

# Penyelesaian Game Lights Out dengan Algoritma Runut Balik

Muhammad Aulia Firmansyah (13509039)

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganessa 10 Bandung 40132, Indonesia

13509039@stei.itb.ac.id

**Abstrak**—permainan Lights Out adalah suatu permainan yang menggunakan lampu – lampu yang disusun dalam bentuk persegi atau persegi panjang. Setiap lampu memiliki sebuah sakelar yang berfungsi menyalakan dan mematikan lampu tersebut. Ketika sebuah saklar ditekan, lampu yang bersangkutan dan lampu yang bersinggungan secara horizontal dan vertikal akan berubah dari padam menjadi menyala atau sebaliknya. Tujuan dari permainan ini adalah untuk mematikan seluruh lampu dengan menekan sakelar – sakelar tersebut.

**Kata Kunci**—Lights Out, Algoritma Runut Balik, lampu, sakelar.

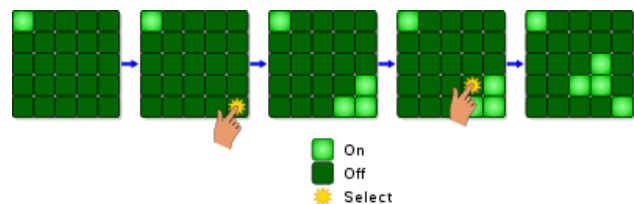
## I. PENDAHULUAN

Lights Out adalah permainan elektronik, dirilis oleh Tiger Toys pada tahun 1995. Permainan ini terdiri lampu – lampu yang disusun dalam bentuk persegi berukuran 5x5. Sebuah permainan yang sejenis juga dirilis oleh Parker Brothers pada 1970-an dengan aturan yang serupa menggunakan persegi berukuran 3x3. Sejumlah teka-teki baru yang mirip dengan Lights Out telah dirilis, seperti Lights Out 2000, Lights Out Cube, dan Lights Out Deluxe. Saat ini, permainan Lights Out berkembang dengan adanya platform baru seperti flash dan mobile platform.



Ketika permainan dimulai, beberapa lampu akan menyala baik secara acak atau merupakan pola yang telah dipersiapkan. Ketika sebuah sakelar ditekan, lampu yang

bersangkutan dan lampu yang bersinggungan secara horizontal dan vertikal (jika ada) akan berubah dari padam menjadi menyala atau sebaliknya. Tujuan dari permainan ini adalah untuk mematikan seluruh lampu dengan menekan sakelar – sakelar tersebut.



Tantangan dalam permainan ini adalah bagaimana memadamkan seluruh lampu dengan menekan sakelar sesedikit mungkin. Dengan tantangan tersebut, muncul aturan tambahan dalam penyelesaian permainan Lights Out.

Pertama, urutan penekanan lampu yang ditekan tidak menjadi masalah. Misalkan, jika sakelar A ditekan kemudian sakelar B ditekan, hasilnya akan sama apabila sakelar B yang ditekan terlebih dahulu. Aturan kedua ialah hanya memperbolehkan menekan sakelar sebanyak sekali. Hal ini dikarenakan menekan sakelar dua kali akan menghasilkan hasil yang sama dengan tidak menekan sakelar tersebut sama sekali.

Salah satu strategi yang umum digunakan untuk menyelesaikan persoalan ini adalah mencoba setiap kombinasi sakelar dan mengecek apakah dengan kombinasi tersebut seluruh lampu akan padam. Dari strategi penyelesaian tersebut, dikembangkan berbagai algoritma, yang salah satunya adalah dengan Algoritma Runut Balik.

Permainan ini merupakan permainan yang tergolong cukup sulit, karena pemain harus memperhitungkan setiap kemungkinan apabila hendak menekan suatu sakelar. Pertimbangan yang salah malah akan membuat permainan jauh dari selesai.

Tingkat kesulitan tersebut akan menjadi lebih tinggi lagi apabila solusi yang diberikan harus dilakukan dengan menekan seminimal mungkin sakelar. Hal ini dikarenakan apabila pemain menekan suatu sakelar lebih dari sekali, solusi tersebut tidak akan minimal.

