

PEMANTAUAN POSISI DAN KAPASITAS DAYA BATERAI PADA AUTOMATED GUIDED VEHICLE MENGGUNAKAN ENCODER DAN VOLTAGE SENSOR

MONITORING POSITION AND BATTERY CAPACITY ON AUTOMATED GUIDED VEHICLE USING ENCODER AND VOLTAGE SENSOR

Rizal Haffian Syamsudin¹, Angga Rusdinar², Azam Zamhuri fuadi³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹rizalhaffians@student.telkomuniversity.ac.id, ²anggarusdinar@telkomuniversity.co.id,

³azamzamhurifuadi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

AGV (Automated Guided Vehicle) adalah kendaraan yang dipandu secara otomatis dengan teknologi komputer atau kendaraan yang dapat diprogram layaknya robot serba guna yang dipandu jalannya dengan jalur yang terdapat di lantai berguna untuk membawa dan memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lainnya. Selama AGV berjalan, ada kemungkinan AGV tersebut untuk rusak dan kehabisan baterai. Maka dari itu dibutuhkan sebuah perangkat lunak yang dapat memantau posisi dan kapasitas baterai AGV tersebut. Pada tugas akhir ini penulis akan merancang sebuah sistem pemantauan posisi dan kapasitas daya baterai pada AGV. Pemantauan posisi menggunakan algoritma differential steering dan Kinematics untuk mendapatkan titik koordinat x dan y. Untuk mendapatkan nilai kapasitas daya baterai penulis membandingkan nilai tegangan baterai pada saat penuh dan nilai tegangan baterai pada saat kosong. Setelah mendapatkan data posisi dan kapasitas daya baterai lalu dikirim dan ditampilkan pada software. Hasil dari tugas akhir ini adalah mendapatkan hasil dari pengujian yaitu dapat membaca posisi AGV dengan jarak kurang lebih 90% sesuai dengan jarak aslinya dan dapat membaca tegangan pada baterai kurang lebih 90% sesuai dengan pembacaan tegangan pada multimeter.

Kata kunci : Automated Guided Vehicle, Position Tracking, Differential Steering, Kinematic

Abstract

AGV (Automated Guided Vehicle) is a vehicle that is guided automatically with computer technology or a vehicle that can be programmed like a multi-purpose robot that is guided along the path on the floor useful for carrying and moving goods from one place to another. As long as the AGV is running, there is a possibility that the AGV will be damaged and run out of battery. Therefore we need a software that can monitor the position and capacity of the AGV battery. In this final project the author will design a monitoring system for the position and battery capacity of the AGV. Position monitoring uses differential steering and Kinematics algorithms to get the x and y coordinates. To get the value of the battery power capacity, the authors compare the value of the battery voltage when it is full and the battery voltage value when it is empty. After getting the position data and battery capacity and then sent and displayed on the software. The result of this final project is to get the results of the test that is able to read the position of the AGV with a distance of approximately 90% according to the original distance and can read the voltage on the battery approximately 90% according to the voltage reading on the multimeter.

Keywords: Automated Guided Vehicle, Position Tracking, Differential Steering, Kinematic

1. Pendahuluan

AGV (Automated Guided Vehicle) adalah kendaraan yang dipandu secara otomatis dengan teknologi komputer atau kendaraan yang dapat diprogram layaknya robot serba guna yang dipandu jalannya dengan jalur (track) [2]. Di dunia industri sendiri sudah banyak digunakan di banyak perusahaan seperti perusahaan pembuatan mobil, motor, dll. Sampai saat ini perkembangan Automated Guided Vehicle sudah semakin canggih. Semakin canggih alat belum tentu terhindar dari sebuah kerusakan. Dan kemungkinan terburuk yaitu dapat membahayakan orang yang ada di sekitar alat tersebut. Maka dari itu dibutuhkan perangkat lunak monitoring yang dapat memantau AGV tersebut.

Monitoring adalah sebuah metode pemantauan dan pengumpulan data dari alat yang menghasilkan sebuah nilai. Dari nilai yang telah didapat maka kita dapat mengetahui semua yang terjadi pada AGV termasuk posisi dan kapasitas baterai yang ada di AGV. Metode tersebut dapat dibuat dalam bentuk aplikasi yang menampilkan posisi dan kapasitas baterai dengan jelas dan mudah digunakan yang dapat memantau komponen didalamnya seperti persentase kapasitas baterai yang tersisa, posisi dan arah AGV.

2. Dasar Teori

2.1. Automated Guided Vehicle

Automatic Guided Vehicle (AGV) adalah sebuah mobile robot yang mengikuti petunjuk atau garis yang diberikan di lantai atau menggunakan laser atau dapat pula berupa logam bermedan magnet untuk bergerak ke arah tertentu. Untuk membantu gerak AGV dapat digunakan jenis steer control system, dimana bentuk steer control system dapat berupa roda maupun kaki.

2.2. Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu dari berbagai macam Arduino yang tersedia di pasaran sekarang. Bentuknya yang kompak membuat mikrokontroler ini bisa diletakkan di tempat yang kecil. Ukurannya yang kecil membuat arduino ini irit daya. Meskipun kompak, Arduino Nano memiliki IC yang sama seperti arduino yang ukurannya lebih besar yaitu ATMEGA328P.

2.3. ESP32

ESP32 adalah sebuah low-cost System on Chip (SoC) Microcontroller dari Espressif Systems, pengembang yang dalam membuat ESP8266 SoC. Mikrokontroler ini adalah penerus dari ESP8266 dan datang dalam dua varian Tensilica 32-bit Xtensa LX6 Microprocessor, yaitu single-core dan dual-core. Mikroprosesor ini terintegrasi dengan Wi-Fi dan Bluetooth. ESP32 terintegrasi komponen Radio Frequency seperti power amplifier, low-noise receive amplifier, antenna switch, filter dan RF Balun.

2.4. Sensor Tegangan 25V

Sensor tegangan 25V adalah sebuah modul yang bisa digunakan di berbagai macam mikrokontroler yang memiliki keluaran sinyal analog bertegangan maksimum 5V. Sensor ini dapat membaca tegangan maksimum 25V. Sensor tegangan 25V memiliki total 5 pin, 2 diantaranya digunakan untuk membaca sumber tegangan eksternal. 3 pin sisanya ditandai dengan (S), (+) dan (-). Pin (S) adalah output sinyal analog yang memiliki tegangan maksimum tegangan 5V, pin (+) tidak terkoneksi ke manapun dan pin (-) adalah pin yang harus terkoneksi ke ground.

2.5. Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah sebuah sensor dari perusahaan Allegro MicroSystem yang dapat membaca arus Alternating Current (AC) dan Direct Current (DC). ACS712 memiliki berbagai macam besaran arus yang dapat dibaca yaitu 5A, 20A, dan 30A. ACS712 terdiri dari rangkaian sensor Hall linier offset presisi dan rendah dengan jalur konduksi tembaga yang terletak di dekat permukaan die. ACS712 digunakan dalam berbagai proyek industri dan perangkat listrik komersial yang mencakup catu daya mode sakelar kontrol motor, deteksi beban, dan manajemen dan perlindungan gangguan arus lebih.

2.6. NRF24L01

NRF24L01 adalah transceiver radio chip tunggal yang memiliki pita ISM 2,4 - 2,5 GHz yang terdapat di seluruh dunia. Transceiver ini terdiri dari synthesizer frekuensi yang terintegrasi penuh,

sebuah amplifier daya, osilator kristal, demodulator, modulator, dan Enhanced ShockBurst™ protocol engine. Daya keluaran, saluran frekuensi, dan pengaturan protokol dengan mudah diprogram melalui antarmuka SPI. Komponen ini memiliki konsumsi arus yang sangat rendah yaitu 9.0mA pada daya keluaran -6dBm dan 12,3mA dalam mode RX.

2.7. Rotary Encoder

Rotary encoder adalah jenis sensor posisi yang digunakan untuk menentukan posisi sudut dari poros yang berputar. Komponen ini menghasilkan sinyal listrik, baik analog atau digital, sesuai dengan gerakan rotasi. Ada banyak tipe rotary encoder yang diklasifikasikan oleh Output Signal atau Sensing Technology. Rotary Encoder ini juga dikenal sebagai quadrature encoder atau relative rotary encoder dan keluarannya adalah square wave pulse.

2.8. IR Optocoupler Sensor

IR Optocoupler Sensor adalah sebuah komponen elektronika yang dapat mendeteksi benda ketika cahaya infra merah terhalangi oleh benda. IR Optocoupler Sensor terdiri dari led infrared sebagai pemancar dan fototransistor sebagai penerima cahaya infra merah. Sensor ini biasa digunakan untuk membaca kecepatan sebuah motor DC maupun Roda dan pembaca counter.

2.9. Processing

Processing adalah software pemrograman yang dirancang untuk membuat kodingan yang dapat menampilkan sebuah Graphic User Interface (GUI). Processing secara default menggunakan Bahasa pemrograman JAVA, tetapi bisa ditambahkan seperti Phyton, Javascript, dan R language. Software pemrograman ini biasa digunakan oleh mahasiswa, seniman, desainer, arsitek, dan peneliti untuk belajar, membuat prototipe, dan produksi. Processing dibuat oleh Ben Fry dan Casey Reas pada tahun 2001. Dengan bantuan Dan Shiffman, mereka terus memimpin tim pengembang sukarelawan untuk meningkatkan dan memelihara software ini.

