

Menentukan Titik Evakuasi Selanjutnya bagi Sekelompok Regu Tim SAR dengan Algoritma *Branch and Bound*

Willy Fitra Hendria / 13511086
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13511086@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Menentukan titik evakuasi selanjutnya yang harus di jangkau oleh sekelompok regu tim SAR sangat menentukan keberhasilan proses evakuasi. Parameter yang digunakan dalam menentukan penugasan sekelompok regu tim SAR ini adalah perkiraan jarak sebuah regu menuju titik evakuasi selanjutnya. Penentuan titik evakuasi selanjutnya ini bertujuan agar total jarak titik evakuasi yang akan dijangkau selanjutnya oleh beberapa regu tim SAR memiliki jarak yang sesedikit mungkin.

Kata Kunci—*Branch and Bound*, Evakuasi, SAR, Titik Evakuasi.

I. PENDAHULUAN

SAR (*Search and Rescue*), jika dilihat dari kepanjangannya adalah suatu usaha untuk mencari dan menyelamatkan, khususnya dalam mencari dan menyelamatkan korban yang mengalami bencana atau dalam keadaan bahaya. Istilah SAR merupakan istilah internasional, sehingga istilah SAR bukan merupakan istilah yang asing di negara manapun.

Koordinasi dan pengendalian operasi SAR di setiap negara pada umumnya di atur dan dikoordinasikan oleh organisasi SAR-nya masing-masing yang dimiliki oleh negara tersebut. Walaupun struktur organisasi SAR di setiap negara berbeda, namun fungsionalitas dan operasional yang dilakukan pada umumnya sama.



Gambar 1 Logo BASARNAS

Dalam melakukan operasi *Search and Rescue* ini, biasanya organisasi SAR pada suatu negara akan membentuk sekelompok tim yang akan diterjunkan

langsung ke lapangan. Tim yang terjun langsung ke lapangan inilah yang akan terlibat secara langsung di lokasi evakuasi dan terlibat secara langsung dalam melakukan pencarian dan penyelamatan korban bencana.

Tim yang melakukan operasi SAR atau operasi pencarian dan penyelamatan ini biasanya dibagi-bagi lagi kedalam beberapa regu yang lebih kecil. Hal tersebut bertujuan agar proses evakuasi dapat secara cepat menjangkau seluruh titik evakuasi yang belum di evakuasi oleh sebuah regu.



Gambar 2 Tim SAR sedang terjun di lapangan

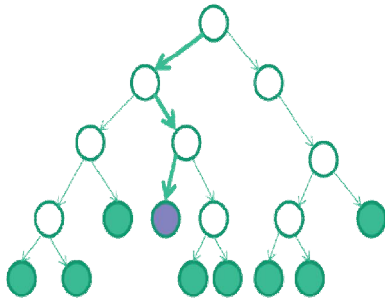
Keberhasilan regu-regu tim yang terjun langsung ke lapangan dalam melakukan operasi pencarian dan penyelamatan ini tidak hanya membutuhkan keahlian praktis yang dimiliki oleh setiap individu dalam suatu regu saja, namun juga dibutuhkan koordinasi dan pengendalian yang baik dengan menggunakan strategi penentuan titik evakuasi yang harus dijangkau selanjutnya oleh masing-masing regu. Meskipun seluruh titik evakuasi yang telah ditentukan dapat terjangkau seluruhnya, namun total jarak tempuh yang harus dilalui oleh regu-regu yang terlibat bisa saja menjadi sangat jauh dan sangat tidak efisien. Mengingat operasi pencarian dan penyelamatan ini harus dilakukan secara cepat dan tepat untuk menghindari jumlah korban yang berjatuhan lebih banyak lagi.

II. DASAR TEORI

Algoritma *Branch and Bound* merupakan suatu metode pencarian yang mirip dengan BFS. Perbedaannya pada penentuan simpul berikutnya yang akan diekspansi. Pada

BFS, penentuan simpul yang akan di ekspansi selanjutnya adalah berdasarkan urutan pembangkitannya, sedangkan pada *Branch and Bound* penentuan simpul selanjutnya yang akan diekspansi adalah berdasarkan cost yang paling kecil (*least cost search*). Sehingga pada BFS ekspansi akan dilakukan pada semua anak yang belum terekspansi jika solusi masih belum mencapai simpul tujuan, sedangkan pada *Branch and Bound* hanya simpul yang memiliki cost terkecil saja yang akan di ekspansi selanjutnya dan simpul yang memiliki cost terbesar tidak akan di ekspansi.

