

Implementasi Robot Cerdas Pemadam Api dengan *Multi Independent Steering*

Implementation of Intelligent Fire Extinguisher Robots with Multi Independent Steering

Rodi Hartono, Gyan Aditiya Firdaus

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Dipatiukur No. 112-116, Coblong, Lebakgede, Bandung, Jawa Barat, 40132. Telepon 022-2504119
Email: rodi.hartono@email.unikom.ac.id

Abstrak – Teknologi robot muncul untuk meringankan pekerjaan manusia. Dengan perangkat seperti robot pemadam kebakaran, robot penyelamat, robot pengintai, dan robot-robot yang berbeda fungsinya sesuai kebutuhan lapangan. Dalam tulisan ini, kami memiliki ide implementasi robot cerdas pemadam api dengan *multi-independent steering* yang dapat ditunjukkan ke lokasi kebakaran guna mencari sumber titik api. Dengan *multi-independent steering* nantinya roda pada robot dapat bernavigasi dan bergerak secara lincah pada setiap masing masing rodanya yang dapat bergerak kesegala arah. Didalam tulisan ini kami mensimulasikan dengan mencari lilin sebagai sumber titik api. Ketika robot ini menemukan sumber api, maka robot ini akan mematikan lilin atau sumber titik api tersebut secara otomatis. Robot ini berisikan komponen fungsional berikut: *ultrasonic* untuk mengetahui medan di sekitarnya, sensor cahaya untuk mencari sumber titik api atau sumber cahaya, dan kipas untuk mematikan lilin atau sumber titik apinya. Dalam segi desain, walaupun desain dari robot minimalis dan kecil namun robot ini memberikan perlindungan pada saat suhu tinggi, *waterproof* yang sangat baik saat terkena semprotan air, dan ketahanan terhadap benturan yang cukup tinggi. Serta menciptakan sebuah robot otomatis yang bertujuan dapat menemukan jalan secara otomatis untuk mencari keberadaan titik api pada medan kebakaran tanpa dikendalikan. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan sistem otomatis pemadam api yang dapat membantu serta memperingan profesi pemadam kebakaran yang memiliki tingkat resiko tinggi dalam bekerjanya. Hasil dari penelitian ini nantinya dapat menciptakan suatu robot cerdas yang dapat memperkecil resiko kerja seorang profesi pemadam kebakaran dengan metode *multi-independent steering*. Dengan menggunakan metode ini sistem kemudi dimana tiap roda dapat bergerak secara bebas. Dengan sistem kemudi ini robot dapat bergerak bebas ke segala arah dan merupakan tipe gerak *holonomic*

Kata kunci : Robot pemadam api, sistem robot, pemandu evakuasi portable, *multi-independent steering*

Abstract - Robot technology appears to ease human work. With devices such as fire fighting robots, rescue robots, surveillance robots, and robots whose functions differ according to field needs. In this paper, we have the idea of implementing an intelligent fire extinguisher robot with *multi-independent steering* that can be directed to the location of the fire to find the source of hotspots. With *multi-independent steering*, the wheels on the robot can navigate and move swiftly on each wheel that moves in all directions. In this paper we simulate by searching for candles as a source of hotspots. When this robot finds a source of fire, this robot will turn off the candle or source of the fire automatically. This robot contains the following functional components: *ultrasonic* to find out the surrounding field, a light sensor to look for sources of hotspots or light sources, and a fan to turn off the candle or the point of fire. In terms of design, although the designs of robots are minimalist and small, they provide protection at high temperatures, excellent *waterproof* when exposed to water spray, and a high impact resistance. As well as creating an automatic robot that aims to find a way automatically to find the presence of hotspots on the fire field without being controlled. This study aims to provide an automatic fire extinguisher system that can help and lighten the fire extinguishing profession which has a high level of risk in its operation. The results of this study will be able to create an intelligent robot that can minimize the risk of the work of a fire extinguisher profession with a *multi-independent steering* method. By using this method the steering system where each wheel can move freely. With this steering system the robot can move freely in all directions and is a type of *holonomic motion*

Keyword : Fire extinguisher robot, robotic system, portable evacuation guide, *multi-independent steering*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemadam kebakaran adalah tugas yang sangat berbahaya. Namun, masih sering dilakukan oleh pekerja manusia sebagai profesinya. Sehingga menempatkan kehidupan manusia dalam situasi yang sangat berbahaya [1]. Menurut data *National Fire Protection Association* (NFPA) di U.S Tahun 2015, jumlah kasus kebakaran yang terjadi sebanyak 1.345.500 kasus dan mengalami kenaikan 3,7 % dibandingkan tahun 2014. Angka kematian berjumlah 3280 orang dan angka yang mengalami luka-luka berjumlah 15,700 orang (NFPA, 2015) [2]. Jika dapat kita lihat dari banyaknya kasus kebakaran yang meningkat, dapat kemungkinan meningkat pula beberapa persen manusia yang menjadi korban. Begitu juga para pekerja manusia sebagai profesi pemadam kebakaran yang memiliki resiko lebih tinggi dalam melaksanakan tugas disetiap kasus kebakaran.

Diberbagai negara telah menciptakan robot, melakukan inovasi-inovasi dalam bidang teknologi, serta mengembangkan berbagai teknologi yang pernah diciptakan untuk tujuan memperingan dan mempermudah pekerjaan yang dilakukan oleh manusia. Serta mengurangi resiko yang berbahaya jika suatu profesi memiliki tingkatan resiko yang besar.

Dalam beberapa dekade kebelakang telah banyak perusahaan dalam bidang elektronik, otomotif, mesin ataupun mahasiswa yang mampu menciptakan penemuan-penemuan dalam bidang teknologi yang dapat mempermudah bahkan meringankan tugas manusia jika memiliki pekerjaan dengan tingkat resiko yang tinggi [3]. Robot adalah perangkat otomatis yang dapat menjalankan fungsi yang dikaitkan dengan suatu pekerjaan manusia atau mesin yang ditugaskan untuk mempermudah ataupun memperingan pekerjaan manusia [4]. Robot ini diciptakan dan dirancang untuk bahan yang lebih khusus, disesuaikan dengan medan yang dibutuhkan yaitu pada medan kebakaran. Robot ini memiliki suatu perangkat yang melalui berbagai program untuk melakukan tugasnya sebagai pemadam titik api. Desain bentuk dari robot tersebut disesuaikan dengan situasi medan kerjanya di titik kebakaran, dan kebutuhan dalam kegunaannya sebagai apa nantinya saat di lapangan [5].

