

## IMPLEMENTASI BEHAVIOR BASED CONTROL DAN PID PADA ROBOT VACUUM CLEANER

Agustian Trianes<sup>1</sup>, Andik Yulianto<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Internasional Batam

Jl. Gajahmada Baloi Sei Ladi Batam 29422

Telp. (0778) 7437111 ext. 130, Faks. (0778) 7437112

E-mail: 1) trianes.agustian@gmail.com

2) andik@uib.ac.id, andyq\_81@yahoo.com

### ABSTRAKS

Membersihkan lantai rumah dari kotoran dan debu dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya dengan menggunakan vacuum cleaner. Vacuum cleaner yang sudah ada pada saat ini penggunaannya dengan cara manual dan digerakkan dengan bantuan manusia, sehingga pengguna tidak dapat melakukan aktifitas yang lainnya. Berdasarkan permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk membuat Robot vacuum cleaner yang dapat bergerak secara acak dan juga dapat menavigasi terhadap halangan-halangan yang ada. Penggunaan metode Behavior Based dan PID dalam merancang sistem kontrol robot tanpa menggunakan permodelan lingkungan.

Penggunaan Behavior based control tidak tergantung pada model kompleks tetapi lebih pada perpaduan continue dari aktivitas motor sedangkan PID digunakan agar robot berjalan stabil terhadap dinding dengan bantuan sensor jarak. Behavior yang digunakan yaitu Wandering, Obstacle Avoidance, dan stop. Robot Vacuum cleaner automatic bergerak secara acak dan dapat menghindari halangan yang ada menggunakan metode PID. Penerapan metode PID pada robot vacuum cleaner, dapat membuat robot berjalan lurus dan stabil. Robot dapat membersihkan kotoran yang ada yaitu sebesar  $\pm 70\%$  terhadap ruangan.

**Kata Kunci:** Behavior Based Control, PID Control

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Membersihkan lantai merupakan pekerjaan rumah tangga yang selalu dilakukan, membersihkan lantai rumah dari kotoran dan debu dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya dengan menggunakan vacuum cleaner. Vacuum cleaner yang sudah ada pada saat ini penggunaannya dianggap terlalu merepotkan yaitu dengan cara manual dan digerakkan dengan bantuan manusia, sehingga pengguna tidak dapat melakukan aktifitas yang lainnya. Berdasarkan peristiwa tersebut, maka dibutuhkan vacuum cleaner yang mampu bergerak secara mandiri dan dapat menavigasi terhadap halangan-halangan yang ada. Pada kondisi sebenarnya saat membersihkan lantai rumah dari kotoran dan debu terdapat perabotan – perabotan rumah tangga, oleh sebab itu dibutuhkan robot vacuum cleaner yang dapat bergerak secara acak dan juga dapat menavigasi terhadap halangan-halangan yang ada, dengan demikian pekerjaan rumah tangga dapat terbantu baik dari sisi penghematan waktu serta menghemat tenaga bagi penggunanya.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat robot vacuum cleaner dengan menerapkan metode Behavior Based Control dan PID. Arsitektur Behavior Based Control dan PID dapat digunakan untuk merancang sistem kontrol robot tanpa menggunakan permodelan lingkungan. Behavior tidak tergantung pada model kompleks tetapi lebih

pada perpaduan kontinyu dari aktivitas motor serta menggunakan sensor jarak sebagai masukan[1].

Selain menggunakan metode Behavior Based Control, digunakan juga kontrol PID sebagai pengontrolan pergerakan motor DC agar robot dapat berjalan dengan stabil pada saat menghindari halangan yang ada.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

