

# Pengembangan Algoritma Pengendali Robot Berkaki Enam untuk Kontes Robot Pemadam Api Indonesia

Daniel Santoso<sup>1</sup>, Deddy Susilo<sup>2</sup>, Tri Handoko<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro,  
Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer,  
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga  
<sup>1</sup>daniel.santoso@staff.uksw.edu, <sup>2</sup>deddy.susilo@staff.uksw.edu,  
<sup>3</sup>612009020@student.uksw.edu

## Ringkasan

Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) divisi berkaki secara rutin selalu diikuti oleh tim dari Robotic Research Center (R2C) UKSW. Selama ini waktu dan usaha sebagian besar diagihkan untuk pengembangan mekanik dan perangkat keras robot sedangkan pengembangan perangkat lunak pengendali robot kurang mendapat perhatian. Akibatnya prestasi yang dicapai pun belum memuaskan. Pada penelitian ini dikembangkan algoritma baru yang memiliki keunggulan terutama pada kehandalan kondisi *start* dan kode yang lebih ringkas. Berdasarkan evaluasi kinerja sebanyak 126 kali menggunakan 7 konfigurasi lapangan berbeda didapatkan tingkat keberhasilan penyelesaian misi rata-rata sebesar 79,36%. Waktu penyelesaian misi tersingkat selama 76 detik dan raihan nilai terbaik 3,94 poin.

**Kata kunci:** KRPAI divisi berkaki, algoritma, tingkat keberhasilan

## 1. Pendahuluan

Sejak tahun 2005 R2C UKSW secara rutin mengikuti Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) yang sekarang berubah menjadi KRPAI. Salah satu divisi robot yang diikuti oleh R2C UKSW adalah divisi robot berkaki. Riset untuk robot divisi berkaki terus dilakukan dari tahun ke tahun akan tetapi belum pernah mendapatkan juara nasional.

Semua tim dari perguruan tinggi lain berlomba-lomba untuk mengembangkan robot berkaki mereka. Dengan peraturan dari panitia yang ketat membuat semua tim harus memperhatikan segala hal mengenai robot berkaki. Faktor-faktor yang membuat robot tidak dapat menyelesaikan misi diantaranya mekanik robot, perangkat keras robot, algoritma pengendali robot, dan kondisi lapangan pertandingan.

Kinerja robot berkaki milik R2C kurang optimal, hal ini dapat dilihat bahwa dalam setiap perlombaan robot, robot berkaki R2C tidak pernah bisa memadamkan api tiga kali berturut-turut dalam tiga *trial* pertandingan. Pada tahun 2012 dan 2013 robot berkaki R2C tidak bisa memadamkan api pada semua *trial* pertandingan. Padahal untuk menjadi juara di tingkat regional yang selanjutnya ditandingkan lagi di tingkat nasional, robot harus bisa memadamkan api minimal pada satu *trial* pertandingan.

Untuk menjadi pemenang dalam KRPAI, robot harus mendapatkan nilai pertandingan yang kecil. Tabel 1 menunjukkan ringkasan peolehan nilai tim-tim yang bertanding pada KRPAI divisi robot berkaki dari tahun 2010 – 2013 beserta nilai yang diraih. Tahun 2011 tidak dimasukkan ke dalam daftar karena sistem perlombaan KRPAI divisi robot berkaki pada tahun 2011 berbeda dengan tahun-tahun yang lain.

Tabel 1. Ringkasan perolehan nilai KRPAI divisi robot berkaki tahun 2010 – 2013 [1]

Prestasi	Tahun	Nilai
Juara 1	2010	9,19
Juara 2		20
Juara 3		58
Juara 1	2012	5,8
Juara 2		8,3
Juara 3		11,4
Juara 1	2013	43,9
Juara 2		49,9
Juara 3		57,2

Selama ini pengembangan algoritma pengendali robot kurang mendapat porsi usaha dan waktu yang optimal karena telah habis untuk pengembangan mekanik dan perangkat keras. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan algoritma baru pengendali robot berkaki pemadam api. Kinerja algoritma akan dievaluasi menggunakan simulasi pertandingan dengan berbagai konfigurasi lapangan.