B. State of Art Penelitian

Studi tentang penggunaan robot *humanoid* secara aktif dilakukan guna meminimalkan cedera atau kecelakaan petugas pemadam kebakaran, serta meningkatkan produktivitas, keselamatan, efisiensi dan kualitas tugas yang diberikan [6]. Robot dapat dibagi menjadi beberapa kelompok seperti; *telepresence robot*, *mobile robot*, *autonomous robot*, dan robot android. *Telepresence robot* dengan perbedaan utama memberikan umpan balik dari segi video, suara, dan data lainnya yang nantinya akan dikirimkan data tersebut untuk melakukan pengamatan. Oleh karena itu, *Telepresence robot* banyak digunakan di banyak bidang yang membutuhkan kemampuan pemantauan. *Mobile robot* dirancang untuk menavigasi dan melaksanakan tugas memperingan dan mempermudah profesi manusia. Sementara itu, robot otonom dapat melakukan tugas secara mandiri dan menerima kekuatan dari lingkungan, berbeda dengan robot android yang dibangun untuk meniru manusia [7].

Umumnya dalam pembuatan robot pemadam kebakaran menggunakan metode dimana roda hanya dapat berjalan dengan satu arah dan dikendalikan dengan suatu pengontrol jarak jauh baik menggunakan *remote control* atau menggunakan PC, laptop dan sebagainya. Jika menggunakan metode ini kelemahannya yaitu robot kurang memiliki *maneuver* dalam pergerakannya atau roda pada robot tidak bergerak bebas dan dalam pengendaliannya tidak otomatis mencari titik api. Maka dari itu kami memiliki ide berbeda berupa sistem yang digunakan pada robot ini menggunakan *multi independent steering*. Sistem kemudi *multi independent* merupakan sistem kemudi dimana tiap roda dapat bergerak secara bebas.

Robot pemadam kebakaran menjadi suatu pemikiran yang penting untuk dikembangkan. Fungsi utama robot ini adalah untuk menjadi kendaraan pendukung tak berawak bagi profesi pemadam kebakaran. Robot ini dikembangkan untuk mencari lokasi keberadaan titik api serta dapat memadamkan api. Ada beberapa jenis kendaraan yang ada untuk pemadam kebakaran di dalam suatu tempat. Robot yang kami ciptakan dirancang dapat bekerja secara otomatis mencari keberadaan titik sumber api. Dengan menggunakan robot seperti itu, identifikasi kebakaran dan proses penyelamatan dapat dilakukan dengan tingkat *safety* yang lebih tinggi tanpa menempatkan

petugas pemadam kebakaran pada saat memadamkan titik api yang kondisinya memiliki risiko yang tinggi dan dalam kondisi berbahaya. Dengan kata lain, robot dapat memperingan kebutuhan profesi pemadam kebakaran untuk masuk ke situasi berbahaya. Selain itu, memiliki ukuran yang minimalis dan dikontrol secara otomatis, memungkinkan robot ini digunakan ketika kebakaran terjadi di ruang kecil dan sempit yang sulit dijangkau oleh manusia dengan situasi berbahaya.

Di negara kita, kebakaran merupakan hal yang menjadi fenomena umum. Banyak korban luka bahkan nyawa yang menjadi korban saat kebakaran itu terjadi. Sebagai negara berkembang, kita tidak memiliki teknologi modern untuk menyelesaikan masalah ini. Masalah utama dalam hal ini biasanya profesi pemadam kebakaran memiliki keterbatasan untuk mengatasinya [8].

C. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menyediakan sistem otomatis pemadam api yang dapat mencari sumber titik api dan membangun sebuah robot yang tanpa dikendalikan. Melalui model rumah mini yang mewakili medan kebakarannya yang sebenarnya. Berbagai macam sistem kemudi robot, salah satunya menggunakan sistem Ackerman [9] [10]. Robot ini menggunakan sistem navigasi *multi independent steering* yang dapat bernavigasi dengan lincah untuk menemukan lilin yang menyala yang mewakili api di rumah, dan memadamkan api dalam waktu singkat.

Sistem kemudi *multi independent* merupakan sistem kemudi dimana tiap roda dapat bergerak secara bebas ke segala arah dan merupakan tipe gerak *holonomic* [11]. Didukung dengan beberapa sensor yang merupakan alat untuk digunakan mendeteksi perubahan pada lingkungan fisik atau kimia baik itu perubahan mekanis, panas, cahaya dan sebagainya.

Sensor sendiri terdiri dari bagian pengirim dan bagian penerima. Dalam ruang lingkup robotika, sensor memberikan kesamaan fungsi seperti indera pada manusia. Dengan sensor robot ini nantinya robot dapat memiliki sikap dalam mengambil keputusan [12].

Robot ini juga menggunakan *microcontroller* yang merupakan sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. *Microcontroller* yang memiliki fungsi untuk mengerjakan intruksi-intruksi pada memori program. Dimana program tersebut terdiri

dari intruksi-intruksi dari bagian set intruksi CPU.

Program akan di simpan pada memori, kemudian secara berurutan intruksi-intruksi tersebut akan akan dikerjakan oleh CPU. *Microcontroller* menggunakan *oscilator clock* yang berfungsi untuk memicu kerja CPU dalam mengerjakan suatu instruksi ke instruksi selanjutnya dalam program yang berurutan. Setiap langkah operasi *microcontroller* memakan waktu beberapa *clock* untuk mengerjakan satu instruksi tergantung dari nilai dari *oscilator clock*.

Central Processing Unit (CPU) yang mengerjakan instruksi-intruksi dapat diprogramkan oleh seorang *programmer*. Nantinya program akan menginstruksikan CPU untuk membaca informasi dari input yang telah dimasukan programnya oleh *programmer*, kemudian CPU membaca informasi dan menulis informasi ke memori.

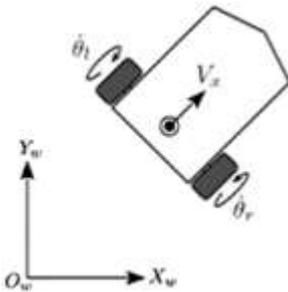
Bahasa pemrograman yang akan digunakan pada robot ini adalah algoritma (*seek and find*). Algoritma akan lebih baik dikembangkan dengan menggunakan pengklasifikasian untuk pendektasian api dan asap. Untuk mengembangkan algoritma, fitur gerak dan tekstur yang tepat yang dapat secara akurat mengidentifikasi keberadaan titik api dan asap. Program dipilih dengan menggunakan algoritma genetika multi-objektif. Sebagai hasil akhirnya data hasil akan serata dan seragam. Momen beroda terbalik jika menggunakan metode statistik. Urutan pertama, kedua dan seterusnya ditentukan secara probabilitas, maka hasil akhirnya data akan tidak serata dan seragam [13].