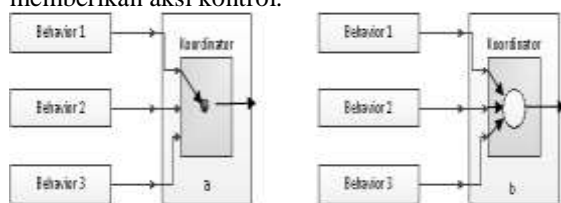
#### 2.1 Behavior Based Control

Pada banyak aplikasi robotika, seperti sistem navigasi autonomous robot (robot mandiri) pada lingkungan tidak terstruktur, sangat sulit atau tidak mungkin memperoleh model matematik yang tepat dari interaksi robot dengan lingkungannya. Bahkan jika dinamika robot dapat dijelaskan secara analitik, lingkungan dan interaksi robot melalui sensor dan aktuator sulit diperoleh model matematiknya[1]. Ketiadaan pengetahuan yang tepat dan lengkap mengenai lingkungannya membatasi penerapan desain sistem kendali konvensional pada domain robot mandiri. Di sini diperlukan suatu kendali cerdas dan sistem pembuat keputusan dengan kemampuan reasoning pada kondisi tidak tentu dan kemampuan belajar dari pengalaman. Untuk mewujudkan tujuan tersebut, pertama-tama diperlukan sistem kendali robot yang tidak berbasiskan model yang dikenal dengan sistem kendali Behavior-Based Robot (BBR)[2]. Pada pendekatan ini, sistem diuraikan menjadi beberapa

modul yang masing-masingnya bertanggung jawab untuk melakukan satu perilaku (*behavior*). Tiap *behavior* mengandung jalur lengkap mulai dari *sensing* sampai aksi. Semua modul yang mewakili satu *behavior* bekerja bersama-sama. Terdapat banyak penelitian yang mengembangkan metode ini. Salah satunya adalah Rodney Brooks yang dikenal dengan *Subsumption Architecture*.

### 2.1.1 Metode Koordinasi antar Behavior

Kumpulan *Behavior* dengan tujuan yang berbeda dapat menimbulkan konflik yang tidak dapat diselesaikan. Oleh karena itu diperlukan formulasi mekanisme koordinasi yang efektif dari aktifitas *behavior-behavior* sehingga terbentuk *behavior* yang logis dan rasional. Permasalahan ini biasa disebut dengan *action selection problem* atau *behavior coordination problem*. Terdapat berbagai metode yang telah dan sedang dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan koordinasi *behavior-behavior*. Mekanisme koordinasi *behavior* terbagi menjadi dua metode primer yaitu kooperatif dan kompetitif. Pada koordinator *kompetitif* keluaran yang dihasilkan adalah hasil pemilihan satu *behavior*, pada suatu keadaan tertentu koordinator kompetitif hanya mengaktifkan 1 *behavior* sehingga *behavior* lain tidak mempengaruhi kinerja *behavior* lainnya. Contoh dari koordinator kompetitif adalah arsitektur *subsumption*, dan juga sebaliknya pada metode kooperatif merupakan penjumlahan semua *behavior* dikalikan dengan suatu faktor penguatan, namun kekurangan dari koordinator ini yaitu kesalahan kontrol muncul ketika terdapat perubahan lingkungan dari parameter terjadi, hal ini disebabkan prioritas kecil yang masih memiliki pengaruh dalam memberikan aksi kontrol.



Gambar 1. Metode koordinasi : a)kompetitif b)kooperatif [2]

### 2.1.2 Arsitektur Subsumption

Arsitektur *subsumption* adalah struktur BBR yang diusulkan oleh Rodney Brooks. Dalam membangun robotnya, Rodney Brooks menguraikan permasalahan sistem kontrol robot sesuai dengan manifestasi luar yang diinginkan oleh sistem kontrol robot, tidak berdasarkan pada operasi internal dari sistem kontrol robot sebagaimana yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Tiap level kompetensi memasukkan sub kelompok dari level kompetensi sebelumnya. Karena level kompetensi mendefinisikan kelompok perilaku yang valid, dapat dianggap bahwa level yang lebih tinggi memberikan

tambahan batasan pada kelompok perilaku tersebut. Arsitektur *subsumption* memiliki kelebihan yaitu kekokohan, dan kemudahan ditata. Keluaran yang dihasilkan adalah hasil pemilihan satu *behavior*, pada suatu keadaan tertentu koordinator kompetitif hanya mengaktifkan 1 *behavior* sehingga *behavior* lain tidak mempengaruhi kinerja *behavior* lainnya.



