

Kestabilan Kecepatan Mobile Robot pada Lintasan Mendatar, Tanjakan Serta Turunan

Faikul Umam^{1*}, Sri Wahyuni², Hairil Budiarto³
^{1,2,3} Universitas Trunojoyo Madura
*faikul@trunojoyo.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.6396>

Abstrak

Mobile robot merupakan salah satu kategori robot yang memiliki fungsi untuk berpindah tempat. Pengembangan dari mobile robot yaitu implementasi perubahan lintasan mendatar, tanjakan serta turunan. Ketika robot berjalan terdapat gangguan tak terukur dari luar yang mempengaruhi respon sistem. Hal ini menyebabkan kecepatan robot berubah-ubah, sehingga dibutuhkan suatu mekanisme yang mampu membuat mobile robot menjaga stabilitas dan kemampuan jelajah untuk kestabilan kecepatan mobile robot. Penelitian ini menerapkan metode PID untuk mengatur servo berdasarkan input dari gyro Z, sehingga membuat mobile robot berjalan tanpa keluar dari lintasannya dengan nilai konstanta $K_p = 5$, $K_i = 0$ dan $K_d = 1$. Respon sistem mencapai steady state dengan nilai servo 90° , dari detik ke-8 sampai detik ke-13,5. Mobile robot dapat menjaga kestabilan kecepatan ketika melewati lintasan mendatar, tanjakan serta turunan dengan menerapkan metode fuzzy logic controller dan kontrol PID dengan nilai konstanta $K_p = 1,5$, $K_i = 0$ dan $K_d = 0,2$. Respon yang diberikan oleh sistem mencapai steady state nilai kecepatan 0,88 pada detik ke-16,4. Sensor yang digunakan untuk mengetahui kemiringan lintasan yaitu sensor MPU6050 nilai gyro Y dan sensor rotary encoder.

Kata-kunci: mobile robot, MPU6050, rotary encoder, fuzzy logic controller dan kontrol PID.

Mobile Robot Speed Stability on Flat Road, Upward and Descend Trajectories

Abstract

Mobile robot is a robot that can move to other places. The development of a mobile robot is the implementation of changes in in flat, upward and descending trajectories. When robot runs there are immeasurable interference that affects the system response. This causes robot speed is change, so we need a solution for mobile robot to maintain stability and movement capability for stability the robot speed. This research applies the PID method to set the servo based on the input from the gyro Z, so as to make the mobile robot run without leaving its path with constant values $K_p = 5$, $K_i = 0$ and $K_d = 1$. This research applies PID method to set servo motor based on input from gyro Z, so as to make the mobile robot run on path with constant values $K_p = 5$, $K_i = 0$ and $K_d = 1$. The system response reaches steady state when the servo value is 90° , from the 8th second to the 13.5th second. Mobile robots can maintain the stability of speed when flat road, upward, and descend trajectories by applying the fuzzy logic controller and PID control methods with constant values of $K_p = 1.5$, $K_i = 0$ and $K_d = 0.2$. The response given by the system reaches a steady state speed value of 0.88 at 16.4 seconds. The sensors used to determine the slope of the track are the MPU6050 Y gyro sensor and rotary encoder sensor.

Keyword: mobile robot, MPU6050, rotary encoder sensor, fuzzy logic controller and PID control.

PENDAHULUAN

Mobile robot merupakan salah satu kategori robot yang memiliki fungsi untuk bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya, dimana kedua posisi tersebut berada pada jarak tertentu. Penggerak mobile robot berupa kaki atau roda, serta pemberian kecerdasan buatan agar robot bergerak berdasarkan perintah yang telah ditentukan (Budiarto Widodo, 2006). Penelitian tentang aplikasi kecerdasan buatan dalam kontrol mobile robot lebih ditujukan untuk memperoleh kinematik yang canggih, misalnya metode navigasi, pemetaan, path planning, obstacle avoidance dan collision. Beberapa kasus ini telah banyak dilakukan daripada mengkaji sta-

bilitas gerak robot. Rancang bangun robot yang ideal seharusnya menggabungkan kontrol kinematik dan dinamik yang menghasilkan robot motion control yang baik.