II. METODOLOGI

Penghindaran rintangan sangat penting agar robot dapat melakukan tugas manusia secara mandiri selama bencana seperti kebakaran. Dalam insiden kebakaran, penghindaran rintangan menjadi lebih sulit karena visibilitas yang rendah, lingkungan yang berubah dengan cepat, tiba-tiba muncul hambatan, dan ketidak pastian lokasi kebakaran. Telah ada penelitian aktif tentang robot pemadam kebakaran untuk mengurangi kehilangan petugas pemadam kebakaran dan meningkatkan efektivitasnya dalam pekerjaan.

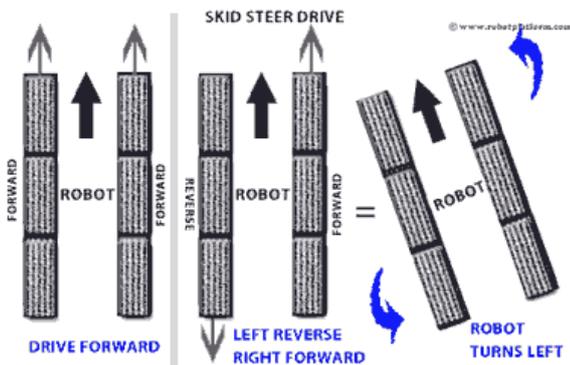
Differential drive merupakan metode kemudi dimana dua buah roda dapat bergerak berlawanan arah sehingga radius belok sama dengan nol. Hal ini meningkatkan kemampuan bermanuver robot lebih baik. Kelemahan dari tipe kemudi ini adalah menghasilkan gesekan pada roda kanan dan kiri

saat melakukan gerakan berbelok. Dan kebanyakan yang menggunakan metode ini adalah robot yang bergerak dalam pipa perkotaan, karena robot itu harus bisa memaanuver lebih baik didalam pipa, dengan metode *differential drive* roda pada robot tersebut dapat berbeda arah antara roda sisi satu dengan sisi lainnya, tergantung jalur yang ada didalam pipa [14]. Untuk visualisasi sistem *differential drive* ditunjukkan oleh **Gambar 1** sistem *differential steering*.



Gambar 1. Sistem *differential steering*.

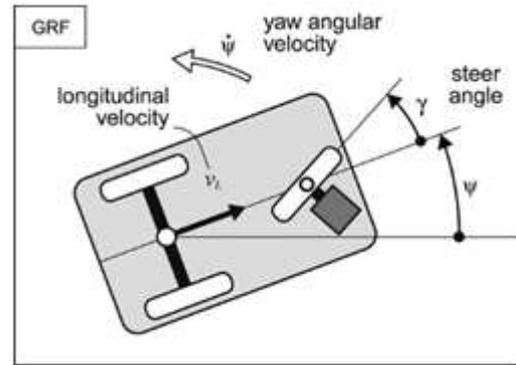
Skid steering pada dasarnya sistem ini adalah mekanisme pergerakan yang menggunakan konsep *differential drive*. Yang menyamakannya dengan metode *differential drive* adalah cara gerak rodanya yaitu bisa berbeda arah putarnya. Sistem kemudi ini menggunakan rantai roda atau susunan roda dengan posisi tetap. Meskipun metode ini dianggap bisa dalam segala medan, karena kuat dari sifat struktur mekaniknya. Visualisasi sistem *skid steering* ditunjukkan oleh **Gambar 2** sistem *skid steering*.



Gambar 2. Sistem *skid steering*.

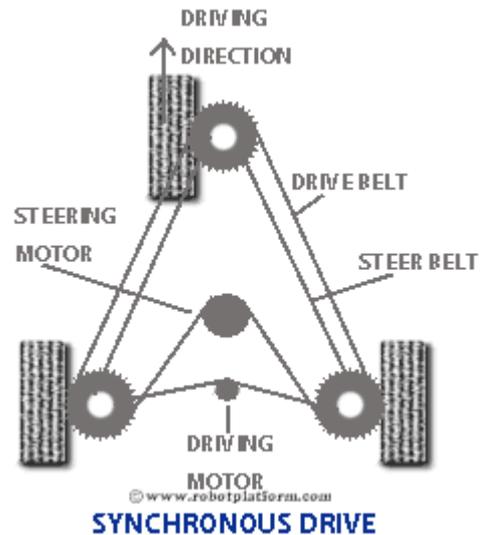
Tricycle drive adalah metode penggerak robot dengan menggunakan tiga buah roda. Satu poros terdapat dua buah roda yang dihubungkan pada motor penggerak, sedangkan satu buah roda di depan berfungsi berupa *driver* yang dapat berputar kesegala arah, ketika roda belok. Jarak yang didapat sejauh titik pertemuan diantara roda bagian depan dengan roda bagian belakang. Kelemahaannya dalam metode penggerak ini

adalah hanya ban depannya saja yang dapat bergerak bebas. Visualisasi sistem *skid steering* ditunjukkan oleh **Gambar 3** sistem *tricycle drive*.



Gambar 3. Sistem *tricycle drive*.

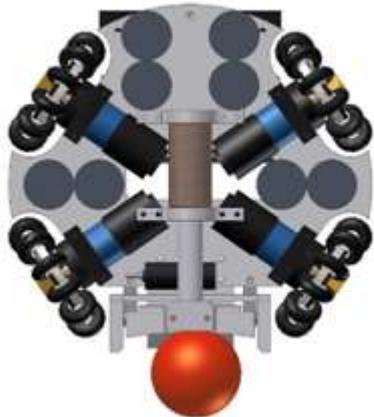
Suatu sistem yang dalam pengoperasiannya menggunakan seluruh roda yang terdapat pada badan robot untuk bergerak disebut *synchronous drive*. Ketika saat situasi salah satu roda robot sedang bergerak dalam kondisi permukaan yang tidak rata, maka roda yang terkena dampak ketidakrataan permukaan tersebut akan dibantu oleh roda lain yang tidak terkena dampak ketidakrataan, sehingga roda yang terkena kondisi tidak rata tersebut dapat bergerak dengan arah yang tetap. Visualisasi sistem *synchronous drive* ditunjukkan oleh **Gambar 4** gerak dari sistem *synchronous drive*.