## 2. Kajian Pustaka

Beberapa robot dengan tujuan sejenis telah dikembangkan dengan menggunakan berbagai macam algoritma pengendali. Pada bab ini akan dibahas beberapa di antaranya sebagai bahan acuan dan perbandingan.

### 2.1. *The Development of Algorithm for Controlling Hexapod Fire Fighting Robot Movements*

Robot dari Politeknik Negeri Bandung (PolBan) [2] merupakan robot berkaki yang bertujuan untuk memadamkan api yang terletak pada salah satu ruangan pada lapangan. Robot dibangun berbasis mikrokontroler BASIC STAMP dilengkapi berbagai sensor yang diperlukan untuk melakukan navigasi lapangan dan memadamkan api. Berdasarkan pengujian, robot ini dapat menjelajahi ruangan–ruangan, mendeteksi dan menemukan keberadaan api, memadamkan api, dan kembali ke tempat awal dalam waktu empat menit tanpa terjadinya insiden yang berarti.

### 2.2. *Kontrol Penjejak pada Robot Pemadam Api Menggunakan Sistem Pengindra Api dan Posisi Jarak dengan Metode Fuzzy Logic*

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) [3] juga mempunyai robot berkaki pemadam api yang diikutsertakan dalam KRPAI. Robot ini menggunakan dua sensor yang berbeda untuk mendeteksi keberadaan api pada lapangan dan menentukan lokasi api dalam ruangan yaitu UVTron dan TPA81. Navigasi robot menggunakan algoritma *wall following* dengan menggunakan metode *fuzzy logic* untuk mencapai mobilitas yang

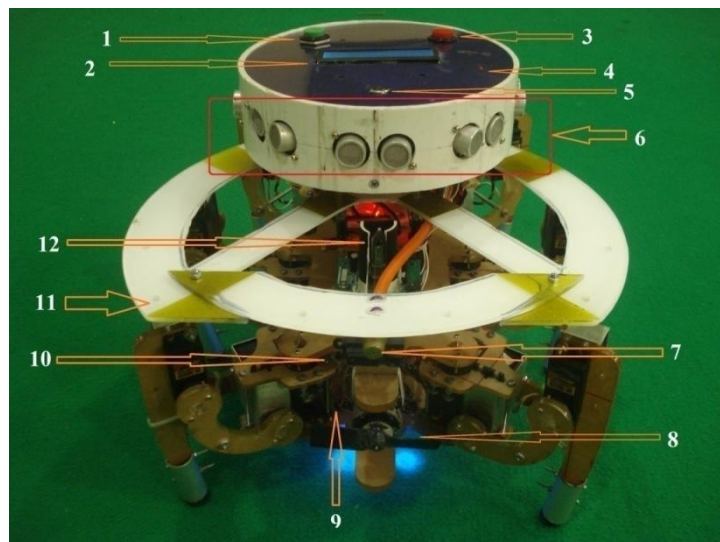
baik dalam rangka melakukan penelusuran lapangan dan pemadaman api. Berdasarkan pengujian, didapatkan tingkat keberhasilan misi pemadaman api sebesar 75%.

### 3. Perancangan dan Penerapan

Sebagaimana umumnya sebuah robot, sistemnya akan terdiri dari mekanik, perangkat keras dan perangkat lunak. Titik berat penelitian ini pada pengembangan dan evaluasi kinerja algoritma baru, meskipun demikian hal mekanik dan perangkat keras tetap akan dibahas secara ringkas untuk memberikan pemahaman yang lebih utuh.

