akhir dari penelusuran solusi ialah seperti berikut.

| | Rumah #1 | Rumah #2 | Rumah #3 | Rumah #4 | Rumah #5 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Warna | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| Kebangsaan | 4 | 2 | 1 | 3 | 5 |
| Minuman | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Rokok | 3 | 1 | 4 | 5 | 2 |
| Peliharaan | 2 | 4 | 1 | 5 | 3 |

Tabel 6. Kondisi matriks setelah semua elemen matriks terisi.

Setelah ditemukan solusi, kita akan memeriksa apakah solusi yang ditemukan merupakan solusi yang tepat. Sebelum itu, susunan integer di atas akan diterjemahkan menjadi nilai yang sesuai dengan pernyataan soal.

| | Rumah #1 | Rumah #2 | Rumah #3 | Rumah #4 | Rumah #5 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
|--|----------|----------|----------|----------|----------|

| | | | | | |
|------------|----------|---------|-----------|--------|-------------|
| Warna | kuning | Biru | Merah | Hijau | Putih |
| Kebangsaan | Norwegia | Denmark | Britania | Jerman | Swedia |
| Minuman | Air | Teh | Susu | Kopi | bir |
| Rokok | Dunhill | Blends | Pall Mall | Prince | Blue Master |
| Peliharaan | Kucing | Kuda | Burung | Ikan | Anjing |

Tabel 7. Kondisi matriks setelah diterjemahkan menjadi kata-kata yang sesuai dengan pernyataan soal.

Setelah semuanya diterjemahkan, pengecekan dilakukan.

- Orang Britania tinggal di rumah merah.
Benar. Orang Britania tinggal di rumah 3 dan rumah 3 berwarna merah.
- Orang Swedia memelihara anjing.
Benar. Orang Swedia tinggal di rumah 5 dan terdapat anjing pada rumah 5.
- Orang Denmark minum teh.
Benar. Orang Denmark tinggal di rumah 2 dan penghuni rumah 2 meminum teh.
- Rumah hijau berada tepat di kiri rumah putih.
Benar. Rumah 4 berwarna hijau dan rumah 5 berwarna putih.
- Pemilik rumah hijau minum kopi.
Benar. Rumah 4 berwarna hijau dan penghuni rumah 4 minum kopi.
- Orang yang merokok dengan rokok Pall Mall memelihara burung.
Benar, penghuni rumah 3 merokok dengan rokok Pall Mall dan memelihara burung.
- Pemilik rumah kuning merokok dengan rokok Dunhill.
Benar, rumah 1 berwarna kuning dan penghuni rumah 1 merokok dengan rokok Dunhill.
- Orang yang tinggal di rumah tengah minum susu
Benar, penghuni rumah 3 minum susu.
- Orang Norwegia tinggal di rumah pertama.
Benar, rumah 1 dihuni oleh orang Norwegia.
- Orang yang merokok dengan Rokok Blend tinggal di sebelah rumah orang yang memelihara kucing.
Benar, penghuni rumah 2 merokok dengan Rokok Blend dan penghuni rumah 1 memelihara kucing.
- Orang yang memelihara kuda tinggal di sebelah rumah orang yang merokok dengan Rokok Dunhill.

Benar, penghuni rumah 2 memelihara kuda dan penghuni rumah 1 merokok dengan Rokok Dunhill.

- Orang yang merokok dengan Rokok Blue Master minum bir.
Benar, penghuni rumah 5 merokok dengan Rokok Blue Master dan meminum bir.

- Orang Jerman merokok dengan Rokok Prince.
Benar, penghuni rumah 4 merupakan orang Jerman dan merokok dengan Rokok Prince.

- Orang Norwegia tinggal di sebelah rumah biru.
Benar, penghuni rumah 1 merupakan orang Norwegia dan rumah 2 berwarna biru.

- Orang yang merokok dengan Rokok Blend memiliki tetangga yang minum air mineral.
Benar, penghuni rumah 1 minum air dan penghuni rumah 2 merokok dengan Rokok Blend.

Karena pada semua petunjuk memenuhi, maka matriks tersebut merupakan solusi penyelesaian dari permasalahan ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa yang memelihara ikan ialah penghuni rumah 4, yaitu Orang Jerman yang suka minum kopi dan merokok dengan Rokok Prince.

V. KESIMPULAN

Algoritma Runut Balik dapat digunakan untuk mencari solusi dari teka-teki rumit, salah satunya ialah *Einstein's Riddle*. Akan tetapi, optimasi yang dilakukan pada makalah ini masih dapat dikembangkan lagi sehingga menghasilkan algoritma yang sangat mangkus untuk menyelesaikan masalah ini. Permasalahan ini juga menjadi lebih sulit jika ditambahkan beberapa petunjuk yang tidak terduga.

ACKNOWLEDGMENT

Pertama-tama, penulis ingin mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT. Atas rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan makalah saya yang berjudul "Penerapan Teknik Heuristik dan Algoritma Runut Balik untuk Menyelesaikan Einstein's Riddle". Penulis juga ingin berterima kasih kepada pada dosen Mata Kuliah IF2211 Strategi Algoritma, yaitu Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T., Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, S.T, M.Sc., dan Ibu Dr. Masayu Leylia Khodra ST,MT. yang telah membimbing saya dalam mata kuliah ini sehingga saya dapat menyelesaikan makalah ini. Saya juga ingin berterima kasih kepada rekan-rekan saya yang telah mendukung saya dalam penyelesaian makalah ini.

REFERENCES

- [Play Einstein's Riddle - Brainzilla](#) diakses pada 23 Mei 2022
- <https://www.siammandalay.com/blogs/puzzles/95858310-chronological-history-of-puzzles-a-timeline> diakses pada 21 Mei 2022

- [3] Materi Slide Strategi Algoritma : Algoritma Backtracking ([PowerPoint Presentation \(itb.ac.id\)](#)) diakses pada 20 Mei 2022
- [4] [DeeGeeDow/EinsteinRiddleSolver \(github.com\)](#)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 23 Mei 2022



13520152 Muhammad Fahmi Irfan