2.10. Differential Steering

Differential Steering adalah jenis kemudi yang biasa digunakan pada robot untuk bermanuver. Jenis kemudi ini sering ditemukan di berbagai peralatan bergerak lainnya, seperti forklift, tank, kursi roda, DLL. Robot yang dikemudikan atau digerakkan secara diferensial terdiri dari dua roda yang digerakkan secara independen di kedua sisi platform yang memakai sumbu rotasi yang sama. Jenis kemudi ini dapat mengubah arah dengan membedakan kecepatan roda penggerak antara roda kiri dan roda kanan. Oleh karena itu tidak memerlukan mekanisme kemudi tambahan.

2.11. Kinematika

Kinematika adalah studi paling dasar tentang bagaimana sistem mekanik berperilaku. Dalam mobile robots, perlu pemahaman perilaku mekanik robot baik untuk merancang mobile robot yang sesuai untuk tugas yang diinginkan dan untuk memahami bagaimana membangun sistem kontrolnya. di bawah ini adalah persamaan kinematika untuk differential drive robot.

$$\Delta tick = tick' - tick$$

$tick'$ = nilai encoder baru

$tick$ = nilai encoder sebelumnya

$\Delta tick$ = selisih nilai encoder

$$D_{(L,R)} = 2\pi R \frac{\Delta tick}{N}$$

$D_{(L,R)}$ = Jarak yang di tempuh roda kiri dan kanan (mm)

D = Jarak yang ditempuh AGV (mm)

$$D = \frac{D_L + D_R}{2}$$

$$\dot{\theta} = \frac{D_L - D_R}{l}$$

$\dot{\theta}$ = Sudut jarak (rad)

l = Jarak antar roda kiri dengan roda kanan AGV (mm)

$$\theta = \theta_0 + \dot{\theta}$$

θ_0 = Besar sudut awal (radian)

θ = Besar sudut (radian)

$$\dot{x} = D \cos \theta$$

$$\dot{y} = D \sin \theta$$

$$x = x_0 + \dot{x}$$

$$y = y_0 + \dot{y}$$

x_0 = nilai sumbu koordinat x mula - mula

$\dot{x}$ = nilai baru sumbu koordinat x

x = sumbu koordinat y

y_0 = awal sumbu koordinat y mula - mula

$\dot{y}$ = nilai baru sumbu koordinat y

y = sumbu koordinat y

2.12. Kapasitas baterai

Baterai merupakan alat yang terdapat 2 sel elektrokimia yang bisa mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Tiap baterai memiliki kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif artinya memiliki energi potensial yang lebih tinggi dibandingkan kutub negatif. Kutub negatif artinya sumber elektron pada saat disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi listrik ke peralatan eksternal. Untuk mengetahui apakah baterai masih penuh atau belum bisa dilihat dari besar tegangan yang ada di baterai. Dari besar tegangan yang dibaca dapat kita ubah menjadi persentase kapasitas baterai dengan rumus dibawah ini.

$$\text{Persentase Kapasitas Baterai} = \frac{(V_{Read} - V_{Min})}{(V_{Max} - V_{Min})} \times 100$$

V_{Read} = Tegangan baterai yang terbaca

V_{Min} = Tegangan minimum baterai

V_{Max} = Tegangan maksimum baterai

Untuk mendapatkan jumlah kapasitas baterai yang terpakai. Menggunakan rumus di bawah ini.

$$Q = i \times t$$

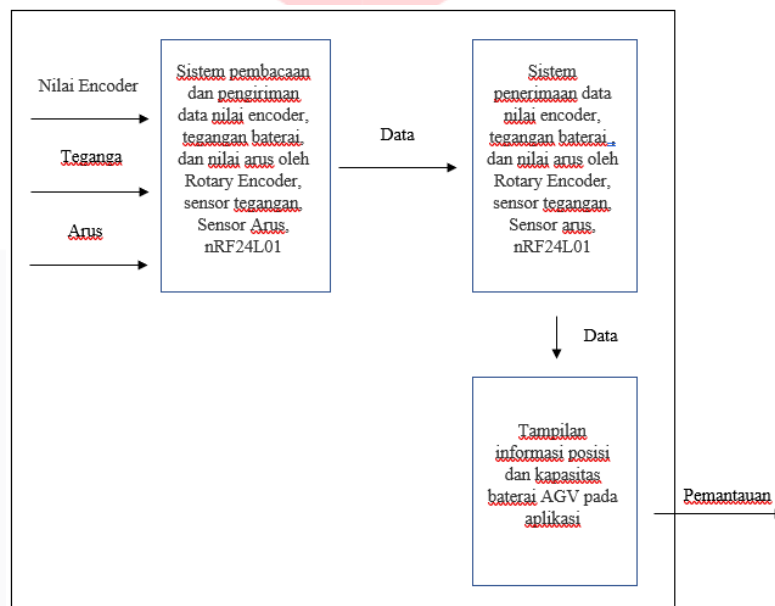
Q = kapasitas baterai

i = arus yang mengalir pada baterai (A)

t = waktu (h)

2.13. Desain konsep

Untuk perancangan sistem monitoring ini perangkat keras yang digunakan yaitu Rotary Encoder, modul komunikasi nRF24L01, mikrokontroler Arduino Nano, mikrokontroler ESP32, sensor tegangan 25V, dan Sensor Arus ACS712. Sistem ini bertujuan untuk memantau posisi AGV saat sedang berjalan dan membaca kapasitas daya baterai yang ada di AGV menggunakan aplikasi yang dibuat oleh software Processing yang berbasis sistem operasi Windows. Untuk Proses dan gambaran secara umum, ditunjukkan dalam bentuk diagram blok pada gambar 2.1. seperti berikut:



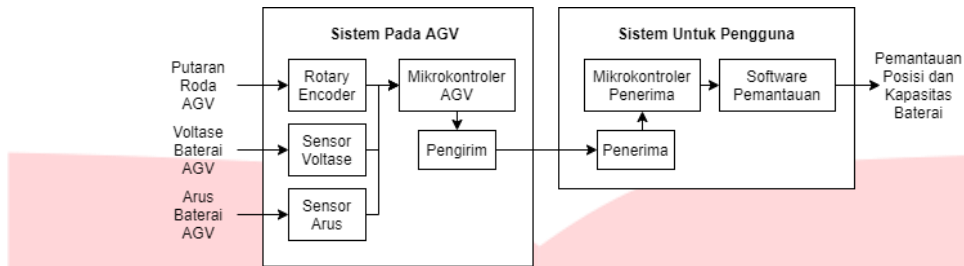
Gambar 2. 1 Desain Konsep

Pada diagram tersebut, rancangan alat ini diawali dengan pembacaan nilai tick yang diambil dari rotary encoder, lalu nilai tersebut diolah untuk menghasilkan nilai X dan Y untuk menentukan posisi. Untuk mendapatkan nilai kapasitas daya baterai, dibutuhkan nilai tegangan dari baterai untuk menentukan persentase baterai dan sensor arus untuk menghitung kapasitas baterai yang terpakai oleh motor DC dan komponen sistem. Setelah semua data terkumpul di mikrokontroler ESP32, data tersebut dikirimkan ke penerima yang menggunakan Arduino Nano menggunakan modul komunikasi nRF24L01. Setelah data masuk ke penerima, data tersebut dikirim melalui serial data dan ditampilkan oleh aplikasi pemantauan yang telah dibuat di software Processing.

3. Perancangan sistem

3.1. Diagram Blok Sistem

Terdapat dua sistem yang akan dirancang untuk tugas akhir yaitu sistem pada AGV dan sistem pada pengguna. Sistem yang akan dibuat diilustrasikan pada diagram berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

Sistem pada AGV didesain untuk memberikan posisi pada saat AGV tersebut melaju dan mengetahui kapasitas daya baterai yang terdapat pada AGV yang selanjutnya data tersebut dikirim dan ditampilkan ke pengguna. Untuk mendapatkan posisi AGV berada dipasang Sensor Encoder pada roda yang terdapat pada AGV untuk membaca nilai encoder dan jarak yang ditempuh. Sensor tegangan yang digunakan untuk membaca kapasitas daya baterai dipasang pada tiap baterai yang terdapat pada AGV.

