



# Analisis Pergerakan Robot Berkaki Menggunakan Proportional Integral Derivative Control

Eni Rohaini<sup>1</sup>, Agus Siswanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Dinamika Bangsa, Jl. Jendral Sudirman, Kel. Thehok, Kec. Jambi Selatan, Jambi, 36138, Indonesia.

## ABSTRACT

One of the categories in Kontes Robot Indonesia (KRI) is Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI). In this contest, the robot has a mission to extinguish the fire that is in a room. The leg movements on the robot use ultrasonic sensors to detect distances in a room. In the process of searching the robot will trace every hallway in the room that has been determined. Sometimes in the process of searching for hotspots, the robot's foot movements are not good or not responsive. One of the methods used to assist robots in tracing a room is to use the Proportional Integral Derivative Control method. Proportional Integral Derivative Control is a controller that is commonly used in various fields of industry, to make the movement of robots become smooth, fast and responsive. This control can give the output value and the desired value (reference) as close as possible, in other words to produce the smallest possible error. This PID controller has several components, namely Proportional Control (Kp), Integral Control (Ki), and Derivative Control (Kd). Expectations to be achieved in this research is how to optimize the movement of the robot's legs by using the Proportional Integral Derivative Control method which later can provide an overview of the movement of the robot's legs that can run better and be more responsive so that the robot can pass through any space to reach and extinguish the fire without any problems.

Keywords: Robot, Proportional, Integral, Derivative, Control.

## ABSTRAK

Pada ajang Kontes Robot Indonesia (KRI) memiliki salah satu kategori yang dipertandingkan yaitu kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI). Robot tersebut mempunyai misi untuk memadamkan api yang berada pada sebuah ruangan. Gerakan kaki pada robot menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak pada sebuah ruangan. Dalam proses mencari titik api, robot akan menelusuri setiap lorong yang ada pada ruangan yang sudah ditentukan. Terkadang dalam proses pencarian titik api tersebut pergerakan kaki robot kurang baik atau kurang responsive. Salah satu metode yang digunakan untuk membantu robot agar bisa melewati setiap ruang tanpa ada masalah yaitu dengan menggunakan metode Proportional Integral Derivative Kontrol. Proportional Integral Derivative Kontrol merupakan pengendali yang umum digunakan dalam berbagai bidang industri salah satunya adalah untuk membuat pergerakan robot menjadi halus, cepat dan responsive. Kontrol ini dapat memberikan nilai keluaran dan nilai yang diinginkan (referensi) sedekat mungkin, dengan kata lain untuk menghasilkan error sekecil mungkin. Kontroler PID ini memiliki beberapa komponen yaitu Kontrol Proportional (Kp), Kontrol Integral (Ki), dan Kontrol Derivative (Kd). Harapan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu bagaimana mengoptimalkan pergerakan kaki robot dengan menggunakan metode Proportional Integral Derivative Kontrol yang nantinya bisa memberikan gambaran pergerakan kaki robot yang dapat berjalan lebih baik dan lebih responsive sehingga robot dapat melewati setiap ruang untuk bisa mencapai dan memadamkan titik api tanpa ada masalah.

Kata Kunci : Robot, Proportional, Integral, Derivative, Kontrol.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan rutin tahunan yang didukung oleh Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (RISTEKDIKTI) yaitu Kontes Robot Indonesia (KRI) yang mempunyai satu kategori yaitu Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI). Robot pada kategori ini mempunyai misi untuk memadamkan api yang ada didalam suatu ruangan. Robot bergerak menggunakan kaki dan menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak pada sebuah ruangan. Terdapat empat ruangan didalam arena KRPAI, dimana ada dua ruangan yang bisa berubah yaitu pada ruangan satu dan empat [1].

Dalam proses pencarian titik api, robot akan menelusuri setiap lorong tersebut. Kemudian memasuki satu persatu ruangan yang ada untuk melakukan pengecekan apakah terdapat titik api didalamnya. Terkadang dalam proses pencarian titik api tersebut pergerakan kaki robot kurang baik atau kurang responsive sehingga ini membuat kinerja dari robot tidak maksimal dalam hal pencarian titik api tersebut. Untuk menelusuri setiap lorong dibutuhkan suatu cara agar robot dapat melewati dan menemukan setiap ruangan tanpa ada masalah. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu robot dalam menelusuri ruangan adalah dengan menggunakan metode *Proportional Integral Derivative* Kontrol.

*Proportional Integral Derivative* Kontrol merupakan pengendali yang umum digunakan dalam berbagai bidang industri salah satunya adalah untuk membuat pergerakan robot menjadi halus, cepat dan responsive. Kontrol ini dapat memberikan nilai keluaran dan nilai yang diinginkan (referensi) sedekat mungkin, dengan kata lain untuk menghasilkan *error* sekecil mungkin. Selain mendapatkan input dari hasil pembacaan sensor jarak, sistem juga mendapatkan input dari nilai set kendali sehingga posisi robot saat bernavigasi di arena menyesuaikan dengan nilai jarak pada sistem. Kontroler PID ini memiliki beberapa komponen yaitu Kontrol *Proportional* (Kp), Kontrol *Integral* (Ki), dan Kontrol *Derivative* (Kd) [2].

Berdasarkan uraian diatas, penelitian disini bertujuan untuk menganalisa bagaimana mengoptimalkan pergerakan kaki robot menggunakan metode *Proportional Integral Derivative* Kontrol dengan harapan nantinya bisa memberikan gambaran pergerakan kaki robot yang dapat berjalan lebih baik dan lebih responsive sehingga robot dapat melewati setiap ruang untuk bisa mencapai dan memadamkan titik api tanpa ada masalah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sejenis

Rudi Hartono dan Asep Kuat Jaenudin, pada penelitiannya Implementasi Sistem Navigasi *Wall Following* Masukan Sensor Ultrasonik Menggunakan Metode *Tuning* Kendali PID menjelaskan Penerapan kendali PID dalam robot *wall follower* bertujuan untuk memuluskan robot ketika sedang melakukan navigasi baik telusur kiri maupun kanan. Dengan kendali PID robot *wall follower* mampu bernavigasi dengan aman, stabil dan responsif. Penentuan parameter kendali PID ini diperoleh dari hasil *tuning*. Hasil penentuan parameter PID diperoleh hasil  $K_p=10$ ,  $K_i=2$  dan  $K_d=67$  [2].

Y R Wahyudi, M S Hadi, A N Handayani dan S Sendari, Berdasarkan penelitian dan percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan mengimplementasikan sistem kendali PD robot dapat berjalan menelusuri dinding dengan tingkat keberhasilan 90% pada mode telusur dinding kanan dan 95% pada mode telusur dinding kiri [3].