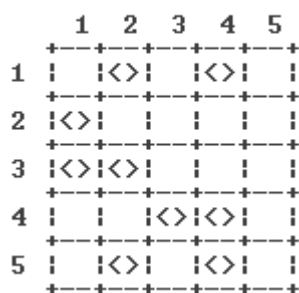
Karena tingkat kesulitan yang cukup tinggi tersebut,

permainan ini merupakan permainan yang cukup menarik. Apabila dikaji lebih dalam, banyak strategi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan ini. Pada awalnya, mungkin kebanyakan orang akan menekan sakelar yang memadamkan paling banyak lampu. Akan tetapi, apakah cara tersebut akan dapat menyelesaikan persoalan dengan langkah minimal? Hal tersebut belum tentu benar.

## II. DESKRIPSI PERMASALAHAN

Inti dari permainan ini adalah bagaimana memadamkan seluruh lampu dengan menekan sakelar – sakelar. Akan tetapi, tantangan dalam permainan ini adalah bagaimana memadamkan seluruh lampu dengan menekan sakelar sesedikit mungkin. Dengan tantangan tersebut, muncul aturan tambahan dalam penyelesaian permainan Lights Out.

**Persoalan :**



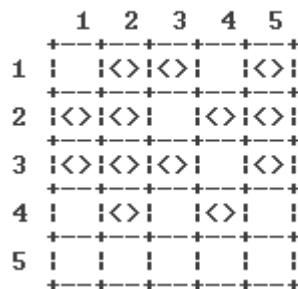
Pertama, urutan penekanan lampu yang ditekan tidak menjadi masalah. Misalkan, jika sakelar A ditekan kemudian sakelar B ditekan, hasilnya akan sama apabila sakelar B yang ditekan terlebih dahulu. Aturan kedua ialah hanya memperbolehkan menekan sakelar sebanyak sekali. Hal ini dikarenakan menekan sakelar dua kali akan menghasilkan hasil yang sama dengan tidak menekan sakelar tersebut sama sekali.

Dengan adanya aturan tersebut bentuk solusi yang terbaik dalam permainan ini bukan seperti berikut,

1. Menekan sakelar (2,1)
2. Menekan sakelar (3,3)
3. Menekan sakelar (3,1).

Hal ini dikarenakan bentuk solusi tersebut memungkinkan adanya sakelar yang ditekan lebih dari sekali, sehingga solusi bukan merupakan solusi yang terbaik. Akan tetapi, bentuk solusi yang terbaik ialah dengan bentuk seperti berikut.

**Tombol yang ditekan ialah**



Dengan bentuk seperti pada gambar, bentuk solusi tersebut akan lebih baik, karena tidak mungkin ada sakelar yang ditekan lebih dari sekali. Selain itu, bentuk ini tidak memperlumahkan urutan penekanan sakelar.

## III. ALGORITMA RUNUT BALIK

Runut-balik (backtracking) adalah algoritma yang merupakan pengembangan dari algoritma DFS untuk mencari solusi persoalan secara lebih mangkus. Runut balik, yang merupakan perbaikan dari algoritma brute force, secara sistematis mencari solusi persoalan di antara semua kemungkinan solusi yang ada.

Dengan metode runut balik, kita tidak perlu memeriksa semua kemungkinan solusi yang ada. Hanya pencarian yang mengarah ke solusi saja yang selalu dipertimbangkan. Dengan demikian, waktu pencarian dapat dihemat. Alogritma runut balik sendiri merupakan bentuk tipikal dari algoritma rekursif.

Saat ini, algoritma runut balik telah diterapkan untuk berbagai permainan seperti permainan tic-tac-toe, menemukan jalan keluar dalam sebuah labirin, catur, dan masalah – masalah pada bidang kecerdasan buatan (artificial intelligence). Dalam hal ini, algoritma runut balik dapat digunakan dalam mencari solusi permainan Lights Out.

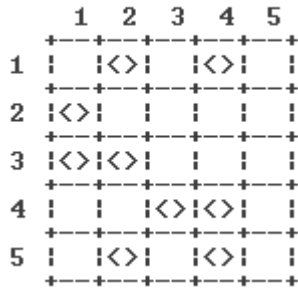
Algoritma runut balik cukup tepat untuk menjadi strategi penyelesaian permainan Lights Out karena permainan ini merupakan permainan yang hanya mempunyai satu solusi, seperti permainan sudoku. Solusi yang lebih dari satu biasanya adalah satu solusi yang diputar atau dicerminkan.

