

SISTEM PENGANTARAN MAKANAN MENGGUNAKAN AUGMENTED GUIDED VEHICLE (AGV) LINE FOLLOWER DILENGKAPI BARCODE FOOD DELIVERY SYSTEM USING AUGMENTED GUIDED VEHICLE (AGV) LINE FOLLOWER COMPLETED BARCODE

Mulia Abror Khairul¹, Ir. Porman Pangaribuan, M.T.², Ramdhan Nugraha, S.Pd., M.T.³

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

¹muliausman@student.telkomuniversity.ac.id, ²porman@telkomuniversity.ac.id

³ramdhan@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Perancangan alat otomatisasi pelayanan restoran ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya *human error*, seperti kesalahan alamat meja pelanggan ketika mengantarkan makanan. Robot pelayanpun dapat bekerja lebih lama dan memiliki waktu istirahat yang lebih sedikit dibandingkan pelayan manusia.

Prototipe robot AGV pengantar makanan, akan menerima input data alamat melalui keypad, kemudian robot tidak akan berjalan apabila pada nampan tidak terdapat makanan, meskipun perintah pengantaran telah diinputkan. Robot akan berjalan menuju setiap meja sambil melakukan pengecekan alamat menggunakan *barcode scanner*. Apabila alamat sesuai, maka robot akan berhenti dan akan berjalan Kembali setelah beban makanan pada nampan diambil oleh pelanggan. Robot akan kembali ke posisi awal apabila alamat yang terdeteksi oleh *barcode* adalah alamat dapur.

Prototipe robot AGV dapat mengantarkan makanan kepada meja pelanggan dengan adanya perubahan beban makanan, dengan beban maksimal 5 kg, tanpa mempengaruhi waktu tempuh pengantaran, dengan tingkat keberhasilan pengantaran 100%. Robot dapat mendeteksi keberadaan makanan pada nampan dengan beban minimal 800 gram. Dengan penggunaan *barcode scanner* sebagai pendeteksi alamat, dapat melakukan pembacaan dengan sudut kemiringan terhadap *QR code* minimal 40°, dimana jarak minimal yang berbeda-beda untuk setiap ukuran *QR code*.

Kata Kunci: *AGV line follower, barcode scanner, pelayanan restoran*

ABSTRACT

The design of this restaurant service automation tool aims to reduce the occurrence of human errors, such as errors in customer table addresses when delivering food. Even service robots can work longer hours and have less rest time than human servants.

The food delivery AGV robot prototype will receive address data input via the keypad, then the robot will not run if there is no food in the tray, even though the delivery order has been inputted. The robot will walk to each table while checking the address using a barcode scanner. If the address matches, the robot will stop and will run again after the food load on the tray is taken by the customer. The robot will return to the initial position if the address detected by the barcode is the address of the kitchen.

The AGV robot prototype can deliver food to the customer's table with a change in food load, with a maximum load of 5 kg, without affecting the delivery time, with a 100% delivery success rate. The robot can detect the presence of food on a tray with a minimum load of 800 grams. With the use of a barcode scanner as an address detector, you can read with a slope angle of the QR code of at least 40, where the minimum distance varies for each QR code size

Keywords: *AGV line follower, barcode scanner, restaurant service*

1. Pendahuluan

Industri makanan menjadi salah satu perhatian dalam perkembangan teknologi. Dalam pengolahannya di beberapa tempat menggunakan sistem otomatisasi, seperti yang dilakukan PT. Sido Muncul. Bapak Irwan Hidayat, Direktur PT. Sido Muncul, melakukan perluasan pabrik dan menerapkan pabrik Cairan Obat Dalam (COD) standar 4.0 untuk meningkatkan kualitas produksi, menghindari human error, dan meningkatkan kapasitas produksi seiring meningkatnya permintaan pasar. Tindakan tersebut diambil sebagai bentuk penyesuaian perkembangan produksi dan manufaktur di era revolusi industri 4.0[1].

Akan tetapi, dalam penerapan sistem otomatisasi pada restoran belum banyak diterapkan, khususnya pada bagian pengantaran makanan. Dengan menggantikan pelayan, yang mengantarkan makanan, dengan menggunakan robot akan memberikan pelayan yang lebih baik dalam hal ketepatan, dan pihak restoran pun tidak perlu memikirkan waktu untuk rekrutmen dan pelatihan, sekaligus mengurangi dampak human error lainnya[2].

Dalam perancangan robot pelayan pengantar makanan, akan digunakan metode kendali PID yang akan diterapkan pada model Automatic Guide Vehicle (AGV) berbasis robot line follower, dan dipadukan dengan barcode scanner dan sensor berat. AGV merupakan sebuah kendaraan yang dapat bergerak mengikuti suatu jalur tertentu hingga sampai pada tujuan secara otomatisasi tanpa menggunakan operator[3]. Robot line follower adalah robot yang mengikuti jalur yang telah ditentukan, dikendalikan oleh mekanisme umpan balik atau feedback signal. Komponen utama dari sistem AGV berbasis robot line follower adalah sirkuit sensor, prosesor, driver, aktuator, dan kendaraan/pembawa[4]. Teknologi barcode scanner umumnya digunakan untuk identifikasi dan pelacakan produk, sehingga dapat mengurangi terjadinya human error, peningkatan data akurat untuk pengendalian inventori, dll[5].

2. Dasar Teori

2.1 Pengantaran Makanan

Dalam prosedur operasional standar, robot hanya berperan dalam pelayanan pengantaran makanan, dan robot dirancang hanya dalam pengantaran makanan tidak berkuah. Sirkulasi ruangan menggunakan sirkulasi networking, sehingga memudahkan distribusi makanan oleh robot dan kemudahan akses konsumen pada area-area tertentu[6][7].

Untuk jalur sirkulasi pada area makan restoran memiliki lebar antara 75 – 105 cm. Dalam metode pelayanan makanan, satu pelayan mengantarkan pesanan makanan untuk satu meja pelanggan dengan menggunakan nampan. Apabila nampan tidak cukup untuk membawa banyaknya makanan pelanggan, maka pengantaran dilakukan lebih dari satu kali bolak-balik dari dapur ke meja pelanggan, sehingga robot hanya mampu membawa makanan sebanyak luas bidang nampan yang tersedia[8][9].

