

Aplikasi Teori Graf dalam Pencarian Titik Api pada Robot Pemadam Api

Azis Adi Kuncoro - 13515120
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
azisadikuncoro@gmail.com
13515120@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Robot merupakan alat bantu dalam menyelesaikan pekerjaan manusia pada zaman ini karena dianggap mampu menyelesaikan tugas – tugas yang dirasa sulit dan harus berulang. Pemanfaatan robot salah satunya untuk membantu pekerjaan manusia dalam menjangkau titik titik sulit pada lokasi kebakaran sehingga api pada titik tersebut dapat dipadamkan. Di Indonesia terdapat kompetisi robot antar universitas, sehingga dapat memacu mahasiswa dalam menerapkan keilmuannya di bidang robotika. Salah satu kontes pada lomba ini adalah KRPAI. Implementasi Graf sangat terpakai disini dalam hal menentukan rute sehingga robot dapat mengenali lingkungan sekitarnya.

Kata kunci — Graf, Robot, Pemadam Api, KRPAI.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, kata ‘Robot’ Sudah tidak asing lagi kita dengar, dan dapat kita saksikan di sekitar kita sudah banyak masyarakat yang menggunakan robot dalam membantu pekerjaan kesehariannya. Robot merupakan alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia maupun menggunakan program yang telah di definisikan terlebih dahulu. Robot biasanya digunakan untuk menyelesaikan tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang, dan kotor. Biasanya kebanyakan robot industri digunakan produksi. Penggunaan robot lainnya termasuk untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air hingga luar angkasa. Kata *Robotics* juga berasal dari novel fiksi sains “*runaround*” yang ditulis oleh Isaac Asimov pada tahun 1942 [2].

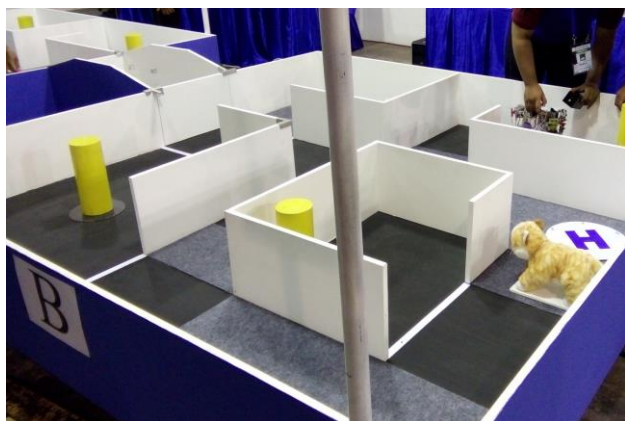


Gambar 1. Robot KRPAI Berkaki ITB

Di Indonesia, terdapat suatu event nasional yang bergengsi diantara perguruan tinggi di Indonesia khususnya dibidang robotika, yang biasa disebut dengan KRI (Kontes Robot Indonesia), event ini diselenggarakan oleh RISTEK DIKTI. KRI Pertama kali diadakan pada tahun 1990. Di dalam perlombaan KRI ini, terdapat beberapa divisi, salah satunya adalah KRPAI (Kontes Robot Pemadam Api Indonesia). Didalam KRPAI terbagi lagi menjadi dua Divisi, yaitu : Divisi Beroda, dan Divisi Berkaki. Perbedaan menonjol antara kedua Divisi tersebut adalah cara robot tersebut bergerak. Yang satu menggunakan Roda untuk menjelajah, sedangkan lainnya menggunakan kaki kaki yang berupa motor servo untuk bergerak melangkah [1].