As Ari, Heru Dibyo Laksono, dan Tati Erlina, menjelaskan dalam penelitiannya bahwa Kontroler PID pada robot *wall follower* bertujuan untuk memuluskan pergerakan robot saat menelusur ruangan atau dinding lintasan. Dengan bantuan kontroler PID robot *wall follower* mampu bernavigasi dengan halus, responsif dan tanpa tabrakan. Penentuan hasil tuning parameter kontroler PID ini didapatkan dengan menggunakan metode trial dan error. Hasil tuning parameter kontroler PID yang dicapai dari penelitian ini diperoleh nilai  $K_p=6$ ,  $K_i=1$  dan  $K_d=3$  [4].

Sam Budi Suharto, Purwanto, dan Goegoes Dwi Nusantoro, pada penelitiannya Sistem Navigasi *Wall Following* Robot Krpai Divisi Berkaki Menggunakan Kontroler Pid, menjelaskan dengan bantuan kontroler PID, robot *wall follower* telah mampu mengambil keputusan gerakan yang harus dilakukan dalam mengikuti sisi dinding arena. Penentuan hasil parameter kontroler PID ini didapatkan dengan menggunakan metode *hand tuning*. Hasil parameter kontroler PID yang dicapai dari penelitian ini diperoleh nilai  $K_p=4$ ,  $K_i=2$ , dan  $K_d=0,05$  [5].

### 2.2 Sistem Navigasi

Sistem navigasi merupakan hal yang penting dalam merancang sebuah robot. Robot tidak ada artinya jika tidak bisa bergerak dan bernavigasi. Untuk itu diperlukan pengetahuan tentang apa itu sistem navigasi.

Sistem navigasi dapat diartikan suatu cara yang digunakan untuk menentukan posisi dan arah perjalanan dari keadaan awal. Atau bisa juga diartikan sistem pengendalian pergerakan robot secara otomatis, sehingga robot dapat bergerak dan berpindah dari posisi awal ke posisi akhir dengan arah depan, kiri, belakang, dan kanan [6].

### 2.3 Robot

Robot diperkenalkan pertama kali oleh Wright Karel Capek pada tahun 1920 melalui sandiwara yang dibuatnya, yaitu R. U. R. (*Rossum's Universal Robots*). Dalam sandiwara ini, diceritakan seorang tokoh ilmu pengetahuan yang bernama Rossum menciptakan bahan tiruan daging dan tulang melalui proses biologi dan elektronika. Dia menciptakan bahan itu untuk mewujudkan impiannya membuat kehidupan buatan. Namun, eksperimen Rossum gagal.

Robot merupakan perangkat otomatis yang mampu bergerak sendiri untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan. Namun berdasarkan alat gerak robot diklasifikasikan menjadi 2 (dua) jenis yaitu robot beroda dan robot berkaki. Robot beroda adalah robot yang mampu bermanuver dengan menggunakan roda, baik dengan dua roda atau lebih dari dua roda. Robot berkaki adalah robot yang bermanuver dengan kaki-kaki buatan [7].

Sedangkan pengertian robot itu sendiri adalah merupakan hasil rekayasa teknologi yang dirancang yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, atau menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu untuk mempermudah pekerjaan manusia [8].

Adapun macam-macam bentuk robot berdasarkan bentuknya antara lain :

1. *Mobile Robot* atau robot yang bisa berpindah-pindah.  
*Mobile Robot* adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain.
2. Robot tangan (*Robot Manipulator*)  
Robot ini hanya memiliki satu tangan seperti tangan manusia yang fungsinya untuk memegang atau memindahkan barang, contoh robot ini adalah robot las di industri mobil, robot merakit elektronik.
3. Robot *Humanoid*  
Robot *Humanoid* yaitu robot yang memiliki kemampuan menyerupai manusia, baik fungsi maupun cara bertindak, contoh robot ini adalah Ashimo yang dikembangkan oleh Honda.
4. Robot Berkaki  
Robot ini memiliki kaki seperti hewan atau manusia, yang mampu melangkah, seperti robot serangga, robot kepiting.
5. Robot Terbang (*Flying Robot*)  
Robot terbang (*Flying Robot*) yaitu robot yang mampu terbang, robot ini menyerupai pesawat yang di program khusus untuk memonitor keadaan tanah dari atas, dan juga untuk meneruskan komunikasi.

6. Robot dalam air (*Under Water Robot*)

Robot ini digunakan di bawah laut untuk memonitor kondisi bawah laut dan juga untuk mengambil sesuatu di bawah laut.

**2.4 Kontrol PID**

Kontroler PID merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem dari gabungan tiga macam pengendali, yaitu *Proportional Controller*, *Integral Controller*, dan *Derivative Controller*. Tujuan dari penggabungan ketiga macam pengendali tersebut adalah untuk memperbaiki kinerja sistem di mana masing-masing kontroler akan saling melengkapi dan menutupi dengan kelemahan dan kelebihan masing-masing [3].

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler Proporsional, Integral dan Turunan dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya menjadi kontroler proporsional plus integral plus diferensial (kontroler PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal besar [4].

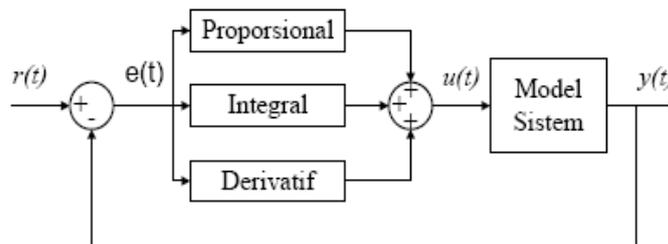
Bentuk persamaan matematis dari kontroler PID adalah sebagai berikut [5].

$$PID = (K_P \times Error) + (K_i \times (error + last\_error) \times T_s) + (K_d/T_s \times (error - last\_error))$$

Gambar 1. Persamaan Kontroler PID [5]

Keterangan untuk persamaan diatas adalah sebagai berikut :

- a)  $K_p$  ialah konstanta proporsional
- b)  $K_i$  ialah konstanta integral
- c)  $K_d$  ialah konstanta diferensial
- d) error ialah nilai kesalahan
- e) last\_error ialah nilai kesalahan sebelumnya
- f)  $T_s$  ialah sampling time (waktu cuplik)



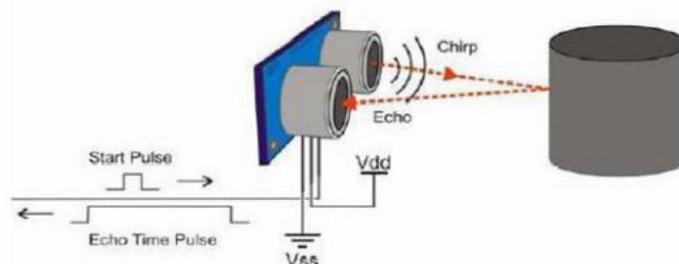
Gambar 2. Struktur pengendali PID pada sistem [9]

**2.5 Sensor Ultrasonik**

Sensor ini merupakan sebuah alat elektronik yang mempunyai kemampuan bisa mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik. Sensor ultrasonik ini berupa rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut *transmitter* dan penerima ultrasonik yang dinamakan *receiver*. Alat yang satu ini dipergunakan untuk mengukur gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik yang memiliki ciri *longitudinal* dan biasanya memiliki frekuensi 40 Khz, Gelombang ultrasonik dapat merambat melalui zat padat, cair maupun gas [10].