#### 3.1. Gambaran Mekanik Robot

Mekanik robot yang digunakan dalam penelitian ini merupakan mekanik yang sama dengan yang digunakan tim robot UKSW untuk bertanding dalam KRPAI 2013. Basisnya adalah robot berkaki enam dengan dimensi panjang 36 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 25 cm, seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampak depan robot berkaki pemadam api

Robot pemadam api tersebut mempunyai bagian – bagian sebagai berikut:

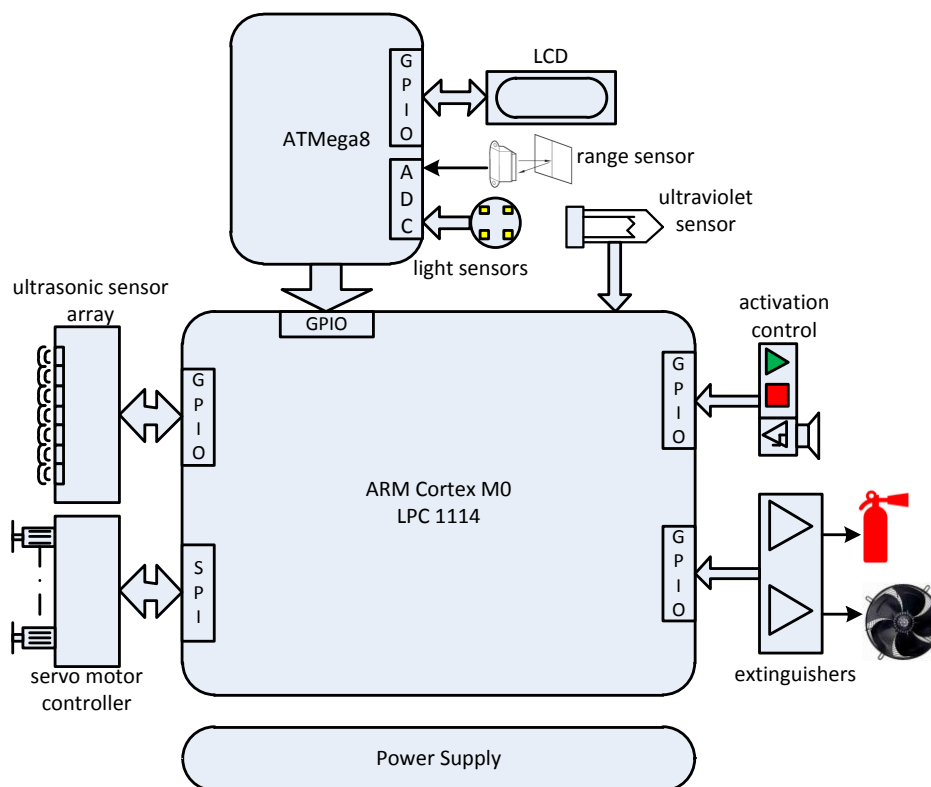
1. Tombol *start*
2. LCD 16x2
3. Tombol *stop*
4. Indikator titik api
5. Mikrofon untuk aktivasi bunyi
6. Sensor ultrasonik
7. Pemadam api
8. Kipas angin
9. Sensor cahaya
10. Sensor jarak
11. Pelindung benturan
12. Sensor ultraviolet

Kepala robot dipilih berbentuk bundar supaya dapat digunakan untuk meletakkan deretan sensor ultrasonik sehingga cakupan pengindraannya meliputi area sekeliling

robot kecuali bagian belakang. Tombol *start*, tombol *stop*, indikator titik api, mikrofon, dan LCD 16×2 dipasang pada bagian paling atas mekanik robot, sesuai dengan ketentuan pertandingan. Pelindung benturan dipasang mengelilingi badan robot untuk menghindari benturan langsung kaki-kaki robot dengan dinding lapangan pertandingan.

### 3.2. Perangkat Keras Robot

Perangkat keras robot dibuat berbasis mikrokontroler ARM Cortex M0 LPC 1114 dan ATmega 8. Mikrokontroler ARM Cortex M0 LPC 1114 terutama berfungsi sebagai pemberi perintah ke pengendali motor servo, pengendali deretan sensor ultrasonik, dan pemberi perintah ke pemadam air dan angin. Jalan dan berhentinya robot baik lewat tombol maupun aktivasi bunyi juga ditanggapi lewat mikrokontroler ini. Mikrokontroler ATmega 8 lebih banyak digunakan untuk mengolah masukan analog dari sensor cahaya dan sensor jarak untuk kemudian diteruskan ke mikrokontroler ARM Cortex M0 LPC 1114 dalam bentuk digital. Tampilan di LCD juga diatur oleh mikrokontroler ini. Gambar 2 menunjukkan diagram blok perangkat keras robot.