2.2 AGV (Augmented Guided Vehicle)

AGV adalah jenis kendaraan tak berawak yang dirancang untuk membawa material, membawa objek tertentu, dan juga mengangkut individu. AGV umumnya digunakan di pabrik, gudang, dan pusat distribusi. Untuk navigasi AGV, kebanyakan menggunakan jalur sinyal, jalur garis, ataupun suar sinyal[10][11].

Pada umumnya, power supply AGV di industri menggunakan tenaga listrik dan digerakkan oleh motor listrik, sehingga AGV dapat bernavigasi dengan benar di sepanjang jalur garis, dengan bantuan mikrokontroler untuk mengontrol semua fungsi navigasi selama operasinya[12].

2.3 Arduino NANO

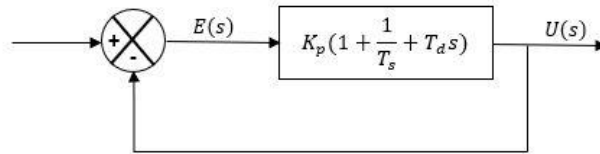
Arduino NANO adalah mikrokontroler berbasis ATmega 328 yang akan digunakan sebagai sistem minimum pada robot AGV[13][14]. Pada proses perancangan, digunakan arduino NANO dikarenakan memiliki jumlah pin yang cukup untuk kebutuhan perancangan, dan memiliki ukuran yang kecil, yaitu $1,8 \times 1,4 \text{ cm}^2$, sehingga tidak membutuhkan ruang yang besar dalam penempatannya. Akan tetapi, apabila dilakukan pengembangan pada perancangan berupa penambahan fitur, maka sangat memungkinkan menggunakan lebih dari satu arduino atau menggunakan arduino Mega, yang memiliki jumlah pin yang lebih banyak dibandingkan NANO, sedangkan jumlah pin pada arduino NANO terbatas apabila terdapat penambahan fitur.



Gambar 1. Modul Arduino NANO

2.4 Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID)

Kontrol PID merupakan salah satu jenis metode kendali yang dapat mengatur *rise time*, *error*, dan *delta error* atau *overshoot/undershoot* pada suatu sistem *close loop*. Dengan pengaturan tersebut, diharapkan dapat menghasilkan *output* yang sesuai dengan *input*. Kontrol PID terdiri dari gabungan tiga kendali, yaitu kendali proporsional, kendali integral, dan kendali derivatif[15][16][17][18]. Diagram blok, fungsi alih, dan persamaan matematis adalah sebagai berikut



Gambar 2. Diagram blok kontrol PID

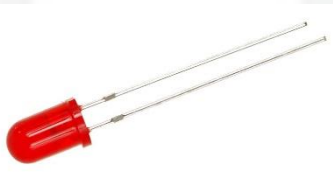
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i} + T_d s \right) \tag{II-1}$$

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \tag{II-2}$$

- K_p = penguat proporsional
- T_i = waktu integral
- T_d = waktu derivatif
- $u(t)$ = sinyal keluaran
- $e(t)$ = sinyal masukan

2.5 LED (Light Emitting Diode)

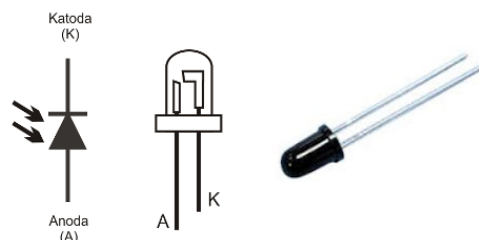
LED merupakan salah satu komponen elektronika berupa diode semikonduktor yang akan menghasilkan cahaya ketika dialiri arus listrik. Perbedaan antara LED dan diode terdapat pada pembuangan energinya. Pada diode, pembuangan energi berupa energi panas. Sedangkan pada LED, pembuangan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED memberikan keuntungan berupa kinerja warna yang lebih tinggi dan efisiensi energi[19][20].



Gambar 3. LED

2.6 Photodioda

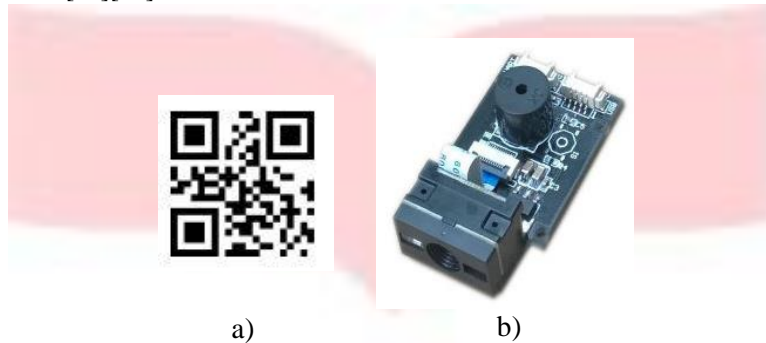
Photodioda adalah sensor cahaya yang bersifat fotokonduktif. Dengan demikian, sinar cahaya yang mengenai photodioda mempengaruhi konduktivitasnya. Photodioda bekerja secara reverse bias, yaitu menghubungkan kaki anoda pada bagian negatif sumber tegangan dan menghubungkan kaki katoda pada bagian positif sumber tegangan, sehingga arus listrik tidak bisa mengalir jika tidak ada sinar cahaya yang memapar photodioda[21][22][23].



Gambar 4. Komponen photodioda

2.7 Modul Barcode Scanner

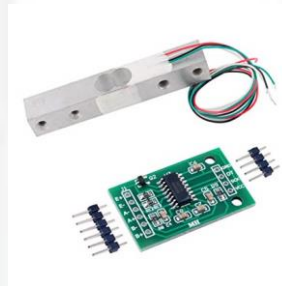
Dalam pembacaan alamat meja pelanggan digunakan barcode sebagai alamat meja, sehingga robot dapat mendeteksi alamat tersebut menggunakan modul barcode scanner. Modul barcode scanner adalah suatu komponen yang digunakan untuk mendeteksi gambar barcode yang mewakili data informasi berupa angka. Gambar barcode dapat berupa satu dimensi maupun dua dimensi. Modul barcode scanner dapat melakukan pembacaan suatu kode dikarenakan barcode menyinari suatu gambar kode dengan lampu merah, kemudian sensor pada modul akan menerima pantulan cahaya dari lampu merah yang mengenai gambar kode, sehingga menghasilkan sinyal analog yang dikirim ke dekoder. Dekoder akan melakukan validasi kode, dan mengubahnya menjadi teks[24][25].