Gambar 2. Arsitektur Subsumption

### 2.2 Pengertian Robotika dan Robot Mobile Autonomous

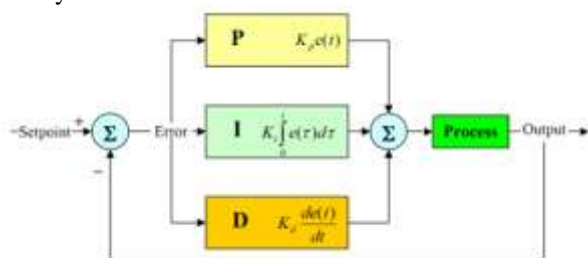
Robotika adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang robot. Istilah Robot pertama kali dipakai oleh dramawan dan novelis Ceko, Karol Capek [3], dimana pada saat membuat pertunjukan dari lakon komedi yang ditulisnya pada tahun 1921 yang berjudul RUR (Rossum's Universal Robot). Ia bercerita tentang mesin yang menyerupai manusia, tapi mampu bekerja terus-menerus tanpa lelah. Istilah robot ini kemudian memperoleh sambutan dengan diperkenalkannya robot Jerman dalam film Metropolis tahun 1926 yang sempat dipamerkan dalam New York World's Fair 1939. Kata Robot berasal dari bahasa Ceko yaitu *robota* yang memiliki makna kerja, dapat dilihat bahwa awal mulanya perkembangan robot hanya diperuntukkan pada dunia industri, akan tetapi perkembangan robot yang begitu pesat membawa peranan robot itu sendiri menuju berbagai macam aspek kehidupan manusia sehingga pengertian robot itu sendiri berubah, robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu.

*Mobile Autonomous* robot dapat diartikan sebagai robot yang dapat bergerak untuk berpindah posisi dari suatu tempat ke tempat yang lain[4]. Dari sisi mekanisme pergerakan robot jenis ini berbentuk seperti kendaraan yang dilengkapi roda dan bergerak seperti sebuah mobil yang mana pergerakannya berdasarkan perintah-perintah yang telah diprogram sebelumnya atau berdasarkan masukan-masukan dari sensor[3]. Dari segi manfaat, robot ini adalah robot yang paling populer dari segi penelitian karena robot ini dapat diharapkan membantu manusia dalam

melakukan aktivitas manusia sebagai contoh robot pembersih debu atau robot *vacuum cleaner*.

### 2.3 Kontroler PID

Kontroler PID adalah kontroler umpan balik yang mampu meminimalisasi sinyal kesalahan atau nilai error. Setiap konstanta parameter *Proportional*(P), *Integral*(I) dan *Derivatif*(D) mempunyai karakteristik yang sangat berpengaruh terhadap respon output sistem, kontroler PID dapat memberikan performa kontrol yang baik meski mempunyai algoritma sederhana yang mudah dipahami. Pengontrol PID terdiri dari tiga komponen yaitu komponen *proporsional* (P), komponen *integral* (I), dan komponen *derivative* (D). ketiga komponen ini saling melengkapi satu dengan yang lain, sehingga kelemahan-kelemahan pada salah satu komponen dapat di bantu dengan komponen yang lainnya.



Gambar 2.8.1. Blok diagram PID [5]

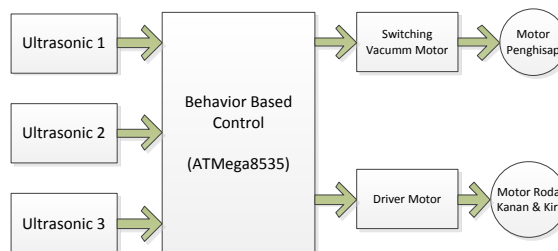
## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Konfigurasi Sistem

Pada rancangan penelitian ini, terdiri dari 2 bagian utama, yakni perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Konfigurasi perancangan sistem terdiri dari masukan (*input*), sistem pengolahan data (*Proses*), dan akan menghasilkan suatu keluaran (*output*). Input merupakan parameter masukan yang diterima yang terdiri dari sensor *ultrasonic* dan masukan akan dieksekusi oleh bagian proses yang menggunakan *microcontroller*.

