

**PERANCANGAN PROTOTYPE AUTOMATED GUIDED VEHICLE PADA
PROSES PARKIR OTOMATIS**
*DESIGN OF AUTOMATED GUIDED VEHICLE PROTOTYPE FOR AUTOMATIC
PARKING PROCESS*

Denis Imran Zawawi¹, Angga Rusdinar², Cahyantari Ekaputri³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

denisimran@student.telkomuniversity.ac.id, anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,

cahyantarie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada zaman sekarang ini perkembangan teknologi dalam bidang robot sudah semakin pesat. Salah satu jenis robot yang mulai banyak dikembangkan adalah *Automated Guided Vehicle (AGV)*. *Automated Guided Vehicle (AGV)* adalah salah satu *mobile robot* yang berfungsi membawa suatu benda kesuatu tempat secara berkala. Namun dalam penerapannya robot AGV tersebut belum banyak digunakan pada sistem parkir kendaraan, karena belum banyaknya pihak yang mengembangkan robot yang mampu mengantar kendaraan pada tempat-tempat parkir. Pada penelitian kali ini penulis merancang sebuah sistem *Automated Guided Vehicle (AGV)* pada proses parkir otomatis yang dapat dilakukan dengan cara memberikan *input* melalui *tapping* kartu RFID. Pada kondisi awal tempat parkir sudah diberikan jalur atau garis untuk robot melakukan *line tracking*, kemudian robot dapat mengangkat kendaraan untuk diantarkan kepada posisi yang telah ditentukan sesuai dengan jalur yang sudah dibuat pada database RFID. Kemudian *Automated Guided Vehicle (AGV)* akan kembali lagi ke posisi awal untuk mengantarkan kendaraan selanjutnya. Sistem dapat bekerja berdasarkan dengan input tujuan yang tersimpan pada database RFID.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai ADC sensor *proximity* yang digunakan sebagai *threshold* yaitu 400 yang memiliki tingkat akurasi pada pembacaan pola garis lurus belok kiri, belok kanan terhadap *threshold* garis sebesar 98%. Dan beban maksimal yang mampu dibawa oleh sistem mekanik penampang prototipe AGV yaitu 1,5 kg.

istilah Kunci : *Automated Guided Vehicle (AGV)*, Sensor Proximity, Mekanik Pengangkat Beban.

Abstract

In this day the development of technology in the field of robots has increased rapidly. One type of robot that has been developed is Automated Guided Vehicle (AGV). Automated Guided Vehicle (AGV) is a mobile robot that functions to carry an object somewhere regularly. However, in its application, the AGV robot has not been widely used in vehicle parking systems, because there are not many parties who have developed robots that can deliver vehicles in parking lots. In this study the authors designed an Automated Guided Vehicle (AGV) system in the automatic parking process that can be done by providing input through RFID card tapping. In the initial conditions of the parking lot has been given a path or line for the robot to do line tracking, then the robot can lift the vehicle to be delivered to a predetermined position in accordance with the path that has been made on the RFID database. Then the Automated Guided Vehicle (AGV) will return to the starting position to deliver the next vehicle. The system can work based on destination inputs stored on an RFID database.

From the results of tests that have been done, it can be concluded that the value of the ADC proximity sensor used as a threshold is 400 which has an accuracy level on the reading of a straight line pattern turning left, turning right towards the line threshold of 98%. And the maximum load that can be carried by the mechanical system section of the prototype AGV is 1.5 kg.

Keywords: *Automated Guided Vehicle (AGV)*, Proximity Sensor, Load Lifting Mechanics.

1. Pendahuluan

Penggunaan teknologi automasi pada zaman *modern* seperti saat ini sudah sangat banyak digunakan diberbagai bidang contohnya pada dunia industri, perkantoran, dan di beberapa tempat umum sudah menerapkan teknologi automasi. Penggunaan teknologi automasi pada zaman *modern* bertujuan untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaan. Teknologi yang dibutuhkan tidak lagi sekedar alat yang masih dikendalikan penuh oleh manusia, tetapi alat yang sudah memiliki kecerdasan dan sistem tersendiri. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan efisiensi waktu dalam pekerjaan[1]. Namun dalam penerapannya teknologi automasi tersebut belum banyak digunakan pada sistem parkir kendaraan, karena belum banyaknya pihak yang mengembangkan robot yang mampu mengantar kendaraan pada tempat-tempat parkir.