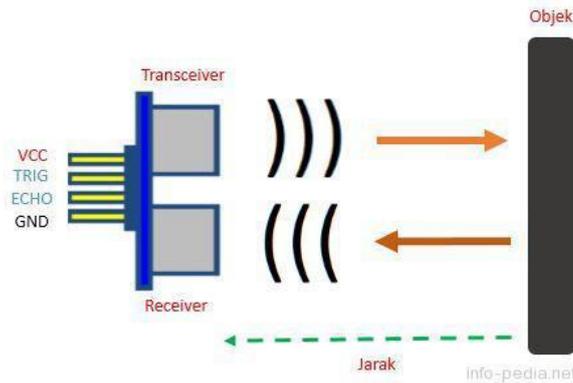
Sensor ultrasonik merupakan alat yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara yang dipergunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu benda atau objek tertentu didepannya. Frekuensi kerjanya adalah pada daerah diatas gelombang suara yaitu dari 20 kHz sampai dengan 2 MHz. Sensor ultrasonik ini terdiri dari dari 2 bagian, yaitu pemancar dan penerima [11].

Prinsip kerjanya adalah pantulan gelombang ultrasonik terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama. Untuk lebih jelas tentang prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat prinsip dari sensor ultrasonik pada gambar 3 berikut ini :



Gambar 3. Prinsip Sensor Ultrasonik [11]

Besarnya amplitudo sebuah sinyal elektrik yang dihasilkan oleh sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya sebuah objek yang akan dideteksi, serta kualitas dari sensor pemancar dan sensor penerima. Proses sensing yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek sasaran. Prinsip pemantulan dari sensor ultrasonik dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Prinsip Pemantulan Ultrasonik [11]

### 2.5.1 Sensor Ultrasonik HCSRFB-04

Prinsip kerja sensor ini adalah *transmitter* mengirimkan sebuah gelombang ultrasonik lalu diukur dengan waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

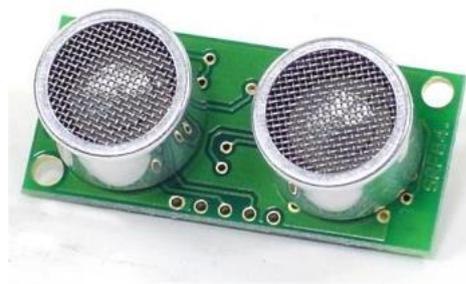
$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

Keterangan:  
 s = jarak (meter)  
 v = kecepatan suara (344 m/detik)  
 t = waktu tempuh (detik)

Gambar 5. Persamaan Nilai Ultrasonik [11]

HcsrF-04 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3cm–3m dengan *output* panjang pulsa yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini hanya memerlukan 2 pin I/O untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, yaitu *TRIGGER* dan *ECHO*. Untuk mengaktifkan HCSRFB-04 mikrokontroler mengirimkan pulsa positif melalui pin *TRIGGER* minimal 10 µs, selanjutnya HCSRFB-04 mengirimkan pulsa positif melalui pin *ECHO* selama 100 µs hingga 18 ms, yang sebanding dengan jarak objek. Spesifikasi dari sensor ultrasonik HCSRFB-04 adalah sebagai berikut:

1. Dimensi: 24mm (P) x 20mm (L) x 17mm (T).
2. Konsumsi Arus: 30 mA (rata-rata), 50 mA (max).
3. Jangkauan: 3 cm sampai dengan 3 m.
4. Sensitifitas: Mampu mendeteksi objek dengan diameter 3 cm pada jarak > 1m.

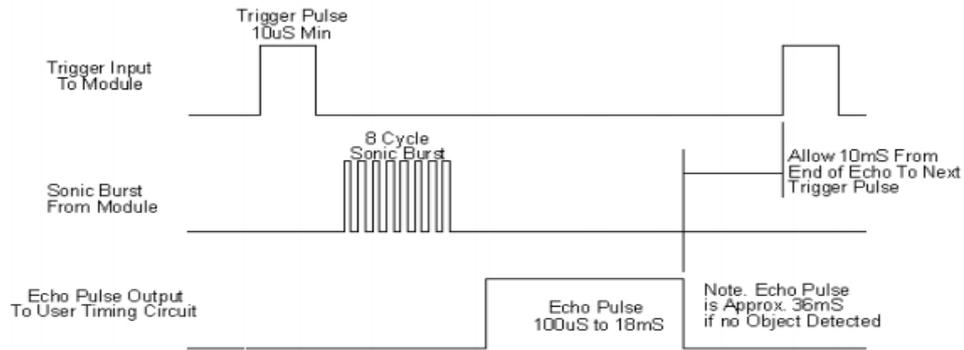


Gambar 6. Sensor Ultrasonic HCSRFB-04 [11].

### 2.5.2 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik HCSRFB-04

Prinsip kerja HCSRFB-04 adalah *transmitter* memancarkan seberkas sinyal ultrasonik (20 KHz) yang berbentuk pulsa, kemudian jika didepan HCSRFB-04 ada objek padat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal ultrasonik tersebut *Receiver* akan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan objek dan selisih waktu pemancaran. Dengan pengukuran tersebut, jarak objek didepan sensor dapat diketahui untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 7 berikut ini:

## SRF04 Timing Diagram



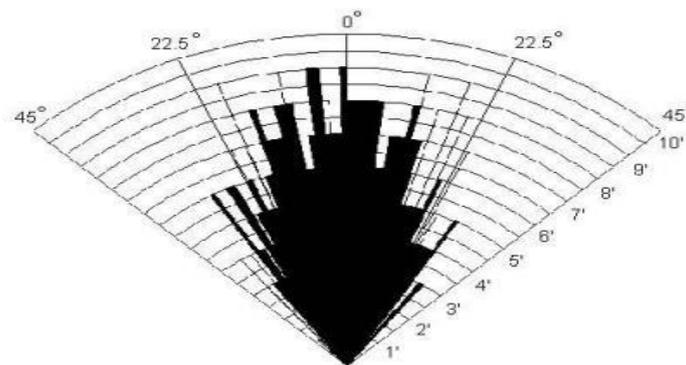
Gambar 7. Timing Diagram Sensor Utrasonik HCSRFB-04 [11].