Gambar 5. a) Barcode 2D b) Modul barcode scanner

2.8 Sensor Berat Load Cell

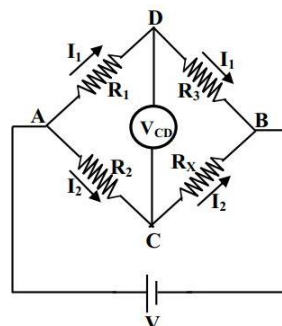
Sensor berat digunakan sebagai deteksi adanya makanan pada nampan robot dengan mengukur berat makan, dengan tujuan sebagai penentu apakah robot akan mulia bergerak atau tidak pada saat posisi di dapur ataupun di meja pelanggan. Prinsip kerja sensor berat yaitu dengan memanfaatkan perubahan panjang permukaan strain gauge pada sensor dan akan diubah menjadi nilai resistansi. Kemudian hasil pengukuran analog tersebut akan diubah ke data digital melalui modul analog digital converter (ADC) HX771[26][27].



Gambar 6. Load Cell dan modul HX711

2.9 Jembatan Wheatstone

Jembatan Wheatstone adalah salah satu rangkaian pembagi tegangan, dimana pada rangkaian ini dapat memberikan tegangan keluaran nol volt[28]. Prinsip kerja jembatan wheatstone digunakan pada sensor berat, dimana pada sensor berat terdapat empat konduktor berliku-liku. Konduktor akan memanjang atau mengecil Ketika terjadi peregangan pada sensor berat, sehingga terjadi perubahan pembacaan tegangan.



Gambar 7. Rangkaian jembatan wheatstone

2.10 Driver Motor DC

Driver motor DC adalah suatu modul yang digunakan sebagai kendali kecepatan maupun arah putaran motor DC. Modul driver motor DC yang akan digunakan adalah driver motor BTS7960. Modul BTS7960 memiliki dua input vcc, vcc dan B+. vcc sebagai sumber tegangan modul, sedangkan B+ sebagai sumber tegangan motor DC. Terdapat sepasang output untuk positif motor DC, dan sepasang input positif negatif dari mikrokontroler, sehingga modul dapat berfungsi sebagai kendali arah putaran motor DC[29][30][31].



Gambar 8. Driver Motor DC BTS7960

2.11 Mototr DC (Dirrect Current)

Motor DC adalah mesin yang berguna mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC terdiri dari 2 bagian, bagian yang tetap berupa magnet permanen ataupun kumparan medan dan bagian yang berputar berupa kumparan anker. Motor dapat bergerak dengan dialiri arus listrik DC. Arus listrik DC akan mengalir melalui brush holder yang terhubung dengan komutator. Kemudian arus akan mengalir pada kumparan, sehingga menghasilkan medan magnet pada kumparan. Akibat adanya perbedaan kutub pada kumparan dengan magnet permanen, menyebabkan anker dapat bergerak rotasi[32][33][34].



Gambar 9. Motor DC

2.12 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD merupakan modul elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan suatu tulisan. Pada robot AGV, LCD akan digunakan untuk menampilkan menu untuk memilih nomor meja yang akan dituju. LCD yang digunakan berukuran 16 x 2, dan disambungkan dengan modul I2C untuk menghemat jumlah pin yang akan disambungkan dengan Arduino[35].



Gambar 10. LCD 16 x 2

2.13 Keypad

Keypad merupakan modul elektronika yang digunakan sebagai input kepada mikrokontroler. Keypad yang akan digunakan memiliki 4 tombol dengan menggunakan 5 pin. 4 pin dihubungkan pada pin input mikrokontroler, dan 1 pin dihubungkan pada ground.



Gambar 11. Keypad 4 x 1

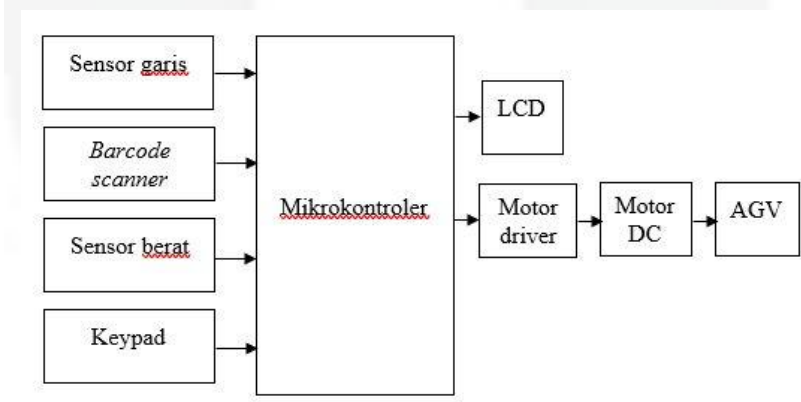
3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

Alur dari kerja sistem diawali dengan sistem menunggu hingga menerima informasi pesanan. Setelah sistem menerima informasi pesanan, sistem akan mendeteksi keberadaan makanan pada nampan dengan menggunakan sensor berat. AGV tidak akan berjalan meskipun menu antar telah pilih apabila belum ada makanan pada nampan.