Dalam melakukan proses parkir terdapat beberapa metode yang bisa digunakan diantaranya dengan cara manual yaitu memarkirkan kendaraan dengan bantuan manusia, berikutnya dengan metode otomatis yaitu dengan menggunakan robot. *Automated Guided Vehicle* (AGV) merupakan salah satu jenis robot yang sering digunakan pada industri sebagai *material handling* untuk sistem penyimpanan dan pengambilan barang otomatis. *Automated Guided Vehicle* (AGV) juga dapat diterapkan pada proses parkir otomatis untuk mengantarkan kendaraan ke tempat parkir. Penggunaan *Automated Guided Vehicle* (AGV) dapat meningkatkan efisiensi waktu ketika kita parkir.

Pada penelitian kali ini penulis merancang sebuah sistem *Automated Guided Vehicle* (AGV) pada proses parkir otomatis yang dapat dilakukan dengan cara memberikan *input tapping* kartu RFID. Pada kondisi awal tempat parkir sudah diberikan jalur atau garis untuk robot melakukan *line tracking*, kemudian robot dapat mengangkat kendaraan untuk diantarkan kepada posisi yang telah ditentukan sesuai dengan jalur yang sudah dibuat pada database RFID. Kemudian *Automated Guided Vehicle* (AGV) akan kembali lagi ke posisi awal untuk mengantarkan kendaraan selanjutnya. Sistem dapat bekerja berdasarkan dengan ID yang telah didaftarkan sebelumnya. Dengan terealisasinya alat ini diharapkan dapat mengembangkan kemajuan teknologi pada sistem parkir yang pada umumnya dilakukan dengan cara manual tetapi bisa juga dilakukan secara otomatis sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Automated Guided Vehicle

Automated guided vehicle (AGV) adalah robot yang bergerak mengikuti jalur baik itu menggunakan sensor *proximity*, laser, atau medan magnet. AGV merupakan salah satu *mobile robot* jenis *self running* yang biasa difungsikan untuk mengirimkan barang dari satu tempat ke tempat lain secara berkala dengan menggunakan sistem navigasi. Seiring dengan perkembangan zaman AGV tidak hanya digunakan di industri manufaktur tetapi mulai banyak digunakan sebagai robot pemandu kendaraan otomatis. Dalam sistem manufaktur otomatis atau semi-otomatis, *controller* AGV merupakan bagian integral dari sistem kontrol. Sistem kontrol bertanggung jawab untuk routing produk melalui pengolahan individu stasiun dan berinteraksi dengan peralatan dan operator mempengaruhi atas produksi[2].

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal *input* mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal *output* ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang didalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

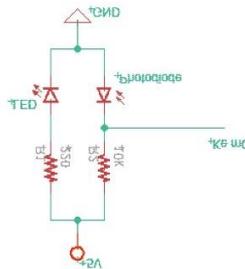
Arduino Mega 2560 adalah sebuah mikrokontroler berbasis Atmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 *input/output* dengan 15 pin diantaranya yang dapat digunakan untuk *Pulse Width Modulation* (PWM), 16 *analog output*, 4 UART, 16 Mhz *crystal oscillator*, sebuah USB *connection*, sebuah *power jack*, ICSP *header*, dan tombol *reset*.

2.3 Sensor Proximity

Pada dasarnya, sensor garis merupakan sensor warna yang dibuat sedemikian rupa sehingga memiliki kemampuan untuk membaca garis dengan prinsip pemantulan cahaya. Sensor garis dapat dibuat dengan beberapa cara. Cara yang dilakukan untuk membuat sensor garis adalah dengan menggunakan beberapa komponen elektronika, seperti LED (*Light Emitting Diode*), photodiode, LDR (*Light Depend Resistor*), komparator atau IC sensor warna. Sensor warna merupakan aplikasi dari teori gelombang cahaya. Pada gelombang cahaya, kita mengenal adanya spektrum cahaya. Dalam spektrum cahaya tersebut, terdapat beberapa warna dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan warna tertentu, frekuensi cahaya ini kemudian diolah menjadi sebuah energi yang digunakan oleh semikonduktor untuk dapat mengalirkan listrik. Dengan frekuensi yang cukup, semikonduktor dapat memiliki cukup energi untuk mengalirkan arus listrik sehingga semikonduktor dapat menjalankan sistem[3].