*Microcontroller* menerima data masukan dari sensor jarak. Data yang berasal dari sensor jarak merupakan suatu jarak antara sensor jarak terhadap halangan, dan juga sebagai data masukan untuk pergerakan robot *vacuum cleaner automatic* tersebut.

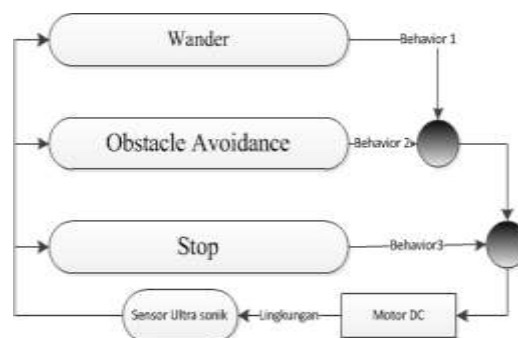
Robot *vacuum cleaner automatic* ini bergerak menggunakan motor DC yang berjumlah 2 (dua) buah. Semua data yang diterima dari masukan dan telah diolah oleh *microcontroller*, dapat ditampilkan melalui LCD 2x16 dan serial komunikasi yang dapat menghubungkan antara robot terhadap laptop.



Gambar 3. Blok diagram sistem robot

### 3.2 Perancangan Arsitektur Behavior

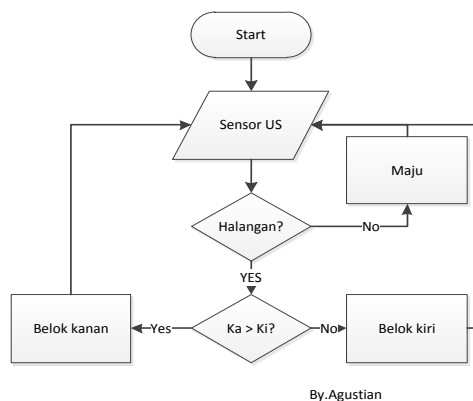
Pada robot *vacuum cleaner automatic* ini mempunyai tugas atau *behavior* sebanyak 3 *behavior*, yaitu *behavior* wandering, *behavior* obstacle avoidance, dan *behavior* stop. Robot akan mengeksekusi dari setiap *behavior* berdasarkan nilai masukan yang didapat dari sensor ultrasonik.



Gambar 3. Arsitektur Behavior Based Control pada Robot Vacuum Cleaner

#### 3.2.1 Wandering Behavior

Pada perancangan arsitektur *wandering behavior*, dimana *behavior* ini pergerakan robot acak berdasarkan kondisi lingkungan yang ada sesuai dengan masukan dari sensor jarak yaitu sensor ultrasonik. Berikut gambar *flowchart* dari *wandering behavior*.