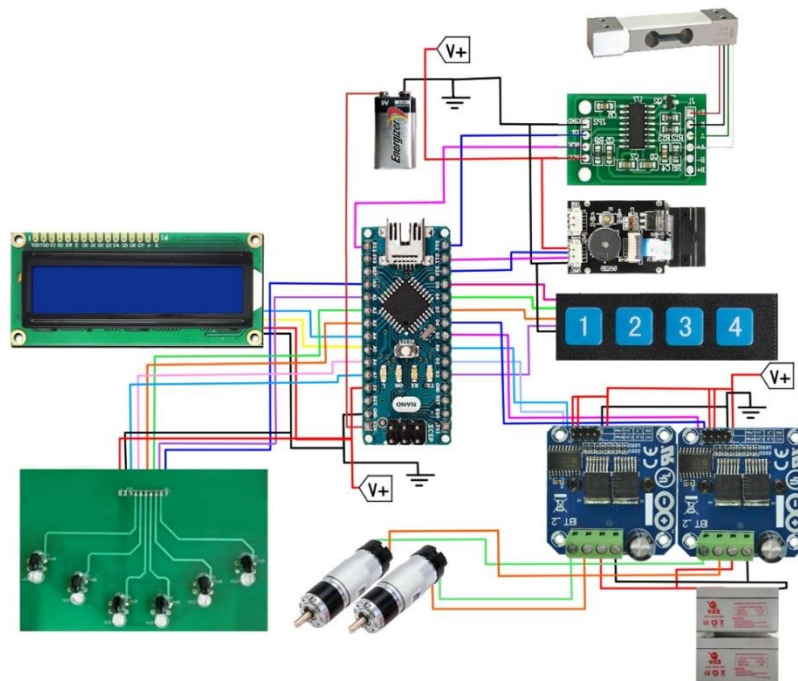
Kemudian AGV akan berjalan setelah ada makanan pada nampan menuju meja pelanggan sesuai dengan informasi pemesanan. AGV akan berhenti pada garis pemberhentian untuk mendeteksi QR code yang mengindikasikan alamat meja pelanggan. Apabila hasil barcode scanner menunjukan posisi di alamat yang sesuai, maka AGV akan berhenti dan menunggu pelanggan mengambil makanannya pada nampan. AGV akan bergerak kembali menuju dapur apabila pelanggan telah mengambil makanannya pada nampan robot.

Dalam proses Bergeraknya, AGV akan mendeteksi nilai intensitas cahaya pada jalur garis putih sebagai posisi tetap dia harus bergerak. Nilai intensitas cahaya akan diproses oleh algoritma kendali PID, sehingga robot tetap bergerak pada jalur garis putih dengan posisi yang diinginkan.

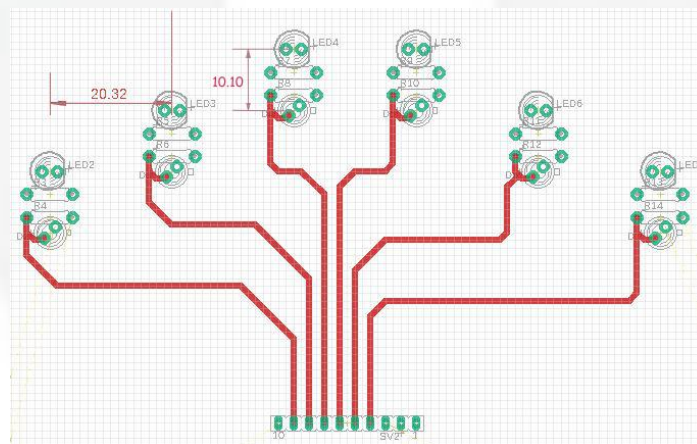


Gambar 12. Diagram blok sistem secara keseluruhan

3.1.1 Desain Perangkat Keras

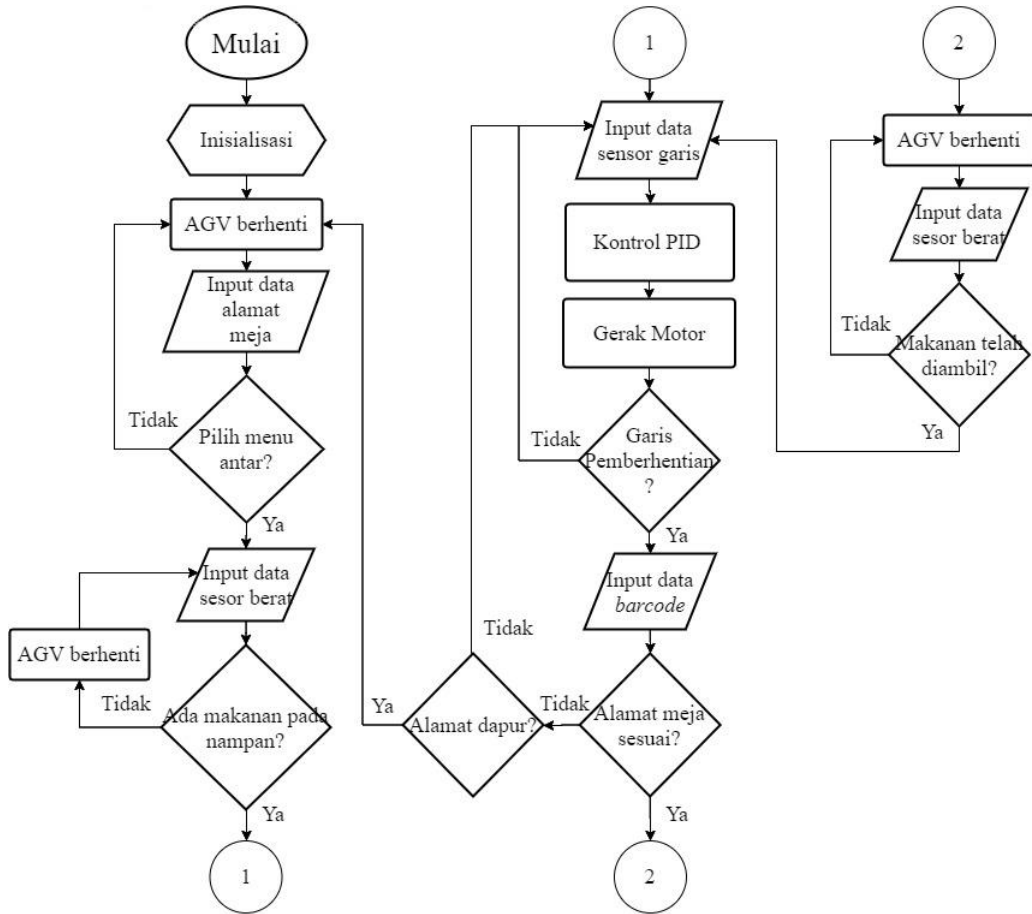


Gambar 13. Pengkabelan diagram robot AGV pengantar makanan



Gambar 14. Disain 6 sensor garis

3.1.1 Desain Perangkat Lunak



Gambar 15. Flowchart kerja sistem pengantaran makanan

4. Hasil dan Analisis

4.1 Pengujian Sensor Berat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui berapa nilai factor kalibrasi sensor untuk dapat mengukur berat benda yang tepat, yang mana nilai tersebut akan digunakan dalam pemrograman sensor berat dengan modul HX711, dan untuk mengetahui berapa berat minimal sensor mengukur berat benda dengan error yang minimum, dimana pembacaan sensor tidak mendekati nol.