Branch-and-Bound



Each node in branch-and-bound is a new MIP

Gambar 3 Tree pada Branch and Bound bergantung cost

Berikut adalah strategi algoritma *Branch and Bound* secara umum :

1. Masukkan simpul akar kedalam antrian. Jika simpul akar adalah simpul tujuan atau simpul solusi, maka hentikan pencarian dan solusi telah ditemukan.
2. Jika antrian kosong, maka hentikan pencarian dan tidak ada solusi ditemukan.
3. Jika antrian tidak kosong, pilih dari antrian untuk simpul yang memiliki cost atau bobot paling kecil. Jika terdapat beberapa simpul yang memiliki nilai paling kecil dengan nilai yang sama, maka pilih salah satu di antara simpul tersebut secara sembarang.
4. Jika simpul yang dipilih adalah simpul solusi, hentikan pencarian dan artinya solusi telah ditemukan. Jika simpul yang dipilih bukan simpul solusi, maka lakukan ekspansi dengan membangkitkan semua anak-anaknya. Namun jika simpul tersebut tidak mempunyai anak, kembali lagi ke langkah dua
5. Untuk setiap anak dari simpul yang telah dipilih tersebut, hitung cost atau bobotnya dan masukkan semua anak-anak hasil ekspansi tersebut kedalam antrian.
6. Kembali lagi ke langkah dua

Penetapan taksiran cost yang diberikan dengan menggunakan matriks tereduksi yang didapat dari matriks jarak suatu titik pada graf terhadap titik lain yang masih merupakan tetangga dari titik tersebut.

Matrik tereduksi adalah suatu bentuk matriks dimana pada setiap kolom dan barisnya minimal memiliki satu buah angka nol dan tidak ada elemennya yang bernilai negatif didalam matriks tersebut.

Cara untuk mendapatkan matriks tereduksi ini adalah dengan cara melakukan pengurangan pada baris atau kolom dengan nilai yang paling kecil yang terdapat pada baris atau kolom pada suatu matriks tersebut.

Misalkan A adalah matriks tereduksi untuk simpul R dan S adalah anak dari simpul R sehingga sisi (R,S) berkoresponden dengan sisi (i,j) pada perjalanan. Jika S bukan simpul daun, maka matriks bobot tereduksi untuk simpul S dapat dihitung sebagai berikut :

- Ubah semua nilai pada baris i dan kolom j menjadi ∞ .
- Ubah $A(j,1)$, yaitu nilai di kolom j dan baris pertama menjadi ∞ .
- Reduksi matriks jika bentuknya bukan merupakan matriks tereduksi.

Jika total semua pengurang adalah senilai r, maka nilai batas untuk suatu simpul S adalah sebagai berikut :

$$\hat{c}(S) = \hat{c}(R) + A(i,j) + r$$

Dengan keterangan :

- $\hat{c}(S)$ adalah bobot perjalanan minimum yang melalui simpul S
- $\hat{c}(R)$ adalah bobot perjalanan minimum yang melalui simpul R, dengan R adalah orangtua dari S
- $A(i,j)$ adalah bobot sisi (i,j) pada graf yang berkoresponden dengan sisi (R,S) pada pohon ruang status.
- r adalah jumlah semua pengurang pada proses dalam memperoleh sebuah matriks tereduksi untuk suatu simpul S

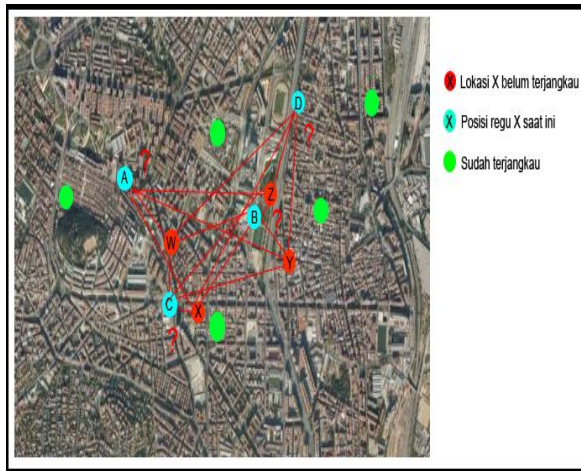
Hasil reduksi matriks tersebut maka kita sebut dengan matriks B.

