

PERANCANGAN ALGORITMA DAN PROGRAM ROBOT CERDAS PEMADAM API 2013 DIVISI BERKAKI

Wawan Purnama, Regina Puspitasari, Erik Haritman

Departemen Pendidikan Teknik Elektro, FPTK Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudhi No.229Bandung 40154, Telp. (022) 2013161, Faks. (022) 2013651
wawanpurnama@gmail.com

Diterima : 20 Agustus 2014

Disetujui : 01 September 2014

Dipublikasikan : September 2014

ABSTRAK

Robot cerdas pemadam api divisi berkaki merupakan robot yang menggunakan kaki sebagai alat geraknya dengan misi mencari dan memadamkan api di arena lapangan berbentuk simulasi interior suatu rumah. Robot ini akan bekerja secara otomatis sesuai dengan peraturan Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) 2013. Penelitian ini bertujuan merancang algoritma dan mengimplementasikannya dalam bentuk program pada sebuah robot cerdas pemadam api divisi berkaki yang memiliki fungsi sesuai dengan aturan pertandingan KRPAI 2013 dengan *start* di ruang 4 untuk mode *Arbitrary-Start* dan api di ruang 1. Perancangan algoritma dan program dibuat dengan tiga langkah yaitu pendesainan kebutuhan kontrol robot, penyusunan skema mekanisme kontrol robot dan pembuatan sintak program. Dari langkah tersebut robot dibuat dengan teknik *high level control* dengan algoritma *finite state machine (FSM)*, sedangkan untuk arsitektur pemrograman menggunakan *foreground background* dan *time triggered*. Algoritma dan program yang dibuat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu pemrograman sensor ultrasonik ping, pemrograman meluruskan posisi robot terhadap dinding pada saat *start*, pemrograman navigasi di luar ruangan dengan teknik *wall following*, pemrograman pendeteksian garis putih sebagai penanda pintu ruangan menggunakan sensor garis, pemrograman *scanning* api dan pemadaman api, dan pemrograman robot secara keseluruhan dengan algoritma *FSM*. Dari perancangan tersebut didapatkan hasil bahwa robot bekerja sesuai dengan rancangan algoritma yang telah dibuat sehingga robot dapat menyelesaikan misi dengan baik.

Kata kunci: KRPAI 2013, algoritma, *FSM*, *foreground background*, *time triggered*

ABSTRACT

Intelligent fire-fighting legged robot division is a robot that uses the feet as a means of motion with a mission to find and fight the fire in the form of simulated field arena interior of a house. These robot will work automatically in accordance to the rules of Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) 2013. This study aims to design and implement algorithms in the form of a program on an intelligent fire-fighting robot - legged division that has a function in accordance to the rules KRPAI 2013 with start in room 4 for Arbitrary-Start mode and fire in room 1. Design of algorithms and programs are made within three steps, namely designing robotic control needs, making the robot control scheme mechanism and designing syntax program. The robot is built with high-level control technique with finite state machine (FSM) algorithms, whereas programming architecture uses foreground background and time triggered. Algorithms and programs created are divided into several parts: ping ultrasonic sensor programming, programming the robot to align the position with the wall at the start, programming outdoors navigation with wall-following techniques, programming detection of the white line as a marker of the room door using a sensor line, scanning programming fire and extinguishing the fire, and the holistic robot programming with FSM algorithm. The design showed that the robot work according to design of the algorithms that have been made so that the robot can complete the mission well.