Gambar 2. Diagram blok perangkat keras robot pemadam api

Ada empat sensor yang digunakan oleh robot ini untuk mengetahui kondisi sekitarnya, yaitu sensor ultrasonik, sensor ultraviolet, sensor jarak, dan sensor cahaya. Sensor ultrasonik yang berjumlah tujuh buah bertipe SRF04 yang dapat mendeteksi halangan dalam jangkauan 3 cm – 3 m menggunakan pantulan gelombang ultrasonik [4]. Robot sangat bergantung pada sensor ini dalam menyusuri dinding. Pembacaan sensor ini tidak terpengaruh oleh adanya *handicap* berupa peredam bunyi dan cermin di lapangan. Sensor jarak berupa GP2D12 menggunakan pantulan cahaya inframerah yang bekerja berdasarkan teknik triangulasi dalam menentukan jarak sensor terhadap halangan. Jangkauan pengukurannya antara 10 cm – 80 cm [5]. Tujuan utama

penggunaan sensor ini adalah untuk mendeteksi adanya halangan berupa boneka anjing yang biasanya diletakkan di lorong sebagai *handicap*. Untuk mendeteksi keberadaan api (berupa lilin menyala) digunakan sensor ultraviolet dengan seri UV Tron yang dapat mendeteksi keberadaan radiasi sinar ultraviolet dalam jarak 5 meter tanpa halangan [6]. Sensor cahaya terdiri dari LED kecerahan tinggi dan foto – dioda. Sensor yang dipasang pada bagian bawah robot membantu robot membedakan antara permukaan berwarna gelap (lantai lapangan) dan permukaan berwarna terang (pembatas antara ruang dan lorong dan juring).

Robot membutuhkan motor servo sebanyak 18 buah yang harus bergerak secara harmonis dalam melakukan suatu manuver tertentu. Untuk itu diperlukan suatu pengendali independen untuk membantu kerja pengendali utama dalam mengendalikan gerakan motor servo dalam jumlah banyak secara harmonis. Dalam penelitian ini digunakan pengendali independen motor servo berbasis mikrokontroler ARM yang mempunyai kemampuan mengendalikan 18 motor servo sekaligus berdasarkan perintah pengendali utama.

Dalam rangka melaksanakan tugas utamanya memadamkan api, robot dilengkapi kipas angin dan penyemprot air. Penyemprot air ini terdiri dari tangki penampung air dan pompa air. Sebagai antarmuka dengan mikrokontroler digunakan saklar MOSFET yang dilengkapi dengan *opto-coupler*.