III. PENERAPAN ALGORITMA

Dalam bab akan dibahas mengenai optimasi penentuan titik evakuasi selanjutnya yang harus dilalui oleh sekelompok regu tim SAR.

A. Batasan Permasalahan

Setiap regu tim SAR diasumsikan akan memilih satu buah titik evakuasi selanjutnya yang belum pernah dijangkau oleh regu manapun yang terlibat langsung di lapangan. Titik evakuasi selanjutnya yang di ambil didalam matriks hanyalah titik titik yang bertetangga dengan titik dimana suatu regu tim SAR berada dan titik tersebut harus belum pernah dijangkau. Hal tersebut di ilustrasikan dengan gambar berikut :



Gambar 4. Ilustrasi titik-titik evakuasi

Dapat dilihat pada ilustrasi di atas, simbol berwarna merah melambangkan sebagai lokasi atau titik evakuasi yang belum terjangkau, simbol berwarna hijau melambangkan lokasi atau titik evakuasi yang sudah terjangkau sedangkan simbol berwarna biru melambangkan titik evakuasi dimana posisi suatu regu sedang berada disana. Untuk setiap titik evakuasi dimana sebuah regu berada memiliki jalur menuju titik evakuasi yang belum terjangkau. Jadi setiap regu memiliki empat kemungkinan titik evakuasi selanjutnya jika dilihat dari ilustrasi di atas.

Berikut matriks nilai yang digunakan dalam makalah ini.

	T1	T2	T3	T4	
regu A	3	5	1	7	
regu B	2	1	5	8	
regu C	5	4	9	1	
regu D	1	6	7	8	

Dengan Tx adalah suatu Titik evakuasi selanjutnya yang belum terjangkau pada lokasi x, sedangkan regu x adalah suatu regu yang terdapat dilapangan yang akan menuju dan menentukan titik evakuasi selanjutnya yang akan regu tersebut jangkau.

Nilai yang digunakan pada matriks diatas adalah jarak dari suatu regu menuju suatu titik evakuasi selanjutnya yang belum terjangkau. Jadi untuk setiap regu akan memilih satu titik evakuasi selanjutnya yang belum terjangkau.

B. Penerapan Algoritma

Langkah awal yang dilakukan adalah dengan mereduksi matriks yang didefinisikan tersebut dan mendapatkan cost total yang digunakan untuk menguranginya. Sehingga matriks yang dihasilkan akan menjadi matriks tereduksi dengan hasil sebagai berikut :

2	4	0	6
1	0	4	7
4	3	8	0
0	5	6	7

Matriks tereduksi diatas membutuhkan total pengurangan nilai sebanyak 4. Dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{cost}(\text{root}) = 1 + 1 + 1 + 1 = 4$$

Untuk selanjutnya akan dilakukan ekspansi untuk mendapatkan semua anak-anaknya.

Simpul 2 : regu A - T1

∞	∞	∞	∞
∞	0	3	7
∞	3	7	0
∞	0	0	2

$$\text{cost} = 4 + 5 + 2 = 11$$

Simpul 3 : regu A - T2

∞	∞	∞	∞
0	∞	0	6
4	∞	5	0
0	∞	3	7

$$\text{cost} = 4 + 4 + 4 = 12$$

Simpul 4 : regu A - T3

∞	∞	∞	∞
1	0	∞	7
4	3	∞	0
0	5	∞	7

$$\text{cost} = 4 + 0 + 0 = 4$$

Simpul 5 : regu A - T4

∞	∞	∞	∞
1	0	0	∞
1	0	1	∞
0	5	2	∞

$$\text{cost} = 4 + 7 + 6 = 17$$

Simpul 6, regu B - T1

∞	∞	∞	∞
∞	∞	∞	∞
∞	3	∞	0
∞	0	∞	2

$$\text{cost} = 4 + 5 + 1 = 9$$

Simpul 7, regu B - T2

∞	∞	∞	∞
∞	∞	∞	∞
4	∞	∞	0
0	∞	∞	7

$$\text{cost} = 4 + 0 + 0 = 4$$

Simpul 8, regu B – T4

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty \\ 1 & 0 & \infty & \infty \\ 0 & 5 & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

$$\text{cost} = 4 + 3 + 7 = 14$$

Simpul 9, regu C – T1

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{cost} = 4 + 7 + 4 = 15$$

Simpul 10, regu C – T4

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

$$\text{cost} = 4 + 0 + 0 = 4$$

Karena tidak ada lagi simpul hidup yang dapat di ekspansi, maka pencarian telah berhenti dan menemukan solusi dengan urutan simpul sebagai berikut.