## IV. IMPLEMENTASI

Seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya, permainan Lights Out dapat dicari solusinya dengan menggunakan algoritma runut balik. Pencarian solusi dilakukan dengan pengecekan setiap langkah yang mengarah kepada solusi.

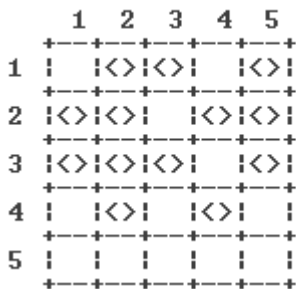
Berikut merupakan salah satu persoalan pada permainan Lights Out.

**Persoalan :**



Kotak yang terisi melambangkan lampu yang menyala. Sedangkan, kotak yang kosong melambangkan lampu yang padam. Dari persoalan tersebut, didapat solusi sebagai berikut.

**Tombol yang ditekan ialah**



Dari solusi berikut, dapat dibuat suatu bentuk biner 25-bit yang melambangkan apakah sakelar ditekan atau tidak. Jika pada gambar di atas, kotak yang terisi melambangkan sakelar yang ditekan, didapatkan solusi tersebut sebagai berikut.

Solusi persoalan (gambar dibaca dari bawah, kanan ke kiri), 00000 01010 10111 11011 10110 = 352118

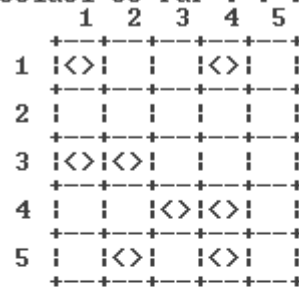
Dengan bentuk tersebut, solusi dapat dinyatakan sebagai sebuah bilangan. Artinya pada setiap persoalan, terdapat sebuah bilangan yang dapat merepresentasikan solusi persoalan tersebut. Bilangan tersebut memiliki rentang sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rentang} &= 0 \text{ sampai } (2^{25}-1) \\ &= 0 \text{ sampai } 33554431 \end{aligned}$$

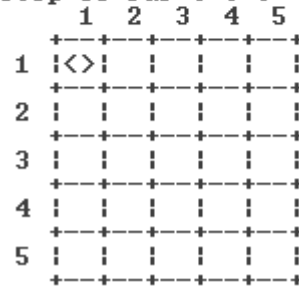
Dengan demikian, algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan tersebut adalah dengan menghitung bilangan n dari 0 sampai 33554431 (untuk kasus terburuk) dan di setiap hitungan tersebut, mengecek apakah kombinasi sakelar ke-n menyelesaikan persoalan atau tidak.

Berikut adalah contoh proses penyelesaian masalah dari persoalan sebelumnya.

**Solusi so far . . .**



**Step so far . . . 5**



Berikut adalah solusi yang direpresentasikan dengan bilangan 1(00000 00000 00000 00000 00001). Proses ini terus dijalankan sampai solusinya valid atau tidak ada solusi.

Berikut merupakan algoritma penyelesaian dari permainan Lights Out (bahasa C++).

```

while(!(isFinish(solusi) || isFull(step)))
{
    adv = 1;
    for (i=0;i<lebar;i++){
        for (j=0;j<panjang;j++){
            if(adv)
            {
                if(step[i][j]=='0')
                    step[i][j]='1';
                else
                {
                    step[i][j]='0';
                    adv = 0;
                }
            }
        }
    }
    salinMatrikske(kotak,solusi);
    for (i=0;i<lebar;i++){
        for (j=0;j<panjang;j++){
            if(step[i][j]=='0')
                press(solusi,j,i);
        }
    }
    if(isFinish(solusi))
    {
        printf("Solusi ditemukan\n");
        printf("Tombol yang ditekan ialah\n\n");
        printKotak(step);
    }
    else
    {
        printf("\n\nSolusi tidak ditemukan\n");
    }
}

```

## V. HASIL IMPLEMENTASI

Berikut adalah hasil implementasi algoritma tersebut dalam bahasa C++.