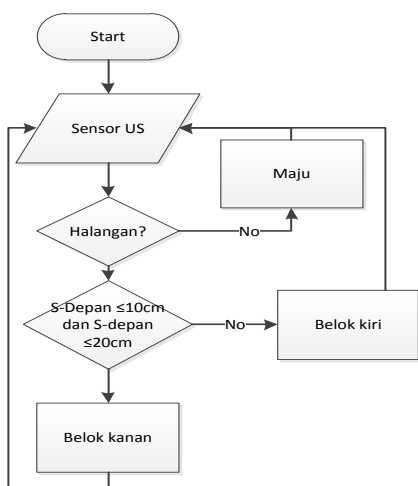


By.Agustian

Gambar 4. Diagram Alir Wandering Behavior

### 3.2.2 Obstacle Avoidance Behavior

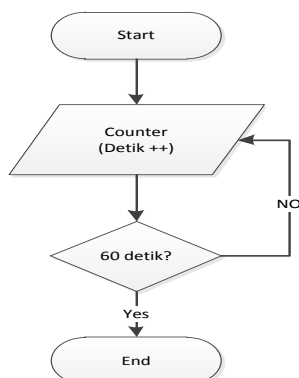
Behavior yang ke dua yang dimiliki dari robot yaitu *behavior obstacle avoidance*, behavior ini berfungsi pada saat menemui halangan yang ada, dalam *behavior obstacle avoidance* ini digunakan control PID guna mengikuti struktur dari objek tersebut. Dalam menjalankan *behavior obstacle avoidance*, dimana parameter yang diambil berdasarkan nilai masukan data sensor depan sebelumnya  $\leq 10$  dan sensor samping  $\leq 20$  terhadap halangan maka robot akan menjalankan *behavior obstacle avoidance* secara 100%, dan apabila hanya sensor samping yang berjarak  $\leq 20$ , maka robot akan menjalankan *behavior obstacle avoidance* secara 50%. Robot dalam menjalankan *behavior obstacle avoidance* dengan mengikuti struktur halangan selama 2 detik atau sejauh  $\pm 50$  Cm. Adapun *flowchart*nya sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Alir *Obstacle Avoidance Behavior*

### 3.2.3 Stop Behavior

*Behavior stop* berfungsi supaya robot tidak perlu dimatikan secara manual, dimana *timernya* akan bekerja sendiri hingga sampai waktu yang ditentukan, dalam perancangan ini robot disetting untuk bekerja selama 1 menit atau 60 detik. Adapun *flowchart* dari *behavior stop* sebagai berikut.



Gambar 6. Diagram Alir *Stop Behavior*

## 4. PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

### 4.1 Pengujian Vacuum cleaner

Pengujian *vacuum cleaner* merupakan pengujian dimana guna mengetahui kuatnya *vacuum cleaner* dalam penyedotan terhadap kotoran. Pentingnya pengujian ini agar mengetahui apa saja yang dapat disedot *vacuum cleaner* dan apa saja yang tidak dapat disedot oleh *vacuum cleaner* yang digunakan pada penelitian ini. Setelah pengujian dilakukan, maka hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada table.

Tabel 1. Kemampuan *Vacuum cleaner* Menyedot Kotoran atau Sampah

| No | Jenis                 | Gambar objek | Ukuran  | Hasil         |
|----|-----------------------|--------------|---------|---------------|
| 1  | Debu                  |              | 0.5 mm  | bersih        |
| 2  | pasir halus           |              | 1.0 mm  | bersih        |
| 3  | Pasir Kasar           |              | 3.0 mm  | Kurang bersih |
| 4  | Potongan Kertas halus |              | 10.0 mm | bersih        |
| 5  | kertas besar          |              | 30.0 mm | Tidak bersih  |
| 6  | Potongan Rambut       |              | 0.08 mm | bersih        |
| 7  | Potongan Benang       |              | 5.0mm   | bersih        |
| 8  | Plastik halus         |              | 5.0mm   | bersih        |

Berdasarkan tabel hasil pengujian *vacuum cleaner* tidak dapat menyedot jenis sampah yang berukuran besar  $> 30$  mm, dikarenakan ukuran penampang yang digunakan memiliki ukuran lingkaran yang kecil, sehingga sampah terhambat dan tidak dapat masuk. Untuk sampah yang beratnya lebih dari 30 gram dikarenakan kekuatan penyedot tidak mampu menyedot benda dengan bobot diatas 30 gram tersebut.

## 4.2 Pengujian Kontroler PID

Pengujian PID ini merupakan suatu pengujian terhadap respon pergerakan robot dalam mencapai nilai set point yang telah ditentukan. Pada pengujian ini maka kita dapat mengetahui besarnya error steady state yang dihasilkan dan dapat menentukan nilai KP, KI, KD yang baik dari hasil percobaan. Dari beberapa percobaan, konfigurasi nilai KP, KI dan KD yang terbaik pada saat dilakukannya pengujian, nilai KP = 25, KI = 0.03 dan KD = 5 error steady state nya yang paling kecil diantara lainnya.