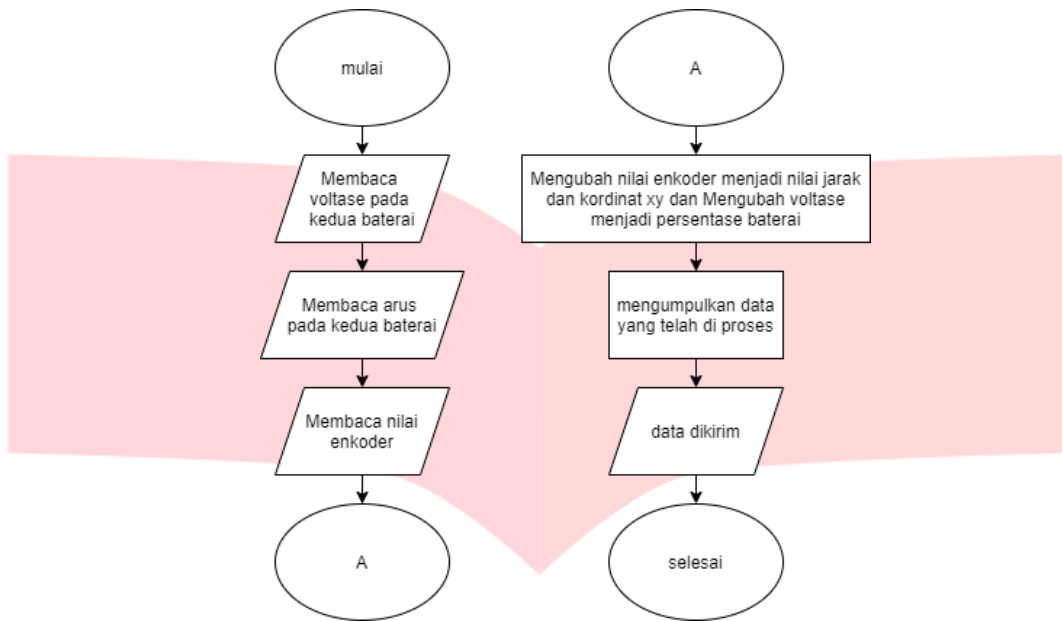
Sensor arus digunakan untuk membaca arus yang mengalir dari baterai ke komponen sistem dan motor DC pada AGV. Data yang telah dibaca, diolah, dan dikumpulkan di mikrokontroler lalu dikirim ke penerima yang terkoneksi ke komputer. Setelah diterima, data tersebut ditampilkan di software dan display yang telah dibuat yang terdiri dari koordinat posisi, jarak, kapasitas baterai, dan tegangan baterai.

3.2. Fitur dan Fungsi

Pada sistem yang penulis buat, terdapat berbagai macam fungsi dan fitur yang tersedia di setiap komponen sistem yang dijelaskan di bawah ini:

1. ESP32
ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang menggerakkan AGV dan diintegrasikan dengan sensor tegangan, sensor arus, enkoder, ADS1115 dan nRF24L01.
2. Arduino Nano
Arduino Nano berfungsi sebagai mikrokontroler penerima untuk software pemantauan yang diintegrasikan dengan nRF24L01.
3. Rotary Encoder
Sensor Encoder ini berfungsi untuk menghitung berapa banyak jumlah sinyal pulsa yang terjadi pada saat roda AGV bergerak.
4. Sensor Tegangan 25V
Sensor Tegangan 25V berfungsi sebagai pembaca tegangan pada baterai 24V dan 12V.
5. Sensor Arus ACS712
Sensor Arus ACS712 berfungsi sebagai pembaca arus yang mengalir pada baterai 24V dan 12V.
6. Sensor IR Optocoupler
Sensor IR Optocoupler berfungsi sebagai pembaca counter pada wheel encoder di kedua roda AGV.

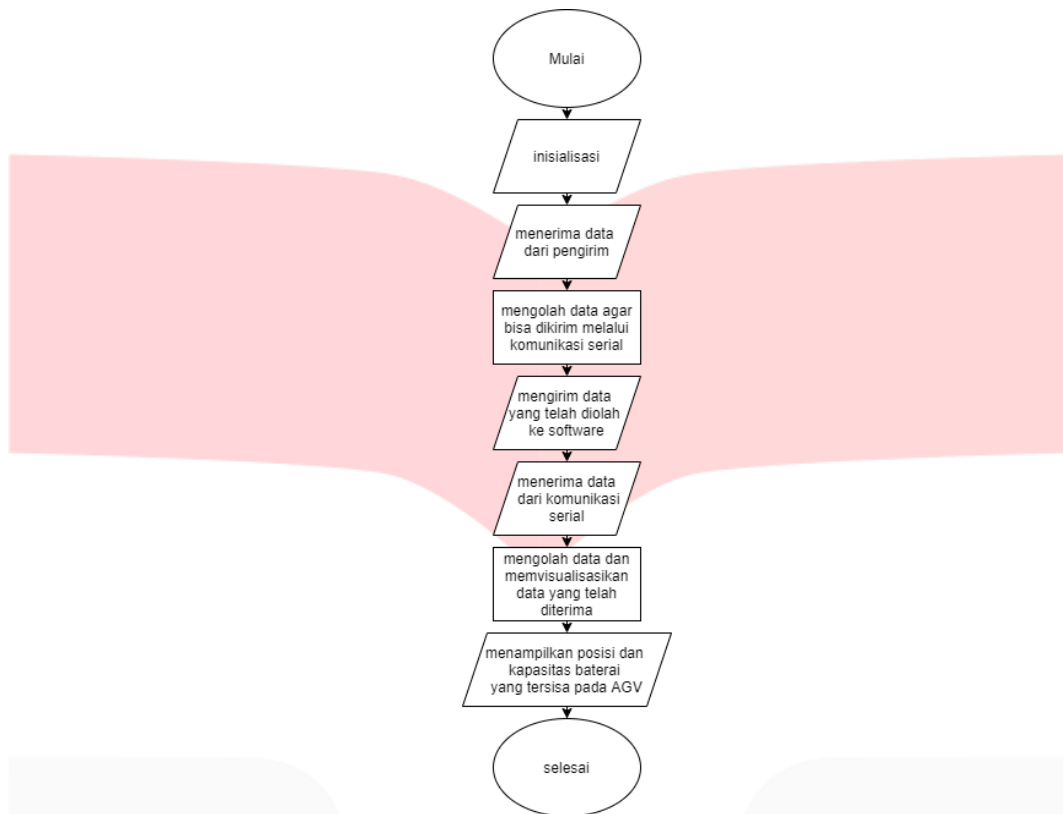
3.3. Desain Alir Kerja Sistem Pada AGV



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kerja Pada AGV

Saat AGV pertama kali dinyalakan, sensor tegangan akan membaca tegangan baterai. pada tugas akhir ini sistem membaca 2 baterai yang memiliki tegangan yang berbeda. Baterai pertama memiliki tegangan maksimum sebesar 24V digunakan untuk menjalankan motor DC. Baterai kedua memiliki baterai sebesar 12V yang digunakan untuk memberikan daya ke komponen bertegangan kecil seperti ESP32, rotary encoder, sensor tegangan, sensor arus, dll. Nilai tegangan yang dibaca oleh sensor dikonversi menjadi nilai persentase sesuai perbandingan antara nilai tegangan saat baterai penuh dengan nilai tegangan saat baterai sudah habis. Ketika AGV berjalan mengikuti jalur yang telah ditentukan, sensor encoder akan mulai membaca nilai putaran roda pada AGV. Nilai putaran roda tersebut dikonversi menjadi nilai jarak agar dapat diketahui posisi AGV tersebut. Setelah semua data dikonversi, data nilai dikumpulkan lalu dikirim ke penerima.

3.4. Desain Alir Kerja pada Software



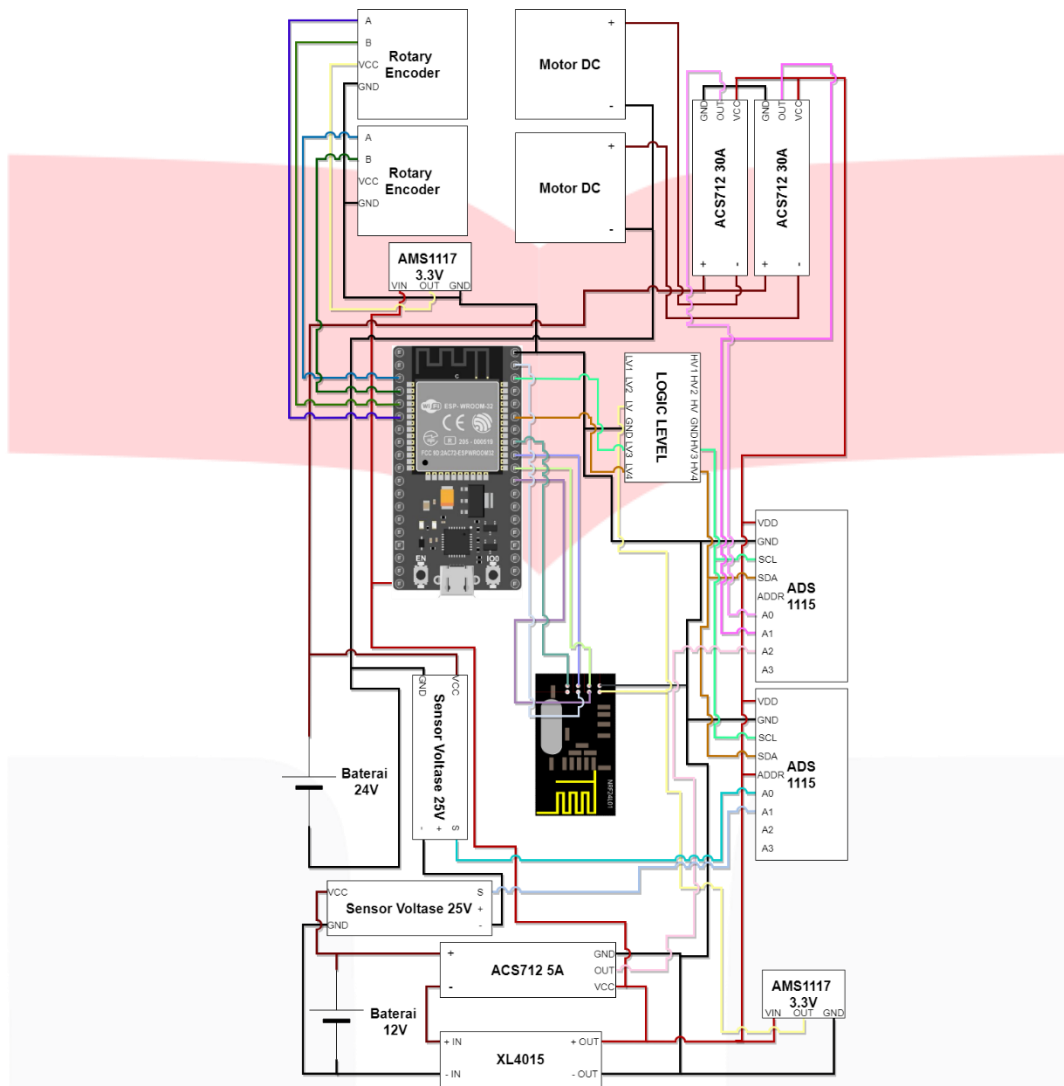
Gambar 3. 3 Desain Alir Kerja Pada Software