Misi yang dicapai dari Kontes Robot Pemadam Api Indonesia ini adalah robot – robot yang berkompetisi agar dapat menyelesaikan tantangan utama yaitu memadamkan api yang berada di salah satu ruangan dari 4 ruangan yang tersedia. Pada saat mulai, robot diletakkan ke suatu tempat yang acak biasa disebut *arbitrary start*, kemudian robot akan mulai menelusuri setiap ruangan hingga dapat menemukan api. Robot dalam pergerakannya memanfaatkan banyak sensor, diantaranya adalah sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengikuti dinding, sensor garis yang digunakan untuk indikator apabila robot sudah memasuki ruangan, kemudian sensor TPA 81 dan UV TRON yang digunakan untuk mendeteksi lokasi api. Setelah api berhasil ditemukan usaha selanjutnya adalah mematikan api. Ada banyak cara dalam mematikan api, diantaranya menggunakan gas CO₂, menggunakan air (yang dibatasi kapasitasnya dalam suatu tangki kecil), ataupun menggunakan kipas yang gerakkan oleh motor [3].

Dalam perlombaan ini terbagi menjadi beberapa level, dan pra-syarat untuk dapat melanjutkan level selanjutnya adalah harus berhasil dalam level saat ini. Beberapa contoh rintangan pada Level 2 : Jumlah lapangan 1, Lilin yang harus dipadamkan 1. Sedangkan Level 3 : Jumlah lapangan 2 (digabung melalui sebuah lorong), aksesoris lapangan seperti *Arbitrary Start*, pemadam api bukan menggunakan udara, furniture yang menghalangi ruangan adalah wajib untuk dipasang [4].



Gambar 2. Suasana lapangan KRPAl
(sumber : <http://kri2016.pens.ac.id/>)

II. DASAR TEORI

A. Definisi Graf

Berdasarkan definisi formalnya, sebuah graf adalah himpunan dari objek – objek yang dinamakan ‘simpul’, dan terhubung oleh penghubung yang dinamakan ‘sisi’.

Sebuah graf $G = (V, E)$

Dimana,

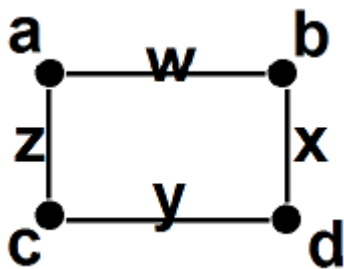
V = himpunan tidak kosong dari simpul – simpul.

$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, \dots, v_n\}$

E = himpunan sisi yang menghubungkan dua simpul.

$E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, \dots, e_n\}$

Berikut adalah contoh sebuah Graf,



Gambar 3. Sebuah Graf sederhana

Pada Graf diatas, $G=(V,E)$

Dengan,

$V=\{a,b,c,d\}$

$E=\{w,x,y,z\}$

B. Jenis – Jenis Graf

Graf dapat dikategorikan menjadi beberapa macam jenis. Salah satu jenisnya adalah berdasarkan sisinya, apabila sisinya terdapat kalang ataupun sisi ganda maka graf tersebut dikatakan graf tak-sederhana, sedangkan kebalikannya apabila graf tersebut tidak bersisi ganda serta tidak mempunyai kalang maka graf tersebut dikatakan graf sederhana.

Selanjutnya berdasarkan orientasi arah pada sisinya, graf yang memiliki arah pada sisi - sisinya dikatakan graf

berarah, sedangkan untuk graf yang tidak memiliki arah pada sisi – sisinya. Arah dalam hal ini menunjukkan keterhubungan, bisa saja tidak saling terhubung namun hanya simpul u ke v saja, tidak sebaliknya.

Dalam graf terdapat istilah – istilah yang sering digunakan untuk merepresentasikan bagian bagian dalam graf. Sebuah sisi e yang bersisian dengan simpul u , dan v berarti sisi e tersebut insiden terhadap simpul u dan insiden terhadap simpul v , dan simpul u disebut bertetangga dengan simpul v karena terhubung oleh e . Simpul – simpul memiliki suatu ukuran untuk merepresentasikan ada berapa banyak tetangga yang ia miliki, biasa disebut dengan derajat, tentunya syaratnya antar simpul harus terdapat suatu sisi yang insiden dengan keduanya. Terdapat pula lemma jabat tangan yang menyatakan seperti berikut :

$$\sum_{v \in V} d(v) = 2|E|$$

Dalam lemma tersebut dikatakan jumlah derajat simpul – simpul pada graf adalah $2 * \text{jumlah total sisi yang terdapat pada graf}$. Lintasan adalah sisi – sisi yang menghubungkan antara suatu titik u ke titik v dengan melewati satu atau lebih sisi. Terdapat istilah sirkuit yang berarti sebuah lintasan yang dimulai dan juga di akhiri pada simpul yang sama.