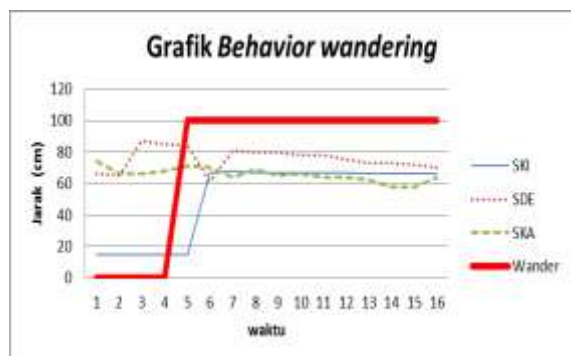
Tabel 2. Hasil Pengujian Kontroler PID

| No | KP | KI   | KD | Set Point | Error ST (%) | Rise time(s) |
|----|----|------|----|-----------|--------------|--------------|
| 1  | 5  | 0    | 0  | 15        | 6.66666667   | 0.6          |
| 2  | 15 | 0    | 0  | 15        | 13.33333333  | 0.3          |
| 3  | 25 | 0    | 0  | 15        | 13.33333333  | 0.2          |
| 4  | 25 | 0    | 5  | 15        | 13.33333333  | 0.2          |
| 5  | 25 | 0    | 10 | 15        | 13.33333333  | 0.25         |
| 6  | 25 | 0    | 20 | 15        | 13.33333333  | 0.3          |
| 7  | 25 | 0.03 | 5  | 15        | 6.66666667   | 0.2          |
| 8  | 25 | 0.5  | 5  | 15        | 20           | 0.8          |
| 9  | 25 | 1    | 5  | 15        | 13.33333333  | 0.3          |

## 4.3 Pengujian Behavior

### 4.3.1 Wandering Behavior

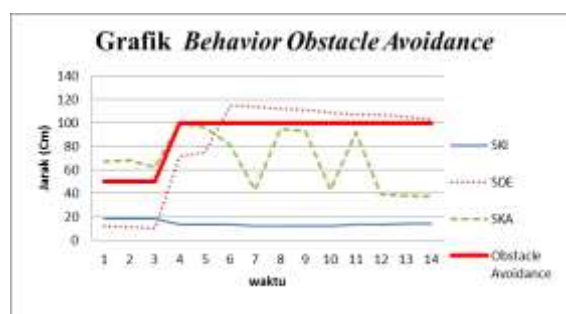
Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 7 dapat dilihat respon *behavior wander* terhadap masukan data sensor (SKI = Sensor Kiri, SDE = Sensor Depan, SKA = Sensor Kanan). Robot akan menjalankan *Behavior wandering* Apabila nilai data sensor depan yang ada lebih besar atau sama dengan 10 atau nilai sensor samping (kiri ataupun kanan) lebih kecil ataupun sama dengan 20. Pada kondisi robot menjalankan *behavior wandering*, maka robot akan berjalan secara acak pada lingkungan yang ada.



Gambar 7. Grafik Aktivasi Wandering Behavior

### 4.3.2 Obstacle Behavior

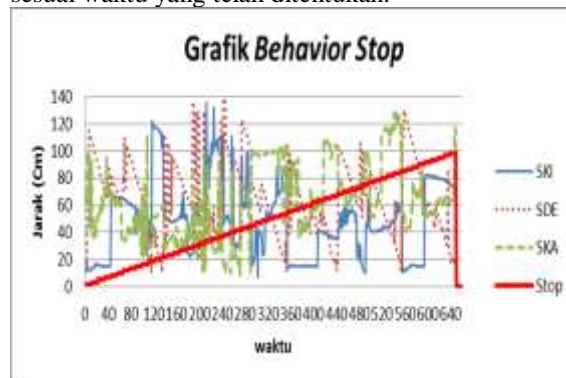
Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8 dapat dilihat respon robot dalam menjalankan *behavior obstacle avoidance*, dimana parameter yang diambil berdasarkan nilai data sensor depan sebelumnya lebih kecil atau sama dengan 10 dan sensor samping lebih kecil dan sama dengan 20 terhadap halangan maka robot akan menjalankan *behavior obstacle avoidance* secara 100%, dan apabila hanya sensor samping yang berjarak lebih kecil atau sama dengan 20, maka robot akan menjalankan *behavior obstacle avoidance* secara 50%. Robot menjalankan *behavior obstacle avoidance* dengan mengikuti struktur halangan selama 2 detik atau sejauh 50 Cm setelah itu akan kembali menjalankan *behavior wandering*.