Terdapat beberapa sensor warna, yaitu photodiode, LED, dan mikrokontroler dengan ADC. Photodiode mengubah spektrum cahaya menjadi frekuensi. LED dan LDR merupakan komponen yang menangkap

spektrum cahaya sehingga dapat digunakan sebagai sensor cahaya. Pada mikrokontroler, mikrokontroler diprogram untuk mendeteksi cahaya sehingga dapat dijadikan sensor cahaya. Rangkaian sensor proximity yang digunakan dapat dilihat pada gambar II-1.



Gambar Error! No text of specified style in document.-1 Rangkaian Sensor Proximity

2.4 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di hadapannya, frekuensi kerjanya pada daerah diatas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Pada sensor ini gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah benda yang disebut piezoelektrik. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Sensor ultrasonik secara umum digunakan untuk suatu pengungkapan tak sentuh yang beragam seperti aplikasi pengukuran jarak. Alat ini secara umum memancarkan gelombang suara ultrasonik menuju suatu target yang memantulkan balik gelombang kearah sensor. Kemudian sistem mengukur waktu yang diperlukan untuk pemancaran gelombang sampai kembali ke sensor dan menghitung jarak target dengan menggunakan kecepatan suara dalam medium. Rangkaian penyusun sensor ultrasonik ini terdiri dari transmitter, receiver, dan komparator[4]. Prinsip kerja dari sensor ultrasonik adalah sebagai berikut :

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz, biasanya yang digunakan untuk mengukur jarak benda adalah 40kHz. Sinyal tersebut dibangkitkan oleh rangkaian pemancar ultrasonik.
- Sinyal yang dipancarkan tersebut kemudian akan merambat sebagai sinyal atau gelombang bunyi dengan kecepatan bunyi yang berkisar 340 m/s. Sinyal tersebut kemudian akan dipantulkan dan akan diterima kembali oleh bagian penerima ultrasonik.
- Setelah sinyal tersebut sampai di penerima ultrasonik, kemudian sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jaraknya. Jarak dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$s = v \cdot t / 2$$

dimana s adalah jarak dalam satuan meter, v adalah kecepatan gelombang suara yaitu 344 m/detik dan t adalah waktu tempuh dalam satuan detik. Ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan.

2.5 Driver Motor L298N

Driver motor L298N adalah komponen elektronik yang dipergunakan untuk mengontrol arah putaran motor DC. Satu buah L298N bisa dipergunakan untuk mengontrol dua buah motor DC. Selain bisa dipergunakan untuk mengontrol arah putaran motor DC, L298N ini pun bisa dipergunakan sebagai driver motor Stepper bipolar. IC driver L298N memiliki kemampuan menggerakkan motor DC sampai arus 2A dan tegangan maksimum 40 volt DC untuk satu kanalnya. Pin enable A dan B untuk mengendalikan jalan atau kecepatan motor, pin input 1 sampai 4 digunakan untuk mengendalikan arah putaran. Pin i pada IC L298N 13 dihubungkan ke motor DC yang sebelumnya melalui dioda yang disusun secara H-bridge. Pengaturan kecepatan motor menggunakan teknik PWM (*pulse width modulation*) yang dimasukan dari mikrokontroler melalui pin enable. PWM untuk kecepatan rotasi *high* yang bervariasi[5].

2.6 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut:

- Kutub medan. Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan

yaitu kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

- B. Dinamo. Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dynamo.
- C. Kommutator. Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. Kommutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Cara kerja motor DC yaitu jika arus lewat pada suatu konduktor, maka timbul medan magnet di sekitar konduktor. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.

Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Gambar diatas menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U. Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.

Lingkar bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam[6].