Pada saat penerima terhubung ke komputer, penerima akan mencari sinyal pengirim yang sesuai. Setelah didapat sinyal yang sesuai, penerima membaca data yang telah dikirim oleh pengirim. Data tersebut lalu dikirim melalui serial data agar bisa dibaca oleh software data yang selanjutnya dikirim ke software.

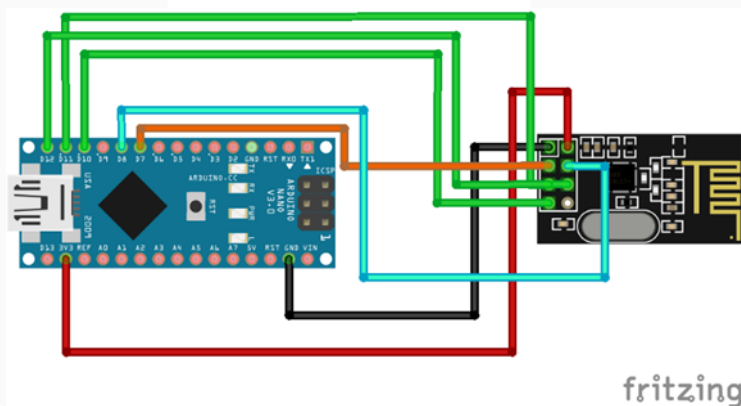
Setelah membuka software, software membaca semua port yang ada di komputer untuk mencari penerima. Jika software tidak menemukan penerima akan muncul peringatan “Penerima tidak ditemukan”. Jika software menemukan penerima, dilanjutkan dengan membaca nilai byte yang dikirim oleh penerima. Nilai byte yang telah dibaca divisualisasikan kedalam bentuk grafik agar pemantauan posisi dan kapasitas daya baterai lebih mudah dipahami.

3.5. Desain Perangkat Keras

Dalam pembuatan sistem pemantauan yang akan dibuat, penulis merancang sebuah rangkaian pembaca sensor dan pengirim yang akan dipasang di AGV dan rangkaian penerima yang akan terhubung ke komputer.



Gambar 3. 4 Desain Perangkat Keras Pembaca Sensor dan Pengirim



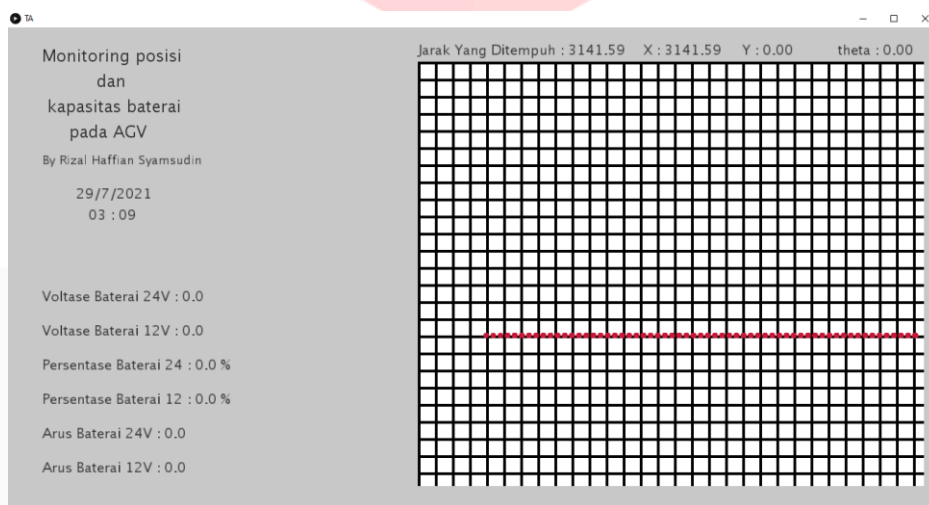
Gambar 3. 5 Desain Perangkat Keras Penerima

Pada Gambar 3.4 dan 3.5 merupakan desain sistem perangkat keras yang digunakan pada AGV dan desain sistem perangkat keras penerima yang akan dibuat pada tugas akhir ini. Komponen yang digunakan pada kedua desain tersebut berupa, ESP32, Arduino Nano, Rotary Encoder, Sensor

Tegangan 25V, Sensor Arus ACS712 30A, Sensor Arus ACS712 5A, ADS1115, Logic Level Shifter, AMS1117 Voltage Regulator 3.3V, XL4015 Buck Converter, Baterai 24V 70Ah, dan Baterai 12V 5A.

3.6. Desain Perangkat Lunak

Dalam tugas akhir penulis buat, penulis membuat sebuah software pemantauan yang digunakan pada komputer berbasis sistem operasi Windows. Pada software yang penulis buat, terdapat beberapa parameter yang dibutuhkan. Yang pertama yaitu jarak yang ditempuh pada saat AGV berjalan. Untuk parameter kedua yaitu koordinat XY yang digunakan untuk menentukan posisi pada software. Parameter ketiga yaitu theta yaitu angular distance atau sudut jarak. Parameter keempat yaitu tegangan baterai yang terbagi menjadi dua, yaitu tegangan baterai 24V dan tegangan baterai 12V. Selanjutnya yaitu kapasitas baterai yang ditunjukkan dalam bentuk persentase yang tersisa pada AGV. yang terakhir yaitu nilai arus baterai dan posisi AGV yang menunjukkan AGV tersebut berada.

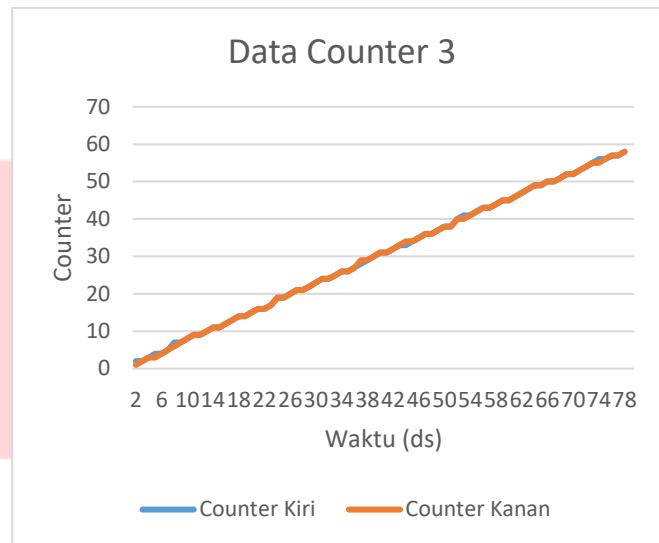


Gambar 3. 6 Desain Software Monitoring

4. Hasil Percobaan Dan Analisa

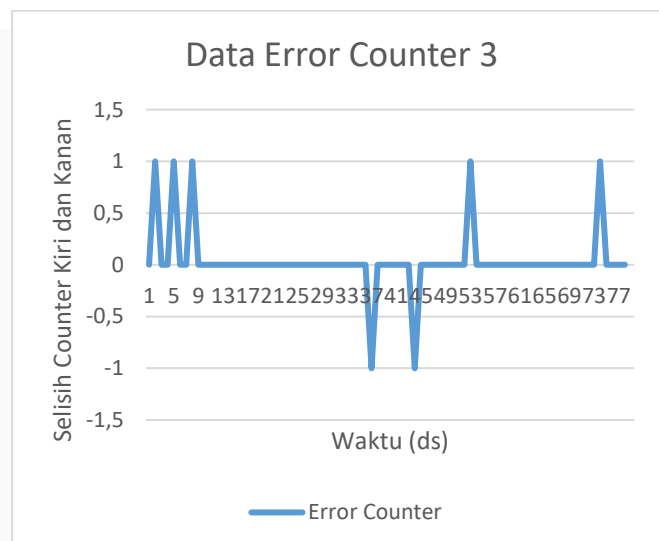
4.1. Pengambilan Data Counter Encoder

Untuk Pengujian Pertama, dilakukan pengambilan data dengan menyimpan data yang masuk ke software pemantauan. Data yang diambil merupakan banyaknya tick counter yang terbaca oleh encoder pada saat AGV melaju di track lurus. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali dimaksudkan untuk mengetahui apakah encoder berjalan dan berfungsi dengan baik sebelum pengujian selanjutnya. Berikut ini adalah data hasil pembacaan nilai tick counter pada track lurus :