Keywords: KRPAI 2013, algorithm, FSM, foreground background, time triggered

PENDAHULUAN

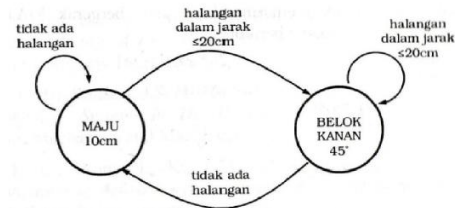
Kontes robot pemadam api indonesia (KRPAI) merupakan suatu ajang kompetisi di tingkat perguruan tinggi yang diadakan setiap tahun oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DITJEN DIKTI) untuk mengeksplorasi kemampuan mahasiswa dalam perancangan, implementasi, dan strategi serta mengembangkan ide-ide untuk dapat membuat dan merancang suatu robot dengan berbagai bentuk dan struktur serta kecerdasan agar dapat menjalankan misi yaitu mencari dan memadamkan api. Terdapat dua divisi dalam KRPAI yaitu robot pemadam api divisi beroda dan divisi berkaki.

Peraturan KRPAI setiap tahunnya mengalami perubahan, begitu juga pada peraturan KRPAI 2013 mengalami beberapa perubahan, diantaranya adalah terdapat *start* di ruang 4 untuk mode *Arbitrary-Start* dan terdapat dua pintu masuk pada ruang 1. Perubahan ini akan membuat setiap peserta memikirkan ulang kembali algoritma yang akan digunakan dalam kontes. Pada penelitian ini dibuat perancangan algoritma sebuah robot cerdas pemadam api divisi berkaki yang memiliki fungsi sesuai dengan aturan pertandingan KRPAI 2013 dengan *start* di ruang 4 untuk mode *Arbitrary-Start* dan api di ruang 1

Secara umum, ada dua jenis robot yaitu robot terkontrol (*controlled robot*) dan robot otomatis (*autonomous robot*) [1]. Robot berkaki dibedakan berdasarkan jumlah kaki yang digunakan, robot dengan jumlah kaki dua (*bipedal*), robot berkaki empat (*quadpod*), robot berkaki enam (*hexapod*). Masing-masing memiliki keuntungan dan kelebihan tersendiri. Robot *hexapod* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan *bipedal* dan *quadpod*, yaitu memiliki kestabilan posisi yang lebih baik, dapat bergerak diberbagai permukaan baik kasar maupun halus, desain rangkaian lebih mudah.

Klasifikasi kontrol pada robot berbasis sensor dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Low Level Control* dan *High Level Control*. *Low Level Control* adalah suatu teknik kontrol robot yang berdasarkan pada cara instalasi sensor dan cara membaca datanya, yakni dengan langsung mengukur pada bagian tubuh/sendi/sumbu-putar dari struktur (robot), *High Level Control* merupakan kontrol yang bekerja berdasarkan data-data sensor yang merupakan informasi tentang lingkungan dimana robot itu bekerja [2].

High Level Control yang digunakan pada penelitian ini adalah *Finite state machine (FSM)*. *FSM* adalah suatu mekanisme untuk menentukan suatu solusi berdasarkan perubahan-perubahan keadaan (*state*) waktu demi waktu [3]. Dalam teknik *FSM*, perubahan suatu *state* terjadi berdasarkan informasi data umpan balik dari sensor-sensor.