Hubungan antara kecepatan, flux medan dan tegangan dinamo ditunjukkan dalam persamaan berikut:

Gaya elektromagnetik: $E = K\Phi N$

Torsi: $T = K\Phi I_a$

Dimana:

E = Gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal dinamo (volt)

Φ = Flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

N = Kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

T = Torsi elektromagnetik

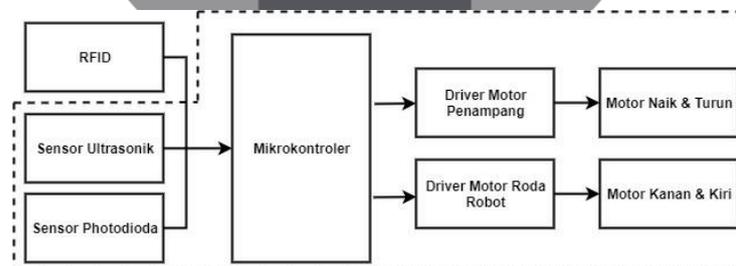
I_a = Arus dinamo

K = Konstanta persamaan

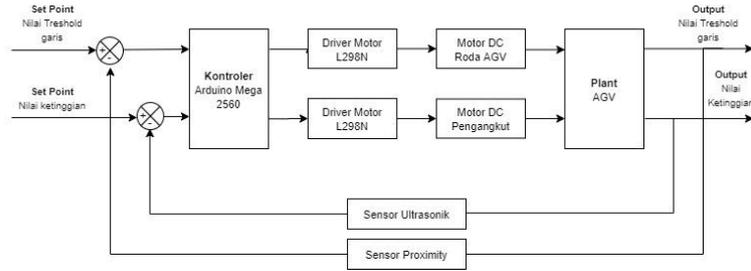
3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

Diagram blok sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar III-1.

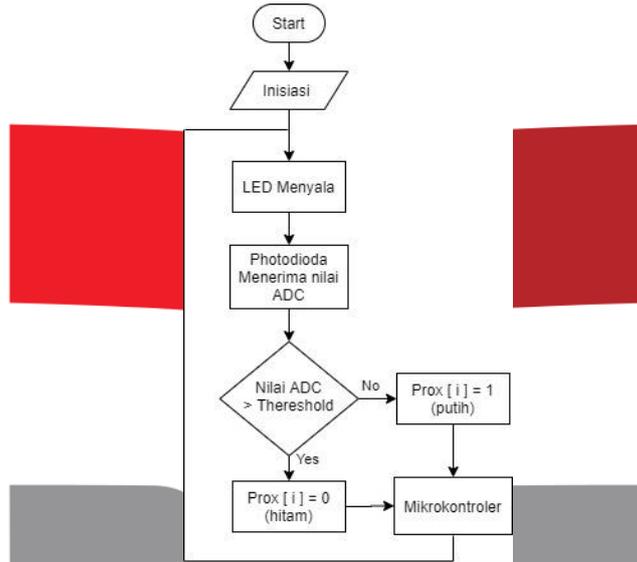


Gambar Error! No text of specified style in document.-1 Perancangan sistem keseluruhan

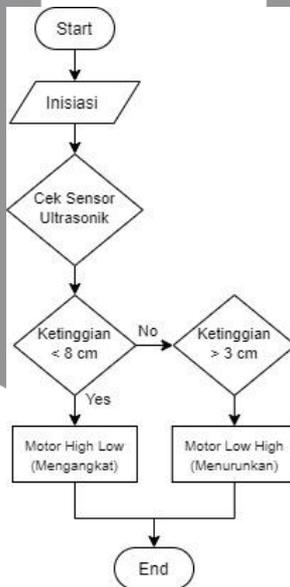


Gambar Error! No text of specified style in document.-2 Diagram Blok Sistem

3.2 Diagram Alir



Gambar Error! No text of specified style in document.-3 Flowchart Pembacaan Garis



Gambar Error! No text of specified style in document.-2 Flowchart Sistem Pengangkat Beban

4. Hasil Pengujian dan Analisa

4.1 Pengujian Kalibrasi Sensor Proximity

Tujuan Pengujian kalibrasi sensor *proximity* dilakukan untuk mengetahui nilai intensitas cahaya terhadap lintasan, untuk bisa menetapkan nilai *threshold* yang akan digunakan.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**-1 Hasil Pembacaan Nilai Sensor *Proximity* Terhadap Lintasan

| No | Sensor | Nilai Pembacaan Sensor | |
|-----------|----------|------------------------|--------|
| | | Putih | Hitam |
| 1 | Sensor 1 | 75 | 791 |
| 2 | Sensor 2 | 76 | 765 |
| 3 | Sensor 3 | 65 | 795 |
| 4 | Sensor 4 | 65 | 842 |
| 5 | Sensor 5 | 67 | 822 |
| 6 | Sensor 6 | 61 | 744 |
| 7 | Sensor 7 | 72 | 761 |
| 8 | Sensor 8 | 72 | 786 |
| Rata-rata | | 69,125 | 788,25 |

Berdasarkan tabel IV-1 dapat dilihat bahwa rata-rata pembacaan sensor pada bidang hitam adalah 788,25 dan rata-rata pembacaan sensor pada bidang putih adalah 69,125 sehingga nilai *threshold* yang akan ditetapkan adalah 400 dan sensor sudah dapat membaca bidang berwarna hitam dan putih.