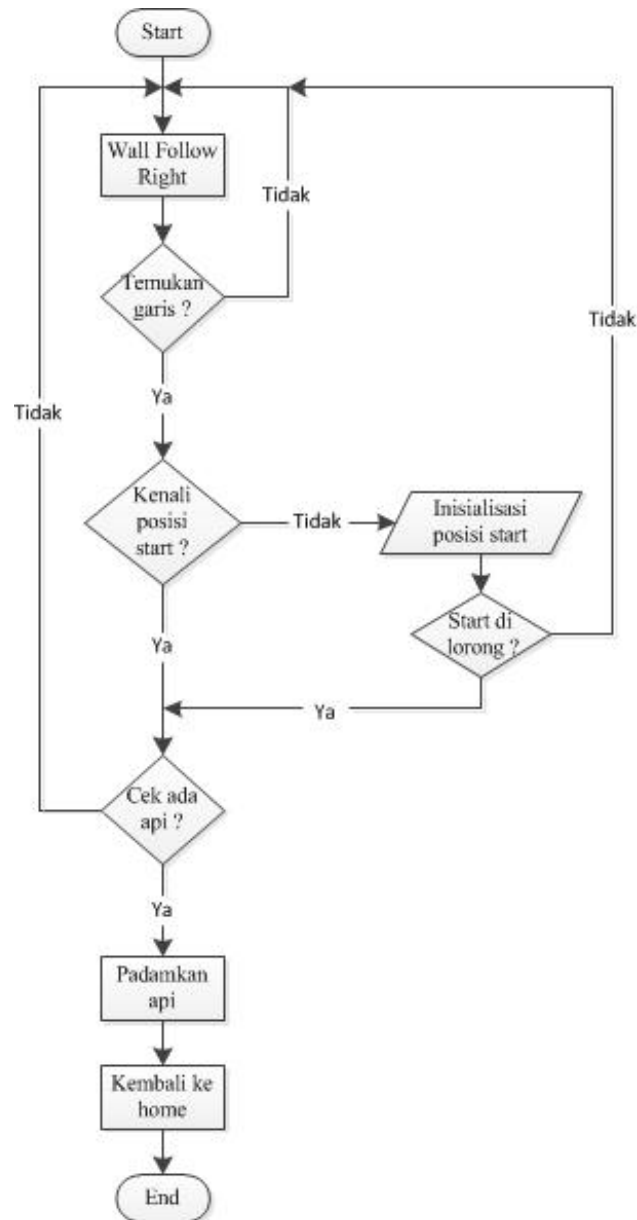
Robot dapat diperintahkan untuk berjalan ataupun berhenti menggunakan tombol maupun sumber bunyi dengan frekuensi antara 3,7 kHz – 3,9 kHz karena memiliki untai dekoder nada yang disetel pada frekuensi tersebut. LCD pada bagian atas robot digunakan untuk menampilkan nilai digital hasil konversi bacaan analog sensor cahaya, dipakai oleh pengguna untuk menyesuaikan batas-batas pada perangkat lunak.

Catu daya untuk rangkaian-rangkaian logika dan sensor dicatu menggunakan catu daya tersaklar berbasis LM2596S. Tegangan keluaran diatur pada 5 V, arus maksimal yang dapat dialirkan sebesar 3 A.

### 3.1. Perangkat Lunak Pengendali Robot

Perangkat lunak yang akan dibahas ada dua yaitu perangkat lunak dengan algoritma pertama dan perangkat lunak dengan algoritma kedua. Algoritma kedua dibuat untuk dijadikan pembanding dengan algoritma yang pertama. Algoritma yang kinerjanya paling baik akan digunakan sebagai algoritma pada KRPAI 2014 oleh tim R2C divisi berkaki.