Kontrol gerak robot bertujuan meningkatkan stabilitas dan kemampuan jelajah (Kawulur Irene Cindy, dkk. 2013). Stabilitas terkait dengan pengendalian gerak pada kecepatan konstan ataupun pada saat terjadi percepatan dan perlambatan (Rosalina, dkk. 2017). Kemampuan jelajah terkait dengan gaya dorong yang dimiliki oleh robot. Tingkat kesulitan yang tinggi terjadi apabila robot melewati lintasan menanjak dan menurun, sebab adanya percepatan serta perlambatan akibat perubahan

Article History:

Received: July, 12nd 2019; Accepted: September, 29th 2019
ISSN: 2502-5325 (Online) Terakreditasi Peringkat 3 oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (ARJUNA), berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan No: 23/E/KPT/2019 tanggal 8 Agustus 2019

Cite this as:

Umam, F. (2019). Kestabilan Kecepatan Mobile Robot pada Lintasan Mendatar, Tanjakan Serta Turunan. Rekayasa, 12(2), 168-173. doi:<https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.6396>

© 2019 Faikul Umam

lintasan. Kemampuan untuk mendeteksi jalan yang akan dilalui menjadi syarat utama dari pergerakan robot ini (Adiprasetya Agung, dkk. 2016). Kemampuan tersebut dapat dicapai apabila sensor yang tertanam pada robot dapat terintegrasi baik dengan metode yang diterapkan pada sistem, sehingga robot memiliki respon cepat terhadap perubahan lintasannya.

Penelitian mengenai kontrol kecepatan motor untuk menyesuaikan roda robot mengikuti lintasan tanjakan maupun turunan (Imran I.H, 2011)(Darmawan Tasdik., dkk. 2015). Metode yang digunakan yaitu *fuzzy logic controller* yang *output*-nya berupa nilai PWM berdasarkan kondisi kemiringan. Hasil pengujian menunjukkan batas kemiringan yang mampu dilewati robot agar mencapai *set point* pada kondisi mendaki adalah 15° dan -15° kondisi menurun dengan *range* PWM yang telah dideskripsikan. Penelitian ini dipengaruhi oleh perubahan kondisi lintasannya serta nilai *error* yang diperoleh semakin besar jika melewati lintasan yang tidak rata. Lintasan dengan tanjakan dan turunan pada penelitian tersebut telah ditentukan serta besarnya nilai *error*. Perkembangan *mobile robot* diharapkan dapat melewati berbagai kondisi lintasan seperti tanjakan dan turunan, sebab diharapkan dapat diimplementasikan pada kendaraan yang sebenarnya ataupun sebagai robot pemandu. Penelitian tentang kontrol kecepatan motor pernah dilakukan oleh beberapa peneliti (Marta Bayu, dkk. 2018)(Defit Putra, 2014)(Nurba Hardy P., dkk. 2015). Penelitian ini membahas mengenai kontrol kecepatan motor DC yang diinginkan dapat mengubah putaran sesuai dengan putaran beban. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi besarnya arus *start*, meredam getaran dan hentikan mekanis saat *starting*. Metode kontrol yang digunakan adalah PID agar dapat menghasilkan *output* dengan *risetime* yang tinggi dan

