

Penggunaan Sensor Kesetimbangan *Accelerometer* dan Sensor Halangan *Ultrasonic* pada Aplikasi Robot Berkaki Dua

Abdullah

Sekolah Tinggi Teknik Poliprofesi Medan
Jl. Sei.Batang Hari No. 3 & 4 Medan
abdullah2187@gmail.com

Abstrak — Penggunaan sensor kesetimbangan *accelerometer* dan sensor halangan *ultrasonic* pada aplikasi robot berkaki dua telah dilakukan untuk mengintegrasikan sistem kontrol gerak robot berkaki dua. Penelitian dilakukan dengan menganalisa keefisienan dan keakuratan sistem kesetimbangan pergerakan kaki robot dalam bermanuver untuk menghindari halangan yang ada di depannya. Dimana pergerakan kaki robot ini bekerja sesuai pembacaan dari sensor kesetimbangan *accelerometer* dan sensor halangan *ultrasonic*. Pada sistem ini, yang paling ditunjukkan yaitu bagaimana keakuratan dan keefisienan sensor kesetimbangan *accelerometer* dan sensor halangan *ultrasonic* dalam sistem pergerakan kaki robot yang dapat memposisikan derajat geraknya untuk berjalan seimbang dan menghindari halangan yang ada didepannya. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem pergerakan kaki robot yang telah diintegrasikan dengan sensor kesetimbangan dan sensor halangan efisien dan efektif dalam melakukan kerjanya sebagai robot berkaki dua yang dapat berjalan/bermanuver seimbang dalam menghindari halangan.

Kata Kunci — *accelerometer*, *ultrasonic*, kesetimbangan, sistem kontrol

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam teknologi robotika telah berkembang dengan pesat. Teknologi robotika juga telah banyak digunakan di negara-negara maju di dunia, baik sebagai pendukung kerja di industri, dirumah tangga atau pendukung kerja lainnya.

Seiring dengan perkembangan dibidang teknologi robotik, banyak penelitian yang telah dilakukan. Salah satunya masalah gerak pada robot, baik gerak jalan robot menggunakan roda dan gerak jalan robot menggunakan kaki. Pada penelitian ini, penulis melakukan penelitian terhadap sistem gerak robot berkaki dua yang diaplikasikan pada pergerakan robot yang dapat berjalan/bermanuver seimbang dan dapat menghindari halangan. Dimana sistem pada kaki robot ini memiliki keunggulan dibandingkan sistem pergerakan robot lainnya, karena pergerakan robot berkaki dua ini merupakan dasar dari sistem pergerakan pada robot *humanoid*.

Teknologi sistem pergerakan robot ini mempunyai banyak aplikasi seperti kebutuhan dunia industri dan keperluan rumah tangga, karena dewasa ini dalam teknologi yang semakin pesat tidak sedikit kegiatan industri dan rumah tangga seperti membersihkan rumah, penyortir dan pemindah barang dan lain-lain sudah dilakukan oleh robot. Sehingga untuk mendukung pesatnya kemajuan teknologi

dibidang robotika, diperlukan penelitian-penelitian mengenai robotika, salah satunya penelitian mengenai gerak

robot berkaki dua, yang tindak lanjutnya mengarah ke robot *humanoid*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Teknik Desain Robot

Menurut *Robot Institute Of America*, salah satu riset unggulan di *Carnegie Mellon University*, robot merupakan suatu sistem yang dapat di program dan dapat diprogram kembali, memiliki komponen-komponen, dirancang dengan sistem manipulator mekanik agar dapat melakukan pemindahan barang-barang dengan suatu program yang diisikan dan disesuaikan untuk dapat melaksanakan berbagai macam tugas [1]. Sehingga robot dapat diartikan sebagai suatu sistem otomatis yang dapat di program (*Programmable Automation*). Pada teknik desain robot terdapat struktur bagian-bagian penting yang diperlukan untuk merancang robot, yaitu sistem kontroler, mekanik robot, sensor dan aktuator [2].