4.2 Pengujian Kalibrasi Sensor Ultrasonik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi pada sensor ultrasonik dan menentukan parameter pembacaan ketinggian pada mekanik penampang dengan cara membandingkan hasil pembacaan jarak yang dilihat pada *software* Arduino IDE dengan penggaris 30cm.

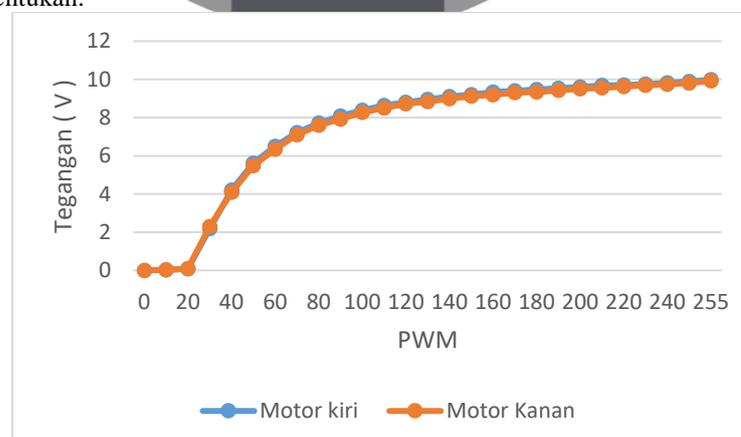
Tabel **Error! No text of specified style in document.**-2 Hasil Pembacaan Ultrasonik Terhadap Benda padat

| Percobaan | Sensor (cm) | Jarak Sebenarnya(cm) | Error (cm) |
|-----------|-------------|----------------------|------------|
| 1 | 3,37 | 3 | 0,37 |
| 2 | 4,05 | 4 | 0,05 |
| 3 | 5,1 | 5 | 0,1 |
| 4 | 6,06 | 6 | 0,06 |
| 5 | 6,95 | 7 | 0,05 |
| 6 | 8,1 | 8 | 0,1 |
| 7 | 9,04 | 9 | 0,04 |
| 8 | 9,95 | 10 | 0,05 |
| Rata-rata | | | 0,1025 |

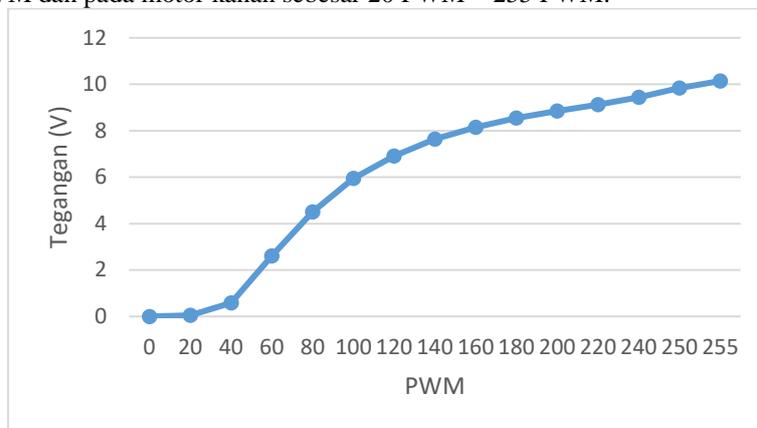
Dari tabel IV-2 dapat dilihat bahwa rata-rata pembacaan *error* nilai sensor ultrasonik terhadap benda adalah 0,1025% sehingga memiliki tingkat akurasi sebesar 99,8975%.