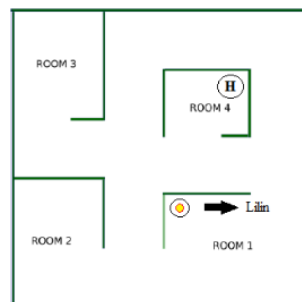


Gambar 1. Skema dasar *FSM*

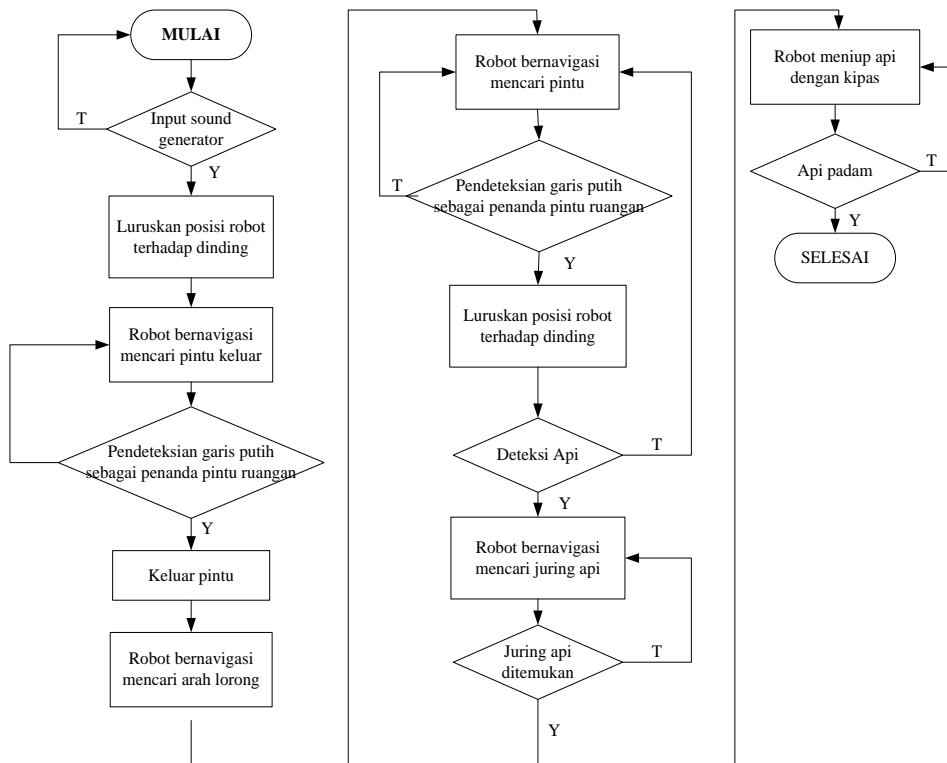
METODE

Perancangan Algoritma dan Program

Perancangan algoritma dan program sebuah robot dimaksudkan untuk dapat memberikan beberapa instruksi yang akan dilakukan oleh robot untuk melakukan tugasnya dari mulai keluar ruangan sampai dengan memadamkan api. Secara keseluruhan tugas dari robot untuk pertandingan KRPAI dengan *start* di ruang 4 untuk mode *Arbitrary-Start* dan letak api ada di ruang 1 dapat dilihat pada Gambar 3, untuk konfigurasi ruangan dapat dilihat pada Gambar 2.



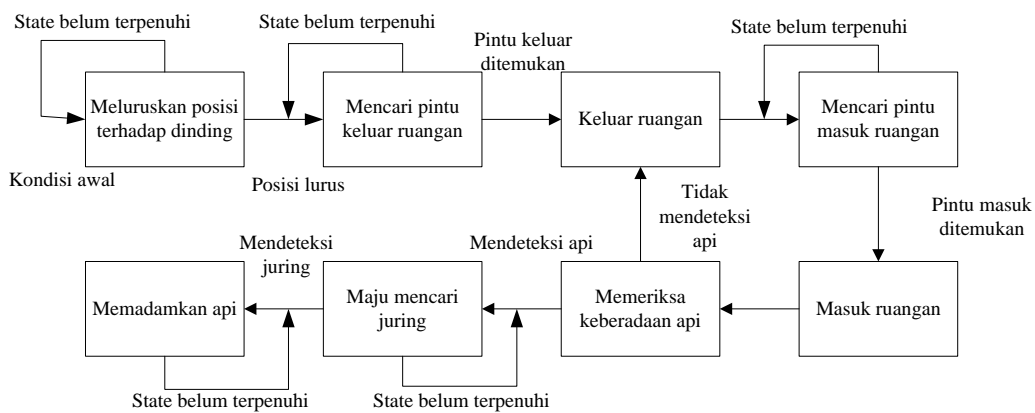
Gambar 2. Konfigurasi lapangan pada *start* di ruang 4 dengan mode *Arbitrary Start* dan api di ruang 1