Gambar 4. 1 Grafik Data Counter Roda Kiri dan Kanan

Berikut ini merupakan data error antara counter kiri dan counter kanan :



Gambar 4. 2 Grafik Data Error Counter Roda Kiri dan Kanan

Berdasarkan Gambar 4.1 – Gambar 4.2 merupakan grafik jumlah counter pada roda kiri dan roda kanan dan grafik error selisih antar counter kiri dan kanan yang terbaca oleh encoder pada track lurus. Terlihat bahwa counter kiri dan counter kanan tidak sama selama AGV bergerak pada track lurus. Jika counter kiri dan counter kanan tidak sama memungkinkan posisi AGV yang tampil pada software pemantauan tidak sesuai dengan track lurus yang dijadikan track pengujian. Dari lima data yang didapat dari lima pengujian, dapat disimpulkan bahwa enkoder dapat membaca counter. Tetapi terdapat perbedaan jumlah counter pada roda kiri dan roda kanan disebabkan oleh AGV yang tidak sempurna dalam membaca garis hitam pada track yang digunakan, beberapa kesalahan pada pembacaan encoder, dan ban yang kurang mendapatkan traksi saat AGV berjalan yang disebabkan oleh permukaan track yang licin, tidak rata, dan kotor.

4.2. Hasil Perhitungan Posisi Sumbu Koordinat

Setelah melakukan pengujian pembacaan counter pada encoder. Lalu dilakukan Pengujian perhitungan posisi sumbu koordinat (x, y) dan arah(θ) yang bertujuan untuk mengetahui apakah posisi yang didapat selama pengujian sesuai dengan track lurus. Setelah melakukan pengujian selama 5 kali didapat hasil seperti berikut :

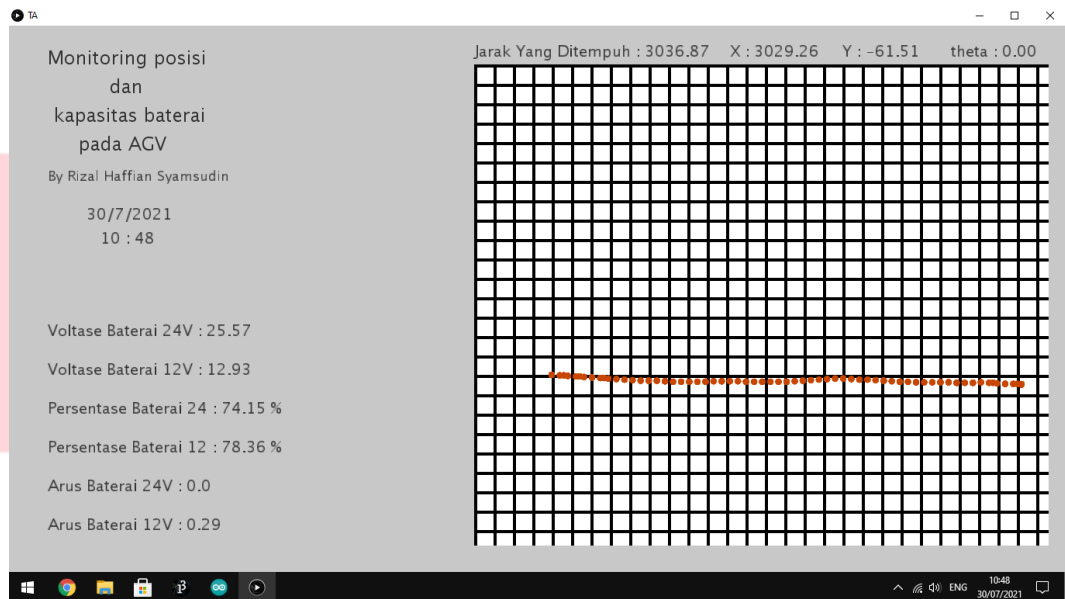
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Sumbu Koordinat AGV Dari Pengujian

Counter Kiri	Counter Kanan	X (mm)	Y (mm)	Θ (mm)
0	0	0	0	0
1	1	52,14	-3,42	0
2	1	78,32	-3,42	-0,13
2	2	104,27	-6,83	0
3	3	156,41	-10,25	0
4	3	182,59	-10,25	-0,13
4	4	208,54	-13,67	0
5	5	260,68	-17,09	0
7	6	339	-20,5	-0,13
7	7	364,95	-23,92	0
8	8	417,09	-27,34	0
9	9	469,22	-30,75	0
9	9	469,22	-30,75	0
10	10	521,36	-34,17	0
11	11	573,49	-37,59	0
11	11	625,85	-37,59	0
12	12	625,85	-37,59	0
13	13	678,21	-37,59	0
14	14	730,35	-41,01	0
14	14	730,35	-41,01	0
15	15	782,49	-44,42	0
16	16	834,85	-44,42	0
16	16	887,21	-44,42	0
17	17	887,21	-44,42	0
19	19	991,93	-44,42	0
19	19	991,93	-44,42	0

20	20	1044,06	-41,01	0
21	21	1096,42	-41,01	0
21	21	1096,42	-41,01	0
22	22	1148,78	-41,01	0
23	23	1201,14	-41,01	0
24	24	1253,28	-44,42	0
24	24	1253,28	-44,42	0
25	25	1305,64	-44,42	0
26	26	1358	-44,42	0
26	26	1358	-44,42	0
27	27	1410,36	-44,42	0
28	29	1515,08	-44,42	0
29	29	1515,08	-44,42	0
30	30	1567,21	-41,01	0
31	31	1619,35	-37,59	0
31	31	1619,35	-37,59	0
32	32	1671,48	-34,17	0
33	33	1723,62	-30,75	0
33	34	1775,76	-27,34	0
34	34	1775,76	-27,34	0
35	35	1827,89	-23,92	0
36	36	1880,25	-23,92	0
36	36	1880,25	-23,92	0
37	37	1932,39	-27,34	0
38	38	1984,52	-30,75	0
38	38	1984,52	-30,75	0
40	40	2089,02	-34,17	0
41	40	2141,16	-37,59	0
41	41	2141,16	-37,59	0
42	42	2193,29	-41,01	0
43	43	2245,43	-44,42	0
43	43	2245,43	-44,42	0

44	44	2297,79	-44,42	0
45	45	2349,92	-47,84	0
45	45	2349,92	-47,84	0
46	46	2402,28	-47,84	0
47	47	2454,64	-47,84	0
48	48	2507	-47,84	0
49	49	2559,36	-47,84	0
49	49	2559,36	-47,84	0
50	50	2611,5	-51,26	0
50	50	2611,5	-51,26	0
51	51	2663,86	-51,26	0
52	52	2716,22	-51,26	0
52	52	2716,22	-51,26	0
53	53	2768,35	-47,84	0
54	54	2820,49	-51,26	0
55	55	2872,63	-54,67	0
56	55	2924,76	-58,09	0
56	56	2924,76	-58,09	0
57	57	2977,12	-58,09	0
57	57	3003,3	-58,09	-0,13
58	58	3029,26	-61,51	0

Tabel 4. 1 merupakan gambaran dari pemetaan encoder dengan track lurus untuk data 3. Dengan software yang penulis buat dapat dilakukan pemetaan estimasi posisi (x,y) dan data dalam tersebut tersimpan dalam file Comma Separated Values (csv), berikut hasil pemetaan dalam software :



Gambar 4. 3 Hasil Pemetaan Software Pengujian

Dari pengujian diatas terlihat bahwa hasil perhitungan koordinat posisi (x,y) dan arah (θ) tidak sama tiap pengujian, oleh karena itu diperlukan perbandingan dengan jarak tempuh sebenarnya agar diketahui nilai persentase error dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Error} = \frac{\text{Jarak tempuh hasil pengujian} - \text{Jarak tempuh sebenarnya}}{\text{Jarak tempuh sebenarnya}} \times 100 \%$$