4.1.1 Penentuan Nilai Kalibrasi

Sensor berat yang akan diuji dalam kondisi telah terpasang pada robot AGV. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban 1000 gram dan dilakukan perubahan nilai faktor kalibrasi dari 10000 sampai nilai kalibrasi tertentu, dimana nilai pengukuran berat mendekati nilai sebenarnya, dengan penambahan 10000 nilai kalibrasi.

Nilai Kalibrasi	Hasil Pengukuran (Kg)									
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Pengukuran 6	Pengukuran 7	Pengukuran 8	Pengukuran 9	Pengukuran 10
10000	9.24	6.42	7.96	6.27	7.64	7.07	5.60	7.57	6.69	7.13
20000	4.69	3.68	4.04	4.36	3.78	4.51	4.39	5.05	5.21	3.30
30000	2.24	2.53	2.43	2.58	2.36	2.58	2.44	2.39	2.35	2.26
40000	2.68	1.71	1.94	2.12	2.65	1.98	1.73	1.67	2.17	1.93
50000	1.09	1.38	1.14	1.53	1.34	1.30	1.40	1.18	1.35	0.85
60000	0.92	1.16	1.04	0.91	1.06	0.80	1.18	1.09	1.20	1.14
70000	0.74	1.03	0.98	0.80	1.10	1.17	0.79	0.76	0.95	0.81
80000	0.79	0.73	0.65	0.58	0.73	0.57	0.66	0.47	0.70	0.69

Tabel 1. Penentuan nilai kalibrasi sensor

Dari tabel di atas terlihat bahwa pada nilai kalibrasi 60000, nilai pembacaan sensor lebih mendekati nilai sebenarnya, jika dibandingkan dengan nilai kalibrasi lainnya, berdasarkan nilai rata - rata. Sehingga nilai kalibrasi yang akan digunakan adalah 60000 dalam pembacaan sensor

4.1.1 Pengukuran Sensitifitas Sensor Terhadap Perubahan Beban

Dalam pengukurannya, dilakukan sebanyak 30 kali pengukuran untuk setiap beban. Terdapat 5 beban yang akan diukur, dengan massa terkecil 200 gram, sampai yang terbesar 1000 gram.

Beban (gram)	200	400	600	800	1000
Mean Error (%)	60.9	61.5	26.1	37.6	29.8
Variance Error (%)	10.14	7.53	6.17	3.96	4.98

Tabel 2. Perbandingan nilai *error*, *mean*, dan *variance* tiap beban

Pada hasil pengukuran tiap-tiap beban, terlihat rata-rata error yang cukup besar pada beban 200 gram dan 400 gram, dan pembacaan sensor masih ada yang mendekati atau dibawah nol untuk beban 200 – 600 gram. Sedangkan pada pengukuran beban 800 dan 1000 gram memiliki rata-rata error yang kecil, dan pembacaan sensor sangat sedikit yang mendekati nol. Pada beban 200 – 600 gram memiliki nilai *variance* yang cukup besar, yang mana memiliki perbedaan pembacaan sensor yang signifikan dari nilai berat beban untuk setiap pengukurannya. Sehingga nilai beban minimal yang dibutuhkan agar sensor dapat mendeteksi keberadaan makanan adalah 800 gram, dikarenakan memiliki nilai *variance error* yang paling kecil.

4.2 Pengujian Pembacaan Sensor Garis

Pengukuran bertujuan untuk melihat berapa nilai bacaan sensor pada bidang hitam maupun putih, sehingga diperoleh batas nilai bacaan sensor dikedua warna bidang. Pengujian dilakukan dengan memposisikan sensor garis pada bidang berwarna hitam maupun putih.

Hasil Pembacaan Sensor Ke -						
1	2	3	4	5	6	
850	840	881	842	830	853	
851	841	881	842	830	852	
852	841	882	841	829	853	
852	840	881	842	829	853	
851	840	882	841	830	852	
852	839	882	842	829	852	
850	840	881	842	829	853	
850	840	880	841	829	852	
851	841	881	841	830	852	
851	840	880	843	830	853	
958	948	964	955	948	959	
957	947	964	955	947	957	
957	948	965	953	948	957	
957	948	965	955	947	958	
958	947	964	954	947	959	
958	947	965	954	947	959	
957	948	964	953	948	957	
957	948	963	954	947	957	
958	947	963	954	947	959	
958	948	965	953	948	958	
Mean	901.42	891.05	920.42	894.95	885.32	902.47

Tabel 3. Nilai rata-rata dari keseluruhan pembacaan tiap sensor

terdapat perbedaan nilai baca sensor yang signifikan. Sehingga dapat ditentukan batas nilai yang mengindikasikan bidang hitam dan bidang putih melalui pembacaan sensor garis. Batas nilai yang diambil adalah nilai rata-rata dari keseluruhan pembacaan tiap sensor

IF Sensor 1 \leq 901 & Sensor 2 \leq 891 & Sensor 3 \leq 920 & Sensor 4 \leq 894 & Sensor 5 \leq 885 & Sensor 6 \leq 902 Then *WHITE detected*

IF Sensor 1 $>$ 901 & Sensor 2 $>$ 891 & Sensor 3 $>$ 920 & Sensor 4 $>$ 894 & Sensor 5 $>$ 885 & Sensor 6 $>$ 902 Then *BLACK detected*

4.3 Pengujian Respon Baca *Barcode Scanner* Terhadap Perubahan Posisi *Barcode* dan Ukuran *QR Code*

Pengujian bertujuan untuk menentukan posisi barcode dan ukuran QR code yang sesuai, sehingga barcode dapat dipasangkan pada badan robot dengan kondisi dimana barcode dapat melakukan pembacaan QR code. Pengujian dilakukan dengan cara mengubah sudut kemiringan barcode terhadap QR code, jarak antara barcode dengan QR code, dan ukuran dari QR code.