Gambar 4. Gerak dari sistem *synchronous drive*.

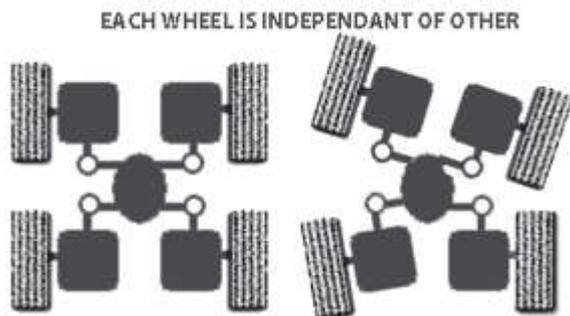
Holonomic drive merupakan suatu system yang penggerak rodanya dapat bergerak ke berbagai arah dengan bebas. Robot yang bergerak maju akan memiliki kecepatan positif tertentu di arah y dan nol di arah x. Bisa disebut juga kecepatan translasi dan kecepatan sudut robot sebagai "*Euclidean magnitude*", berbeda dari kecepatan dan akselerasi

motor individu [15]. **Gambar 5** merupakan gerak sistem dari *holonomic drive*.



Gambar 5. Gerak sistem *holonomic drive*.

Penelitian akan menyajikan metode baru yaitu sistem kemudi *multi independent steering*. Merupakan sistem kemudi dimana tiap roda dapat bergerak secara bebas. Dengan sistem kemudi ini robot dapat bergerak bebas ke segala arah dan merupakan tipe gerak holonomic. Visualisasi sistem multi independent steering ditunjukkan oleh **Gambar 6** sistem *multi independent steering*.



Gambar 6. Sistem multi independent steering.

Aktuator merupakan bagian penggerak yang digunakan dalam sistem. Aktuator yang digunakan terdiri dari beberapa jenis, yaitu: motor dc stepper dan motor servo. Pemilihan aktuator berdasarkan pada spesifikasi kebutuhan robot yang akan dibuat.

Sistem mekanik yaitu sistem yang mengatur gerakan arah robot secara keseluruhan, dengan batasan dimensi robot sesuai peraturan perlombaan yang diadakan di Robogames dengan panjang robot 31 x 31 x 27 cm, dengan bahan yang digunakan dalam perancangan robot nilon, akrilik, almunium sketsa sistem mekanik robot yang ditunjukkan oleh **Gambar 7** perancangan mekanik robot.

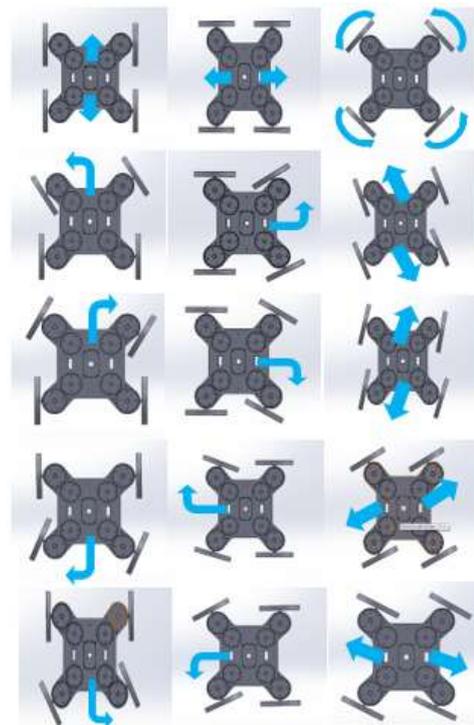
Sistem kemudi multi independent adalah sistem kemudi yang dimana setiap roda dapat bergerak secara independen. keunggulan Sistem kemudi multi independent dimana robot dapat bergerak

secara bebas tanpa memerlukan ruangan yang besar untuk bermanuver.



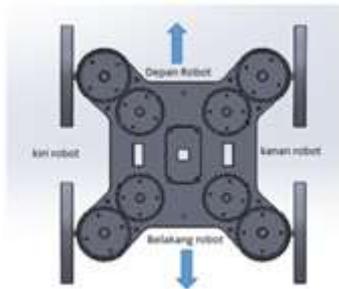
Gambar 7. Perancangan mekanik robot.

Sebuah robot yang memiliki kemampuan bergerak holonomic ini dapat bermanuver ke segala arah tanpa harus mengubah posisi badan robot. Sketsa sistem kemudi ditunjukkan oleh **Gambar 8** sketsa sistem kemudi robot. Gerak dasar robot dibagi menjadi 4 arah bagian diantaranya gerak maju lurus, gerak mundur lurus, gerak kanan lurus dan gerak kiri lurus.

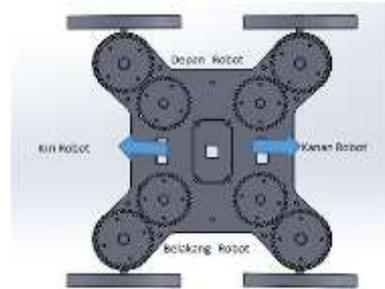


Gambar 8. Sketsa sistem kemudi robot.

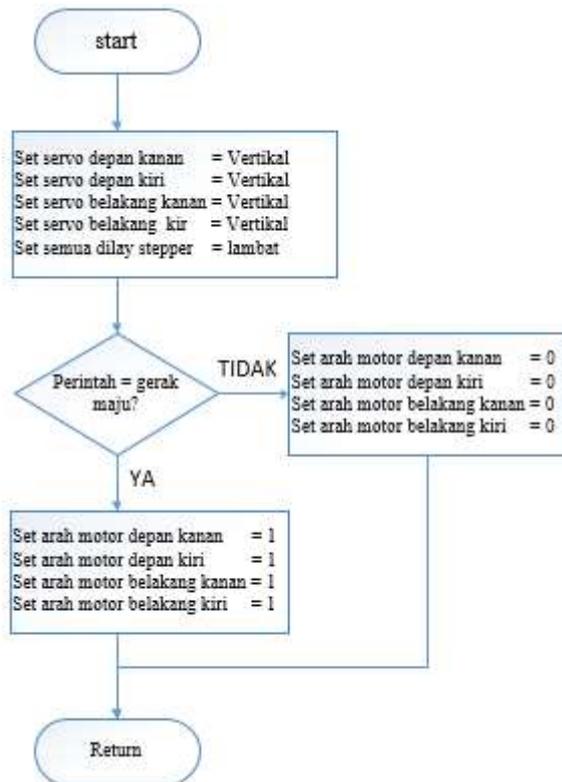
Sistem seperti ini bertujuan untuk mengefisiensikan gerak robot saat bermanuver menuju suatu ruangan. posisi gerak robot ditunjukkan pada **Gambar 9** Posisi gerak maju lurus dan mundur lurus robot, sedangkan *flowchat* gerak maju dan mundur robot di tunjukan pada **Gambar 10** *flowchart* gerak maju dan mundur, dan sedangkan gerak kanan lurus dan kiri lurus ditunjukkan oleh **Gambar 11** posisi gerak maju kanan lurus dan maju kiri.