B. Sistem Mekanik Robot

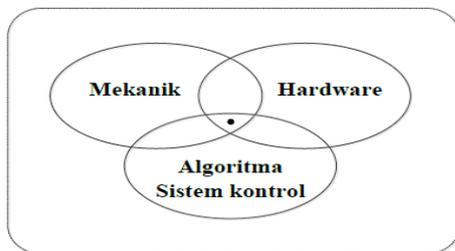
Mekanik robot merupakan sistem bentuk desain mekanik yang berfungsi sebagai suatu sistem gerak pada robot. Sistem gerak tersebut disebut dengan *Degree Of Freedom* (DOF) atau sering di artikan dengan sendi. Setiap

robot setidaknya memiliki sistem gerak berupa satu sendi. Sebuah sendi digerakkan oleh sebuah *actuator*. Mekanik pada suatu robot juga digunakan sebagai *chasis* atau pondasi sebuah sistem robot, agar robot dapat bergerak dengan baik [2].

C. Sistem Kontrol Robot

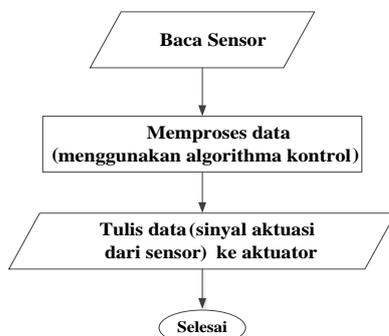
Sistem kontrol merupakan bagian yang sangat paling utama dan paling berperan dalam sistem robotik. Tanpa adanya sistem kontrol, sistem robotik itu hanya akan menjadi benda mati (sistem robot tersebut tidak dapat berfungsi). Sistem kontrol pada robot terdiri dari dua bagian utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), yaitu metode algoritma kontrol [2][6].

Secara garis besar, suatu sistem robotik terdiri dari tiga bagian utama seperti yang di perlihatkan dalam Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Sistem Robotik

Pada Gambar 1 algoritma sistem kontrol merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dalam suatu sistem robotik. Sistem kontrol berfungsi untuk menggabungkan/menghubungkan sistem perangkat keras elektronik dan desain mekanik dengan baik sehingga mencapai suatu fungsi seperti yang diinginkan. Tanda titik (.) yang terdapat pada interseksi sistem robotik, menandakan bahwa ketiga bagian dari sistem robotik, baik sistem mekanik, hardware dan algoritma sistem kontrol merupakan bagian yang tidak dapat di pisahkan dalam membuat suatu sistem robotika. Mekanisme algoritma kontrol dalam pembacaan sensor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme algoritma kontrol dalam pembacaan sensor

D. Sensor

Untuk mengendalikan sebuah pergerakan lengan yang dapat menyeleksi warna barang dengan akurat, maka robot tersebut harus dilengkapi beberapa sensor yang di tujuan sebagai informasi data yang selanjutnya akan diolah oleh kontroler agar robot tersebut dapat melakukan tugasnya sesuai yang diinginkan. Terdapat beberapa jenis sensor yang di gunakan, yaitu sensor kesetimbangan *accelerometer* dan sensor halangan *ultrasonic*. [3][4][7].

E. Actuator

Actuator merupakan bagian dari sistem mekanik atau peralatan mekanik yang berfungsi untuk sistem pergerakan atau pengontrolan pada sebuah mekanisme suatu sistem. *Actuator* difungsikan pada lengan mekanik yang digerakkan oleh motor servo, yang dikontrolkan melalui sistem pengontrol otomatis secara terprogram seperti pada mikrokontroler atau sistem tertanam lainnya. Dari *actuator* inilah robot dapat melakukan gerakan sesuai dengan pengontrolan yg telah diberikan (diprogram). Jenis *actuator* yang digunakan pada robot yaitu *actuator* jenis motor servo [2].

F. Sistem tertanam pada robot

Embedded system atau sistem tertanam merupakan sistem berbasis komputer (*computer-based*) yang di program untuk tugas tertentu dan ditanamkan sebagai suatu bagian didalam sistem komputer atau didalam suatu peralatan dan kadang-kadang tidak menampilkan bahwa peralatan itu dikendalikan oleh komputer. Prosesor atau *controler* yang paling banyak digunakan dalam *embedded system* adalah mikrokontroler, berupa *chip*. Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ATmega 32 dari rumpun AVR [8][9].

G. Sistem kontrol Kalman filter

Kalman filter merupakan penyaring rekursif digital (*recursive digital filter*) yang mampu melakukan estimasi kondisi suatu proses dengan efektif yang difungsikan sebagai pengendali sistem yang sensitif terhadap gangguan (*noise*) akibat perubahan lingkungan atau perubahan masukan dari sistem tersebut.