Simpul 1 > Simpul 4 > simpul 7 > simpul 10 > sisa

C. Solusi Assignment Problem untuk Menentukan Titik Evakuasi Selanjutnya yang Harus dijangkau oleh Sekelompok Regu Tim SAR

Dari pencarian berdasarkan cost jarak menuju titik evakuasi selanjutnya, maka didapatkan hasil seabgai berikut.

- regu A = T3
- regu B = T2
- regu C = T4
- regu D = T1

Regu A akan menuju titik evakuasi 3, regu B akan menuju titik evakuasi 2, regu C akan menuju titik evakuasi 4, serta regu D akan menuju titik evakuasi 1 dengan mengambil sisa simpul yang belum dipilih oleh regu yang lainnya.

IV. ANALISIS

Berdasarkan permasalahan yang terdapat didalam makalah ini, algoritma terlihat perbedaan yang signifikan antara algoritma *Branch and Bound* dibandingkan dengan algoritma *Breadth First Search*.

Tidak semua simpul di ekspansi pada algoritma *Branch and Bound* ini, sedangkan pada algoritma BFS semua simpul harus di ekspansi berdasarkan urutan pembangkitannya pada saat ekspansi anak-anaknya dilakukan.

Berdasarkan analisis yang dilakukan maka didapatkan

bahwa algoritma *Branch and Bound* cukup efisien dalam menyelesaikan masalah assignment problem. Hal tersebut disimpulkan karena pada algoritma *Branch and Bound* tidak perlu mengekspansi semua anak-anaknya untuk menghindari keborosan dalam hal waktu pencarian.

Namun algoritma *Branch & Bound* belum dapat dipastikan sebagai algoritma yang paling efisien dalam memecahkan permasalahan ini.

V. KESIMPULAN

Algoritma *Branch and Bound* adalah algoritma yang berdasarkan algoritma BFS dengan perbedaannya adalah tidak semua simpul anaknya di ekspansi. Algoritma *Branch and Bound* mengekspansi anak-anaknya berdasarkan cost yang terkecil sedangkan pada algoritma BFS seluruh anak yang di ekspansi akan ditelusuri semua hingaditemukan solusi yang diinginkan.

Salah satu permasalahan yang dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Branch & Bound* ini adalah *Assignment Problem*.

Titik evakuasi selanjutnya yang harus dijangkau oleh sekelompok regu tim SAR pada contoh studi kasus di dalam makalah ini adalah .

- regu A = T3
- regu B = T2
- regu C = T4
- regu D = T1

Regu A akan menuju titik evakuasi 3, regu B akan menuju titik evakuasi 2, regu C akan menuju titik evakuasi 4, serta regu D akan menuju titik evakuasi 1 dengan mengambil sisa simpul yang belum dipilih oleh regu yang lainnya.

REFERENSI

- [1] <http://ujangadisetiawan.blogspot.com/2011/11/sejarah-search-and-rescue.html> diakses 20 Desember 2013 pukul 14.00
- [2] <http://www.basarnas.go.id/> diakses 20 Desember 2013 pukul 14.30
- [3] Munir, Rinaldi, "Diktat Kuliah IF3051 Strategi Algoritma", Bandung, 2009.
- [4] <http://www.basarnas.go.id/index.php/halaman/32/sejarah> diakses 20 Desember 2013 pukul 13.00
- [5] <http://www.basarnas.go.id/index.php/halaman/34/visi-dan-misi> diakses 20 Desember 2013 pukul 13.30
- [6] <http://www.basarnas.go.id/index.php/halaman/36/tugas-dan-fungsi> diakses 20 Desember 2013 pukul 15.30

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, 20 Desember 2013

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Willy Fitra Hendria'.

Willy Fitra Hendria - 13511086