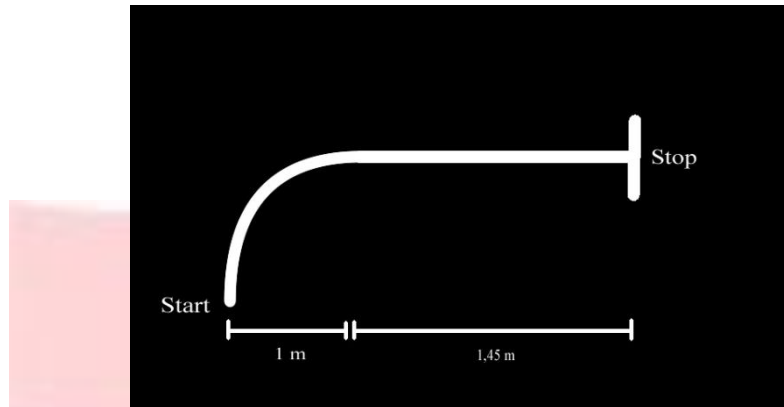
Jarak (cm)	Sudut kemiringan						
	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°
1	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
2	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
3	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
4	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
5	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
6	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
7	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
8	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
9	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
10	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
11	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
12	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
13	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
14	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca	Tidak terbaca
15	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Tidak terbaca

Tabel 4. Hasil pembacaan barcode dengan QR code ukuran 3 x 3 cm^2

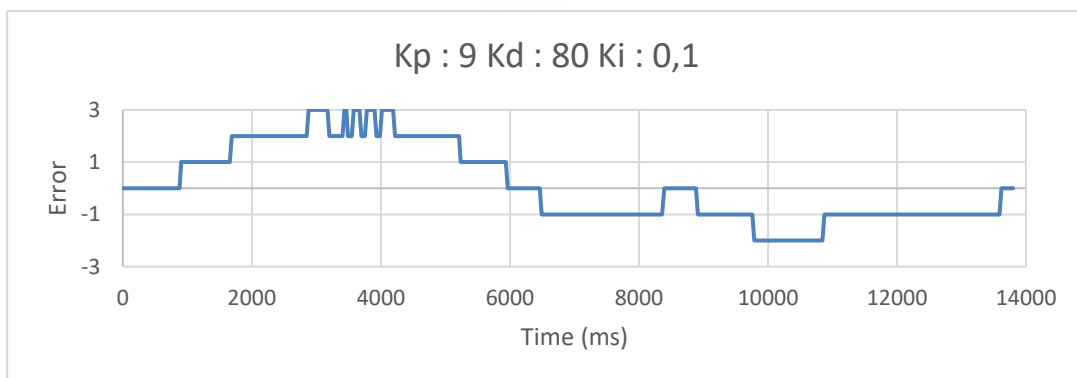
Penggunaan QR code pada semua ukuran memiliki tingkat keberhasilan pembacaan barcode scanner 100% dengan sudut kemiringan minimal 40°. Akan tetapi terdapat perbedaan jarak minimal pembacaan barcode scanner. QR code ukuran 1 x 1 cm^2 pada jarak 5 cm, QR code ukuran 2 x 2 cm^2 pada jarak 10 cm, QR code ukuran 3 x 3 cm^2 pada jarak 15 cm, dan QR code ukuran 4 x 4 cm^2 pada jarak 23 cm.

4.4 Pengujian *Line Follower* Pada Robot AGV Dengan Kendali PID

Pengujian bertujuan untuk memperoleh nilai K_p , K_i , dan K_d yang diinginkan, sehingga robot AGV dapat bergerak stabil pada jalur garis, dengan respon sistem mendekati setpoint samadengan nol, setelah melewati lintasan berbelok. Dalam menentukan nilai K_p , K_i , dan K_d , akan menggunakan metode manual tuning, dimana akan dilakukan trial error hingga robot dapat bergerak stabil pada lintasan lurus, setelah melewati belokan. Pengujian dilakukan pada lintasan garis putih dengan ketebalan garis 5 cm.



Gambar 16. Lintasan pengujian tuning PID



Gambar 17. Grafik respon sensor garis

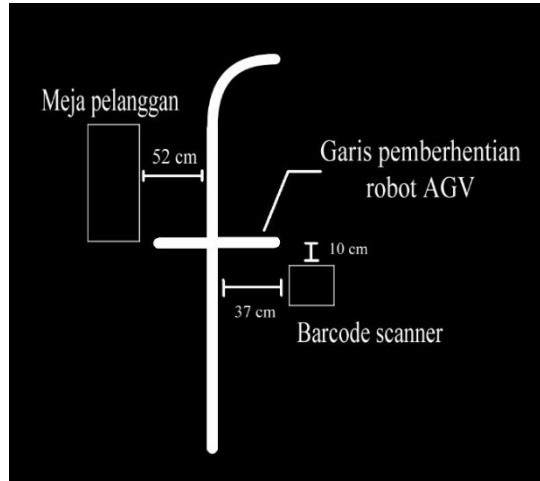
Pada pengaturan ini, robot AGV dapat bergerak stabil setelah melewati lintasan berbelok, dengan nilai error mendekati set point. Sehingga disimpulkan robot dapat bergerak stabil dengan penggunaan nilai $K_p = 9$, $K_d = 80$, dan $K_i = 0,1$.

4.5 Pengujian Pengantaran Makanan Dengan Adanya Perubahan Beban

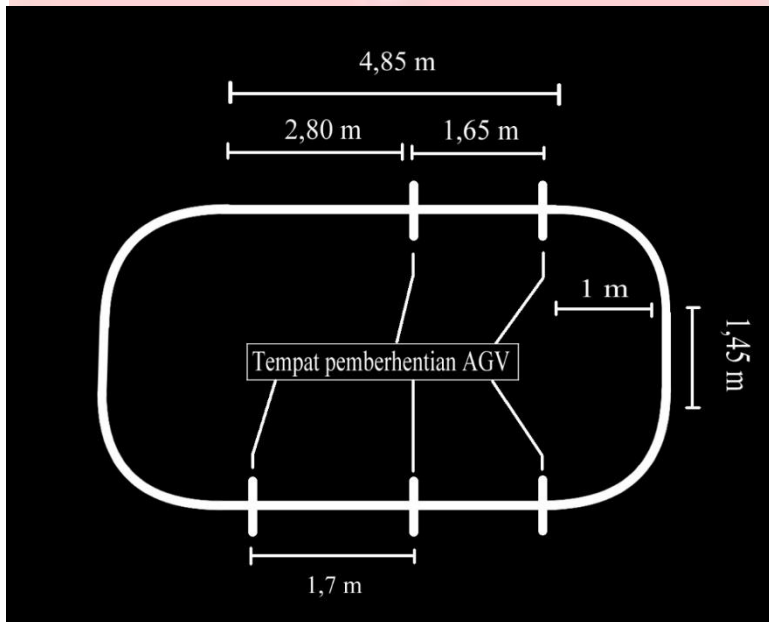
Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah adanya perubahan beban makanan yang diantarkan oleh robot AGV mempengaruhi waktu tempuh pengantaran makanan. Penghitungan dilakukan dengan memulai waktu perhitungan ketika robot mulai bergerak. Penghitungan waktu tempu dianggap selesai ketika robot AGV berhenti pada alamat meja pelanggan yang ditargetkan, dan ketika berhenti pada pemberhentian dapur, sehingga diperoleh waktu tempuh pengantaran dan waktu tempuh menuju dapur.