Persoalan :

```

      1  2  3  4  5
    +--+--+--+--+--+
  1 |  |<>|  |<>|  |
    +--+--+--+--+--+
  2 |<>|  |  |  |  |
    +--+--+--+--+--+
  3 |<>|<>|  |  |  |
    +--+--+--+--+--+
  4 |  |  |<>|<>|  |
    +--+--+--+--+--+
  5 |  |<>|  |<>|  |
    +--+--+--+--+--+
  
```

```

Press any key to continue . . .
Menghitung . . .
Selesai.
Waktu yang dibutuhkan = 618 ms
Solusi ditemukan
Tombol yang ditekan ialah
  
```

```

      1  2  3  4  5
    +--+--+--+--+--+
  1 |  |<>|<>|  |<>|
    +--+--+--+--+--+
  2 |<>|<>|  |<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  3 |<>|<>|<>|  |<>|
    +--+--+--+--+--+
  4 |  |<>|  |<>|  |
    +--+--+--+--+--+
  5 |  |  |  |  |  |
    +--+--+--+--+--+
  
```

```

GAME OVER
Press any key to continue . . . _
  
```

Berikut merupakan persoalan dimana pada kondisi awal, semua lampu menyala.

Persoalan :

```

      1  2  3  4  5
    +--+--+--+--+--+
  1 |<>|<>|<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  2 |<>|<>|<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  3 |<>|<>|<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  4 |<>|<>|<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  5 |<>|<>|<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  
```

```

Press any key to continue . . .
Menghitung . . .
Selesai.
Waktu yang dibutuhkan = 7355 ms
Solusi ditemukan
Tombol yang ditekan ialah
  
```

```

      1  2  3  4  5
    +--+--+--+--+--+
  1 |  |<>|<>|  |<>|
    +--+--+--+--+--+
  2 |  |<>|<>|<>|  |
    +--+--+--+--+--+
  3 |  |  |<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  4 |<>|<>|  |<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  5 |<>|<>|  |  |  |
    +--+--+--+--+--+
  
```

```

GAME OVER
Press any key to continue . . . _
  
```

Terlihat jelas bahwa waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan persoalan ini akan menjadi jauh lebih banyak apabila solusinya termasuk menekan tombol yang lebih bawah kanan. Hal ini merupakan konsekuensi dari kasus baik ke kasus buruk.

Kasus terburuk dari algoritma ini ialah apabila solusi tidak ditemukan. Contohnya ialah sebagai berikut.

Persoalan :

```

      1  2  3  4  5
    +--+--+--+--+--+
  1 |<>|  |<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  2 |<>|  |<>|  |  |
    +--+--+--+--+--+
  3 |<>|  |<>|<>|<>|
    +--+--+--+--+--+
  4 |<>|  |<>|  |  |
    +--+--+--+--+--+
  5 |<>|  |<>|  |  |
    +--+--+--+--+--+
  
```

```

Press any key to continue . . .
Menghitung . . .
Selesai.
Waktu yang dibutuhkan = 65533 ms
  
```

```

Solusi tidak ditemukan
GAME OVER
Press any key to continue . . . _
  
```

Pada kasus tersebut, solusi tidak ditemukan setelah mengecek dari 0 sampai 33554431. Hal ini menunjukkan waktu terdapat beberapa persoalan yang tidak dapat ditemukan solusinya.

## V. SIMPULAN

Dengan algoritma tersebut didapat kompleksitas algoritma sebesar

$$O(n,m) = 2^{m \times n}$$

, dimana m dan n adalah jumlah kolom dan baris dari program tersebut.

## REFERENSI

<http://www.decodesystems.com/games/lightsout.html>. Terakhir diakses 9 Desember 2011  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Lights\\_Out\\_\(game\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Lights_Out_(game)) . Terakhir diakses 9 Desember 2011  
[kur2003.if.itb.ac.id/file/trans-Bahan%20Kuliah%20ke-9.DOC](http://kur2003.if.itb.ac.id/file/trans-Bahan%20Kuliah%20ke-9.DOC). Terakhir diakses 9 Desember 2011  
Munir, Rinaldi. *Dikat Kuliah IF3051 Strategi Algoritma*. ITB, 2009.

## 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, 9 Desember 2011



M. Aulia F./13509039