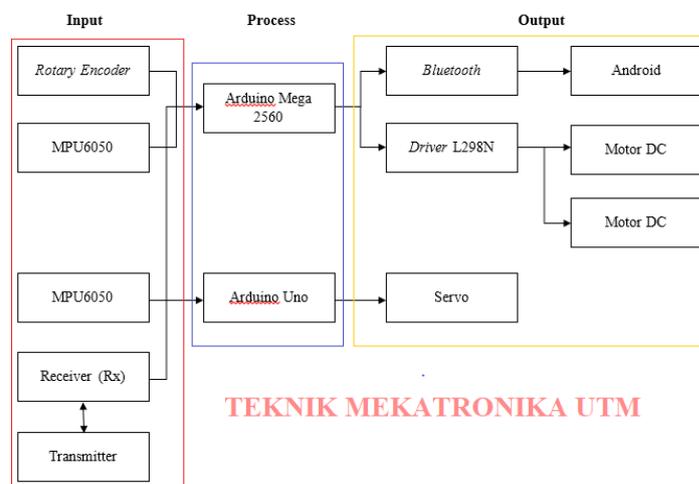
error yang kecil. Pada penelitian ini hanya membahas mengenai analisa dari kontrol kecepatan motor DC tanpa melakukan penerapannya pada sebuah robot.

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian ini akan dibuat kestabilan kecepatan *mobile robot* yang memiliki kemampuan mendeteksi adanya perubahan lintasan dari mendatar, tanjakan serta turunan. Sensor MPU6050 akan membaca nilai sudut hasil konversi nilai *accelerometer* dengan *gyroscope* pada sumbu Y. Adapun sensor *rotary encoder* untuk membaca nilai putaran motor berdasarkan waktu per detik (RPS). Guna memudahkan pergerakan robot maka robot dibekali dengan dua buah roda aktif yang bergerak secara sinergi dan dua buah roda dinamis. Sistem ini dibekali dengan metode *fuzzy logic controller* untuk menentukan kemiringan yang mampu dilalui oleh robot, sedangkan metode PID untuk mengatur kecepatan motor. Metode digunakan agar robot dapat menyesuaikan diri terhadap keadaan yang baru atau tidak diketahui, sehingga robot melakukan kestabilan kecepatan untuk melewati perubahan lintasan dari mendatar, tanjakan serta turunan. Selain itu, *mobile robot* juga dapat mengatur posisi dari *mobile robot* ini untuk tetap berjalan lurus tanpa keluar dari lintasannya. Sensor MPU6050 dengan *gyroscope* pada sumbu Z digunakan untuk mengetahui pergerakan *mobile robot* tetap lurus tanpa keluar dari lintasannya, Penerapan metode PID dilakukan agar *mobile robot* tetap berjalan lurus tanpa keluar dari lintasannya serta servo yang digunakan sebagai *output*-nya.

METODE PENELITIAN

Diagram Blok dan Flowchart

Gambar 1 merupakan diagram blok sistem mobile robot. Input pada sistem ini terdiri dari beberapa



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

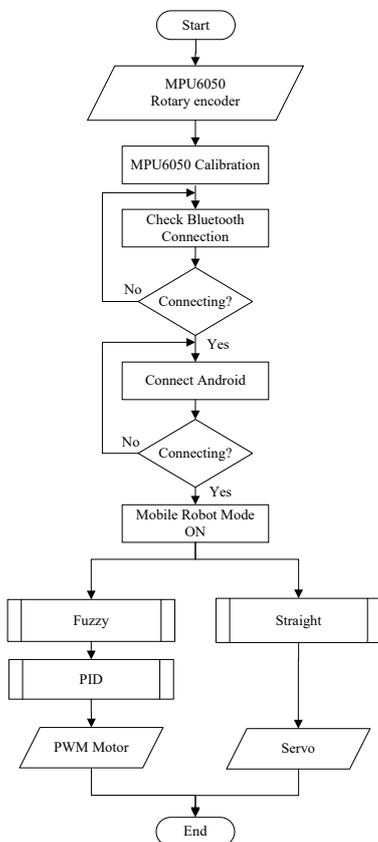
sensor yaitu sensor MPU6050 dan rotary encoder. Kedua sensor tersebut memiliki fungsi yang berbeda, namun menjadi acuan stabilitas mobile robot. Sensor MPU6050 digunakan pada Gambar 1 berfungsi untuk membaca nilai sudut hasil konversi nilai *accelerometer* dengan *gyroscope* pada nilai Y dan Z. *Rotary encoder* digunakan untuk mengetahui hasil pembacaan nilai putaran motor (RPS). Arduino Mega 2560 pusat pemrosesan dalam membaca keadaan dan instruksi perintah pada aktuator. Arduino Mega 2560 mengontrol motor DC agar dapat bergerak sesuai dengan perintah. Kemudian terdapat motor servo yang berfungsi untuk mengendalikan *mobile robot* untuk berjalan lurus. Mikrokontroler arduino uno juga digunakan untuk mengontrol servo berdasarkan *input* dari MPU6050 nilai *gyro Z*, sebab jika hanya menggunakan satu mikrokontroler menyebabkan mikrokontroler mengalami *low memory* sehingga