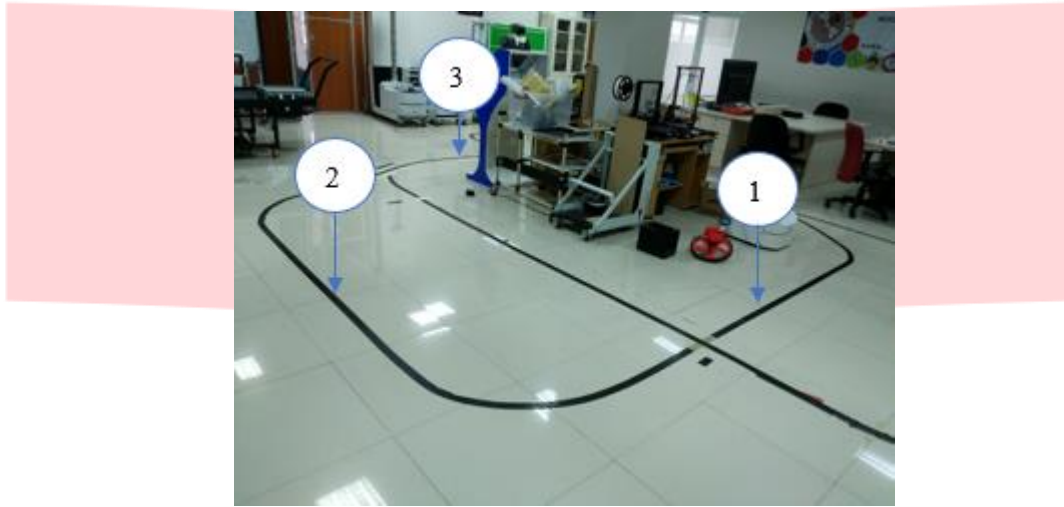
Berdasarkan rumus diatas didapatkan data nilai persentase error hasil perbandingan jarak tempuh hasil pengujian dengan jarak tempuh yang sebenarnya yang ditunjukkan sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Tabel Persentase Error Hasil Pengujian Posisi dan Arah

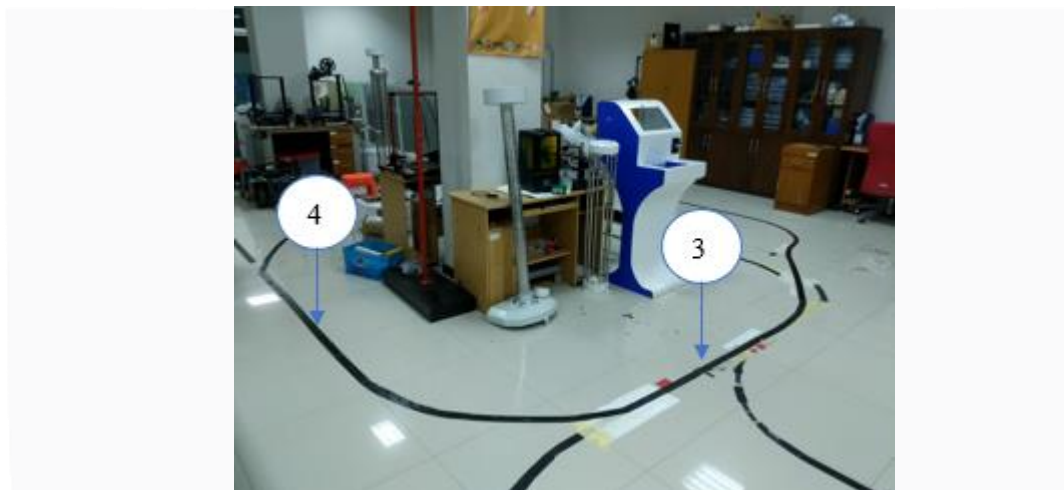
No	Jarak Tempuh Sebenarnya (mm)	Jarak Tempuh hasil pengujian (mm)	Error (%)
1	3000	2984.51	- 0.5163 %
2	3000	3036.87	1.229 %
3	3000	3036.87	1.229 %
4	3000	3065.05	2.1683 %
5	3000	3036.87	1.229 %

4.3. Pemetaan Pada Track Loop

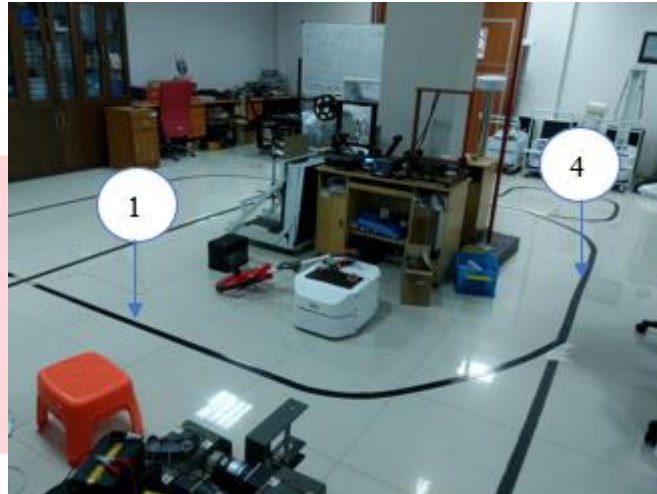
Seperti judul yang tertulis pada tugas akhir ini salah satunya yaitu sistem pemantauan posisi pada AGV. Pada bagian ini dilakukan lima kali pemetaan menggunakan software pemantauan yang penulis buat. penulis diharapkan dapat membaca sesuai dengan track yang sudah ditentukan, track tersebut terpampang sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Track Loop



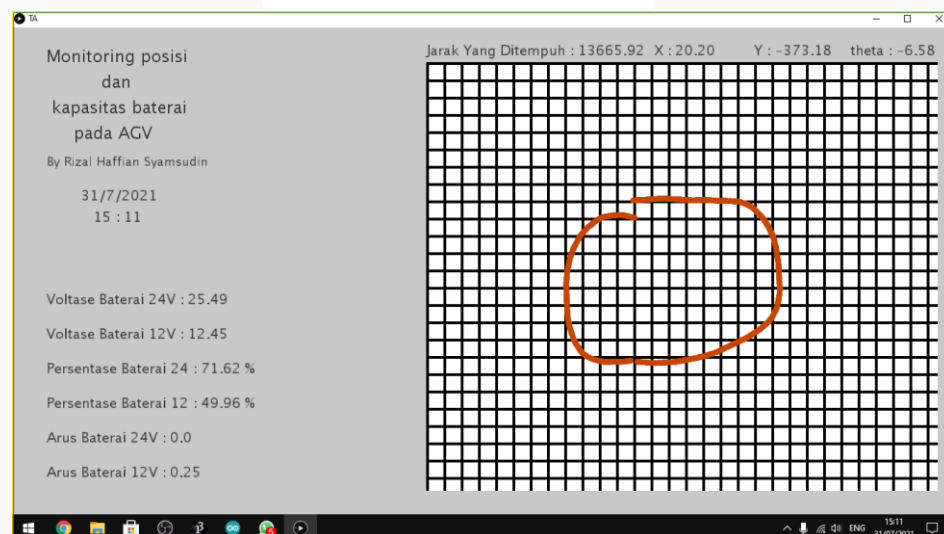
Gambar 4. 5 Track Loop



Gambar 4. 6 Track Loop

Untuk titik start AGV berjalan dimulai dari nomor 1 pada gambar 4.4 lalu berlanjut ke nomor 2 pada gambar 4.4. setelah itu lanjut ke nomor 3 pada gambar 4.4. Dari nomor 3 pada gambar 4.5 lanjut ke nomor 4 pada gambar 4.5. Setelah dari nomor 4 pada gambar 4.6 lalu berhenti di titik finish pada nomor 1 pada gambar 4.6.

Dengan track tersebut didapatkan hasil seperti berikut :

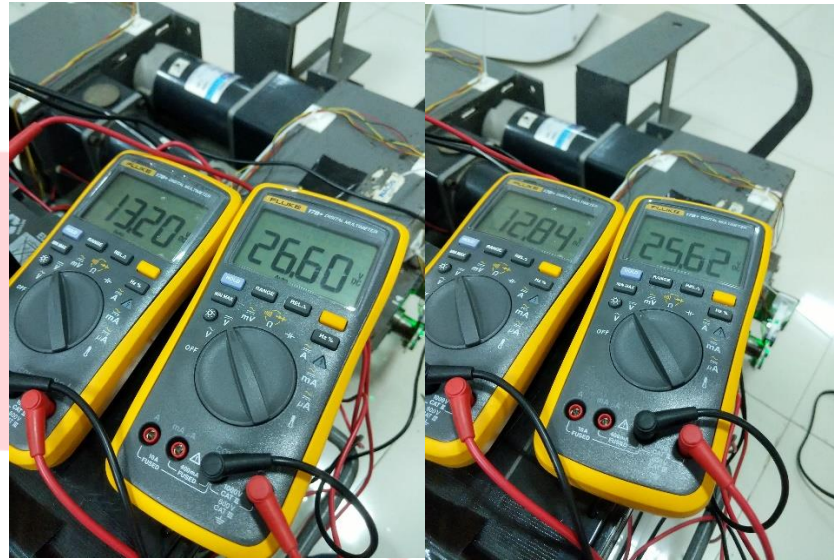


Gambar 4. 7 Hasil Pemetaan Pada Track Loop

Pada Gambar 4.7, posisi koordinat dari pengujian pada track loop adalah (20.20, -373.18) dan diketahui jarak yang ditempuh dari pengujian tersebut yaitu 13665.92 mm atau 13.67 m.