Robot dikatakan berhasil melakukan pengantaran ketika robot tepat berhenti pada alamat yang harus dituju, dengan indikator LCD menampilkan “ambil makanannya”, dengan jarak robot dengan meja pelanggan yang dituju tidak lebih dari 30 cm. Robot dikatakan berhasil kembali kedapur ketika robot berhenti pada garis pemberhentian dengan indikator LCD menampilkan “masuk dapur”. Jarak antara meja pelanggan dengan lintasan garis putih adalah 52 cm

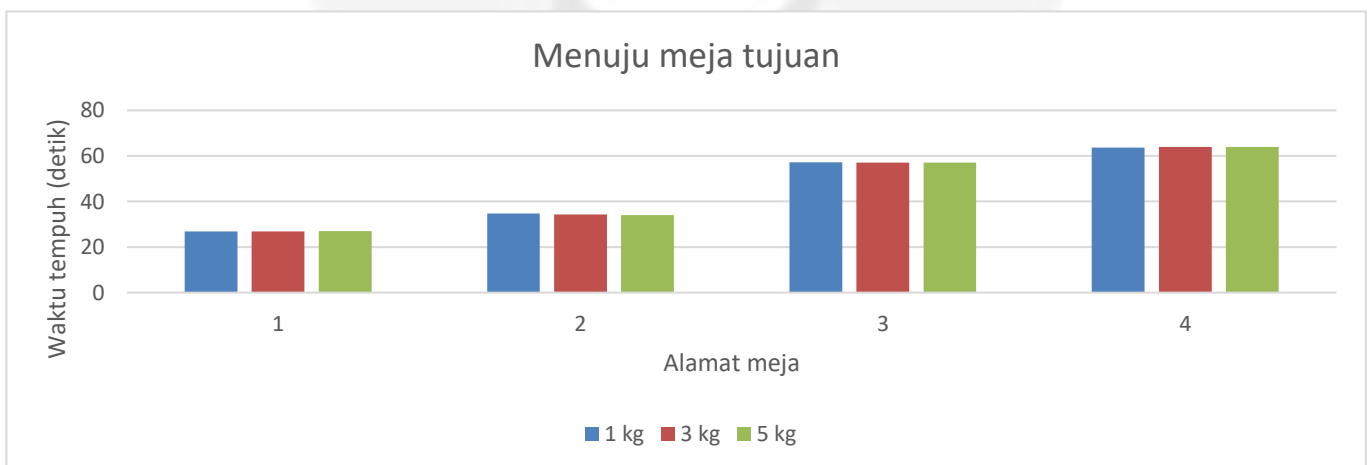
Barcode yang terpasang pada badan robot memiliki sudut kemiringan 80° terhadap QR code ukuran $3 \times 3 \text{ cm}^2$, dengan jarak pembacaan 22,5 cm.