Gambar 3. Diagram alir kerja robot secara keseluruhan

Perancangan algoritma dan program dibuat dengan tiga langkah yaitu (1) Pendesainan kebutuhan kontrol robot, (2) Penyusunan skema mekanisme kontrol robot, (3) Pembuatan sintak program. Dari langkah tersebut robot dibuat dengan teknik *high level control* dengan algoritma *finite state machine (FSM)*, sedangkan untuk arsitektur pemrograman menggunakan *foreground background* dan *time triggered*. Untuk mempermudah pembuatan algoritma dan program robot maka penulis membaginya dalam beberapa bagian, yaitu:

Gambar 4 memperlihatkan diagram keseluruhan algoritma FSM yang mengatur pergerakan dan aksi robot berdasarkan perubahan-perubahan keadaan yang dialami oleh robot pada saat melakukan tugasnya. Setiap perubahan dari gerak robot didasarkan pada perubahan yang terjadi berdasarkan pendeteksian sensor-sensor pada robot yang mengakibatkan perubahan *state*.



Gambar 4. Skema algoritma FSM pada robot

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor Ultrasonik Ping

Pengujian sensor ultrasonik ping dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara jarak sebenarnya dan jarak yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik ping setelah diprogram terlebih dahulu di mikrokontroler. Pengujian diimplementasikan pada pembacaan jarak depan, jarak samping kiri, jarak samping kanan dan jarak belakang di ruang 4 dan ruang 1. Hasil pengujian yang telah dilakukan ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor ultrasonik PING di ruang 4

Jarak yang diukur	Jarak sebenarnya (cm)	Tampilan LCD (cm)	Error (%)
Depan	29	31	6,8
Kiri	12	13	8,3
Kanan	44	46	4,5
Belakang	51,5	55	6,7

Tabel 2. Hasil pengujian sensor ultrasonik ping di ruang 1

Jarak yang diukur	Jarak sebenarnya (cm)	Tampilan LCD (cm)	Error (%)
Depan	61,5	65	5,6
Kiri	16	17	6,25
Kanan	85,5	91	6,4
Belakang	159	169	6,2

Tabel di atas menunjukkan adanya selisih antara jarak yang sebenarnya dengan jarak yang terbaca oleh sensor ping. Dari selisih tersebut didapatkan nilai *error*. Semakin jauh jarak yang diukur maka akan semakin besar *error* yang dihasilkan, tetapi jarak yang terukur masih mendekati jarak yang sebenarnya. Hal ini disebabkan oleh waktu *delay* yang digunakan pada program PING dan pengeksekusian delapan program PING atau tanggapan dari sensor itu sendiri.

Pengujian Meluruskan Posisi Robot Terhadap Dinding Pada Saat Start

Pengujian ini dilakukan untuk melihat performa robot dalam meluruskan posisi terhadap dinding pada saat *start*. Pengujian dilakukan dengan cara mengujikan robot pada posisi *start* dengan sudut 0° , 60° , 120° , 180° , 240° , 300° . Tabel berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 3. Hasil pengujian meluruskan posisi robot terhadap dinding pada saat *start*

Pengujian ke-	Posisi robot	Respon robot
1	0°	Robot meluruskan posisi terhadap dinding
2	60°	Robot meluruskan posisi terhadap dinding
3	120°	Robot meluruskan posisi terhadap dinding
4	180°	Robot meluruskan posisi terhadap dinding
5	240°	Robot meluruskan posisi terhadap dinding
6	300°	Robot meluruskan posisi terhadap dinding

Berdasarkan tabel di atas robot mampu meluruskan posisi terhadap dinding pada saat *start* dengan baik, maka dapat disimpulkan bahwa robot berjalan sesuai dengan rancangan algoritma yang telah dibuat.

Pengujian Navigasi Di Luar Ruangan Dengan Teknik *Wall Following*

Pengujian ini dilakukan dengan menguji *wall* kanan pada lintasan lurus dan belokan 90° saat robot sudah keluar dari ruang 4 dan bergerak menuju ruang 1. Pengujian bertujuan untuk melihat performa robot selama melewati lintasan-lintasan tersebut. Tujuan dari kontrol *wall following* adalah agar robot tidak menabrak dinding atau bergesekan dengan dinding.