proses pembacaan keadaan dan perintah pada aktuator tidak maksimal. *Bluetooth* yang terkoneksi dengan *android* berfungsi untuk menampilkan perubahan kecepatan motor yang terjadi ketika *mobile robot* melewati lintasan mendatar, tanjakan serta turunan.

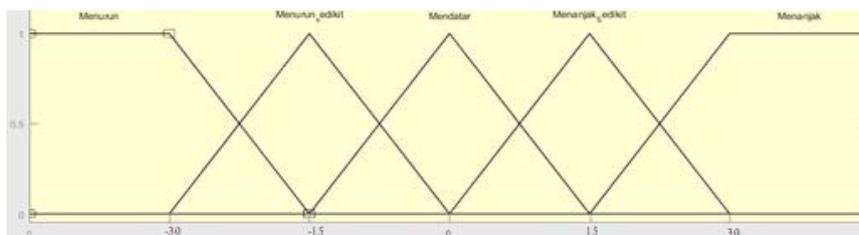
Flowchart dari keseluruhan sistem *mobile robot* ditunjukkan pada Gambar 2. *Flowchart* dimulai dari *input rotary encoder* dan sensor MPU6050. Robot diletakkan pada bidang datar agar dapat menyesuaikan posisi *mobile robot*. Sensor MPU6050 melakukan kalibrasi yang bertujuan untuk menemukan titik awal posisi *mobile robot*. Setelah dilakukan kalibrasi sensor MPU6050 maka *bluetooth* melakukan *auto pairing* sehingga *bluetooth* tersambung pada android. Proses koneksi *Bluetooth* selesai, maka *mobile robot* dalam keadaan ON. Kemudian proses selanjutnya *straight/lurus*, hal ini untuk menentukan posisi *mobile robot* dalam keadaan lurus dan proses *fuzzy PID* agar *mobile robot* dapat berjalan *autonomous* pada lintasan mendatar, tanjakan serta turunan. Kedua proses ini berjalan secara bersamaan, sehingga robot dapat menentukan posisi lurus terhadap lintasan dan tetap melakukan pendeteksian perubahan lintasan yang dilalui oleh robot.

Desain Metode Pada Sistem

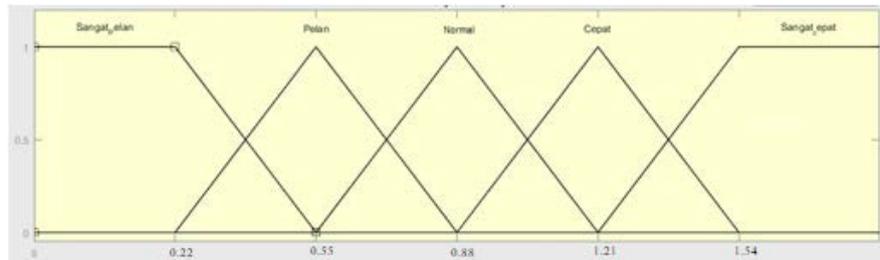
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *fuzzy* dan PID (Aisuwarya Ratna, dkk. 2017) (Nawawi Ibrahim, dkk. 2016). Simulasi perhitungan dimulai dari perhitungan metode PID untuk motor servo, kemudian perhitungan *fuzzy PID* untuk kontrol motor DC. Pada penelitian ini nilai asumsi $K_p=0,5$, $K_i=0,1$, $K_d=0,2$, $T_s=2$ dan Set point 0. Pada perhitungan metode *fuzzy PID*, dimulai dari proses metode *fuzzy* kemudian hasil dari *fuzzy* dijadikan sebagai *input* PID. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy sugeno*. Metode *fuzzy* terdapat dua *point* penentu yang terdiri dari pembentukan fungsi keanggotaan dan *rule base*. Sistem *fuzzy sugeno* memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh sistem *fuzzy* murni dengan menambahkan suatu perhitungan matematika sederhana sebagai bagian THEN. pada metode *fuzzy* perlu kiranya menentukan fungsi keanggotaan baik berupa *input* yang diwakili himpunan X dan Y. Fungsi keanggotaan ditunjukkan Gambar 3, 4.