Sebuah graf dikatakan terhubung jika setiap simpul yang terdapat pada graf memiliki lintasan yang menghubungkan simpul – simpul tersebut, singkatnya semua simpul pada graf dapat dicapai dari simpul lain pada graf.

Untuk merepresentasikan suatu graf ada beberapa cara, pertama dengan menggambar diagram yang berisi simpul – simpul yang terhubung oleh suatu sisi. Cara kedua ialah dengan representasi matriks, representasi oleh matriks ini terdiri dari 2 jenis, representasi sisi – sisi yang bersisian dengan simpul, selanjutnya representasi hubungan antar simpul. Cara ketiga adalah dengan membuat linked list, representasi oleh linked list ini juga terbagi menjadi 2, representasi sisi – sisi yang bersisian dengan simpul, selanjutnya representasi simpul – simpul mana saja yang bertetangga dengan simpul tersebut [5].

Graf juga memiliki beberapa jenis atau kategori, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Graf Lengkap, adalah graf yang setiap simpulnya bertetangga dengan simpul yang lain. Jumlah sisin yang terbentuk dari n buah simpul adalah $n(n-1)/2$.
2. Graf Lingkaran, adalah graf yang memiliki n buah simpul dan masing – masing simpul berderajat 2, sehingga untuk n simpul terdapat n buah sisi.
3. Graf teratur, adalah graf yang derajat tiap simpulnya sama, maka jumlah sisinya adalah $nr/2$.

C. Lintasan dan Sirkuit Euler dan Hamilton

Secara umum definisi Lintasan adalah mengunjungi sesuatu tanpa harus kembali ke posisi awal. Sedangkan

Sirkuit merupakan mengunjungi sesuatu dan harus kembali ke posisi awal.

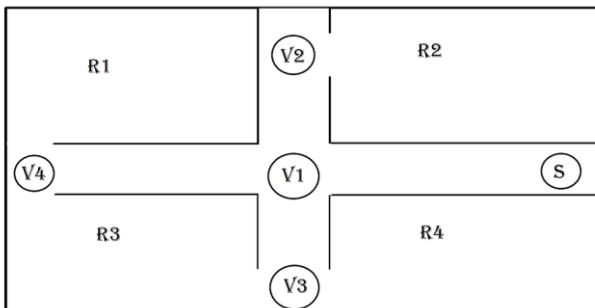
Lintasan Euler adalah lintasan yang mengunjungi setiap sisi pada graf tepat satu kali. Sedangkan Sirkuit euler mengunjungi setiap sisi pada graft tepat satu kali dan harus kembali ke simpul awal.

Lintasan Hamilton adalah lintasan yang melalui semua simpul pada graf tepat satu kali. Sedangkan sirkuit Hamilton melalui semua simpul pada graf tepat satu kali dan harus kembali ke simpul awal.

III. APLIKASI PADA PENCARIAN TITIK API

A. Membuat graf dari peta yang diberikan

Akan dapat kita selidiki bahwa rute mana sajakah yang terhubung, sehingga kita dapat mengimplementasikannya pada robot. Persimpangan – persimpangan bisa kita kategorikan menjadi suatu simpul yang akan terhubung oleh suatu lorong (lintasan) sehingga terhubung ke persimpangan lain yang menjadi ujung dari lorong tersebut. Disini digunakan istilah Ruang untuk suatu simpul yang mungkin menjadi lokasi titik api, sedangkan simpul lain merupakan persimpangan biasa. Keterhubungan juga di representasikan menggunakan graf berarah, yang berarti ada jalur dari persimpangan / ruangan u ke persimpangan / ruangan lain v dengan melewati suatu lorong e. Contoh peta sederhananya adalah sebagai berikut :