Tabel 4. Hasil pengujian *wall following* ketika robot di luar ruangan

Pergerakan	Pengujian ke-				
	1	2	3	4	5
Lintasan lurus	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding
Belokan 90°	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding	Tidak menabrak dinding

Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa dari lima kali percobaan pada lintasan lurus robot berhasil melakukan *wall following* tanpa menabrak dinding. Pada belokan 90° robot juga dapat melakukan *wall following* dengan cukup baik. Hal ini menunjukkan robot dapat melakukan *wall following* pada lintasan lurus dan belokan sehingga robot dapat menyusur dinding dengan baik, maka dapat disimpulkan bahwa robot berjalan sesuai dengan rancangan algoritma yang telah dibuat.

Pengujian Pendeteksian Garis Putih Sebagai Penanda Pintu Ruang Menggunakan Sensor Garis

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon robot ketika robot masuk atau keluar ruangan yang ditandai dengan garis putih. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan robot keluar dari ruang 4 dan robot masuk ruang 1. Jika sensor garis mendeteksi garis putih maka LCD akan menampilkan tulisan “terdeteksi”.

Tabel 5. Hasil pengujian garis putih sebagai penanda pintu ruangan menggunakan sensor garis

Pengujian ke-	Respon sensor saat keluar ruang 4	Respon sensor saat masuk ruang 1
1	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD
2	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD
3	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD
4	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD
5	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD	Mendeteksi garis putih & menampilkan tulisan “terdeteksi” pada LCD

Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa dari lima kali pengujian robot berhasil mendeteksi garis putih pada pintu ruang 4 dan ruang 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa robot dapat membaca pintu ruangan dengan baik, maka dapat disimpulkan bahwa robot berjalan sesuai dengan rancangan algoritma pendeteksian garis putih yang telah dibuat.

Pengujian Scanning Api Dan Pemadaman Api

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon robot ketika ada api di ruang 1. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan robot dari ruang 4 kemudian berjalan menuju ruang 1, ketika robot telah memasuki ruang 1 maka robot akan melakukan *scanning* api kemudian robot akan berjalan menuju api, ketika robot telah mendeteksi adanya juring maka robot segera menyalakan kipas dan memadamkan api tersebut. Tabel berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 6. Hasil pengujian *scanning* api dan pemadaman api

Pengujian ke-	Api lilin	Juring	Memadamkan/tidak
1	Mendeteksi	Mendeteksi	Memadamkan
2	Mendeteksi	Mendeteksi	Memadamkan
3	Mendeteksi	Mendeteksi	Memadamkan
4	Mendeteksi	Mendeteksi	Memadamkan
5	Mendeteksi	Mendeteksi	Memadamkan

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa dari lima kali pengujian robot berhasil mendeteksi api lilin didalam ruang 1, kemudian robot dapat menghampiri api lilin dengan cukup baik, setelah itu robot dapat mendeteksi juring dengan baik dan dapat memadamkan api lilin tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa robot berjalan sesuai dengan algoritma yang telah dirancang.

Pengujian Program Secara Keseluruhan Dengan Algoritma FSM

Pengujian ini dilakukan untuk melihat performa robot secara keseluruhan dari *start* sampai robot memadamkan api. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengujian dari perancangan program robot secara keseluruhan yang merupakan kesatuan dari semua program dengan menggunakan algoritma *finite state machine (FSM)*. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan robot dari *start* di ruang 4, kemudian robot akan meluruskan posisi terhadap dinding. Setelah itu robot akan

keluar dari ruang 4 dan bernavigasi menuju ruang 1 dengan cara *wall following*. Ketika robot mendeteksi garis putih pada ruang 1, maka robot akan melakukan *scanning* api. Jika api terdeteksi maka robot akan menghampiri sumber api, jika robot mendeteksi juring maka robot akan menyalakan kipas sampai api tersebut padam.