Pin *trigger* dan *echo* dihubungkan ke mikrokontroler. Untuk memulai pengukuran jarak mikro mengeluarkan *output high* pada pin *trigger* selama minimal 10 µs sinyal *high* yang masuk membuat sensor HCSRFB-04 ini mengeluarkan gelombang suara ultrasonik. Kemudian ketika bunyi yang dipantulkan kembali ke sensor HCSRFB-04, bunyi tadi akan diterima dan membuat keluaran sinyal *high* pada pin *echo* yang kemudian menjadi inputan pada mikrokontroler HCSRFB-04 akan memberikan pulsa 100 µs - 18ms pada outputnya tergantung pada informasi jarak pantulan objek yang diterima. Lamanya sinyal *high* dari *echo* inilah yang digunakan untuk menghitung jarak antara sensor HCSRFB-04 dengan benda yang memantulkan bunyi yang berada didepan sensor.

Untuk menghitung lamanya sinyal *high* yang diterima mikrokontroler dari pin *echo*, maka digunakan fasilitas *timer* yang ada pada masing-masing mikrokontroler. Ketika ada perubahan dari *low* ke *high* dari pin *echo* maka akan mengaktifkan *timer* dan ketika ada perubahan dari *high* ke *low* dari pin *echo* maka akan mematikan *timer*. Setelah itu yang diperlukan adalah mengkonversi nilai *timer* dari yang satuannya dalam detik, menjadi ke dalam satuan jarak (*inch/cm*) dengan menggunakan rumus berikut:

1. Jarak (*inch*) = waktu hasil pengukuran (us)/148.
2. Jarak (cm) = waktu hasil pengukuran (us)/58

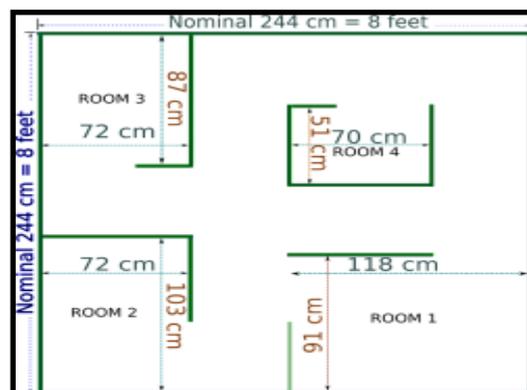
Berikut ini adalah data perbandingan antara sudut pantulan dan jarak pada sensor ultrasonik Hcsrf-04. Pada gambar 8 :



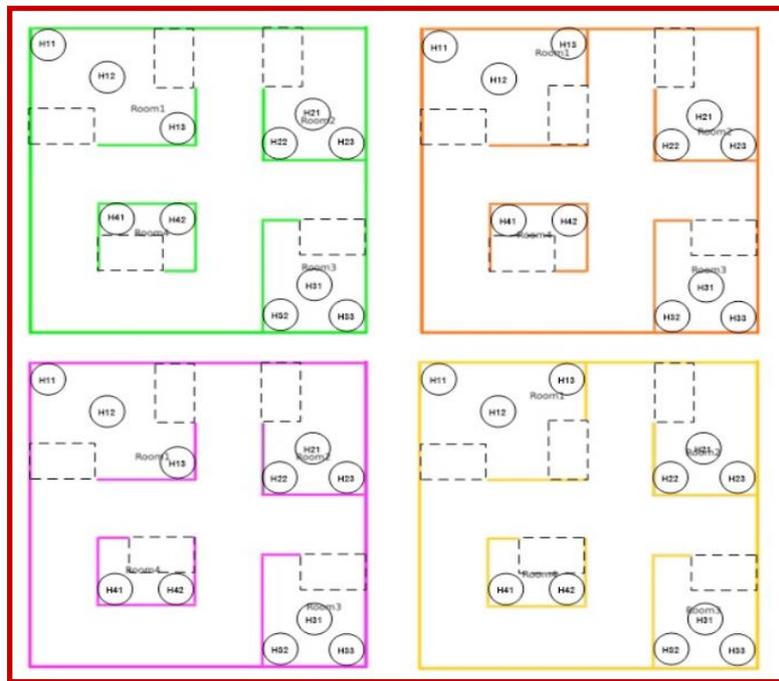
Gambar 8. Pembanding sudut pantul [11]

## 2.6 MAP Kontes Robot Pemadam Api Indonesia

MAP dari Kontes Robot Pemadam Api Indonesia sudah ditentukan oleh Dikti. Arena atau rule berbentuk persegi dengan panjang sisi masing-masing adalah 244 cm. Didalam arena atau rule tersebut terdapat empat ruangan yang masing-masing sudah diberi nama Room1, Room2, Room3, dan Room4. Lorong dari arena mempunyai lebar 46 cm. Dan ukuran masing-masing ruangan dapat dilihat pada gambar berikut [1] :



Gambar 9. MAP Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) [1]



Gambar 10. Kandidat Posisi Home [1].

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun kerangka kerja penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### 1. Identifikasi Masalah

Tahap ini adalah salah satu proses penelitian yang boleh dikatakan paling penting di antara proses lain. Masalah penelitian akan menentukan kualitas suatu penelitian.

#### 2. Studi Literatur

Pada tahapan pertama ini penulis menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik penelitian. Adapun data atau sumber yang dimaksud adalah seperti jurnal, buku, dan internet.

#### 3. Pengumpulan Data

Pada tahapan proses ini, dilakukan pengumpulan data yaitu penulis melakukan pengumpulan data berupa data-data pustaka antara lain : buku teori tentang robot, buku mengenai cara mengoperasikan mikrokontroler, buku elektronika dasar, buku tentang aplikasi CodeVision AVR, buku tentang algoritma robot yang berhubungan dengan metode yang digunakan dan bentuk ruangan yang ada jalan keluarnya. Adapun tujuan dari pengumpulan data pustaka ini adalah agar penulis dapat memahami teori dan konsep dari metode yang dipakai serta robot yang akan dirancang.