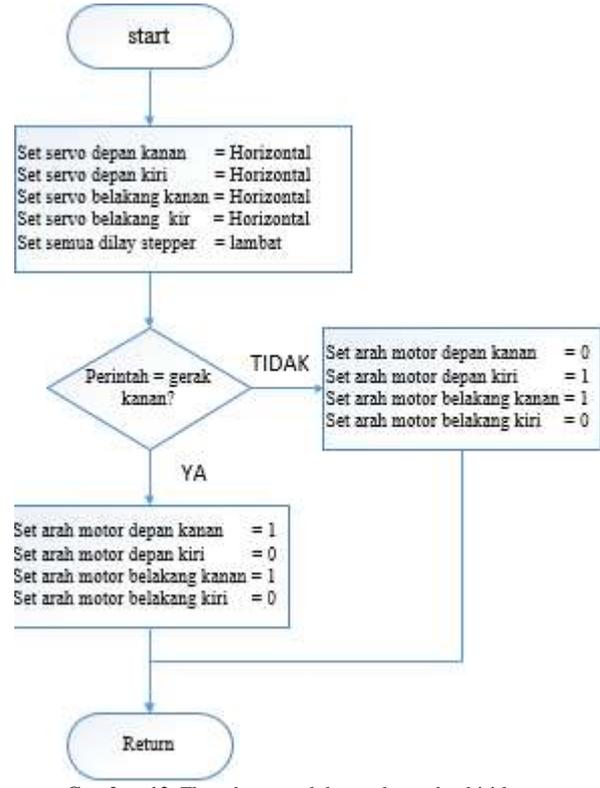
Gambar 9 . Posisi gerak maju lurus dan mundur lurus robot.



Gambar 11. Posisi gerak maju kanan lurus dan maju kiri lurus.



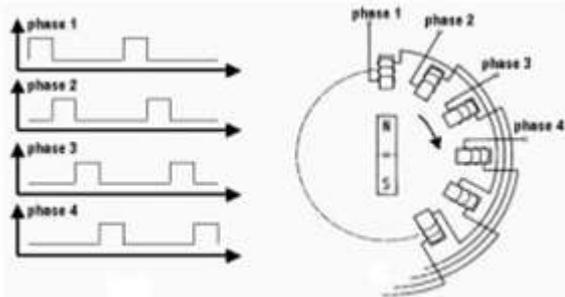
Gambar 10. Flowchart gerak dasar lurus maju atau mundur.



Gambar 12. Flowchart gerak kanan lurus dan kiri lurus.

Sedangkan *flowchart* gerak maju kanan lurus dan maju kiri lurus, ditunjukkan pada **Gambar 12** flowchart gerak kanan lurus dan kiri lurus. Sistem kerja pada motor stepper dc adalah mengubah inputan pulsa menjadi gerakan mekanis diskrit. Untuk menggerakkan motor setepper ini kita perlu membangkitkan pulsa periodiknya. Dan pada **Gambar 13** berikut ini akan di jelaskan system kerja dari motor stepper dc.

Motor servo merupakan motor yang memiliki sudut putaran yang kaurat. Motor servo tersebut memiliki motor dc, gear, rangkain kendali serta potensiometer. Komponen gear yang terdapat pada motor servo berfungsi memperendah putaran pada poros dan menguatkan putaran pada torsi motor servo. Sedangkan potensiometer berfungsi resistansi pada saat motor servo berputar dan menjadi penentu batas putaran motor servo. Drajat perputaran motor servo terbagi menjadi 2 yaitu: Motor servo 180° gerakannya sangat terbatas, dimana 90° ke kanan dan 90° ke kiri, dengan kata lain putan motor servo adalah setengah lingkaran dan *motor servo rotation continuous* adalah motor servo yang mirip dengan motor servo standar, namun putaran poros output-nya tanpa batas atau satu lingkaran penuh 360°. Berikut merupakan contoh salad satu merk servo ditunjukkan oleh **Gambar 14** servo HITEC HS-225MG.



Gambar 13. Sistem Kerja Motor Stepper



Gambar 14. Servo HITEC HS-225MG.