Kalman filter pada dasarnya merupakan seperangkat persamaan matematika yang menerapkan sistem *predictor-corrector*, suatu jenis estimator yang mengoptimalkan kerja sensor untuk meminimalkan *error* atau *noise* dari inputan awal sensor. Sistem yang menggunakan algoritma *Kalman filter* dimodelkan oleh bentuk sistem linier. Jika hanya mengandalkan hasil output asli dari sensor-sensor, seperti sensor kesetimbangan, sistem robot belum dapat memperoleh data-data pasti yang akurat dan stabil dari sensor, sehingga jika sedikit saja ada gangguan pada sistem, proses kesetimbangan pada robot akan terganggu.

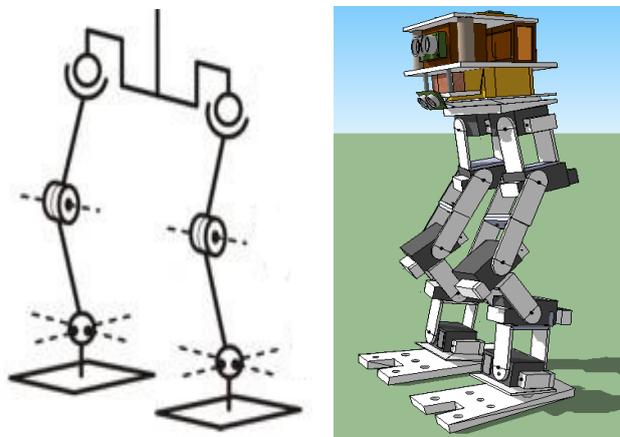
Penggunaan *Kalman filter* ditujukan untuk meminimalkan gangguan pada sistem input robot, agar output sensor tetap terjaga pada kondisi yang akurat dan stabil. Selain permasalahan pemaksimalan pengaruh *noise* pada sensor. *Kalman filter* juga digunakan pada proses penggabungan sensor, agar mendapatkan suatu nilai yang stabil dan tepat [6].

III. METODELOGI PENELITIAN

Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak pada penggunaan sensor kesetimbangan dan sensor halangan pada aplikasi robot berkaki dua.

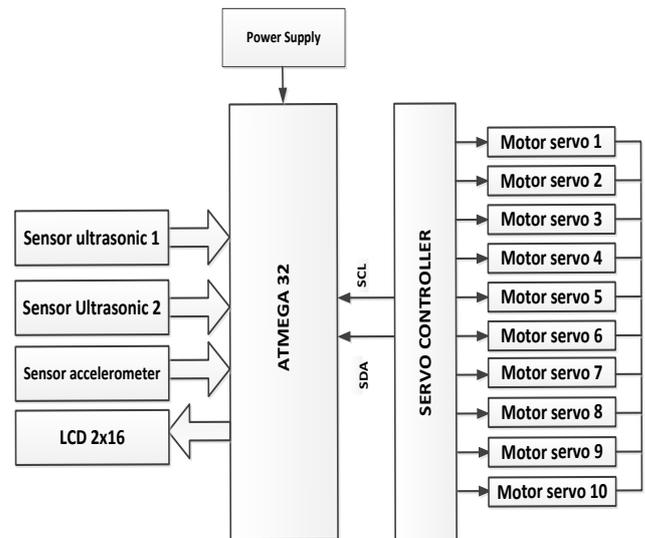
A. Perancangan Perangkat Keras (*hardware*)

Perancangan perangkat keras terdiri atas dua bagian utama, yaitu perancangan sistem mekanik dan perancangan sistem elektrik. Pada perancangan mekanik terdiri atas bentuk/desain fisik robot, sedangkan perancangan elektrik terdiri dari perancangan sistem rangkaian elektrik, sensor, dan motor penggerak. Gambar 3 menunjukkan perancangan mekanik berkaki dua yang akan dirancang dan Gambar 4 menunjukkan diagram blok untuk desain perangkat keras (*hardware*) secara keseluruhan.



Gambar 3. Perancangan mekanik robot berkaki dua

Pada perancangan mekanik diatas bahan-bahan yang digunakan, yaitu *servo bracket* berbagai bentuk sebagai penghubung mekanik antar servo. Untuk bahan mekanik lain menggunakan bahan *acrylic*, dikarenakan bahan ini kuat, mudah dibentuk.