4.3 Pengujian Driver Motor

Pengujian driver motor bertujuan untuk mengetahui besar tegangan yang dikeluarkan driver motor pada nilai PWM yang sudah ditentukan.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**-1 Grafik Perbandingan Nilai PWM dan Tegangan Keluaran Driver Motor Roda Penggerak
 Berdasarkan gambar IV-1. dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan, maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan. Terdapat PWM minimum agar motor dapat bergerak pada motor kiri sebesar 20 PWM - 255 PWM dan pada motor kanan sebesar 20 PWM – 255 PWM.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**-2 Grafik Perbandingan Nilai PWM dan Tegangan Keluaran Driver Motor Motor Penampang
 Berdasarkan gambar IV-2. dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan, maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan. Terdapat PWM minimum agar motor dapat bergerak pada motor sebesar 40 PWM – 255.

4.4 Pengujian Line Follower

Pengujian *line follower* dilakukan untuk mengetahui nilai ADC sensor *proximity* terhadap lintasan, untuk bisa menentukan kondisi pada pergerakan robot ketika mengikuti garis lurus, belok kiri, belok kanan, dan berputar.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**-3 Nilai ADC Sensor Pada Kondisi Lurus

| Pengujian | Sensor | | | | | | | |
|-----------|--------|----|----|-----|-----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |
| 2 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 85 | 63 |
| 3 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |
| 4 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |
| 5 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |
| 6 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |
| 7 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |
| 8 | 89 | 89 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |
| 9 | 89 | 88 | 85 | 616 | 639 | 77 | 85 | 63 |
| 10 | 89 | 89 | 85 | 616 | 639 | 77 | 86 | 63 |

Berdasarkan hasil dari pengujian kalibrasi sensor *proximity*, nilai *threshold* yang ditetapkan adalah 400. Maka hasil dari 10 data sampel pada Tabel IV-3 dapat dilihat bahwa ketika nilai ADC sensor 1, 2, 3, 6, 7, 8 kurang dari 400 maka sensor akan membaca putih, dan ketika nilai ADC sensor 4 dan 5 lebih dari 400 maka sensor akan membaca hitam. Berdasarkan nilai ADC yang didapat dari pembacaan garis tersebut maka perintah yang ditetapkan adalah lurus. Dapat disimpulkan bahwa sensor berhasil membaca pola garis lurus, dan robot berhasil bergerak lurus.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**-4 Nilai ADC Sensor Pada Kondisi Belok Kiri

| Pengujian | Sensor | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 553 | 756 | 818 | 801 | 682 | 75 | 83 | 64 |
| 2 | 553 | 756 | 818 | 802 | 683 | 75 | 83 | 64 |
| 3 | 553 | 756 | 819 | 801 | 683 | 75 | 83 | 64 |
| 4 | 553 | 756 | 819 | 802 | 682 | 75 | 83 | 64 |

| | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| 5 | 554 | 756 | 819 | 802 | 683 | 75 | 83 | 64 |
| 6 | 553 | 756 | 818 | 802 | 683 | 75 | 83 | 64 |
| 7 | 554 | 756 | 819 | 802 | 683 | 75 | 83 | 64 |
| 8 | 554 | 756 | 819 | 802 | 683 | 75 | 83 | 64 |
| 9 | 553 | 757 | 818 | 801 | 682 | 75 | 83 | 64 |
| 10 | 554 | 756 | 819 | 802 | 683 | 75 | 83 | 64 |

Berdasarkan hasil dari pengujian kalibrasi sensor *proximity*, nilai *threshold* yang ditetapkan adalah 400. Maka hasil dari 10 data sampel pada Tabel IV-4 dapat dilihat bahwa ketika nilai ADC sensor 1, 2, 3, 4, 5 lebih dari 400 maka sensor akan membaca hitam, dan ketika nilai ADC sensor 6, 7, 8 kurang dari 400 maka sensor akan membaca putih. Berdasarkan nilai ADC yang didapat dari pembacaan garis tersebut maka perintah yang ditetapkan adalah belok kiri. Dapat disimpulkan bahwa sensor berhasil membaca pola garis belok kiri, dan robot berhasil bergerak belok kiri.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**-5 Nilai ADC Sensor Pada Kondisi Belok Kanan

| Pengujian | Sensor | | | | | | | |
|-----------|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |
| 2 | 96 | 97 | 89 | 588 | 790 | 728 | 707 | 695 |
| 3 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |
| 4 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |
| 5 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |
| 6 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |
| 7 | 96 | 97 | 89 | 588 | 790 | 727 | 708 | 695 |
| 8 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |
| 9 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |
| 10 | 96 | 97 | 89 | 588 | 789 | 727 | 707 | 695 |