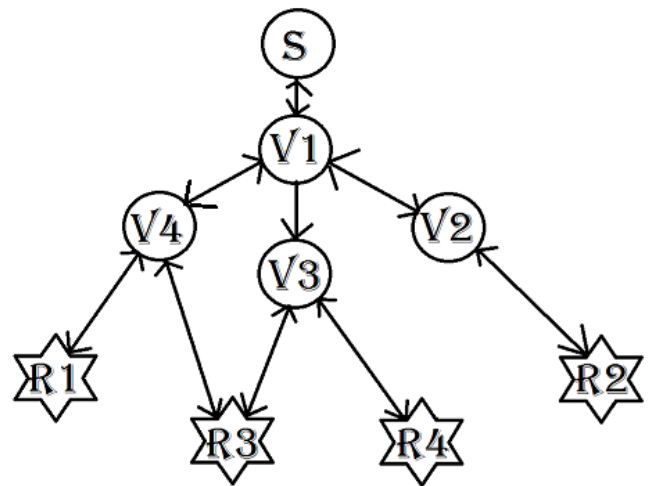


Gambar 4. Peta tentang persebaran persimpangan dan ruangan.

Keterangan :

- S : Simpul Awal
- V1 : Simpul pada persimpangan 1
- V2 : Simpul pada persimpangan 2
- V3 : Simpul pada persimpangan 3
- V4 : Simpul pada persimpangan 4
- R1 : Ruang 1
- R2 : Ruang 2
- R3 : Ruang 3
- R4 : Ruang 4

Dari peta diatas, maka kita dapat merepresentasikan peta tersebut menjadi sebuah graf, untuk lebih jelasnya lihat graf dibawah ini :



Gambar 5. Graf yang terbentuk dari suatu peta pada gambar 4.

Dengan representasi adjacency matriks dapat memetakan hubungan hubungan antara simpul simpul yang saling bertetangga, keterhubungannya di representasikan sebagai berikut :

	S	V1	V2	V3	V4	R1	R2	R3	R4
S	0	1	0	0	0	0	0	0	0
V1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
V2	0	1	0	0	0	0	1	0	0
V3	0	1	0	0	0	0	0	1	1
V4	0	1	0	0	0	1	0	1	0
R1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
R2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	1	1	0	0	0	0
R4	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabel 1. Representasi matriks ketetanggaan antar simpul untuk graf pada gambar 5.

B. Implementasi graf pada algoritma yang digunakan pada robot

Setelah terbentuk representasi graf untuk peta tersebut, tahapan selanjutnya adalah dengan menyusun strategi supaya robot dapat menemukan api serta memadamkannya. Algoritmanya seperti berikut

1. Robot dimulai pada simpul S
2. Robot berjalan melewati lorong ke arah barat sehingga mencapai simpul V
3. Karena simpul V merupakan persimpangan robot akan mendapati pilihan beberapa lorong E yang bersisian dengannya, sehingga harus dipilih salah satu, missal V_x .
4. Ulang tahap 3 sampai bertemu dengan Ruang yang disebut V_r .
5. Setelah bertemu dengan V_r tahapnya adalah pengecekan apakah ada titik api disitu dengan menggunakan sensor
6. Jika ya, maka padamkan api tersebut. Jika tidak maka robot harus kembali lagi ke suatu

persimpangan yang masih memiliki lorong e yang belum dikunjungi.