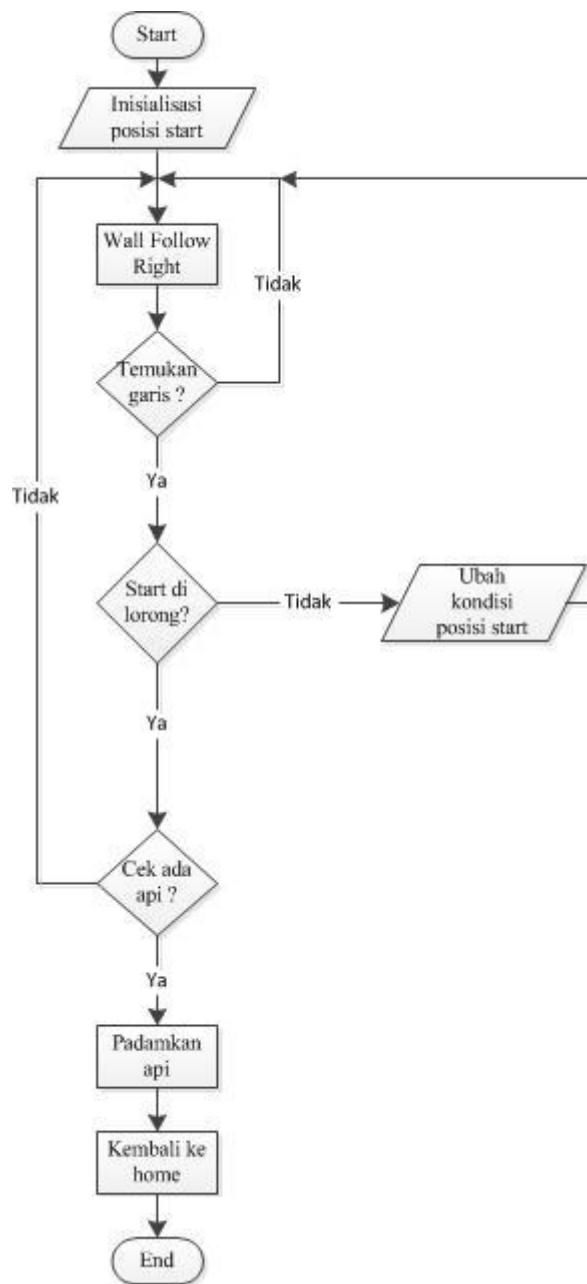
Algoritma pertama ini adalah algoritma baru yang dirancang dalam penelitian ini. Perancangan algoritma ini memperhatikan beberapa hal yang menjadi penghalang robot dalam menyelesaikan misi. Penghalang robot diantaranya adanya tambahan pintu untuk *room 1* lapangan pertandingan yang semula hanya ada 1 pintu, diubah menjadi 2 pintu, adanya boneka anjing di tengah lorong lapangan pertandingan, dan adanya pengacakan denah lapangan pertandingan. Gambar 3 menunjukkan diagram alir algoritma pertama.



Gambar 3. Diagram alir algoritma pertama

Algoritma kedua merupakan algoritma yang pernah dipakai oleh tim R2C-LYNX untuk menyelesaikan misi dalam KRPAI 2013. Pemanfaatan algoritma ini, oleh tim R2C-LYNX belum optimal karena pemasangan sensor ultrasonik yang tidak tepat dan minimnya evaluasi kinerja algoritma sebelum digunakan.

Peneliti menggunakan kembali algoritma ini dengan alasan bahwa algoritma ini sudah dapat untuk menyelesaikan misi pada KRPAI dan peneliti menyempurnakan pemanfaatan algoritma ini. Gambar 4 menunjukkan diagram alir algoritma kedua.



Gambar 4. Diagram alir algoritma kedua

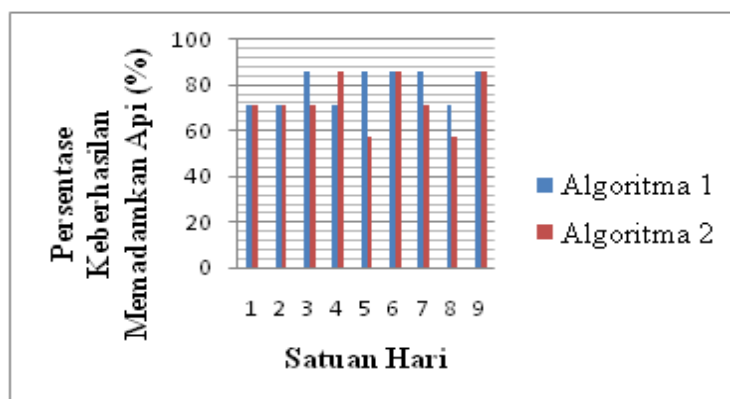
#### 4. Pengujian dan Pembahasan

Pengujian algoritma robot dilakukan dengan menggunakan dua algoritma yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan perlakuan yang sama yaitu dengan menguji robot untuk menyelesaikan misi pada tujuh konfigurasi lapangan pertandingan. Setiap konfigurasi lapangan memiliki bentuk yang berbeda-beda dengan tujuan untuk menguji kehandalan robot. Gambar 5 menunjukkan ketujuh konfigurasi lapangan pertandingan yang digunakan untuk pengujian robot.