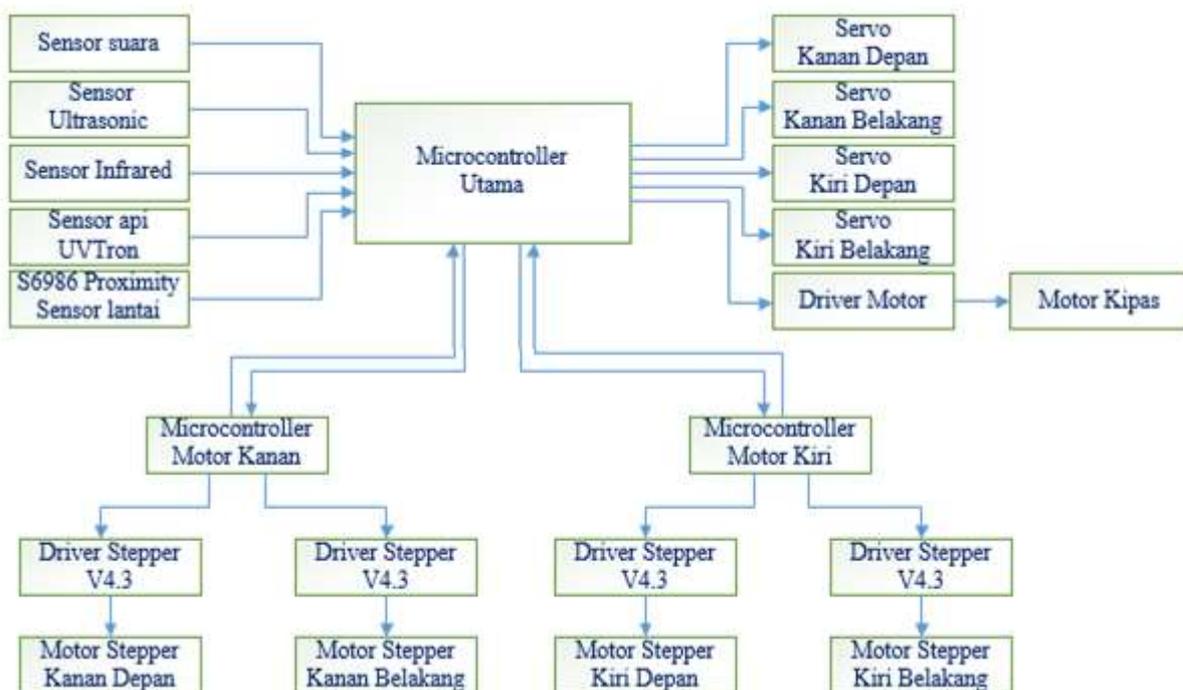
III. HASIL DAN DISKUSI

Blok diagram ini terdiri dari tiga sistem yaitu, input, proses output. Input berfungsi untuk menerima masukan, bagian proses berfungsi untuk mengolah data untuk diubah menjadi sebuah tindakan. Output berfungsi sebagai indikator yang

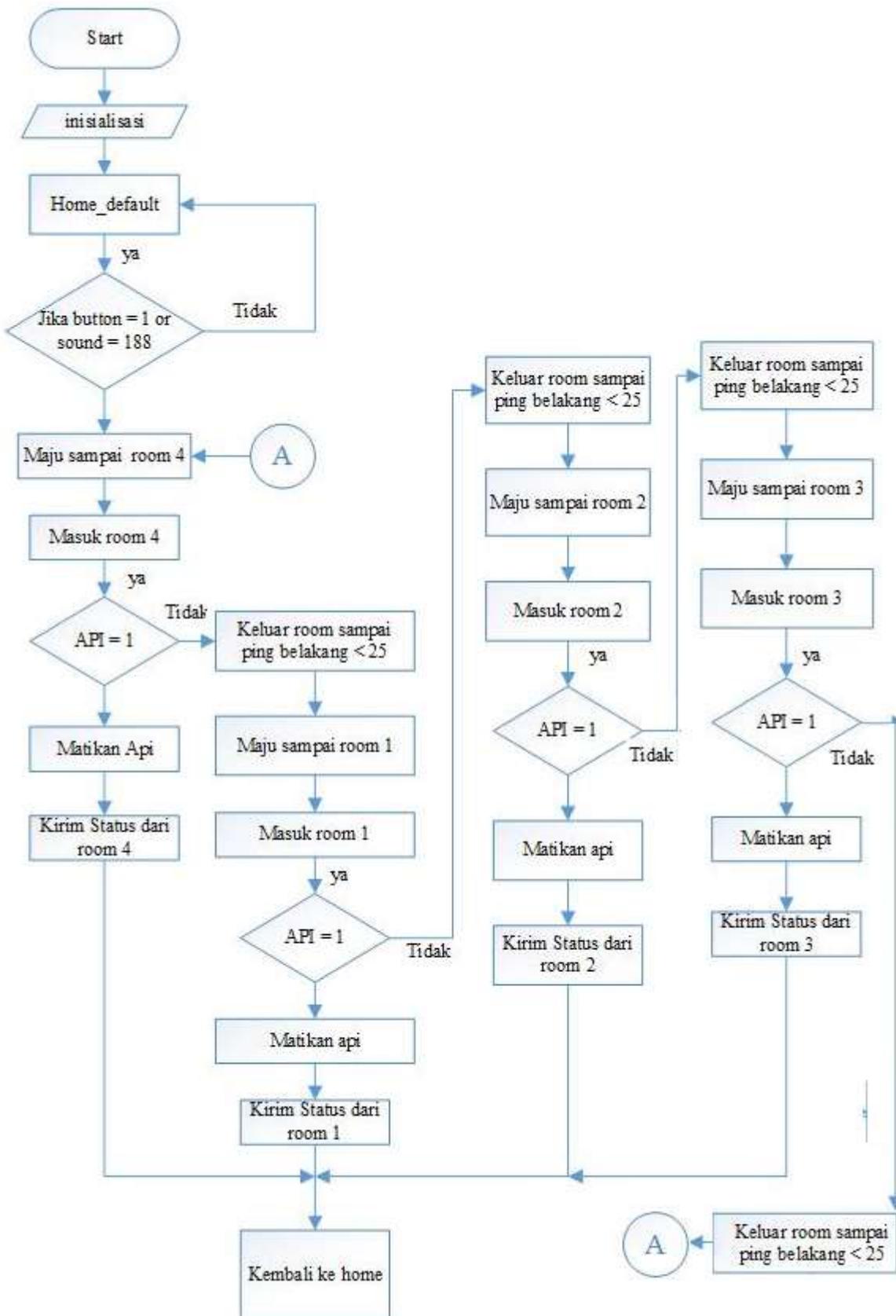
dikeluarkan oleh proses. Blok diagram sistem ini ditunjukkan oleh **Gambar 15**.

Untuk metode dan riset yang digunakan oleh Jong-Hwan Kim adalah metode penghindaran kendala yang disebut *Weighted Vector Method* (WVM). WVM adalah metode penghindaran kendala lokal real-time yang mampu menavigasi di sekitar hambatan statis dan dinamis sambil tetap bergerak menuju tujuan. Metode ini mengenali lingkungan lokal melalui vektor, mengklasifikasikan mode penghindaran yang sesuai dengan decision tree, menggunakan fungsi pembobotan untuk memilih vektor yang diperlukan, dan secara geometris menghitung sudut pos yang sesuai.

Representasi vektor dan divisi ruang konfigurasi mengatasi kekurangan metode serupa lainnya seperti *Following Gap Method* (FGM) dan *Metode Vector Distance Function* (VDF), memungkinkan WVM berlaku untuk lingkungan dalam ruangan. Selain itu, WVM mampu melihat objek dalam bentuk apa pun dan menghitung lintasan aman di lingkungan yang memiliki penghalang dinamis statis dan tak terduga yang kompleks. Metode ini divalidasi dengan melakukan berbagai percobaan di labirin seperti tempat uji dengan lorong, lorong dengan hambatan, ruang buntu, benda jatuh tak terduga, dan tujuan dinamis yang mengarahkan robot ke api. Algoritma utama robot di tunjukan oleh **Gambar 16**.