#### 4. Perancangan Robot

Pada tahap ini, dilakukan penentuan penggunaan *software* dan *hardware*. Dalam perancangan *hardware* ini fisik robot akan dirancang dan juga dilakukan perancangan rangkaian elektronika, yang terbagi menjadi beberapa bagian antara lain yaitu mikrokontroler yang terhubung ke masing-masing komponen. Pada tahap akhir perancangan dilanjutkan dengan merancang alur kerja dan logika program yang dijalankan oleh mikrokontroler.

#### 5. Pengujian Robot

Pada tahapan ini dilakukan proses pengujian. Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu robot harus sudah dalam keadaan selesai dirancang baik dari fisik maupun rangkaiannya. Pengujian alat ini sangat penting karena dengan pengujian inilah dapat diketahui apakah alat yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan perencanaan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan 2 Cara yaitu :

##### 1. Pengujian Perangkat Keras Robot

Di pengujian perangkat keras ini terdapat Pengujian :

- a. Catu Daya,
- b. Sistem Minimum STM32F4 Discovery,
- c. Sensor Jarak (SRF-04),
- d. Rangkaian Tombol,
- e. Kontroler Servo (Open-CM9.04)

##### 2. Pengujian Perangkat Lunak Robot

Di pengujian ini nilai PID pada robot diuji dari nilai 0 s/d 15, dan ditentukan mana nilai PID yang terbaik.

## 6. Penyusunan Laporan

Pada tahapan ini dilakukan proses penyusunan atau pembuatan laporan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis. Beberapa metode penelitian yang penulis gunakan sebagai pendukung penelitian ini, antara lain :

1. Metode Penelitian Pustaka (*Library Research Method*)  
Metode penelitian pustaka ini, penulis gunakan dalam tahap pengumpulan data yang bertujuan untuk memperoleh data atau sumber-sumber informasi dari buku-buku atau jurnal yang erat kaitannya dengan penelitian ini.
2. Metode Penelitian Laboratorium (*Laboratory Research method*)  
Metode penelitian laboratorium disini, penulis gunakan dalam tahap perancangan. Hasil dari tahap perancangan yang penulis lakukan sesuai dengan kebutuhan alat, yaitu sensor SRF-04 sebagai alat mendeteksi jarak yang digunakan sebagai jalur dan atmega 16 sebagai mikrokontroler.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Sistem

Cara atau prinsip kerja dari sistem navigasi robot pemadam api ini yaitu, robot akan mendapat nilai jarak antara robot dan penghalang disekitarnya. Hasil dari nilai tersebut akan diolah dengan metode *Proportional Integral Derivative*, sehingga mendapat nilai besaran *error* dari setiap *step* yang dilakukan robot yang berguna untuk menentukan seberapa besar gerakan robot kekanan atau kekiri. Nilai *error* tersebut nantinya akan dikirimkan ke kontroler servo yang bertugas menggerakkan kaki robot.

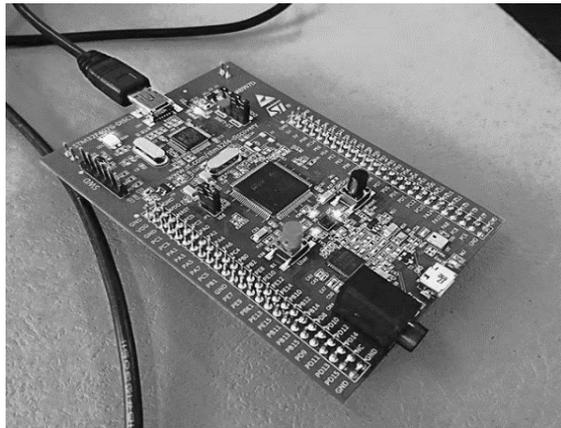
### 4.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisa kebutuhan sistem untuk navigasi robot pemadam api terbagi menjadi dua kebutuhan yaitu kebutuhan sistem perangkat keras dan kebutuhan sistem perangkat lunak.

#### 4.2.1 Kebutuhan Sistem Perangkat Keras

Berikut ini merupakan kebutuhan sistem perangkat keras yang terdiri dari :

1. STM32F4 Discovery  
Perangkat keras ini berguna sebagai mikrokontroler yang bertugas mengendalikan semua sensor pada robot berkaki yang akan dibuat. Bentuk fisik *stm32f4 discovery* dapat dilihat pada gambar 11 berikut :



Gambar 11. STM32F4 DISCOVERY

2. Motor Servo  
Pada robot yang akan dibuat menggunakan servo berjenis AX-18A sebagai sendi-sendinya. Pada setiap satu bagian kaki robot memiliki 3 buah servo yang berguna untuk menggerakkan kaki robot. Robot tersebut memiliki 6 buah kaki sehingga total keseluruhan servo yang digunakan yaitu 18 buah Bentuk fisiknya dapat dilihat pada gambar 12 :



Gambar 12. Bentuk Fisik Motor Servo AX-18A

### 3. Driver Motor Servo

Driver motor servo yang di gunakan pada alat ini adalah Open-CM. Open-CM memiliki 4 buah port yang dapat dihubungkan ke servo secara seri dan interfacenya menggunakan micro usb. Bentuk fisiknya dapat dilihat pada gambar 13 :



Gambar 13. Bentuk Fisik Open-CM9.04

#### 4.2.2 Kebutuhan Sistem Perangkat Lunak

Berikut ini merupakan kebutuhan sistem perangkat lunak yang terdiri dari :

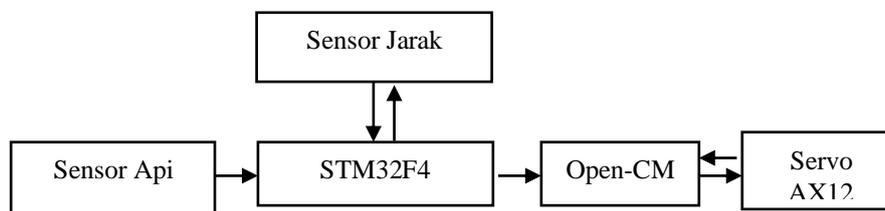
1. Coocox IDE  
Software ini bisa didapatkan secara gratis dari websitenya. Coocox IDE memiliki kelebihan sendiri dibandingkan dengan sistem lain terutama dalam hal penanganan modul, dan kaya akan modul., *Support* dengan *chip ARM Embedded*.
2. Open-CM IDE  
Software Open-CM dapat didapatkan secara gratis dengan cara mendownload disitus resmi robotis. Fungsi Open-CM IDE dalam penelitian ini yaitu untuk menulis kode (editor) bagi kontroler servo, mengkompilasi kode kedalam hexa dan terakhir meng-*upload* hasil kompilasi ke board Open-CM9.04

#### 4.3 Perancangan Alat

Pada sub bab ini di jelaskan mengenai blok diagram dan rangkaian elektronik.