Berdasarkan hasil dari pengujian kalibrasi sensor *proximity*, nilai *threshold* yang ditetapkan adalah 400. Maka hasil dari 10 data sampel pada Tabel IV-5 dapat dilihat bahwa ketika nilai ADC sensor 1, 2, 3 kurang dari 400 maka sensor akan membaca putih, dan ketika nilai ADC sensor 4, 5, 6, 7, 8 lebih dari 400 maka sensor akan membaca hitam. Berdasarkan nilai ADC yang didapat dari pembacaan garis tersebut maka perintah yang ditetapkan adalah belok kanan. Dapat disimpulkan bahwa sensor berhasil membaca pola garis belok kanan, dan robot berhasil bergerak belok kanan.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**-6 Nilai ADC Sensor Pada Kondisi Berputar

| Pengujian | Sensor | | | | | | | |
|-----------|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 89 | 67 |
| 2 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 89 | 67 |
| 3 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 89 | 66 |
| 4 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 78 | 89 | 67 |
| 5 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 89 | 66 |
| 6 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 78 | 89 | 67 |
| 7 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 90 | 67 |
| 8 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 89 | 66 |
| 9 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 89 | 67 |
| 10 | 89 | 89 | 77 | 76 | 78 | 77 | 90 | 66 |

Berdasarkan hasil dari pengujian kalibrasi sensor *proximity*, nilai *threshold* yang ditetapkan adalah 400. Maka hasil dari 10 data sampel pada Tabel IV-6 dapat dilihat bahwa ketika nilai ADC sensor 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 kurang dari 400 maka sensor akan membaca putih. Berdasarkan nilai ADC yang didapat dari pembacaan tersebut maka perintah yang ditetapkan adalah berputar. Dapat disimpulkan bahwa semua sensor berhasil membaca putih, dan robot berhasil bergerak berputar.

4.5 Pengujian Pengangkatan dan Penurunan Benda

Pengujian pengangkatan dan penurunan benda bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan mekanik penampang ketika menaikkan dan menurunkan beban hingga berat maksimal.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**-7 Keberhasilan Pengangkatan Beban Terhadap Nilai PWM

| Percobaan | Beban 1 kg | | Beban 1,5 kg | |
|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | PWM | Keberhasilan | PWM | Keberhasilan |
| 1 | 100 | Gagal | 100 | Gagal |
| 2 | 120 | Gagal | 120 | Gagal |
| 3 | 140 | Gagal | 140 | Gagal |
| 4 | 160 | Gagal | 160 | Gagal |
| 5 | 180 | Gagal | 180 | Gagal |
| 6 | 200 | Berhasil | 200 | Gagal |
| 7 | 220 | Berhasil | 220 | Gagal |
| 8 | 240 | Berhasil | 240 | Berhasil |
| 9 | 250 | Berhasil | 250 | Berhasil |
| 10 | 255 | Berhasil | 255 | Berhasil |

Dari 10 data sampel pada Tabel IV-7 dapat dilihat bahwa tingkat keberhasilan pengangkatan beban 1 kg terjadi ketika diberi nilai PWM mulai dari 200. Sedangkan tingkat keberhasilan pengangkatan beban 1,5 kg terjadi ketika diberi nilai PWM mulai dari 240. Dari data tersebut dapat disimpulkan nilai tersebut yang akan menjadi acuan untuk digunakan pada sistem pengangkatan beban pada AGV.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**-8 Keberhasilan Penurunan Beban Terhadap Nilai PWM

| Percobaan | Beban 1 kg | | Beban 1,5 kg | |
|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | PWM | Keberhasilan | PWM | Keberhasilan |
| 1 | 100 | Gagal | 100 | Gagal |
| 2 | 120 | Gagal | 120 | Gagal |
| 3 | 140 | Gagal | 140 | Gagal |
| 4 | 160 | Berhasil | 160 | Gagal |
| 5 | 180 | Berhasil | 180 | Gagal |
| 6 | 200 | Berhasil | 200 | Gagal |
| 7 | 220 | Berhasil | 220 | Gagal |
| 8 | 240 | Berhasil | 240 | Berhasil |
| 9 | 250 | Berhasil | 250 | Berhasil |
| 10 | 255 | Berhasil | 255 | Berhasil |