Gambar 2. Flowchart Sistem Keseluruhan



Gambar 3. Himpunan X (*gyro y*)



Gambar 4. Himpunan Y (*rotary encoder*)

Himpunan X (*gyro y*) terbagi menjadi lima fungsi keanggotaan berupa menurun memiliki nilai dari -50 sampai dengan -30, menurun sedikit memiliki nilai dari -30 sampai dengan 0, mendatar memiliki nilai dari -15 sampai dengan 15, menanjak sedikit memiliki nilai dari 0 sampai 30 dan menanjak memiliki nilai dari 15 sampai 50. Sedangkan Himpunan Y (*rotary encoder*) terbagi menjadi lima fungsi keanggotaan yaitu sangat pelan memiliki nilai dari 0 sampai dengan 0.55, pelan sedikit memiliki nilai dari 0.22 sampai dengan 0.88, normal memiliki nilai dari 0.55 sampai dengan 1.21, Cepat sedikit memiliki nilai dari 0.88 sampai dengan 1.54, dan sangat Cepat memiliki nilai dari 1.54 sampai dengan 10. Rule base pada metode fuzzy memiliki peranan penting pada sistem. Nilai *output* yang dijadikan sebagai parameter *output* pada rule base dapat dilihat pada tabel 1, sedangkan tabel rule base dapat ditunjukkan tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

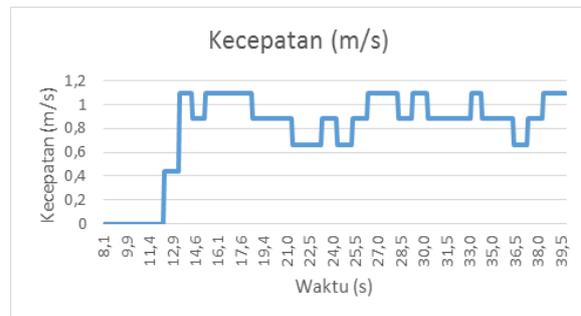
Pada penelitian ini pengujian dilakukan untuk mengetahui kestabilan kecepatan *mobile robot*. Pada pengujian ini menggunakan metode *fuzzy PID*. Metode *fuzzy* dengan himpunan X (*gyro Y*), himpunan Y (*rotary encoder*) dan *output* dari *fuzzy* adalah PWM. Nilai *output* PWM dari *fuzzy* akan dijadikan sebagai nilai *input* PID. Pengujian dilakukan

Tabel 1. Himpunan Z

No.	Keanggotaan	Nilai
1.	Sangat pelan	75
2.	Pelan	100
3.	Normal	150
4.	Cepat	200
5.	Sangat cepat	250

Tabel 2. Rule Base

Y	X	Menurun	Menurun sedikit	Mendatar	Menanjak sedikit	Menanjak
	Sangat pelan	N	N	N	C	C
Pelan	N	N	N	C	C	
Normal	P	N	N	C	C	
Cepat	P	N	N	C	C	
Sangat cepat	SP	P	P	C	SC	