Gambar 18. Posisi QR code dan meja pelanggan



Gambar 19. Lintasan pengujian robot AGV



Gambar 19. Rata-rata waktu tempuh pengantaran makanan

terlihat bahwa, dengan adanya perubahan beban yang dibawa oleh robot AGV, dan perubahan tujuan alamat meja, tidak mempengaruhi perubahan waktu tempuh robot AGV, dikarenakan nilai rata-rata waktu tempuh tiap alamat meja dengan beban yang berbeda, tidak terdapat selisih waktu yang signifikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan beban yang dibawa oleh robot AGV tidak mempengaruhi waktu tempuh AGV dengan beban maksimal 5 kg.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan pada proses perancangan robot AGV pengantar makanan, diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Robot dapat mendeteksi keberadaan makanan pada nampan dengan berat minimal pada nampan 800 gram.
2. Sensor barcode dapat membaca QR code pada sudut kemiringan minimal 40° terhadap QR, dimana jarak pembacaan QR code ukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$ minimal 5 cm, ukuran $2 \times 2 \text{ cm}^2$ minimal 10 cm, ukuran $3 \times 3 \text{ cm}^2$ minimal 15 cm, ukuran $4 \times 4 \text{ cm}^2$ minimal 23 cm.
3. Diperoleh nilai rata-rata dari setiap pembacaan sensor garis, yang mana rata-rata tersebut dapat digunakan sebagai nilai perbandingan pembacaan cahaya pada bidang hitam atau putih, sehingga robot dapat membedakan antara bidang hitam dan bidang putih.
4. Robot dapat bergerak, tetap stabil pada jalur garis putih, menggunakan kendali PID dengan konstanta $K_p = 9$, $K_i = 0,1$, dan $K_d = 80$
5. Robot AGV berhasil 100% dalam pengantaran makanan pada setiap meja, tanpa adanya perubahan waktu tempuh yang signifikan, meskipun terdapat perubahan beban makanan yang dibawa, dengan beban maksimal 5 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Amazia and Kompas.com, "Pabrik Jamu Turut Berkontribusi di Era Industri 4.0," *www.kompas.com*, 2018. [Online]. Available: <https://ekonomi.kompas.com/read/2018/10/26/191415826/pabrik-jamu-turut-berkontribusi-di-era-industri-40?page=all>.
- [2] S. Gotfredsen and Kompas.com, "Masa Depan Adalah Eranya Robot," *www.kompas.com*, 2015. [Online]. Available: <https://teknokompas.com/read/2015/08/29/11241427/Masa.Depan.Adalah.Eranya.Robot.?page=all>.
- [3] A. R. Audilina, P. Pangaribuan, A. S. Wibowo, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Perancangan Sistem Kendali Pada Prototipe AGV Berbasis Line Follower Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," pp. 1–8.
- [4] S. Kumar Das, "Design and Methodology of Line Follower Automated Guided Vehicle-A Review," *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 03, no. 03, pp. 29–35, 2016.
- [5] E. Ripmiatin and R. Aliviani, "Sistem Otomasi Perpustakaan dengan Barcode SLTPI Al Azhar 8, Kemang Pratama," *J. AL-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 134–139, 2012.
- [6] T. Felix *et al.*, "Perancangan Interior Restoran Dengan Pendekatan Ekologis Di Surabaya Jurnal Dimensi Desain Interior," *J. Intra*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2013.
- [7] S. Direktorat and S. Pariwisata, "Pedoman Pencacahan Usaha Restoran / Rumah Makan (VREST) Tahun 2015," 2015.
- [8] A. C. Puspojo *et al.*, "Perancangan Interior Kafe Dan Resto The Historic Of Blitar," vol. 3, no. 2, pp. 80–91, 2015.
- [9] B. Davis, A. Lockwood, P. Alcott, and I. S. Pantelidis, *Food and Beverage Management*, 4th ed. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2008.
- [10] E. Publishing, M. Kajan, L. Mrafko, I. Informatics, I. Technology, and S. Republic, "Control of Automated Guided Vehicle with PLC SIMATIC ET200S CPU," vol. 1, no. 7, pp. 343–348, 2013.
- [11] Q. Li, A. C. Adriaansen, J. T. Udding, and A. Y. Pogromsky, *Design and control of automated guided vehicle systems: A case study*, vol. 44, no. 1 PART 1. 2011.
- [12] H. Dudeja, L. Bagal, N. Zunjur, and S. S. Prof, "Mechanical Design of an Automated Guided Vehicle (AGV)," *Int. J. Res. Aeronaut. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 5, pp. 32–40, 2015.
- [13] Z. Isfarizky and A. Mufti, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pemakaian Listrik Secara Multi Channel Berbasis Arduino (Studi Kasus Kantor Lbh Banda Aceh)," *Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 30–35, 2017.
- [14] H. Muchtar and A. Hidayat, "Implementasi Wavecom Dalam Monitoring Beban Listrik Berbasis Mikrokontroler," *J. Teknol.*, vol. 9, no. 1, p. 1, 2017.
- [15] H. D. Laksono, *Sistem Kendali Dengan PID Perancangan dan Analisis dengan Metode Ziegler-Nichols*. TEKNOSAIN, 2016.
- [16] K. Ogata and J. W. Brewer, *Modern Control Engineering Fifth Edition*, vol. 93, no. 1. Pearson, 1971.
- [17] H. Yudianto, "Perancangan Sistem Kontrol PID Menggunakan Simulink," pp. 1–6, 2012.
- [18] C. Cekdin, *Sistem Teknik Kendali*. Penerbit ANDI, 2017.
- [19] S. Widodo and E. D. Wardihani, "Rancang Bangun Lampu Duduk Menggunakan LED Dengan Tiga Level Pencahayaan Untuk Mendukung Industri Kreatif Kewirausahaan," *Semin. Nas.*, no. December, pp. 27–32, 2016.
- [20] Z. T. Ye, C. L. Chen, L.-C. Chen, C. H. Tien, H. T. Nguyen, and H.-C. Wang, "Hollow Light Guide Module Involving Mini Light-Emitting Diodes for Asymmetric Luminous Planar Illuminators," *Energies*, vol. 12, no. 14, p. 2755, 2019.
- [21] T. Dwi, *Buku Pintar Robotika Bagaimana Merancang & Membuat Robot Sendiri*. Penerbit ANDI, 2010.
- [22] Winarno and D. Arifianto, *Bikin Robot Itu Gampang*. PT Kawan Pustaka, 2011.
- [23] E. Setyaningsih, D. Pratiyanto, and Suryono, "Penggunaan Sensor Photodiode sebagai Sistem Deteksi Api pada Wahana Terbang Vertical Take-Off Landing (VTOL)," *Sci. J. Informatics UNNES*, vol. 9, no. 2, 2017.
- [24] H. Grow and T. Co, "GM65 Bar Code Reader Module User Manual," 2016.
- [25] B. T. Atmojo, S. R. Sulistyanti, and E. Nasrullah, "Model Sistem Kendali Pintu Otomatis Menggunakan Barcode

- Berbasis PC (Personal Computer) Pada Gerbang Laboratorium Teknik Elektro Unila,” *Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 47–55, 2013.
- [26] E. Mandayatma, “Peningkatan Resolusi Sensor Load Cell Pada Timbangan Elektronik,” pp. 37–50.
- [27] Avia, “24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. Available at: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf,” vol. 9530, no. 592, pp. 1–9, 2016.
- [28] Sugioto, “Pergeseran Bangun Sistem Pengukuran Pergeseran Tanah Menggunakan Sensor Variabel Resistor,” *J. Berk. Fis.*, vol. 18, no. 1, pp. 9–16, 2015.
- [29] Y. D. Widiarto, M. E. I. Najoan, M. D. Putro, and J. T. Elektro-ft, “Sistem Penggerak Robot Beroda Vacuum Cleaner Berbasis Mini Computer Raspberry Pi,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 25–32, 2018.
- [30] H. Current and P. N. Half, “Data Sheet BTS7960,” p. 28, 2004.
- [31] N. L. Husni, S. Rasyad, M. S. Putra, Y. Hasan, and J. Al Rasyid, “Pengaplikasian Sensor Warna Pada Navigasi Line Traking Robot Sampah,” *Ampere*, vol. 4, no. 2, pp. 297–306, 2019.
- [32] M. H. Sourav, “Speed Control of DC Motor by Using Various Controllers Department of Electrical and Electronic Engineering,” no. 151068, 2019.
- [33] K. Shrivastava, “IJARCCE A Review on Types of DC Motors and the Necessity of Starter for Its Speed Regulation,” *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 5, no. 4, pp. 4–6, 2016.
- [34] D. Puangdownreong, “Optimal PID Controller Design for DC Motor Speed Control System with Tracking and Regulating Constrained Optimization via Cuckoo Search,” *J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 13, no. 1, pp. 460–467, 2018.
- [35] R. S. Veronika Simbar and A. Syahrin, “Prototipe Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 Dengan Komunikasi Wireless,” *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 4, p. 48, 2017.