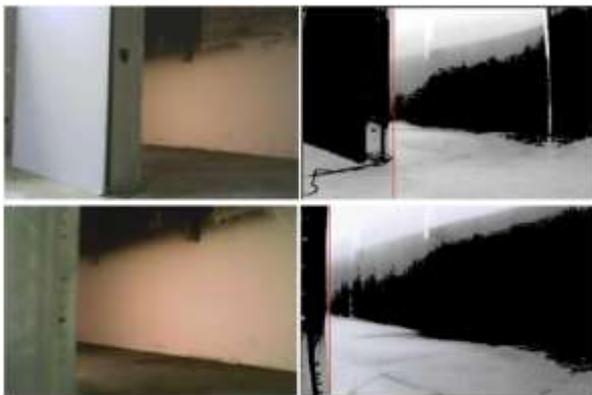


Gambar 15. Blok diagram sistem.



Gambar 16. Diagram alur algoritma utama

WVM mengelompokkan vektor untuk mewakili rintangan dengan sudut dan besaran yang berbeda dari metode representasi kendala yang ada, yang menggambarkan hambatan sebagai lingkaran atau poligon sederhana [16]. Untuk riset yang dihasilkan sudah berupa gambar thermal yang di ambil oleh LWIR kamera. Untuk melihat hasil thermal dari kamera LWIR, berikut **Gambar 17** hasil thermal



Gambar 17. Gambar visual dan thermal di berbagai lokasi robot selama percobaan.

Untuk metode yang digunakan oleh Jong-Hwan Kim sangatlah kompleks jika di bandingkan dengan penelitian ini, karena riset yang di kembangkannya menggunakan vektor, yang dimana keakuratannya lebih akura di bandingkan dengan yang lainnya. Dan untuk metode gerak kemudi roda menggunakan multi steering yang dimana roda-roda bebas untuk bergerak.

Keterbatasan menggunakan *multi independent steering* adalah jikasatu atau lebih dari penggerak roda memiliki kecepatan di atas yang diperlukan untuk berbelok, kendaraan tidak akan secara efektif melakukan belokan yang diinginkan karena kendaraan menderita understeer. Selain itu, kontrol yang tidak optimal pada penggerak roda menyebabkan konsumsi energi yang lebih tinggi untuk kendaraan, yang secara signifikan mengurangi jangkauan kendaraan. Oleh karena itu, diinginkan untuk menyediakan sistem dan metode untuk mengendalikan kendaraan penggerak multi-roda yang tidak mengalami kekurangan ini.

Dalam pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan cara membandingkan antar jarak sesungguhnya dan jarak yang dibaca oleh mikrokontroler. Dimana sensor ultrasonik itu sendiri memancarkan gelombang suara yang terus menerus di transmitter dan kemudian gelombang suara ultrasonic tersebut dipantulkan oleh benda yang ada didepannya dan akan diterima oleh receiver. Hasil pengujian terhadap sensor ultrasonic dapat dilihat pada **Tabel I**.

Tabel I. Pengujian sensor *ultrasonik*

Jarak yang ditentukan (cm)	waktu yang ditempuh (µs)	Hasil pengukuran sebenarnya (cm)	Error (cm)
10	599	10.2	0.2
20	1181	20.1	0.1
30	1764	30.	0.0
40	2357	40.1	0.1
50	2951	50.2	0.2
60	3533	60.1	0.1
70	4145	70.5	0.5
80	4709	80.1	0.1
90	5297	90.1	0.1
100	5885	100.1	0.1
110	6473	110.1	0.1
120	7067	120.2	0.2
130	7655	130.2	0.2
140	8243	140.2	0.2
150	8837	150.3	0.3
160	9419	160.2	0.2
170	10013	170.3	0.3

Pengujian jarak pendeteksian api menggunakan sensor *uvtron*, uji coba tersebut bertujuan mengetahui jarak pendeteksian api dengan menggunakan sensor api. Jarak deteksi tersebut berbeda berkisar 0,2 meter dan 3 meter. Pengambilan data berdasarkan indikator lampu led serta mengukur daya tegangan DC dengan multimeter. Data pengujian ditunjukkan pada **Tabel II**.

Gambar 18. Arsitektur keseluruhan platform robot mobile otomatis

Tabel II. Pengujian jarak pendeteksi sensor UVtron

Pengujian	Sudut	Indikator LED	Tegangan Dc
1	-90°	Hidup	5 Volt
2	-75°	Hidup	5 Volt
3	-60°	Hidup	5 Volt
4	-45°	Hidup	5 Volt
5	-30°	Hidup	5 Volt
6	-15°	Hidup	5 Volt
7	0°	Hidup	5 Volt
8	15°	Hidup	5 Volt
9	20°	Hidup	5 Volt
10	45°	Hidup	5 Volt
11	60°	Hidup	5 Volt
12	75°	Hidup	5 Volt
13	90°	Hidup	5 Volt
12	240	Hidup	5 Volt
13	260	Hidup	5 Volt
14	280	Hidup	5 Volt
15	300	Hidup	5 Volt

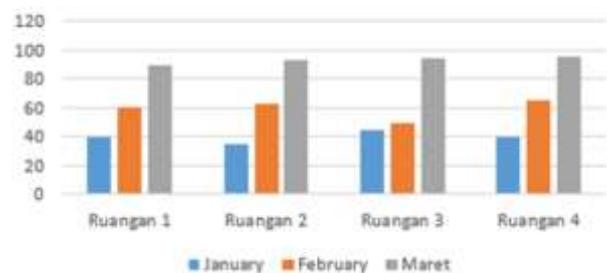
Tabel III . Pengujian lebar sudut sensor api

Pengujian	Sudut	Indikator LED	Tegangan Dc
1	-90°	Hidup	5 Volt
2	-75°	Hidup	5 Volt
3	-60°	Hidup	5 Volt
4	-45°	Hidup	5 Volt
5	-30°	Hidup	5 Volt
6	-15°	Hidup	5 Volt
7	0°	Hidup	5 Volt
8	15°	Hidup	5 Volt
9	20°	Hidup	5 Volt
10	45°	Hidup	5 Volt
11	60°	Hidup	5 Volt
12	75°	Hidup	5 Volt
13	90°	Hidup	5 Volt

Pengujian sudut pendeteksian sensor api ini bertujuan untuk mengetahui sudut maksimal yang dapat dideteksi. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel III**. Untuk arsitektur keseluruhan ditunjukkan pada **Gambar 18** dan data riset kemajuan dapat ditunjukkan oleh **Gambar 19**.