Gambar 5 Pengujian kestabilan kecepatan *mobile robot* Kp = 0.2, Ki = 0 dan Kd = 0.5

untuk mencari respon sistem yang baik. Kestabilan kecepatan didapat dengan data *record* dan pengamatan di android saat *mobile robot* melewati lintasan mendatar, tanjakan serta turunan. Adapun nilai Kp, Ki dan Kd yang diberikan pada *mobile robot* berdasarkan hasil *trial and error*. Gambar 4.25 merupakan hasil pengujian metode *fuzzy PID* pada *mobile robot* dengan memberikan nilai konstanta Kp = 0.2, Ki = 0 dan Kd = 0.5. Sampel diambil dengan cara pengambilan data *record* pada saat *mobile robot* berjalan melewati lintasan mendatar, tanjakan serta turunan. Hasil dari pengujian ditunjukkan grafik Gambar 5.

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa respon yang diberikan oleh sistem dengan nilai Kp sebesar 0.2, Ki adalah 0 dan Kd sebesar 0.5 cukup cepat mencapai *steady state*. Hal ini ditunjukkan pada data ke-75 dengan waktu 14,5 detik hingga data ke-85 dengan waktu 15,2 detik. Akan tetapi terdapat *overshoot* dan respon sistem masih melakukan osilasi dengan nilai yang cukup besar. Nilai *overshoot* sangat meningkat, sehingga respon sistem



Gambar 6 Pengujian kestabilan kecepatan *mobile robot* Kp = 1, Ki = 0 dan Kd = 0.2

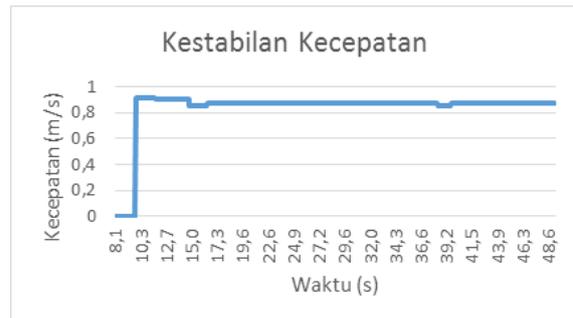
yang terjadi pada *mobile robot* mengalami osilasi dan hanya beberapa kali mencapai *steady state*. Nilai *overshoot* mencapai 1,1 seperti yang ditunjukkan pada data ke-86 sampai data ke-124. Gambar 6 merupakan grafik pengujian kestabilan kecepatan *mobile robot* dengan nilai konstanta Kp sebesar 1, Ki dengan nilai 0 dan Kd sebesar 0.2.

Gambar 6 menunjukkan bahwa respon sistem ini mengalami *overshoot* yang cukup lama tetapi pada 19,5 detik *mobile robot* berjalan melewati lintasannya, respon sistem mencapai *steady state*. Hanya saja nilai *overshoot* juga sangat cepat meningkat, sehingga respon sistem mengalami osilasi dengan nilai yang cukup berbeda. Osilasi terjadi hingga respon sistem mencapai *steady state* namun beberapa kali osilasi terjadi, seperti pada data ke-247 dengan waktu 33,5 detik hingga data ke-255 dengan waktu 34,3 detik. Kecepatan mengalami *overshoot* mencapai 0,91 m/s. Sampel ini didapatkan dari data *record* saat *mobile robot* berjalan melewati perubahan lintasan mendatar, tanjakan serta turunan.