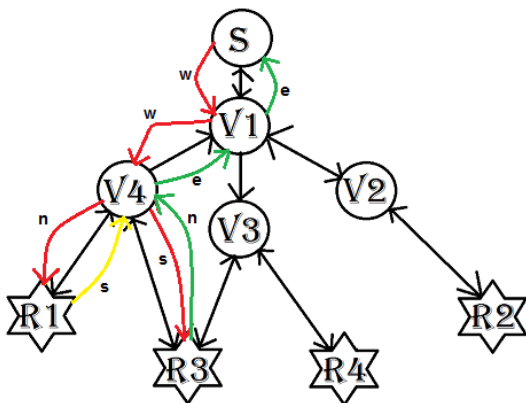
C. Kembali ke posisi awal (Back Home)

Untuk dapat kembali ke posisi awal, robot dapat menggunakan tipe data stack dalam mengingat posisi mana saja yang ia lalui. Tahapannya adalah sebagai berikut :

1. Mencatat setiap simpul yang robot lalui beserta arahnya. (Simpul,Arah), misalnya (S,W) yang berarti dari simpul S, robot bergerak ke arah W (Barat) melalui sebuah lorong hingga di capai suatu simpul lain yang menjadi ujung dari lorong tersebut, atau singkatnya menelusuri ke arah barat menuju simpul yang bertetangga dengan simpul S.
2. Lakukan tahapan 1 secara berulang hingga mencapai Ruang. Apabila di ruangan tidak di temukan api. Maka akan dilakukan *Reversing* dengan cara mempop isi InfoTop (Stack) dan menuju arah yang berlawanan dari arah pada InfoTop (Misalnya W berlawanan dengan E, dan N berlawanan dengan S).
3. Lakukan tahapan 1 dan 2 hingga mencapai ruangan yang terdapat api. Setelah bertemu dengan titik api, robot harus memadamkan api dengan membangkitkan algoritma yang digunakan untuk memadamkan api.
4. Setelah Api berhasil di padamkan robot akan melakukan Pop pada stack dan menuju arah yang berlawanan dengan arah pada hasil stack yang sudah di pop. Skema reversing mirip dengan tahap 2, tetapi perbedaannya akan di pop berkali kali hingga bertemu dengan simpul S yang merupakan *Home Base*.

D. Simulasi penelusuran dengan teori graf

Berikut adalah simulasi pergerakan robot dari titik awal hingga menemukan api, dengan asumsi bahwa titik api hanya berada pada ruangan 3.



Gambar 6. Graf yang merepresentasikan rute perjalanan robot.

Awalnya robot berada pada simpul S, bergerak ke arah w (barat) hingga sampai di simpul V1. Pada simpul V1 robot memilih untuk bergerak ke arah w (barat) hingga sampai di simpul V1. Kemudian robot memilih untuk ke R4 dengan arah yang di ambil adalah n (utara), namun tidak terlihat titik api disitu, sehingga robot perlu membangkitkan algoritma *reversing* dengan cara mengambil *reverse* dari n yaitu s (selatan), sehingga sekarang robot kembali di simpul V4, di simpul ini robot akan bergerak ke arah s (selatan) hingga robot mencapai Ruang R3. Kebetulan di sini sensor UV TRON dan TPA 81 mendeteksi bahwa terdapat api, sehingga robot akan membangkitkan algoritma untuk memadamkan api. Setelah api berhasil di padamkan, tugas robot selanjutnya adalah kembali ke *Home Base* supaya dapat menyelesaikan misi. Robot melakukannya dengan cara Pop Stack dan membaca *reverse* dari arah tersebut. Dalam R3, robot mempunyai top stack (V4,s) sehingga robot harus berjalan ke V4 dengan arah sebaliknya n (utara). Setelah sampai di V4 robot kembali melakukan popping sehingga didapat (V1,w) dengan arah reverse yaitu e (timur), kemudian setelah melalui lorong dan sampai pada V1, robot kembali melakukan popping dan mendapat (S,w). Sehingga robot akan beregerak ke arah sebaliknya yaitu w. Saat ini robot sudah sampai pada simpul S yang berarti robot sudah dapat kembali ke *Home Base*.