##### 4.3.1 Blok Diagram

Blok diagram merupakan sistem yang terintegrasi, karena sistem tersebut tidak dapat bekerja apabila salah satu perangkat tidak ada. Isi dari sistem ini adalah *STM32F4 Discovery* sebagai pusat pengendali utama dengan perangkat lunak (*software*) sebagai instruksi yang dilakukan oleh rangkaian (*input*), Block diagram dapat dilihat pada gambar 14 :



Gambar 14. Blok Diagram

##### 4.3.2 Rangkaian Elektronik

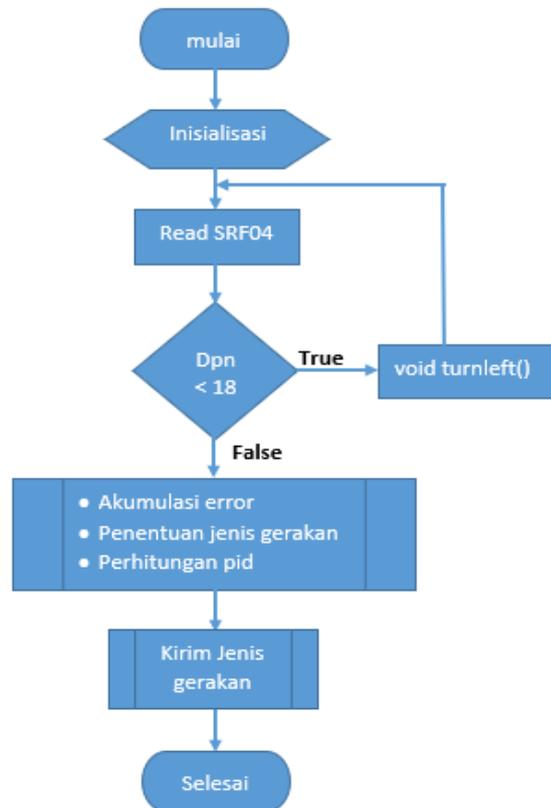
Rangkaian hasil dari perancangan peneliti terdiri dari komponen rangkaian keseluruhan. Rangkaian keseluruhan adalah penggabungan antara *mikrokontroler*, kontroler servo dan motor servo. Sensor jarak, sensor api pada mikrokontroler. Semua bagian ini telah di rancang dalam satu paket yang dikenal sebagai rangkaian keseluruhan alat.

1. STM32F4 Discovery  
Robot dikendalikan oleh mikrokontroler *stm32f4 Discovery*. Mikrokontroler tersebut menerima inputan dari sensor jarak agar dapat diproses dengan metode PID di dalam mikrokontroler. Hasil dari pemrosesan PID tersebut digunakan untuk menggerakkan servo yang berupa kaki robot Bentuk skema rangkaian *stm32f4 discovery*.
2. Rangkaian Servo Kontroler  
Rangkaian servo kontroler yaitu pin TXD, RXD dan GROUND pada open-cm9.04 yang dapat dihubungkan dengan pin GPIO di *stm32f4 discovery*. Sedangkan port yang di hubungkan ke motor servo ada 3 pin yaitu pin DATA, VCC dan pin GROUND, ketiga pin tersebut dihubungkan ke motor servo. Pada robot yang dibuat menggunakan 4 pin yang dihubungkan serial untuk 16 motor servo sesuai dengan jumlah servo yang digunakan.
3. Rangkaian Servo AX-18A  
Rangkaian servo digunakan sebagai kaki robot. Servo bergerak apabila dapat perintah dari *Open-CM9.04*.
4. Rangkaian SRF-04  
Rangkaian SRF-04 digunakan untuk mengukur jarak robot terhadap benda disekitar. sensor akan memberi nilai ke *stm32f4* melalui *port GPIO*. Kemudian *stm32f4* akan menginstruksikan kembali ke motor servo agar bergerak sesuai nilai yang dikirim.
5. Rangkaian Keseluruhan

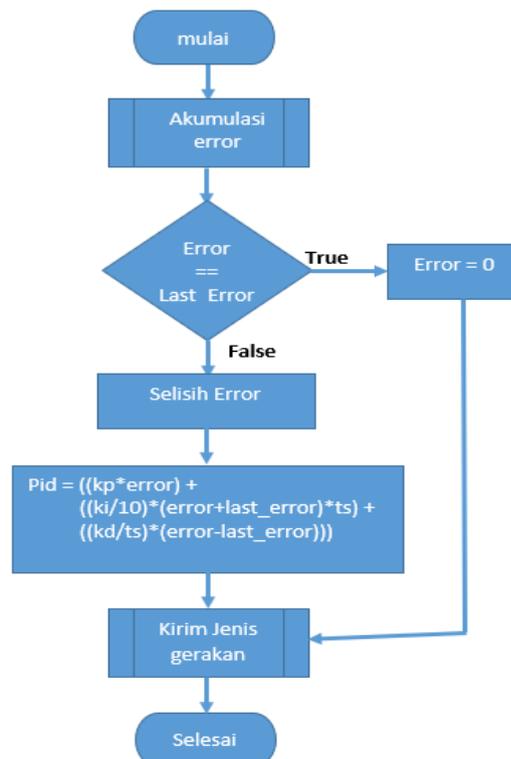
Pada bagian ini adalah hasil dari perancangan rangkaian secara keseluruhan yaitu penggabungan stm32f4, sensor srf-04, open-cm9.04, servo ax-18a, baterai dan komponen lainnya pada robot mulai dari rangkaian *input* mikrokontroler hingga rangkaian *output* mikrokontroler. Rangkaian yang digunakan secara keseluruhan merupakan komponen elektronika dasar yang dirancang hingga dapat terealisasi menjadi sebuah robot yang dapat bernavigasi secara optimal.