Tabel 7. Hasil pengujian program secara keseluruhan dengan algoritma *FSM*

State ke-	Settingan aksi	Eksekusi aksi	Syarat perubahan state
0	Meluruskan posisi terhadap dinding	Robot meluruskan posisi terhadap dinding	Posisi robot lurus terhadap dinding
1	Mencari pintu keluar ruangan 4	Robot bernavigasi mencari pintu keluar ruangan 4 & mendeteksi garis putih sebagai penanda pintu ruang 4	Pintu keluar ruang 4 ditemukan
2	Keluar ruangan dan berjalan mencari pintu masuk ruang 1	Robot keluar dari ruang 4 kemudian bernavigasi diluar ruangan dengan teknik <i>wall following</i> untuk mencari pintu ruang 1	Pintu masuk ruang 1 ditemukan
3	Masuk ruang 1 & memeriksa keberadaan api	Robot mendeteksi garis putih sebagai penanda pintu ruang 1, kemudian robot masuk ruangan dan melakukan <i>scanning</i> api	Robot mendeteksi adanya api
4	Maju mencari juring dan menghampiri api	Robot berjalan menuju sumber api lilin yang diletakkan diatas juring	Robot mendeteksi juring
5	Memadamkan api	Robot menyalakan kipas dan memadamkan api lilin sampai padam	-

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa robot dapat melakukan keseluruhan rangkaian kerja robot dari *start* sampai memadamkan api lilin sesuai dengan perancangan. Tetapi ketika robot berada pada posisi menghampiri api lilin terkadang robot menabrak dinding pada saat menyusuri dinding, hal ini disebabkan karena terlalu banyak kondisi yang harus dieksekusi oleh robot dan adanya beberapa kondisi yang bentrok, tetapi hal tersebut tidak terlalu mempengaruhi fungsi robot dalam menyelesaikan tugasnya yaitu memadamkan api, sehingga secara keseluruhan robot berjalan sesuai dengan perancangan.

KESIMPULAN

Perancangan algoritma dan pengimplementasiannya dalam bentuk program pada sebuah robot cerdas pemadam api divisi berkaki yang memiliki fungsi sesuai dengan aturan pertandingan KRPAI 2013 dengan *start* di ruang 4 untuk mode *Arbitrary-Start* dan api diruang 1 telah berhasil dilakukan. Penggunaan algoritma *finite state machine (FSM)* dan arsitektur pemrograman *foreground background* dan *time triggered* pada robot dapat berjalan dengan baik. Algoritma *FSM* sebagai kontroler *high level control*, sedangkan karena terdapat beberapa instruksi untuk satu periode waktu, maka digunakan *foreground background* dengan program utama sebagai *foreground*, sedangkan fungsi-fungsi dan prosedur pada interupsi eksternal sebagai *background*. Sedangkan *time triggered* digunakan untuk pembacaan UV Tron. Algoritma dan Program pada robot secara umum dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu pemrograman sensor ultrasonik ping, meluruskan posisi robot terhadap dinding, navigasi di luar ruangan dengan teknik *wall following*, pendeteksian garis putih sebagai penanda pintu ruangan dan juring menggunakan sensor garis, pendeteksian api dengan uv tron, *scanning* titik api dan pemadaman, dan pemrograman robot keseluruhan dengan menggunakan algoritma *FSM*. Program-program tersebut berjalan dengan baik sesuai dengan rancangan yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Winarno & Arifianto, D. (2011). *Bikin robot itu gampang*. Jakarta: PT Kawan Pustaka.
- [2] Pitowarno, E. (2006). *Robotika- Disain, kontrol, dan kecerdasan buatan*. Yogyakarta: C. V Andi Offset.
- [3] Budiharto, W. (2010). *Robotika- Teori dan implementasinya*. Yogyakarta: C. V Andi Offset.