Gambar 4. Diagram blok perangkat keras (*hardware*) secara keseluruhan

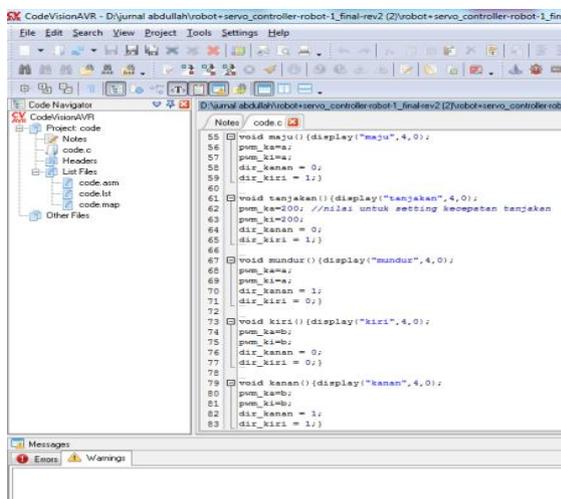
Fungsi kerja masing-masing blok perangkat keras (*hardware*) diatas sebagai berikut :

- Satu buah mikrokontroler (*Chip Programmable*) yang terdiri dari mikrokontroler seri ATmega32, difungsikan sebagai pusat pengendalian, baik data input maupun output. Data input tersebut seperti sensor *ultrasonic* dan sensor *accelerometer*. Dari pembacaan sensor itu yang sudah masuk ke mikrokontroller, maka mikrokontroller akan mengendalikan seluruh output sesuai kerja yang diinginkan, seperti tampilan pesan di LCD 2x16, servo controller serta kombinasi variasi gerak servo sesuai yang ditentukan.
- Satu buah sensor *accelerometer*
Sensor *accelerometer* ini difungsikan sebagai sensor kesetimbangan posisi robot berkaki dua. Pembacaan sensor kesetimbangan ini masih dalam keadaan analog, sehingga harus diproses terlebih dahulu menggunakan ADC internal mikrokontroller sehingga mendapatkan data digital agar mudah diproses. Untuk hasil yang lebih baik dari pembacaan sensor *accelerometer*, outputnya harus di *filter* terlebih dahulu agar memperkecil *noise* dari pembacaan sensor.
- Dua buah sensor halangan *ultrasonic* tipe SRF-04
Sensor halangan ini difungsikan sebagai pendeteksi halangan yang ada didepan dan dibawahnya. Dimaksud agar robot dapat menghindari halangan didepannya dan dibawahnya seperti lubang atau tanjakan.
- Satu buah *adaptor* 12 Volt 3000 mAh.
Adaptor 3000 mAh difungsikan untuk pensuplay tegangan dan arus pada seluruh sistem elektronika yang digunakan, agar sistem dapat bekerja dengan baik.

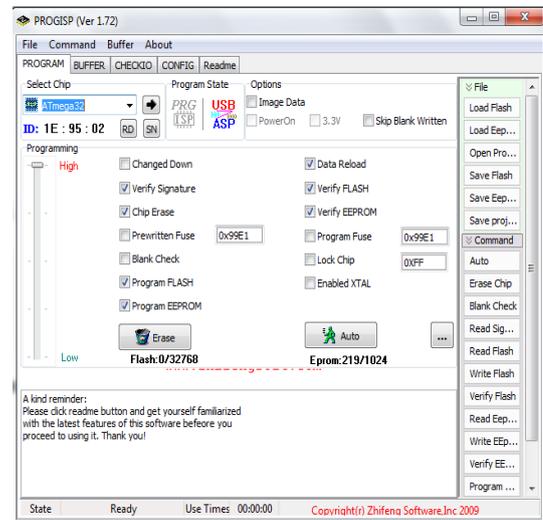
- e. Satu buah *servo controller* dengan tipe SPC
Servo controller difungsikan sebagai pengendali seluruh servo yang digunakan, misalnya pergerakan seberapa besar derajat kerja dari masing-masing servo dan seberapa cepat pergerakan servo dalam melakukan gerakan.
- f. Sepuluh buah motor servo.
Motor servo difungsikan untuk menggerakkan variasi lengan robot agar dapat bekerja sesuai gerakan yang diinginkan.
- g. Satu buah LCD 2 x 16.
LCD 2 x 16 difungsikan sebagai tampilan dari kerja sistem yang berbentuk tulisan karakter, misalnya nilai sensor kesetimbangan dan halangan yang terbaca, keadaan status robot dan lain-lain.