#### 4.4 Flowchart Proses STM32f4 Dan PID

Algoritma dari program robot di penelitian ini digambarkan dengan flowchart dan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 15. Flowchart Proses STM32f4



Gambar 16. Flowchart Proses PID

## 4.5 Analisis Program

Agar proses pembuatan program berjalan lancar, maka perlu diperhatikan software pendukung apa saja yang dibutuhkan. Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

### 1. Coccox IDE

Agar robot dapat bergerak maka butuh program, program tersebut ditulis dengan bahasa pemrograman C dan dijalankan dengan software Coccox IDE. Langkah-langkah pembuatan program yang ditulis dengan Coccox IDE adalah sebagai berikut:

- Buka software Coccox IDE lalu buat file baru dengan cara klik create a new project
- Pada tampilan selanjutnya buatlah nama project serta lokasi dimana project akan disimpan
- Selanjutnya pilih Board dan bagian board pilihlah stm32
- Cari STM32f4DISCOVERY, setelah itu klik finish
- Tahap selanjutnya kita akan bisa melihat komponen-komponen yang dapat kita gunakan pada project di menu peripheral
- Pilih komponen yang akan mendukung project penelitian ini
- Buka program utama dari project yaitu main.c
- Buat program pada bagian text editor sesuai dengan rancangan
- Saat program telah selesai pilih build program lalu download code

### 2. Open-CM IDE

Agar alat dapat memerintahkan servo untuk bergerak dan tidak membebani kinerja dari mikrokontroler utama maka untuk mengontrol kaki robot digunakanlah Open-CM9.04 yang masih menggunakan Bahasa C serta decompile menggunakan Open-CM IDE . Langkah-langkah pembuatan program yang ditulis dengan Open-CM adalah sebagai berikut :

- Langkah pertama adalah membuat file baru dengan menekan Ctrl+N lalu menuliskan nama file yang dibuat, kemudian langsung disimpan kedalam folder yang diinginkan.
- Setelah itu buat lah program pada bagian editor sesuai rancangan yang akan dibuat.
- Setelah program telah jadi untuk mengupload file kedalam Open-CM dapat dilakukan dengan klik icon upload atau tekan CTRL+U.

## 4.6 Pengujian Perangkat Keras

Pada tahap ini penulis melakukan pengujian dari rangkaian-rangkaian yang terdapat pada sistem robot yang telah dibuat. Pengujian ini meliputi pengujian jalur rangkaian berdasarkan *datasheet* dari masing-masing komponen yang digunakan dalam system robot tersebut.

### 4.6.1 Pengujian Catu Daya

Sebagai masukan catu daya yang digunakan adalah 2 buah baterai Li-Po 2200mAh dengan tegangan 11.1V dan Li-Po 7.4V. pengujian ini dilakukan menggunakan multimeter sebanyak 2 kali, yaitu saat diberi beban dan rangkaian saat tidak diberi beban dari sistem. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 :

Tabel 1. Pengujian Catu Daya

Baterai	Pengujian	Tegangan
Baterai 1	Tanpa Beban	11.1 V
(Li-Po 2200mAh)	Dengan Beban	11 V
Baterai 2	Tanpa Beban	7.4 V
(Li-Po 7.4V)	Dengan Beban	6.8 V

### 4.6.2 Pengujian Sistem Minimum STM32F4 Discovery

Pengujian rangkaian sistem minimum stm32f4 discovery yang merupakan keluarga dari ARM. Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter untuk mengetahui output dari masing-masing port, yaitu PortA, Port B, Port C, dan Port D apakah sesuai dengan kebutuhan dari sistem yang terhubung pada sistem minimum STM32F4 Dsicovery. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Pengujian Sistem Minimum STM32F4 Discovery

Nama Port	Keterangan
PortA	Baik
PortB	Baik
PortC	Baik
PortD	Baik

#### 4.6.3 Pengujian Sensor Jarak (SRF-04)

Pengujian pada rangkaian sensor ultrasonik digunakan untuk mengetahui apakah sensor berfungsi sesuai dengan yang digunakan dalam melakukan pendeteksian halangan dengan memancarkan gelombang signal ultrasonik. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur jarak dari sensor terhadap halangan dengan jarak sebenarnya dengan satuan centimeter. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3 :

Tabel 3. Pengujian Sensor SRF-04

Pengujian Sensor	Hasil Jarak Baca	Hasil Penggaris	Keterangan
Depan	10 cm	10 cm	Sesuai
Kanan1	10 cm	10 cm	Sesuai
Kanan2	10 cm	10 cm	Sesuai
Kanan3	10 cm	10 cm	Sesuai
Kiri1	10 cm	10 cm	Sesuai
Kiri2	10 cm	10 cm	Sesuai
Kiri3	10 cm	10 cm	Sesuai
belakang	10 cm	10 cm	Sesuai

#### 4.6.4 Pengujian Rangkaian Tombol

Pada pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah tombol yang terdapat pada rangkaian berfungsi. Tombol pada robot ini digunakan sebagai perintah mulai dari robot. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan dari tombol menggunakan multimeter dan melihat reaksi dari robot saat ditekan. Dari hasil pengujian diketahui bahwa saat tombol tidak ditekan tegangan keluarannya sebesar 5 V hal ini dikarenakan masukan dari kaki mikrokontroler terhubung ke vcc, sehingga logika yang didapatkan adalah high. Sedangkan keluaran pada saat tombol ditekan tegangan yang dikeluarkan sebesar 0 V yang disebabkan keluaran dari tombol ini terhubung dengan ground, sehingga logika yang didapatkan adalah low. Ketika tombol ditekan pada saat pengujian robot berhasil mulai berjalan yang menandakan bahwa fungsi tombol berhasil dan dapat bekerja dengan baik.

#### 4.6.5 Pengujian Kontroler Servo (Open-CM9.04)

Pengujian driver motor untuk menggerakkan servo ini berlaku untuk mengendalikan 18 servo sebagai penggerak kaki robot. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan nilai decimal pada servo dan melihat kondisi serta derajat putar dari servo. Untuk dapat menggerakkan servo kita hanya perlu memberi nilai Antara 0-1024 pada Open-CM9.04 sebagai *goal position*. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 :

Tabel 4. Pengujian Servo

ID Servo	Input	Derajat	Status
1	512	150	berhasil
2	512	148	berhasil
3	512	150	berhasil
4	512	150	berhasil
5	512	160	berhasil
6	512	150	berhasil
7	512	150	berhasil
8	512	149	berhasil
9	512	150	berhasil
10	512	150	berhasil
11	512	150	berhasil
12	512	150	berhasil
13	512	150	berhasil
14	512	153	berhasil
15	512	150	berhasil
16	512	150	berhasil
17	512	140	berhasil

18	512	150	berhasil
----	-----	-----	----------

#### 4.7 Pengujian Robot

Cara yang digunakan dalam pengujian alat ini dengan menggabungkan semua rangkaian yang telah dibuat dan memberikan arus sesuai dengan kebutuhan rangkaian masing-masing. Langkah selanjutnya masukan program yang telah dibuat menggunakan Cocox IDE ke dalam mikrokontroler. Setelah program dimasukkan ke dalam mikrokontroler dilakukan pengujian robot dengan cara memberikan nilai PID yang berbeda-beda tiap percobaannya. Nilai P berguna untuk menentukan nilai kesalahan robot saat ini. Nilai I bertanggung jawab untuk nilai kesalahan sebelumnya. Sedangkan nilai D bertanggung jawab untuk kemungkinan nilai kesalahan mendatang, berdasarkan pada rate perubahan tiap waktu. Setelah itu letakan robot di dalam MAP KRPAI. Percobaan dilakukan dengan menyalakan robot serta melihat kondisi robot ketika melakukan navigasi. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 5 :