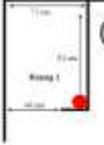
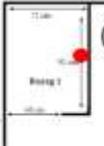
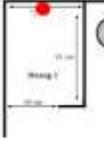
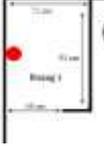
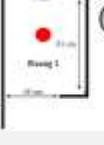
Grafik keberhasilan 3 bulan terakhir

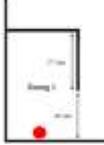
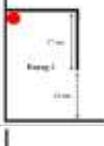
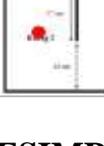


Gambar 19. Grafik kemajuan riset perbulan

Pengujian algoritma keseluruhan dilakukan pada suatu arena yang menyerupai rumah yang dimana terdiri dari 2 ruangan yang memiliki dimensi yang berbeda-beda dari setiap ruangan memiliki beberapa kemungkinan untuk penempatan lilin yang di ibarakan titik api. Beberapa kemungkinan atau peluang penempatan titik api kebakaran akan ditunjukkan pada **Tabel IV**.

Tabel IV. Peluang penempatan titik api

Ruangan	Status Api	Jumlah Percobaan	Jumlah keberhasilan	Keterangan
1		100	80	Scan gagal Error sensor jarak Mepet dinding
		100	79	Nabrak lilin Gagal geol servo Gagal scan api
		100	82	Kurang step Gagal cek maju ke lilin
		100	83	Gagal scan api Nabrak dinding
		100	90	Maju kurang dekat denagan lilin Gagal scan lilin
		100	95	Maju nabrak lilin Nabrak dinding
		100	100	Berhasil

2		100	100	Berhasil
		100	89	Kurang maju menghadap ap dinding
		100	90	Gagal masuk runagn mepet dinding
		100	100	Berhasil
		100	98	Gagal masuk ruangan
		100	99	Gagal cari api Robot mepet dinding kiri
		100	100	Berhasil

IV. KESIMPULAN

Robot dengan sistem *multi independent steering* ini tidak memerlukan ruangan yang luas untuk bermanuver, karena robot dengan implementasi *multi independent steering* dapat bergerak secara bebas. Robot pemadam api dapat mendeteksi api dengan cepat dan tepat, pergerakan robot menggunakan motor stepper sangat kokoh dan kepresisiannya sangat meningkat drastis dibandingkan dengan robot yang menggunakan robot motor dc. Berdasarkan kesimpulan yang diuraikan sebelumnya, demi perbaikan dan perkembangan penelitian selanjutnya penulis memiliki beberapa saran. Supaya robot meningkat keakuratannya lebih baik, penulis akan menambahkan metode yang di riset oleh Jong-Hwan Kim. Karena penambahan vector ke dalam sistemnya akan menjadi lebih lincah lagi untuk

melewati rintangan yang ada, dan sistem robot akan menjadi lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. N. Khoon, P. Sebastian, A. Bakar, and S. Saman, "Autonomous Fire Fighting Mobile Platform," vol. 41, no. Iris, pp. 1145–1153, 2012.
- [2] "Firefighter Fatalities in the United States in 2010," no. September, 2011.
- [3] J. T. C. Tan, Y. Huang, Y. Suda, A. Mizuno and M. Horiguchi, "Cornering stability improvement by gyro moment for narrow tilting vehicle," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 29, no. 7, pp. 2705-2711, 2015.
- [4] Jeelani, S., et al., "Robotics and medicine: A scientific rainbow in hospital. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*". 7(Suppl 2): . S381-S383. 2015.
- [5] J. W. Lee, G. T. Park, J. S. Shin, and J. W. Woo, "Industrial robot calibration method using denavit—Hatenberg parameters," In 2017 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), pp. 1834-1837, 2017.
- [6] J. Kim, S. Jo, and B. Y. Lattimer, "Feature Selection for Intelligent Firefighting Robot Classification of Fire , Smoke , and Thermal Reflections Using Thermal Infrared Images," vol. 2016, 2016.
- [7] H. Hyung, B. Ahn, B. Cruz and D. Lee, "Analysis of android robot lip- sync factors affecting communication," 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)", pp. 441-442, 2016.
- [8] M. J. A. Khan, M. R. Imam, J. Uddin, and M. Sarkar, "Automated fire fighting system with smoke and temperature detection," 7th International Conference on Electrical & Computer Engineering (ICECE), pp. 232-235, 2012.
- [9] R. Hartono, T. N. Nizar, I. Robani, and D. A. Jatmiko, "Motion and Navigation Control System of a Mobile Robot as A Prototype of An Autonomous Vehicle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 879, p. 012100, Aug. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/879/1/012100.
- [10] T. N. Nizar, R. Hartono, and D. Meidina, "Human Detection and Avoidance Control Systems of an Autonomous Vehicle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 879, p. 012103, Aug. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/879/1/012103.
- [11] M. M. Topaç, U. Deryal, E. Bahar, and G. Yavuz, "Optimal kinematic design of a multi-link steering system for a bus independent suspension : An application of response surface methodology," vol. 21, no. 5, pp. 404–413, 2015.
- [12] T. N. Khoon, P. Sebastian, A. Bakar, and S. Saman, "Autonomous Fire Fighting Mobile Platform," vol. 41, no. Iris, pp. 1145–1153, 2012.
- [13] J. H. Kim "Autonomous Navigation, Perception and Probabilistic Fire Location for an Intelligent Firefighting Robot," 2014.
- [14] M. Muramatsu, N. Namiki, U. Koyama, and Y. Suga, "Autonomous mobile robot in pipe for piping operations," in Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots, Systems, vol. 3, pp. 2366–2171, 2012.
- [15] A. Egorova et al.: "FU Fighters Small Size Team 2004", RoboCup-2004: Robot Soccer World Cup VIII, Springer-Verlag, 2005.
- [16] T. X. Tung and J.-M. Kim, "An effective four-stage smoke-detection algorithm using video images for early fire-alarm systems," *Fire Safety Journal*, vol. 46, pp. 276-282. 2015.