B. Perancangan perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak (*software*) menggunakan pemrograman bahasa C dengan *software Code Vision AVR* sebagai *software* utama untuk pemrograman pada sistem control robot (pembacaan sensor, gerak servo dan lain-lain) dan *software downloader ProgIsP programmer* merupakan *software* untuk *download* program utama robot ke mikrokontroler. Tampilan *software* dapat dilihat di gambar 5 dan gambar 6, keseluruhan perangkat lunak akan menyesuaikan dengan perangkat keras yang telah dirancang pada robot.



Gambar 5. Tampilan *software Code Vision AVR*



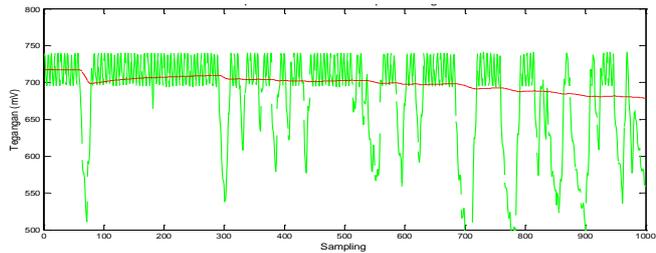
Gambar 6. Tampilan *software ProgIsP programmer*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

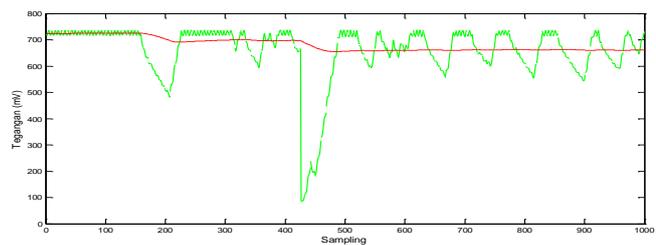
Hasil yang dibahas adalah pengujian output sensor kesetimbangan, jarak tempuh robot sampai sebelum jatuh dan frekuensi jatuh robot dalam mencapai target. Target yang dimaksudkan dalam pembahasan yaitu robot harus melewati jarak tempuh sepanjang 120 cm dimana terdapat tiga halangan dengan halangan pertama pada jarak 50 cm, halangan kedua pada jarak 75 cm dan halangan ketiga berada pada jarak 100 cm. Halangan tersebut dimaksudkan sebagai pengujian kesetimbangan pada pergerakan robot dalam menghindari halangan.

A. Pengujian output sensor kesetimbangan

Berbeda dengan sensor halangan ultrasonic yang sudah memiliki data output yang stabil sehingga tidak diperlukan proses pemfilteran, lain hal dengan sensor kesetimbangan yang output aslinya masih rentan terhadap *noise*, sehingga perlu dilakukan pemfilteran, dalam hal ini saya menggunakan metode *kalman filter*, sehingga output yang didapat dr hasil pemfilteran jauh lebih stabil (*noise* diminimalisir). Pengujian *output* sensor menggunakan *Kalman Filter* ini dilakukan untuk meminimalkan *noise* pada *output* asli sensor kesetimbangan *accelerometer*. Data diambil dengan sampling sebanyak 1000 kali pada masing-masing *output* sensor, yaitu sumbu-x dan sumbu-y, baik *output* asli sensor maupun *output* setelah proses *Kalman Filter*. Pengujian output sensor kesetimbangan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik output sumbu-x sensor accelerometer pada pergerakan robot

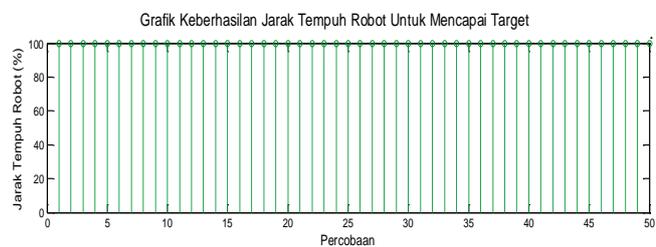


Gambar 8. Grafik output sumbu-y sensor accelerometer pada pergerakan robot

Gambar 7 menunjukkan bahwa *output* asli sensor sangat rentan terhadap *noise*, setiap data yang dikeluarkan dari *output* asli sensor mengandung banyak *noise* sehingga data asli sensor tidak dapat dijadikan acuan data sebagai data kesetimbangan pada robot, sedangkan *output* sensor yang telah diproses menggunakan *kalman filter* seperti Gambar 8, datanya jauh lebih halus dan stabil sehingga data sensor tersebut sudah dapat dijadikan sebagai data kesetimbangan dalam pergerakan robot.