Tabel 5. Hasil Pengujian Robot

Nilai P	Nilai I	Nilai D	Benturan	Waktu	Status
8	1	1	11	4,57 menit	Berhasil
8	1	2	13	5,12 menit	Berhasil
9	1	1	6	4,17 menit	Berhasil
9	1	2	5	4,35 menit	Berhasil
9	1	3	5	4,51 menit	Berhasil
9	1	4	-	-	Gagal
9	2	1	5	4,11 menit	Berhasil
9	2	2	5	3,54 menit	Berhasil
9	2	3	-	-	Gagal
10	1	1	4	3,56 menit	Berhasil
10	1	2	3	3,44 menit	Berhasil
10	1	3	-	-	Gagal
10	2	1	-	-	Gagal
11	1	1	3	3,58 menit	Berhasil
11	1	2	-	-	Gagal
12	1	1	2	3,59 menit	Berhasil
12	1	2	2	3,53 menit	Berhasil
12	1	3	2	3,51 menit	Berhasil
12	1	4	2	3,48 menit	Berhasil
12	1	5	2	-	Gagal
12	2	1	2	3,57 menit	Berhasil
12	2	2	1	3,50 menit	Berhasil
12	2	3	1	3,30 menit	Berhasil
12	2	4	0	3,11 menit	Berhasil
12	2	5	0	2,55 menit	Berhasil
12	2	6	-	-	Gagal
12	3	1	-	-	Gagal
13	1	1	-	-	Gagal
13	1	2	-	-	Gagal
13	2	1	-	-	Gagal
14	1	1	-	-	Gagal
14	1	2	-	-	Gagal
15	1	1	-	-	Gagal

Dari table diatas dapat kita lihat bahwa navigasi robot yang paling cepat pada saat nilai P=12, I=2, D=5. Ketika nilai P melebihi 12 robot akan terlalu sensitive dan sering berbelok dalam memperbaiki gerakannya sehingga robot tidak dapat berjalan dan hanya berputar ke kanan dan kiri.

## 4.8 Analisis Hasil Pencapaian Sistem Pada Robot Berkaki

Setelah selesai melakukan analisa, adapun hasil yang dicapai sistem ini adalah sebagai berikut :

1. Robot yang dibuat mempunyai enam kaki dan satu kaki terdiri dari tiga buah servo, sehingga jumlah servo yang digunakan untuk robot ini sebanyak delapan belas buah.
2. Robot yang dibuat mempunyai delapan sensor untuk mendeteksi jarak penghalang dan posisi sensor diletakan di sekeliling sisi robot.
3. Beberapa gerakan yang dapat dilakukan oleh robot adalah gerak maju, gerak mundur, gerak berbelok kekanan maupun kekiri, dan berhenti.
4. Robot melakukan pergerakan dengan menggunakan metode propotional integral derivative kontrol.
5. Robot dapat bergerak dan mengelilingi Map KRPAI dengan waktu kurang lebih 2,55 menit dengan nilai terbaik yaitu  $P=12$ ,  $I=2$ ,  $D=5$ .

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Penelitian ini menghasilkan sebuah robot berkaki yang mempunyai enam kaki sebagai penggerak, dimana setiap kaki menggunakan tiga buah servo sehingga jumlah servo yang digunakan sebanyak delapan belas buah servo. Sedangkan untuk mendeteksi penghalang digunakan delapan buah sensor jarak yang terdapat disekeliling robot.
2. Metode yang digunakan untuk pergerakan robot adalah propotional integral derivative kontrol dengan nilai  $P=12$ ,  $I=2$ ,  $D=5$  mencapai waktu 2,55 menit.
3. Robot dapat berjalan dengan baik hanya di MAP Kontes Robot Pemadam Api Indonesia.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang bisa disampaikan yaitu :

1. Diharapkan agar metode propotional integral derivative kontrol ini dapat diimplementasikan dengan baik pada robot pada saat Kontes Robot Indonesia khususnya kategori Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI).
2. Diharapkan agar dapat digabungkan dengan metode Tuning Ziegler Nichols, sehingga bisa mendapatkan nilai terbaik secara otomatis tanpa perlu mencoba nilai parameter secara manual.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dikti. Kontes Robot Pemadam Api Indonesia ( Krpai ) 2015.
- [2] Hartono, R., & Jaenudin, A. K. "Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Masukan Sensor Ultrasonik Menggunakan Metode Tuning Kendali Pid Implementation Wall Following Navigation System With Input Ultrasonic Sensor Using Pid Control Tuning Method", 5(2), 2017, 119–130.
- [3] Wahyudi, Y. R., Hadi, M. S., Handayani, A. N., & Sendari, S. "Implementasi Sistem Kendali Pd (Proportional Derivative) Pada Navigasi Wall Follower Robot Berkaki Enam ( Hexapod )", 2017, 33–38.
- [4] As Ari, Laksono, H. D., & Erlina, T. Perancangan Robot Wall Follower Dengan Metode Proportional Integral Derivative (Pid) Berbasis Mikrokontroler, 2014.
- [5] Suharto, S. B., Purwanto, & Nusantoro, G. D. Sistem Navigasi Wall Following Robot Krpai Divisi Berkaki Menggunakan Kontroler Pid, 2014, 1–6.
- [6] Ghani, M. F. A., Jati, A. N., & Susanto, E. (2015). 3 1,2, 3, 2(1), 707–713.
- [7] Kusuma, J. W., P, S., & H, D. (2015). Pergerakan Kaki Pada Robot Hexapod
- [8] Ezra Meliora, N., Angga, R., & Unang, S. (2015). Perancangan Dan Implementasi Tangan Robot Buatan Dengan Menggunakan Elektromiogram. *Eproceedings Of Engineering*, 2(2), 63.
- [9] Rusydi, M. I. (2016). Optimasi Pengendali Pid Pada Pesawat Autopilot Berbasis Algoritma Genetika, (2)
- [10] Hasyim, Y., & Putri, A. R. "Implementasi Sistem Navigasi Robot Wall Following Dengan Metode Fuzzy Logic Untuk Robot Pemadam Api Divisi Berkaki Onix Iipada Krpai Tahun 2017". *Jipi*, 02(01), 2017, 26–31
- [11] Arasada, B., & Suprianto, B. "Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno Bakhtiyar Arasada Bambang Suprianto". *Teknik Elektro*, 6 (2), 2017, 1–8.