No	Posisi Robot	Isi Stack	Keterangan
1	S	-	Robot akan melakukan pergerakan ke arah w. Sehingga push (S,w) pada stack.
2	V1	(S,w)	Robot akan melakukan pergerakan ke arah w. Sehingga push (V1,w) pada stack
3	V4	(V1,w), (S,w)	Robot akan melakukan pergerakan ke arah n. Sehingga push (V4,n) pada stack.
4	R1	(V4,n), (V1,w), (S,w)	Robot mengecek R1, dan ternyata tidak ada api. Jadi Robot Pop Top, mengembalikan (V4,n). Reverse n menjadi s. sehingga robot berjalan ke arah s (selatan).
5	V4	(V1,w), (S,w)	Robot akan melakukan pergerakan ke arah s. Sehingga push (V4,s) pada stack.
6	R3	(V4,s), (V1,w), (S,w)	Robot mengecek R3, ternyata api berhasil ditemukan, dan robot membangkitkan algoritma memadamkan api. Sekarang tujuan robot adalah kembali ke <i>Home Base</i> . Robot melakukan Pop Top stack, didapat (V4,s), sehingga robot harus bergerak ke n (utara).
7	V4	(V1,w), (S,w)	Robot menjalankan algoritma runut balik, dan Pop Top stack, didapati (V1,w) sehingga robot

			harus bergerak ke arah e (timur).
8	V1	(S,w)	Robot melakukan Pop Top stack, didapat (S,w). Sehingga robot harus bergerak ke arah e (timur).
9	S	-	Robot kini sudah pada posisi simpul S, sehingga tujuan dari misi pemadaman api sudah selesai.

Tabel 2. Simulasi pergerakan robot beserta stacknya.

IV. KENDALA UMUM

Kendala yang dihadapi dalam penelusuran menggunakan robot ini diantaranya :

1. Pencahayaan mempengaruhi sensor garis, sehingga robot kurang maksimal dalam mendeteksi apakah ia sudah masuk ke ruangan.
2. Terkadang terdapat anomali pada lantai berupa medan magnet yang acak.
3. Lorong memiliki lantai yang tidak dapat dijamin kebersihannya dari debu, sehingga mempengaruhi pembacaan sensor garis.

Kendala di atas merupakan kendala yang sering terjadi saat lomba, karena situasi saat uji coba robot di lab mungkin berbeda dengan kondisi di lapangan, sehingga tim harus merancang robot untuk dapat beradaptasi dengan lingkungan dengan distraksi – distraksi seperti diatas.

V. KESIMPULAN

Graf kaya akan implementasi diberbagai bidang, salah satunya adalah robotika, khususnya dalam penentuan titik api pada robot pemadam api. Graf dalam kasus ini membantu manusia untuk membuat strategi merancang algoritma pada robot, sehingga robot dapat mengenali ruangan, persimpangan, serta lorong untuk dilalui. Sisi pada graf menentukan hubungan hubungan antara persimpangan dengan persimpangan, persimpangan dengan ruangan, serta simpul – simpul menyatakan bahwa di bagian tertentu pada peta merupakan suatu persimpangan atau pun suatu ruangan. Dengan teori graf maka manusia dapat menciptakan robot pintar yang mampu menyelesaikan persoalan – persoalan yang ada di sekitarnya.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT atas berkat dan karunianya sehingga saya dapat mendapatkan inspirasi untuk menulis makalh ini, Bapak Rinaldi Munir yang telah memberikan tugas ini sebagai pemacu saya untuk dapat memberikan publikasi publikasi bermanfaat mengenai keilmuan informatika, dan kepada Ayah, Ibu, serta Adik saya yang telah memberi komentar tentang makalah yang saya buat.

REFERENSI

- [1] <http://kontesrobotindonesia.org/data-kontes/2016/PanduanKRPAI2016.pdf> diakses pada 29 November 2016.
- [2] <http://belajarbikinrobot.weebly.com/1-mengenal-apa-itu-robot.html> diakses pada 8 Desember 2016.
- [3] <http://simlitabmas.dikti.go.id> diakses pada 9 Desember 2016.
- [4] <http://kri2016.upi.edu/uploads/dokumen/krpai2016.pdf> diakses pada 9 Desember 2016.
- [5] K. H. Rosen, Discrete Mathematics and Its Applications 7th. New York: McGraw-Hill, 2012.

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 2016



Azis Adi Kuncoro
13515120