4.4. Pengujian Kapasitas Baterai

Pada pengujian ini, penulis melakukan pengujian mengenai pemantauan kapasitas baterai menggunakan sensor tegangan seperti yang tertulis di judul tugas akhir ini. Pada bagian ini, penulis melakukan pengujian dengan menggerakkan AGV mengelilingi track loop yang sebelumnya digunakan untuk pemetaan posisi AGV sebanyak sepuluh kali dalam sekali pengujian. Disini penulis menguji sebanyak lima kali. Berikut adalah hasil pengujian :

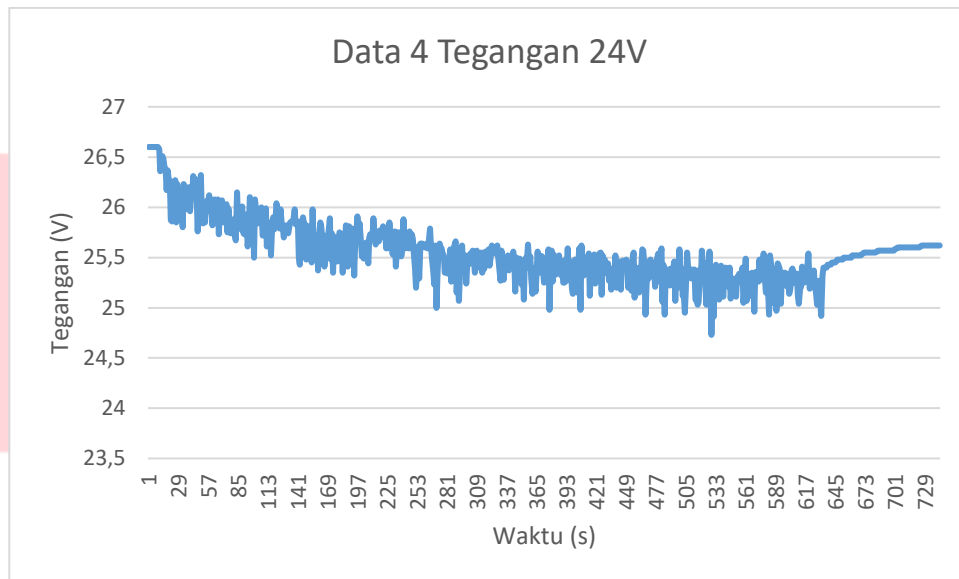


Gambar 4. 8 Data Pengukuran Tegangan Baterai Sebelum dan Sesudah Pengujian Pada Multimeter

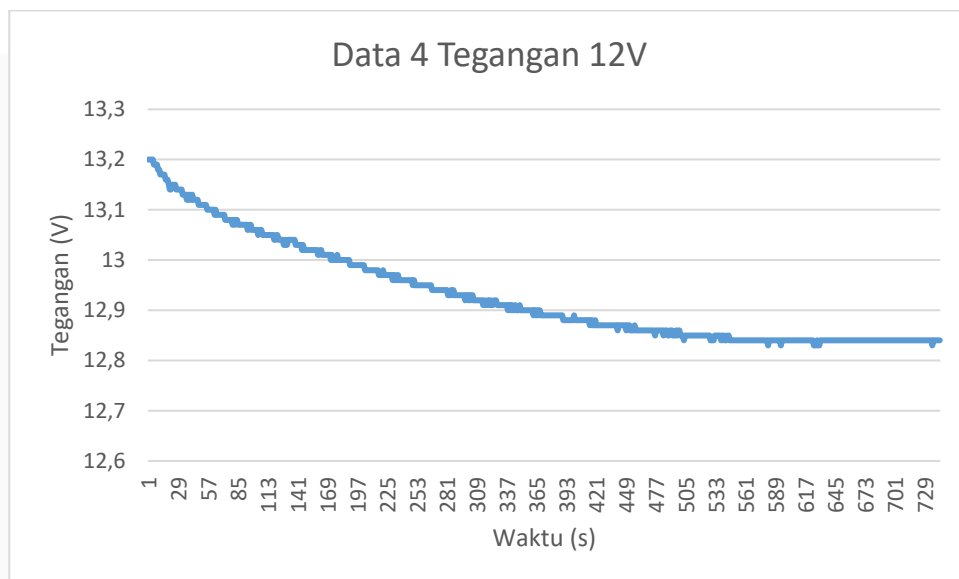
Monitoring posisi dan kapasitas baterai pada AGV By Rizal Haffian Syamsudin 1/8/2021 17 : 15 Voltase Baterai 24V : 26.6 Voltase Baterai 12V : 13.19 Persentase Baterai 24 : 100.0 % Persentase Baterai 12 : 100.0 % Arus Baterai 24V : 0.0	Monitoring posisi dan kapasitas baterai pada AGV By Rizal Haffian Syamsudin 1/8/2021 17 : 27 Voltase Baterai 24V : 25.62 Voltase Baterai 12V : 12.84 Persentase Baterai 24 : 73.34 % Persentase Baterai 12 : 88.28 % Arus Baterai 24V : 0.0
--	---

Gambar 4. 9 Data Pengukuran Tegangan Baterai Pada Sebelum dan Sesudah Pengujian Software Pemantauan

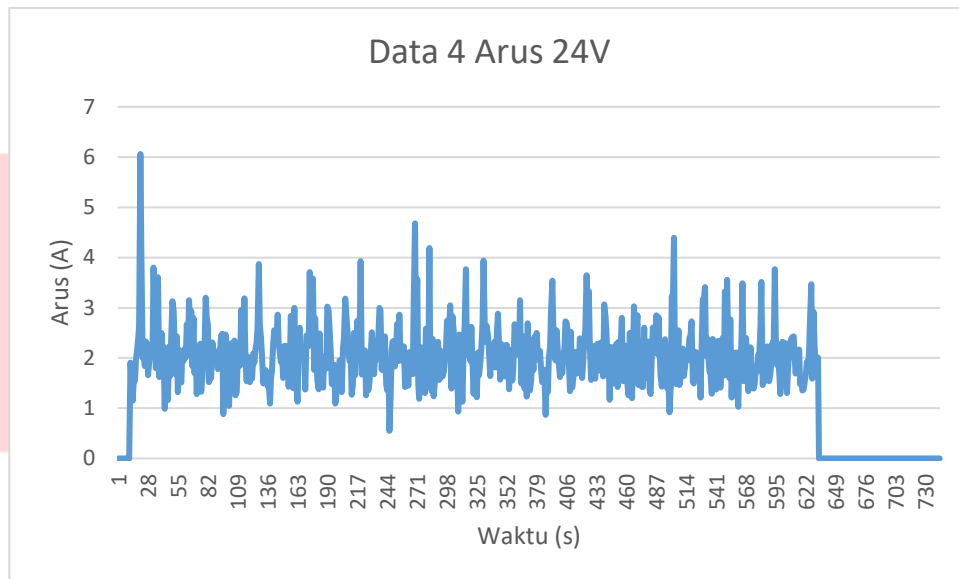
Terlihat pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 tegangan baterai pada multimeter dan tegangan sebelum pengujian memiliki tegangan yang sama pada baterai 24V dan 0.01 V lebih besar pada baterai 12V dari software pemantauan sebelum pengujian. Lalu tegangan baterai pada multimeter setelah pengujian memiliki tegangan yang sama pada baterai 24V dan memiliki tegangan yang sama pada baterai 12V dari software pemantauan setelah pengujian. Dan dibawah ini adalah grafik yang didapat selama pengujian :



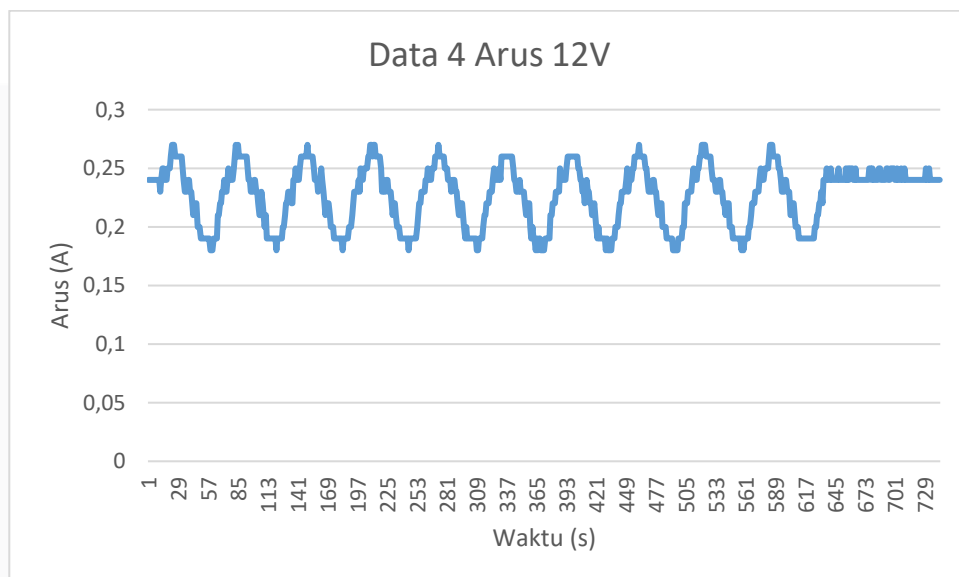
Gambar 4. 10 Grafik Tegangan Baterai 24V



Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Baterai 12V



Gambar 4. 12 Grafik Arus Baterai 24V



Gambar 4. 13 Grafik Arus Baterai 12V

Dari Gambar 4. 10 – Gambar 4. 13 adalah data hasil pengujian pertama yang didapat selama AGV bergerak mengelilingi track loop sebanyak sepuluh kali. Untuk mendapatkan nilai error, dibandingkan nilai tegangan pada multimeter dan nilai tegangan pada software monitoring di baterai 24V dan 12V dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Error} = \frac{\text{Voltase pada Software Pemantauan} - \text{Voltase Pada Multimeter}}{\text{Voltase Pada Multimeter}} \times 100 \%$$

Tabel 4. 3 Nilai Error Tegangan Awal dan Tegangan Akhir pada Multimeter dan Software Pemantauan di Baterai 24V

Tegangan Awal Pada Multimeter	Tegangan Awal pada Software Pemantauan	Tegangan Akhir Pada Multimeter	Tegangan Akhir pada Software Pemantauan	Nilai Error Pada Tegangan Awal (%)	Nilai Error Pada Tegangan Akhir (%)
26,45	26,43	25,66	25,67	-0,075614367	0,038971
26,55	26,55	25,62	25,62	0	0
26,63	26,63	25,62	25,62	0	0
26,6	26,6	25,62	25,62	0	0
26,58	26,58	25,62	25,62	0	0

Tabel 4. 4 Nilai Error Tegangan Awal dan Tegangan Akhir pada Multimeter dan Software Pemantauan di Baterai 12V

Tegangan Awal Pada Multimeter	Tegangan Awal pada Software Pemantauan	Tegangan Akhir Pada Multimeter	Tegangan Akhir pada Software Pemantauan	Nilai Error Pada Tegangan Awal (%)	Nilai Error Pada Tegangan Akhir (%)
13,23	13,22	12,96	12,96	-0,07558579	0
13,18	13,17	12,91	12,91	-0,075872534	0
13,15	13,14	12,86	12,85	-0,076045627	-0,07776
13,20	13,19	12,84	12,84	-0,075757576	0
13,14	13,13	12,82	12,82	-0,076103501	0

Dari dua tabel diatas terlihat bahwa hasil perbandingan tegangan awal dan akhir pada multi meter dengan tegangan awal dan akhir pada software pemantauan di baterai 24V dan 12V memiliki nilai error pada saat pembacaan tegangan. Hal itu disebabkan oleh sensor tegangan yang kurang dikalibrasi dan perbedaan waktu saat pengambilan gambar pada multimeter dan pengambilan gambar pada software pemantauan.

Setelah mendapatkan nilai tegangan baterai dari pembacaan software monitoring. Maka dapat dihitung persentase baterai. Pada tugas akhir ini penulis memberikan batas tegangan tertinggi baterai 24V di 26.5V, tegangan terendah baterai 24V di 23.2V, tegangan tertinggi baterai 12V di 13V dan tegangan terendah baterai 12V di 11.6. jika tegangan melebihi batas tertinggi maka persentase baterai tetap 100% dan jika tegangan melebihi batas terendah maka persentase baterai tetap 0%. Dibawah ini merupakan hasil perhitungan persentase baterai yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4. 5 Persentase Baterai 24V

Tegangan Awal pada Software Pemantauan	Tegangan Akhir pada Software Pemantauan	Persentase Awal Baterai (%)	Persentase Baterai Akhir (%)
26,43	25,67	97,87878788	74,84848485
26,55	25,62	100	73,33333333
26,63	25,62	100	73,33333333
26,6	25,62	100	73,33333333
26,58	25,62	100	73,33333333

Tabel 4. 6 Persentase Baterai 12V

Tegangan Awal pada Software Pemantauan	Tegangan Akhir pada Software Pemantauan	Persentase Awal Baterai (%)	Persentase Baterai Akhir (%)
13,22	12,96	100	97,14285714
13,17	12,91	100	93,57142857
13,14	12,85	100	89,28571429
13,19	12,84	100	88,57142857
13,13	12,82	100	87,14285714

Pada saat pengujian, penulis juga mengambil data waktu dan arus rata - rata baterai 24V dan 12V pada saat pengujian untuk mendapatkan kapasitas baterai yang terpakai saat pengujian berlangsung yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 7 Waktu pengujian, arus dan kapasitas daya baterai yang terpakai selama pengujian

Pengujian	Waktu Total (s)	Waktu Saat Pengujian (s)	Arus Rata – Rata Baterai 24V (A)	Arus Rata – Rata Baterai 12V (A)	Kapasitas yang Terpakai di Baterai 24V (Ah)	Kapasitas yang Terpakai di Baterai 12V (Ah)
1	737	565	2,112920354	0,2195	0,33161111	0,04493653
2	681	568	2,17931338	0,23	0,34384722	0,04350833
3	725	624	2,041653291	0,2277	0,35388657	0,04585625

4	743	622	2,066125402	0,2269	0,35698056	0,04682964
5	756	628	1,992707006	0,2222	0,3476	0,046662

Setelah didapat besar arus pada kedua baterai saat pengujian didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan baterai dengan rata – rata arus pada baterai 24V sebesar 2,079 A selama 33,68 jam dan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan baterai dengan rata – rata arus pada baterai 24V sebesar 0,22526 A selama 22,2 jam. Waktu ini bisa berkurang jika rata – rata arus yang didapat lebih besar dari rata – rata arus hasil pengujian.

5. Kesimpulan

Berdasarkan Pengerjaan Tugas Akhir yang berjudul “Pemantauan Posisi dan Kapasitas Daya Baterai Pada Automated Guided Vehicle Menggunakan Encoder dan Voltage Sensor” maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut.

1. Rata – rata error yang didapat pada pengujian kalibrasi di track lurus sekitar 0,032034 m atau 1,0678 %.
2. Rata – rata error yang didapat pada pengujian tegangan awal baterai 24V di software pemantauan sekitar 0,015122873 % kurang dari nilai tegangan awal pada multimeter dan tegangan akhir baterai 24V di software pemantauan sekitar 0,007794232 % lebih dari nilai tegangan akhir pada multimeter. pada pengujian tegangan awal baterai 12V di software pemantauan sekitar 0,075873006 % kurang dari nilai tegangan awal pada multimeter dan tegangan akhir baterai 12V di software pemantauan sekitar -0,0155521 % kurang dari nilai tegangan akhir pada multimeter.

Referensi:

- [1] Kurniawan, Aris. “Pengertian Industri – Cabang, Jenis, Tujuan, Faktor, Dampak, Para Ahli”. (2020). <https://www.gurupendidikan.co.id/pengertian-industri/>
- [2] Ruwano, Nino Guevara. “Mengetahui AGV (Automated Guided Vehicle), Kendaraan Otomatik Pada Sektor Industri”. (2019). <http://www.niguru.com/2019/10/mengenal-agv-automated-guided-vehicle.html/>
- [3] A. Cudas, M. Devy, and C. Lemaire, *Robot localization algorithm using odometry and RFID technology*, vol. 7, no. PART 1. IFAC, 2010.
- [4] Y. D. Satriyo, A. Rusdinar, and I. Prasetya Dwi Wibawa, “The position monitoring system of automated guided vehicle (AGV) in the industrial production process,” *Proc. 2018 8th Int. Work. Comput. Sci. Eng. WCSE 2018*, no. Wcse, pp. 98–103, 2018, doi: 10.18178/wcse.2018.06.017.
- [5] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, M. Eng, and S. R. U. A. Sompie, “Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 13–23, 2016, doi: 10.35793/jtek.5.3.2016.11999.

- [6] Teja, Ravi “Getting Started with ESP32”. (2021). <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32/>
- [7] Dejan. “How Rotary Encoder Works and How To Use It with Arduino”. (2016). <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/rotary-encoder-works-use-arduino/>
- [8] B. Sandeep Kumar Malu, J. Majumdar, S. Kumar Malu α , and J. Majumdar σ , “Kinematics, Localization and Control of Differential Drive Mobile Robot Global Journal of Researches in Engineering: H Kinematics, Localization and Control of Differential Drive Mobile Robot,” Type Double Blind Peer Rev. Int. Res. J. Publ. Glob. Journals Inc, vol. 14, no. 1, 2014.
- [9] E. Olson, “A primer on odometry and motor control,” pp. 1–15, 2004, [Online]. Available: <http://stuff.mit.edu/afs/athena/course/6/6.186/2006/doc/odomtutorial/src/odomtutorial.pdf>.
- [10] Intrigano.” Control of Mobile Robots – Odometry,”*Youtube*, Dec. 15, 2017[Video file]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=mHF5KezEl1c&ab_channel=intrigano.