Dari 10 data sampel pada Tabel IV-8 dapat dilihat bahwa tingkat keberhasilan penurunan beban 1 kg terjadi ketika diberi nilai PWM mulai dari 160. Sedangkan tingkat keberhasilan penurunan beban 1,5 kg terjadi ketika diberi nilai PWM mulai dari 240. Dari data tersebut dapat disimpulkan nilai tersebut yang akan menjadi acuan untuk digunakan pada sistem penurunan beban pada AGV.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan hasil pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, penulis mendapat kesimpulan dari Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Rangkaian sensor *proximity* yang dibuat memiliki nilai rata-rata pembacaan sensor pada bidang hitam adalah 788,25 dan rata-rata pembacaan sensor pada bidang putih adalah 69,125. Dari hasil tersebut nilai *threshold* yang akan diberikan sebesar 400 dan sensor sudah dapat membedakan bidang berwarna hitam dan putih, sehingga robot dapat berjalan mengikuti tujuan.
2. Rangkaian sensor *proximity* dapat membaca pola garis lurus ketika nilai ADC sensor 1, 2, 3, 6, 7, 8 kurang dari 400 (nilai *threshold*) maka sensor akan membaca putih, dan ketika nilai ADC sensor 4 dan 5 lebih dari 400 maka sensor akan membaca hitam.

3. Rangkaian sensor *proximity* dapat membaca pola garis belok kiri ketika nilai ADC sensor 1, 2, 3, 4, 5 lebih dari 400 (nilai *threshold*) maka sensor akan membaca hitam, dan ketika nilai ADC sensor 6, 7, 8 kurang dari 400 maka sensor akan membaca putih. Dan dapat membaca pola garis belok kanan ketika nilai ADC sensor 1, 2, 3 kurang dari 400 maka sensor akan membaca putih, dan ketika nilai ADC sens 4, 5, 6, 7, 8 lebih dari 400 maka sensor akan membaca hitam.
4. Robot dapat mengangkat dan menurunkan beban dengan berat maksimal 1,5 kg ketika diberi nilai PWM mulai dari 240.

5.2 Saran

Sebagai saran pengembangan selanjutnya yang dapat dilakukan untuk melanjutkan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk kedepannya pembuatan bentuk rangkaian sensor *proximity* dan jumlah sensor yang digunakan harus lebih diperhitungkan lagi agar robot dapat melakukan pembacaan untuk kondisi mundur seperti kondisi *real*.
2. Untuk mengoptimalkan beban yang dapat diangkat dan dibawa penggunaan motor dengan torsi yang lebih besar harus diperhitungkan sesuai dengan beban yang akan dibawa.

Daftar Pustaka

- [1] Jayanti, Nadia Tri. TA "Perancangan Sistem Pengontrolan Pergerakan *Automated Guided Vehicle* (AGV) Untuk Menarik Trolis Menggunakan Sensor Lidar." Universitas Telkom, 2017.
- [2] Khoirul, Mochammad. TA "Sistem Parkir Robot Otomatis Menggunakan AGV." Diss. Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, 2016.
- [3] Ikhwannul Kholis, "Aplikasi LED dan Photodiode Sebagai Sensor Garis Pada Robot Line Follower", Available: <https://ikkkholis27.wordpress.com/2012/05/10/aplikasi-led-dan-photodiode-sebagai-sensor-garis-pada-robot-line-follower/>. [Diakses 31 Januari 2020]
- [4] Limantara, Arthur Daniel, Yosef Cahyo Setianto Purnomo, and Sri Wiwoho Mudjanarko. "Pemodelan Sistem Pelacakan LOT Parkir Kosong Berbasis Sensor Ultrasonic Dan Internet Of Things (IOT) Pada Lahan Parkir Diluar Jalan." *Prosiding Semnastek*, 2017.
- [5] Adriansyah, Andi, and Oka Hidayatama. "Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino Atmega 328p." *Jurnal Teknologi Elektro* 4.3, 2013.
- [6] Elektronika Dasar, "Prinsip Kerja Motor DC", Available: <http://elektronika-dasar.web.id/prinsip-kerja-motor-dc/>. [Diakses 31 Januari 2020]