Gambar 5. Lapangan pertandingan konfigurasi 1 – konfigurasi 7 [4].

Pengujian kinerja algoritma dilakukan selama 9 hari berturut-turut dan setiap harinya dilakukan pengujian sebanyak 14 kali. Dalam satu hari masing-masing algoritma diuji menggunakan 7 konfigurasi lapangan berbeda untuk menjalankan misi pemadaman api. Gambar 6 menunjukkan bahwa persentase keberhasilan tertinggi adalah 85,71% dan terendah adalah 57,14%, sedangkan rata-rata persentase keberhasilan algoritma pertama 79,36% dan rata-rata keberhasilan algoritma kedua adalah 73,01%. Waktu terpendek penyelesaian misi yang dapat diraih menggunakan algoritma pertama yaitu 76 detik sedangkan algoritma kedua 108 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma yang pertama mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma yang kedua.



Gambar 6. Grafik persentase keberhasilan memadamkan api dua algoritma setiap harinya

Perbedaan utama dari algoritma pertama dan algoritma kedua terletak pada kondisi inialisasi posisi *start* robot. Hal ini menjadi perhatian pada penelitian ini karena pada beberapa pertandingan KRPAI tahun 2013, sering terjadi kesalahan pembacaan posisi *start* dan menyebabkan jalannya robot dalam menemukan api tidak sesuai dengan yang seharusnya.



Beberapa hal yang membuat algoritma pertama lebih baik daripada algoritma kedua diantaranya :

1. Pada pola pengacakan konfigurasi lapangan tertentu, tepatnya peletakan posisi *home*, algoritma kedua sulit membedakan kondisi posisi *start*. Sedangkan algoritma pertama dapat membedakan kondisi posisi *start* pada semua pola pengacakan konfigurasi lapangan.
2. Pada saat robot gagal membaca adanya garis pada pintu ruangan saat pertama kali, ketika menggunakan algoritma yang pertama robot tetap akan bisa meneruskan mencari titik api, sedangkan pada algoritma kedua robot tidak akan bisa menemukan api.
3. Kode program algoritma pertama lebih sedikit dari pada algoritma kedua sehingga memungkinkan pengambilan keputusan robot lebih cepat.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, perealisasiian dan pengujian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Mekanik robot dan perangkat keras dapat bekerja baik dalam mendukung penerapan algoritma pengendali robot.
2. Kehandalan rancangan robot secara keseluruhan telah diuji melalui 126 kali simulasi pertandingan dengan 7 konfigurasi lapangan berbeda.
3. Rata-rata persentase keberhasilan algoritma pertama 79,36% dan rata-rata keberhasilan algoritma kedua adalah 73,01%.
4. Nilai akhir terbaik untuk algoritma pertama adalah 3,94 poin dengan waktu penyelesaian misi 76 detik, sedangkan untuk algoritma yang kedua adalah 5,52 poin dengan waktu penyelesaian misi 108 detik.
5. Algoritma pertama mempunyai kinerja lebih baik dalam memadamkan api dibandingkan algoritma kedua.

## Daftar Pustaka

- [1] T. Handoko, *Perancangan sistem kontrol dan algoritma yang diterapkan untuk robot berkaki enam dalam menyelesaikan misi pada kontes robot pemadam api Indonesia*, Skripsi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, 2014.
- [2] F. Satria, "The Development of Algorithm for Controlling Hexapod Fire Fighting Robot Movements," *JBPTPOLBAN*, May 2012, <http://www.digilib.polban.ac.id>, diakses 1 Agustus 2014.
- [3] Sasmita dan P. Eka, *Kontrol penjejak pada robot pemadam api menggunakan sistem pengindera api dan posisi jarak dengan metode Fuzzy Logic*, Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [4] Parallax, "Ultrasonic Range Finder," *Devantech SRF04 datasheet*, 2003.
- [5] Sharp, "Optoelectronic Device," *GP2D12 datasheet*, 2005.
- [6] Hamamatsu, "Flame Sensor," *UV Tron datasheet*, 2010.