B. Pengujian jarak tempuh robot sebelum jatuh

Pengambilan data jarak tempuh robot sebelum jatuh dilakukan untuk mengetahui sejauh mana robot dapat mempertahankan posisi seimbang untuk mencapai target. Data hasil untuk pengukuran jarak tempuh robot sebelum jatuh diambil dengan melakukan percobaan sebanyak 50 kali. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik jarak tempuh robot sebelum jatuh pada Gambar 9.

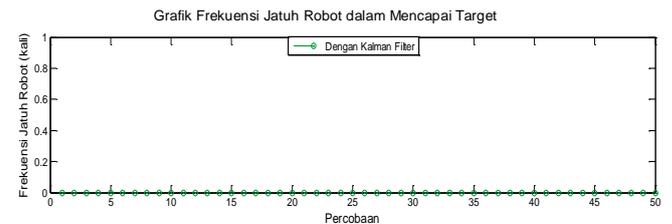


Gambar 9. Grafik jarak tempuh robot sebelum jatuh

Dari grafik diatas terlihat bahwa robot dapat menyelesaikan targetnya bahkan dari keseluruhan percobaan robot mampu menyelesaikan targetnya hingga 100%. Dari grafik diatas juga memperlihatkan bahwa robot dapat mempertahankan kesetimbangannya dalam melakukan pergerakan dengan baik, sehingga robot dapat bertahan lama untuk mempertahankan posisi seimbang dalam mencapai target dan penggunaan sensor kesetimbangan dan sensor halangan sudah terintegrasi dengan baik pada system control robot berkaki dua.

C. Frekuensi jatuh robot

Pengambilan data frekuensi jatuh robot dilakukan untuk mengetahui jumlah jatuh robot untuk mencapai target yang telah ditentukan agar dapat melihat kestabilan kesetimbangan robot dan dapat memperlihatkan keefektifan dan kestabilan sensor kesetimbangan dan sensor halangan. Data hasil untuk frekuensi jatuh robot diambil dengan melakukan percobaan sebanyak 50 kali. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik frekuensi jatuh robot pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik frekuensi jatuh robot

Dari grafik diatas terlihat bahwa robot dapat mempertahankan kesetimbangannya dengan baik dan dapat menyelesaikan targetnya tanpa jatuh, bahkan dari keseluruhan percobaan robot mampu menyelesaikan targetnya tanpa jatuh (frekuensi jatuh robot yaitu nol kali). Dari grafik diatas juga memperlihatkan bahwa seluruh sistem baik penggunaan sensor dan system control robot sudah bekerja dengan baik.

V. KESIMPULAN

Hasil uji coba penggunaan sensor kesetimbangan accelerometer dan sensor halangan ultrasonic pada aplikasi robot berkaki dua yang dilakukan membuktikan bahwa sistem robot berkaki dua mampu dan efektif dalam melakukan pergerakan yang akurat dan seimbang dalam memposisikan derajat gerakanya dalam menghindari halangan (target yang telah ditentukan). Hal ini telah menunjukkan bahwa semua perangkat yang ada pada sistem control robot ini telah berhasil di integrasikan dan mencapai target yang diinginkan.

REFERENSI

- [1] *The Robotic Institute*, diakses pada tanggal 21 Desember 2016, dari www.ri.cmu.edu.
- [2] Endra Pitowarno, “*Robotika Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*”, Edisi I, Andi Offset, Yogyakarta.
- [3] Riyanto Sigit, 2007, *Robotika, Sensor dan Aktuator*, Cetakan Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4] Handry Khoswanto, *Keseimbangan Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Fuzzy Logic*, Tesis Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2010.
- [5] Muhammad Miftahur Rokhmat, *Implementasi Sistem Keseimbangan Robot Beroda Dua dengan Menggunakan kontroler Proporsional Integral Differensial*, Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Vol.1, No.1, 2013.
- [6] Dhanny Tandil, Ivander Sharon Manuel, dkk., *Pengaplikasian Kalman filter dan Kendali PID sebagai Penyeimbang Robot Roda Dua*, Tesis Universitas Bina Nusantara, Jakarta, 2012.
- [7] Datasheet Accelerometer Sensor, diakses pada tanggal 15 September 2016 dari <http://www.innovativeelectronics.com>.
- [8] Tarigan Permantin, 2011, “*Sistem Tertana (Embedded System)*”, Cetakan Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Datasheet Mikrokontroler AVR Atmega32, diakses pada tanggal 11 Desember 2016, dari <http://www.atmel.com>.