Gambar 7 merupakan pengujian dengan nilai konstanta Kp sebesar 1,5 dan Kd sebesar 0,2 sedangkan Ki adalah 0. Nilai konstanta ini yang digunakan secara berkelanjutan oleh sistem. Selain respon sistem menuju *steady state* cukup cepat, respon hanya beberapa kali melakukan osilasi dengan nilai yang tidak terlalu besar. Sampel ini didapatkan dari data *record* saat *mobile robot* berjalan melewati perubahan lintasan mendatar, tanjakan serta turunan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian dan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian kestabilan kecepatan *mobile robot* pada lintasan mendatar, tanjakan serta turunan, diperoleh kesimpulan bahwa *mobile robot* dapat menstabilkan kecepatannya melewati lintasan mendatar, tanjakan serta turunan dengan



Gambar 7 Pengujian kestabilan kecepatan *mobile robot* Kp = 1,5, Ki = 0 dan Kd = 0.2

menggunakan metode *fuzzy* PID. Output PWM dari metode *fuzzy* dijadikan sebagai nilai input metode PID. Nilai konstanta Kp = 1,5, Ki = 0 dan Kd = 0,2. Dalam upaya memaksimalkan kinerja *mobile robot* perlu melakukan kalibrasi pada lintasan yang lebih rendah dan lebih tinggi, karena pembacaan sensor MPU6050 dipengaruhi oleh ketinggian dan suhu udara. Perhatikan faktor keamanan *mobile robot* pada saat implementasi, seperti penambahan pelindung pada komponen elektronika agar aman ketika sistem mengalami kesalahan/crash.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiprasetya Agung, Erwin Susanto, Agung Surya Wibowo. 2016. *Perancangan dan Implementasi Kontrol Kecepatan Motor DC menggunakan LABVIEW untuk Kestabilan Laju pada Robot Tank dengan Metode PID*. e-Proceeding of Engineering : Vol.3 No.2 ISSN: 2355-9365. Teknik Elektro Universitas Telkom.
- Aisuwarya Ratna. Raihan Annafi. 2017. *Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Pengendali Kecepatan Roda pada Mobile Robot dengan Variasi Nilai Set Point*. Jurnal Ilmiah. Sistem Komputer, Universitas Andalas.
- Budiarto Widodo. 2006. *Belajar Sendiri: Membuat Robot Cerdas*. Buku. ISBN: 979-20-9178-5.
- Darmana Tasdik, Wisnu Sya'ban. 2015. *Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Putaran Motor dan Pendeteksi Kestabilan Putaran pada Porosnya*. Jurnal Energi dan Kelistrikan Vol. 7 No.1. Teknik Elektro STT PLN Jakarta.
- Defit, Putra Renofa. 2014. *Pengontrolan Kecepatan Motor DC pada Mobile Robot Left Tracking Menggunakan Metoda PID*. Jurnal Ilmiah. Sistem Komputer, Universitas Andalas. Padang.

- Imran I.H., 2011. *Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali PID sebagai Pengontrol Kecepatan Robot Mobil pada Lintasan Datar, Tanjakan dan Turunan..* Jurnal Ilmiah. Teknik Elektro, Universitas Andalas.
- Kawulur Irene Cindy. 2013. *Analisa Kecepatan yang diinginkan oleh Pengemudi (Studi Kasus Ruas Jalan Manado-Bitung)*. Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No.4. ISSN: 2337-6732. Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Marta Bayu Sandi, Ferdiansyah Indra, Fernando Ardila. 2018. *Sistem Kendali Kecepatan Motor pada Mobile Robot menggunakan PID dan Analisis Disturbance Berbasis Disturbance Observer*. Jurnal Teknologi Terpadu Vol. 6 No. 2. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Namawi Ibrahim, Bagus Fatkhuttozi. 2016. *Studi Komparasi Kendali Motor DC dengan Logika Fuzzy Metode Mamdani dan Sugeno*. Jurnal Ilmiah. Teknik Elektro, Universitas Tidar.
- Nurba Hardy Purnama, Erwin Susanto, Agung Surya Wibowo. 2015. *Desain dan Implementasi Kendali PID Adaptif pada Kecepatan Motor DC*. e-Proceeding of Engineering : Vol.2 No.2 ISSN: 2355-9365. Teknik Elektro Universitas Telkom.
- Rosalina., Ibnu Qosim. Mohammad Mujirudin. 2017. *Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC menggunakan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)*. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Vol. 2. ISSN No. 2502-8782.