Gambar 8. Grafik Aktivasi Obstacle Avoidance Behavior

### 4.3.3 Stop Behavior

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9 terlihat robot berjalan melakukan aktivitas selama 60 detik, dan apabila pada saat masuk data ke 660, robot akan berhenti bekerja sesuai dengan grafik. Robot akan menjalankan *behavior stop* apabila telah berjalan selama 60 detik dan robot akan berhenti bekerja baik dari *behavior* yang ada maupun program PIDnya, karna *behavior stop* berfungsi mematikan seluruh sistem kerja robot yang ada sesuai waktu yang telah ditentukan.



Gambar 9. Grafik Aktivasi Stop Behavior

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat dihasilkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mekanisme robot *vacuum cleaner* yang dibuat hanya dapat menghisap kotoran atau debu yang berukuran halus atau kecil yang berukuran besar > 30 mm, dikarenakan ukuran permukaan penampang yang digunakan memiliki ukuran lingkaran yang kecil.
- b. Penerapan metode *Behavior Based Control* berbeda dengan metode konvensional, dimana metode *behavior control* dapat diterapkan pada robot *Vacuum cleaner* walaupun tanpa adanya permodelan matematika pada lingkungan terlebih dahulu. Pada sistem *behavior based control* yang dirancang pada penelitian ini robot menggunakan 3 *behavior* yaitu: *Wandering*, *Obstacle avoidance*, dan *stop*.
- c. Robot *Vacuum cleaner automatic* bergerak secara acak dan dapat menghindari halangan yang ada menggunakan metode PID. Penerapan metode PID pada robot *vacuum cleaner*, dapat membuat robot berjalan lurus dan stabil dimana dalam pemilihan parameter PIDnya yaitu  $KP=25$ ,  $KI=0.03$  dan  $KD=5$  nilai error steady state yang kecil (6,66 %) dengan rise time 0.2 detik.
- d. Robot *vacuum cleaner automatic* dapat bekerja dengan sendiri selama waktu yang telah ditentukan, yaitu selama 60 detik namun pada *behavior wandering* robot tidak dapat berjalan acak secara keseluruhan dikarenakan robot tidak menggunakan sistem mapping.
- e. Tingkat kebersihan robot dalam membersihkan kotoran yang ada yaitu sebesar  $\pm 70\%$  dari 12 titik kotoran yang diujikan.

### 5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan dalam pembuatan robot *vacuum cleaner automatic* dibuat dengan melihat hal-hal sebagai berikut:

1. Ukuran permukaan penyedotan *vacuum cleaner* lebih besar serta kekuatan *vacuum* dalam menyedot lebih besar, sehingga dapat menyedot kotoran dengan ukuran yang lebih besar
2. Pada sistem acak yang diterapkan robot tidak dapat membersihkan permukaan lantai secara keseluruhan sehingga perlu adanya penggabungan metode yang ada dengan sistem mapping, sehingga sistem acak yang diterapkan robot dapat membersihkan secara keseluruhan.

Untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan sensor berjumlah lebih dari 3 sensor, supaya sudut pembacaannya lebih besar atau dapat membaca dengan sudut keseluruhan yaitu 180 derajat.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Kuswadi, Son dan Adji S, Indra. (2010) ” Robotika: Ilham Dari Sistem Biologi – Simulasi dan Realisasinya”, Konferensi Nasional Sistem dan Informatika 2009; Bali, November 14, 2009.
- Yulianto, Andik. (2012) ”Implementasi *Behavior-Based Control* Dengan Pembelajaran *Fuzzy Q-Learning* Pada Robot *Soccer*”, Surabaya.
- Wicaksono, Handy. ,et al. (2008). ”Perancangan Sistem Navigasi Otonom pada *Behavior Based Hexapod Robot*”. Surabaya.
- Ciputra, Dimas Tri. (2012) “Aplikasi Fuzzy Logic pada *Vacuum cleaner*”. Bandung.  
<http://www.elektroindonesia.com>